

VIHREÄ KASVU

Eljas **Aalto**
Matthias **Deschryvere**
Ari **Hyytinen**
Niko **Jaakkola**
Ilkka **Kiema**
Pauli **Komonen**
Mika **Maliranta**
Veera **Nippala**
Petri **Rouvinen**
Risto **Rönkkö**
Antti-Jussi **Tahvanainen**
Janne **Tukiainen**

Vihreä kasvu

Ari Hyytinen | Mika Maliranta | Petri Rouvinen | Antti-Jussi Tahvanainen
(toim.)

BUSINESS
FINLAND

Labore

VTT

Laboren kirjoja 1

ISSN 2984-2069 (verkkojulkaisu)

ISBN 978-951-628-768-6 (painettu)

ISBN 978-951-628-769-3 (pdf)

Taloustieto Oy, Helsinki 2024

Kannen kuva: www.shutterstock.com

Painopaikka: Next Print Oy

Suosittelava lähdeviittaus:

Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika, Rouvinen, Petri ja Tahvanainen, Antti-Jussi (toim.) (2024).

Vihreä kasvu. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta).

<https://ForGrowth.fi>

Sisällysluettelo

Esipuhe	5
1 Kohti vihreää kasvua	7
<i>Ari Hyytinen, Mika Maliranta, Petri Rouvinen, Antti-Jussi Tahvanainen</i>	
2 Kestävä kehitys ja sukupolvien välinen oikeudenmukaisuus	29
<i>Ilkka Kiema</i>	
3 Kuluttajien valinnat ja näkemykset vihreässä siirtymässä	51
<i>Ari Hyytinen, Risto Rönkkö, Janne Tukiainen</i>	
4 Öljyhuipun paluu: Riittääkö energian tarjonta vihreän siirtymän yli?	73
<i>Eljas Aalto</i>	
5 Hiilen hinnoittelun talous ja politiikka	97
<i>Niko Jaakkola</i>	
6 Vihreä luova tuho ja talouden uudistumiskyky	119
<i>Ari Hyytinen, Mika Maliranta, Veera Nippala</i>	
7 Suunnattu innovaatiotoiminta osana vihreää kasvua	149
<i>Petri Rouvinen, Matthias Deschryvere</i>	
8 Geopolitiikka ja geotalous nakertavat vihreää kasvu	169
<i>Matthias Deschryvere, Petri Rouvinen</i>	
9 Teollisen kilpailukyvyyn näkökulma vihreään kasvuun	187
<i>Pauli Komonen, Antti-Jussi Tahvanainen</i>	
10 Vihreän kasvun eväät	205
<i>Ari Hyytinen, Mika Maliranta, Petri Rouvinen, Antti-Jussi Tahvanainen</i>	

Esipuhe

Ilmastonmuutoksen ja luontokadon torjunta ovat aikamme keskeisiä haasteita. Sekä haasteilla että niiden ratkaisuilla on suuria taloudellisia ja laajempia yhteiskunnallisia vaikutuksia.

Julkisessa keskustelussa korostuvat ilmastonmuutoksen ja luontokadon negatiiviset vaikutukset. Oikeilla toimilla vihreän siirtymän kustannukset voivat kuitenkin olla maltillisia, ja esimerkiksi niihin liittyvillä teknologisilla edistysaskelilla on tuotavuutta ja hyvinvointia lisääviä vaikutuksia. Varsinkin Suomen kaltaiselle pienelle ja edistyneelle avotaloudelle vihreä siirtymä on myös myönteinen mahdollisuus.

Tämän kirjan lähtökohta on, että luonnon ja ympäristön kannalta keskeiset tulemat syntyvät ihmisten välisessä vuorovaikutuksessa. Kirja käsittelee monipuolisesti sosiaalisen, poliittisen ja taloudellisen toiminnan suuntaamista luonnon ja ympäristön kannalta nykyistä kestävämmälle uralle – kohti vihreää kasvua.

Vaikka luonto- ja ympäristöongelmien syyt ymmärretään hyvin, eivät kaikki ole valmiita maksamaan niiden ratkaisemisesta. Tarvittavia poliittisia päätöksiä tuskin saadaankaan aikaiseksi lupaamalla vain lisää kurjuutta. Tarvitaan keinoja säilyttää hyvinvoinnin taso (ja ehkä kasvukin) samalla kun haasteita ratkotaan. Onnistumisesta ei ole takeita, mutta on yritettävä.

Markkinatalous on tehokas tuottamaan ratkaisuja ongelmiin, kunhan sitä ohjataan oikein. Teknologian kehityssuunta ei ole annettu, vaan siihen voidaan vaikuttaa. Talouskasvun ei tarvitse tapahtua luonnon ja ympäristön kustannuksella.

Luonto- ja ympäristöhaasteiden konkreettiset ja merkittävät seuraukset ovat jo käsillä. Ilmaston ja valtamerien lämpötilat ovat nopeassa nousussa. Toisaalta tuuli ja aurinko eivät enää ole kalliita pienen mittakaavan energianlähteitä, vaan niiden osuus energiantuotannosta kasvaa nopeasti ja markkinaehtoisesti. Energiasiiirtymästä on tullut taloudellisesti järkevää, vaikka ympäristölle ei antaisikaan sille kuuluvaa arvoa.

Vihreä siirtymä on elinympäristömme kannalta välttämätön. Toimimalla järkevästi ja ripeästi voimme myös saada aneemiseen talouteemme puhtia vihreästä kasvusta. Tämä kirja käsittelee keinoja tämän saavuttamiseksi.

Ohjausryhmä kiittää tutkijoita hienosti toteutetusta hankkeesta ja Business Finlandia sen tukemisesta!

Helsingissä 15.5.2024

Hankkeen ohjausryhmä

Jaakko Hirvola, Janne Huovari (puheenjohtaja), Jari Hyvärinen, Kalle Kantola, Natalia Kuosmanen, Essi Lindberg, Ari Mikkela, Meri Obstbaum, Riikka Pakarinen, Annabella Polo, Elise Ramstad, Mikko Särelä, Markus Sovala, Markku Stenborg ja Markku Wilenius

Kohti vihreää kasvua

1

Tiivistelmä

Tämä kirja kysyy, miten talouden tuleva kehitys saadaan käännettyä ympäristön ja luonnon kannalta kestävämmälle uralle? Kutsumme tätä parempaa suuntaa **vihreäksi kasvuksi**. Tämän johdantoluvun tarkoituksena on kuvata vihreän kasvun konteksti ja esitellä kirjan varsinaiset sisältöluvut 2–9.

Otamme paljolti annettuna ympäristötieteilijöiden työn – siis esimerkiksi IPCC:n skenaariot ilmakehässä olevien kasvihuonekaasujen määrän kehityksestä. Me pureudumme siihen poliittiseen, sosiaaliseen ja taloudelliseen elin- ja toimintaympäristöön, joka on viimeisen noin kolmen sadan vuoden aikana aiheuttanut käsillä olevat luonto- ja ympäristöhaasteet, ja siihen, mitä näiden haasteiden ratkaisemiseksi voidaan tehdä talouden ja yhteiskuntapolitiikan tonteilla.

Meidän luvussa 10 tarkemmin esiteltävä politiikkareseptimme vihreän kasvun tavoitteluun on varsin yhdenmukainen aiemman kirjallisuuden kanssa: (1.) haittojen hinnoittelu markkinamekanismin kautta, (2.) vihreän tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan julkisen tukeminen, (3.) vihreät standardit, ruskeiden ratkaisujen kiellot sekä panos- tai loppumarkkinoiden julkiset tuet (kohtia 1. ja 2. tukien ja tarvittaessa niiden tieltä väistyen), (4.) kansalliset ja ylikansalliset kompensatiomekanismit.

Kiitokset

Lämmin kiitos kirjan kirjoittajille ja hankkeen ohjausryhmälle sekä asiaan paneutuneesta työskentelystä hankkeen aikana että tärkeistä huomioista tähän johdantolukuun. Hankkeen ohjausryhmän muodostivat: **Jaakko Hirvola** (Teknologiategollisuus), **Janne Huovari** (Valtiovaraministeriö), **Jari Hyvärinen** (Business Finland), **Kalle Kantola** (VTT), **Natalia Kuosmanen** (Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA), **Essi Lindberg** (Labore), **Ari Mikkeli** (Business Finland), **Meri Obstbaum** (Suomen Pankki), **Riikka Pakarinen** (Startup-yhteisö), **Annabella Polo** (Business Finland), **Elise Ramstad** (Business Finland), **Mikko Särelä** (TEK), **Markus Sovala** (Tilastokeskus), **Markku Stenberg** (Valtiovaraministeriö) ja **Markku Wilenius** (Turun yliopisto). Lisäksi olemme saaneet arvokkaita huomioita **Lassi Ahlvikilta** (Helsingin yliopisto) ja **Marita Laukkaselta** (VATT), joista parhaat kiitokset.

Suosittelava lähdeviittaus tähän lukuun:

Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika, Rouvinen, Petri ja Tahvanainen, Antti-Jussi (2024). *Kohti vihreää kasvua*. Luku 1 (sivut 7–28) kirjassa **Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika, Rouvinen, Petri ja Tahvanainen, Antti-Jussi** (toim.) (2024). *Vihreä kasvu*. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta). <https://ForGrowth.fi>

Ari Hyytinen

on Hankenin ja Helsinki GSE:n professori.

Mika Maliranta

on Työn ja talouden tutkimus LABOREn johtaja.

Petri Rouvinen

on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen Etlan tutkimusneuvonantaja.

Antti-Jussi Tahvanainen

on Teknologian tutkimuskeskus VTT:n yritysennakointi- ja strategiatimin vetäjä.

Miten kääntää talouden kehitys ympäristön ja luonnon kannalta kestävälle uralle?

Raportoimme tässä kirjassa Laboren ja VTT:n toteuttaman ja Business Finlandin tukeman kaksivuotisen tutkimushankkeen ”Kestävän kasvun ennakointia – visio vihreän siirtymän jälkeisistä vaurauden ajureista” löydökset. Kirja luo analyttistä pohjaa nykyistä ympäristöystävällisemmälle taloudelle ja yhteiskunnalle, jossa kansalaisten on hyvä olla.

Kirja kysyy, miten talouden tuleva kehitys saadaan käännettyä ympäristön ja luonnon kannalta kestävämmälle uralle. Kutsumme tätä tähänastista parempaa kehitysuuntaa **vihreäksi kasvuksi**.¹

Katsomme, että talouskasvu ei itsessään ole arvokasta, vaan se on väline hyvää yhteiskuntaa tavoiteltaessa. Tässä yhteydessä hyvyyden mittana on maassa vallitseva hyvinvoinnin taso. Ihmisen luonnolle ja ympäristölle aiheuttamat muutokset vähentävät hyvinvointiamme – suorien vaikutusten, kuten sään ääri-ilmiöiden, ohella esimerkiksi sosiaalisten levottomuuksien, massasiirtolaisuuden ja sotien kautta – ja uhkaavat jopa ihmiskunnan selviytymistä, joten tulevan kasvun kääntäminen vihreämpään suuntaan on aikamme ehkä keskeisin yhteiskunnallinen tavoite.

Laatikko 1.1 Hyvinvoinnin mittaamisesta

Bruttokansantuotteen (bkt) tarkoituksena on kuvata maan rajojen sisällä tietyllä aikavälillä tapahtuvan tuotannon määrää. Vaikka se, henkilöä kohden laskettuna, ei varsinaisesti ole materiaalsen elintason tai laajemmin kansalaisten hyvinvoinnin mittari, sitä käytetään varsin yleisesti tässä merkityksessä. Siltä osin kuin luonto- ja ympäristövaikutukset eivät ole sisäistettyjä markkinoilla tapahtuvassa vaihdannassa, ne eivät tule bkt:n mittauksen piiriin, eikä bkt myöskään erottele hyödyllistä ja haitallista tuotantoa.

Ranskan presidentti Nicholas Sarkozyn aloitteesta istunut Nobelisti Joseph Stiglitzin komitea, jonka tähtenä oli hänen ohellaan nimenomaan hyvinvoinnin mittaamisesta Nobel-palkintonsa saanut Amartya Sen, on antanut tunnetuimmat ja eniten keskustellut parannusehdotukset bkt:n mittaamiseen (Stiglitz ym., 2010).^a Stiglitzin komitea toteaa, että hyvinvointi on moniulotteinen käsite, jonka osatekijöitä tulisi käsitellä yhtäaikaaisesti.

Vuonna 2015 kaikki YK:n jäsenvaltiot hyväksyivät kestävä kehityksen toimintaohjelman ja sen osana 17 kehitystavoitetta (*Sustainable Development Goals, SDG*), joiden seuraamiseen on luotu yli kahden sadan mittarin patteristo (ks. esim. Sachs ym., 2021). Tämä mittaristo sisältää varsin monipuolisesti niin inhimillistä hyvinvointia kuin luonto- ja ympäristöarvojakin koskevia ulottuvuuksia. Sittemmin sekä nämä kehitystavoitteet että niitä koskeva mittaristo ovat päättyneet hyvin monenlaisiin käyttöihin.

Koska moniulotteiset mittarit ovat hankalasti käytettäviä, eikä ole muodostunut mitään konsensusta niiden yksi- tai vähempiulotteisten versioiden muodostamisesta tai käytöstä, pitäydymme tämän kirjan kontekstissa paljolti bkt:n käytössä. Silti ajattelemme talouskasvua bkt:ta laajempaan käsitteeseen ja nimenomaan hyvinvoinnin lisääntymisenä.

^a Viittaamme Stiglitzin ja Senin tapauksissa Ruotsin keskuspankin taloustieteen palkintoon Alfred Nobelin muistoksi.

Painotamme, että kasvulla sinänsä ei ole itseisarvosta merkitystä ja että kasvu voi olla etumerkiltään positiivista tai negatiivista. Lisäksi huomautamme, että talouskasvu ei välttämättä edellytä fyysisen materiaalikäytön lisääntymistä, koska tässä yhteydessä kasvu on kuluttajille koituvaa arvoa, joka voi olla merkittävältä osin aineetonta.

Hyväksymme täysin sen, että luonnon ja ympäristön rajoissa toimiminen saattaa tarkoittaa paitsi toisenlaista niin myös mahdollisesti aiempaa hitaampaa talouskasvua. Emme kuitenkaan pidä järkevänä sitä, että ensisijaisena tavoitteena olisi talouden tietoinen, aktiivinen kutistaminen, koska se yksinään ei ratkaisisi käsillä olevia haasteita (Stern & Stiglitz, 2023).

Lähtöajatuksemme tässä kirjassa on, että luonnon ja ympäristön kannalta keskeiset tulemat syntyvät ihmisten välisen sosiaalisen kanssakäymisen tuloksena. Poliittiset ja taloudelliset prosessit ohjaavat tätä kanssakäymistä. Analyysimme keskittyy sosiaalisen, poliittisen ja taloudellisen toiminnan suuntaamiseen luonnon ja ympäristön kannalta nykyistä kestävämmälle uralle.

Vaikka tulkitsemme vihreän kasvun kansalaisten hyvinvoinnin lisääntymiseksi ympäristön ja luonnon kannalta kestäväällä tavalla, käytännön mittauksen osalta olemme osittain tavanomaisesti käytettyjen mittareiden kuten bruttokansantuotteen (bkt) varassa. Laatikossa 1.1 keskustellaan vaihtoehtoisista mittareista.

Teollinen historia suurena markkinaepäonnistumisena

Wattin höyrykoneen keksimisestä ja teollisesta vallankumouksesta on nyt kulunut reilut 250 vuotta. Aikana ennen teollista vallankumousta keskimääräisen kansalaisen hyvinvointi ei juuri lisääntynyt tuhansiin vuosiin (ks. globaalisti kuvio 1.1a ja Suomen osalta kuvio 1.1b). Pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta keskimääräisen hyvinvoinnin kasvu on ollut jatkuvassa rivakassa nousussa koko teollisen historian ajan. Valitettavasti tämä kasvu on pitkälti perustunut fossiilisten polttoaineiden hyödyntämiseen ja monilta osin jonkinasteiseen luonnon ryöstökäyttöön. Luonto- ja ympäristökysymykset globaalin talouskeskustelun keskiöön nostanut Stern-raportti (2007) viittaa tähän kehityskaareen todetessaan, että ”ilmastonmuutos on seurausta maailmanhistorian suurimmasta markkinaepäonnistumisesta”.²

Johtavan tiedejulkaisun *Nature*n artikkeli (Rockström ym., 2023) käsittelee maapallon kahdeksaa kriittistä biologista tai fyysistä rajaa – ilmastoa, biodiversiteettiä (kahdessa luokassa), vettä (kahdessa luokassa), ravinnekiertoja (kahdessa luokassa) ja aerosoleja.³ Artikkelin 51 kirjoittajan tavoitteena on tunnistaa luonnon asettamat rajat, joiden ylittyessä ihmisen hyvinvoinnille aiheutuu merkittävää haittaa. Globaalilla tasolla seitsemän tutkitusta kahdeksasta rajasta on ylitetty eikä tulevaisuuteen voi minkään rajan osalta suhtautua optimisesti.

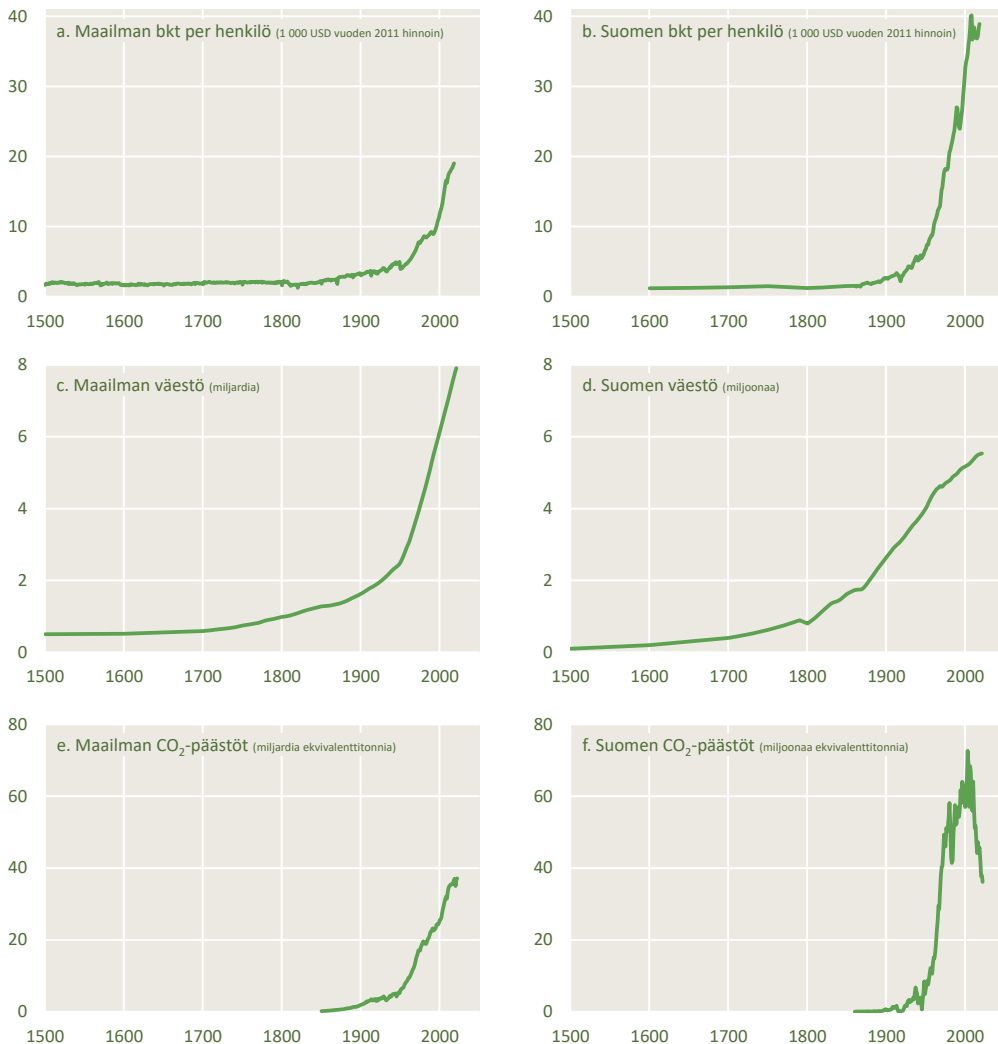
Me, tämän kirjan kirjoittajat, emme ole ympäristötieteilijöitä. Otamme lähtökohdaksemme hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*; laatikossa 1.2 on lyhyesti käsitelty vihreän kasvun tavoittelua si-

vuavia globaaleja instituutioita) ja Rockströmin ym. (2023) löydökset. Hyväksymme näistä nousevat havainnot faktoina emmekä käsittele niitä kuin tarvittavilta osin. Sen sijaan pureudumme siihen poliittiseen, sosiaaliseen ja taloudelliseen elin- ja toimintaympäristöön, joka on viimeisen noin kolmen sadan vuoden aikana aiheuttanut käsitteillä olevat luonto- ja ympäristöhaasteet.

Esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöjen osalta nykyihmisen päästöneutraalinen elinkaari ei ole mahdollinen ilman kompensatiota tai kaasujen talteenottoa ilmaki-

Kuvio 1.1

Maailman ja Suomen vaurastuminen, väestö ja hiilidioksidipäästöt



Lähteet: Maddison Project Database, Our world in data, ICOS Data supplement to the Global Carbon Budget 2023.

hästä. Niinpä vihreän kasvun ensimmäisenä globaalina haasteena on edelleen jatkuva väestönkasvu (kuvio 1.1c; ks. myös Kruse-Andersen, 2023). Toinen haaste kumpuaa vaurastumisesta (kuvio 1.1a) tai pikemminkin siitä, että vaurastumisen aiheuttamat elämäntapamuutokset johtavat käytännössä kasvavaan luonto- ja ympäristörasitukseen – vieläpä ylisuhtaisesti siten, että kaikkien vauraimpien ihmisten aiheuttama rasitus on selvästi kaikkein köyhimpiä suurempi (Chancel, 2022).

Jälkimmäisen haasteen osalta on tapahtunut edistystä ainakin siinä mielessä, että vaurausyksikköä kohden laskettu rasitus on laskevalla trendillä (kuvio 1.2a). Tämä vaurastumisen ja ympäristörasituksen irtikytkytyminen on ollut tärkeä ja positiivinen kehitys. Väestön ja talouden edelleen kasvaessa se ei kuitenkaan ole ollut riittävä tekijä ratkaisemaan globaalisti pahenevia luonto- ja ympäristöhaasteita (kuvio 1.1e), vaikka johtavissa maissa ollaankin osin jo vakauttavalla tai korjaavalla tasolla (kuviot 1.1f ja 1.2b Suomea koskien).

IPCC:n kuvio 1.3 vahvistaa käsitystä, etteivät edes tällä hetkellä valmisteluissa olevat päätökset ole riittäviä. Itse asiassa verrattaessa kuviossa 1.3 arvioituja toimenpidevaikutuksia maapallon pitkään päästöhistoriaan kuviossa 1.1e mieleen hiipii ajatus, että tehtävä on mahdoton; ainakin nykyisillä kansainvälisillä ja kansallisilla poliittisilla, sosiaalisilla ja taloudellisilla järjestelmillä. Kuten YK:n pääsihteeri António Guterres sanoo,⁴ ”tuuma tuumalta edistyminen ei riitä”; tarvitaan ”ympäristöambioiden supernova”.

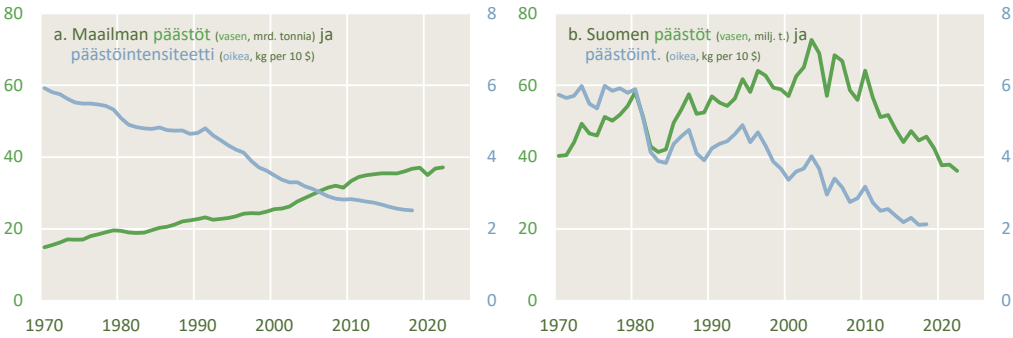
Laatikko 1.2 Luonto- ja ympäristöpolitiikan globaalit instituutiot ja ratkaisut

Periaatteessa yhteisön kohtaamia haasteita kannattaa ratkoa samalla tasolla kun millä itse haasteetkin ovat. Esimerkiksi kasvihuonekaasujen tapauksessa ongelma on globaali, eli partikkeleiden määrä (maailman ihmisten yhteisessä) ilmakehässä, jolloin lähinnä paras taso etsiä (poliittisia) ratkaisuja on globaali (Jotkut ympäristöhaasteet, kuten biodiversiteetin väheneminen, ovat ainakin osin globaalia tasoa paikallisempia.). Mikäli koko maailman tasolla tehtävät ratkaisut eivät ole mahdollisia, periaatteena tulisi olla ratkaisujen etsiminen lähinnä ylimmällä toimivalla tasolla, siis esimerkiksi Suomen osalta EU:ssa.

Olipa lähinnä tavoiteltava taso kunkin haasteen osalta mikä tahansa, kansallisessa politiikassaan Suomen täytyy hahmottaa omat luonto- ja ympäristötoimet myös ylikansallisesta näkökulmasta. Niinpä käymme tässä läpi muutamia näkökohtia luonto- ja ympäristöpolitiikan ylikansallisista instituutioista.

YK:n Rio de Janeirosa 1992 allekirjoitettu puitesopimus (*UN Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) on keskeinen institutionaalinen pohja ylikansallisissa ilmastonmuutoksen hillitsemiseen tähtäävissä toimissa. Osapuolikonferenssi (*Conference of the parties*, COP) on UNFCCC:n päättöksiä tekevä ja toimeenpaneva elin. UNFCCC:n alla tehtävää työtä tukee hallitustenvälinen ilmasto-paneeli (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC), joka laatii tieteelliseen tutkimukseen perustuvia konsensusraportteja ilmastonmuutoksen etenemisestä, hillinnästä ja siihen sopeutumisesta. Luonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemipalvelujen saralla lähinnä IPCC:n kaltaisessa roolissa toimii hallitustenvälinen luonnon monimuotoisuus- ja ekosysteemipalvelupaneeli (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, IPBES).

Kuvio 1.2

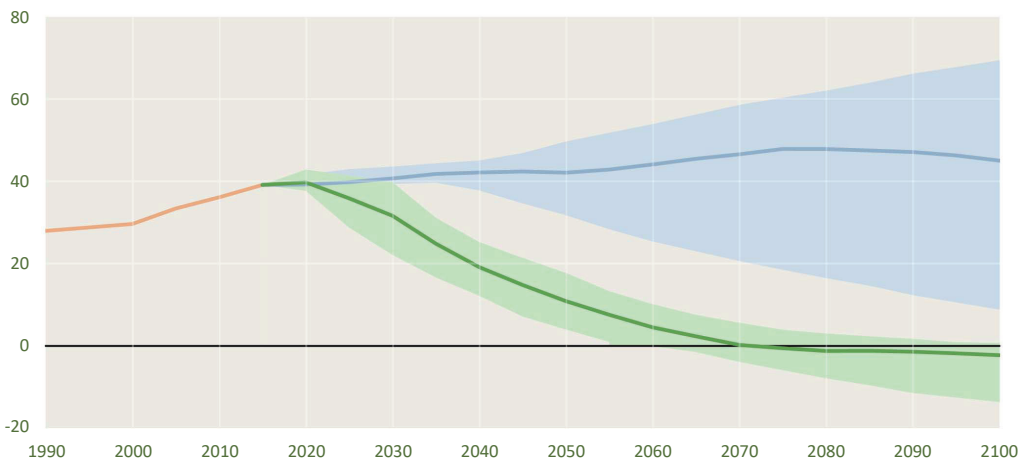
Maailman ja Suomen hiilidioksidipäästöt ja -päästöintensiteetti

Huomiot: Päästöintensiteetti suhteutettuna vuoden 2011 Yhdysvaltojen dollareina olevaan bruttokansantuotteeseen.

Lähteet: Maddison Project Database, Our world in data, ICOS Data supplement to the Global Carbon Budget 2023.

Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n skenaariolaskelmassa puolet tarvittavasta kasvihuonekaasujen vähentämisestä perustuu jo olemassa oleviin ja puolet vasta kehitteillä oleviin teknologioihin (kuvio 1.4). Tarvitaan siis keppiä, porkkanaa ja raja-aitoja (a) nykyisten tapojen muuttamiseen ja jo keksittyjen ratkaisujen käyttöönottoon sekä (b) kokonaan uusien ratkaisujen kehittämiseen.

Kuvio 1.3

IPCC:n arvio ilmakehässä olevan kasvihuonekaasujen nettomäärän kehityksestä nykyisillä politiikkatoimilla ja päästöura, jolla maapallon lämpeneminen rajoittuisi kahteen asteeseen

Aineistolähde: IPCC (<https://ipcc-browser.ipcc-data.org/browser/dataset/6127/0>). Miljardia CO₂-ekvivalenttitonnia.

Odotuksilla on taipumus toteuttaa itseään. Koska ilmastonmuutos liittyy keskeisesti esimerkiksi energialähteisiin ja tuottamistapoihin, joihin liittyvissä investoinneissa puhutaan useiden vuosikymmenien ja jopa yli viidenkymmenen vuoden aikaväleistä

Laatikko 1.3 Laaja näkökulma luontoon

Kuten Rockströmin ym. (2023) käsittelemät rajatkin antavat ymmärtää, ilmastonmuutoksen hillitsemisen ohella vihreään siirtymään kuuluu monia muitakin asioita, kuten biologisen monimuotoisuuden turvaaminen, maaperän köyhtymisen ja aavikoitumisen estäminen, fosfori- ja typpikierron hallinta sekä merien suolapitoisuuden ja merenpinnan tason nousujen pysäyttäminen. Esimerkiksi Stefan ym. (2015) puhuvat tässä yhteydessä luonnon yhdeksästä kierrosta tai järjestelmästä, joista ilmasto ja sen muutos on vain yksi.

Kun mietimme laajaa näkökulmaa luontoon, on tärkeää huomata myös se, että paljon materiaaleja vaativa kiinteä tuotannollinen pääoma eri muodoissaan (rakennukset, koneet, laitteet, ajoneuvot ja käyttöesineet) ja muu yhteiskuntien aineellinen infrastruktuuri (tiet, rakennukset jne.) ovat kasvaneet nopeasti. Kuten mm. Hyytinen (2022a) on muiden ohella korostanut (ks. myös Vaden ym., 2019), tästä seuraa se, että pelkästään olemassa olevan fyysisen pääomakannan ja jo rakennetun infrastruktuurin ylläpitämiseen ja kulumista korvaavaan uusimiseen tarvitaan jatkossa merkittäviä määriä materiaalivirtoja.

Tässä kirjassa ajattelemme vihreää kasvua laajassa mielessä mutta – kansainvälisen tutkimuksen hengessä – pääpainomme on ilmastomuutoksessa, kasvuhuonekaasuissa ja erityisesti hiilidioksidipäästöissä (eikä niinkään esim. metaanissa). Toteamme kuitenkin, että ympäristön eri ulottuvuuksia – mm. luontokatoa, päästöjä ja fyysisten materiaalien käyttöä – olisi syytä käsitellä yhdessä mm. siksi, että vain johonkin ulottuvuuteen keskittyminen voi johtaa kokonaisuuden kannalta takaperosiin poliittikajohtopäätöksiin siten, että yhtä tavoitetta edistettäessä lyödään toista korvalle.

Taloustieteellisestä näkökulmasta luonto on tuotannollisten panosten (mm. kaivannaiset) ja moninaisten ekosysteemipalveluiden lähde – alkaen hengitysilma ja päätyen virkistävään luonnossa liikkumiseen. Valitettavasti luonto on myös paikka, johon voidaan kanavoida päästöt, saasteet ja jätteet aiheuttajansa näkökulmasta kustannuksilla, jotka ovat (niiden aiheuttajalle) muita vaihtoehtoja alhaisempia.^a

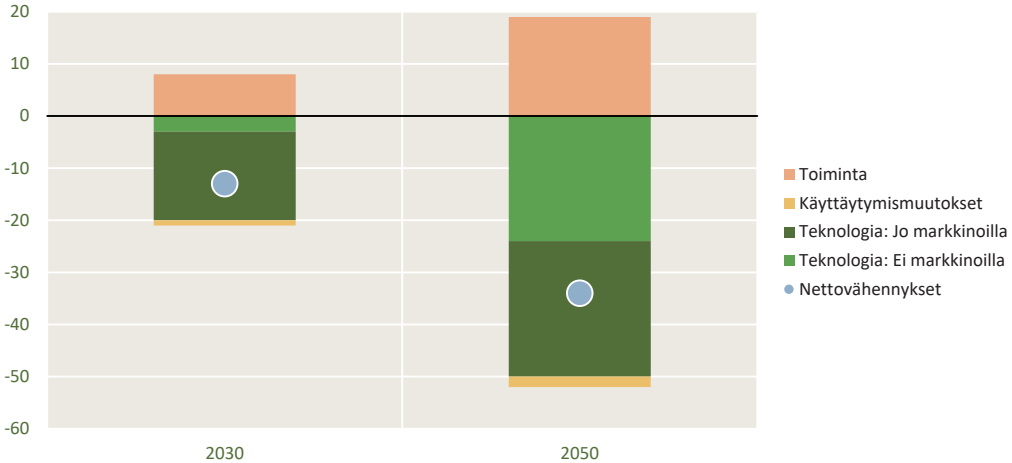
Taloustieteellisissä malleissa luonnon hyödyntämisen ja tuhoamisenkin ajattelua ohjaa kustannus-hyöty-analyysi. Kyse on sekä virroista, eli välittömien toimien aiheuttamista muutoksista, että kannoista, eli muutosten yli ajan kumuloituneista kokonaisvaikutuksista. Hyvä esimerkki jälkimmäisistä ovat koko ihmiskunnan historian aikana ilmakehään vapautetut kasvuhuonekaasut.

Ympäristömuutokseen liittyy keikahduspisteitä (*tipping points*) ja pienen todennäköisyyden omaavia äärimmäisiä tulemia (*extreme events*). Lisäksi emme edes summittaisesti tiedä kaikkia ympäristömuutoksen pitkän aikavälin vaikutuksia. Kaikki nämä seikat ja lisäksi myös voimakkaat mittakaava-edut ja polkuriippuvuudet tekevät kustannus-hyöty-analyysin ongelmalliseksi tai joskus jopa mahdottomaksi (Ekins & Zenghelis, 2021). Riskinä on se, että kun ihmisen toiminta ei ole pitkällä aikavälillä kestävä, luonnonvarojen käyttö ja ympäristökuormitus väistämättä ylittävät jossain vaiheessa jonkin, sinällään vaikeasti määriteltävän ja mitattavan, kriittisen pisteen. Jos tämä pääsee tapahtumaan, maapallon ekologinen kantokyky saattaa pysyvästi ja peruuttamattomasti heiketä, kenties kiihtyvällä nopeudella (ks. Hyytinen, 2022b, s. 4; Lenton ym., 2019).

^a Muussa tapauksessa "talouden kompassi" ei ohjaisi niitä luontoon.

Kuvio 1.4

Gloaalien hiilidioksidipäästöjen muutostarve toimenpidetyypin ja teknologian kypsyyden mukaan vuoden 2050 nettonollaskenaariossa kahtena ajankohtana



Lähde: IEA (2021). Miljardia CO₂-ekvivalenttitonnia.

(esim. vesi- ja ydinvoimassa), jaettu ja uskottava käsitys toivotusta tulevaisuudesta pitäisi saada muodostettua hyvin etupainotteisesti. Tarvittavien toimenpiteiden toteutus ja varsinkin monien vuosikymmenien päähän ulottuvien odotusten hallinta eivät kuitenkaan ole helppoja tehtäviä vallitsevissa kansainvälisissä tai kansallisissa politiikkaympäristöissä.

Talousajattelun viitekehys

Puhdasta markkinataloutta esiintyy sellaisenaan tuskin missään, mutta myös eri tavoin säännellyissä markkinatalouksissa hintamekanismi tarjoaa toimijoille sekä kannustimia tehdä tietynlaisia valintoja että auttaa kokoamaan taloudessa ja yhteiskunnassa hajallaan olevaa tietoa. Hinnat heijastelevat yhtäältä niukkuutta ja toisaalta sitä, mitä ihmiset arvostavat, ts. mikä erilaisten resurssien ja hyödykkeiden arvon ajatellaan olevan. Myös talouskasvu – sen edellytykset, nopeus ja suunta – kytkeytyvät pitkälti markkinoilla tapahtuvaan vaihdantaan ja hintamekanismin toimintaan.

Schumpeteriläisen eli ns. ”uuden-uuden” kasvuteorian (Aghion ym., 2015; Aghion & Howitt, 1992, 2009; Akcigit & Nicholas, 2019; Grossman & Helpman, 1991) mukaan hyvinvoinnin kasvun tärkein osatekijä on innovaatiotoiminnalle rakentuva teknologinen kehitys, jota ohjaavat osaltaan tutkijoiden, keksijöiden, soveltajien ja heidän organisaatioidensa (pääsääntöisesti yritysten) kohtaamat kannustimet ja joka reagoi erilaisten markkinoiden tarjoamiin hintasignaaleihin heijastellen niihin sisältyvää in-

formaatiota. Tutkijoiden, keksijöiden, soveltajien ja yritysten oman edun tavoittelu ruokkii kilpailua, joka yhdessä toimivien työ- ja rahoitusmarkkinoiden kanssa johtaa uusien ideoiden toteuttamiseen ja mahdolliseen skaalautumiseen – huonompien ideoiden kuihtuessa ja vapauttaessa niiden sitomat resurssit toisaalle. Perusajatus on yksinkertainen, mutta kyse on mutkikkaasta ja jatkuvassa liikkeessä olevasta hintamekanismiin ja vaihdantaan perustuvasta vuorovaikutuksesta tarjonta- ja kysyntäpuolella olevien ihmisten ja organisaatioiden välillä.

Markkinakilvoittelun ja resurssien uudelleen suuntautumisen takia schumpeteriläisen kasvuteorian yhteydessä puhutaan luovasta tuhosta. Luovan tuhon määrittelemisen ei ole täysin yksiselitteistä, mutta yksinkertaisimmillaan voidaan ajatella, että luova tuho on prosessi, jossa uudet innovaatiot ja teknologiset edistysaskeleet korvaavat vanhentuneet toimialat ja järjestelmät, mikä johtaa olemassa olevien taloudellisten rakenteiden uusiutumiseen. Tätä prosessia ajavat kilpailu ja yrittäjyys, kun uudet ideat ja teknologiat syrjäyttävät vakiintuneita tuotteita markkinoilla ja luovat kokonaan uusia markkinoita. Luovan tuhon prosessi sisältää jatkuvan innovaation vanhentumisen ja uusiutumisen kierron, mikä lopulta edistää resurssien uudelleen kohdentumista ja edelleen talouskasvua. Luovaan tuhoon kuuluvat siten sekä ideoiden jalostaminen uusiksi tuotteiksi osana innovaatiotoimintaa että niiden tehokas tuotanto ja jakelu siten, että asiakkaiden tarpeet tyydyttyvät aikaisempaa tehokkaammin ja paremmin. Tehokkuuden paraneminen viittaa olemassa olevien tai uusien hyödykkeiden tuottamiseen aikaisempaa vähäisemmällä resursseilla. Luovalla tuholla on myös toinen puoli: uuden teknologian luonti samalla hävittää vanhaan teknologiaan nojautuvaa yritystoimintaa.

Hyytinen (2015, s. 428) tiivistää asian työmarkkinoiden näkökulmasta näin: ”Tuhoa on se, kun yritys- ja toimipaikkarakenteiden uusiutumisen myötä työtehtäviä häviää tai kun koulutuksella ja työssä hankittu osaaminen vanhentuu. Tuhoavaa puolta on erityisesti se, kun yritykset menevät konkurssiin ja kun ihmiset joutuvat työttömäksi. Näistä aiheutuvat rahamääräiset ja inhimilliset kustannukset ovat todellisia, eikä sopeutuminen tapahdu ilman lisäuhrauksia. Luovaa puolta on se, että uusia, aikaisempaa tuottavampia työpaikkoja syntyy joko olemassa oleviin tai uusiin yrityksiin ja tuotantoyksiköihin.”

Edellä kuvatusta seuraa työvoiman liikkuvuutta toimialojen, yritysten ja työpaikkojen välillä, mikä pahimmillaan aiheuttaa myös työttömyyttä. Mutta jos yhteiskunnan sosiaaliturvajärjestelmät ja muut instituutiot ovat kunnossa, työttömyysjaksot eivät aiheuta ahdinkoa ja parhaassa tapauksessa työntekijät löytävät aikaisempaa parempia työpaikkoja. Näin luovan tuhon innovaatioprosessi kokonaisuudessaan tuottaa yhteiskuntaan korkeampaa hyvinvointia, mikä näkyy muun muassa ihmisten tyytyväisyytenä (Aghion ym., 2016). Ja parhaimmillaan sosiaaliturvaverkot voivat myös edistää innovaatioita esimerkiksi paremman työmarkkinakohtaannon kautta (Acemoglu & Shimer, 2000). Luovassa tuhossa on siis useita ulottuvuuksia, eikä se ole vain prosessi, jonka seurauksena esimerkiksi työntekijät aina kärsisivät.

Luonto- ja ympäristöhaasteet kumpuavat ulkoisvaikutuksista

Schumpeterilainen kasvuteoria päättyy johtopäätökseen, että yksityinen oman edun tavoittelu johtaa usein yhteiskunnallisesti toivottaviin painotuksiin, mitä tulee uusien ideoiden synnyttämiseen, soveltamiseen ja skaalautumiseen.

Toisinaan markkinasignaalien teknologista kehitystä ohjaava ”kompassi” – toisin sanoen hintamekanismi ja sen tarjoamat kannustimet ja välittämä informaatio – on kuitenkin rikki siten, että innovaatio toiminnan määrä tai painotukset eivät palvele kansalaisten tulevan hyvinvoinnin lisäämistä parhaalla mahdollisella tavalla. Kyse on pitkälti siitä, että hinnat eivät heijastele oikealla tavalla niukkuutta ja resurssien käyttöä. Tällöin teknologinen kehitys suuntautuu ei-toivotulla tavalla, ja syntyy tarve tämän harhan korjaamiseen yhteiskuntapoliittisin keinoin.

Satojen vuosien teollinen historia on suosinut ympäristöä rasittavia teknologioita – markkinavaikutuksien ja urariippuvuuksien takia tällä hetkellä harjoitettavan innovaatio toiminnan painotus onkin vääristynyt. Syynä tähän on usein se, että markkinahinnat eivät heijastele riittävässä määrin kaikkia niitä yhteiskunnallisia kustannuksia, joita tavaroiden ja palveluiden tuottaminen aiheuttavat.

Markkinoilla tapahtuvaan vaihdantaan perustuva yksityisen oman edun tavoittelu ohjaa varsin hyvin talouden toimijoita tilanteissa, joissa tavarain tai palvelun tarjontaan liittyvissä kustannuksissa ja tuotoissa näkyvät **kaikki** aiheutetut hyödyt ja haitat.⁵ Tilanteissa, joissa näin ei ole, syntyy läikkymis- tai ulkoisvaikutuksia (*spillovers, externalities*).

Uuden idean tahaton leviäminen on esimerkki yhteiskunnallisesti toivottavasta positiivisesta ulkoisvaikutuksesta. Jos tuottaja ei maksa täyttä hintaa kaikista teollisen prosessin tarvitsemista raaka-aineista ja sen synnyttämistä päästöistä ja saasteista, kyseessä on yhteiskunnallisesta näkökulmasta negatiivinen ulkoisvaikutus.

Luonnon tapauksessa ulkoisvaikutuksissa on usein kyse siitä, että omistusoikeuksia ei ole määritelty (Dasgupta, 2021):⁶ puhdasta hengitysilmaa tai kaunista maisemaa ei varsinaisesti omista kukaan ja vaikka omistaisikin, niiden käytöstä olisi käytännössä hankalaa veloittaa käypää hintaa.

Yhteisomistus voi olla perusteltua vaikkapa kansallispuistojen kohdalla, mutta joskus yhteinen omistajuus tai puuttuvat omistusoikeudet johtavat niin kutsuttuun yhteismaan ongelmaan (*tragedy of the commons*). Esimerkiksi meren kalakanta saattaa romahtaa, jos kalat ovat kaikkien yhteistä omaisuutta eikä kalastusta rajoiteta. Tällöin kunkin kalastajan omasta näkökulmasta järkevä käytös johtaa kaikkien kannalta huonoon lopputulokseen. Ongelma voidaan ratkaista rajoittamalla yhteisen omaisuuden käyttöä esimerkiksi kalastuskiintiöillä.

Läikkymis- ja ulkoisvaikutuksista seuraa, että yksityisillä markkinoilla vallitseva hinta on yhteiskunnallisesta näkökulmasta vääristynyt ainakin luonto- ja ympäristöarvojen osalta. Markkinahinnat eivät toisin sanoen heijastele riittävässä määrin kaikkia niitä (yhteiskunnallisia) kustannuksia, joita tavaroiden ja palveluiden tuottaminen

aiheuttavat. Toisinaan tarvittavaa markkinaa ei synny lainkaan, mikä puolestaan joutaa mm. siihen, että joillekin tuotantotoiminnassa tarvittaville tuotannontekijöille ei muodostu hintaa, eikä toimijoilla ole siis taloudellista kannustinta välttää niiden liikkakäyttöä. Talousskasvun kannalta ajateltuna toimijoilla ei myöskään ole kannustinta kehittää teknologioita, joilla voitaisiin vähentää näiden tuotannontekijöiden käyttöä tai luopua niistä kokonaan.

Politiikan johtotähtenä ulkoisvaikutusten sisäistäminen

Taloustieteellisen tutkimuksen perusteella perusratkaisu vihreän kasvun aikaansaamiseksi on elinkeinotoiminnan luontoa ja ympäristöä rasittavien negatiivisten ulkoisvaikutusten sisäistäminen osaksi markkinoilla vallitsevia hintoja.

Markkinoiden kautta tapahtuvan ulkoisvaikutusten sisäistämisen merkittävä etu on se, että (a) se tuottaa – lähes taianomaisesti – talouden eri toimijoille oikeat kannustimet vähentää luonnon ja ympäristön rasittamista ja että (b) lisäksi se kohdistaa korjaustoimet kustannustehokkaasti, toisin sanoen tarjoaa vahvat kannustimet vähentää luonnon ja ympäristön rasittamista siellä, missä se on tehokkainta. Jos kaikki ulkoisvaikutukset onnistuttaisiin globaalisti sisäistämään hintoihin siten, että ne heijastelevat kaikkien hyötyjen ja haittojen nettohyötyjä, useimmat ilmaston lämpenemiseen ja luontokatoon liittyvät haasteet olisivat selätetyt.

Negatiivisten ulkoisvaikutusten sisäistämisen yksi haaste on hyvinvointitappioiden määrittäminen rahassa. Luonto- ja ympäristövaikutusten lisähaasteena on se, että haitat kohdistuvat voittopuolisesti tuleviin sukupolviin. Nykyiset sukupolvet tekevät valintoja oman ja jälkipolvien hyvinvoinnin välillä vieläpä tilanteessa, jossa tulevien sukupolvien halut ja tarpeet eivät ole tiedossa (vaikka ne voivat tulla nykyisten kanssa samankaltaisia). Luonto- ja ympäristöhaasteita ratkottaessa joudumme väistämättä jotenkin arvottamaan nykyistä ja tulevaa hyvinvointia, mikä edellyttää tulevan hyvinvoinnin ja usein myös rahavirtojen nykyarvojen laskemista eli diskonttausta, mikä ainakin hyvinvoinnin tapauksessa on eettisesti arveluttavaa (Gardiner, 2011).

Ulkoisvaikutuksia sisäistävässä ratkaisussa ei välttämättä ole kyse negatiivisten vaikutusten estämisestä kokonaan, vaan pikemminkin ekologisen ja ekonomisen kokonaisuuden optimoinnista. Toimiessaan sisäistäminen tarkoittaisi sitä, että negatiivisista ulkoisvaikutuksista koituvat yhteiskunnalliset seuraukset ja niihin liittyvät hyvinvointitappiot tulisivat täysimääräisesti niitä aiheuttavien tahojen maksettaviksi osana olemassa olevia markkinoita.

Koska esimerkiksi päästöille ei luontaisesti synny yksityisiä markkinoita, sisäistäminen edellyttää tietoisesti – ja käytännössä julkisin toimin – luotuja erillisiä markkinoita, joiden pitää olla poliittisesti hyväksytyjä ja operatiivisesti mahdollisia. Esimerkiksi ilmakehään päästetyn hiilidioksidon hinnan tulisi heijastella sen globaalien vaikutusten nettohyötyjä ja kaikkien päästöjen aiheuttajien tulisi kohdata yksi

maailmanlaajuinen markkinahinta.⁷ Tähän liittyy haasteensa. Tähänastinen tutkimus ei tarjoa riittävää pohjaa objektiivisesti oikean päästöhinnan määrittelyyn; hinnoittelu päästölähteittäin on puutteellista ja epäyhtenäistä; lisäksi saman päästön hinta vaihtelee merkittävästi maittain.

Haasteista huolimatta hiilidioksidipäästöjen hinnoittelu on välttämättä osa ilmastomuutoksen hillintää, ja se onkin laajassa käytössä. Päästöongelman hoitaminen pelkästään markkinahinnan kautta sisäistämällä ei kuitenkaan ole mahdollista. Niinpä käytännön ratkaisuna on laaja kirjo erilaisia toimenpiteitä, joiden ohjaavat vaikutukset tulevat mietittäväksi itsenäisesti ja yhdessä, tietyssä ajanhetkenä ja yli ajan. Pakottava lainsäädäntö tulisi nähdä pikemminkin täydentävänä kuin korvaavana vaihtoehtona markkinapohjaisille sisäistävälle instrumenteille (Lamperti ym., 2020). Päästöjen hinnoittelu ja pakottava regulaatio eivät yhdessäkään poista tarvetta teknologisen kehityksen suuntaamiseen (Acemoglu, 2023).

Mikä on ihmisten maksuhalukkuus?

Ulkoisvaikutusten sisäistäminen tai ”vihreämmät markkinat” ylipäätään eivät toimi, jos ihmiset kuluttajina, äänestäjinä ja kansalaisyhteiskunnan toimijoina eivät halua tai voi maksaa – muodossa tai toisessa – vihreistä arvoista. Esim. Busato ym. (2022) väittävät, etteivät kuluttajat välitä vihreistä arvoista läheskään niin paljon kuin heidän pitäisi. Selvää ei tietystikään ole, miten tarkoituksenmukainen vertailukohta tällaisissa tarkasteluissa määritellään. Sekä talous- että poliittinen järjestelmä heijastelevat kuluttajien ja kansalaisten mieltymyksiä ja tarpeita, eli heidän preferenssejään.

Yksilötasolla puutteellisessa maksuhalukkuudessa tai -valmiudessa voi olla kyse monista eri asioista. Yhtäältä voi olla niin, että ihmiset eivät yksinkertaisesti välitä päätöksensä ja käyttäytymisensä ympäristövaikutuksista. Toisaalta he saattavat toimia lyhytnäköisesti tai niin sanotusti vapaamatkustaa muiden uhrauksilla. Voi myös olla niin, että kannattaisimme kyllä kaikille kipeitä toimia mutta vain tilanteissa, joissa muut eivät pääse vapaamatkustamaan omista panostuksista koituviin hyötyihin. Nämä haasteet eivät ole helposti ratkaistavissa, mutta ne saattavat osin liittyä tiedeyhteisön ja laajemmin yhteiskunnan kykenemättömyyteen kommunikoida ilmasto- ja luontoasioista oikealla tavalla tai siihen, että ihmiset arvottavat tulevaisuutta ”väärin”, jolloin kyse on tietynlaisesta käyttäytymisharhasta.⁸ Kuten Blanchard ym. (2023) keskustelevat, taloustieteilijöiden näkökulmasta hyvät politiikat eivät välttämättä ole suosittuja – ainakin ranskalaisten silmissä hiilivero (ja päästökauppa sen suorana vaihtoehtona) näyttää huonolta politiikkavaihtoehdolta, siinä missä läpinäkyvät ja usein tehottomat julkiset infrastruktuuriohjelmat, tuet ja kiellot ovat suosittumia.

Voi myös olla, että ihmiset kyllä välittäisivät, mutta heillä ei ole riittävää informaatiota kulutus- ja muiden päätöksensä elinkaarivaikutuksista ympäristöön. Tässä tapauksessa heidän kulutus-, äänestys- ja muut päätöksensä **eivät voi** ohjautua oikein, vaikka riittävä maksuhalukkuus ja -valmius olisi olemassa. Tällöin kyse on ainakin tie-

tyiltä osin siitä, että objektiivista informaatiota luonnon ja ilmaston kannalta parempien päätösten pohjaksi ei ole sillä tasolla, jolla kulutus päätöksiä tehdään.⁹

Yrityksen näkökulmasta innovaatiotoiminta edellyttää riskipitoisia investointeja, joille tyypillisesti odotetaan tuottoja noin kolmesta kymmenen vuoden aikavälillä (tuottovirran jatkuessa koko investoinnin elinkaaren ajan, joka usein lasketaan kymmenissä vuosissa). Toimiakseen tehokkaasti myös innovaatio- ja laajemminkin investointitoiminnan kautta vihreän yhteiskuntapolitiikan tuleekin olla ennustettavaa sekä mieluusti asteittain ja peruuttamattomasti tiukkenevaa, kuten mm. Dechezleprêtre ym. (2019) toteavat.¹⁰ Van der Meijden ja Smulders (2017) korostavat tarkasteluun odotusten hallintaa teknologista kehitystä suunnattaessa. Basaglia ym. (2022) havaitsivat, että epävarmuus ilmastopolitiikassa on poikkeuksellisen haitallista myös vihreän innovaatiotoiminnan kannalta.¹¹ Stern ja Valero (2021) painottavat, että yhtenä vihreän yhteiskuntapolitiikan roolina on ylipäättään hallita yksityisten sijoittajien odotuksia siirryttäessä kohtia fossiilivapaata tasapainoa.

Monilla politiikkatoimilla kohti samaa maalia

Yleisesti ottaen ajatellaan, että viranomaisilla ei ole parasta tietoa ja käsitystä hyvistä tulevista ratkaisuista. Tällöin onnistuneen yhteiskuntapolitiikan piirteitä ovat markkinaperusteisuus ja teknologianeutraalius, joka tosin toisinaan on ristiriidassa yhtenäisestä standardista saatavien mittakaava- ja verkostohyötyjen kanssa. Eri politiikkatoimien yhteisvaikutukset innovaatiotoimintaan onkin tarpeen miettiä tarkoin.

Esimerkiksi paljon ympäristöä kuormittavien tai energiaa käyttävien tuotteiden myyntikiellot taikka esimerkiksi vihreitä rahoitusmarkkinoita ohjaava EU-taksonomia (ja siihen liittyvät *technical screening criteria*) luovat usein tiukkoja vihreä-ruskea-rajoja. Niiden seurauksena saattaa olla, että kannattaa investoida vain juuri ja juuri vihreän puolelle kääntyvään ja jo valmiiksi saatavilla olevaan ratkaisuun, mikä ei ruoki varsinkaan radikaalimpaa innovaatiotoimintaa.

Melko usein yhteiskunta- ja elinkeinopolitiikassa on luontevaa ajatella, että samaa päämäärää ei tulisi tavoitella kovin usealla politiikkatoimella eikä samaa politiikkainterventiota kannattaisi käyttää monien eri tavoitteiden saavuttamiseen. Vihreän siirtymän tapauksessa on kuitenkin tarvetta laajalle politiikkavälineistölle, vaikka ensisijaisena johtotähtenä tulisikin olla ulkoisvaikutusten sisäistäminen ja yksityisten markkinoiden kautta tapahtuva ohjautuminen.

Taloustieteellisen tutkimuksen valossa on selvää, että luonto- ja ympäristöongelmien aktiivinen ja etupainotteinen ratkominen on pidemmällä aikavälillä paljon halvempaa ja hyvinvoinnin kehityksen kannalta viisaampaa kuin toimettomuus näissä suhteissa. Tehokkaasti toteutettuina ratkaisut eivät myöskään ole kohtuuttoman kalliita.

Kotimaisessa tutkimuksessa esim. Kuosmanen ym. (2023) sekä kansainvälisessä tutkimuksessa esim. Blanchard ym. (2023) ja Jaakkola ym. (2023) antavat varsin yhteneväiset politiikkareseptit vihreän kasvun tavoitteluun:

1. **Haittojen hinnoittelu markkinamekanismin kautta.** Esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöjen verottaminen tai vaihtoehtoisesti päästöoikeuskauppa.
2. **Vihreän tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan julkinen tukeminen.** Mm. polkuriippuvuuksista ja verkostovaikutuksista johtuen ruskeilla ratkaisuilla on pitkä etumatka, eikä tilanteen muuttaminen onnistu riittävällä nopeudella vain kohdan 1 hinnoittelumekanismien kautta.
3. **Vihreät standardit, ruskeiden ratkaisujen kiellot sekä panos- tai loppumarkkinoiden julkiset tuet.** Kohtia 1 ja 2 tukien ja tarvittaessa niiden tieltä väistyen.
4. **Kansalliset ja ylikansalliset kompensatiomekanismit.** Ainakin siirtymävaiheessa vihreän kasvun tavoittelu maksaa (nettomääräisesti), ja murroksessa on voittajia ja häviäjiä. Oikeudenmukaisuus ja poliittinen kannatus edellyttävät jonkinasteista kansallista kompensatiota – taloustieteilijät keskustelevat esim. hiilidioksidiveron tai -päästökaupan tuottojen jakamisesta takaisin kansalaisille könttäsummina. Kilpailukykynekökohdat saattavat edellyttää kilpailuneutraalia hiilitullia. Toteutettiinpa kompensatiot miten tahansa, ne eivät saisi vähentää ihmisten ja organisaatioiden kannustimia edetä vihreään suuntaan.

Vaikeus edellä mainittujen toimien kohdalla on se, että kokonaiskustannusten minimoimiseksi ne pitäisi saada toteutettua kahdessakin mielessä markkinaohjautuvasti – eli siten, että lähinnä tehokkain toteuttaja tavoittelisi päästövähennystä lähinnä helpoimmasta kohdasta alkaen – ja kullakin alamarkinalla toimivaa kilpailua edistäen.

Demokraattiset instituutiot saattavat aiheuttaa lisähaasteen vihreälle siirtymälle. Ensinnäkin, vaalikausittain toteutettavat politiikkaohjelmat tuottavat huonosti tässä yhteydessä tarvittavaa ennustettavuutta ja jatkuvuutta useiden vuosikymmenien yli. Toiseksi, yhdistelmänä puolueiden ohjelmia ja kansalaisten kannatusta vihreällä agendalla ei näytä olevan lainkaan riittävää painoa suhteessa uhkana oleviin hyvinvointitappioihin. Suomen tapauksessa EU:n harjoittama politiikka lienee ainakin osin johtanut tiukempaan ympäristöpolitiikkaan kuin mitä muutoin olisi harjoitettu – ainakin tältä osin erottaminen suorasta kansallisesta politiikkakontrollista on ollut eduksi. Mitä vihreään elinkeinopolitiikkaan tulee, esim. Rodrik (2015) ehdottaa ohjauksen delegoimista poliittisesta päätöksenteosta eristetyille teknokraattisille virkahenkilöille.

Laatikko 1.4 Vihreän talouskasvun empiirinen viitekehys

Bruttokansantuote (mahdollisesti henkilöä kohden laskettuna) tai sen kasvu (reaalinen vuosimuutos) ei ole kansalaisen tai hänen hyvinvointinsa mittari (ks. laatikko 1.1). Silti tukeudumme tässä kirjassa osin bruttokansantuotteen laskemista varten luotuun kansantalouden tilinpittoon ja sen keskeisiin käsitteisiin.

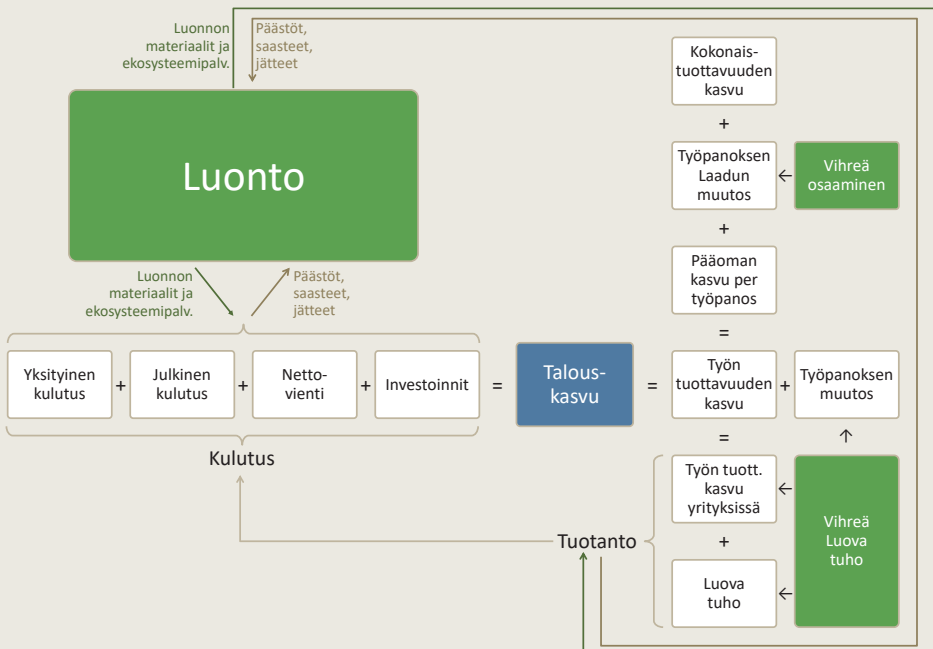
Ajatuksellisesti kaikki tavarat ja palvelut tuotetaan yhdistelemällä tuotantoprosessissa kokonaan kuluvia työtä, raaka-aineita ja välipanoksia sekä osittain tai ei lainkaan kuluvia aineellisia ja aineettomia pääomaeriä. Kasvua syntyy, jos loppukäyttäjien tavaroiden ja palveluiden kulutuksen kautta kokema arvo (ja sen perusteella maksettu reaalin hinta) lisääntyy ajan kuluessa.

Kuviossa 1.5 perinteiseen kansantalouden tilinpidosta johdettuun talouskasvun viitekehukseen (Maliranta, 2019, s. 42) on lisätty siitä perinteisesti puuttuva luonto/ympäristö. Kuviossa on hahmotettu luonnon/ympäristön rooli tuotannollisten panosten ja ekosysteemipalveluiden lähteenä sekä sen rooli päästöjen, saasteiden ja jätteiden sijoituspaikkana. Kuviossa viitataan myös niin yritysten välisen kilpailun kuin työmarkkinadynamiikankin vihreisiin ulottuvuuksiin. Viimekädessä kaikki kuvion elementit ja niihin liittyvät parametrit ovat seurausta ihmisten välisistä prosesseista ja ovat kansallisvaltion poliittisen prosessin kautta päätettävissä.

Kuvio kertoo, että talouskasvua voidaan tarkastella kolmesta suunnasta. Talouden lyhyen aikavälin suhdanteet dominoivat usein päivänpoliittista keskustelua. Kuviossa vasemmalla esitettävä yhtälö auttaa jäsentämään tuota keskustelua. Siinä tarkastellaan, miten talouskasvu riippuu erilaisista kysyntätekijöistä. Ne ovat taustalla, kun pohditaan, pitäisikö veroja alentaa tai julkisia menoja lisätä ta-

Kuvio 1.5

Vihreän talouskasvun tarkastelun kehikko



Lähde: Kirjoittajien hahmotelma.

louskasvun virkistämiseksi. Toisaalta Suomen kaltaisessa pienessä avotaloudessa viennin ja tuonnin merkitys on suuri, mikä usein ohjaa keskustelua vientiyritysten kilpailukyvyistä huolehtimiseen. Kilpailukyvyllä voi olla suuri vaikutus muun muassa yritysten investointien määrään, joka myös on talouskasvuun vaikuttavat kysyntätekijä.

Tässä keskustelussa painopiste on enemmän kulutuksen ja investointien määrissä sekä talouden tasapainossa suhdannemielessä kuin kulutuksen ja investointien rakenteiden kestävyudessa ympäristön näkökulmasta. Mutta vihreällä siirtymällä on kytköksiä myös talouden suhdanteiden kehitykseen. Kulutuksen rakenteiden muutokset voivat vaikuttaa myös kulutuksen määrään ja sitä kautta taloudelliseen aktiivisuuteen. Jos taloudellinen toimeliaisuus vähenee, myös luonnonvarojen käyttö sekä saastuttaminen vähenevät. Välitön vaikutus biosfääriin tilaan on myönteinen.

Myönteinen ympäristövaikutus ei ole kuitenkaan välttämättä poliittisesti ja yhteiskunnallisesti kestävällä pohjalla. Kulutuksen alentuessa ja taloudellisen toimeliaisuuden vähentyessä myös työn kysyntä työmarkkinoilla vähenee. Seurauksena on työttömyyden nousua ja köyhyyden lisääntymistä. Toisaalta myös julkisen talouden tulot vähenevät ja menot kasvavat, joten julkisen talouden tasapaino heikkenee. Yhteiskuntapoliittinen keskustelu kiihtyy, ja poliittinen tyytymättömyys kasvaa. Tuollaisessa taloudellisessa tilanteessa on poliittisesti heikot lähtökohdat rakentavalle, eteenpäin katsovalle keskustelulle ympäristölle ystävällisen talouskasvun mahdollisuuksista ja keinoista. Ymmärrettävästi yhteiskunnallisessa keskustelussa painottuvat kotitalouksien arjen ajankohtaiset vaikeudet, mikä demokraattisessa yhteiskunnassa ohjaa poliittisia toimia.

Yksi johtopäätös näyttäisi olevan, että järkevä talouden suhdanteita tasoittava talouspolitiikka on käytännössä ympäristölle ystävällisen talouskehityksen välttämätön mutta ei riittävä ehto. Kestävämät keinot löytyvät kuvion oikealta puolelta. Siellä tarkastellaan talouskasvun pitkän aikavälin tekijöitä.

Määritelmällisesti talouskasvu on kahden kasvutekijän summa. Ne ovat työn tuottavuus ja tehtyjen työtuntien määrä. Pitkällä aikavälillä kasvu tulee ennen kaikkea tuottavuuden kasvusta. Siksi on tärkeää katsoa työn tuottavuuden osatekijöitä. Uusklassisen kasvuteorian mukaan työn tuottavuuskasvun päätekijöitä on kolme. Ensimmäinen on työntekijöiden käytössä olevan pääoman määrä, toinen on työntekijöiden inhimillisen pääoman määrä, eli osaaminen, ja kolmas on kokonaistuottavuus. Näistä selvästi tärkein on kokonaistuottavuus, joka tyypillisesti selittää kaksi kolmasosaa työn tuottavuuden kasvusta. Kokonaistuottavuuden kasvu tarkoittaa, että samalla työ- ja pääomapanosmäärällä pystytään tuottamaan aikaisempaa enemmän tavaroita ja palveluita. Tämä tarkoittaa myös, että sama elintaso voidaan tuottaa aikaisempaa vähemmällä työllä. Se sopii hyvin myös hyvinvoinnin kehityksen mittariksi (Basu ym., 2022). Se on myös taloudellisen toiminnan tehokkuuden mittari. Käytännössä kokonaistuottavuuden kasvu tarkoittaa usein sitä, että sama tuotos saadaan aikaisempaa vähemmällä luonnonvarojen käytöllä sekä vähemmällä saastuttamisella. Siis ainakin se osa talouskasvusta, joka perustuu kokonaistuottavuuden kasvuun, voi olla myös ympäristölle ystävällistä.

Nykyisessä talouden kasvuteoriassa korostetaan sitä, että teknologista kehitystyötä ja teknologioiden käyttöönottoa tapahtuu yrityksissä. Sitä havainnollistetaan kuvion oikeassa alalaidassa. Yritykset yrittävät kehittää tuotteitaan ja tuotantotapojaan ja saada tällä tavalla kilpailuetua muihin yritykseen nähden. Onnistuessaan ne pääsevät nauttimaan ylimääräisistä voitoista. Toive näistä voitoista on se kiihoke, joka kannustaa yrityksiä panostamaan tutkimus- ja kehitystoimintaan. Kun yritys onnistuu kehittämään uuden tuotteen tai tuotantotavan, kilpailijoiden kannattavuus saattaa heikentyä. Usein käy myös niin, että niiden liiketoiminta ei ole enää kannattavaa. Seurauksena on tuotannon lopettamista ja työpaikkojen tuhoa. Tästä syystä teoriaa kutsutaan myös luovan tuhon teoriaksi.

Kuvion 1.5 keskeinen puute on sen staattinen luonne. Toisin sanoen, kuvio on kuin pysähtynyt kuva vallitsevasta maailmantilanteesta. Tämä ei tavoita talouden dynaamista perusluonnetta. Todellisuudessa ihmiset ja organisaatiot tekevät jatkuvana sarjana eteenpäin katsovia päätöksiä, joihin sen hetken mahdollisuudet ja kannustimet vaikuttavat.

Kirjan rakenne

Tämän kirjan luvut 1–3 luovat vihreän kasvun viitekehyksen ja käsittelevät sen kysyntäpuolen tekijöitä. Luvut 4–7 pureutuvat vihreän kasvun tarjontapuoleen. Luvut 8–10 käsittelevät sen geopolitiikan ja yritysten kilpailukyvyn luomaa kontekstia.

Ilkka Kieman luku 2 tarkastelee painoa, jonka annamme nykyiselle hyvinvoinnille tulevien sukupolvien hyvinvointiin verrattuna. Luvun kasvuteoriaan pohjaavat laskelmat havainnollistavat, kuinka painotusten pienetkin vaihtelut saattavat johtaa dramaattisiin muutoksiin ilmastomuutoksen torjuntaa koskevissa politiikkasuosituksissa. Kiema huomauttaa, että tällaiset laskelmat eivät välttämättä tuottaisi järkeviä tuloksia, jos vertailtavat tulevaisuuden skenaariot ovat liian erilaisia. Kasvuteoria kuitenkin sopii kohtuullisen lähellä toisiaan olevien skenaarioiden vertailuun.

Ari Hyytisen, Risto Rönkön ja Janne Tukiaisen luku 3 osoittaa kuluttajakyselyn ja sen analyysin avulla, että vaikka suomalaiset ovat hyvin tietoisia ympäristöhaasteista, niiden ratkaisuihin liittyvä maksuhalukkuus on vähäistä. Myöskään haasteita ratkovat poliitikot tai politiikkatoimet eivät saa laajaa kannatusta. Vihreään siirtymään liittykin kehämäinen syy-seuraus-haaste: ilmaistun halukkuuden perusteella kuluttajista ei ole vihreän siirtymän airueiksi, eivätkä he myöskään osana demokraattista prosessia ole tässä suhteessa antamassa vahvaa mandaattia julkisille päätöksentekijöille.

Eljas Aallon luku 4 paljastaa, että jopa ilman hiilidioksidipäästöjen vaikutusten huomioimista fossiilisen energian varaan rakentuva talous ikäänkuin ”luhistuu oman painonsa alle” siksi, että sen *muuhun* käyttöön tuottaman energian määrä suhteessa fossiilisen energiantuotannon *itsensä* käyttämään energiaan laskee (Aallon termin EROI eli *Energy Return On Investment* heikkenee). Tämän seurauksena nopea siirtyminen puhtaaseen teknologiaan on hyvinvointimielessä optimaalista riippumatta siitä, huomioidaanko päästöjen haitalliset vaikutukset vai ei.

Niko Jaakkolan luku 5 käsittelee hiilidioksidipäästöjen hinnoittelua ja sen poliittisia ulottuvuuksia. Päästöjen hinnoittelu joko päästäkaupan tai verotuksen kautta on keskeisin politiikkatoimi vihreän siirtymän aikaansaamiseksi. Tämä on kuitenkin poliittisesti epäsuosittua. Luvussa pohditaan keinoja ohjata vihreitä investointeja poliittinen vastarinta huomioiden. Olennaista on saada yksityiset toimijat luottamaan vihreän siirtymän toteutumiseen; tämä kääntää investoinnit vihreään suuntaan, muuttaa poliittisen vastarinnan tueksi ja on siksi itsensä toteuttava ennustus.

Ari Hyytisen, Mika Malirannan ja Veera Nippalan luku 6 esittää, että ”luovan tuhon” ansiosta talouskasvun vihertyminen voi koko talouden tasolla olla nopeampaa kuin yritystasolla. Vihreä luova tuho perustuu ympäristöinnovaatioihin, joita Suomessa toimivat yritykset tekevät vähintään yhtä paljon kuin Ruotsissa ja Tanskassa toimivat yritykset. Verrattuna muihin innovaatioihin ympäristöinnovaatiot näyttävät keskittyvän suhteellisesti enemmän suuriin yrityksiin ja Helsingin seudulle. Ylipääntään tulokset kertovat, että Suomen yrityssektori pyrkii uudistumaan tavalla, joka on välttämätön edellytys vihreälle luovalle tuholle.

Petri Rouvisen ja **Matthias Deschryveren** luku 7 pohtii teknologisen kehityksen suuntaamisen roolia ihmisen luonnolle ja ympäristölle aiheuttamien haittojen hillitsemisessä. Päälöydöksenä on, että yksityisen innovaatiotoiminnan kääntäminen paremmin vihreää kasvua tukeväksi edellyttää selvästi suuntaavaa innovaatiopolitiikkaa ja että tämän politiikan tulee kytkeytyä sitä tukevaan muuhun ympäristöpolitiikkaan.

Matthias Deschryveren ja **Petri Rouvisen** luku 8 havaitsee, että tunnistetusta kuudesta ulottuvuudesta viidessä geopolitiikan vaikutus vihreään kasvuun on voittopuolisesti kielteinen. Yhden ulottuvuuden mahdollisesti positiivinen vaikutus liittyy siihen, että erityisesti Yhdysvalloissa ja Euroopassa geopolitiikan inspiroimat teollisuuspoliittiset toimet ovat paljolti suunnattuja vihreän siirtymän edistämiseen. Vaikka globaali blokkiutumiskehitys näyttää väistämättömältä, Suomen ulkosuhteiden kärkenä tulee jatkossakin olla monenkeskisen, sääntöpohjaisen maailmanjärjestyksen tavoittelu.

Pauli Komosen ja **Antti-Jussi Tahvanaisen** luku 9 havaitsee, että Suomessa toimivat yritykset näkevät vihreän siirtymän pikemminkin kilpailukykyasiana kuin kustannuskysymyksenä. Innovatiivisen ja asiakaslähtöisen yrityksen täytyy olla myös kestävä. Yleisesti ottaen yritykset kokevat, että vihreä siirtymä tarjoaa niille positiivisia kasvunäkymiä. Yritysten keskeisenä murheena ovat vaikeasti hallittavat ja ennakoitavat ympäristöpoliittiset toimet. Yritykset näkevät vihreän siirtymän rinnalla tarpeen ”reilulle siirtymälle” eli työntekijöiden mahdollisuudelle osaamisen päivittämiseen ja uudelleen kouluttautumiseen. Yritysten käsitys vihreästä siirtymästä monipuolistuu jatkuvasti hiilineutraaliutta laajemmaksi.

Ari Hyytisen, **Mika Malirannan**, **Petri Rouvisen** ja **Antti-Jussi Tahvanaisen** luku 10 vetää yhteen kirjan keskeisimmät havainnot ja tärkeimmät luvuista 2–9 nousevat johtopäätökset. Vihreä siirtymä ei tapahdu ilman yhteiskuntapoliittista työntöä: negatiiviset ja positiiviset luonto- ja ympäristö (ulkois) vaikutukset on hinnoiteltava; toisena keskeisenä ja täydentävänä ohjaustapana on pakottava regulaatio; lisäksi vihreä tutkimus- ja kehitystoiminta tulee olla innovaatiopolitiikan erityisenä painopisteenä. Poliittikkatoimien tulee olla laaja-alaisia ja toisiaan tukevia ja niiden tulee ohjata vuosikymmenien päähän ulottuvia odotuksia – haittojen aiheuttaminen tulee käydä uskottavasti ja peruuttamattomasti yhä kalliimmaksi ja vihreä kasvun toimien vastaavasti yhä kannattavammaksi.

Viitteet

- ¹ Ajattelumme on Huhtalan (2012, s. 41) määritelmän mukainen: ”Vihreällä kasvulla tarkoitetaan kasvun luomista resursseja tuhlaamatta, puhtaasti ja luontoa vaurioittamatta.”
- ² Kirjoittajien vapaa käännös seuraavasta: ”*Climate change is a result of the greatest market failure the world has seen.*”
- ³ Kattavuudestaan huolimatta ao. artikkeli ei käsittele niin ikään tärkeitä rajoja liittyen mm. uusiutumattomien luonnonvarojen ehtymiseen ja väestönkasvuun.
- ⁴ Lähde: The Financial Times (Bryan, 2023). Kirjoittajien vapaat käännökset seuraavista: ”*Inch by inch progress will not do,*” ja ”*climate ambition supernova.*”
- ⁵ Tarkkaan ottaen markkinoiden kitkaton toiminta edellyttää täydellistä informaatiota, hyvin määriteltyjä omistusoikeuksia ja kattavia futuurimarkkinoita sekä suhteellisia hintoja, joissa ovat mukana kaikki hyödyt ja haitat – myös varantojen hupenemisen kautta kasvava niukkuus.
- ⁶ Ison-Britannian hallitukselle laatimassa laajassa raportissaan Dasgupta (2021, s. 46) toteaa näin: ”*Human activities give rise to externalities because property rights to large segments of the biosphere are either weakly defined or inadequately enforced. And a common reason for the latter is that Nature is mobile: the wind blows, rivers flow, fish swim, the oceans circulate, and insects and birds fly. One consequence of this is that no one can contain the atmosphere they befoul, the soil they contaminate, the rivers they pollute. Moreover, the harm they cause is non-excludable, meaning that it is not possible for the person or agency to whose action the harm is traceable to pick and choose those who are affected.*”
- ⁷ Stern–Stiglitz-raportti (High-Level Commission on Carbon Prices, 2017) poikkeaa yhden hinnan periaatteesta sekä oikeudenmukaisuus- että talousnäkökohtiin vedoten.
- ⁸ Lyhytnäköisyys ja vapaamatkustajaongelmat ovat haasteina kaikilla tasoilla. Käytännössä tämä näkyy niin, että tulevaisuutta aliarvostetaan. Edes helppoja ja hyvinkin varmasti kannattavia ympäristötekoja, kuten rakennusten parempaa eristämistä tai lämmitysmuodon vaihtamista ei tehdä, vaikka tarvittavan investoinnin nettonykyarvo näyttäisi plussaa. Koska talous ei ratkaise tätä ongelmaa, rahoitus- ja pääomamarkkinoiden puolella täytyy olla puutteita, sopimuskustannukset ovat ylitsepääsemättömiä tai kyseessä on informaatio-ongelma (relevantit päätöksentekijät eivät tiedä kannattavasta investointimahdollisuudesta).
- ⁹ Jokaisella yksittäisellä päätöksentekohetkellä kustannuksin, jotka päätöksentekijä olisi valmis maksamaan – joko rahana tai esimerkiksi lisäselvityksiin käytettynä aikana.
- ¹⁰ Dechezleprêtre ym. (2019, s. 232): ”*What is needed is a slow but sustained growth in public R&D funding over the next decade. Commitments to fund R&D should have a long-term component (until at least 2030) just like carbon emission caps.*”
- ¹¹ Kuten Jasny ja Schubert (2023) toteavat, DeGrowth-keskustelu on osa tätä epävarmuutta, joskin heidän empiiriset tuloksensa lieventävät tätä huolta jonkin verran.

Lähteet

- Acemoglu, D. (2023). Distorted Innovation: Does the Market Get the Direction of Technology Right? *AEA Papers and Proceedings*, 113, 1–28. <https://doi.org/10.1257/pandp.20231000>
- Acemoglu, D. & Shimer, R. (2000). Productivity Gains from Unemployment Insurance. *European Economic Review*, 44(7), 1195–1224.
- Aghion, P., Akcigit, U., Deaton, A. & Roulet, A. (2016). Creative Destruction and Subjective Well-Being. *American Economic Review*, 106(12), 3869–3897. <https://doi.org/10.1257/aer.20150338>
- Aghion, P., Akcigit, U. & Howitt, P. (2015). The Schumpeterian Growth Paradigm. *Annual Review of Economics*, 7(1), 557–575. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080614-115412>
- Aghion, P. & Howitt, P. (1992). A Model of Growth through Creative Destruction. *Econometrica*, 60(2), 323–351.
- Aghion, P. & Howitt, P. (2009). *The Economics of Growth*. MIT Press.
- Akcigit, U. & Nicholas, T. (2019). History, Microdata, and Endogenous Growth. *Annual Review of Economics*, 11(1), 615–633. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080218-030204>
- Basaglia, P., Carattini, S., Dechezleprêtre, A. & Kruse, T. (2022, October 24). *Climate policy uncertainty and firms' and investors' behavior* Frontiers of climate and nature in macroeconomics and finance, Paris. <https://www.banque-france.fr/en/frontiers-climate-and-nature-macroeconomics-and-finance>
- Basu, S., Pascali, L., Schiantarelli, F. & Serven, L. (2022). Productivity and the Welfare of Nations. *Journal of the European Economic Association*, 20(4), 1647–1682. <https://doi.org/10.1093/jeea/jvac002>
- Blanchard, O., Gollier, C. & Tirole, J. (2023). The Portfolio of Economic Policies Needed to Fight Climate Change. *Annual Review of Economics*, 15(1), 689–722. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-051520-015113>
- Bryan, K. (2023, November 14). UN predicts 9% rise in greenhouse gas emissions by 2030. *The Financial Times*. <https://www.ft.com/content/5c9fbecc-4eed-4e95-a133-1aef2011c490>
- Busato, F., Chiarini, B., Cisco, G. & Ferrara, M. (2022). Do people really care about global warming? *Economics and Business Letters*, 11(1), 24–32. <https://doi.org/10.17811/ebl.11.1.2022.24-32>
- Chancel, L. (2022). Global carbon inequality over 1990–2019. *Nature Sustainability*, 5(11), 931–938. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00955-z>
- Dasgupta, P. (2021). *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*. HM Treasury. <https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review>
- Dechezleprêtre, A., Martin, R. & Bassi, S. (2019). Climate change policy, innovation and growth. Teoksessa Fouquet, R. (Ed.), *Handbook on Green Growth*, 217–239. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781788110686.00018>
- Ekins, P. & Zenghelis, D. (2021). The costs and benefits of environmental sustainability. *Sustainability Science*, 16(3), 949–965. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00910-5>
- Gardiner, S. M. (2011). *A Perfect Moral Storm: The Ethical Tragedy of Climate Change*. Oxford University Press. <https://books.google.fi/books?id=5ohoAgAAQBAJ>
- Grossman, G. M. & Helpman, E. (1991). Quality Ladders in the Theory of Growth. *Review of Economic Studies*, 58, 43–61.

- High-Level Commission on Carbon Prices. (2017). *High-Level Commission on Carbon Prices*, World Bank, Issue. https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53deccfb4c/t/59b7f2409f8dce5316811916/1505227332748/CarbonPricing_FullReport.pdf
- Huhtala, A. (2012). Bruttokansantuote vihreyden pauloissa. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 108(1), 41–54. <https://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/images/stories/kak/KAK12012/kak12012huhtala.pdf>
- Hyytinen, A. (2015). Pääkirjoitus: Luova tuho ei ole kirosana. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 111(4), 437–439. https://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2022/02/31871983_KAK_1_2022_Taloustieteellinen_Yhdistys_WEB-5-8.pdf
- Hyytinen, A. (2022a). Näkökulmia talouskasvuun ja maapallon kantokykyyn. *Talous & Yhteiskunta -lehti*, 2022(2), 28–35. <https://labore.fi/t&y/nakokulmia-taloukasvuun-ja-maapallon-kantokykyyn/>
- Hyytinen, A. (2022b). Pääkirjoitus: Näin tämä ei voi jatkua. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 118(1), 3–6. https://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2022/02/31871983_KAK_1_2022_Taloustieteellinen_Yhdistys_WEB-5-8.pdf
- IEA (2021). *Net Zero by 2050*. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- Jaakkola, N., van der Ploeg, F. & Venables, A. J. (2023). ”Big Push” Green Industrial Policy. *EconPol Forum*, 24(6), 32–36. <https://www.cesifo.org/en/publications/2023/article-journal/big-push-green-industrial-policy>
- Jasny, J. & Schubert, T. (2023). Post-growth and the demand-pull hypothesis of innovation: Biting the hand that feeds you. *Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis*, 76. <https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/239f605d-9af5-4923-9089-9776263699ea/download>
- Kruse-Andersen, P. K. (2023). Directed technical change, environmental sustainability, and population growth. *Journal of Environmental Economics and Management*, 122, 102885. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jeem.2023.102885>
- Kuosmanen, N., Kaitila, V., Kuusela, O.-P., Lintunen, J., Maczulskij, T. & Valkonen, T. (2023). Transition to carbon neutrality Implications for productivity, competitiveness and investments. *Publications of the Government’s analysis, assessment and research activities*, 62. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-019-6>
- Lamperti, F., Napoletano, M. & Roventini, A. (2020). Green Transitions and the Prevention of Environmental Disasters: Market-Based vs. Command-and-Control Policies. *Macroeconomic Dynamics*, 24(7), 1861–1880. <https://doi.org/10.1017/S1365100518001001>
- Lenton, T. M., Rockström, J., Gaffney, O., Rahmstorf, S., Richardson, K., Steffen, W. & Schellhuber, H. J. (2019). Climate tipping points – too risky to bet against. *Nature*, 575(7784), 592–595. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-03595-0>
- Maliranta, M. (2019). Mistä tekijöistä talouskasvu rakentuu? Teoksessa Honkapohja, S. & Vihriälä, V. (Eds.), *Suomen kasvu – Mikä määrää tahdin muuttuvassa maailmassa?* Taloustieto Oy.
- Rockström, J., Gupta, J., Qin, D., Lade, S. J., Abrams, J. F., Andersen, L. S., Armstrong McKay, D. I., Bai, X., Bala, G., Bunn, S. E., Ciobanu, D., DeClerck, F., Ebi, K., Gifford, L., Gordon, C., Hasan, S., Kanie, N., Lenton, T. M., Loriani, S., . . . Zhang, X. (2023). Safe and just Earth system boundaries. *Nature*, 619(7968), 102–111. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>
- Rodrik, D. (2015). Green industrial policy. *Oxford Review of Economic Policy*, 30(3), 469–491. <https://doi.org/10.1093/oxrep/gru025>

- Sachs, J., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G. & Woelm, F. (2021). *Sustainable Development Report 2021*. Cambridge University Press. [https://doi.org/DOI: 10.1017/9781009106559](https://doi.org/DOI:10.1017/9781009106559)
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B. & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. <https://doi.org/doi:10.1126/science.1259855>
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.98.21>
- Stern, N. & Stiglitz, J. E. (2023). Climate change and growth. *Industrial and Corporate Change*, 32(2), 277–303. <https://doi.org/10.1093/icc/dtad008>
- Stern, N. & Valero, A. (2021). Innovation, growth and the transition to net-zero emissions. *Research Policy*, 50(9), 104293. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104293>
- Stiglitz, J. E. Sen, A., & Fitoussi, J.-P. (2010). *Mismeasuring Our Lives: Why GDP Doesn't Add Up*. New Press.
- Vaden, T., Lähde, V., Majava, A., Toivanen, T., Eronen, J. T. & Järvensivu, P. (2019). Onnistunut irtikykentä Suomessa? *Alue ja Ympäristö*, 48(1), 3–13. <https://doi.org/10.30663/ay.76338>
- van der Meijden, G. & Smulders, S. (2017). Carbon Lock-in: The Role of Expectations. *International Economic Review*, 58(4), 1371–1415. <https://doi.org/10.1111/iere.12255>

Kestävä kehitys ja sukupolvien välinen oikeudenmukaisuus

2

Tiivistelmä

Kasvihuoneilmion hillitsemiseksi tehtävien toimien optimaalista tasoa arvioitaessa on oleellista päättää, miten suuri paino ihmisten nykyiselle ja tulevalle hyvinvoinnille annetaan toisiinsa verrattuna. Ympäristön ja talouden välisiä yhteyksiä mallinnettaessa eri sukupolvien hyvinvoinnin tasoille asetetut painot ilmenevät diskonttokorossa. Sen melko pienetkin muutokset johtavat varsin erilaisiin yhteiskuntapoliittisiin suosituksiin, vaikka laskentamallin muut lähtökohdat pysyisivät samoina.

Diskonttokoron kiistanalaisin elementti on niin sanottu puhtaan aikapreferenssin aste, ja sen kiinnittäminen on toisinaan perustunut markkinakorkoihin ja toisinaan eettisiin argumentteihin. Markkinakorkoihin perustuvat hyvinvointilaskelmat ovat avuksi ilmastonmuutoksen rajoittamisen eri toteutustapojen välistä paremmuutta arvioitaessa, mutta ne eivät tuota eettisesti hyväksyttäviä vastauksia kysymykseen, missä määrin ilmastonmuutosta pitäisi rajoittaa.

On ongelmallista soveltaa kasvuteoriaa tulevaisuuden skenaarioiden hyvinvointivertailuihin esimerkiksi silloin, kun skenaarioissa on eri määrä henkilöitä. Siksi kasvuteorian mukaista tapaa asettaa tulevaisuuden skenaarioita paremmuusjärjestykseen olisi syytä pitää matemaattisena idealisaationa, joka tavoittaa relevanteista eettisistä näkökohdista vain osan. Tämä ei estä arvioimasta kestävästä kehityksestä edistäviä toimia vertailemalla sellaisia kasvuteoriaan perustuvia tulevaisuuden skenaarioita, joiden vertailuun teoria soveltuu paremmin.

Ilkka Kiema

on LABOREn

tutkimusohjaaja.

Suosittelava lähdeviittaus tähän lukuun:

Kiema, Ilkka (2024). *Kestävä kehitys ja sukupolvien välinen oikeudenmukaisuus*. Luku 2 (sivut 29–50) kirjassa **Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika, Rouvinen, Petri ja Tahvanainen, Antti-Jussi** (toim.) (2024). *Vihreä kasvu*. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta). <https://ForGrowth.fi>

Johdanto

Kasvihuoneilmion torjunnan kustannuksia maksetaan jo nyt, mutta sen torjunnasta saatava hyöty sijoittuu suurelta osin kaukaiseen tulevaisuuteen. Siksi valitsemamme kasvihuonekaasupäästöjä rajoittavat toimet riippuvat oleellisesti siitä, millaisen painoarvon annamme tulevien sukupolvien saavuttamalle hyvinvoinnille tällä hetkellä saavutettavaan hyvinvointiin verrattuna.

Kun kasvihuoneilmiötä ja sen torjunnan strategioita mallinnetaan taloustieteilijän työkaluin, eri sukupolvien hyvinvoinnin tasoille asetetut painot ilmenevät diskonttokorossa. Laskelmissa käytetyn koron arvo on toisinaan valittu markkinakorkojen perusteella ja toisinaan eettisiin argumentteihin vedoten, ja erilaiset korot ovat tuottaneet jyrkästi toisistaan poikkeavia arvioita siitä, miten ripeästi kasvihuonekaasupäästöjä olisi järkevää ryhtyä supistamaan.

Myös kullakin hetkellä vallitsevan hyvinvoinnin tason arviointi on haastavaa. Josakin maassa jonakin tiettyinä vuonna vallitsevaa aineellista elintasoja voidaan mitata henkeä kohden lasketulla bruttokansantuotteella tai yksityisen kulutuksen määrällä, mutta hyvinvoinnin muiden ulottuvuuksien mittaamiseen ei ole vastaavia vakiintuneita menetelmiä. Tilannetta vaikeuttaa myös tietämättömyys: tällä hetkellä vallitsevaa hyvinvointitasoa arvioidaksemme voimme yrittää selvittää nykyaikana elävien ihmisten mieltymyksiä, mutta tulevien sukupolvien preferenssit ovat meille tuntemattomia. Vielä periaatteellisempia ongelmia syntyy muun muassa silloin, kun ekonomistin työkaluja soveltaen yritetään vertailla tulevaisuuden skenaarioita, joissa olemassa olevien henkilöiden lukumäärä on erilainen.

Miten mitata hyvinvointia?

Filosofista suuntausta, jonka mukaan toimintamme tavoitteena tulisi olla hyvinvoinnin maksimointi, nimitetään *utilitarismiksi*. Kun erilaisten politiikkatoimien onnistuneisuutta mallinnetaan ekonomistin työkaluin, lähtökohta on yleensä utilitarismin mukainen. Taloustieteen malleissa yhteiskunnassa kunakin ajankohtana vallitsevaa hyvinvoinnin tasoa kuvataan yleensä hyvinvointifunktiolla, joka määrittää yksittäisten henkilöiden tai kotitalouksien hyvinvoinnin tasojen avulla, ja parhaana lopputuloksena pidetään tilannetta, jossa hyvinvointifunktion arvo maksimoituu.

Yksinkertaisimmissa mahdollisissa hyvinvointifunktioissa kotitalouden yksityisellä kulutuksella mitattu elintaso määrää sen hyvinvoinnin. On tavanomaista kritiikoida tällaista hyvinvointifunktiota siitä, että se ei huomioi esimerkiksi luontoarvoja, vapaa-ajan määrää ja monenlaisia ilmaiseksi saatavia tavaroita ja palveluja. Toinen, harvemmin mainittu ja kenties vähemmän ilmeinen kritiikki olisi, että bruttokansantuotteeseen sisältyvienkään tavaroiden ja palveluiden kohdalla yksityinen kulutus ei välttämättä kuvaa osuvasti niiden suhteellisia hyvinvointivaikutuksia, koska

niiden yksityisessä kulutuksessa saamat painot riippuvat niiden markkinahinnoista. Esimerkiksi internetissä leviävillä informaatiohyödykkeillä voi olla suuri hyvinvointivaikutus ilman, että tämä johtaisi niiden hintojen nousuun – näin siksi, että jo luotujen informaatiohyödykkeiden monistamisen kustannus on miltei olematon – ja jos näin käy, niiden paino ei sovellu kuvaamaan niiden koettua hyvinvointivaikutusta.

Bruttokansantuotteen käyttöä hyvinvoinnin mittarina puolustetaan kuitenkin usein sillä, että se korreloi vahvasti monien muiden hyvinvointimittareiden kanssa. Esimerkiksi Yhdistyneiden Kansakuntien määrittelemällä ja myös väestön koulutustason sekä odotettavissa olevan eliniän huomioivalla inhimillisen kehityksen indeksillä (*human development index*, HDI) ja ostovoimakorjatulla, henkeä kohden lasketulla bruttokansantuotteella on vahva korrelaatio (United Nations Development Programme, 2024).

Myöskään inhimillisen kehityksen indeksi ei ota huomioon esimerkiksi luontoarvojen tai vapaa-ajan määrän hyvinvointivaikutuksia. Yleisemmissä hyvinvointimittareissa esiintyviä suureita ovat esimerkiksi ympäristön laatu, turvallisuus ja koettu tyytyväisyys elämään. Näille annettavat painot perustuvat väistämättä osin myös mielipiteisiin pelkkien taloudellisten tosiseikkojen sijasta. Stiglitz ym. (2009, 2018) ovatkin perustellusti ehdottaneet, että yhden ”oikean” hyvinvointimittarin tuottamisen sijasta tilastoviranomaisten tulisi kerätä vertailukelpoista dataa useista eri elämänlaadun mittareista. Jos tällainen mittaristo on olemassa, sen käyttäjät voivat itse koota sen pohjalta oman arvomaailmansa mukaisia aggregaattitason hyvinvointimittareita.

Yhden oikean hyvinvointimittarin sijaan useita elämänlaadun mittareita.

Esimerkiksi OECD:n internetin välityksellä käytettävä *Better Life* -indeksi on käytännön sovellus tästä ideasta. Se nimeää yksitoista eri maissa vallitsevaan hyvinvointiin vaikuttavaa osa-alueetta, joilla menestymistä indeksissä mitataan nollasta kymmeneen ulottuvalla asteikolla. Indeksini käyttäjä voi itse valita, millaiset painot hän näille antaa, ja koota näin omien vakaumustensa mukaisen mittarin sille, miten suuri hyvinvointi eri maailman maissa vallitsee (OECD, 2020).

Bruttokansantuotteen tavoin *Better Life* -indeksin kaltaiset yleisemmät hyvinvointi-indikaattorit mittaavat hyvinvointia yhtenä ajankohtana, kuten tiettyinä vuotena. Yksi tapa lähestyä kehityksen kestävyuden mittaamista on täydentää bruttokansantuotetta erilaisten luonnonvarojen määrää (eikä vain hetkellistä kulutusta) kuvaavilla *varantosuuureilla*. Esimerkiksi Yhdistyneiden Kansakuntien määrittelemä ympäristötilinpito (*System of Environmental-Economic Accounting*, SEEA) on tilastokehikko, joka kokonaan toteutettuna sisältäisi materiaalivirtojen tilastoinnin ohella myös erilaisten materiaalien varantojen tilastoinnin (United Nations, 2014). Esimerkiksi Eurostat ja suomalainen Tilastokeskus ovat kuitenkin toistaiseksi toteuttaneet SEEA-kehikon tilastoista lähinnä vain virtasuureita eikä varantosuuureita kuvaavia tilastoja.

Stern, Nordhaus ja tulevien sukupolvien hyvinvointi

Aiemmin muun muassa Maailmanpankin pääekonomistina toiminut Nicholas Stern laati noin seitsemäntoista vuotta sitten Ison-Britannian hallituksen toimeksiannosta ilmastonmuutosta koskevan raportin (Stern, 2007), jossa päädyttiin dramaattisiin johtopäätöksiin. Raportissa sovelletaan kasvuteoriaa skenaarioihin, joissa ilmastonmuutokseen reagoitaisiin eri tavoin. Kaikissa skenaarioissa maailmantalous kasvoi pysyvästi, mutta ilmastonmuutos alensi niissä bruttokansantuotteen tasoa eri tavoin.

Sternin arvioissa päätös olla puuttumatta kasvihuoneilmiöön millään politiikkatoimilla vastaa hyvinvointivaikutuksiltaan maailman bruttokansantuotteen (ja samalla

Päätös olla puuttumatta kasvihuoneilmiöön aiheuttaisi suuria hyvinvointitappioita.

keskimääräisen aineellisen elintason) pysyvää vähintään viiden prosentin suuruista laskua. Pahimmassa tapauksessa ilmastonmuutoksesta aiheutuva elintason lasku saattaisi vastata jopa 20

prosenttia maailman bruttokansantuotteesta. Näissä luvuissa vertailukohtana toimi ajateltu tapaus, jossa kasvihuoneilmiötä ei olisi eikä siihen olisi tarpeen reagoida.

Sternin politiikkasuosituksena on dramaattinen ja nopea kasvihuonekaasupäästöjen supistaminen. Käytännön politiikkatoimena hän tarkastelee muun muassa globaalia hiilipäästöjen veroa, joka tarjoaisi kannusteen päästöjen supistamiseen. Hänen mukaansa kasvihuonekaasupäästöjä rajoittavat toimet vastasivat nekin hyvinvointivaikutuksiltaan maailman bruttokansantuotteen pysyvää supistumista, mutta jos niitä toteutettaisiin, Sternin arvioissa pitkän tähtäimen bruttokansantuotteella mitattu elintason lasku voitaisiin saada rajoittumaan noin yhteen prosenttiin (Stern, 2007).

Koska kasvihuoneilmiön torjunnasta saatava hyöty sijoittuu suurelta osin kaukaisempaan tulevaisuuteen kuin sen aiheuttamat kustannukset, Sternin politiikkajohdopäätöksiin vaikutti oleellisesti se, miten tällä hetkellä saavutettavaa ja tulevien sukupolvien saavuttamaa hyvinvointia painotetaan toisiinsa verrattuna. Kasvuteorian malleissa tällaisia painoja kuvaa luku, jota nimitetään utiliteetin diskonttokoroksi tai puhtaaksi sosiaaliseksi aikapreferenssiasteeksi (*pure rate of social time preference*). Tätä käytän jatkossa lyhyempää nimitystä aikapreferenssiaste ja symbolia β . Suuremmat aikapreferenssiasteen β arvot vastaavat malleissa pienempää tulevien sukupolvien hyvinvoinnille annettavaa painoa ja päinvastoin.

Stern esittää, että ainoa eettisesti hyväksyttävissä oleva peruste antaa nykyään olemassa olevien henkilöiden hyvinvoinnille suurempi paino kuin tulevien sukupolvien hyvinvoinnille on se, että tulevien sukupolvien olemassaolo on epävarmaa, toisin kuin jo syntyneiden henkilöiden olemassaolo. Hän tulkitsee, että aikapreferenssiaste on ihmiskunnan tuhoutumisen todennäköisyys. Sternin mukaan tämä edellyttää, että ”tuhoutuminen” ymmärretään laajasti. Tällöin myös täydellistä tuhoutumista pienempi katastrofi, esimerkiksi ydinsota, joka tekisi ilmastonmuutoksen torjunnan irrelevantiksi, katsotaan tuhoutumiseksi. Stern antaa laskelmissaan tuhoutumisen todennäköisyydelle hämmentävän suuren arvon, 0,1 prosenttia vuodessa.

Kasvuteorian näkökulmasta meillä voi olla puhtaan aikapreferenssin ohella toinenkin syy painottaa oman elintasomme turvaamista tuleviin sukupolviin vaikuttavista politiikkatoimista päättäessämme. Elintaso, jota kasvuteoriassa mittaa yksityinen kulutus, on eri asia kuin hyvinvointi, ja kasvuteoriassa ajatellaan, että yksityisen kulutuksen ollessa jo valmiiksi suuri, sen kasvattamisen tuottama lisähyvinvointi käy vähitellen pienemmäksi.

Stern käytti laskelmissaan *isoelastista hyötyfunktioita*, joka on tavanomainen matemaattinen työkalu tällaisen heikkenevän hyvinvointivaikutuksen mallinnuksessa. Funktiossa esiintyy parametri, josta käytetään usein merkintää η , ja lisäkulutuksen hyvinvointivaikutus vähenee jo saavutetun elintason funktiona sitä nopeammin, mitä suurempi arvo parametrille η annetaan.

Tilanteille, joissa η on nolla tai yksi, voidaan antaa havainnolliset tulokset. Jos $\eta = 0$, koetun hyvinvoinnin lisäys ei mallin mukaan riipu alkuperäisestä kulutustasosta. Tämä merkitsee sitä, että esimerkiksi kymmenen tuhatta kuussa kuluttavan koettu hyvinvointi kasvaa satasen lisäkulutuksesta yhtä paljon kuin tuhat euroa kuussa kuluttavan. Jos taas $\eta = 1$, prosentuaalisesti samansuuruiset kulutuksen lisäykset lisäävät lisäkulutuksesta saatavaa hyvinvointia saman verran. Toisin sanoen jos $\eta = 1$, kymmentuhatta euroa kuussa kuluttava tarvitsisi tuhannen euron lisäkulutuksen saadakseen sen hyvinvointilisäyksen, jonka tuhat euroa kuussa kuluttava saisi jo satasen lisäkulutuksesta.

Tavanomainen utilitaristinen perustelu sosiaalisille tulonsiirroille perustuu oletukselle, jonka mukaan η on positiivinen. Tämän perustelun mukaan sosiaaliset tulonsiirrot lisäävät yhteenlaskettua hyvinvointia, koska jos kymmentuhatta euroa kuussa kuluttavalta otetaan satanen ja annetaan se tuhat euroa kuussa kuluttavalle, jälkimmäisen kuluttajan hyvinvointi kasvaa enemmän kuin edellisen alenee, ja siksi yhteenlaskettu hyvinvointi kasvaa.

Vastaavaa ajatusta voidaan soveltaa myös tulevien sukupolvien ja jo olemassa olevien henkilöiden hyvinvointitasojen vertailuun. Jos tulevien sukupolvien elintaso on korkeampi kuin meidän, maapallon nykyisen väestön elintason lisäys kasvattaa yhteenlaskettua hyvinvointia enemmän kuin samansuuruisen kaukaiseen tulevaisuuteen sijoittuva elintason lisäys sitä kasvattaisi. Siksi myös käsitykset tulevasta talouskasvusta ja sen tulevaisuudessa tuottamasta elintasosta ovat relevantteja ilmastonmuutoksen torjuntatoimien optimaalista tasoa arvioitaessa. Esimerkiksi Stern (2007) käytti laskelmissaan oletusta, jonka mukaan maailmantalouden pitkän tähtäimen kasvuvauhti olisi keskimäärin 1,3 prosenttia.

Diskonttikorko määrää, miten nykyistä ja tulevaa hyvinvointia arvotetaan.

Pian Sternin raportin julkaisemisen jälkeen Nordhaus kyseenalaisti Sternin aikapreferenssiastetta koskevat oletukset ja esitti vaihtoehtoiseen aikapreferenssiasteeseen perustuvia laskelmia (Nordhaus, 2007). Toisin kuin Stern, joka valitsi aikapreferenssiasteen eettisin perustein, Nordhaus kiinnitti sen havaittavissa olevien markkinakorkojen perusteella *Ramsey-yhtälöön* vedoten.

Ramsey-yhtälö on yksi kasvuteorian perustyökäluista. Sitä johdettaessa oletetaan, että markkinakorkoihin heijastuu ihmisten keskimääräinen puhdas aikapreferenssiaste (eli se, kuinka paljon mieluummin ihmiset haluavat hyvinvointia heti kuin joskus tulevaisuudessa), talouskasvun ilmaisema keskimääräinen elintason nousu ja myös se parametrin η arvo, joka tosiasiallisesti kuvaa elintason nousun tuottaman lisähyvinvoinnin supistumista elintason ollessa jo valmiiksi korkea. Kun markkinakorot, talouskasvu ja parametri η oletetaan tunnetuiksi, aikapreferenssiaste voidaan ratkaista Ramsey-yhtälöstä.¹

Nordhaus käytti omissa laskelmissaan matemaattiselta rakenteeltaan Sternin mallia muistuttanutta mallia, jota hän nimitti dynaamiseksi, integroiduksi ilmaston ja talouden malliksi (*Dynamic Integrated Model of Climate and the Economy*) tai DICE-malliksi. DICE-malli tuotti numeerisesti samaa suuruusluokkaa olevia arvoja optimaalisille ilmastotoimille kuin Sternin laskelmat, kun aikapreferenssiaste ja muutkin parametrit valittiin samoin. Nordhausin markkinakorkojen perusteella kiinnittämää aikapreferenssiastetta (1,5 prosenttia) käytettäessä optimaalinen hiilivero oli kuitenkin aluksi pieni ja pitkälläkin tähtäimellä vain alle kolmasosa Sternin oletuksista vastaavasta verosta (Nordhaus, 2007).

DICE-malli ja optimaaliset ilmastotoimet

Myöhemmin Nordhaus on kehittänyt DICE-malliaan eteenpäin. DICE-mallin vuonna 2023 julkistetulla versiolla on melko helppoa tehdä vertailuja Sternin ja Nordhausin valitsemien aikapreferenssiasteiden seurauksista. Kuvioden 2.1–2.4 esittämät vertailtavat laskelmat on laadittu DICE-mallin yksinkertaistettua versiota käyttäen.² Koska mallilaskelmat perustuvat oletuksiin, jotka koskevat kaukaisessa tulevaisuudessa tapahtuvaa teknologista kehitystä ja kasvihuonekaasujen pitkän tähtäimen vaikutuksia, ne on järkevämpää tulkita esimerkeiksi mahdollisista tulevaisuuden skenaarioista kuin varsinaisiksi ennusteiksi. Kuvioden laskelmissa DICE-mallin parametrien arvot on aikapreferenssiastetta ja siitä riippuvia päästöjen rajoitustoimia lukuun ottamatta kiinnitetty Nordhausin tarkastelemisissa skenaarioissa esiintyvällä tavalla.

DICE-malli perustuu maailmantalouden laskennallisen ”bruttotuotoksen” (*gross output*) ja todellisen ”nettotuotoksen” (*net output*) väliselle erottelulle. Nettotuotos vastaa mallissa maailman bruttokansantuotetta, ja ”bruttotuotos” on tuotos, joka saavutettaisiin ajatellussa tilanteessa, jossa kasvihuoneilmiötä ei olisi eikä siihen tarvitsisi reagoida. Bruttotuotos poikkeaa nettotuotoksesta kahdesta syystä: siksi, että kasvihuonepäästöjen rajoitukset supistavat myös tuotosta, ja siksi, että lämmenneessä maailmassa elintaso jää alhaisemmaksi kuin mitä se ilman kasvihuoneilmiötä olisi. Mallissa bruttotuotosta ja nettotuotosta yhdistetään kaava (Nordhaus, 2018)

$$\text{Nettotuotos} = \text{Lämpenemishaitta kerroin} * (1 - \text{Torjuntakustannus}) * \text{Bruttotuotos}$$

Torjuntakustannus (*abatement cost*) lasketaan olettaen, että jos kasvihuoneilmiöön ei reagoitaisi lainkaan, kasvihuonepäästöjen määrä olisi kullakin hetkellä brut-

totuutukseen verrannollinen. Julkisen sektorin päästöjä rajoittavat politiikkatoimet vähentävät tästä teoreettisesta päästömäärästä jonkin osuuden, jota kuvaa päästöjen supistuskertoimen (*emissions reduction rate*) μ . Kerroin μ määrää torjuntakustannuksen. Lämpenemishaittakertoimen (*damage function*) taas ilmaisee, kuinka suuri osa tuotoksesta jää saamatta ilmaston jo toteutuneen lämpenemisen vuoksi.

DICE-mallissa tulevaisuutta tarkastellaan viiden vuoden mittaisissa periodeissa, ja päästöjen supistuskertoimen μ on mallissa asetettavissa kullekin niistä erikseen. Kertoimen μ kasvattaminen merkitsee suurempia kasvihuoneilmiön torjuntakustannuksia, pienempää nettotuotosta ja alhaisempaa elintasoja, ja nämä haitat ilmenevät välittömästi. Pienemmät kertoimen μ arvot taas vastaavat suurempia kasvihuonekaasupäästöjä, ja ne näkyvät mallissa ilmaston lämpenemisenä ja lämpenemishaittakertoimen pitkäaikaisena kasvuna. Tällaiset haitat ajoittuvat suurimmalta osin kaukaiseen tulevaisuuteen. Siksi se, millaisia kerrointen μ arvoja pidämme optimaalisina, riippuu siitä, miten yhteenlaskettua hyvinvointia laskiessamme tulevaa ja nykyistä hyvinvointia painotamme.

Nordhaus (2018) erottelee toisistaan *hyvinvoinnin diskonttokoron* eli aikapreferenssiasteen ja *tavaroiden diskonttokoron*. Tavaroiden diskonttokorko vastaa reaalkorkoa eli sijoitusten keskimääräistä tuottoa, ja Nordhausin laskelmissa se on lyhyellä tähtämällä noin 4,5 prosenttia. DICE-malli ei määrää politiikkatoimien välillisesti kiinnittämiä, kasvihuonekaasupäästöjen rajoituksia kuvaavia kertoimia μ , ja periaatteessa julkinen sektori voisi valita ne mallissa miten vain. Jos kuitenkin julkisen sektorin tavoitteena on valintaa tehdessään maksimoida aikapreferenssiasteella diskontattua nykyisten ja tulevien sukupolvien yhteenlaskettua hyvinvointia, sen optimaalisina pitämät kertoimen μ arvot riippuvat aikapreferenssiasteen arvosta.

Kuten edellä todettiin, Ramsey-yhtälöstä voidaan johtaa aikapreferenssiaste, kun reaalkorot, yksityisen kulutuksen kasvuvauhti ja kasvavan kulutuksen heikkenevää hyvinvointivaikutusta kuvaava parametri η tunnetaan. Nordhausin uudella malliverziollaan tekemissä laskelmissa (ja myös kuvioiden 2.1–2.4 skenaarioissa) parametri η saa arvon $\eta = 0,95$. Valinta vastaa suunnilleen edellä kuvailtua tapausta, jossa lisäkulutuksen rajahyöty vähenee niin, että kulutuksen samansuuruiset prosentuaaliset muutokset vastaavat aina samansuuruisia koetun hyvinvoinnin lisäyksiä. Tällä parametrin η arvolla Nordhausin omiin laskelmiinsa valitsema aikapreferenssiaste (2,63 prosenttia) on suunnilleen Ramsey-yhtälön mukainen.

Nordhausin valitseman aikapreferenssiasteen käyttö ei kuitenkaan ole mikään mallin välttämätön piirre, koska DICE-mallissa kertoimet μ voidaan kiinnittää myös toisin (ja myös esimerkiksi Sternin ehdottaman aikapreferenssiasteen mukaisesti diskontattua yhteenlaskettua hyvinvointia maksimoiden). Toisaalta kun julkinen sektori on kiinnittänyt kertoimet μ , malli kuvaa niitä ja markkinoilla havaittavaa tavaroiden diskonttokorkoa vastaavan aikakehityksen, eikä aikapreferenssiaste enää suoraan vaikuta siihen.

Nordhausin tarkastelemissa skenaarioissa väestönkasvu hidastuu vähitellen niin, että maapallon väestö jää pysyvästi vähän alle 11 miljardin suuruiseksi. Myös koko-

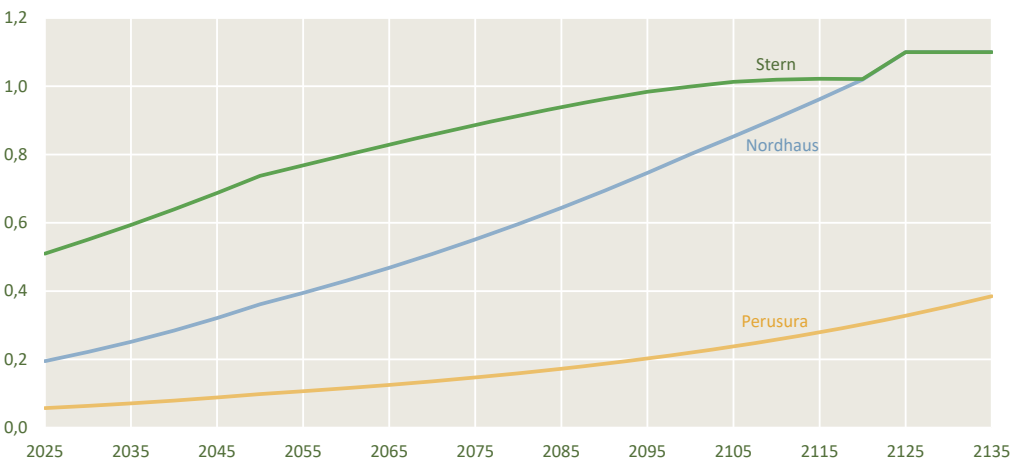
naistuottavuuden kasvu eli työn ja pääoman määrälliseen kasvuun perustumaton talouskasvu hiipuu vähitellen, mutta sen kasvun hiipuminen on Nordhausin valitsemilla parametrien arvoilla erittäin hidasta. Nordhausin neljänsadan vuoden päähän ulottuvassa skenaariossa maailmantalouden kokonaistuottavuus kasvaa lähivuosina noin 1,3 prosenttia vuosittain, ja vuoteen 2120 mennessä sen vuosikasvu on hidastunut 1,0 prosenttiin ja vuoteen 2420 mennessä 0,7 prosenttiin.

Koska kokonaistuottavuuden kasvu ja sitä vastaava talouskasvu on miltei eksponentiaalista, tuottavuuskasvu johtaa maailmantalouden bruttotuotoksen moninkertaistumiseen. Nordhausin aikapreferenssiastetta vastaavassa skenaariossa bruttotuotos on sadan vuoden kuluttua yli kahdeksankertainen ja neljänsadan vuoden kuluttua yli 500-kertainen nykyiseen verrattuna. Yksityinen kulutus määräytyy mallissa nettotuotoksesta, ja henkeä kohden lasketun kulutuksen kasvu on mallissa bruttotuotoksen kasvua hitaampaa sekä väestönkasvun että kasvihuoneilmiön takia. Henkeä kohden laskettu kulutus kasvaa sadassa vuodessa vähän yli kuusinkertaiseksi ja neljäsäsadassa vuodessa suunnilleen 380-kertaiseksi.

Rajallisten luonnonvarojen maailmassa tällainen kehitys edellyttää talouskasvun eriytymistä luonnonvarojen käytön kasvusta. Toisin sanoen mallin taustaoletuksena on, että talouskasvu muuttuu vähitellen laadullisesti entistä parempien tuotteiden ja palvelujen tuottamiseksi sen sijaan, että se perustuisi entistä suurempien fyysisten resurssien käyttöön (Hyytinen, 2022). Mallissa tämä oletus ilmenee myös siten, että siinä tuotannon määrään suhteutetut kasvihuonekaasupäästöt vähenevät vähitellen myös ilman ilmastotoimia. Toisin sanoen samansuuruinen bruttotuotos aiheuttaisi tulevaisuudessa vähäisemmät kasvihuonekaasupäästöt ja päästöt kasvai-

Kuvio 2.1

Päästöjensupistuserroin (μ) vuosina 2025–2135 kolmessa skenaariossa



Lähde: ©DICE2023-Excel-b-4-3-10-v18.3 ja kirjoittajan laskelmat.

sivat tuotosta hitaammin myös ilman, että päästöjen torjunnasta oltaisiin valmiita maksamaan.

Kuvio 2.1 esittää kertoimen μ arvoja kolmessa skenaariossa. Toisin sanoen kuvion 2.1 kolmea skenaariota vastaavat käyrät esittävät politiikkatoimien vuoksi toteutumatta jäävien hiilidioksidipäästöjen osuutta kaikista niistä päästöistä, jotka toteutuisivat, jos mitään päästöjä rajoittavia politiikkatoimia ei toteutettaisi.

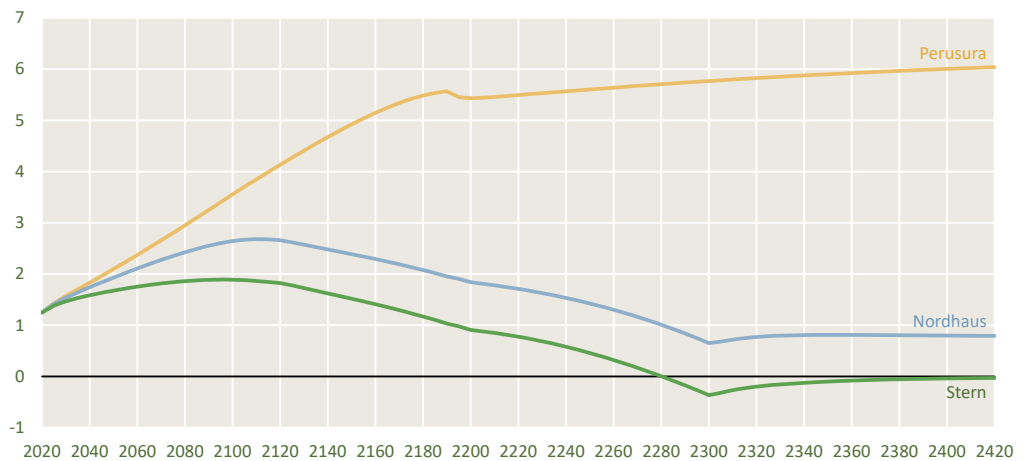
Nordhaus-skenaariossa kertoimen μ arvot on optimoitu Nordhausin markkinakorkoihin vedoten kiinnittämää aikapreferenssiastetta ($\beta = 2,63\%$) vastaavasti, ja Stern-skenaariossa Sternin eettisin perustein kiinnittämää aikapreferenssiastetta ($\beta = 0,1\%$) vastaavasti aikavälillä 2025–2120. Pienemmällä aikapreferenssiasteella nykyistä elintasoa alentavat mutta tulevaisuudessa hyödylliset politiikkatoimet näyttäytyvät perustellummilta kuin suuremmalla, ja siksi Stern-skenaariossa kerroin μ on aluksi oleellisesti suurempi kuin Nordhaus-skenaariossa. Perusura kuvaa kertoimen μ arvoa ajatellussa tapauksessa, jossa ilmastonmuutosta torjuvat politiikkatoimet rajoittuisivat vain jo päätettyihin toimiin ja mitään uusia toimia ei toteutettaisi.³

Laskelmissaan Nordhaus on oletanut, että ensi vuosisadalla saadaan käyttöön teknologioita, joilla ilmakehästä saadaan poistettua hiilidioksidia ja että siksi ensi vuosisadalla kerroin μ alkaa saada jonkin verran ykköstä suurempia arvoja (vuosina 2125–2200 kerroin μ on hänen laskelmassaan 1,1 ja 2200-luvulla se on 1,05). Kuvioiden 2.1–2.4 esittämissä laskelmissa μ on asetettu vuodesta 2025 alkaen samansuuriseksi kuin Nordhausin skenaarioissa.

Kuvio 2.2 esittää DICE-mallilla laskettua ilmakehän lämpötilan nousua vuoden 1900 tasoon verrattuna tarkastelemisamme skenaarioissa. Perusskenaariossa, jossa

Kuvio 2.2

Ilmakehän lämpötilan nousu (°C) vuoteen 1900 verrattuna vuosina 2020–2420 kolmessa skenaariossa



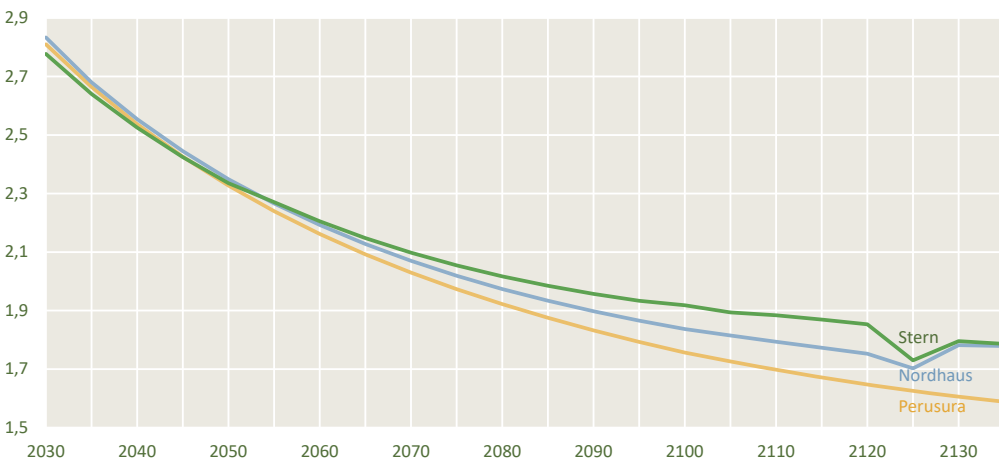
mitään uusia politiikkatoimia ei toteuteta, lämpötilan nousu on niin voimakasta (lähes kuusi astetta), että skenaariota voitaneen pitää lähinnä teoreettisena vertailukohtana. Stern-skenaariossa lämpötilan nousu rajoittuu alle kahteen asteeseen, mutta Nordhaus-skenaariossa nousu on suurimmillaan (juuri ennen kuin hiilidioksidia aletaan ”imuroimaan” ilmakehästä ensi vuosisadalla) lähes 2,7 astetta.

Kuvio 2.3 esittää maailmantalouden nettotuotoksen (tai bruttokansantuotteen) vuosikasvua 2030–2135. Stern-skenaariossa ja Nordhaus-skenaariossa myöhempi kasvuvauhti on suunnilleen samansuuruinen, vaikka nettotuotoksen tasot ovatkin niissä erilaisia. Koska Stern-skenaariossa annetaan myöhemmin saavutettavalle hyvinvoinnille suurempi paino kuin Nordhaus-skenaariossa, siinä talouskasvu on aluksi hitaampaa kuin Nordhaus-skenaariossa, mutta tilanne muuttuu päinvastaiseksi myöhemmin. Stern-skenaarion radikaalimpien ja Nordhaus-skenaarion maltillisempien ilmastotoimien ero näyttäytyy kuviossa kenties yllättävänkin pienenä talouskasvuerona: aluksi vuosittainen talouskasvu on Nordhaus-skenaariossa noin 0,05 prosenttiyksikköä nopeampaa, ja myöhemmin, eron ollessa suurimmillaan Stern-skenaarion hyväksi, talouskasvu on Stern-skenaariossa 0,1 prosenttiyksikköä nopeampaa. Kuvioista ilmenee myös, että perusuran mukainen politiikka (eli se, että mitään uusia ilmastomuutosta rajoitettavia toimia ei toteuteta) on hitaimpaan pitkän tähtäimen talouskasvuun johtava politiikkavaihtoehto.

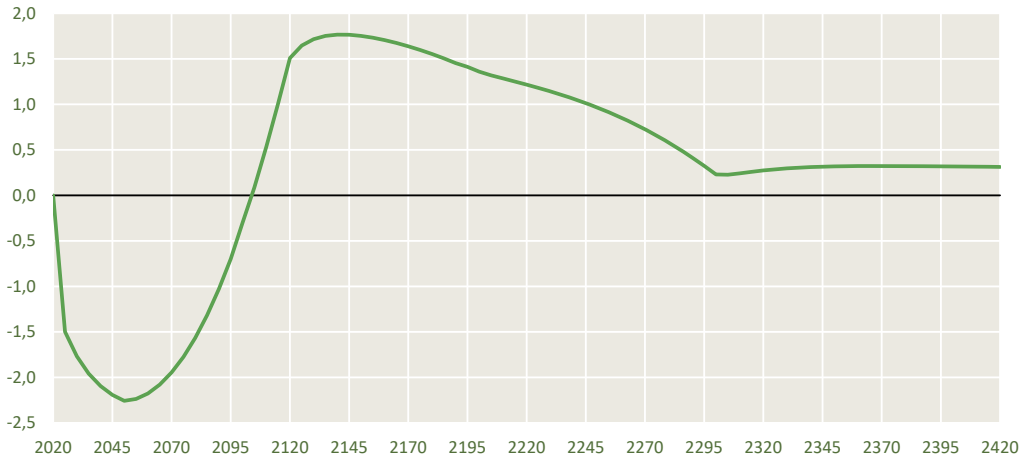
Pienetkin kasvuvauhtien erot kumuloituvat riittävän pitkällä aikavälillä suuremmiksi hyvinvoinnin eroiksi. Kuvio 2.4 esittää maailmantalouden nettotuotoksen eroa Stern-skenaariossa Nordhaus-skenaarioon verrattuna. (Teoreettisessa perusskenaariossa nettotuotos supistuisi neljässä sadassa vuodessa noin 17 prosenttia Nordhaus-

Kuvio 2.3

Maailmantalouden vuosikasvu (%) 2030–2135 kolmessa skenaariossa



Kuvio 2.4

Maailmantalouden nettotuotoksen ero (%) Stern-skenaariossa Nordhaus-skenaarioon verrattuna 2020–2420

Lähde: ©DICE2023-Excel-b-4-3-10-v18.3 ja kirjoittajan laskelmat.

skenaariota pienemmäksi.) Kahden skenaarion välinen ero maailman bruttokansantuotteessa Nordhaus-skenaarion hyväksi saa suurimman arvonsa noin vuonna 2055, jolloin se on noin 2,3 prosenttia, ja eron ollessa suurimmillaan Stern-skenaarion hyväksi se on noin 1,8 prosenttia.

Henkeä kohden laskettua hyvinvointia mittaava hyvinvointifunktio määräytyy DICE-mallissa nettotuotoksesta ja väestömäärästä. Koska väestönkasvu on samanlaista kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa, väestökin on kullakin periodilla skenaarioissa samanlainen ja siksi Stern-skenaariossa hyvinvointi on Nordhaus-skenaariota suurempaa silloin, kun kuvion 2.4 käyrä on nollatason yläpuolella. Silloin kun Nordhausin puhdasta sosiaalista aikapreferenssiä vastaava nettotuotos on suurempi kuin Sternin aikapreferenssiä vastaava nettotuotos, Nordhausin aikapreferenssi tuottaa korkeamman hyvinvointitason kuin Sternin, ja päinvastoin.

Positivismi vai etisismi?

Weisbach ja Sunstein (2009) nimittävät ajattelutapaa, jonka mukaan hyvinvointifunktioissa eri ajankohtien painoarvojen tulee perustua ihmisten havaittavaan taloudelliseen käyttäytymiseen, *positivismiksi*. Kuten edellä nähtiin, Nordhausin ajattelutapa on positivistinen sikäli, että hänen valitsemansa aikapreferenssiaste perustui markkina-korkoihin. Weisbachin ja Sunsteinin (2009) terminologiassa *etisismi* taas tarkoittaa ajattelutapaa, jossa hyvinvointifunktion valintaa motivoidaan Sternin tavoin eettisin perustein (vrt. Arrow ym., 1996).

Kuten Weisbach ja Sunstein (2009) huomauttavat, kasvihuoneilmiötä ja kaukaisessa tulevaisuudessa saavutettavaa hyvinvointia tarkasteltaessa ”etisistit” ja positivistit näyttäisivät puhuvan osin eri asioista. Esimerkiksi kuvioiden 2.1–2.4 esittämässä DICE-malliin perustuvissa laskelmissa on käytetty sekä positivistisesti että ”etisistisesti” perusteltua tulevaisuuden diskonttausta. Kuvioiden aikakehitykset eivät itses-

Markkinakorkoihin perustuvat laskelmat eivät vastaa eettiseen kysymykseen.

sään viittaa eettisiin periaatteisiin vaan lausuvat vain malliennusteita sille, miten maailmantalous ja maapallon lämpötila kehittyisivät, jos tiettyjä politiikkatoimia toteutettaisiin, ja niiden kannalta relevantteja korkoja ovat markkinakorot. Toisaal-

ta politiikkatoimien valinnat – jota mallissa edustavat päästöjensupistuskertoimen μ arvon kiinnittäminen eri periodeilla – voivat DICE-mallissa perustua eettiseen näkemykseen oikeasta tavasta jakaa hyvinvointia nykyisten ja tulevien sukupolvien kesken.

Greaves (2017a) havainnollistaa tilannetta erottelemalla kysymyksen siitä, millaisia investointiprojekteja meidän kannattaa toteuttaa, jos päätämme investoida, ja kysymyksen siitä, pitäisikö meidän ylipäätään investoida vai ei. Jos esimerkiksi haluaisimme toteuttaa DICE-mallin seuraavalla periodilla (2025–29) investoinnin, jonka hyöty realisoituisi sata vuotta myöhemmin periodilla 2125–29, meidän ei olisi järkevää valita investointiprojektia, jonka tuotto alittaisi markkinakoron; silloinhan projekti hyödyttäisi sadan vuoden kuluttua tulevaisuudessa eläviä ihmisiä vähemmän kuin olisi ollut mahdollista. Markkinakorkoihin perustuvat laskelmat eivät kuitenkaan vastaa eettiseen kysymykseen siitä, tulisiko meidän toteuttaa tulevia sukupolvia hyödyttävää investointiprojektia vai ei, ja tämän kysymyksen kannalta relevantti korko on eettisin perustein kiinnitetty puhdas aikapreferenssiaste (vrt. Gollier, 2015; Goulder & Williams, 2012).

”Positivistisesti” eli markkinakorkoihin perustuen valittua aikapreferenssiastetta voitaisiin kenties pitää eettisesti oikeana, jos kasvihuoneilmiön ja kaukaisen tulevaisuuden sijasta tarkastelun kohteena olisi lähempänä tulevaisuudessa saatava hyöty, joka kohdistuisi jo nyt olemassa oleviin henkilöihin – näin siksi, että positivistien valitsema markkinakorkoihin perustuva aikapreferenssiaste kuvastaa ihmisten taloudellisessa käytöksessään ilmaisemia preferenssejä.

Elämällä tänä vuonna mahdollisimman säästäväsiksi, sijoittamalla näin ylijääneen varallisuuden ja kuluttamalla sijoituksen tuoton kymmenen vuoden kuluttua voisın todennäköisesti tuolloin saavuttaa enemmän kulutusta kuin tänä vuonna menettäisin, mutta käytännössä silti havaitsemme, että useimmat ihmiset eivät minimoı nykyistä kulutustaan voidakseen maksimoida tulevan kulutuksensa. Ilmiötä voidaan osin selittää sillä, että talouskasvu pienentää tulevaisuuteen siirretyn lisäkulutuksen hyvinvointivaikutusta (koska silloin keskimääräinen kulutus on jo valmiiksi nykyistä suurempaa). Ramsey-yhtälön mukaan tämä kuitenkin selittää ihmisten havaitun taloudellisen käytöksen vain osittain. Sen mukaan selityksenä on osin puhdas aikapreferenssi eli se, että ihmiset arvostavat nykyistä hyvinvointiaan enemmän kuin tulevaa hyvinvointiaan.

Niin kauan kuin rajoitumme tarkastelemaan jo nyt olemassa olevien ihmisten hyvinvointia, voimme ajatella, että tällainen ”lyhytnäköisyys” on ihmisten tavanomainen preferenssi, jonka pitäisi demokraattisessa yhteiskunnassa näkyä poliittisissa päätöksissä. Jos Nordhausin Ramsey-yhtälöstä ratkaisemaan aikapreferenssiasteeseen asennoidutaan ihmisten keskimääräisen lyhytnäköisyyden kvantitatiivisena mittarina, Nordhausin ”positivistisen” diskonttaamisen käyttöä poliittisessa päätöksenteossa voitaisiin perustella demokratialla (vrt. Greaves, 2017a) ja pitää siksi eettisesti oikeutettuna. Tämä ei kuitenkaan ole perustelu sille, miksi markkinakorkoihin perustuva aikapreferenssiasteen käyttö olisi eettisesti hyväksyttävää silloinkin, kun tarkastelun kohteena on tulevien sukupolvien hyvinvointi; eiväthän tulevien sukupolvien preferenssit vielä näy tämänhetkisessä taloudellisessa päätöksenteossa.

Saammeko painottaa lähitulevaisuudessa saavutettavaa hyvinvointia myöhempää hyvinvointia enemmän?

Aikapreferenssiasteelle on esitetty Sternin ehdottamaa arvoa suurempia arvoja myös filosofisin perustein. Haastattelututkimus (Nesje ym., 2023) selvitti tulevan hyvinvoinnin diskonttaamisen ongelmiin perehtyneiden filosofien näkemyksiä aikapreferenssiasteesta. Tulokseksi saatiin, että filosofit ja ekonomistit ovat ehdottaneet samaa suuruusluokkaa olevia arvoja (noin kahta prosenttia vuosittain) aikapreferenssiasteelle, vaikka heidän sille esittämänsä perustelut ovatkin olleet erilaisia.

Yksi tapa argumentoida positiivisen aikapreferenssin puolesta olisi todeta, että on moraalisesti hyväksyttävää antaa suurempi painoarvo läheistensä hyvinvoinnille kuin vähemmän läheisten henkilöiden hyvinvoinnille. Nordhaus on perustellut käyttämäänsä aikapreferenssiastetta myös tällaisin argumentein. Vaikka hän tulkitsikin Sternin alkuperäisen mallin malliksi, joka kuvaa ”markkinoiden ja tällä hetkellä olemassa olevien politiikkatekijöiden tuloksia” (Nordhaus, 2007) eikä moraaliseksi arvioinniksi näiden tulosten toivottavuudesta, hän on myöhemmin perustellut laskelmiaan myös huomauttamalla, että on luonnollista huolehtia lapsistaan enemmän kuin lapsenlapsistaan, ja lapsenlapsista enemmän kuin kauempana tulevaisuudessa sijaitsevista jälkeläisistä (Nordhaus, 2013).

Myös Mogensen (2022) toteaa, että meillä voi olla toimijasta riippuvia ja yhteenkuuluvuuteen (*kinship*) perustuvia velvoitteita, jotka kohdistuvat jo olemassa oleviin tai lähitulevaisuudessa syntyviin henkilöihin ja jollaisia meillä ei ole kaukaisemmassa tulevaisuudessa syntyviä henkilöitä kohtaan. Tällaiset velvoitteet vähenevät vähitellen, kun ryhdymme tarkastelemaan nykyajan sijasta yhä kaukaisempaa tulevaisuutta. Mogensenin mukaan positiivista aikapreferenssiastetta voidaan pitää idealisoivana, yksinkertaistavana oletuksena, jolla kasvuteorian malleissa kuvataan yhteenkuuluvuuteen perustuvaa eri sukupolvien hyvinvoinnin priorisointia.

Toisaalta myös nopeampaa kasvihuoneilmiöön reagoimista voitaisiin puolustaa usein eri perustein. Jotkut niistä liittyvät tulevaisuutta koskevaan epävarmuuteen.

Ekonomistien hyvinvointifunktioihin perustuva lähestymistapa on käyttökelpoinen silloinkin, kun emme osaa ennustaa tekojemme seurauksia, jos erilaisilla tulevaisuuden skenaarioita on hyvin määritellyt todennäköisyydet, mutta tilanne muuttuu ongelmallisemmaksi sellaisen syvän epävarmuuden tilanteessa, jossa todennäköisyyksiäkään ei ole olemassa (ks. esim. Etner ym., 2010).

Kuvioiden 2.1–2.4 laskelmissa oletettiin, että 2100-luvulla kehitettäisiin entistä tehokkaampia hiilinieluja, joiden avulla aiemmin tuotettuja kasvihuonekaasuja voitaisiin poistaa ilmakehästä. Esimerkiksi tämän oletuksen todennäköisyyttä on vaikea

Filosofit ja ekonomistit
päätyvät eri lähtökohdista
samaa aikapreferenssiin.

arvioida. Vielä pidemmän tähtäimen vaikutusten arvioiminen on vaikeaa myös siksi, että luonnon omaa toimintaa hiilinieluna (eli maa-alueiden ja valtamerien kykyä sitoa kasvihuonekaasuja) on vaikea ennustaa. Voidaan ajatella, että vaikka katastrofaalisimmat

mahdolliset tulevaisuuden skenaariot eivät todennäköisiltä tuntuisikaan, meidän pitäisi silti varmistaa, etteivät ne toteudu. Tämä voi edellyttää Sterninkin ehdotuksiin verrattuna nopeampaa kasvihuonekaasupäästöjen supistamista.

Kuten useimmissa muissakin kasvumalleissa, kullakin periodilla olemassa olevia henkilöitä esittää DICE-mallissa keskimääräinen kuluttaja. Mallissa kuluttajan hyvinvoinnin kannalta luontoarvot ja aineellinen elintaso ovat vaihdettavissa olevia osatekijöitä: mallissa kuluttaja voi saavuttaa lämmenneemmässä maailmassa saman hyvinvoinnin tason kuin vähemmän lämmenneessä, jos maailmantalouden bruttotuotos on vastaavasti suurempi. Käytännössä kuluttajat ovat nyt ja tulevaisuudessa erilaisia, ja myös tulevaisuudessa ilmaston lämpeneminen vahingoittaa osaa maapallon väestöstä enemmän kuin toisia.

Makrotaloustieteessä on esitetty määritelmiä myös eriarvoisuusnäkökohdat huomioon ottaville, tulevaa hyvinvointia diskonttaaville koroille (Fleurbaey & Zuber, 2015). Käytännössä ilmastonmuutoksen haittojen epätasaista jakautumista olisi vaikeaa sisällyttää kasvuteoreettisiin malleihin. Esimerkiksi lyhyellä tähtäimellä ilmastomuutoksen torjunnasta saadun nettohyödyn voidaan katsoa olevan mallilaskelmia suurempaa siksi, että sen torjunnan kustannukset kohdistuvat ensisijaisesti keskimääräistä varakkaampiin henkilöihin ja että ilmastomuutoksen torjunta hyödyttää lyhyellä tähtäimellä enemmän köyhiä kuin rikkaita (Greaves, 2017a). Pitkällä tähtäimellä tilanne saattaa olla myös päinvastainen, jos tulevaisuudessa varakkaammat henkilöt arvostavat luontoarvoja enemmän kuin vähemmän varakkaat.

Mallilaskelmissa suosittelua nopeampaa kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamista voitaisiin perustella myös tekemällä tavanomaisiin moraalikäsitteisiin kuuluva erotelu vahingoittamisen ja auttamatta jättämisen välillä. Voidaan ajatella, että meillä on velvollisuus olla vahingoittamatta niitä tuleviin sukupolviin kuuluvia henkilöitä, joita huonompi luonnonympäristö tulevaisuudessa ensisijaisesti vahingoittaisi, vaikka meillä ei olisikaan velvollisuutta auttaa tulevia sukupolvia esimerkiksi tekemällä niille korkeamman elintason turvaavia, yhteenlaskettua hyvinvointia lisääviä investointeja (Kelleher, 2017). Koska DICE-malli ja kasvuteorian muutkin mallit tarkastelevat tu-

levaisuuden skenaarioita vain eri skenaarioissa syntyvän yhteenlasketun hyvinvoinnin näkökulmasta, tällaista erottelua ei voida niissä tehdä.

Näitä näkökohtia voidaan täsmentää tekemällä moraalifilosofiassa tavanomainen erottelu tekojen *oikeudenmukaisuuden* ja lopputulosten *hyvyyden* tai arvon välillä (Greaves, 2017a). Erottelun mukaan henkilöillä voi olla *oikeuksia* (vaikkapa saada lainaamansa rahat takaisin), joiden toteutuminen ei välttämättä johda hyvinvoinnin maksimoivaan lopputulokseen. Jos tällaisia oikeuksia on olemassa, maksimaaliseen hyvinvointiin johtava toiminta (kuten esimerkiksi se, että velan maksamisen sijasta velallinen lahjoittaisikin lainaamansa rahat jollekin tehokkaasti toimivalle hyväntekeväisyysjärjestölle) voi olla eettisesti väärin. Jos tällainen deontologinen (eli velvollisuuksista lähtevä) ajattelutapa hyväksytään ja jos tulkitsemme lämpenemättömässä maailmassa elämisen tulevien sukupolvien oikeudeksi, jota meillä on velvollisuus kunnioittaa, voidaan päätyä ajattelemaan, että ilmastonmuutosta on torjuttava nopeammin kuin mitä hyvinvoinnin maksimointi edellyttäisi.

Hyvinvoinnin arvioinnin periaatteellisempia ongelmia

Hyvinvointitasojen vertailuun perustuva lähestymistapa voidaan haastaa myös kysymällä, ovatko erityyppiset hyvinvoinnin muodot tai eri henkilöiden hyvinvointien tasot verrattavissa (Greaves, 2017a). On myös huomattava, että teemme pysyväisluonteisia päätöksiä tulevien sukupolvien puolesta näiden mieltymyksiä tuntematta päättäessämme, miten tehokkaasti ilmastonmuutosta torjumme, koska tulevat sukupolvet elävät kasvihuoneilmaston vuoksi luonnonolosuhteiltaan toisenlaisessa maailmassa kuin me. Kärkevästi ilmaisten päätöstä tehdessä vallitsee nykyajan ihmisten tyrannia (*tyranny of the contemporary*): tuleviin sukupolviin kuuluvat henkilöt joutuvat toteamaan, että asioista on päätetty heidän puolestaan ennen heidän syntymäänsä (Gardiner, 2011).

Ongelmallista on sekin, että nykyajan ihmiset ratkaisevat käytöksellään, keitä tulevien sukupolvien yksilöt ovat. Tarkastellessamme kahta dramaattisesti erilaista, tällä hetkellä valittavissa olevaa politiikkavaihtoehtoa (kuten vaikkapa kuvioden 2.1–2.4 havainnollistamia Sternin ja Nordhausin näkemyksiä vastaavia ilmastotoimia) voidaan melkoisella varmuudella todeta, että yhdessä vaihtoehdossa kahdensadan vuoden kuluttua olemassa olevat ihmiset ovat kaikki eri henkilöitä kuin ne ihmiset, jotka ovat olemassa kahdensadan vuoden kuluttua toisessa vaihtoehdossa. Jos näin on, emme voi tarkkaan ottaen sanoa, että jollakulla henkilöllä menisi esimerkiksi ”sterniläisten” ilmastotoimien seurauksena kahdensadan vuoden kuluttua paremmin kuin hänellä menisi ”nordhauslaisten” ilmastotoimien seurauksena, mutta emme voi väittää myöskään päinvastaista – eiväthän yhdessä vaihtoehdossa esiintyvät henkilöt olisi toisessa vaihtoehdossa edes olemassa (Mogensen, 2022; Parfit, 1984).

Yhteiskuntafilosofinen ongelma tulevien yksilöiden identiteetistä voi tuntua teoreettiselta, eikä se haittaa kasvuteoriaa soveltavaa ekonomistia, jonka käyttämissä malleissa vallitseva hyvinvointi saadaan laskelmalla olemassa olevien henkilöiden hyvin-

vointitasot yhteen pohdiskelematta, keitä kyseiset henkilöt ovat. Toinen soveltavassa etiikassa paljon keskustelua herättänyt utilitarismin ongelma – niin sanottu *vastenmielinen johtopäätös* – on kuitenkin ongelmallisempi myös kasvuteorian näkökulmasta.

Edellä tarkastellut DICE-mallilla tehdyt laskelmat sisälsivät samat väestönkasvua koskevat oletukset: kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa väestönkasvun oletettiin vähitellen hidastuvan ja maapallon väestön jäävän pysyvästi vähän alle 11 miljardin suuruiseksi. Nordhausin ja Sternin näkemyksiä vastaavissa skenaarioissa maailman väestö oli siis kullakin periodilla samansuuruinen. Jos väkiluvut olisivat poikenneet

Kasvuteorian tapa käsitellä yli sukupolvien hyvinvointia on idealisaatio.

toisistaan, suurempi väkiluku olisi itsessään voinut riittää tekemään yhteenlasketusta hyvinvoinnista suuremman, koska hyvinvointi laskettiin kaikkien ihmisten hyvinvointien summana. Jos esimerkiksi jossakin skenaariossa A olisi enemmän ihmisiä kuin jossakin

toisessa skenaariossa B, hyvinvointifunktiofunktio voisi saada skenaariossa A suuremman arvon kuin skenaariossa B, vaikka edellisessä skenaariossa kaikkien henkilöiden hyvinvointi olisi koko ajan alhaisempi kuin jälkimmäisessä skenaariossa.

Kun koko maailman hyvinvointifunktio lasketaan yksittäisten ihmisten hyvinvointitasot summaamalla, voidaan päätellä, että kuvitellussa liikakansoitettussa ja ankeassa maailmassa hyvinvointifunktion arvo olisi nykyistä hyvinvoinnin tasoa suurempi edellyttäen, että ihmisiä olisi siinä tarpeeksi ja heistä kunkin hyvinvoinnin taso olisi vähän yli nolla. Tämä vastenmieliseksi johtopäätökseksi nimitetty seuraus pätee riippumatta siitä, miten korkea hyvinvointi maailmassa nyt vallitsee (Greaves, 2017b; Parfit, 2016).

Vastenmielisen johtopäätöksen on todistettu pätevän kaikille hyvinvointifunktioidelle, jotka toteuttavat joukon tervejärkisiltä ja ilmeisiltä tuntuvia ehtoja (Arrhenius, 2000), mutta silti ajatus, jonka mukaan toivottomasti liikakansoitettu maailma olisi nykyistä parempi vain siinä elävien ihmisten suuremman lukumäärän vuoksi, tuntuu ilmeisen järjettömältä. Vastenmielinen johtopäätös voitaisiin yrittää kiertää mittaamalla hyvinvointia ihmisten keskimääräisellä hyvinvoinnilla, mutta tämäkään vaihtoehto ei tunnu eettisesti hyväksyttävältä: tuntuuhan suuremman ihmisjoukon hyvinvointi paremmalta asialta kuin pienemmän.

Lähestyttäessä sukupolvien välisen oikeudenmukaisuuden ongelmia kasvuteorian työkaluin luontevinta lieneekin ajatella, että yhteiskuntien ja tilanteiden välisen paremmuuden vertailu hyvinvointifunktioiden avulla on idealisaatio samaan tapaan kuin muutkin malleissa esiintyvät yksinkertaistavat oletukset. Kasvuteorian mallit ovat idealisoituja esimerkiksi siksi, että niissä kuluttajat ovat yleensä keskenään samanlaisia ja aina omaa hyvinvointiaan maksivoivia, ja siksi yritykset niissä aina maksivoivat voittoa, ja niin edelleen. Tulevaisuudessa saavutettavan diskontatun hyvinvoinnin maksimointiin on luontevaa asennoitua idealisaationa samantapaisessa mielessä: se tavoittaa oleellisia osia eri skenaarioiden eettisin kriteerein tapahtuvaan vertailuun liittyvistä näkökohdista, mutta osa relevanteista eettisistä näkökohdista jää myös mallinnuksen ulkopuolelle (Mogenssen, 2022).

Johtopäätöksiä

Edellä todettiin, että vaikka bruttokansantuote ei mittaakaan hyvinvointia, se korreloi vahvasti hyvinvoinnille ehdotettujen mittareiden kanssa. Hyvinvoinnin mittaaminen on vaikeaa, ja sille ehdotetuissa mittareissa hyvinvoinnin eri osatekijöille asetettujen painojen valinta olisi syytä nähdä osin mielipidekysymyksenä. Esimerkiksi OECD:n *Better Life* -indeksi vastaa tätä ajattelutapaa, sillä se sisältää objektiivisiksi tarkoitettuja mittareita hyvinvoinnin eri osa-alueille, mutta jättää niille annettujen painojen asettamisen indeksin käyttäjän tehtäväksi.

Näkemyksemme optimaalisista ilmastonmuutoksen torjuntatoimista riippuu siitä, miten tärkeänä tulevien sukupolvien hyvinvointia jo olemassa olevien ihmisten hyvinvointiin verrattuna pidämme. Kasvuteoriassa näkemys eri aikakausina vallitsevan hyvinvoinnin painoarvosta ilmenee *puhtaassa aikapreferenssiasteessa* β . Sen arvo on toisinaan kiinnitetty ”positivistisesti” eli ihmisten havaittavan taloudellisen käytöksen perusteella ja toisinaan ”etisistisesti”, eettisiin argumentteihin vedoten. Kahdella eri tavalla määritetyt aikapreferenssiasteet näyttäisivät olevan vastauksia eri kysymyksiin. ”Etisistisesti” kiinnitetty aikapreferenssiaste on relevantti kysyttäessä, pitäisikö meidän tinkiä elintasostamme tulevien sukupolvien hyväksi, ja ”positivistisesti” määritetty taas pohdittaessa, miten tulevien sukupolvien hyväksi tehdyt toimet pitäisi käytännössä toteuttaa.

William Nordhausin kehittämällä dynaamisella, integroidulla ilmaston ja talouden mallilla eli DICE-mallilla tehdyt laskelmat havainnollistavat näiden kysymysten eroa. Lisäksi laskelmat havainnollistavat, että tulevaisuudessa saavutettavan hyvinvoinnin diskonttaamisen tapaan tehdyillä muutoksilla voi olla dramaattisia vaikutuksia siihen, miten hyödyllisyyttä arvioidaan vihreän murroksen edistämiseksi ja kasvihuonepäästöjen rajoittamiseksi tehdyissä politiikkatoimissa.

Nordhaus on käyttänyt laskelmissaan systemaattisesti markkinoiden toiminnassa ilmeneviä aikapreferenssiasteita. Stern (2007) esittää, että ainoa eettisesti hyväksyttävä tapa asettaa politiikkatoimista päätettäessä positiivinen arvo aikapreferenssiasteelle on se, että tulevien sukupolvien olemassaolo on epävarmaa, toisin kuin jo syntyneiden henkilöiden olemassaolo. Kumpikin vaihtoehto johtaa DICE-mallissa oleellisesti suurempiin kasvihuonepäästöjen rajoituksiin kuin pitäytyminen jo nyt päätetyissä ilmastonmuutosta hidastavissa politiikkatoimissa.

DICE-mallilla tehtyjen laskelmien mukaan ilmakehä lämpenisi sadassa vuodessa 1900-luvun alun tasoon verrattuna Nordhausin aikapreferenssiastetta käytettäessä vähän alle kolme astetta ja Sternin aikapreferenssiastetta käytettäessä vähän alle kaksi astetta. Mallilla tehdyissä laskelmissa ilmakehän lämpötila laskee myöhemmin, sillä Nordhaus olettaa, että ensi vuosisadalla otetaan käyttöön uuteen teknologiaan perustuvia entistä suurempia hiilinieluja. Elintaso mittaava maailmantalouden nettotuotos on tällä vuosisadalla Nordhausin näkemystä vastaavassa skenaariossa korkeampi kuin Sternin näkemystä vastaavassa skenaariossa – ja suurimmillaan ero on noin 2,3

prosenttia – mutta myöhemmin tilanne on päinvastainen. Suurimmillaan, ensi vuosisadalla, vastakkaissuuntainen ero on noin 1,8 prosenttia.

Aikapreferenssiasteelle on ehdotettu Sternin näkemystä suurempia arvoja myös eettisin perustein muun muassa siksi, että meillä on jo olemassa olevia ja seuraavaan sukupolveen kohdistuvia yksilöitä kohtaan sellaisia erityisiä velvoitteita, joita meillä ei ole kauempana tulevaisuudessa eläviä henkilöitä kohtaan. Toisaalta tulevaisuutta koskeva epävarmuus ja eriarvoisuuden huomioon ottaminen voivat olla perusteita pienemmille aikapreferenssiasteen β arvoille.

Kasvuteorian teoreettinen peruslähtökohta, jonka mukaan tavoitteena tulisi olla (tavalla tai toisella diskontattu) hyvinvointi, voidaan haastaa usein eri perustein, kuten esimerkiksi esittämällä, että ihmisillä on perusoikeuksia, joita ei ole hyväksyttävää loukata silloinkaan, kun niiden loukkaaminen lisäisi yhteenlaskettua hyvinvointia. Kasvuteorian seuraukset eivät vaikuta eettisesti hyväksyttäviltä, kun sitä käytetään vertailemaan tulevaisuuden skenaarioita, joissa ihmisten lukumäärä on erilainen.

Kasvuteorian mukaista tapaa asettaa tulevaisuuden skenaarioita paremmuusjärjestetykseen olisikin syytä pitää matemaattisena idealisaationa, jonka avulla voidaan tavoittaa relevanteista eettisistä näkökohdista vain osa. Jotkut kuvitellut tulevaisuuden skenaariot voivat esimerkiksi olla liian erilaisia ollakseen vertailtavissa kasvuteorian työkaluin, mutta tämä ei kuitenkaan estä tekemästä kasvuteorian avulla järkeviä politiikkatoimien välisiä vertailuja silloin, kun vertailtavat tulevaisuuden skenaariot poikkeavat toisistaan vähemmän.

Suosituksia

- Tilastoviranomaisten tulisi tuottaa suurehko valikoima hyvinvoinnin eri ulottuvuuksien indikaattoreita, mutta niille annettavien painojen valinta pitäisi nähdä osin mielipidekysymyksenä.
- Markkinakoroilla diskonttaaminen voi olla oikea työkalu vertailtaessa yksittäisiä tulevia sukupolvia hyödyttäviä projekteja.
- Vastaukset kysymykseen, miten paljon meidän pitäisi olla valmiita uhraamaan omaa hyvinvointiamme tulevien sukupolvien hyväksi esimerkiksi ilmastonmuutosta torjumalla, on kuitenkin perusteltava eettisiin näkökohtiin viitaten.
- Järkevästi käytettynä kasvuteorian hyvinvointifunktioihin perustuva lähestymistapa tarjoaa vain osittaisen järjestyksen mahdollisille tulevaisuuden skenaarioille.
- On silti perusteltua käyttää kasvuteorian työkaluja vertailtaessa sellaisia kestävästä kehitystä edistäviä politiikkatoimia, joita voidaan vertailla järkevästi sen avulla.

Viitteet

- ¹ Ramsey-yhtälön mukaan markkinakorkojen r , aikapreferenssiasteen β , talouskasvun g ja parametrin η välinen yhteys ilmenee kaavasta $r = \beta + g\eta$. Tällainen kaava on voimassa Ramsey-mallin tasaisen kasvun uralla, jolla talouskasvu ja pääoman kasvuvauhti ovat vakioita. Esimerkiksi DICE-mallia käsittelevässä osiossa tarkastellussa DICE-mallissa tulos on voimassa vain likimain, sillä siinä talouskasvu hidastuu vähitellen erittäin pitkällä tähtäimellä.
- ² Käytetty malliversio on ©DICE2023-Excel-b-4-3-10-v18.3 (William Nordhaus, Yalen yliopisto). Suurin periaatteellinen ero tämän yksinkertaistetun, Excel-pohjaisen malliversi-
on ja yleisemmän version välillä on se, että yksinkertaistetussa versiossa investointien ja tuotoksen suhteen kiinnittävä säästämisaste on kullakin periodilla annettu, eksogeeninen luku. Yleisemmässä versiossa säästämisasteet määräytyvät markkinakoroista, jotka riippuvat muun muassa taloudessa jo olevan pääoman määrästä.
- ³ Tässä perusuran (*baseline*) kuvaus perustuu William Nordhausin julkistamiin laskelmiin, ja skenaarioiden ”Nordhaus” ja ”Stern” kuvaus perustuu kirjoittajan DICE-mallilla (©DICE2023-Excel-b-4-3-10-v18.3) tekemiin laskelmiin.

Lähteet

- Arrhenius, G. (2000). An Impossibility Theorem for Welfarist Axiologies. *Economics and Philosophy*, 16(2), 247–266. <https://doi.org/10.1017/S0266267100000249>
- Arrow, K. J., Cline, W. R., Maler, K.-G., Munasinghe, M., Squitieri, R. & Stiglitz, J. (1996). Intertemporal Equity, Discounting, and Economic Efficiency. Teoksessa Bruce, J. P., Lee, H. & Haites, E. F. (Eds.), *Climate Change 1995 – Economic and Social Dimensions of Climate Change* (pp. 125–144). Cambridge University Press.
- Etner, J., Jeleva, M. & Tallon, J.-M. (2010). Decision Theory under Ambiguity. *Journal of Economic Surveys*, 26(2), 234–270.
- Fleurbaey, M. & Zuber, S. (2015). Discounting, risk and inequality: A general approach. *Journal of Public Economics*, 128, 34–49. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2015.05.003>
- Gardiner, S. M. (2011). *A Perfect Moral Storm. The Ethical Tragedy of Climate Change*. Oxford University Press.
- Gollier, C. (2015). The Debate on Discounting: Reconciling Positivists and Ethicists. *Chicago Journal of International Law*, 13(2).
- Goulder, L. H. & Williams, R. C. (2012). The Choice of Discount rate for Climate Change Policy Evaluation. *Climate Change Economics*, 3.
- Greaves, H. (2017a). Discounting for Public Policy: a Survey. *Economics and Philosophy*, 33(3), 391–439. <https://doi.org/10.1017/S0266267117000062>
- Greaves, H. (2017b). Population axiology. *Philosophy Compass*, 12(11), e12442.
- Hyytinen, A. (2022). Näkökulmia talouskasvuun ja maapallon kantokykyyn. *Talous ja yhteiskunta* (2/2022), 28–35.
- Kelleher, J. P. (2017). Pure time preference in Intertemporal Welfare Economics. *Economics and Philosophy*, 33(3), 441–473. <https://doi.org/10.1017/S0266267117000074>
- Mogensen, A. L. (2022). The only ethical argument for positive d? Partiality and pure time preference. *Philosophical Studies*, 179(9), 2731–2750. <https://doi.org/10.1007/s11098-022-01792-8>
- Nesje, F., Drupp, M. A., Freeman, M. C. & Groom, B. (2023). Philosophers and economists agree on climate policy paths but for different reasons. *Nature Climate Change*, 13(6), 515–522. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01681-w>
- Nordhaus, W. (2007). A Review of the ”Stern Review on the Economics of Climate Change” [Stern Review on the Economics of Climate Change]. *Journal of Economic Literature*, 45(3), 686–702. <http://www.jstor.org/stable/27646843>
- Nordhaus, W. (2013). *The Climate Casino. Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*. Yale University Press.
- Nordhaus, W. (2018). Projections and Uncertainties about Climate Change in an Era of Minimal Climate Policies. *American Economic Journal: Economic Policy*, 10(3), 333–360. <https://doi.org/10.1257/pol.20170046>
- OECD (2020). *How’s Life? 2020: Measuring Well-being* (OECD Publishing, Paris).
- Parfit, D. (1984). *Reasons and Persons*. Oxford University Press.
- Parfit, D. (2016). Can We Avoid the Repugnant Conclusion? *Theoria*, 82, 110–127.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.98.21>

- Stiglitz, J. E., Fitoussi, J.-P. & Durand, M. (2018). *Beyond GDP: Measuring What Counts for Economic and Social Performance*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264307292-en>
- Stiglitz, J. E., Sen, A. & Fitoussi, J.-P. (2009). *Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*.
- United Nations (2014). *System of Environmental-Economic Accounting 2012 – Central Framework* (United Nations, New York).
- United Nations Development Programme (2024). *Breaking the Gridlock. Reimagining cooperation in a polarized world* (Human Development Report 2023/2024).
- Weisbach, D. & Sunstein, C. R. (2009). Climate Change and Discounting the Future: A Guide for the Perplexed. *Yale Law & Policy Review*, 27(2), 433–457. <http://www.jstor.org/stable/40239718>

Kuluttajien valinnat ja näkemykset vihreässä siirtymässä¹

3

Tiivistelmä

Tässä luvussa kuvataan, kuinka halukkaita kuluttajat ovat sekä tekemään itse ympäristöystävällisempiä valintoja että tukemaan ympäristöystävällisiä politiikkatoimia.

Tarkastelumme perustuu Suomessa toteutettuun satunnaiskoekeliseen kyselytutkimukseen, jonka avulla selvitettiin vastaajien näkemyksiä ilmastonmuutoksesta ja luontokadosta ja jossa oli myös erityiskysymyksiä liittyen ruoan ekologiseen tuotantoon ja kulutukseen.

Kyselyvastauksista käy ilmi, että vaikka ilmastonmuutosta pidetään vakavana ongelmana ja pitkälti ihmisen aiheuttamana, eivät ongelmaa ratkaisevat politiikkatoimet saa laajaa kannatusta, vaan näkemykset niistä polarisoituvat.

Ihmisten maksuhalukkuus ilmastonmuutoksen ratkaisemiseksi on yllättävän pientä. Lisäksi näyttää siltä, että lihan syönnin vähentäminen ei tule tapahtumaan kuluttajien omien valintojen myötä, eivätkä lihan syönnin vähentämistä tukevat politiikkatoimet tai poliittiset ehdokkaat saa kansalaisten tukea.

Johtopäätöksemme on, että siirtymä ympäristöystävällisempään ruoan tuotantoon ja kulutukseen ei tule olemaan nopeaa yksilötasolla eikä helppoa poliittisesti, ja saattaa vaatia uudenlaisia lähestymistapoja.

Kiitokset

Kirjoittajat kiittävät Mika Malirantaa, Petri Rouvista ja Antti Sieppiä hyödyllisestä käytännön avusta kyselyn laatimisessa ja toteuttamisessa sekä lukuisista tutkimustamme edistävästä keskusteluista.

Ari Hyytinen

on Hankenin ja Helsinki GSE:n professori.

Risto Rönkkö

on Suomen Pankin ekonomisti.

Janne Tukiainen

on Turun yliopiston professori.

Suosittelava lähdeviittaus tähän lukuun:

Hyytinen, Ari, Rönkkö, Risto ja Tukiainen, Janne (2024). *Kuluttajien valinnat ja näkemykset vihreässä siirtymässä*. Luku 3 (sivut 51–71) kirjassa **Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika, Rouvinen, Petri ja Tahvanainen, Antti-Jussi (toim.) (2024).** *Vihreä kasvu*. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta). <https://ForGrowth.fi>

Johdanto

Ilmastonmuutos ja luontokato etenevät tavalla, joka vaarantaa maapallon ekologisen kantokyvyn (ks. mm. Dasgupta, 2021; IPCC, 2023). Niin käy siksi, että luonnonvaroja hyödynnetään tuotantotoiminnassa laajamittaisesti ja kestävämmällä tavalla raaka-aineina, sekä siksi, että tuotantotoiminnan ja liikenteen tarvitseman energian tuotanto ja toisaalta tuotanto ja kulutus itsessään aiheuttavat haitallisia ympäristövaikutuksia, kuten ilmaston lämpenemistä, luonnon moninaisuuden vähentymistä sekä päästöjä ja jätteitä. Tämä tarkoittaa, että luontoa on kuormitettu ja kuormitetaan liikaa sekä paikallisesti että koko maapallon tasolla.²

Kulutus päätöksillä ja kansalaisten valinnoilla on suuri merkitys ilmastonmuutokselle ja luontokadolle (ks. Moran ym., 2020; Suomen ilmastopaneeli, 2022). Ensinnäkin erilaiset kulutus päätökset, kuten se mitä syömme, miten matkustamme ja miten kulutamme energiaa, vaikuttavat suoraan kasvihuonekaasupäästöihin. Esimerkiksi lihansyönti ja lentomatkustus ovat erittäin päästöintensiivisiä toimintoja. Kulutustottumukset ja -päätökset vaikuttavat myös luontokadon etenemiseen. Esimerkiksi metsien hävittäminen, lihan tuotanto, salametsästys, ylikalastus ja saastuminen ovat kaikki ihmisten toiminnan ja valintojen seurauksia ja myötävaikuttavat elinympäristöjen tuhoutumiseen ja lajien sukupuuttoon. Kestämätön maankäyttö on myös merkittävä syy ilmastonmuutokseen ja luontokatoon, sillä se johtaa maaperän köyhtymiseen, metsien häviämiseen ja aavikoitumiseen.

Tässä luvussa pohdimme, kuinka valmiita suomalaiset ovat kuluttajina ja kansalaisina sekä tekemään itse ympäristöystävällisempiä kulutusvalintoja että tukemaan ympäristöystävällisiä politiikkatoimia. Tarkastelemme uuden tilastoaineiston avulla muun muassa vastaajien uskomuksia, jotka koskevat erilaisia ilmastonmuutokseen ja luontokatoon liittyviä ilmiöitä, sekä heidän näkemyksiään, jotka liittyvät lihansyöntiä, energiantuotantoa ja liikennettä koskeviin politiikkatoimiin.

Tässä kirjoituksessa käyttämämme aineisto pohjautuu suunnittelemaamme ja Suomessa teettämäämme kyselytutkimukseen, jossa taustakysymysten lisäksi on kokeellisia, vastaajien kannalta satunnaistettuja osia. Kyselyn kokeelliset osat sisältävät kuluttajien ympäristöystävällisiin valintoihin liittyvää maksuhalukkuutta selvittäviä kysymyksiä. Keskitymme tässä kirjoituksessa raportoimaan näitä tuloksia.

Kysely sisälsi myös kolme erilaista *conjoint*-koetta (ks. laatikko 3.1), joita tarkastellaan tarkemmin tekeillä olevassa tutkimuksessamme Hyytinen ym. (2024).

Ensimmäinen *conjoint*-koe tarkasteli kuluttajan omia ruoankulutukseen liittyviä valintoja (lounasannosvalintakysymys), toinen kuluttajien preferenssejä erilaisten ruokaan liittyvien politiikkatoimien osalta (politiikkapreferenssikysymys) ja kolmas, kuinka kuluttajien äänestys päätös kuvitteellisissa vaaleissa riippuu siitä, millaisia ruokaan liittyviä politiikkatoimia ehdokas kannattaa (ehdokasvalintakysymys). Analyysi keskittyy ruokaan, koska erityisesti lihan, riisin ja maitotuotteiden tuotanto aiheuttaa merkittäviä ympäristöhaittoja. Näitä haittoja voitaisiin vähentää jo tiedossa olevilla

keinoilla ja politiikkatoimilla, mutta niiden toteuttaminen on sitä hankalampaa, mitä vähemmän kuluttajat ja äänestäjät niitä tukevat.

Raportoimme tässä kirjoituksessa yhteenvedonomaaisesti myös näitä *conjoint*-tuloksia, perustuen Hyytinen ym. (2024) tarkasteluihin. *Conjoint*-menetelmässä vastaajat valitsevat kahden vaihtoehdon väliltä. Valintaan tehdessään vastaaja näkee molempiin vaihtoehtoihin liittyvät ominaisuudet. Vastaajille esitettyjen ominaisuuksien arvot satunnaistetaan, joten sen tuottaman aineiston avulla on mahdollista tehdä päätelmiä syy-seuraussuhteista eli eri ominaisuuksien kausaalivaikutuksesta vaihtoehdon valintaan (Hainmueller ym., 2014). Menetelmän vahvuuksiin kuuluu se, että sillä pystytään sekä vertailemaan eri ominaisuuksien tärkeyttä suhteessa toisiinsa että analysoimaan useamman ominaisuuden vaikutusta kohteen haluttavuuteen samanaikaisesti. Tutkimuksemme on tietäkäsemme ensimmäinen, jossa samassa kyselyssä tarkastellaan kokeellisesti sekä kuluttajien omia ruokaan liittyviä kulutusvalintoja että heidän politiikkatoimi- ja ehdokaspreferenssejään usean *conjoint*-kokeen avulla. Aiemmat tutkimukset ovat keskittyneet vain yhteen näistä osa-alueista.

Laatikko 3.1 *Conjoint*-menetelmä

Conjoint-menetelmässä vastaajat valitsevat tyypillisesti kahden vaihtoehdon väliltä. Valintaan tehdessään vastaaja näkee molempiin vaihtoehtoihin liittyvät ominaisuudet eli niiden niin sanotut attribuutit. Vastaajille esitettyjen ominaisuuksien (attribuuttien) arvot satunnaistetaan, joten sen tuottaman aineiston avulla on mahdollista tehdä päätelmiä syy-seuraussuhteista eli ominaisuuksien arvon kausaalivaikutuksesta vaihtoehdon valintaan (Hainmueller ym., 2014).

Menetelmän vahvuuksiin kuuluu se, että sillä pystytään analysoimaan useamman ominaisuuden vaikutusta kohteen haluttavuuteen samanaikaisesti sen sijaan, että kysyttäisiin esimerkiksi lounasruoan proteiiniinlähteen vaikutusta lounaan haluttavuuteen erillisenä sen muista ominaisuuksista. Näin vastaaja joutuu puntaroimaan, kuinka paljon hän arvostaa eri ominaisuuksia suhteessa toisiinsa. Lisäksi menetelmä on osoittautunut monia muita kyselytutkimustapoja paremmaksi siinä, että vastaajat eivät päädy tietoisesti tai tiedostamatta miellyttämään kyselyn järjestäjää vastauksillaan, koska kun valintoja tehdään eri ominaisuuksien välillä, ei ole selvää, mikä vastaus tutkijaa miellyttäisi (Horiuchi ym., 2022).

Kuten Hyytinen ym. (2024) kuvaavat, tässäkin kirjoituksessa hyödynnetyn kyselytutkimuksen *conjoint*-osa sisälsi kolme eri *conjoint*-asetelmaa. Ensimmäisessä *conjoint*-asetelmassa (lounasannosvalintakysymys) vastaajat valitsivat kahden lounasvaihtoehdon väliltä. Lounaan ominaisuuksia ovat sen hinta, proteiiniinlähte, maku, kalorimäärä, lounaan syömiseen käytetty aika, sen terveellisyys sekä hiilijalanjälki. Esimerkiksi maku voi saada kolme mahdollista arvoa: mauton, ok ja todella hyvä. Kullakin vastaajalle esitettiin viisi kertaa erilaisia hypoteettisia lounaspareja, joiden väliltä vastaajat valitsevat. Lounasvalinnan ohella vastaajille esitettiin myös vastaavat *conjoint*-asetelmat, joista he valitsivat kahden hypoteettisen ympäristöpolitiikkaan liittyvän ohjelman (politiikkapreferenssikysymys) sekä kahden eduskuntavaaliehdokkaan väliltä (ehdokasvalintakysymys). Kussakin *conjoint*-asetelmassa valinnan kohteella oli 7–9 attribuuttia tarkasteltavan *conjoint*-asetelman mukaan, ja kukin vastaaja valitsi viisi kertaa valintaparien välillä. Myös attribuuttien järjestys ”valintakorteissa” on satunnaistettu vastaajien välillä, mutta kukin yksittäinen vastaaja näkee attribuutit aina samassa järjestyksessä.

Skreli ym. (2017) tutkivat *conjoint*-asetelmalla, millaisia tomaatteja kuluttajat valitsevat ja havaitsevat kuluttajien arvostavan luomutomaatteja. Ruokaan liittyviä politiikkatoimipreferenssejä ovat *conjoint*-asetelmalla tutkineet esimerkiksi Fesefeld ym. (2020). He havaitsivat muun muassa, että kansalaiset valitsevat mieluummin politiikkatoimia, jotka sääntelevät ruoan tuotantoa kuin toimia, jotka rajoittavat tai koskevat kuluttajien kysyntää. Tämä tarkoittaa, että he suosivat esimerkiksi mieluummin toimia, joilla tiukennetaan luomulihan tuotantoa koskevaa sääntelyä kuin toimia, joilla vaikkapa tiukennetaan ympäristöä enemmän rasittavan ruoan kulutuksen verotusta. Äänestäjien preferenssejä poliitikkojen suhteen on yleisesti ottaen tarkasteltu paljonkin (Bansak ym., 2021), mutta ei tietääksemme ruokaan liittyvien näkemysten osalta.

Kansalaisten yleisiä ympäristöpoliittisia näkemyksiä ja valintoja on tutkittu aiemmin laajoissa kyselyissä muilla kuin *conjoint*-menetelmillä. Aikaisempi kirjallisuus sisältää osittain ristiriitaisia näkemyksiä kansalaisten halukkuudesta muuttaa omaa toimintaansa tai tukea ympäristöystävällisiä toimia.

Vlasceanu ym. (2024) toteuttivat 63 eri maassa kyselyn, jossa vastaajat altistettiin 11 erilaiselle kokeelle. Niissä vastaajille annettiin eri tavoin erilaista tietoa. Tällä yritettiin vaikuttaa vastaajien uskomuksiin, halukkuuteen tukea tietynlaisia politiikkatoimia, alttiuteen jakaa tietoa edelleen ja konkreettiseen valmiuteen istuttaa puita.

Yleisesti voidaan todeta, että havaitut vaikutukset olivat hyvin vaatimattomia.

Toisaalta Andre ym. (2024) toteuttivat laajan, 125 maata kattavan kyselyn, jonka tulokset ovat hieman rohkaisevampia sen suhteen, missä määrin kansalaiset ja kuluttajat ovat halukkaita tukemaan ilmastonmuutosta hidastavia toimia.

Kyselyn vastaajista 69 % oli valmis antamaan 1 % omista tuloistaan ongelman ratkaisemiseksi ja lisäksi 89 % heistä vaati intensiivisempiä toimia. Toisaalta muiden ihmisten halukkuutta toimiin aliarvioitiin, ja vastaajien halukkuus ryhtyä toimiin oli ehdollista sille, että muutkin toimivat.

Bergquist ym. (2022) toteuttivat meta-analyysin, joka kattaa 51 tieteellistä artikkelia. Nämä artikkelit kattavat yhteensä 33 eri maata ja ne tarkastelevat kansalaisten suhtautumista ilmastonmuutosta hillitseviin vero- ja lakimuutoksiin. Keskeinen edellytys toimien hyväksymiselle on näkemys niiden reiluudesta ja toimivuudesta. Muut tekijät kuten kriisitietoisuus tai demografiset tekivät eivät olleet kovin tärkeitä.

Dechezleprêtre ym. (2023) kysely kattaa 20 maata. He näyttävät, että vaikka suurin osa vastaajista piti ilmastonmuutosta suurena ongelmana ja koki, että sitä vastaan pitää taistella, oli halukkuus henkilökohtaisiin ilmastonmuutosta rajoittaviin toimiin silti melko vähäistä. Esimerkiksi maakohtainen kannatus lihansyönnin vähentämiselle vaihteli tässä tutkimuksessa 24 % ja 62 % välillä. Poliittikkatoimien kannatus riippuu erityisesti siitä, mitkä niiden vaikutukset tulonjakoon ovat, koetaanko ne te-

Conjoint-menetelmäpaljastaa maksuhalukkuuden käytännön tilanteissa.

hokkaiksi ja kuinka ne vaikuttavat vastaajien omaan taloudelliseen tilanteeseen. Poliittikkatoimia tuettiin enemmän, jos vastaajille kerrottiin selkeästi, miksi niiden voi odottaa toimivan.

Colantone ym. (2024) näyttävät, että ympäristötoimia vastustavan puolueen äänimäärät kasvavat niiden äänestäjien keskuudessa, joiden oma talous kärsii ympäristötoimista. Kannatus ei kuitenkaan kasva, jos ko. henkilöt saivat julkiselta sektorilta kompensaaion sen vuoksi, että ympäristötoimien taloudelliset seuraukset kohdistuvat heihin.

Toteutettu kysely

Tutkimuksen aineisto perustuu kyselyyn, jota kuvaamme käynnissä olevassa tutkimuksessamme (Hyytinen ym., 2024) ja jolla kartoitimme vastaajien yhteiskunnallisia näkemyksiä vihreästä kuluttamisesta ja ilmasto- ja ympäristöpolitiikasta (ks. verkkoliite). Kysely toteutettiin internet-kyselynä toukokuussa 2023, ja sen toteutti Taloustutkimus. Tutkimusotos on muodostettu monivaiheisella ositetulla otannalla Taloustutkimuksen vastaajapaneelista. Vastaajapaneeli puolestaan on kerätty monikanavaisesti. Tutkimusotoksessa on pyritty edustavuuteen Suomessa asuvaan väestöön pois lukien Ahvenanmaa. Tämän luvun tarkastelut perustuvat aineistoon, jossa on hieman yli 1 000 vastaajaa.

Kyselyssä oli kaksi pääosaa:

- Kyselyn ensimmäisessä osassa selvitimme monivalintakysymyksillä vastaajien yleisiä poliittisia näkemyksiä ja mediankäyttöä. Tässä osassa kartoitimme myös heidän tietoisuuttaan (*awareness*) erilaisista ympäristön muutokseen liittyvistä käsitteistä, kuten ilmastonmuutoksesta ja luontokadosta. Osa kysymyksistä koski vastaajien uskomuksia ja odotuksia ilmastonmuutokseen ja luontokatoon liittyen ja osassa käsiteltiin sitä, kuinka paljon ilmastonmuutos aiheuttaa vastaajissa huolta, ja millaisia näkemyksiä ja mielipiteitä heillä on ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi liittyvistä poliittikkatoimista. Tämän osan viimeisillä kysymyksillä selvitettiin vastaajien maksuhalukkuutta (*willingness-to-pay*) erilaisissa kulutukseen liittyvissä ympäristöasioissa. Näissä maksuvalmiutta kartoittaneissa kysymyksissä joidenkin kysymysten osia satunnaistettiin siten, että kaikki eivät vastanneet täsmälleen samaan kysymykseen.
- Kyselyn toisessa osassa selvitettiin vastaajien preferenssejä *conjoint*-menetelmällä (tästä tarkemmin, ks. Hyytinen ym., 2024). Siinä vastaajille esitetään kerralla kaksi eri vaihtoehtoa, joiden väliltä vastaajat valitsevat mielestään paremman. Vaihtoehdoissa näytetään aina sama joukko erilaisia ominaisuuksia (attribuutteja), joilla on rajattu määrä mahdollisia arvoja. Lukuarvojen realisaatio valitaan kuhunkin näytettyyn vaihtoehtoon satunnaistamalla. Tämä osa keskittyi erityisesti kuluttajien ja kansalaisten näkemyksiin, jotka liittyvät ruoan tuotannon ja kulutuksen luontoystävällisyyteen.

Laatikko 3.2 Kyselyaineiston edustavuus

Taulukoissa 3.1–3.3 on esitetty otoksen edustavuuteen liittyviä tietoja. Taulukoissa esitetyt Suomen väestöön liittyvät tiedot ovat Tilastokeskukselta.

Taulukosta 3.1 näemme, että 18–78-vuotiaan väestön keski-ikä on 48,3 vuotta, kun otoksessamme se on 49,6. Myös sukupuolijakauma (mies/nainen) on otoksessamme edustava. Taulukosta 3.2 käy ilmi, että otoksessamme sisemmällä kaupunkialueella asuvat ovat hieman yliedustettuina, mutta kun tarkastellaan kaupunkialueita kokonaisuutena, yliedustus on vähäisempää.

Taulukko 3.1 Otoksen ja 18–79-vuotiaan väestön ikä ja sukupuoli

Muuttaja	Otoksen keskiarvo	Otoksen keskihajonta	18–79-v. populaation keskiarvo
Ikä	49,60	16,30	48,30
Sukupuoli: mies	0,51	0,50	0,50

Taulukko 3.2 Otoksen alueellinen edustavuus

Alue	Otoksen osuudet	18–79-v. populaation osuudet
Sisempi kaupunkialue	50,2	39,9
Ulompi kaupunkialue	19,3	23,8
Kaupungin kehysalue	8,2	10,4
Maaseudun paikalliskeskukset	4,9	5,4
Kaupungin läheinen maaseutu	6,9	6,8
Ydinmaaseutu	6,7	8,9
Harvaan asuttu maaseutu	3,9	4,8

Tarkastelimme otoksen edustavuutta myös vastaajien koulutuksen suhteen. Koulutuksen osalta tutkimusaineistomme ja Tilastokeskuksen tietojen luokittelu poikkesivat toisistaan, joten jouduimme luokittelemaan molempia aineistoja uudestaan. Tästä saattaa seurata luokitteluun liittyviä virheitä. Lisäksi Tilastokeskuksen tiedot koulutuksesta on esitetty vain viisivuotislukottain, ja 75-vuotiaat ja vanhemmat oli luokiteltu yhdeksi luokaksi, joten valitsimme otoksemme ja väestötietojen osalta mahdollisimman hyvin otoksemme kattavan ikäryhmän 20–74-vuotiaat.

Taulukosta 3.3 voidaan havaita, että otoksessamme korkea-asteen koulutuksen saaneet ovat yliedustettuina ja vastaavasti perusasteen käyneet aliedustettuina. Taloustutkimuksen ja Tilastokeskuksen koulutusluokkien uudelleenyhdistelyyn liittyy kuitenkin tietynasteista epävarmuutta, joten taulukon 3 luvut on syytä tulkita suuntaa antavana.

Taulukko 3.3 20–74-vuotiaan väestön otoksen ja samanikäisen väestön koulutustaso

Koulutustaso	Otos 20–74-v.	Populaatio 20–74-v.
Perusaste	3,6	16,8
Toinen aste	47,2	46,1
Alempi korkea-aste	18,9	23,6
Ylempi korkea-aste	30,3	13,5

Tavoitteenamme oli, että kyselyaineistoamme voidaan pitää edustavana otoksena kohdepopulaatiosta. Taulukoihin valittujen muuttujien perusteella voimme sanoa, että otoksemme edustaa suhteellisen hyvin Suomessa asuvaa väestöä, mutta edustavuus ei suinkaan ole täydellistä. Koska joitakin eroja otoksemme ja koko väestön osalta ilmenee, tulee ne pitää mielessä, kun tulostemme yleistettävyyttä pohditaan.

Emme kuitenkaan painota vastauksia analyysissämme edustavuuden parantamiseksi, koska edustavuuteen liittyvät puutteet ovat monilta osin melko vähäisiä. Tätä näkökulmaa puoltaa myös se, että kyselymme vastaukset kyselykierroksen eri puolueiden kannatusta ovat melko lähellä kevään 2023 eduskuntavaalien tulosta (kuten alla kohta näytämme). Lisäperustelu sille, miksi emme pyri painojen avulla lisäämään edustavuutta, on se, että aineistomme ja koko populaation ominaisuuksien vertailu ei ole kaikissa olottuvuuksissa yksiselitteistä käytettävissä olevien aineistojen rajoituksista johtuen. Tämä vaikeuttaa tarkkojen painojen laskemista.

Kyselyssä kysyttyjen tietojen lisäksi aineisto sisältää vastaajien taustatietoja, kuten ikä, sukupuoli, koulutus- ja tulotaso sekä asuinmaakunta. Tarkemmin otoksemme edustavuudesta laatikossa 3.2.

Tulokset

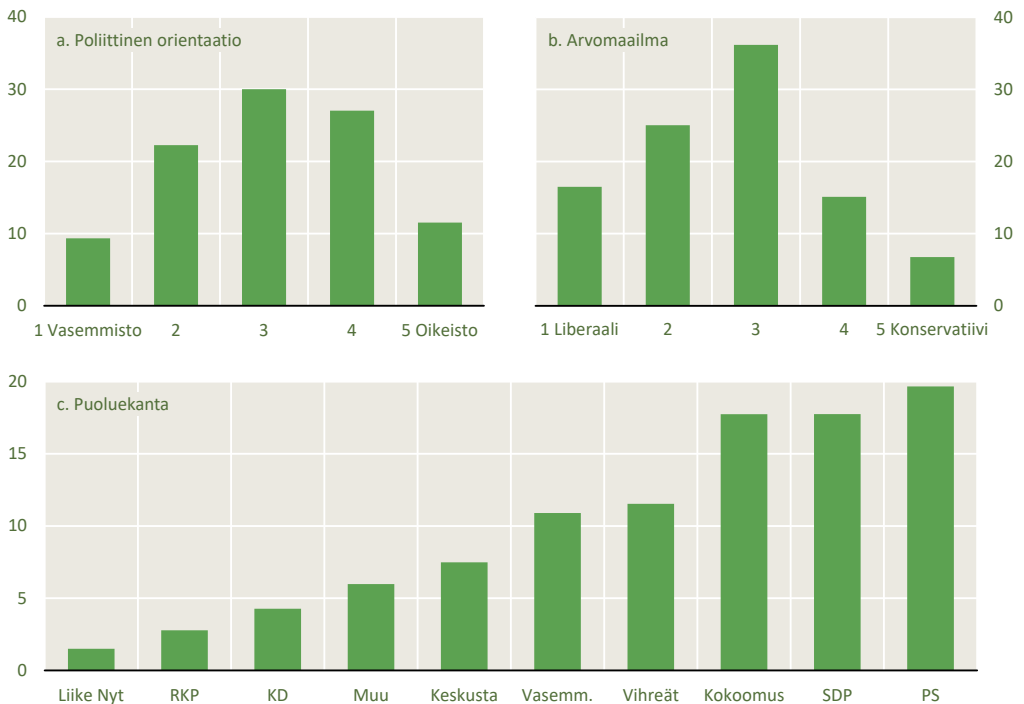
Vastaajien yhteiskunnalliset ja ympäristöpoliittiset näkemykset ja mielipiteet

Kuvion 3.1 ylemmässä paneelissa on esitetty vastaukset kahteen eri viisiasteikolliseen kysymykseen, eli mihin vastaaja sijoittaisi itsensä vasemmisto-oikeisto- sekä arvo-liberaali–arvokonservatiivi janoilla. Suuri osa vastaajista sijoittaa itsensä suhteellisen keskelle, vaikka vastauksissa on paljon hajontaa ja polarisaatiota. Liberaaleja on hieman enemmän kuin konservatiiveja ja vasemmistolaisia on hieman enemmän kuin oikeistolaisia.

Kuvion 3.1 alemmassa paneelissa on esitetty vastaukset kysymykseen, mitä puoluetta vastaaja äänestäisi eduskuntavaaleissa, jos eduskuntavaalit olisi pidetty kyselyn toteutushetkellä toukokuussa 2023. Otokoko ja siihen liittyvä virhemarginaali

Kuvio 3.1

Vastaajien yhteiskunnalliset näkemykset, %



Lähde: Kirjoittajien kyselyyn perustuvat laskelmat.

huomioiden vastaukset ovat melko lähellä kevään 2023 eduskuntavaalien tulosta. Kokoomuksen, SDP:n ja keskustan osuudet ovat hieman pienempiä kuin kevään 2023 eduskuntavaaleissa, kun taas vihreiden ja vasemmistoliiton osuudet ovat hieman vaalitulosta korkeampia. Perussuomalaisten kannatus on vastaajien joukossa korkein, ja kokoomus ja SDP saavat lähes yhtä suuren kannatuksen. Myös tämä tarkastelu tukee näkemystä, että käytössä oleva otos on edustava.

Kuviossa 3.2 tarkastelemme, tuntevatko vastaajat erilaisia ympäristöön liittyviä käsitteitä, joita kyselymme koskee. Lähes kaikki vastaajat tietävät ja ymmärtävät omasta mielestään käsitteet ilmastonmuutos, hiilijalanjälki, luonnon monimuotoisuus ja kiertotalous.

Kuviossa 3.3 on esitetty vastaajien uskomukset koskien erilaisia ilmastonmuutokseen ja luontokatoon liittyviä ilmiöitä. Taulukossa on viisi eri paneelia, ja kaikissa niihin liittyvissä kysymyksissä vastaajia pyydettiin raportoimaan uskomuksensa todennäköisyytenä eli lukuna nollan ja sadan prosentin välillä. Heitä pyydettiin siis raportoimaan todennäköisyys, että kussakin kysymyksessä esitetyt väitteet toteutuvat tai pitävät paikkaansa. Mikäli vastaaja on täysin varma, että jokin asia toteutuu tai pi-

Kuvio 3.2

Tuntevatko ja ymmärtävätkö vastaajat kyselyn ympäristöön liittyviä käsitteitä? % vastaajista



Lähde: Kirjoittajien kyselyyn perustuvat laskelmat. Tarkat vastausmuotoilut: "En ole koskaan kuullutkaan siitä", "Olen kuullut siitä aiemmin" ja "Tiedän, mitä se on ja ymmärrän, mitä sillä tarkoitetaan".

tää paikkansa, hän voi vastata 100 %, ja mikäli hän on täysin varma, että jokin asia ei toteudu tai ei pidä paikkaansa, hän voi vastata 0 %.

Kuviossa 3.3 vasemmalla ylhäällä olevasta paneelista nähdään, että vastaajat ovat melko pessimistisiä sen suhteen, että ilmastonmuutos saataisiin pysäytettyä 1,5 asteen nousuun esiteolliseen aikaan verrattuna. Noin 25 % vastaajista pitää aivan varmana, että siinä ei onnistuta. Kuvion 3.3 kahdesta seuraavasta paneelista nähdään,

Kuvio 3.3

Vastaajien näkemykset ilmastonmuutoksesta ja luontokadosta, %



Lähde: Kirjoittajien kyselyyn perustuvat laskelmat.

että kun vastaajia pyydetään antamaan todennäköisyys sille, että ilmaston lämpeneminen ja luontokato ovat todellisia ilmiöitä, valtaosa vastaajista antaa näille suuren todennäköisyyden. Toisaalta tällaiset väitteiden ja asioiden todennäköisyyttä kysyvät kysymykset paljastavat, että vastauksiin liittyy epävarmuutta; yli puolet vastaajista ei ole täysin varma (toisin sanoen, heidän vastauksensa on alle 100 prosenttia) siitä, pitävätkö väitteet paikkansa.

Epävarmuutta esiintyy enemmän sen suhteen, onko ilmastonmuutos ihmisen aiheuttamaa. Vain noin puolet vastaajista arvioi, että todennäköisyys sille, että ihmisen aiheuttaa ilmastonmuutoksen, on vähintään 90 prosenttia. Toisaalta näemme, että vastausjakauma painottuu oikealle, yli 50 prosentin todennäköisyyksiin. Tästä voitaneen päätellä, että vastaajat pääosin arvioivat ihmisen toiminnan myötävaikuttaneen ilmaston lämpenemiseen. Kuvion 3.3 alimmasta paneelista voidaan nähdä, että näkemykset kiertotalouden tehokkuudesta ilmastonmuutoksen hillitsijänä ja kautuvat voimakkaasti.

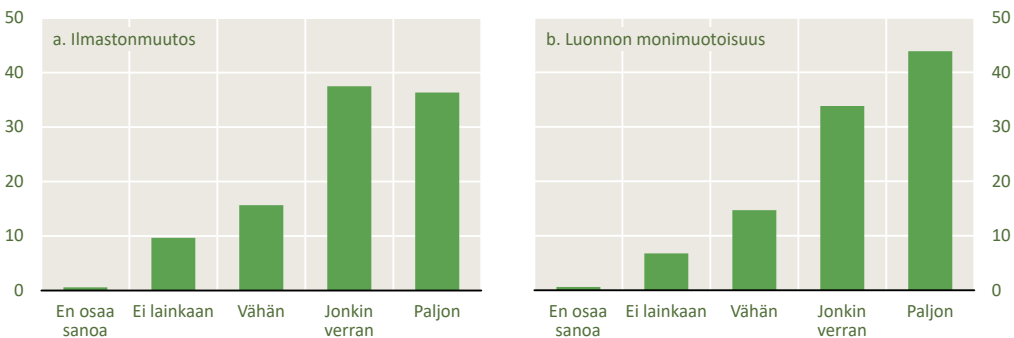
Kuviossa 3.4 raportoidaan vastaukset kysymyksiin, ovatko vastaajat huolissaan ilmastonmuutoksesta ja luonnon monimuotoisuuden vähenemisestä. Kuvion perusteella suurin osa vastaajista on joko jonkin verran tai paljon huolissaan ilmastonmuutoksesta ja luonnon monimuotoisuudesta.

Yhteenvetona tähän mennessä läpikäytyistä tuloksista voidaan todeta, että ilmastonmuutos ja luontokato tunnetaan ja että näitä ympäristöongelmia pidetään todellisina. Ympäristöongelmia pidetään myös todennäköisesti ihmisen aiheuttamina ongelmina ja niistä ollaan huolissaan. Tämän perusteella voisi olettaa, että myös toimet ongelmien ratkaisemiseksi saisivat yksimielisesti tukea.

Kuviossa 3.5 on esitetty vastaukset näkemyksiin eri politiikkatoimista liittyen liihansyönttiin, energian tuotantoon ja liikenteeseen. Kysymyksien muotoilu käy ilmi kuvan otsikosta (ks. myös verkkoliite).

Kuvio 3.4

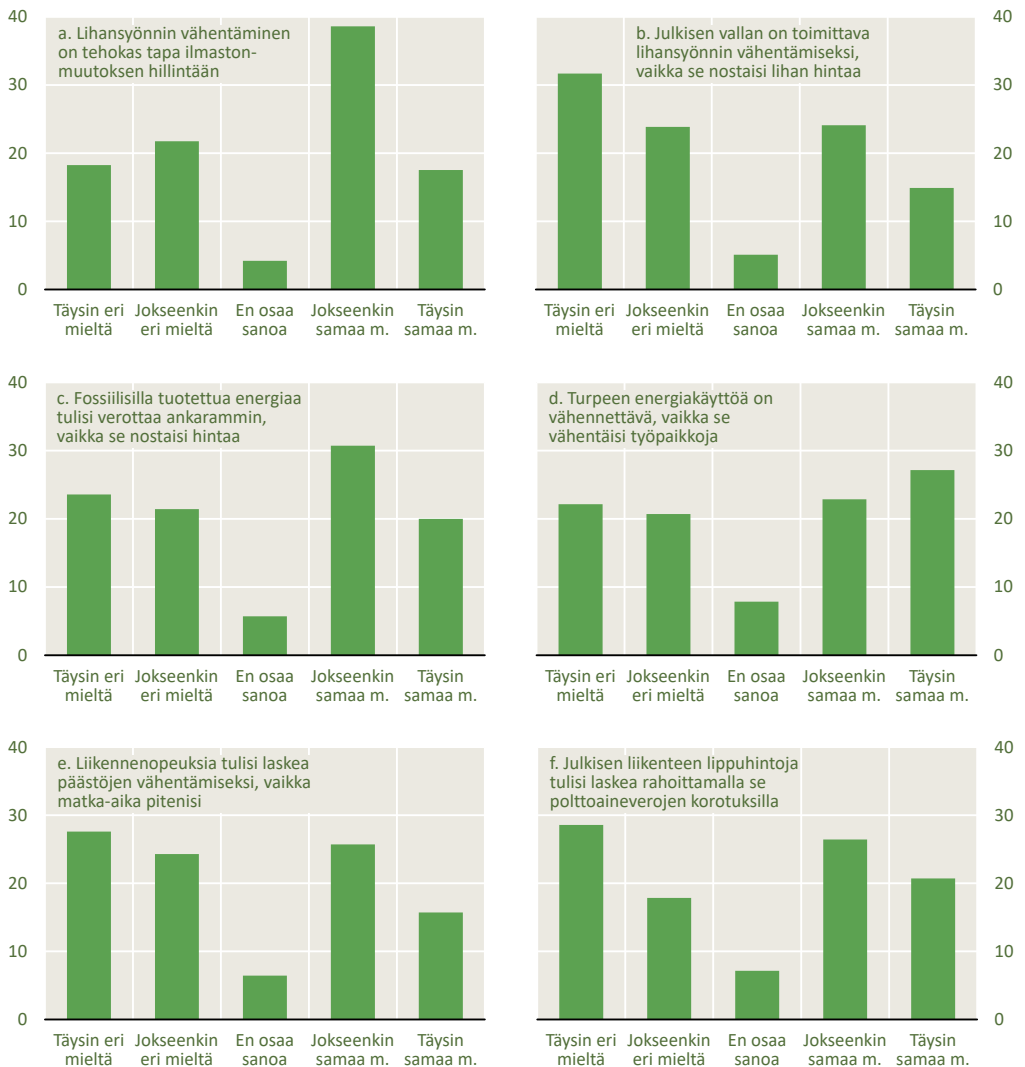
Ovatko vastaajat huolissaan ilmastonmuutoksesta ja luonnon monimuotoisuuden vähenemisestä? % vastaajista



Lähde: Kirjoittajien kyselyyn perustuvat laskelmat.

Kuten kuvioista 3.5 nähdään, vastaukset kaikkiin kuuteen kysymykseen ovat samankaltaisia keskenään. Vain hyvin harva vastaaja ei osannut ottaa kysymyksissä esitettyihin asioihin kantaa. Keskeinen löydös on se, että vastaajien ympäristöpoliittiset kannat ovat jakautuneet kahtia eli polarisoituneet. Tuloksista voidaan päätellä, että hieman yli puolet vastaajista kannattaa ilmastonmuutosta hillitsevää ympäristöpolitiikkaa ja hieman vajaat puolet vastaajista vastustaa sitä, joskin tässä on jonkin verran kysymyskohtaista vaihtelua.

Kuvio 3.5

Vastaajien ympäristöpoliittiset näkemykset, %

Lähde: Kirjoittajien kyselyyn perustuvat laskelmat.

Vastaajien maksuhalukkuus ympäristövalinnoissa

Seuraavaksi tarkastelemme vastaajien maksuhalukkuutta kartoitettavia kysymyksiä. Tulokset perustuvat regressioestimointeihin, ja ne on esitetty kuvion 3.6 kohdissa a–e (ks. myös verkkoliitteen kuvat L1–L5). Vastemuuttujina näissä estimoinneissa on vastaajien ilmoittama maksuhalukkuus kunkin kysymyksessä esitetyn tilanteen mukaisesti. Yhdessä kysymyksistä maksuhalukkuutta ei kysytä euroina, vaan pidettyneenä matka-aikana.

Kuvion 3.6a kysymyksessä vastaajia pyydettiin kertomaan, kuinka paljon enemmän he olisivat valmiita maksamaan euroissa siitä, että lounaan ympäristöjalanjälki kompensoitaisiin. Lounaan hinta ilman kompensoitua satunnaistettiin siten, että se sai arvot 8, 11 ja 14 euroa.

Kuviossa 3.6a on esitetty tulokset, joissa lineaariregressioissa selitetään maksuhalukkuutta. Selittäviä muuttujia ovat indikaattorimuuttujat kullekin lounaan hinnalle, 8 euron hintaisen lounaan ollessa perustaso. Kuvioista nähdään, että jos lounaan hinta on 8 euroa (= perustaso), vastaajat olisivat valmiita maksamaan keskimäärin 1,7 euroa enemmän, jos lounaan ympäristöjalanjälki olisi kompensoitu. Yksi tulkinta tälle tulokselle on, että se tarkoittaa, että kompensoidun lounaan hinta voisi olla 21 % korkeampi ilman että hinnan nousulla olisi suuria kysyntää vähentäviä vaikutuksia. Lounaan hinnan kasvaessa maksuhalukkuus laskee hieman mutta säilyy edelleen positiivisena. Tästä voidaan myös varovaisesti päätellä, että kompensoitopäätöksiin ei vaikuta kompensoitua hintaa suhteellinen osuus lounaan hinnasta, vaan aterian hinta kokonaisuudessaan vaikuttaa tärkeämmältä.

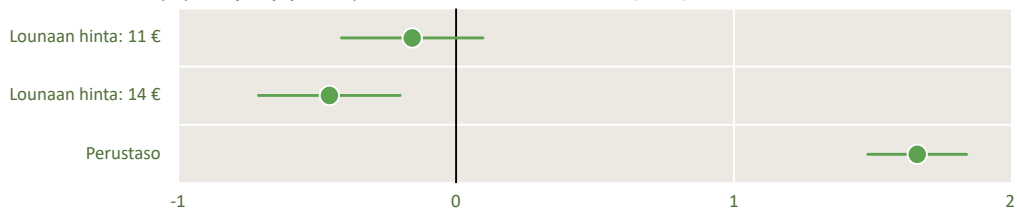
Kuviossa 3.6b on esitetty regressiotulokset maksuhalukkuudesta, joka koskee polttomootoriautoa vastaavan sähköauton hankintaa. Vertailuna olevan polttomootoriauton ominaisuuksia satunnaistettiin siten, että se maksaa joko 20 000, 40 000 tai 60 000 euroa. Sähköauton ominaisuuksia satunnaistettiin siten, että kantama täydellä latauksella voi olla 400 tai 600 kilometriä. Kuviossa perusluokkana on 20 000 euroa maksava polttomootoriauto, joka vaihdetaan sähköautoon ja jonka kantama on 400 kilometriä. Tällöin vastaajat olisivat valmiita maksamaan keskimäärin 3 268 euroa enemmän sähköautosta, eli noin 16 %. Vastausten hajonta ja siten regressiomallin estimoitujen parametrien luottamusvälit ovat suuria, joten minkään satunnaistetun komponentin vaikutus maksuhalukkuuteen ei ole tilastollisesti merkitsevä, jos sitä verrataan perusluokkaan. Näistä epätarkasti estimoiduista piste-estimaateista kuitenkin nähdään, että jos kantama olisi esimerkiksi 600 kilometriä, maksuhalukkuus kasvaa keskimäärin 1 031 eurolla verrattuna perusluokkaan.

Kuvion 3.6c kysymyksessä vastaajia pyydettiin kertomaan, kuinka monta minuuttia pidempään he olisivat valmiita matkustamaan julkisilla kulkuvälineillä, kun matkan kesto yksityisautolla olisi 30 (perusluokka), 60 tai 120 minuuttia olettaen, että matkustamisen hinta ja muut kustannukset olisivat samat. Jos matkan kesto on yksityisautolla 30 minuuttia, vastaajat ovat valmiit matkustamaan keskimäärin

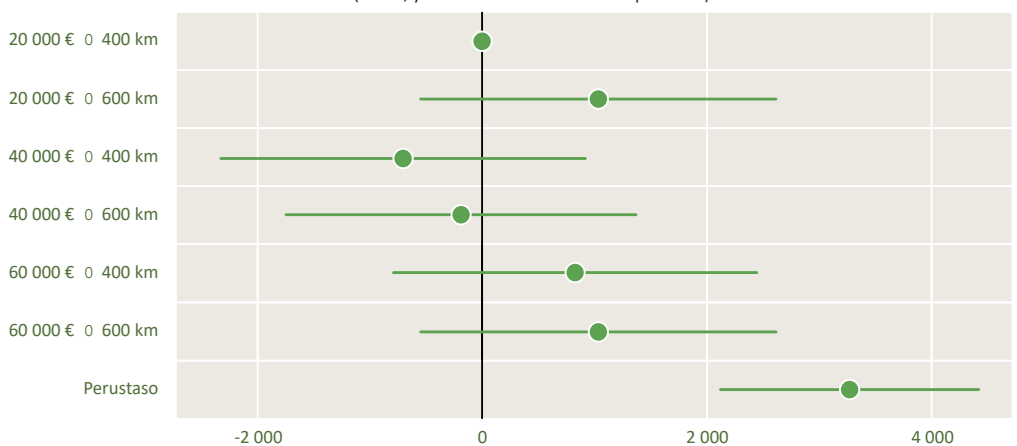
Kuvio 3.6

Maksuhalukkuuskysymysten tuloksia

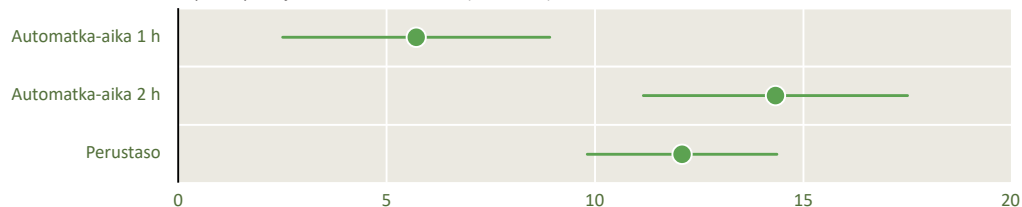
a. Maksuhalukkuus ympäristöjalanjäljen kompensointiin lounaan hinnan mukaan (euroa)



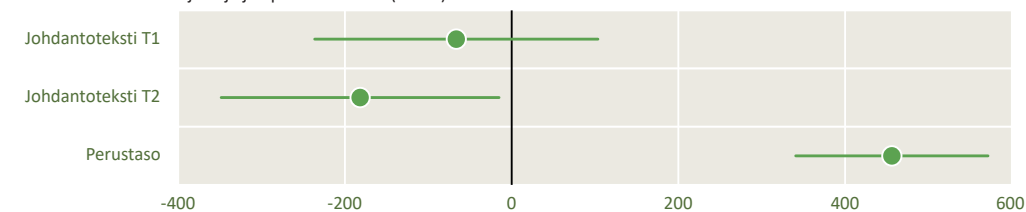
b. Maksuhalukkuus sähköauton hankinnassa (euroa, yli 100 000 euron vastaukset poistettu)



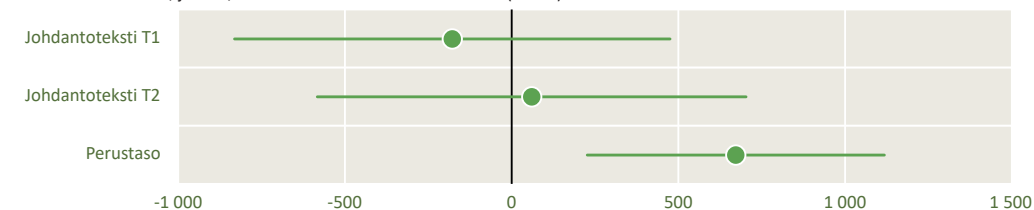
c. Halukkuus matkustaa pidempään julkisella kulkuneuvolla (minuuttia)



d. Maksuhalukkuus hiilijalanjäljen puolittamiseen (euroa)



e. Halukkuus maksaa, jotta 1,5°C:n ilmastotavoite saavutettaisiin (euroa)



Lähde: Kirjoittajien kyselyyn perustuvat laskelmat. Pallukka kuvaa piste-estimaattia ja viiva 95 % tilastollista luottamusväliä. Luottamusvälien laskemisessa on käytetty tavanomaista keskivirhettä.³

12 minuuttia pidempään julkisilla kulkuneuvoilla. Lisämatkustusaika kasvaa 5,7 minuutilla yhteensä 17,7 minuuttiin, jos matka-aika yksityisautolla olisi 60 minuuttia, ja 14,4 minuutilla yhteensä 26,5 minuuttiin, jos matka-aika yksityisautolla olisi 120 minuuttia. Näistä tuloksista käy ilmi, että pidemmillä matkoilla matka-aika voi kasvaa suhteellisesti vähemmän, jotta vastaajat valitsisivat julkisen kulkuneuvon yksityisauton sijaan.

Kuvio 3.6d avulla voidaan arvioida, kuinka monta euroa vastaajat olisivat vuosittain valmiita maksamaan siitä, että heidän oma hiilijalanjälkensä puolittuisi. Kuvio 3.6e perustuu puolestaan kysymykseen, jolla selvitettiin, kuinka monta euroa vastaajat olisivat valmiita maksamaan vuosittain, jotta 1,5 asteen ilmastotavoite saavutettaisiin. Satunnaistettava tekijä molemmissa kysymyksissä oli kysymyksen kehystys. Perustapauksessa vastaajille ei esitetty alustavaa tekstiä. Kolmasosalle esitettiin teksti ”Kun vastaat seuraaviin kahteen kysymykseesi, pyydämme, että tarkistat vastauksesi suhteuttamalla mielessäsi olevan euromäärän käteen jäävään vuosituloosi” (johdantoteksti 1 = T1 kuviossa) ja kolmasosalle ”Kun vastaat seuraaviin kahteen kysymykseesi, pyydämme ajattelemaan tilannetta siten, että vastauksessa mainitsemasi summa kerättäisiin sinulta vuosittain valtiolle menevänä ylimääräisenä veroluonteisena maksuna.” (johdantoteksti 2 = T2 kuviossa).

Kuvion 3.6d perusteella maksuhalukkuus oman hiilijalanjäljen puolittamisesta on keskimäärin 456 euroa vuodessa, jos kysymystä ei kehystetty. Ainostaan verotukseen liittyvällä kehyksellä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus vastaukseen; se laski maksuhalukkuutta keskimäärin 179 euroa. Kuvion 3.6e perusteella vastaajat olivat valmiita maksamaan keskimäärin 673 euroa vuodessa siitä, että 1,5 asteen ilmastotavoite saavutettaisiin. Eri kehyksillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta tähän.

Ero maksuhalukkuudessa oman hiilijalanjäljen ja koko ilmastonmuutoksen ratkaisemisen välillä on hämmästyttävän pieni ottaen huomioon, että oma hiilijalanjälki on melko merkityksetön globaalin ongelman ratkaisemisen kannalta, kun taas jälkimmäisessä kysymyksessä koko globaali ongelma käytännössä ratkaistiin. Vastaukset kertonevat siitä, että vastaajilla voi olla vaikeuksia erottaa toisistaan tärkeitä ja merkityksettömät asiat.

Conjoint-tarkastelu

Kuten on hyvin tiedossa, ruoan kulutus on keskeinen ilmastopäästöjen lähde. Esimerkiksi Ivanovich ym. (2023) laskevat, että yksin ruoan kuluttaminen voi lisätä ilmaston lämpenemistä lähes yhden celsiusasteen vuoteen 2100 mennessä. Valtaosa ruoan kulutuksen ilmastoalämmittävästä päästästä liittyy lihakarjantautantoon, riisinviljelyyn ja maitotuotteisiin ja koostuu erityisesti metaanipäästöistä, mutta myös dityppioksidista ja hiilidioksidista. Samoin Ivanovich ym. (2023) arvioivat, että ruoan tuotantoon ja kulutukseen liittyvillä muutoksilla voitaisiin estää yli puolet tästä lämpenemisestä. Yksin ruokavalion muuttaminen vastaamaan Harvard Medical

Schoolin terveys suosituksia (Willett & Skerrett, 2017) laskisi lämpenemistä 0,2 celsiusastetta. Tässä ruokavaliossa erityisesti lihaa kulutettaisiin merkittävästi nykyistä vähemmän.

Erityisen huolestuttavaa on, että sekä maailman keskimääräinen lihan kulutus henkeä kohti että kulutetun lihan kokonaismäärä ovat olleet kasvussa, mikä johtuu pitkälti tulotason noususta ja väestönkasvusta (Godfray ym., 2018). On esitetty, että eläinperäisten tuotteiden kulutuksen huomattava kasvu aiheutti noin 95 % maailmanlaajuisesta päästöjen noususta vastaten lähes puolta kokonaisruokapäästöistä vuonna 2019 (Li ym., 2023). Kysymykseksi nousee, kuinka ruoan tuotantoon ja kulutukseen liittyviä ilmastopäästöjä ja ympäristöhaittoja voitaisiin vähentää?

Conjoint-tuloksia

Raportoimme seuraavassa alustavia *conjoint*-tuloksia, perustuen käynnissä olevaan tutkimukseemme (Hyytinen ym., 2024). Tulokset perustuvat tilastolliseen tarkasteluun, jossa tarkastellaan attribuuttien tasojen keskimääräistä vaikutusta vaihtoehdon haluttavuuteen (*average marginal component effect* AMCE, ks. Hainmueller ym., 2014). Tällaisessa tarkastelussa arvioidaan piste-estimaattien suuruutta ja niiden 95 % luottamusväliä. Piste-estimaatit ja luottamusväli on estimoitu regressiomallilla, jossa selittävänä muuttujana on 0/1-indikaattori siitä, onko vastaaja valinnut kyseisen kortin ja selittävät muuttujat indikaattorimuuttujia attribuuttien tasoille. Aineiston havainnointisikkö on yksittäinen valintakortti. Piste-estimaatit tulkitaan siten, että ne kertovat, kuinka paljon suuremmalla tai pienemmällä todennäköisyydellä kyseinen kortti valitaan, jos se sisältää kyseisen attribuutin arvon verrattuna siihen, että kortti olisi sisältänyt attribuutin referenssiarvon. Koska regressiomallissa ovat kaikki attribuutit samaan aikaan mukana, tulee tuloksia tulkita ehdollisena muille attribuuttiarvoille.

Hyytinen ym. (2024) raportoivat lounasvalinta-*conjointille* (lounasannosvalintakysymys) seuraavat tulokset:

- Odotetusti havaitsimme, että mitä kalliimpi lounas on, sitä harvemmin se valitaan.
- Laboratoriossa kasvatettu keinoliha on selvästi vähiten haluttu vaihtoehto. Tämä tulos viittaa siihen, että pelkästään kuluttajien omilla valinnoilla on vaikea saada aikaan siirtymää eläinperäisestä proteiinista uusilla teknologioidella tuotettuun ympäristöystävällisempään proteiiniin. Tulos kertonee myös siitä, että vähintäänkin uusien tuotteiden luontoystävällisyydestä on tarpeen tiedottaa selkeästi ja että niiden markkinointiin on tarvetta panostaa.
- Ruoan maku on kuluttajille ymmärrettävästi erittäin tärkeä. Esimerkiksi syömiseen käytetty aika ja terveys ovat tärkeitä, mutta maku vaikuttaa olevan tärkeämpi, joskaan emme tiedä, miten vastaajat ovat tulkinneet sanallisesti ilmaistut makuvaihtoehdot.
- Sopivaa kylläisyyden astetta arvostetaan.

Kokonaisuutena voidaan sanoa, että kaikki lounaan ominaisuudet (attribuuttiarvot) tuottivat odotetun suuntaiset vaikutukset. Ehkä yllättävintä on, kuinka paljon lihaa korvaavia tuotteita vastustetaan.

Hyytinen ym. (2024) raportoivat tulokset myös *conjoint*-asetelmalle, jossa vastaajia pyydettiin valitsemaan poliittisten toimenpideohjelmien väliltä (politiikkapreferenssikysymys):

- Vastaukset antavat pessimistisen kuvan sen suhteen, että ekologisempaa syömistä tukevat politiikkatoimet saivat kannatusta kansalaisten keskuudessa.
- Niin lihaveron nostoa, lihan tuotantotukien vähentämistä, koulujen kasvisruokapäiviä kuin ravintoloiden pakollista kasvisruokatarjontaaakin keskimäärin vastustetaan.
- Ainoastaan kasvisruoan arvonlisäveron poisto saa lievää tukea.

Lopuksi esitetään tulokset *conjoint*-asetelmasta, jossa vastaajat valitsivat hypoteettisten eduskuntavaaliehdokkaiden väliltä (ehdokasvalintakysymys) jälleen perustuen regressioestimointeihin, jotka on raportoitu tutkimuksessa Hyytinen ym. (2024):

- Ikä ei ole kovin merkittävä tekijä. Sukupuolen osalta on ehdokkaalle haitaksi, jos hän ei identifioitu mieheksi tai naiseksi.
- Korkeampi koulutus edistää hieman ehdokkaan valintaa. Aiemmillä poliittisellä kokemuksella ei ole suurta merkitystä.
- Kasvisruokapäivää ja lihaveroa kannattava ehdokas valitaan harvemmin, mikä on linjassa edellä esitettyjen *conjoint*-tulosten kanssa. Vaikka näitä käytännön politiikkatoimia vastustetaan, on kuitenkin ehdokkaalle selvästi eduksi, jos hän pitää yleisesti ottaen ympäristöongelmia suurina. Tämä on sikäli ristiriitaista, että kuitenkin käytännön toimia ei tueta.
- Ehdokkaita, jotka haluavat nostaa tuloveroja, ei kannateta, kun taas sosiaali-etuuksien suhteen *status quo* saa eniten tukea.

Johtopäätökset ja pohdintaa

Kyselystämme ilmenee, että ympäristöpoliittiset näkemykset jakavat kansaa. Vaikka ilmastonmuutosta pidetään laajasti vakavana ongelma ja vaikka ihmisen toiminnan merkitys sen aiheuttajana tunnustetaan, eivät ongelmaa ratkaisevat politiikkatoimet saa vastaavaa laajaa kannatusta, vaan näkemykset ovat polarisoituneita. Myös ihmisten maksuhalukkuus ilmastonmuutoksen ratkaisemiseksi on yllättävän pientä.

Myöskään Hyytisen ym. (2024) *conjoint*-tulosten valossa siirtymä ympäristöystävällisempään ruoan tuotantoon ja kulutukseen ei tule olemaan helppo. Erityisesti lihan syönnin vähentäminen ei luultavasti tapahdu kuluttajien omien valintojen kautta. Toisaalta myöskään lihan syönnin vähentämistä tukevat politiikkatoimet tai poliittiset ehdokkaat eivät keskimäärin saa kansalaisten tukea, mikä vaikeuttaa demokraattisen päätöksentekoprosessin kykyä edistää ekologisempaa ruoan tuotantoa ja kulutusta.

Johtopäätöksemme on, että edessä on jonkinlainen kehämäinen syy ja seuraus-ongelma: siirtyä ympäristöystävällisempään ruoan tuotantoon ja kulutukseen ei tule olemaan nopeaa yksilötasolla eikä sitä ole helppoa edistää poliittisesti. Kyselytutostemme valossa ilmastokriisin ja ympäristöongelmien ratkaisua ei voida kokonaan jättää kuluttajan omien valintojen varaan. Toisaalta näiden ongelmien ratkaiseminen osana demokraattista yhteiskunnallista päätöksentekoa on myös haastavaa, jos ja kun äänestäjät eivät riittävästi tue ympäristöystävällisiä politiikkatoimia ja niitä ajavia poliittisia päättäjiä. Tarkastelumme ei tarjoa suoraan mahdollisia ratkaisuja tähän kuluttajien mieltymyksistä kumpuavaan kaksoisongelmaan. Aiemman kirjallisuuden valossa kansalaisten tukea toimille voidaan saavuttaa politiikkatoimien paketoimisella ja markkinoinnilla, jossa yhtäältä tehdään ymmärrettävämmäksi mihin toimien tehokkuus perustuu, toisaalta huolehditaan tulonjakoon ja kansalaisten talouteen vaikuttavat tekijät samassa paketissa (Bergquist ym., 2022; Colantone ym., 2024; Dechezleprêtre ym., 2023). Voitaisiin myös harkita, millaisia mandaatteja nykyisillä ja mahdollisesti uudennlaisilla kansainvälisillä instituutioilla ja asiantuntijaorganisaatioilla voisi olla. Keskuspankit ovat esimerkki asiantuntijaorganisaatiosta, jolle on annettu tarkkaan rajattu tehtävä (inflaation sääntely) ja vapaat kädet toteuttaa tätä tavoitetta (esimerkiksi korkojen sääntely). Ehkä ilmastokriisiä voisi ratkoa kansainvälinen asiantuntijaorganisaatio, jolle on annettu tarkkaan rajattu mandaatti, mutta paljon valtaa ja vapautta säätää siihen liittyviä toimia.

Kyselystämme voi jatkossa oppia lisää esimerkiksi tarkastelemalla heterogeenisiä vaikutuksia. Voimme esimerkiksi selvittää, onko mahdollista löytää väestöryhmiä, joiden joukossa politiikkatoimet saavat tukea tai erityisen voimakasta vastustusta. Tästä olisi myös hyötyä mahdollisten jatkokehitysten kohdentamisessa. Jatkotutkimuksessa voisi uusien kokeiden avulla tarkastella esimerkiksi sitä, voiko tiedon tai tietoisuuden lisääminen tai markkinointi muuttaa kansalaisten tukea ekologisemmän ruoantuotannon ja -kulutuksen suhteen.

Havainoja

- Ympäristöpoliittiset näkemykset jakavat kansaa. Vaikka ilmastonmuutosta pidetään laajasti vakavana ongelma ja vaikka ihmisen toiminnan merkitys sen aiheuttajana tunnustetaan, eivät ongelmaa ratkaisevat politiikkatoimet saa vastaavaa laajaa kannatusta, vaan näkemykset ovat polarisoituneita.
- Myös ihmisten maksuhalukkuus ilmastonmuutoksen ratkaisemiseksi on yllättävän pientä.
- Siirtymä ympäristöystävällisempään ruoan tuotantoon ja kulutukseen ei tule olemaan helppo. Erittäin lihan syönnin vähentäminen ei luultavasti tapahdu kuluttajien omien valintojen kautta.
- Toisaalta myöskään lihan syönnin vähentämistä tukevat politiikkatoimet tai poliittiset ehdokkaat eivät saa keskimäärin kansalaisten tukea, mikä vaikeuttaa demokraattisen päätöksentekoprosessin kykyä edistää ekologisempaan ruoan tuotantoon ja kulutusta.

Suosituksia

- Edessä on jonkinlainen kehämäinen syy ja seuraus -ongelma: siirtymä ympäristöystävällisempään ruoan tuotantoon ja kulutukseen ei tule olemaan nopeaa yksilötasolla eikä sitä ole helppoa edistää poliittisesti.
- Ilmastokriisin ja ympäristöongelmien ratkaisua ei voida kokonaan jättää kuluttajan omien valintojen varaan.
- Näiden ongelmien ratkaiseminen osana demokraattista yhteiskunnallista päätöksentekoa on myös haastavaa, jos ja kun äänestäjät eivät riittävästi tue ympäristöystävällisiä politiikkatoimia ja niitä ajavia poliittisia päättäjiä.
- Tarkastelumme ei tarjoa suoraan mahdollisia ratkaisuja tähän kuluttajien mieltymyksistä kumpuavaan kaksoisongelmaan. Aikaisemman kirjallisuuden valossa politiikkatoimien paketointi voi auttaa, eli samaan aikaan, kun esimerkiksi ympäristövero säädetään, korjataan sen tulonjakovaihtokutuksia. Myös politiikkatoimien vaikutusten ja logiikan perustelu kansalaisille on luultavasti tärkeää.

Viitteet

- ¹ Tätä lukua tukeva verkkoliite löytyy osoitteesta <https://ForGrowth.fi>. Luku perustuu tutkimukseen Hyytinen, Rönkkö ja Tukiainen (2024).
- ² Ks. myös Hyytinen (2022a, 2022b), ja näissä kirjoituksissa olevat viitteet.
- ³ Kohdan a. tarkat piste-estimaatit ovat -0,157 11 e, -0,448*** 14 e ja 1,688*** vakio. Näissä tilastollista merkitsevyyttä merkitään: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Havainvoja on 1 028 ja mallin selitysaste on 0,011.
Kohdan b. tarkat piste-estimaatit: Hintaa 20 000 € & Lataus 600 km 1,031, Hintaa 40 000 € & Lataus 400 km -696,3, Hintaa 40 000 € & Lataus 600 km -192,7, Hintaa 60 000 € & Lataus 400 km 844,6, Hintaa 60 000 € & Lataus 600 km 1,012, vakiotermin 3,268***. Näissä tilastollista merkitsevyyttä merkitään: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Havainvoja on 1 027 ja mallin selitysaste on 0,008.
Kohdan c. tarkat piste-estimaatit ovat: Matka-aika 1h 5,718***, Matka-aika 2h 14,37***, vakiotermin 12,08***. Näissä tilastollista merkitsevyyttä merkitään: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Havainvoja on 1 021 ja mallin selitysaste on 0,072.
Kohdan d. tarkat piste-estimaatit ovat: Johdantoteksti 1 (T1) -66,08, Johdantoteksti 2 (T2) -179,2*, vakiotermin 455,9***. Näissä tilastollista merkitsevyyttä merkitään: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Havainvoja on 1 028 ja mallin selitysaste on 0,004.
Kohdan e. tarkat piste-estimaatit ovat: Johdantoteksti 1 (T1) -176,8, Johdantoteksti 2 (T2) 57,0, vakiotermin 673,1***. Näissä tilastollista merkitsevyyttä merkitään: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Havainvoja on 1 028 ja mallin selitysaste on 0,001.

Lähteet

- Andre, P., Boneva, T., Chopra, F. & Falk, A. (2024). Globally representative evidence on the actual and perceived support for climate action. *Nature Climate Change*, 14(3), 253–259. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-01925-3>
- Bansak, K., Hainmueller, J., Hopkins, D. J. & Yamamoto, T. (2021). Conjoint Survey Experiments. Teoksessa Druckman, J. N. & Green, D. P. (Eds.), *Advances in Experimental Political Science*, 19–41. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108777919.004>
- Bergquist, M., Nilsson, A., Harring, N. & Jagers, S. C. (2022). Meta-analyses of fifteen determinants of public opinion about climate change taxes and laws. *Nature Climate Change*, 12(3), 235–240. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01297-6>
- Colantone, I., Di Lonardo, L., Margalit, Y. & Percoco, M. (2024). The Political Consequences of Green Policies: Evidence from Italy. *American Political Science Review*, 118(1), 108–126. <https://doi.org/10.1017/S0003055423000308>
- Dasgupta, P. (2021). *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*. HM Treasury. <https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review>
- Dechezleprêtre, A., Fabre, A., Kruse, T., Planterose, B., Sanchez Chico, A. & Stantcheva, S. (2023). Fighting Climate Change: International Attitudes Toward Climate Policies. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series*, No. 30265 (updated version). <https://doi.org/10.3386/w30265>
- Fesenfeld, L. P., Wicki, M., Sun, Y. & Bernauer, T. (2020). Policy packaging can make food system transformation feasible. *Nature Food*, 1(3), 173–182. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0047-4>
- Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R. T., Scarborough, P., Springmann, M. & Jebb, S. A. (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science*, 361(6399), eaam5324. <https://doi.org/doi:10.1126/science.aam5324>
- Hainmueller, J., Hopkins, D. J. & Yamamoto, T. (2014). Causal Inference in Conjoint Analysis: Understanding Multidimensional Choices via Stated Preference Experiments. *Political Analysis*, 22(1), 1–30. <https://doi.org/10.1093/pan/mpt024>
- Horiuchi, Y., Markovich, Z. & Yamamoto, T. (2022). Does Conjoint Analysis Mitigate Social Desirability Bias? *Political Analysis*, 30(4), 535–549. <https://doi.org/10.1017/pan.2021.30>
- Hyytinen, A. (2022a). Näkökulmia talouskasvuun ja maapallon kantokykyyn. *Talous & Yhteiskunta -lehti*, 2022(2), 28–35. <https://labore.fi/t&y/nakokulmia-taloukasvuun-ja-maapallon-kantokykyyn/>
- Hyytinen, A. (2022b). Pääkirjoitus: Näin tämä ei voi jatkua. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 118(1), 3–6. https://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2022/02/31871983_KAK_1_2022_Taloustieteellinen_Yhdistys_WEB-5-8.pdf
- Hyytinen, A., Tukiainen, J. & Rönkkö, R. (2024). Consumers' personal choices and policy support for environment-friendly food. *Unpublished manuscript*.

- IPCC (2023). Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Teoksessa IPCC (Ed.), *Climate Change 2023*, 35–115. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Ivanovich, C. C., Sun, T., Gordon, D. R. & Ocko, I. B. (2023). Future warming from global food consumption. *Nature Climate Change*, 13(3), 297–302. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01605-8>
- Li, Y., Zhong, H., Shan, Y., Hang, Y., Wang, D., Zhou, Y. & Hubacek, K. (2023). Changes in global food consumption increase GHG emissions despite efficiency gains along global supply chains. *Nature Food*, 4(6), 483–495. <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00768-z>
- Moran, D., Wood, R., Hertwich, E., Mattson, K., Rodriguez, J. F. D., Schanes, K. & Barrett, J. (2020). Quantifying the potential for consumer-oriented policy to reduce European and foreign carbon emissions. *Climate Policy*, 20(sup1), 28–38. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1551186>
- Skreli, E., Imami, D., Chan, C., Canavari, M., Zhllima, E. & Pire, E. (2017). Assessing consumer preferences and willingness to pay for organic tomatoes in Albania: a conjoint choice experiment study. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(3), e0114. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017153-9889>
- Suomen ilmastopaneeli (2022). Kuluttajien mahdollisuudet Suomen päästövähennysten vauhdittamiseksi: Taustaraportti ruokaan, asumiseen, liikkumiseen ja muuhun kulutukseen liittyvistä toimista. *Suomen ilmastopaneelin raportteja*, 6/2022. <https://doi.org/10.31885/9789527457160>
- Vlasceanu, M., Doell, K. C., Bak-Coleman, J. B., Todorova, B., Berkebile-Weinberg, M. M., Grayson, S. J., Patel, Y., Goldwert, D., Pei, Y., Chakroff, A., Pronizius, E., van den Broek, K. L., Vlasceanu, D., Constantino, S., Morais, M. J., Schumann, P., Rathje, S., Fang, K., Aglioti, S. M., ... Van Bavel, J. J. (2024). Addressing climate change with behavioral science: A global intervention tournament in 63 countries. *Science Advances*, 10(6), eadj5778. <https://doi.org/doi:10.1126/sciadv.adj5778>
- Willett, W. C. & Skerrett, P. J. (2017). *Eat, Drink, and Be Healthy: The Harvard Medical School Guide to Healthy Eating (updated and expanded)*. Simon and Schuster. <https://www.simonschuster.com/books/Eat-Drink-and-Be-Healthy/Walter-Willett/9781501164774>

Öljyhuipun paluu: Riittääkö energian tarjonta vihreän siirtymän yli?

Tiivistelmä

Tässä luvussa luodaan linkki modernin taloustieteellisen kasvuteorian, suunnatun teknisen kehityksen, uusiutumattomien luonnonvarojen teorian ja nettoenergia-analyysin välille.

Viime vuosikymmeninä energia-analyysi on nostanut esiin huolia siitä, että vaikka fossiilisia polttoaineita on maaperässä runsaasti, voi helpoimmin hyödynnettävissä olevien varantojen ehtyminen kasvattaa energia-alan resurssitarvetta ja johtaa pitkittyneeseen talouden taantumaa. Tämä puolestaan voi tehdä siirtymästä uusiutuviin energialähteisiin haastavamman, sillä fossiilienergian tuotanto alkaa syrjäyttää yhä enemmän muuta globaalin talouden tuotantopotentiaalia.

Osoitan energia-analyysin keinoin, etteivät päästöt suinkaan ole ainoa relevantti fossiilienergiaan liittyvä haittapuoli, vaan myös varantojen asteittainen ehtyminen aiheuttaa hyvinvointitappioita. Siksi optimaalinen energiapolitiikka pyrkii madaltamaan fossiilisten polttoaineiden tuotannon huippua riippumatta siitä, oletetaanko päästöjen vaikuttavan hyvinvointiin. Osoitan kuitenkin sekä teoreettisesti että numeerisilla simulaatioilla, että energia-analyysin esiin nostamat pahimmat taloudelliset uhkakuvat realisoituvat vain melko äärimmäisillä oletuksilla.

Ero energia-analyysin ja taloustieteen johtopäätöksissä johtuu taloustieteen mallien kyvystä mallintaa talouden kannusteiden muutoksia yli ajan. Se, korostuuko energiapolitiikassa fossiilisten polttoaineiden verotus vai puhtaasti energian innovoinnin tukeminen, riippuu vahvasti siitä, kuinka helposti puhtaasti ja likaiset energialähteet ovat keskenään korvattavissa. Optimaalisen energiasiirtymän polun ajoitukseen ja nopeuteen vaikuttaa myös se, kuinka nopeasti fossiilisten polttoaineiden tuotannon voidaan olettaa vaikeutuvan reservien ehtyessä.

Suosittelava lähdeviittaus tähän lukuun:

Aalto, Eljas (2024). *Öljyhuipun paluu: Riittääkö energian tarjonta vihreän siirtymän yli?* Luku 4 (sivut 73–96) kirjassa **Hyytinen**, Ari, **Maliranta**, Mika, **Rouvinen**, Petri ja **Tahvanainen**, Antti-Jussi (toim.) (2024). *Vihreä kasvu*. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta).

<https://ForGrowth.fi>

Eljas Aalto

on taloustieteen
väitöskirjatutkija
Turun yliopistossa.

Johdanto

Vihreä siirtymä on jo ottanut merkittäviä edistysaskelia ympäri maailmaa, mutta fossiiliset polttoaineet ovat edelleen voimakkaan hallitsevassa asemassa energiantuotannossa. Kansainvälisen energijärjestö IEA:n (2022) mukaan vuonna 2021 noin 80 prosenttia maailman primäärienergian tarjonnasta koostui fossiilienergiasta. Vaikka globaalisti vihreiden energialähteiden suhteellinen osuus on kasvanut nopeasti, on myös fossiilienergian absoluuttinen kulutus kasvanut. Siten myös hiilidioksidipäästöt ovat edelleen globaalisti lisääntyneet.

Päästöjen aiheuttamat ympäristöongelmat eivät kuitenkaan ole ainoa tai alkupe-
räinen syy sille, miksi nopeaa siirtymää uusiutuviin energialähteisiin on pyritty edis-
tämään. Fossiilisten energialähteiden rajallinen määrä maankuoressa on saanut men-
neinä vuosikymmeninä monet ennustamaan, että globaali öljyntuotanto saavuttaa
vääjäämättömän huippunsa jo lähitulevaisuudessa kääntyen sen jälkeen kiihtyvään
laskuun, mikä toisi mukanaan monenlaisia talousongelmia. Tätä alun perin Hubber-
tin (1956) kuvailemaa ja myöhemmin Campbellin ja Laherrèren (1998) uudelleen
popularisoimaa tuotannon maksimipistettä ja sitä seuraavaa laskua on usein kutsuttu
öljyhuipuksi (engl. *peak oil*). Koska historiallisesti fossiilisten polttoaineiden kulutus ja

Vaikka vihreän siirtymän analysoinnissa
päähuomio kohdistuu usein päästöihin,
aiheuttaa myös fossiilienergian
varantojen asteittainen ehtyminen
hyvinvointitappioita.

taloudellinen tuotanto ovat kulkeneet
käsi kädessä, ei pelko öljyhuiipun ai-
heuttamasta syvästä taantumasta ole
ollut lainkaan perusteeton.

Öljyhuiipun ajankohdalle annetut
ennusteet ovat kuitenkin kerta toi-
sensa jälkeen osoittautuneet vääriksi,

kun uudet teknologiat ovat mahdollistaneet aiemmin tavoittamattomissa olevien re-
servien, kuten liuskekaasun, hyödyntämisen. Kuten Bardi (2019) on huomauttanut,
on öljyhuippuun liittyvä kiistely hiljalleen laantunut ja unohtunut. Ilmaston ja ympä-
ristön kannalta vaikuttaakin olevan mielekästä todeta, että fossiilisten energialähteiden
ja muiden uusiutumattomien luonnonvarojen niukkuuden sijaan suurempi ongel-
ma on niiden suuri saatavuus (esim. Pretis ym., 2023; Covert ym., 2016; Schwerhoff
& Stuermer, 2015; Aguilera ym., 2012; Helm, 2011). Valtaosa maaperän hiilivedyistä
on edelleen louhimatta.

Toisaalta uusiutumattomien energiavarantojen täydellisen tyhjenemisen sijaan
energia-analyysi on viime vuosikymmeninä kiinnittänyt enemmän huomiota energia-
lähteiden nettomääräiseen tuotantoon. Tähän tarkoitukseen yksi käytetyimpiä indi-
kaattoreita on Hall ym. (1986) popularisoima EROI (*Energy Return On Investment*),
joka kuvaa tuotetun energian määrää suhteessa sen tuottamiseen itseensä käytettyyn
energiaan. Indikaattori on mahdollista laskea eri energialähteille erikseen, ja se an-
taa näin intuitiivisen tavan eri energiantuotantotapojen tehokkuuden keskinäiselle
vertailulle.

Esimerkiksi tuuliturbiinin pystyttäminen ja ylläpito vaatii suuria määriä käyttöenergiaa aina raaka-ainetuotannosta turbiinin lopulliseen käyttöön asti, eikä turbiinin tuottama sähkövirta välittömästi kompensoi itseensä liittyvää energiankulutusta. Onkin luontevaa, ettei energialähteitä vertailla vain niiden absoluuttisen tuotantopotentiaalin suhteen, vaan niiden tuottaman *nettoenergian* määrän suhteen, joka on muun talouden ja yhteiskunnan käyttöön hyödynnettävissä olevaa energiaylijäämää. Toisaalta indikaattori voidaan kuvata koko yhteiskunnan tasolla, ja se antaa näin tietoa energian saatavuudesta kokonaistaloudellisten systeemien läpi.

Vaikka fossiiliset energiavarannot eivät ole tyhjenemässä, on muodostunut vahva konsensus siitä, että fossiilienergian EROI on laskenut pitkällä aikavälillä huomattavasti (Delannoy ym., 2021a, 2021b; Brockway ym., 2019; Hall ym., 2014). Fossiilienergian tuotanto siis karnibalisoi yhä suuremman osan käyttöenergiasta itsestään, mikä on yksinkertaistettuna seurausta helpoiten saatavissa ja hyödynnettävissä olevien reservien tyhjenemisestä. Uusien esiintymien etsimiseen ja poraamiseen joudutaan käyttämään aiempaa enemmän resursseja, ja vaikka uudet innovaatiot ovat mahdollistaneet epätavanomaisten energiavarojen hyödyntämisen, ei teknologinen kehitys ole täysin kompensoinut geologisten lainalaisuuksien aiheuttamaa EROI:n laskua.

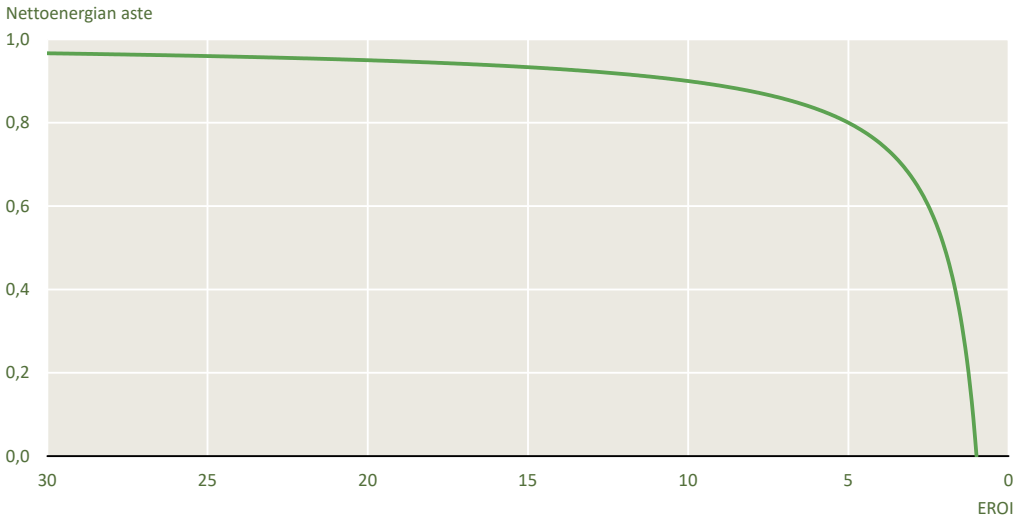
Sama pätee moniin muihinkin uusiutumattomiin luonnonvaroihin, joiden määrä itsessään maankuoressa saattaa olla suuri, mutta joita on jäljellä vain jatkuvasti alemman malmiluokan esiintymissä (Schwerhoff & Stuermer, 2015). Delannoy ym. (2021a) ovat laskeneet, että vuonna 2050 fossiilienergian tuotantoprosessi tulee globaalisti kuluttamaan käyttöenergiaa määrän, joka vastaa noin puolta tuotetusta fossiilienergian kokonaismäärästä. Siten fossiilienergian tuotannon *nettomääräinen* huippu, joka taloudellisen kokonaishyvinvoinnin kannalta lienee tärkeämpi kuin *absoluuttinen* huippu, voi tapahtua klassista öljyhuippua aiemmin, vaikka reservit itsessään eivät olisi loppumassa pitkiin aikoihin.

Biofysikaalisesti ajatellen fossiilienergian tuotanto ei muutu kokonaistaloudellisesti hyödyttömäksi vasta, kun varannot loppuvat tai kun tuotanto ei ole enää taloudellisesti kannattavaa. Sen sijaan koska energia on muun tuotannon välituote, sen tuotanto muuttuu biofysikaalisesti hyödyttömäksi silloin, kun fossiilisen energiantuotannon toimiala ei enää kykene tuottamaan positiivista määrää nettoenergiaa. Tällöin puhutaan *energianielusta* (engl. *energy sink*). Koska *nettoenergian aste*, eli nettoenergian suhteellinen määrä energian absoluuttisesta tuotannosta, riippuu epälineaarisesti EROI:sta, tarkoittaa EROI:n lasku nettoenergian määrän kiihtyvää laskua. Tällöin energiasektorin omat tarpeet alkavat hyvin nopeasti syrjäyttää muuta taloudellista toimintaa, ellei bruttoenergiantuotanto kasva hyvin voimakkaasti. Tähän ilmiöön viitataan joskus termillä *nettoenergiayrjänne* (engl. *net energy cliff*), ja se on esitetty kuviossa 4.1. Tämä ilmiö

EROI, energialähteen netto-tuotto, on fossiilisissa laskenut huomattavasti.

EROI:n kasvaessa energia-sektorin oma käyttö syrjäyttää loppukäyttöä.

Kuvio 4.1

Nettoenergiajyrkänne

Lähde: Kirjoittajan hahmotelma.

on aiheuttanut energia-alalla pelkoja jopa jonkinlaisesta syvästä taloudellisesta romahduksesta fossiilisen nettoenergian tarjonnan heikentyessä.

Vihreä siirtymä ja yhteiskunnan sähköistyminen edellyttävät suuria investointeja ja suurta määrää uutta energiaintensiivistä taloudellista tuotantoa. Fossiiliset polttoaineet ovat siis eräässä mielessä myös vihreän siirtymän mahdollistajia tuottaessaan puhtaan energian infrastruktuurin valmistamiseen ja ylläpitoon liittyvää käyttöenergiaa. EROI:n laskulla voi siten olla merkittäviä vaikutuksia sekä hyvinvoinnin että energiasiirtymän toteuttamisen kannalta. Taloustieteessä nettoenergia-analyysin käsitteitä, kuten EROI:ta, ei ole kuitenkaan tavattu suoraan hyödyntää tutkittaessa fossiilienergian ehtymistä ja vihreää siirtymää. Tässä luvussa osoitan energia-analyysin konsepteja hyödyntäen, etteivät päästöt suinkaan ole ainoa relevantti fossiilienergiään liittyvä haittapuoli, vaan myös varantojen asteittainen ehtyminen aiheuttaa hyvinvointitappioita energian tarjonnan kautta.

Koska energiasiirtymää tarkasteltaessa päähuomio kohdistuu usein päästöihin, on tämän luvun tavoitteena pohtia nimenomaan fossiilienergian varantojen asteittaisen ehtymisen vaikutuksia. Tämän takia päästöjen ja ympäristövaikutusten rooli tietoisesti pääosin sivuutetaan, mutta sanomattakin on selvää, ettei se tarkoita näiden vaikutusten merkityksen väheksymistä. Tarkastelun painopiste on teoreettisessa, hyvin pitkää aikaväliä kuvaavassa makrotaloudellisessa analyysissä.

Mitä fossiilienergian ehtymisestä tiedetään nettoenergia-analyysin ja kasvuteorian valossa?

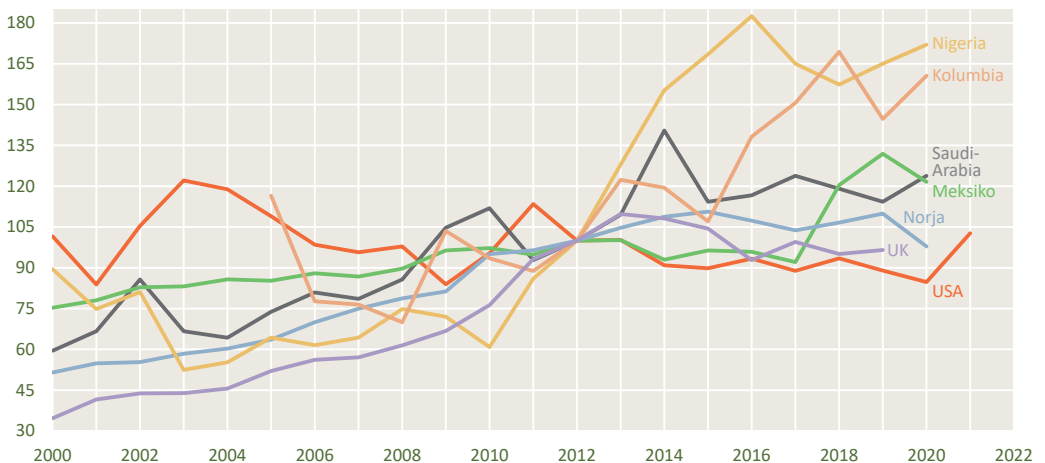
Taloustieteelle tutumpaa käsitteistöä hyödyntäen fossiilienergian EROI:n lasku voidaan kuvata toimialakohtaisella energiaintensiteetillä, joka saadaan suhteuttamalla toimialan energiankulutus sen bruttoarvonlisäykseen. Kuvioissa 4.2 ja 4.3 energiaintensiteetti on kuvattu indeksinä eräiden öljytuottajamaiden kaivostoiminnan ja louhinnan sekä öljyn ja kaasun tuotannon toimialoilta. Vaikka kaivostoiminta ja louhinta ei toimialana käsitä pelkästään fossiilista energiantuotantoa, antavat molemmat kuvaajat viitteitä laskevasta EROI:sta, sillä Yhdysvaltoja lukuun ottamatta voidaan havaita pitkäkestoinen energiaintensiteetin nousutrendi. Tämä on suurilta osin seurausta yllä mainitusta jäljellä olevien reservien käytettävyyden heikkenemisestä. Tärkeää on huomata, että samalla aikavälillä muun talouden energiaintensiteetti on lähes yksinomaan pienentynyt.

EROI:ta läheisesti muistuttava taloudellinen mittari on myös energiameinojen suhde kansantuotteeseen. Mitä matalampi tämä suhde on, sitä runsaammin ja helpommin energiaa voidaan sanoa olevan saatavilla. Esimerkiksi André ja Smulders (2014) tulkitsevat energian bkt-osuuden viittaavan talouden öljyriippuvuuden asteeseen.

Vaikka fossiilienergian EROI:n lasku luontaisesti kannustaa markkinoita siirtymään uusiutuviin energialähteisiin kustannusten noustessa, on ilmiön arvioitu aiheuttavan kolme keskeistä ongelmaa. Ensinnäkin on usein arvioitu, että uusiutuvien energia-

Kuvio 4.2

Kaivostoiminnan ja louhinnan energiaintensiteetti 2000–2021



Lähde: IEA (2023).

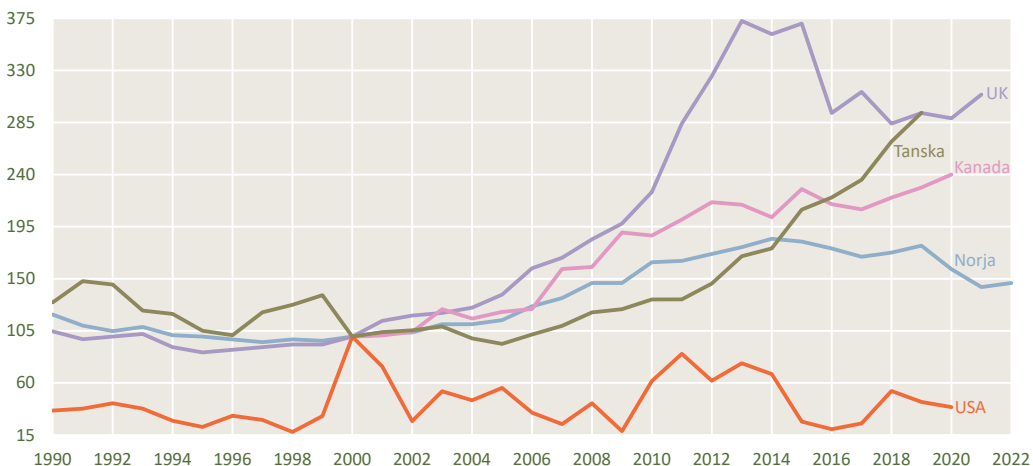
lähteiden EROI on fossiilienergiaa matalampi, ja näin ollen vihreä siirtymä edellyttää siirtymistä korkeamman EROI:n systeemistä matalamman EROI:n systeemiin aiheuttaen pitkäkestoisen taloudellisen laskukauden (Dumas ym., 2022; Capellán-Pérez ym., 2019; King & van den Bergh, 2018; Sers & Victor, 2018; Murphy, 2014; Hall ym., 2014). Esimerkiksi säättövoimaa tarjoavien biopolttoaineiden EROI:n on arvioitu olevan hyvin matala, jopa lähellä yhtä (esim. Prananta & Kubiszewski, 2021; Hall ym. 2014). Joidenkin näkemysten mukaan EROI:n arvolle on myös olemassa määrätty alaraja, jonka yläpuolella talouskasvu vasta on mahdollista (Fizaine & Court, 2016; Lambert ym., 2014; Hall ym., 2014).

Toisaalta myös toisenlaisia näkemyksiä on ilmaantunut, sillä uusiutuvien energialähteiden teknologisen kehityksen myötä niiden EROI on noussut huomattavasti, eikä tässä mielessä puhdas energia välttämättä olekaan enää kovin jälkeenjäänyttä fossiilienergiaan nähden (Murphy ym., 2022; Pahud & De Temmerman, 2022; Diesendorf & Wiedmann, 2020; Brockway ym., 2019; Raugei, 2019; Palmer, 2019). Vaikutelma fossiilienergian ylivertauisuudesta voi olla harhakuva myös siksi, että sen tuotantoa yhä tuetaan globaalisti enemmän kuin uusiutuvaa energiaa (Taylor, 2020). On toki myös huomattava, että vaikka EROI ja nettoenergia ovat käsitteellisesti yksinkertaisia ymmärtää, liittyy niiden mittaamiseen luonnollisesti edelleen huomattavia kiistanalaisuuksia ja määrittelyongelmia (esim. Pahud & De Temmerman, 2022; Giampietro ym., 2012).

Toinen nettoenergia-analyysin esiin nostama ongelma liittyy vihreän siirtymän omaan energiaintensiivisyyteen. Esimerkiksi vedyn tuottaminen suuressa mittakaa-

Kuvio 4.3

Öljyn ja kaasun tuotannon energiaintensiteetti 1990–2022



Lähde: kansalliset tilastoviranomaiset ja kirjoittajan laskelmat.

vassa sekä siihen liittyvät investoinnit edellyttävät valtavia resursseja ja materiaalivirtoja (esim. Guevara-Ramírez ym., 2023; Mio ym., 2023; IEA, 2021). Siten siirtymän itsensä toteuttamiseen tarvitaan globaalisti riittävä määrä käyttöenergiaa, joka tois- taiseksi on vielä enimmäkseen fossiilisten polttoaineiden tuotannon varassa, vaikka esimerkiksi vety itsessään voidaankin tuottaa vihreällä sähköllä veden elektrolyysissä. Jos fossiilienergian EROI laskee, voi vihreän siirtymän taloudellisesti mielekkäällä toteuttamisella olla kiire riittävän käyttöenergian tarjonnan kannalta (esim. Dellanoy ym., 2021a).

Kolmanneksi, koska vihreän siirtymän energiaintensiivisyys aiheuttaa voimakkaan bruttoenergiatuotannon kasvupaineen erityisesti puhtaiden energialähteiden EROI:n ollessa matala, voi tämä siirtymän yhteydessä tarkoittaa ympäristön kannalta liiallisen päästöjen nousupainetta lyhyellä aikavälillä ja suurta kumulatiivista päästömäärää (Slameršak ym., 2022; Di Felice ym., 2018; Pehl ym., 2017). Tämä energiankulutuksen ei-toivottu kasvu muistuttaa läheisesti kuuluisaa Jevonsin paradoksia, jossa energiankäytön tehokkuuden kasvu voi tietyissä tapauksissa lopulta kasvattaakin energian kysyntää, ja energiatehokkuuden parannukset näin voivat muuttua hyödyttömiksi (esim. Casey, 2023; Gillingham ym., 2016; Alcott, 2005).

Näiden uhkien tutkimisessa taloustieteen keinoin on käännyttävä modernin kasvuteorian puoleen. Kasvuteorian ja energian kontekstissa niin kutsutut suunnatun teknisen kehityksen mallit (Acemoglu, 2002; 1998) tarjoavat parhaan viitekehyksen energiasiirtymän analysointiin. Suunnatun teknisen kehityksen malleissa teknologinen kehitys ei vaikuta eri tuotantopanoksiin samalla tavalla, vaan se on suuntautunut johonkin niistä voimakkaammin kuin toisiin. Ympäristöä käsittelevissä malleissa (esim. Acemoglu ym., 2012) yleensä noudatetaan Aghion ym. (2014) hyvin kuvailemaa oletusta, jonka mukaan historialliset polkuriippuvuudet suosivat likaisia tuotantopanoksia suhteessa puhtaisiin. Näin teorian mukaan vihreän kasvun puute ei johdu itse asiassa siitä, että kasvu ja fossiilisten luonnonvarojen kulutus ovat aina linkittyneitä, vaan pikemminkin kyse on riippuvuudesta vääränlaisiin, saastuttaviin ja muilla tavoin kestäättömiin teknologioihin.

Useimmat suunnatun teknisen kehityksen mallit tuottavat huomattavasti optimistisempia näkemyksiä energiasiirtymän mahdollisuuksista verrattuna aiemmin mainittuun nettoenergia-analyysin kirjallisuuteen. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että fossiilivarantojen ehtyessä muodostuu markkinoilla luonnollinen kannustin suunnata innovointi kohti uusiutuvia energialähteitä. Casey (2023), Hassler ym. (2021) sekä André ja Smulders (2014) ovat myös osoittaneet energiatehokkuuteen liittyvän innovoinnin reagoivan energian hintasokkeihin: fossiilienergian kallistuessa (EROI:n laskiessa) taloudessa on kannusteita kehittää energiaa säästäviä teknologioita. Lemoine (2021) puolestaan argumentoi, että energia-alan polkuriippuvuus voi purkautua tietyn oletuksen itsestään myös ilman varantojen ehtymistä tai ympäristöpolitiikkaa. Toisaalta siirtymä ei todennäköisesti itsestään tapahdu ympäristön kannalta riittävän aikaisin (esim. Acemoglu ym. 2012).

EROI:n sijaan uusiutumattomien luonnonvarojen havaittuja hintoja ja tuotantomääriä on aihepiirin malleissa selitetty pääosin kahdella erilaisella teorialla. Ensimmäkin taloustieteen sisällä on laaja kirjallisuudenala liittyen niukkojen luonnonvarojen optimaalisiin loughintamääriin yli ajan (esim. Hotelling, 1931; Dasgupta & Heal, 1974). Tätä teoriaa hyödyntävät suunnatun teknologisen kehityksen mallissa esimerkiksi Hassler ym. (2021) ja André ja Smulders (2014). Toinen usein hyödynnetty teoria on oletus uusiutumattomien luonnonresurssien loughinnan kasvavista tuotantokustannuksista (esim. Pindyck, 1978; Slade, 1982). Näissä malleissa esimerkiksi öljynporaus muuttuu kalliimmaksi varantojen tyhjentyessä, ja tämänkaltaista oletusta on käyttänyt esimerkiksi Casey (2023) tutkimuksessaan.

Yllä mainituista vain jälkimmäinen teoria on sopusoinnussa havaittujen hintojen ja määrien kanssa, sillä monien uusiutumattomien luonnonvarojen tuotanto on kasvanut ja hinnat pysyneet melko stabiileina – toisin kuin optimaalisen loughinnan teoria ennustaa (Pretis ym., 2023; Casey, 2023; Schwerhoff & Stuermer, 2015). Toisaalta havaittu hintojen stabiilius yhdistettynä laskevaan EROI:n arvoon voidaan selittää sillä, että varantojen ehtyminen ei ole vaikuttanut fossiilienergian tuotantopanoksiin samalla tavalla, vaan on kasvattanut energian suhteellista tarvetta. Näin muiden panosten tuottavuuden kasvu selittäisi, miksi on tapahtunut kuvioissa 4.2 ja 4.3 havaittua energiaintensiivisyyden kasvua samalla, kun fossiilienergian hinta on pysynyt kohtuullisen vakiona ja tuotanto kasvanut.

Nettoenergian huomioiminen talouden kasvuteoriassa

Mistä voi johtua, ettei moderni talousteoria energia-analyysin tavoin ole huolestunut heikkenevästä energian tarjonnasta? Tavanomaiset makrotaloudelliset suunnatun teknisen kehityksen mallit eivät sellaisenaan sovi nettoenergia-analyysin konseptien analysointiin, eikä siten talousteorian ja energia-analyysin välisiä erilaisia johtopäätöksiä ole helppo vertailla. Olen tuonut nettoenergia-analyysin konseptit eksplisiittisesti mukaan vakiintuneeseen makrotaloudelliseen malliin, jossa teknologinen kehitys tapahtuu suunnatusti eri energialähteiden välillä (Aalto, 2023). Näin voidaan tutkia aiemmin mainittuja nettoenergia-analyysiin kytkeytyviä kysymyksiä talousteoreettisesti: Millaisia kasvu- ja hyvinvointivaikutuksia fossiilienergian laskevalla EROI:lla on? Voiko vihreä siirtymä aiheuttaa päästöjen kasvua laskevan EROI:n takia? Miten energiapolitiikan rakenne kytkeytyy nettoenergia-analyysin käsitteisiin?

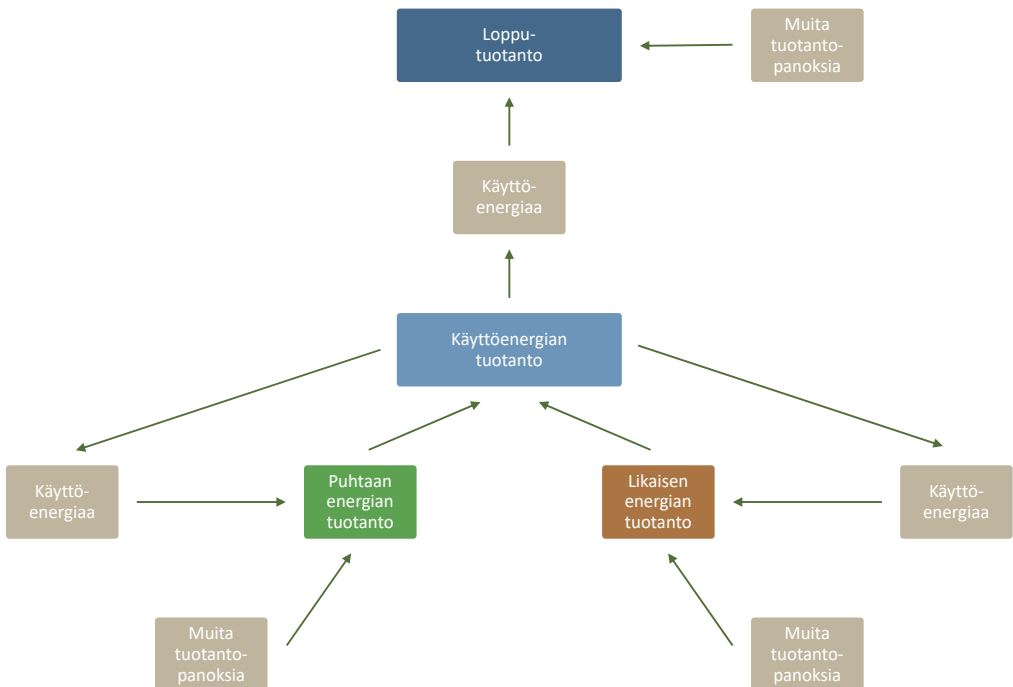
EROI:n laskun hyvinvointivaikutukset

Mallissa lopputuotanto syntyy käyttöenergiasta (esimerkiksi sähkö ja polttoaineet) ja muista tuotantopanoksista. Käyttöenergia syntyy yhdistelemällä kahta energialähdettä: puhdasta (uusiutuvat energialähteet) ja likaista (fossiiliset polttoaineet). Nämä kaksi energialähdettä tuotetaan lopputuotannon tavoin käyttöenergian ja muiden pa-

noston avulla. Tämä mahdollistaa kokonaistaloudellisen EROI:n laskemisen jakamalla käyttöenergian bruttotuotanto kahden energiasektorin yhteenlasketulla energiankulutuksella. Käyttöenergia ja ei-energia ovat mallissa toistensa *komplementteja* eli toisiaan täydentäviä tuotantopanoksia, eikä toista voida koskaan täysin korvata toisella. Energialähteet ovat kuitenkin keskenään toistensa *substituutteja*, eli niitä voidaan (ainakin osittain) korvata keskenään. Mallin pääpiirteittäinen rakenne on esitelty kuviossa 4.4.

Kuten muussa suunnatun teknologisen kehityksen kirjallisuudessa, toimialakohtainen teknologian taso määräytyy endogeenisesti, eli mallissa itsessään: taloudessa on tutkijoita, jotka päättävät odotettujen voittojensa perusteella, yrittävätkö innovoida puhtaan vai likaisen energian alalla. Onnistunut innovaatio antaa yhteen alan teknologiaan tietynmittaisen yksinoikeuden (patentin) ja näin mahdollisuuden tuottoihin. Odotettujen voittojen taso ja siten tutkijoiden allokaatio sektoreiden välillä riippuu useista erilaisista tekijöistä, kuten markkinoiden suhteellisesta koosta ja hinnoista. Näillä tekijöillä on helppo näyttää, miksi kannusteet energiasektoreiden välillä ovat olleet omiaan muodostamaan innovoinnin polkuriippuvuuksia, joiden seurauksena riippuvuus fossiilienergiaan on kehittynyt suureksi.

Kuvio 4.4
Mallin pääpiirteinen rakenne



Lähde: Kirjoittajan hahmotelma.

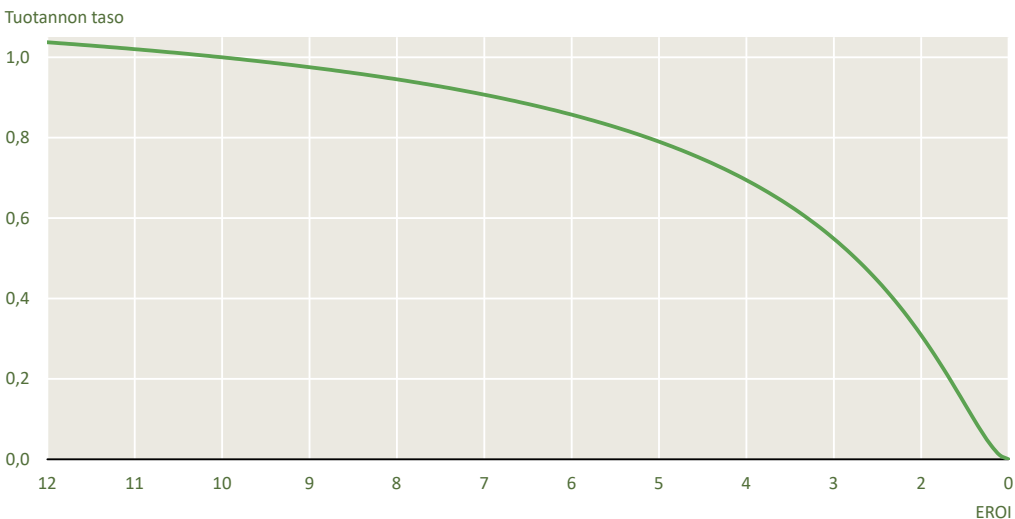
Fossiilienergian alalla tuottavuuteen vaikuttaa kuitenkin innovoinnin lisäksi myös toinen tekijä: likaista energiaa voidaan yli ajan tuottaa vain rajallinen määrä, ja reservien tyhjentäessä sen tuottaminen muuttuu vaikeammaksi. Toisin sanoen likaisen energian alalla tuottavuus jatkuvasti heikkenee. Alan innovointi ei pysty täysin kompensoimaan tätä kehitystä, ja siksi koko talouden tasolla EROI voi laskea innovoinnista huolimatta. Mitä kehittyneempää energiasektorin teknologia on ja mitä enemmän fossiilienergiaa on vielä saatavilla, sitä korkeampi on myös kokonaistaloudellinen EROI.

Kun energiasektorin oletetaan muiden sektoreiden tavoin käyttävän energiaa tuotantopanoksena, määrätty lopputuotannon taso teknologian ja tuottavuuden lisäksi myös talouden EROI:n perusteella. EROI:n laskulla on siten mallissa energia-analyysin esille tuomia jyrkkeneviä negatiivisia hyvinvointivaikutuksia, mikä johtuu energiasektorin suhteellisesta koosta ja syrjäytysvaikutuksesta: kun EROI on korkea, ei energiasektorin resurssien suuri kasvu syrjäytä suurta suhteellista määrää muun talouden resursseja. Sen sijaan, kun EROI on matala ja energiantuotannon käytössä on suuri määrä talouden resursseista, EROI:n suhteellinen lasku tarkoittaa hyvin suurta suhteellista syrjäytysvaikutusta muun talouden toiminnan suhteen. Mitä pienemmäksi EROI siis laskee, sitä suurempia ovat sen laskusta koituvat hyvinvointitappiot.

EROI:n tason vaikutus lopputuotantoon (eli kulutukseen) on esitetty kuviossa 4.5. Tuotannon tason vertailukohtana on tilanne, jossa kokonaistaloudellinen EROI on 10. Jos oletetaan EROI:n arvoksi aluksi 11, voidaan approksimoida yhden prosentin laskun EROI:ssa tarkoittavan noin 0,2 prosentin laskua kulutuksessa. Jos taas EROI

Kuvio 4.5

Tuotannon taso eri EROI:n arvoilla suhteutettuna tilanteeseen, jossa EROI=10



Lähde: Kirjoittajan hahmotelma.

on 5, tarkoittaa prosentin lasku jo noin 0,5 prosentin tappiota kulutuksessa. Mitä pienemmäksi EROI muuttuu, sitä suurempia ovat sen laskusta koituvat hyvinvointitappiot, vaikka muun talouden tuottavuuskehitys voikin kompensoida vaikutusta. Näin energia-analyysin johtopäätökset ja talousteoria ovat sopusoinnussa.

Koko talouden tasolla laskevan EROI:n tulisi tarkoittaa sitä, että käyttöenergia muuttuu kalliimmaksi ja siihen käytetyt menot suhteessa lopputuotantoon kasvavat. Näin ei kuitenkaan näytä tapahtuneen, sillä esimerkiksi OECD-maissa energiamenojen suhde bruttokansantuotteeseen on pysynyt melko vakaana, ja Andrén ja Smuldersin (2014) mukaan energian bkt-osuus on itse asiassa laskenut. Öljyvarantojen hupeneminen ei siis ainakaan vielä ole merkittävästi vaikuttanut energiamenojen bkt-osuuteen, eikä näin ollen voimakkaasta kokonaistaloudellisesta EROI:n laskusta välttämättä ole viitteitä.

Vihreän siirtymän aiheuttama *rebound*-ilmiö ja EROI

Voiko puhtaiden energialähteiden kehittyminen kasvattaa päästöjä, jos sen seurauksena bruttoenergiantuotanto kasvaa? Toisaalta voiko puhtaiden, matalamman EROI:n omaavien energialähteiden tukeminen kasvattaa myös fossiilienergian kysyntää puhtaaseen energiaan liittyvän resurssitarpeen seurauksena? Tähän niin kutsuttuun *rebound*-ilmiöön liittyviä kysymyksiä voidaan tutkia tarkastelemalla mallissa päästöjen joustoja puhtaan energian teknologian ja puhtaan energian hinta- tai tuotantotukien suhteen. Joustot kuvaavat taloustieteessä sitä, miten paljon jokin muuttuja suhteellisesti reagoi toisen muuttujan suhteelliseen muutokseen nähden.

Puhtaan energian teknologian kehitys aiheuttaa kaksi erilaista vaikutusta. Ensin kehitys laskee puhtaan energian suhteellista hintaa fossiilienergiaan nähden, mikä saa aikaan sen, että fossiilienergiata korvataan puhtaalla energialla ja jälkimmäisen suhteellinen kysyntä kasvaa (substituutiovaikutus). Mitä helpommin eri energialähteet ovat korvattavissa toisillaan, sitä voimakkaampaa substituutio ja fossiilienergian kysynnän pieneneminen on. Toiseksi teknologinen kehitys aiheuttaa skaalavaikutuksen, joka kasvattaa käyttöenergian bruttokysyntää. Tämä on seurausta käyttöenergian suhteellisen hinnan laskusta, mikä saa koko talouden käyttämään enemmän käyttöenergiaa suhteessa muihin tuotantopanoksiin (mikäli vain energia ja muut panokset ovat vähääkään korvattavissa toisillaan jollakin aikavälillä). Skaalavaikutuksen suuruus riippuu myös nettoenergian asteesta taloudessa: jos nettoenergian aste on matala, vaatii nettoenergian kasvaneen kysynnän tyydyttäminen suurempaa bruttoenergiantuotannon kasvua, koska suurempi osa käyttöenergiasta kuluu energialähteiden omassa tuotannossa. Tällä koko energiantuotannon skaalan kasvulla on positiivinen vaikutus myös fossiilienergian kysyntään. Lopullinen vaikutus fossiilienergian kysyntään ja päästöihin riippuu siitä, kumpi vaikutus on voimakkaampi.

Puhtaan energian suhteellisella hintatuella on täsmälleen samat kaksi vaikutusta kuin puhtaan teknologian kehityksellä. Toisaalta se saa aikaan substituutiota likaisesta

energiasta puhtaaseen energiaan, mutta toisaalta hintatuen aiheuttama käyttöenergian hinnan lasku kasvattaa myös koko energiantuotannon skaalaa vaikuttaen positiivisesti likaisen energian kysyntään. Jos nettoenergian aste on matala, voimistuu skaalavaikutus entisestään. On siis teoriassa mahdollista, että päästöjen kitkemiseksi tarkoitettu puhtaan energian hintatuki tai puhtaaseen energiaan liittyvä innovointi voimistaa myös fossiilienergian kysyntää.

Fossiilienergian kysynnän joustoja tarkastelemalla käy ilmi, että skaalavaikutus on substituutiovaikutusta voimakkaampi, jos eri energialähteet ovat heikosti toisiaan korvaavia, käyttöenergia ja muut panokset eivät ole toisiaan voimakkaasti täydentäviä ja samalla nettoenergian aste taloudessa on hyvin matala. Vaikka eri panosten makrotaloudellisen korvattavuuden ja täydentävyyden estimoimiseen liittyy suuria hankaluuksia, tukevat sekä intuitio että empiiriset tutkimukset johtopäätöstä siitä, että energialähteet ovat keskenään huomattavasti voimakkaammin korvaavia kuin energia ja muut panokset (ks. esim. Papageorgiou ym., 2017; Casey, 2023). Näitä tuloksia tulkiten rebound-ilmiötä alkaa esiintyä vasta, jos nettoenergian suhteellinen osuus energian tarjonnasta putoaa äärimmäisen matalaksi.

Optimaalinen energiapolitiikka nettoenergian perspektiivistä

Suunnatun teknisen kehityksen teoreettisissa malleissa optimaalinen siirtymä energialähteiden välillä saavutetaan yleensä kahden keskeisen politiikkainstrumentin avulla: fossiilienergian verotuksen ja puhtaan energian innovaatiotuen avulla. Nämä instrumentit kompensoivat kahta keskeistä ilmiötä: fossiilienergian päästöistä aiheutuvia negatiivisia hyvinvointivaikutuksia sekä puhtaan energian innovoinnin yli ajan tuottamia positiivisia hyvinvointivaikutuksia. Hyödyt ja haitat näistä kahdesta ilmiöstä eivät kohdistu kokonaisuudessaan yksittäiselle talouden toimijalle, joten ne ovat taloustieteen klassisia markkinaepäonnistumisia ja ulkoisvaikutuksia, joiden takia markkinatasapaino ei ole sosiaalisesti optimaalinen: fossiilienergiaa tuotetaan liian paljon, ja puhtaiden energialähteiden innovointia on liian vähän.

Perinteisesti taloustieteen tutkimukset ovat voimakkaammin korostaneet fossiilienergian verotuksen roolia energiasiirtymän kannalta (Lemoine, 2021; Hart, 2019; Fischer & Newell, 2008; Popp, 2006), mutta toisaalta joskus myös innovaatiotuen on tulkittu olevan merkittävämpi työkalu siirtymän aikaansaamiseksi (Greaker ym., 2018; Acemoglu ym., 2016; 2012). Esimerkiksi Acemoglu ym. (2012) mallissa liiallisia veroja tulee välttää, koska niillä voi olla liiallisen voimakas vaikutus nykyhetken kuluksen tasoon. Fried (2018) puolestaan toteaa, että mallit, joissa teknologinen kehitys ei määräydy markkinoiden kannusteiden perusteella vaan eksogeenisesti, yleensä yliarvioivat vaadittujen hiiliverojen tason.

Tässä luvussa esitellyssä mallissa esiintyy muun aihepiirin kirjallisuuden tavoin useita ulkoisvaikutuksia, joihin puuttuminen edellyttää kahta instrumenttia: likaisen energian veroa sekä puhtaan energian innovaatiotukea. Suora puhtaan energian tuo-

tanto- tai hintatuki ei mallissa ole osa optimaalista energiapolitiikkaa, sillä se ei puutu suoraan yhteenkään mallin ulkoisvaikutukseen. On selvää, että todellisen energia- ja ympäristöpolitiikan työkalupakin tulisi sisältää monia muitakin instrumentteja sekä huomattavasti nyansoidumpia sektori- ja toimialakohtaisia analyyseja. Tämä luku keskittyy kuitenkin makrotaloudelliseen ”suureen kuvaan”.

Koska tämän luvun mielenkiinto on fossiilienergian varantojen tyhjenemisessä eikä ympäristövaikutuksissa, voidaan olettaa kuluttajan hyvinvoinnin tässä yhteydessä riippuvan ainoastaan kulutuksesta. Tällöin optimaalisen veron asettamisessa on keskeistä aivan toisenlaiseen likaisen energian kulutuksen aiheuttamaan ulkoisvaikutukseen puuttuminen kuin päästöihin. Tämä ulkoisvaikutus aiheutuu fossiilienergian tuotannon tehokkuuden laskusta, sillä tuottajat eivät mallissa huomioi kunkin periodin tuotannon negatiivista tuottavuusvaikutusta kaikkiin tuleviin periodeihin. Toisin sanoen, kunkin periodin likaisen energian tuotannolla on EROI:ta laskeva vaikutus tulevaisuudessa, mitä tuottaja ei huomioi maksimoidessaan kunkin periodin voittoa. Tällöin fossiilienergian verosta voidaan puhua itse asiassa ”ehtymisverona”. Ehtymisvero on mallissa luonnollisesti sitä suurempi, mitä voimakkaampi vaikutus varantojen tyhjenemisellä on likaisen energian tuottavuuteen.

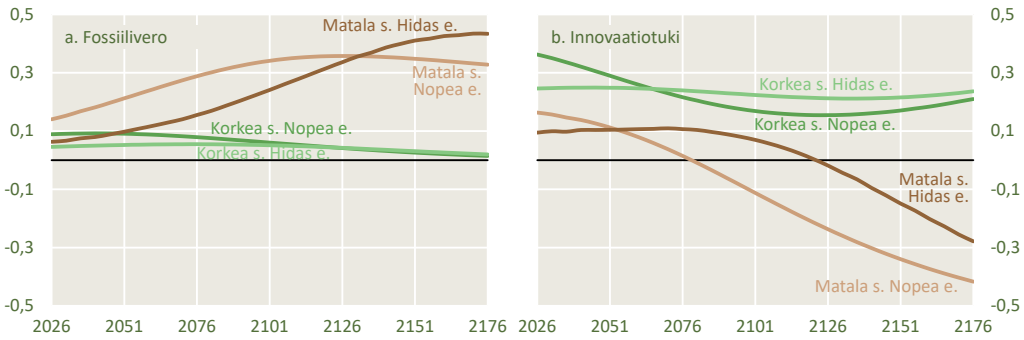
Seuraavaksi mallin sosiaalisesti optimaalista talouspolitiikkaa, joka maksimoi talouden kulutuksesta riippuvan hyvinvoinnin yli ajan, tarkastellaan mallin numeerisen kalibroinnin avulla. Fossiilisten varantojen ehtymisen oletetaan vaikuttavan likaisen sektorin käyttöenergian kysyntään: ehtyminen johtaa energiapanosten kasvuun suhteessa muihin tuotantopanoksiin, eli varantojen louhimiseen vaaditaan aiempaa enemmän energiaa suhteessa esimerkiksi työvoimaan ja pääomaan.

Kalibroinnissa mielenkiinnon kohteena on erityisesti kahden erilaisen parametrin vaikutus: puhtaan ja likaisen energian välinen korvaavuuden aste sekä fossiilienergian ehtymisen aste. Näistä jälkimmäisen perusteella määräytyy, miten nopeasti varantojen ehtyminen kasvattaa fossiilienergian tuotannon energiatarvetta. Kummallekin parametrille on annettu ”korkea” ja ”matala” arvo, ja näin kalibrointi on suoritettu yhteensä neljällä erilaisella oletuksella.

Perustuen Dumasin ym. (2022), Fizainen ja Courtin (2016), Dupontin ym. (2021) sekä Capellán-Pérezin ym. (2019) laskelmiin EROI:n arvoa 10 käytetään lähtötason valistuneena arvauksena. Koska mallissa käyttöenergiamenojen suhteen kokonaistuotantoon pitäisi vastata EROI:n käänteislukua, vastaa oletus hyvin myös havaittuja arvoja OECD-maissa viime vuosina (OECD, 2022). Loput kalibroinnin metodologiasta, parametrioletuksista ja muuttujien lähtöarvoista löytyvät viitatusta tutkimuksesta (Aalto, 2023).

Kuviossa 4.6 on esitetty energiapolitiikan instrumenttien optimaalinen taso, kun taas kuviossa 4.7 esitetään talouden keskeisten muuttujien kehitys suhteessa markkinatasapainoon erilaisilla parametrioletuksilla. Vaikka päästöjen aiheuttamia hyvinvointivaikutuksia ei ole mallissa huomioitu lainkaan, on optimaalisen energiapolitiikan rakenne huomattavan samanlaista suhteessa aiempiin tutkimuksiin. Kaikissa ta-

Kuvio 4.6

Energiapolitiikan instrumenttien optimaalinen taso

Lähde: Kirjoittajan laskelmat. Substituutio (s.) viittaa energialähteiden väliseen korvaavuuteen ja ehtyminen (e.) fossiilienergian varantojen tyhjenemisen vaikutukseen.

pauksissa optimaalinen energiapolitiikka melko voimakkaasti madaltaa fossiilienergian tuotannon maksimipistettä (öljyhuippua) ja kasvattaa aluksi puhtaan energian innovointia suhteessa markkinatasapainoon.

Intuitiivista on, että mitä voimakkaampaa on eri energialähteiden välinen substituutio, sitä matalampi on vaadittu veron taso, joka saa aikaan halutunlaisen siirtymän puhtaaseen energiaan. Matalammalla kyseisen parametrin arvolla optimaalinen veronousee monotonisesti vähintään yli vuosisadan ajan, kun taas korkeammalla parametrin arvolla vaadittu vero on huomattavasti matalampi ja laskee hiljalleen. Hitaampi varantojen ehtyminen puolestaan siirtää verotuksen huippua, energiasiirtymää ja fossiilienergian tuotannon huippua hieman myöhemmäksi, sillä siirtymällä ei ole yhtä ”kiire” vaimeampien negatiivisten tuottavuusvaikutusten takia.

Puhtaan energian innovaatiotuen taso riippuu puolestaan positiivisesti energialähteiden välisestä korvaavuudesta: kun substituution aste on korkea, on myös optimaalinen innovaatiotuki ja puhtaan innovoinnin suhteellinen osuus korkeampi. Matalalla substituutiolla korkeamman verotuksen vaikutus innovoinnin kannusteisiin on puolestaan niin merkittävä, ettei erillistä innovaatiotukea optimissa enää juuri vaadita. Itse asiassa käy ilmi, että vaikka puhtaan energian innovointia on myös matalan substituution tapauksessa aluksi optimaalista vähemmän, muuttuu innovaatiotuki vuosikymmenten mittaan puhtaan energian ”innovaatioveroksi”, joka kasvattaa likaisen energian innovointia suhteessa markkinatasapainoon. Tämä johtuu siitä, että matalamman substituution tapauksessa myös fossiilienergia on kohtuullisen tärkeä osa energiantuotantoa, ja varantojen ehtymisen aiheuttamaa tehokkuuden (EROI:n) laskua täytyy hidastaa likaisen energian innovoinnilla. On syytä myös huomioida, että matalan substituution tapauksessa energiapolitiikka ei ainoastaan madalla likaisen energiantuotannon huippua, vaan myös hidastaa sen liiallisen nopeaa romahdusta.

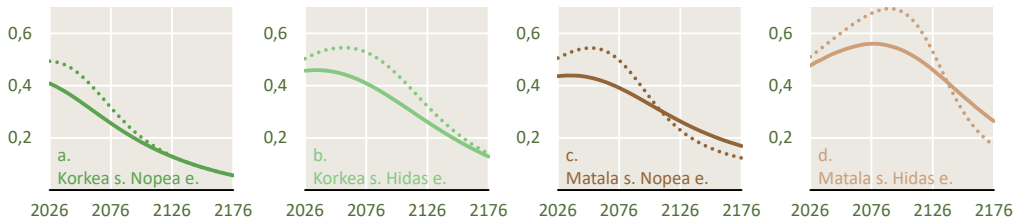
Olisi helppoa ajatella, että nopeampi EROI:n lasku voisi tarkoittaa myös korkeampaa likaisen energian innovoinnin määrää optimissa, koska on tärkeää ylläpitää hallitsevan energialähteen EROI:n tasoa mahdollisimman korkeana mahdollisimman kauan. Näin ei kuitenkaan ole vaan pikemminkin päinvastoin: voimakkaampi likaisen tuotannon tehokkuuden lasku fossiilivarantojen ehtyessä tarkoittaa mallissa sitä, että puhtaan energian alalla täytyy olla entistäkin enemmän tutkijoita, jotta puhtaan energian teknologia kehittyy riittävästi ja siirtymä on hyvinvoinnin kannalta riittävän nopea.

Lopuksi on vielä tärkeä havaita, miten EROI reagoi optimaaliseen energiapolitiikkaan. Koska ehtymisvero madaltaa fossiilienergian kumulatiivista tuotantoa, ei EROI pääse laskemaan sosiaalisessa optimissa yhtä paljon vaan pysyy melko stabiilina kääntymisen lopulta taas nouseen. Lisäksi vero itsessään kannustaa talouden toimijoita säästämään energiaa, koska käyttöenergian hinta veron myötä nousee. Myös innovoinnin optimaalisemman allokaation takia kokonaistalouden EROI pysyy korkeammalla tasolla. Varsinkin kun energialähteiden välinen substituuutio on heikkoa, on EROI:n tason ero markkinatasapainoon hyvin merkittävä.

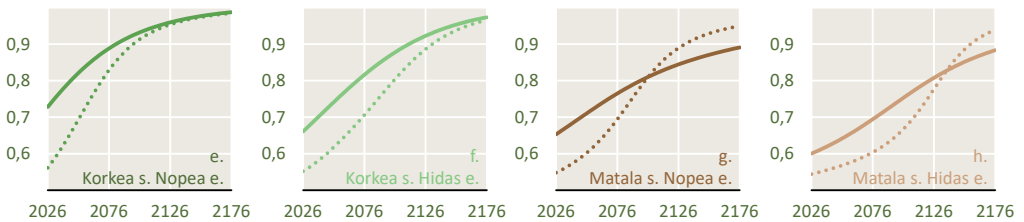
Kuvio 4.7

Mallin keskeisten muuttujien kehitys

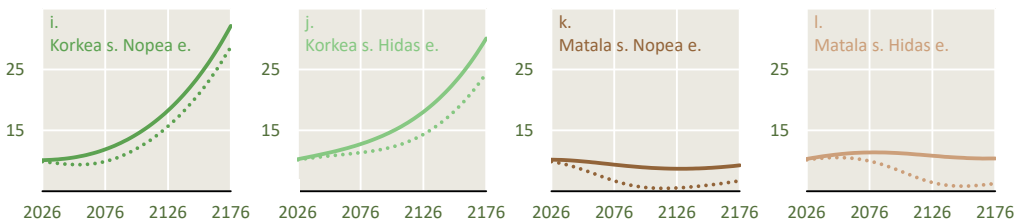
I. Fossiilipolttoaineiden tuotanto



II. Puhtaan innovoinnin osuus



III. Talouden EROI



Lähde: Kirjoittajan laskelmat. Pisteiviiva kuvaa markkinatasapainoa ja yhtenäisen talouden optimia.

Johtopäätökset

Tässä luvussa on luotu linkki endogeenisen kasvuteorian, suunnatun teknologisen kehityksen mallien ja nettoenergia-analyysin välille. Vaikka nettoenergia-analyysi edustaa hyvin erilaista, biofysikaalista lähestymistapaa energia-alan ilmiöihin, on sen intuitiiviset konseptit kuten EROI ja nettoenergia helppo integroida moderniin makrotaloudelliseen malliin. EROI osoittautuu hyödylliseksi työkaluksi tutkittaessa vihreään siirtymään liittyvää makrotaloudellista dynamiikkaa ja optimaalista energiapolitiikkaa.

Öljyhuippuun liittyvän kiistelyn laannuttua on nettoenergia-analyysi nostanut esille monenlaisia öljyhuippua vastaavia uhkakuvia. Ensinnäkin energian tarjontaa hallitsevan fossiilienergian EROI:n laskun on pelätty vähentävän käytössä olevan nettoenergian määrää jyrkkenevästi ja syrjäyttävän muuta taloudellista toimintaa voimakkaasti. Koska joidenkin uusiutuvien energialähteiden EROI on arvioitu hyvin matalaksi, on tämän takia pelätty syvää taloudellista taantumaa ja äärimmillään jopa jonkinlaista yhteiskunnallista romahdusta määrätyllä aikavälillä. Toisaalta on pelätty sitä, että puhtaiden energialähteiden tarjoama nettoenergian määrä on niin niukka, että päästöt lisääntyvät, kun puhtaan teknologian tarjontaa pyritään tukemaan ja lisäämään ennen kuin niiden teknologia on riittävän korkealla tasolla.

Taloustieteellisten ja erityisesti suunnatun teknologisen kehityksen mallien suuri etu on siinä, että ne tarjoavat hyödyllisen viitekehityksen tutkia markkinoiden kannusteiden muutoksia yli ajan ja mallintaa talouden toimijoiden käyttäytymisen dynaamisia muutoksia näiden kannusteiden muuttuessa. Siten kyseiset mallit tarjoavat energia-analyysia nyansoidumman tavan tutkia nettoenergia-analyysin esille nostamia taloudellisia uhkakuvia, jotka eivät itsessään ole täysin perusteettomia. Taloustieteellisten mallien tuoma lisä nettoenergia-analyysiin on myös erityisesti tuotantopanosten *substituution* huomioiminen. Harvoja panoksia käytetään yli ajan kiinteässä suhteessa, vaan panoksia voidaan useimmiten korvata toisillaan ainakin joissain määrin. Siksi eri energialähteiden EROI ei ole pelkästään puhtaasti teknologian tasoa kuvaava muuttuja, vaan siihen vaikuttavat energiantuotannossa käytettyjen muiden tuotantopanosten suhteelliset hinnat sekä esimerkiksi energian verotus.

Tämän takia nettoenergia-analyysin mainitsemat uhkakuvat toteutuvat suunnatun teknologisen kehityksen mallissa ainoastaan hyvin äärimmäisillä parametrioletuksilla ja muuttujien alkuarvoilla. Monet riskeistä realisoituvat vain, jos EROI putoaa äärimmäisen alas, esimerkiksi alle kahden, ja jos samalla eri energialähteiden välinen substituutio on hyvin heikkoa. Monen uusiutuvan energialähteen EROI:sta saadut estimaatit antavat kuitenkin huomattavasti toiveikkaampia arvioita kuin aiemmin, ja pidemmällä aikavälillä fossiilienergian korvaaminen uusiutuvalla energialla oletettavasti helpottuu. Fossiilienergian EROI:n lasku myös kannustaa luontaisesti innovointia siirtämään painopisteen yhä vahvemmin kohti puhdasta energiaa, mikä todennäköisesti nopeuttaa puhtaan energian EROI:n kasvua entisestään. Malliin ei myöskään sisälly ajatusta siitä, että talouden ja hyvinvoinnin kasvu edellyttäi-

si jonkin tietyn alarajan ylittävää EROI:n arvoa. Sitä vastoin EROI:n marginaalisilla muutoksilla on itse asiassa sitä suurempi vaikutus hyvinvointiin, mitä matalammalla tasolla se taloudessa on.

Vaikka luku on antanut nettoenergia-analyysejä optimistisemmän kuvan vihreän siirtymän mahdollisuuksista, sisältyy aiheeseen kuitenkin vielä lukuisia käsittelemättä jääneitä yksityiskohtia. Ensinnäkin uusiutuvan energian tuotantoon liittyy yhtä lailla geologisia rajoitteita, sillä niihin liittyvä teknologia tällä hetkellä hyödyntää lukuisia niukkoja mineraaleja. Koska näiden mineraalien louhinnan energiaintensiteetti kasvaa kuten fossiilienergiankin tuotannossa (kuvio 4.2), voi samankaltainen paine energiaintensiteetin kasvulle koskettaa myös puhtaan energian sektoria. Toinen puhtaan energian skaalatuottoja ja EROI:n tasoa laskeva tekijä on sijainti: esimerkiksi tuulivoiman ja aurinkoenergian skaalatuottoja laskee se, että optimaaliset voimaloiden sijainnit hyödynnetään ensimmäisenä (esim. Dale ym., 2011; Honnery & Moriarty, 2009).

Malli jättää myös huomiotta niin kutsutun innovoinnin ekstensiivisen marginaalin eli sen, päättääkö tutkija ylipäänsä innovoida vai hakeutuuko esimerkiksi palkkatyöhön. Toisaalta myös muu talous kilpailee samoista tutkijoista kuin energiasektori, joten innovointi voi suuntautua itse asiassa lukuisille muillekin aloille, kuten energiatehokkuuteen tai muihin talouden teknologioihin. Lisäksi on selvää, että innovaatiot ”läikkyvät” myös toimialojen välillä.

Lopuksi on tärkeää huomioida, että kaikki energia ei luonnollisestikaan ole ominaisuuksiltaan samankaltaista. Toiset energialähteet vaihtelevat saatavuudeltaan (kuten tuuli- ja aurinkoenergia) ja toiset tarjoavat säätövirtaa (kuten polttoaineet ja vesivoima). Näiden hyvin erilaisten energian muotojen käsitteleminen yhtenä yksittäisenä tuotantopanoksena voi olla ongelmallista.

Suositukses

Kun energiasiirtymän tarkastelun painopiste on fossiilivarantojen tyhjenemisen vaikutuksissa energian tarjontaan, ei optimaalisen energiapolitiikan arvioinnissa vaadita erikseen oletuksia siitä, millä mekanismilla päästöt varsinaisesti vaikuttavat taloudelliseen tuotantoon ja hyvinvointiin. Numeeristen simulaatioiden avulla käy ilmi, että optimaalisen energiapolitiikan rakenne tässä tapauksessa on hyvin lähellä tilannetta, jossa painopisteenä ovat päästöjen ympäristövaikutukset: optimaalinen energiapolitiikka nojaa kummassakin tapauksessa fossiilisen energian verotukseen ja puhtaan energian innovaatiotukeen. Nämä instrumentit saavat optimissa talouden siirtymään puhtaisiin energialähteisiin huomattavasti markkinatasapainoa nopeammin ja vähentävät fossiilienergian kumulatiivista tuotantoa.

Jos eri energialähteet ovat heikommin toisiaan korvaavia, on energiapolitiikan painopiste voimakkaammin fossiilienergian verotuksessa, mutta kun energialähteet korvaavat toisiaan helpommin, on painopiste puhtaan energian innovaatiotuissa. Optimaalisen energiapolitiikan eräänä tärkeänä tavoitteena voidaan nähdä talouden

EROI:n pitäminen mahdollisimman korkealla tasolla, jolloin energiantuotanto syrjäyttää mahdollisimman vähän muuta tuotantoa.

Yhteiskunnallisesti polarisoituneena aikana on erityisen huomionarvoista, että optimaalinen energiapolitiikka on hyvin samansuuntaista riippumatta siitä, oletetaanko päästöillä olevan hyvinvointivaikutuksia. Näin ollen on sekä taloudellisesti että ympäristöllisesti järkevää kannustaa markkinoita vallitsevaa nopeampaan siirtymään kohti puhdasta energiaa, koska vihreällä siirtymällä näyttää olevan myös kulutukseen positiivinen vaikutus kohtuullisen lyhyellä aikavälillä. Koska aiemmassa luvussa esiteltyt simulaatiot jättivät huomiotta ympäristövaikutukset, voidaan niiden tulokset ymmärtää myös eräänlaiseksi optimaalisen verotuksen ja innovaatiopolitiikan tason minimirajaksi. Poliittisen taloustieteen näkökulmasta innovaatiotuen voidaan kuitenkin olettaa olevan suotuisampi painopiste.

On huomioitava, että vaikka nopeampi vihreä siirtymä on useimmissa alan malleissa nykytilaa parempi vaihtoehto, voi siirtymä olla kuitenkin myös ”liian” nopea. Sosiaalisesti optimaalinen allokaatio ottaa huomioon lukuisia erilaisia asioita yli ajan, kuten nykyisen hyvinvoinnin, tulevan hyvinvoinnin, ympäristön tilan ja kulutuksen tason. Ennen kuin vihreät teknologiat ovat riittävällä tasolla, ei välitön ja täydellinen siirtymä puhtaaseen energiaan välttämättä kannata, koska positiivinen vaikutus ympäristöön tai fossiilivarantojen riittävyyteen ei aina riitä kompensoimaan mahdollista negatiivista vaikutusta nykyiseen kulutuksen tasoon, koska siirtymä on niin resurssi-intensiivinen. Toisaalta on myös järkevää ylläpitää jonkin verran innovointia fossiilienergiiaan liittyen niin kauan, kun talous ja hyvinvointi osittain siihen nojautuvat. Keskeistä on se, miten tulevaisuuden kulutusta arvostetaan suhteessa nykyiseen kulutukseen.

Taloutta ja energian tarjontaa on usein syytä ajatella biofysikaalisena systeeminä, jossa energia virtaa talouden sektorilta toiselle. Tärkeää on huomioida, pystyykö kukin puhdas energialähde tuottamaan yhteiskunnalle riittävästi käyttöenergiaa suhteessa energialähteen omaan hiilijalanjälkeen. Esimerkiksi uusiutuvaa säätövirtaa tarjoavat biopolttoaineet ja vety ovat vielä toistaiseksi hyvin energiaintensiivisiä, joten niiden hiilijalanjälki saattaa tiettyjen tuotantotapojen kohdalla olla merkittävä. Siten energia-ala voi olla erityisen herkkä katteettomille lupauksille uusien teknologioiden oletetusta vihreydestä.

Havaintoja

- Fossiilienergiaa on maaperässä edelleen hyvin runsaasti.
- Fossiilienergian ja uusiutumattomien luonnonvarojen tuotanto kuitenkin syrjäyttää jatkuvasti enemmän energiaa ja resursseja muulta taloudelta. Näiden alojen resurssitarpeen ei voida enustaa vain pysyvän vakiona, ja tällä on makrotaloudellisia seurauksia.
- Nettoenergia-analyysin esittämät synkimmät uhkakuvat ovat intuitiivisia, mutta eivät kuitenkaan välttämättä kestä taloustieteellistä tarkastelua.
- Optimaalinen energiapolitiikka, joka esitellyssä mallissa nojaa fossiilienergian verotukseen ja puhtaan energian innovaatiotukiin, madaltaa fossiilienergian tuotannon huippua ja pysäyttää EROI:n liiallisen laskun.
- Optimaalisen energiapolitiikan rakenne on samanlainen riippumatta siitä, oletetaanko päästöjen vaikuttavan hyvinvointiin vai ei.
- Mitä nopeammin fossiilienergian tuotannon energiaintensiteetin voidaan olettaa kasvavan, sitä enemmän tarvitaan puhtaaseen energiaan liittyvää innovointia jo nyt.
- Markkinatasapainoa nopeampi siirtyminen puhtaaseen energiaan on myös tulevan kulutuksen kannalta järkevää.

Suosituksia

- Fossiilienergiaa korvaavien energialähteiden EROI:n arvioiminen on tärkeää, kun näihin liittyvää tukipolitiikkaa suunnitellaan.
- Energiapolitiikan painopisteen on oltava sitä vahvemmin puhtaan energian innovointia tukevis- sa toimenpiteissä hiiliverojen sijaan, mitä helpommin fossiilienergia on korvattavissa puhtaalla energialla.
- Jos fossiilienergia ei ole helposti korvattavissa puhtaalla energialla, nousee fossiilienergian opti- maalinen vero asteittain vuosikymmenten kuluessa.
- Puhtaan innovoinnin tukeminen puhtaan energian suoran tuotanto- tai hintatuen sijaan on te- hokkaampi vaihtoehto.
- Energiapolitiikkaa suunnitellessa ei tule liiaksi pelätä vihreän siirtymän negatiivisia vaikutuksia ku- lutukseen, sillä siirtyminen voi mahdollistaa korkeamman kulutuksen tason jo suhteellisen lyhyellä aikavälillä.

Lähteet

- Aalto, E. (2023). Net Energy and Directed Technical Change. Unpublished manuscript.
- Acemoglu, D. (1998). Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality. *The Quarterly Journal of Economics* 113 (4), 1055–1089. <http://www.jstor.org/stable/2586974>
- Acemoglu, D. (2002). Technical Change, Inequality, and the Labor Market. *Journal of Economic Literature* 40 (1), 7–72. <http://www.jstor.org/stable/2698593>
- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. & Hémous, D. (2012). The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review* 102 (1), 131–66. <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.131>
- Acemoglu, D., Akcigit, U., Hanley, D. & Kerr, W. (2016). Transition to Clean Technology. *Journal of Political Economy* 124 (1), 52–104. <https://doi.org/10.1086/684511>
- Aghion, P., Hepburn, C., Teytelboym, A. & Zenghelis, D. (2014). Path dependence, Innovation and the Economics of Climate Change. Contributing Paper to the New Climate Economy, Centre for Climate Change Economics and Policy, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2014/11/Aghion_et_al_policy_paper_Nov20141.pdf
- Aguilera, R. F., Eggert, R. G., Lagos G. C. C. & Tilton, J. E. (2012). Is Depletion Likely to Create Significant Scarcities of Future Petroleum Resources? Teoksessa Sinding-Larsen, R. & Wellmer, F.-W. (Eds.), *Non-Renewable Resource Issues: Geoscientific and Societal Challenges*, 45–82. Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8679-2_4
- Alcott, B. (2005). Jevons' paradox. *Ecological Economics* 54 (1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.020>
- André, F. J. & Smulders, S. (2014). Fueling growth when oil peaks: Directed technological change and the limits to efficiency. *European Economic Review* 69, 18–39. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2013.10.007>
- Bardi, U. (2019). Peak oil, 20 years later: Failed prediction or useful insight? *Energy Research & Social Science* 48, 257–261. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.09.022>
- Brockway, P., Owen, A., Brand Correa, L. I. & Hardt, L. (2019). Estimation of global final-stage energy-return-on-investment for fossil fuels with comparison to renewable energy sources. *Nature Energy* 4, 612–621. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0425-z>
- Campbell, C. J. & Laherrère, J. H. (1998). The End of Cheap Oil. *Scientific American* 278 (3), 78–83. <https://www.jstor.org/stable/26057708>
- Capellán-Pérez, I., de Castro, C. & Miguel González, L. J. (2019). Dynamic Energy Return on Energy Investment (EROI) and material requirements in scenarios of global transition to renewable energies. *Energy Strategy Reviews* 26, 100399. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100399>
- Casey, G. (2023). Energy Efficiency and Directed Technical Change: Implications for Climate Change Mitigation. *The Review of Economic Studies* 91(1), 192–228. <https://doi.org/10.1093/restud/rdad001>

- Covert, T., Greenstone, M. & Knittel, C. R. (2016). Will We Ever Stop Using Fossil Fuels? *Journal of Economic Perspectives* 30 (1), 117–38. <https://doi.org/10.1257/jep.30.1.117>
- Dale, M., Krumdieck, S. & Bodger, P. (2011). Net energy yield from production of conventional oil. *Energy Policy* 39 (11), 7095–7102. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.08.021>
- Dasgupta, P. & Heal, G. (1974). The Optimal Depletion of Exhaustible Resources. *The Review of Economic Studies* 41, 3–28. <https://www.jstor.org/stable/2296369>
- Delannoy, L., Longaretti, P.-Y., Murphy, D. J. & Prados, E. (2021a). Peak oil and the low-carbon energy transition: A net-energy perspective. *Applied Energy* 304, 117843. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117843>
- Delannoy, L., Longaretti, P.-Y., Murphy, D. J. & Prados, E. (2021b). Assessing Global Long-Term EROI of Gas: A Net-Energy Perspective on the Energy Transition. *Energies*, 14(16), 5112. <https://doi.org/10.3390/en14165112>
- Diesendorf, M. & Wiedmann, T. (2020). Implications of Trends in Energy Return on Energy Invested (EROI) for Transitioning to Renewable Electricity. *Ecological Economics* 176, 106726. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106726>
- Di Felice, L., Ripa, M. & Giampietro, M. (2018). Deep Decarbonisation from a Biophysical Perspective: GHG Emissions of a Renewable Electricity Transformation in the EU. *Sustainability* 10, 3685. <https://doi.org/10.3390/su10103685>
- Dumas, J., Dubois, A., Thiran, P., Jacques, P., Contino, F., Cornélusse, B. & Limpens, G. (2022). The Energy Return on Investment of Whole-Energy Systems: Application to Belgium. *Biophysical Economics and Resource Quality* 7 (4), 1–34. <https://doi.org/10.1007/s41247-022-00106-0>
- Dupont, E., Germain, M. & Jeanmart, H. (2021). Feasibility and Economic Impacts of the Energy Transition. *Sustainability* 13 (10), 5345. <https://doi.org/10.3390/su13105345>
- Fischer, C. & Newell, R. G. (2008). Environmental and technology policies for climate mitigation. *Journal of Environmental Economics and Management* 55 (2), 142–162. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2007.11.001>
- Fizaine, F. & Court, V. (2016). Energy expenditure, economic growth, and the minimum EROI of society. *Energy Policy* 95, 172–186. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.04.039>
- Fried, S. (2018). Climate Policy and Innovation: A Quantitative Macroeconomic Analysis. *American Economic Journal: Macroeconomics* 10 (1), 90–118. <https://doi.org/10.1257/mac.20150289>
- Giampietro, M., Mayumi, K. & Sorman, A. (2012). *Energy Analysis for a Sustainable Future: Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism* (First ed.). London: Routledge.
- Gillingham, K., Rapson, D. & Wagner, G. (2016). The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy. *Review of Environmental Economics and Policy* 10 (1), 68–88. <https://doi.org/10.1093/reep/rev017>
- Golosov, M., Hassler, J., Krusell, P. & Tsyvinski, A. (2014). Optimal Taxes on Fossil Fuel in General Equilibrium. *Econometrica* 82 (1), 41–88. <https://doi.org/10.3982/ECTA10217>
- Greaker, M., Heggedal, T.-R. & Rosendahl, K. E. (2018). Environmental policy and the direction of technical change. *The Scandinavian Journal of Economics* 120 (4) 1100–1138. <https://doi.org/10.1111/sjoe.12254>

- Guevara-Ramirez, W., Martinez-de Alegria, I. & Rio-Belver, R. M. (2023). Evolution of the conceptualization of hydrogen through knowledge maps, energy return on investment (EROI) and national policy strategies. *Clean Technologies and Environmental Policy* 25 (1), 69–91. <https://doi.org/10.1007/s10098-022-02388-w>
- Hall, C. A., Lambert, J. G. & Balogh, S. B. (2014). EROI of different fuels and the implications for society. *Energy Policy* 64, 141–152. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.049>
- Hall, C. A. S., Cleveland, C. J. & Kaufmann, R. (1986). *Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process*. New York, NY: John Wiley and Sons.
- Hart, R. (2019). To everything there is a season: Carbon pricing, research subsidies, and the transition to fossil-free energy. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 6 (2), 135–175. <https://doi.org/10.1086/701805>
- Hassler, J., Krusell, P. & Olovsson, C. (2021). Directed Technical Change as a Response to Natural Resource Scarcity. *Journal of Political Economy* 129 (11), 3039–3072. <https://doi.org/10.1086/715849>
- Helm, D. (2011). Peak oil and energy policy—a critique. *Oxford Review of Economic Policy* 27 (1), 68–91. <https://www.jstor.org/stable/43741262>
- Honnelly, D. & Moriarty, P. (2009). Estimating global hydrogen production from wind. *International Journal of Hydrogen Energy* 34 (2), 727–736. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2008.11.001>
- Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy* 39 (2), 137–175. <https://www.jstor.org/stable/1822328>
- Hubbert, M. K. (1956). *Nuclear Energy and the Fossil Fuels*. Houston: Shell Development Company, Exploration and Production Research Division.
- IEA (2021). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
- IEA (2022). *World Energy Outlook 2022*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- IEA (2023). Energy and Emissions per Value Added Database. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-and-emissions-per-value-added-database>
- King, L. C. & van den Bergh, J. C. J. M. (2018). Implications of net energy-return-on-investment for a low-carbon energy transition. *Nature Energy* 3 (4), 334–340. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0116-1>
- Lambert, J., Hall, C. Balogh, S., Gupta, A. & Arnold, M. (2014). Energy, EROI and quality of life. *Energy Policy* 64, 153–167. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.001>
- Lemoine, D. (2021). Innovation-led Transitions in Energy Supply. Working Paper 23420, National Bureau of Economic Research. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w23420/w23420.pdf
- Lemoine, D. & Traeger, C. (2014). Watch Your Step: Optimal Policy in a Tipping Climate. *American Economic Journal: Economic Policy* 6 (1), 137–66. <https://www.jstor.org/stable/43189369>
- Mio, A., Barbera, E. A., Pavan, M., Danielis, R., Bertuccio, A. & Fermeiglia, M. (2023). Analysis of the energetic, economic, and environmental performance of hydrogen utilization for port logistic activities. *Applied Energy* 347, 121431. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121431>

- Murphy, D. J. (2014). The implications of the declining energy return on investment of oil production. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 372 (2006), 20130126. <https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0126>
- Murphy, D. J., Raugei, M., Carbajales-Dale, M. & Rubio Estrada, B. (2022). Energy Return on Investment of Major Energy Carriers: Review and Harmonization. *Sustainability* 14 (12), 7098. <https://doi.org/10.3390/su14127098>
- OECD (2022). *OECD Economic Outlook*, Volume 2022 Issue 2. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/16097408>
- Pahud, K. & De Temmerman, G. (2022). Overview of the EROI, a tool to measure energy availability through the energy transition. Teoksessa 2022 8th International Youth Conference on Energy (IYCE). <https://doi.org/10.1109/IYCE54153.2022.9857542>
- Palmer, G. (2019). Renewables rise above fossil fuels. *Nature Energy* 4 (7), 538–539. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0426-y>
- Papageorgiou, C., Saam, M. & Schulte, P. (2017). Substitution between Clean and Dirty Energy Inputs: A Macroeconomic Perspective. *The Review of Economics and Statistics* 99 (2), 281–290. https://doi.org/10.1162/REST_a_00592
- Pehl, M., Arvesen, A., Humpenöder, F., Popp, A., Hertwich, E. G. & Luderer, G. (2017). Understanding future emissions from low-carbon power systems by integration of life-cycle assessment and integrated energy modelling. *Nature Energy* 2 (12), 939–945. <https://doi.org/10.1038/s41560-017-0032-9>
- Pindyck, R. S. (1978). The Optimal Exploration and Production of Nonrenewable Resources. *Journal of Political Economy* 86 (5), 841–861. <https://www.jstor.org/stable/1828412>
- Popp, D. (2006). R&D subsidies and climate policy: Is there a “free lunch”? *Climatic Change* 77 (3), 311–341. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9056-z>
- Prananta, W. & Kubiszewski, I. (2021). Assessment of Indonesia’s Future Renewable Energy Plan: A Meta-Analysis of Biofuel Energy Return on Investment (EROI). *Energies* 14, 2803. <https://doi.org/10.3390/en14102803>
- Pretis, F., Hepburn, C., Pfeiffer, A. & Teytelboym, A. (2023). Are We Running Out of Exhaustible Resources? SSRN. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4457854>
- Raugei, M. (2019). Net energy analysis must not compare apples and oranges. *Nature Energy* 4 (2), 86–88. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0327-0>
- Schwerhoff, G. & Stuermer, M. (2015). Non-renewable resources, extraction technology, and endogenous growth. Working Paper 1506, Federal Reserve Bank of Dallas. <https://doi.org/10.24149/wp1506r1>
- Sers, M. R. & Victor, P. A. (2018). The Energy-emissions Trap. *Ecological Economics* 151, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.004>
- Slade, M. E. (1982). Trends in natural-resource commodity prices: An analysis of the time domain. *Journal of Environmental Economics and Management* 9 (2), 122–137. [https://doi.org/10.1016/0095-0696\(82\)90017-1](https://doi.org/10.1016/0095-0696(82)90017-1)

- Slameršak, A., Kallis, G. & O'Neill, D. W. (2022). Energy requirements and carbon emissions for a low-carbon energy transition. *Nature Communications* 13 (1), 6932. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33976-5>
- Taylor, M. (2020). Energy subsidies: Evolution in the global energy transformation to 2050. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_Energy_subsidies_2020.pdf?rev=123c8d330f694d53b26a43d43684204b

Hiilen hinnoittelun talous ja politiikka

5

Tiivistelmä

Taloustieteen perinteinen neuvo ilmastopolitiikkaan on pakottaa yksityiset toimijat ottamaan huomioon aiheuttamansa ulkoisvaikutukset, etenkin hiilen hinnoittelulla. Ilmastopolitiikan menestys ja hinta ovat kuitenkin kiinni pitkäaikaisista investoinneista, joita ei ohjaa tämän päivän hiilen hinta, vaan odotettu hiilen hinta keskipitkällä tähtäimellä. Poliittisesti realistisen ilmastopolitiikan tuleekin vakuuttaa yksityiset toimijat siitä, että vihreä siirtymä tulee tapahtumaan niin, että hiilen hinta tulee olemaan tulevaisuudessa korkea. Tämä ohjaa investointeja vihreämpään suuntaan ja helpottaa tulevaa markkinapohjaista säätelyä. Yksityisten toimijoiden tulevaisuuskuvan muutosta voi edesauttaa tukemalla vihreitä investointeja, verottamalla tai kieltämällä fossiiliseen energiaan nojaavia investointeja, tekemällä julkisia investointeja, jotka kannustavat vihreisiin yksityisiin investointeihin, tai ohjaamalla investointien suuntaa määräyksin, kuten kaavoituksella. Tällaiset 'toiseksi parhaat' ohjauskeinot merkitsevät ylimääräisiä yhteiskunnallisia kustannuksia, mutta niitä tarvitaan vain väliaikaisesti, kunnes muutoksesta tulee itseään kannatteleva. Poliittisesti realistinen ilmastopolitiikka vaatii talouden ja politiikan ammattilaisten yhteistyötä, selkeää kommunikaatiota vihreän kehityksen suunnasta ja laajaa poliittista konsensusta muutoksen vääjäämättömyydestä.

Kiitokset

Kirjoittaja kiittää Lassi Ahlvikia, Ari Hyytistä ja Marita Laukkasta erittäin hyödyllisistä kommentteista.

Niko Jaakkola

on Bolognan yliopiston professori.

Suosittelava lähdeviittaus tähän lukuun:

Jaakkola, Niko (2024). *Hiilen hinnoittelun talous ja politiikka*. Luku 5 (sivut 97–118) kirjassa **Hyttinen, Ari, Maliranta, Mika, Rouvinen, Petri ja Tahvanainen, Antti-Jussi** (toim.) (2024). *Vihreä kasvu*. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta). <https://ForGrowth.fi>

Taloustieteellinen lähestymistapa hiilen hinnoitteluun

Miksi ilmastonmuutos on ongelma? Kaikkien saasteongelmien tavoin ilmastonmuutoksen juurisyy on se, että tämän ilmiön aiheuttamat vauriot ovat kasvihuonekaasujen päästäjälle *ulkoisvaikutus*. Jokainen ylimääräinen hiilidioksiditonni ilmakehässä johtaa hyvin pieneen, käytännössä pysyvään, lämpötilan nousuun. Tämä pieni muutos ja sen ilmastolliset seuraukset ovat lähes havaitsemattomia ja aiheuttavat pieniä taloudellisia haittoja – mutta miljardeille ihmisille ja satojen vuosien ajan. Yksityinen

Ulkoisvaikutukset juurisyyinä luonto- ja ympäristöhaasteisiin.

toimija – kuluttaja bensapumpulla tai terästehtaan johtaja tiistaiaamuna – ei ota näitä haittoja huomioon, sillä ne koituvat muille toimijoille, eli ovat päätöksentekijälle *ulkoisia*. Nämä haitat ovat silti yhteiskunnan kannalta todellinen kustannus. Ulkoisvaikutusten huomioimatta jättäminen yksityis-

essä päätöksenteossa johtaa siihen, että yhteiskunta käyttää liikaa fossiilisia polttoaineita: fossiilisen polttoaineen vähiten tärkeästä käytöstä saatu hyöty on pienempi kuin siitä seuraava ilmastohaitta.

Taloustieteen perinteinen ratkaisu tällaiseen ongelmaan on hinnoitella ulkoisvaikutuksen lähde – ilmastonmuutoksen tapauksessa hiilidioksidin päästäminen.¹ Hiilen hinnoittelu kasvattaa päästöjen kustannuksia yksityisen toimijan silmissä, ja toimija ottaa tämän ylimääräisen kustannuksen huomioon rajoittamalla päästöjä (vaikkapa vähentämällä tarpeetonta autoilua tai ottamalla käyttöön energiaa säästävää valmistusteknologiaa). Hinnan voi asettaa suoraan hiiliveron muodossa. Toinen vaihtoehto on päästökauppajärjestelmä, joka asettaa katon päästöjen kokonaismäärälle, jakaa tai huutokauppaa kattoa vastaavan määrän päästöoikeuksia ja antaa yksityisten toimi-

Perusratkaisuna haittojen hinnoittelu – esim. hiilivero tai päästökauppa.

joiden käydä kauppaa näillä. Päästökaupamarkkinat muodostavat päästöoikeudelle hinnan, ja tämä hinta on käytännössä hiilen hinta.²

Perinteisen näkemyksen mukaan optimaalinen politiikkatoimi on asettaa vero tai päästöoikeuksien määrä siten, että hiilen hinta on täsmälleen arvioidun yhteiskunnallisen marginaalisen³ ulkoishaitan suuruinen. Yhteiskunnan kannalta tällöin hiiltä ei kannata päästää enempää (silloin marginaalinen haitta, eli rajahaitta, alkaa pian nousta hyötyä korkeammaksi, niin että nettohyöty on negatiivinen) eikä vähempää (koska tällöin hiilen haitta alkaa jäädä hiilen päästämisen yhteiskunnallisesti arvioitua rajahyötyä pienemmäksi). Optimaalisen hinnoittelun seurauksena yksityisen toimijan kohtaama kustannus vastaa yhteiskunnallista kustannusta. Toimija punnitsee tätä kustannusta omaa yksityistä hyötyään vastaan ja valitsee näin yhteiskunnallisen nettohyödyn maksimoivan päätöksen. Tämä tunnetaan Pigou'n verona (Pigou, 1920).

Hiilen hinnoittelu kannustaa näin kuluttajia ja yrityksiä rajoittamaan saastuttavaa toimintaa etenkin silloin, kun toiminnasta saatu hyöty on vähäinen. Tämän lisäksi uskottava sitoumus hiilen hinnoitteluksi myös tulevaisuudessa kannustaa toi-

mijoita investoimaan teknologiaan, joka auttaa päästöjen vähentämisessä – vaikkapa uusiutuvan energian tuotantoon. Tämä seuraa siitä, että hiilen hinnoittelun ymmärretään vähentävän fossiilisiin polttoaineisiin perustuvan tuotannon kaupallista kannattavuutta ja nostavan loppuhyödykkeiden hintoja tehden uusiutuvista tuotanto- ja kulutusratkaisuista kilpailukykyisempiä.

Erityisiä investointitukia ei yksinkertaisimmillaan tarvita lainkaan, sillä valintojensa todellisen hinnan kohtaavat markkinatoimijat valitsevat vapaasti optimaalisen määrän esim. vihreitä investointeja. Vihreät investointituet voivat toki olla perusteltavissa positiivisilla ulkoishyödyillä, joita toimijat eivät ota huomioon. Esimerkkinä osa teknologisen kehityksen hyödyistä voi valua kehittävä yrityksen ulkopuolelle, koska uuden teknologian sisältämät ideat voivat auttaa kolmansia toimijoita keksimään yhä parempia teknologioita. Tällöin investoinnit kyseiseen teknologiaan ovat yhteiskunnan kannalta liian vähäisiä, elleivät poliittiset päätöksentekijät tarjoa yrityksille investointitukien muodossa kannustimia huomioida ulkoisvaikutukset (Acemoglu ym., 2012).

Yksinkertaistava politiikkaohje: estä negatiivisia ja tue positiivisia ulkoisvaikutuksia.

Yksinkertaisin, ja perustavanlaatuisin, ohjenuora ilmastopolitiikassa onkin: sisäistäkää ulkoisvaikutukset hinnoittelemalla haitalliset hiilidioksidipäästöt ja tarjoamalla tukia sijoituksille, joilla on positiivisia ulkoishyötyjä. Jos markkinat muutoin toimivat hyvin – ja luottavat ulkoisvaikutusten olevan optimaalisesti hinnoiteltuja myös tulevaisuudessa – tämä riittäisikin. Todellisuudessa maailma ei kuitenkaan ole näin yksinkertainen. Hiilen hinnoittelulla on vaikutuksia, jotka jakautuvat epätasaisesti kuluttajien ja yritysten välillä. Tämä johtaa poliittisiin seurauksiin, jotka heijastuvat takaisin hiilen hinnoitteluun, ja siten rikkoo taloustieteen yksinkertaisiin periaatteisiin pohjautuvan ratkaisumallin. Poliitikantekijä ei välttämättä voi asettaa veroja kokonaishyödyn kannalta optimaalisesti, eikä tämän päivän poliitikantekijä voi päättää tulevista hiiliveroista. Poliittisesti realistisen ilmastopolitiikan pitää huomioida näiden reunaehtojen seuraukset (Jaakkola ym., 2023).

Optimaalinen hiilen hinta?

Mikä on optimaalinen hiilen hinta – toisin sanoen, kuinka suuri on se ulkoisvaikutus, joka liittyy ylimääräisen hiilidioksiditonniin päästämiseen? Tämä on monimutkainen kysymys, johon liittyy laaja tutkimuskirjallisuus. Vastaus riippuu eettisistä olettamuksista (kuten siitä, kuinka tulevaisuudessa koettavia haittoja painotetaan tämän päivän kustannuksiin verrattuna, ks. luku 2), tieteellisistä olettamuksista (esimerkiksi siitä, miten hiilidioksidipäästöjen ajatellaan kehittyvän tulevien vuosikymmenten aikana) ja tieteellisistä faktoista, joita ei vielä tiedetä varmasti (kuinka paljon yksi tonni hiilidioksidia muuttaa ilmastoa, kuinka biosfääri reagoi ilmastomuutokseen, ja kuinka vakavia ilmastomuutoksen seuraukset ovat talousjärjestelmien ja laajemman yhteis-

kunnan kannalta). Tutkimuskirjallisuudessa esiintyy laaja kirjo arvioita. Tuoreimpien tutkimustulosten mukaan sosiaalinen ulkoiskustannus – se odotettu haitta, joka ylimääräisestä hiilidioksiditonnista aiheutuu muille toimijoille, nykyarvossa mitattuna – on kenties välillä 40–400 euroa (Rennert ym., 2022).⁴

Tänä päivänä voimassa oleva, päästöosuuksien mukaan painotettu hiilen hinnan keskiarvo on selkeästi tämän hintahaarukan alapuolella – sekä keskimäärin maailmassa että käytännössä kaikissa maailman valtioissa (Tol, 2023). Tämä pätee myös ilmasto-
politiikan edelläkävijänä nähdyn Euroopan unionin jäsenvaltioissa: tätä kirjoitettaessa päästöoikeuden hinta on noin €80 / tCO₂. EU:n päästökauppajärjestelmä kattaa vain noin 40 % EU:n kokonaispäästöistä – osittain koska se on onnistunut vähentämään päästöjä – mutta toisaalta monissa EU-maissa päästökaupan ulkopuolisille päästölähteille on asetettu kansallisia hiiliveroja, jotka esimerkiksi Suomessa ovat samaa suuruusluokkaa kuin päästöoikeuden hinta (Laukkanen, 2023). Tämä siis EU-maissa; maailmanlaajuisesti painotettu hinta on ainakin kertaluokkaa pienempi. Ensisijainen ongelma ei siis liity siihen, että emme osaa arvioida riittävän tarkasti hiilen oikeaa ulkoiskustannusta, vaan siihen, että hiilidioksidipäästöt ovat toistaiseksi, maailmanlaajuisesti, käytännössä hinnoittelemattomia.

Hiilen alihinnoittelun on perinteisesti nähty johtuvan valtioiden välisestä pyrkimyksestä päästä vapaamatkustajan asemaan. Mikä tahansa valtio näkisi itsensä mielellään tilanteessa, jossa muut valtiot kyllä rajoittaisivat tämän maailmanlaajuisesti leviävän saasteen tuottamista, mutta itse voisi pidättäytyä päästörajoitusten kustannuksista. Tämä näkemys on tärkeä, mutta vain osa tarinaa. Hiilen hinnoittelun vaikeudelle on myös merkittäviä sisäpoliittisia syitä. Loppuluvussa tarkastelen näitä syitä ja pohdin keinoja, joilla ohittaa ne.

Vihreän siirtymän eriarvoiset vaikutukset

Hiilen optimaalisen hinnoittelun kokonaishyöty yhteiskunnalle piilottaa alleen hyvin monimuotoisia vaikutuksia, jotka kohdistuvat yhteiskunnan eri ryhmiin (Fullerton, 2011). Hiilen hinta näyttäytyy tuottajille ja kuluttajille fossiilisten polttoaineiden kustannusten nousuna. Tuottajat voivat siirtää kustannuksen osittain eteenpäin tuotteiden hintoihin, mutta hintojen nousu puolestaan vähentää tuotteiden kysyntää. Tästä seuraava fossiilisten polttoaineiden kulutuksen lasku on tietenkin hinnoittelun tavoitteena.

Kysynnän lasku vaikuttaa kuitenkin tuotannontekijöiden tuottavuuteen. Fossiilisen energian tuotantolaitosten (esim. sähkö- ja lämpövoimalat tai öljynjalostamot) tai halpaan fossiiliseen energiaan nojaavia tuotteita (esim. polttomoottoriautoja) valmistavien tehtaiden käyttöaste laskee, ja voitot muuttuvat tappioiksi.⁵ Odotetut tulevat tappiot pääomittuvat nopeasti laskien 'fossiilisen varallisuuden' arvoa. Tämä varallisuus sisältää myös fossiilitalouden yritysten immateriaalisen pääoman – tieto-

Hiilen hinta on liian matala – myös Euroopassa.

taito ja patentit – jotka menettävät myös arvoaan. Fossiilisiin polttoaineisiin nojaavan varallisuuden omistajat ovat ilmastopolitiikan häviäjiä.

Mutta tuotantopääoma ei ole ainoa varallisuuden laji, jota ilmastopolitiikka uhkaa. Inhimillinen pääoma on myös varallisuutta: fossiilisektorin työntekijöiden sellaiset taidot, joita on vaikea hyödyntää muilla sektoreilla, menettävät yhtä lailla arvoaan sektorin työllisyysnäkymien heikentyessä. Samoin yksityisten kuluttajien omistama pääoma ja pitkäkestoiset hyödykkeet (esim. suuret, sähkölämmitettyt haja-asutusalueille rakennetut talot tai polttoainetta paljon kuluttavat katumaasturit) ovat yhtä lailla vähemmän arvokkaita maailmassa, jossa hiilen hinnoittelu asettuu pysyvästi korkeammalle tasolle. Polttoaine- ja sähkölaskujen nousu ilmastopolitiikan seurauksena heijastuu myös tällaisen pääoman käyttöön liittyviin kustannuksiin. Nämä kustannukset osuvat kotitalouksiin epätasaisesti – esim. maaseudulla asuvat joutuvat väistämättä käyttämään enemmän autoja, pienten asuntojen lämmitykseen kuluu vähemmän energiaa, ja kulutuksen päästöintensivisyys vaihtelee myös pieni- ja suurituloisten välillä (Harju ym., 2022).

Ilmastomuutoksen vaikutukset kohdistuvat epätasaisesti ihmisiin, yrityksiin ja kansakuntiin.

Tietenkin – määritelmällisesti – optimaalisesta ilmastopolitiikasta kertyy myös hyötyjä. Kelle nämä hyödyt sitten karttavat? Suuri osa hyödyistä liittyy ilmastomuutoksen lievenemiseen, josta hyötyvät ihmiset kautta maailman, nyt ja tulevaisuudessa.⁶ Usein päästöjen leikkaaminen vähentää myös esim. paikallisia ilmansaasteita, ja tämä hyödyttää niitä, jotka ovat aikaisemmin eläneet niille alttiina. Lisäksi hiilen pysyvä hinnoittelu hyödyttää vähäpäästöiseen tuotantoon ja kulutukseen liittyvien hyödykkeiden tuottajia ja omistajia: esimerkiksi sähköautojen valmistajia ja näiden työntekijöitä ja tuulivoimaloiden tai energiatehokkaiden asuntojen omistajia. Toisaalta monet uusiutuvan sektorin yritykset ovat toistaiseksi pieniä (tai vasta ideointiasteella), huipputehokkaat asunnot vielä arkitehdin pöydällä ja työntekijät vasta työuriensa alussa tai opiskelemassa.

Ilmastomuutoksen tulonjaolliset vaikutukset vaikuttavat yhteiskuntapolitiikkaan.

Luonnollisesti ilmastopolitiikan 'häviäjät' kokevat hiilen korkeamman hinnoittelun uhkana ja pyrkivät vastustamaan ja jarruttamaan sitä. 'Voittajat' puolestaan ovat aliedustettuina kansallisessa päätöksentekoprosessissa, koska monet heistä ovat ulkomaiden ja/tai tulevaisuuden kansalaisia. Tästä syystä kotimainen sisäpolitiikka on monessa valtiossa kallistunut vallitsevan, fossiilisiin polttoaineisiin nojaavan talousjärjestelmän eduksi, ja se vaikeuttaa myös pyrkimyksiä kansainväliseen yhteistyöhön. Eri ryhmät voivat ilmaista vastustustaan eri kanavia myöten. Kansalaisryhmät, jotka pelkäävät joutuvansa häviäjiksi – vaikkapa fossiilisen sektorin työntekijät, haja-asutusalueiden asukkaat – voivat vaikuttaa äänestämällä ja/tai käynnistämällä poliittisia kampanjoita. Yritykset – toisin sanoen yritysten varakkaat omistajat – voivat puolestaan pyrkiä vaikuttamaan poliittisiin päätöksentekijöihin suoraan erilaisten lobbausmenetelmien kautta.

Esimerkkinä siitä, kuinka tulonjaolliset vaikutukset muovaavat yhteiskunnan reaktiota ilmastopolitiikan kiristämiseen, toimii Ranskan keltaliiviliike. Tämä liike sai alkunsa vuonna 2018 reaktiona presidentti Macronin suunnitelmiin nostaa liikenne- polttoaineiden hiilen hintaa edellisen hallituksen luoman pitkän tähtäimen suunnitelman mukaisesti. Protestiliike sai laajalti huomiota ja johti suunnittelun, ja luvatus, hiilen hinnan tasaisen nousun katkaisemiseen. Yhteiskunnalliset poliittiset vastareaktiot voivat näin hidastaa ilmastopolitiikkaa tai jopa estää sen kokonaan. Tämä ei ollut ainutkertainen tapahtuma: Britanniassa vastaavasti kiristytävä polttoainevero pysäytettiin vuonna 2000 kuljetusalan protestien myötä.

Hiilen hinnoittelun vaikutusten kompensatio

Epätasaisesti eri ryhmiin kohdistuvat hiilen hinnoittelun kustannukset ovat kuitenkin vain kolikon yksi puoli. Hiilen hinnoittelu tuottaa oikein suunniteltuna valtiolle myös verotuloja: joko hiiliverotulojen muodossa tai päästöoikeuksien huutokauppaamisen tuottoina. Näillä tuloilla voidaan pehmentää ilmastopolitiikan häviäjien kokemia tappioita. Tapoja on erilaisia.

Julkisilla *sopeutumista auttavilla tuilla* (esim. tukemalla rakennusten energiatehokkuutta parantavia investointeja tai tukemalla fossiiliselta sektorilta poistuvan työvoiman uudelleen kouluttautumista) voi pyrkiä auttamaan yrityksiä, kuluttajia ja työntekijöitä. Hiilen hinnoittelun tulot voidaan myös palauttaa kansalaisille suoraan tai käyttää ne muiden vääristävien verojen laskemiseen.⁷

Esimerkiksi Itävallassa EU:n päästökauppajärjestelmän ulkopuolelle jäävistä päästöistä pitää maksaa hiilivero, jonka *Klimabonus*-järjestelmä kierrättää takaisin kansalaisille, niin että bonus on pyritty kohdentamaan kuluttajille, joiden on vaikeampi sopeutua hiiliveroon. Päästökauppajärjestelmässä on myös mahdollista tukea yrityksiä jakamalla päästöoikeudet ilmaiseksi. Tämä on se keino, jolla EU:n päästökauppajärjestelmä saatiin aikoinaan käyntiin.

Esimerkiksi Saksassa Angela Merkelin hallitus ajoi läpi suunnitelman sulkea maan hiiliteollisuus vuoteen 2038 mennessä. Tähän ohjelmaan liittyi 44 miljardin euron tukipaketti, joka kohdistui etenkin maan itäosiin, joissa ruskohiili on ollut merkittävä teollisuudenala. Paketti sisälsi sekä investointitukia osavaltioille auttamaan siirtymässä että korvauksia hiilivoimaloita omistaville energiayhtiöille. Tämä suunnitelma on yhä voimassa huolimatta Venäjän Ukrainassa käymän valloitus sodan vaikutuksista.

Ranskassa keltaliiviliikkeen jälkeen toteutettu kyselytutkimus osoittaa, että vastaajat tyypillisesti vastustavat hiiliveroa, jonka tuotto palautetaan kuluttajille saman suuruusena (Douenne & Fabre, 2022). Enemmistö ehdotukseen kielteisesti suhtautuvista vastusti sitä, koska sen ei ymmärretty tai uskottu johtavan päästöjen vähentymiseen ja koska vastaajat arvioivat taloudelliset itselleen koetut hyödyt liian mataliksi (tai tappiot liian korkeiksi).

Yksinkertaisin tapa palauttaa hiilen hinnoittelun tuotto kuluttajille onkin nimenomaan tehdä se tasapuolisesti kaikkien kuluttajien kesken. Tällainen kompensatio voi tasoittaa hiilipolitiikan vaikutuksia eri tuloryhmien välillä: koska suurituloisimpien kulutusvalinnat tyypillisesti tuottavat valtaosan hiilipäästöistä, he toimisivat tällaisen politiikan nettomaksajina, kun taas pienituloiset hyötyisivät palautuksista enemmän kuin joutuisivat maksamaan hiili-intensiivisten tuotteiden hintojen noususta. Esimerkiksi Yhdysvaltojen kontekstissa tällainen politiikka saattaisi vähentää kotitalouksien enemmistön nettoerotusta, niin että suurimmat hyödyt koituisivat vähiten kuluttaville (ts. vähävaraisimmille) kotitalouksille (Cronin ym., 2019). On kuitenkin tärkeää muistaa, että tulokset riippuvat voimakkaasti kontekstista, olemassa olevasta tulojen ja kulutuksen jakautumisesta ja verojärjestelmästä. Lisäksi työmarkkinoiden reaktio voi vaikuttaa tuloksiin voimakkaasti. Saksalaiseen lähdeaineistoon pohjautuvan mallinnuksen mukaan hiiliverosta seuraava hintojen nousu voi vähentää suurituloisten työpanosta sekä kulutusta, ja tämä reaktio voi vähentää voimakkaasti hiiliveron nettotuloja tasoittavaa vaikutusta (van der Ploeg ym., 2022).

Hiilen hinnoittelun kompensatio tasoittaisi vaikutuksia eri tuloryhmien välillä.

Politiikasta seuraaviin tappioihin perustuva kompensatio voi olla vaikeaa kohdentaa täsmällisesti ja siten, että äänestäjät uskaltavat luottaa kompensatioon. Suomessa on laajan rekisteridatan ansioista poikkeuksellisen hyvät tekniset mahdollisuudet arvioida esim. kuluttajien alttiutta hiilen hinnoittelun aiheuttamille tappioille. Vihreä siirtymä tulee kuitenkin aiheuttamaan suuria muutoksia talouden rakenteisiin, ja Suomenkin kontekstissa on hyvin vaikea arvioida etukäteen sitä, miten talous kokonaisuudessaan muuttuu sopeutuessaan uuteen energijärjestelmään.

Sähkön tuotanto on tällä hetkellä laajalti uusiutuva, mutta liikenteen ja teollisuuden sähköistäminen tulee nostamaan sen kysyntää merkittävästi, kunnianhimoiset päästötavoitteet voivat tarkoittaa biomassan energiakäytön kallistumista, ja Suomen ulkopuolisten markkinoiden kehityksen vaikutus sähkön vientiarvoon on vielä epäselvä. Tästä syystä on vaikea myös ennakoida täsmällisesti energiahintojen todellista muutosta tai sitä, miten se kohtaantuu eri tuottajiin ja kuluttajiin – ja siten sitä, miten kompensatio tulisi kohdentaa, jotta se todella hyvittäisi häviäjien kokemat tappiot tavalla, joka koetaan oikeudenmukaiseksi.

Vihreä siirtymä tulee aiheuttamaan suuria muutoksia talouden rakenteisiin.

Kompensaatiota voisi korjata vihreän siirtymän edetessä niin, että sen kohdentumista säädetään ilmastopolitiikan lopullisten tulon- ja varallisuudenjaollisten vaikutusten paljastuessa. Tässä vaihtoehdossa on kuitenkin vaarana se, että se kannustaa kuluttajia ja tuottajia pitäytymään toimintamalleissa, joiden he ennakoivat ansaitsevan enemmän kompensaatiotukia tulevaisuudessa (Blanchard ym., 2023). Voi olla kannattavaa investoida saastuttavaan hiilivoimaan, mikäli uskoo valtion tulevaisuudessa hyvittävän mahdollisen hiiliverotuksen aiheuttamat tappiot. Esimerkiksi Fortum onkin käynyt oikeustaistelua Alankomaissa siitä, tulisiko yhtiön saada hiljattain

ostamiensa hiilivoimaloiden osalta hyvitystä Alankomaiden valtion tiukentamien ilmastotoimien vuoksi. Uuteen fossiiliseen pääomaan sijoittaminen siinä toivossa, että politiikan tiukentuessa valtio on valmis korvaamaan mahdolliset tappiot, hidastaisi hinnoittelun tavoitetta – yhteiskunnan muutosta vähemmän kasvihuonekaasuja päästävään suuntaan.

Investointien ja poliittisten odotusten vuorovaikutus

Vihreä siirtymä vaatii asianmukaisia investointeja, jotta sen kustannukset pysyvät siedettävänä. Korkea hiilivero, joka nostaa polttoainekustannuksia, saa aikaan suurempia taloudellisia vaikutuksia, mikäli yhteiskunta on yhä merkittävästi riippuvainen fossiilisiin polttoaineisiin kytkeytyvästä infrastruktuurista ja kestohyödykkeistä. Mikäli autokanta on yhä polttomoottoripohjainen, ja sähkön hinnan määrittävä tuotantomuoto käyttää polttoaineenaan hiiltä tai maakaasua, hiilen hinnan korotus sekä vähentää enemmän talouden kokonaistoimintaa että aiheuttaa potentiaalisesti suurempia nettotulonjaollisia vaikutuksia.⁸ Sen sijaan pääasiassa uusiutuvaan sähköntuotantoon ja hiilivapaisiin energiamuotoihin nojaava yhteiskunta voi nostaa hiiliveroja ilman huolta tällaisista vaikutuksista.

Investointien ja hiilen hinnoittelun vuorovaikutus tarkoittaa, että ilmastopolitiikan keskeisimpiä piirteitä on sen erittäin pitkä aikajänne. Tämä aikajänne on seurausta energijärjestelmän ja muiden energiankulutukseen liittyvien investointien pitkäikäisyydestä. Hiili- ja kaasuvoimaloiden käyttöikä on 30–40 vuotta tai jopa kauemmin (Cui ym., 2019; Tong ym., 2019). Jos ajatellaan vihreän siirtymän vaativan muutoksia liikkuamiseen ja kaupunkirakenteeseen, aikajänne on jopa pidempi: liikennejärjestelmän investointien ja rakennusten eliniät ovat 30–70 vuotta (Kapur ym., 2008). Kuluttajien pääoma (kiinteistöt) ja jotkut kestohyödykkeet (esim. autot) ovat vastaavasti varsin pitkäikäisiä.

Ilmastopolitiikan keskeisimpiä piirteitä on pitkä aikajänne.

Optimaalinen vihreä siirtymä vaatii valtavia investointeja. Arvioiden mukaan nämä investoinnit voivat olla esim. Ranskassa suuruusluokkaa 2 % bruttokansantuotteesta vuonna 2030 (Pisani-Ferry & Mahfouz, 2023). Tämä on erittäin suuri summa ottaen huomioon, että bruttoinvestoinnit kattavat noin neljänneksen EU:n bruttokansantuotteesta. Osa näistä investoinneista on julkisia, mutta merkittävä osa koostuu yksityisistä investoinneista.

Yksityiset, pitkäikäiset investoinnit riippuvat keskipitkän ja pitkän tähtäimen odotuksista yrityksen toimintaympäristön suhteen, ja yksi keskeisistä piirteistä tässä toimintaympäristössä tulee olemaan vallitseva hiilen hinta. Kaasuvoimalaan investoiva yhtiö ei ole niinkään kiinnostunut hiilen hinnasta tänä vuonna tai edes seuraavan muutaman vuoden aikana: investointipäätös riippuu hiilen keskimääräisestä hinnasta pidemmällä aikajäljenteellä. Täten investoinnit riippuvat enemmänkin pidemmän aikavälin odotuksista kuin tämänhetkisestä hiilen hinnasta.

Poliittiset toimijat – yksilöinä ja organisaatioina – pyrkivät tyyppillisesti vaikuttamaan poliittisiin päätöksiin omia etujaan edistävällä tavalla. Viime aikojen epäonistumiset hiilen hinnoittelussa johtuvat siitä, että menneiden investointipäätösten seurauksena kunnianhimoinen ilmastopolitiikka on liian monen toimijan välittömien etujen vastaista, ja nämä toimijat ovat käyneet vastustamaan tiukempaa politiikkaa. Jos samat toimijat olisivat aiemmin valinneet investointinsa toisin – sijoittaneet vähäpäästöiseen teknologiaan valmistusprosessissaan, rakentaneet tuulivoimalan kaasuvoimalan sijaan, ostaneet energiatehokkaan kodin, rakentaneet elämänsä julkisen liikenteen ympärille yksityisautoilun sijaan – he puoltaisivat tiukempaa ilmastopolitiikkaa tai ainakin vastustaisivat sitä vähemmän. Esimerkiksi pohjoismaiset, ydin- ja vesivoimaa omistavat sähköyhtiöt ovat jo pyrkineet lobbaamaan päästöjen tiukemman säätelyn puolesta.

Vihreä siirtymä vaatii
valtavia investointeja.

Koska energiajärjestelmän infrastruktuuri vaikuttaa ilmastopolitiikan kustannuksiin, ja korkeat kustannukset voivat puolestaan aiheuttaa vastustusta ja jopa vesittää päätöksentekijöiden yritykset kiristää politiikkaa, yksityiset toimijat joutuvat investointeja arvioidessaan pohtimaan muiden toimijoiden investointien suuntaa. On ikävä olla ainoa kaasuvoimalaan sijoittava yhtiö ympäristössä, jossa kilpakumppanit sijoittavat voimakkaasti uusiutuvaan sähköntuotantoon, sillä tämä ennakoi tulevaisuudessa kilpakumppanien pyrkivän saamaan poliitikot nostamaan hiilen hintaa. Toisaalta on riski sijoittaa uusiutuvaan tuotantoon, mikäli yhteiskunta päättyy pysymään riippuvaisena fossiilisista polttoaineista, sillä tällöin poliittinen vastarinta voi pitää tulevan hiilen hinnan matalana, joka puolestaan vähentää tuuli- tai aurinkovoimalan kilpailukykyä.

Ilmastopolitiikassa piileekin vaara itsensä toteuttavasta ennustuksesta (Kalkuhl ym., 2020). Teknisemmin ilmaistuna, ilmastopolitiikka ja investoinnit voivat muodostaa erilaisia tasapainoja ja lopputulemia, joissa yksilöt, yritykset ja poliittiset toimijat kaikki toimivat optimaalisesti odotuksiinsa ja realiteetteihin nähden, mutta joiden seuraukset ovat hyvin erilaiset. Epäsuotuisassa tasapainossa odotukset matalasta hiilen hinnasta kanavoivat investoinnit suhteellisen 'likaisiin' tuotanto- ja kulumuotoihin; ja näiden omistajat onnistuvat puolestaan todennäköisemmin torpedoimaan tulevat pyrkimykset kiristää ilmastopolitiikkaa ja nostaa hiilen hinnoittelua, joka vahvistaa odotukset oikeiksi (ja siten investointipäätökset sijoittajien kapeiden etujen mukaisiksi).

Ilmastopolitiikassa piilee
vaara itsensä toteuttavasta
ennustuksesta.

Suotuisammassa tasapainossa puolestaan odotukset korkeasta hiilen hinnasta ohjaavat investointeja uusiutuvaan suuntaan. Tämä tarkoittaa, että fossiiliset tuotantomuodot ovat tulevaisuudessa vähemmistössä ja siksi kykenemättömiä vastustamaan kunnianhimoisempaa hiilen hinnoittelua, joka puolestaan tarkoittaa, että sijoittajat toimivat viisaasti sijoittaessaan uusiutuviin energiamuotoihin.

Toisin sanoen: tämän päivän investointien suuntaa ohjaamalla vaikutetaan tulevaisuuden hiilen hinnoittelupolitiikkaan. Olennaista onnistuneen ilmastopolitiikan

kannalta onkin siksi vaikuttaa odotuksiin tänään: vakuuttaa yksityiset toimijat siitä, että tulevaisuus todella on vihreä. Näin tämän päivän investoinnit kanavoituvat sellaisiin kohteisiin, jotka ovat yhteensopivia myös tiukan ilmastopoliitiikan kanssa. Seuraavaksi pohdin tapoja, joilla poliittiset päätöksentekijät pystyvät vaikuttamaan yksityisten toimijoiden odotuksiin.

Poliittista uskottavuutta edistävä ilmastopoliitiikka

Miten poliittiset ja teknokraattiset päätöksentekijät pystyvät vaikuttamaan yksityisen sektorin odotuksiin, ja näin ollen näiden tekemiin päätöksiin?

Uskottava kommunikaatio

Uskottava kommunikaatio on keskeisessä roolissa rahapolitiikassa: inflaatio riippuu merkittävässä määrin yksityisten toimijoiden odottamasta inflaatiosta, ja keskuspankit voivat näin ollen vaikuttaa inflaatioon uskottavalla kommunikaatiolla. Usean tasa-painon ongelma esiintyy myös pankki- ja valuuttakriiseissä: kommunikaatiolla olikin merkittävä rooli eurokriisin taltuttamisessa vuonna 2012, kun Mario Draghi dramaattisesti lupasi rahoitussektorille Euroopan keskuspankin (EKP) tekevän ”mitä vaaditaan” puolustaakseen euroalueen yhtenäisyyttä.

Taloustieteilijät ovatkin tarkastelleet paljon inflaatio-odotusten muodostumista ja kommunikaation roolia tässä (Blinder ym., 2008, 2017). Olennaisena sekä tutkijoiden että päätöksentekijöiden keskuudessa pidetään keskuspankin uskottavaa mainetta. Tällaisen maineen keskuspankki saavuttaa toimimalla siten, että se saavuttaa inflaatiota-voitteensa. Koska inflaatio reagoi verrattain lyhyellä aikavälillä, keskuspankeilla on si-

ten tilaisuus osoittaa uskottavuutensa joka kuukausi tai kvartaali.

Vuonna 2008 alkaneen finanssikriisin jälkeen keskuspankit ovat joutuneet myös turvautumaan pidemmän tähtäimen lupauksiin, eli ennakoivaan viestintään (*forward guidance*). Vaikka tällaisen viestinnän uskottavuus vahvistetaan vasta pidemmän ajan kulut-

tua, vaikuttaa siltä, että se on ollut toimivaa; toisin sanoen markkinat ovat uskoneet keskuspankkien ennakoivaan viestintään (Blinder ym., 2017).

Voisiko odotuksia ilmastopoliitiikan tulevaisuudesta muokata samoin ’pelkkien lupausten’ voimalla? Ikävä kyllä ilmastopoliittisen päätöksenteon piirteet ovat keskeisillä tavoilla rahapoliittisen päätöksenteon vastakohta, ja tämä tekee ilmastopoliitiikasta vähemmän uskottavaa.

Keskuspankki harjoittaa tavanomaista rahapolitiikkaa markkinaoperaatioiden muodossa joka päivä, ja tämä rutiinomaisuus tarjoaa sille jatkuvan mahdollisuuden osoittaa uskottavuutensa. Keskuspankin käyttämällä työkaluilla on tyypillisesti myös verrattain suora kytkös rahapoliittisiin tavoitteisiin. Ilmastopoliittinen päätöksenteko – tavoitteiden määrittäminen ja niiden saavuttamiseen pyrkivien instrumenttien

Ilmastopoliittista uskottavuutta on vaikea ansaita.

säätäminen, kuten vaikkapa hiiliveron korjaaminen – on puolestaan paljon harvinaisempi tapahtuma.

Rahapolitiikan onnistumista voi myös arvioida verrattain lyhyellä tähtäimellä. Inflaatio reagoi rahapoliittisiin instrumentteihin varsin nopeasti, vuoden tai kahden sisällä. Ilmastopolitiikan onnistuminen (investointien uudelleenohjautuminen) mitataan huomattavan paljon pidemmällä aikavälillä. Päästövähennyksien todentaminen vie vuosia, ja lopullinen tavoite – pitkän tähtäimen kumulatiivisten päästöjen lasku – voidaan todentaa vasta vuosikymmenten päästä.

Ilmastopolitiikan uskottavuutta heikentävät myös aiemmat epäonnistumiset saavuttaa tehtyjä ilmastolupauksia, joko saavutusten suhteen tai edes politiikkainstrumenttien pysyvyyden osalta. Keltaliivien aikaansaama U-käännös Ranskassa on vain yksi esimerkki, jossa poliitikot ovat joutuneet pyörtämään lupauksiaan ilmastopolitiikan suunnasta. Britanniassa vastaavasti nouseva polttoainevero pysäytettiin jo vuonna 2000. Myös Suomessa polttoaineiden jakeluvetoitetta hellitettiin polttoaineen hinnan nousun myötä 2022; Orpon hallitus on laskenut polttoaineveroja ja on myös laskemassa ajoneuvoveroja. Rahapolitiikalla on puolestaan verrattain uskottava historia tavoitteidensa saavuttamisessa, lukuun ottamatta vuosien 2022 ja 2023 inflaatiopiikkiä ja kenties eurokriisin aikaista inflaation laskua EKP:n tavoitteen alle.

Viimeinen tekijä on keskeinen, ja se liittyy päätöksentekijöiden luonteeseen. Rahapolitiikan päätöksentekijä on teknokraattinen keskuspankkiiri, jonka asema on tyypillisesti eristetty vahvasti poliittiselta paineelta. Nimitykset ovat tyypillisesti hyvin konservatiivisia, niin että uusi virkaan astuva keskuspankkiiri on tyypillisesti laajalti ottaen edeltäjänsä kaltainen. Ilmastopolitiikasta ovat puolestaan vastuussa demokraattisesti valitut poliittiset päätöksentekijät, jotka ovat toimistaan välittömästi vastuussa äänestäjilleen. Hallituksen vaihtuessa harjoitettu politiikka saattaa usein muuttua dramaattisestikin. Esimerkiksi Australiassa hiiliverotusjärjestelmä otettiin käyttöön 2012 työväenpuolueen toimesta, mutta hallituksen vaihduttua järjestelmä kumottiin vain kahta vuotta myöhemmin.

Kaikki nämä tekijät heikentävät poliittisten päätöksentekijöiden mahdollisuuksia vakuuttaa markkinat tulevan ilmastopolitiikan tiukkuudesta pelkillä lupauksilla. Siksi ilmastopolitiikan uskottavuuden vahvistamiseksi tarvitaan toisenlaisia instrumentteja.

Ilmastopolitiikan uskottavuutta heikentävät aiemmat epäonnistumiset.

Voiko ilmastopolitiikan siirtää teknokraattisen päätöksentekijän vastuulle?

Investointien ohjaus ja uskottavuus

Mikäli päätöksentekijät eivät onnistu vaikuttamaan yksityisten sijoittajien valintoihin sanoillaan, heidän pitää vaikuttaa niihin teoilla (Harstad, 2020). Minkälaisilla teoilla? Koska monet investoinnit riippuvat ilmastopolitiikan tiukkuudesta vasta keskipitkän

aikavälin tulevaisuudessa, tämän päivän hiiliverotuspäätökset eivät ohjaa investointien suuntaa (ja hiiliverotuksen tiukentaminen voi myös kohdata kovaa vastustusta edellä mainituista syistä). Vaihtoehtona on pyrkiä vaikuttamaan investointipäätöksiin suoraan: esimerkiksi tukemalla vihreitä sijoituksia, verottamalla fossiilisia sijoituksia, toteuttamalla julkisia sijoituksia, jotka tukevat ja rohkaisevat yksityisiä vihreitä sijoituksia, tai jopa määräämällä tiettyjen sijoitusten suunnasta lainsäädännöllä ja asetuksilla.

Ennen näiden ohjauskeinojen läheisempää tarkastelua pyrin alleviivaamaan tärkeitä mekanismeja, jotka liittyvät tällaiseen ohjaukseen.

Ensimmäinen huomioon otettava seikka on *vihreiden sijoitusten ja hiilen hinnoittelun toisiaan tukeva luonne*. Vihreiden sijoitusten tukeminen luo eturyhmiä, jotka pyrkivät tulevaisuudessa ajamaan omaa poliittista etuaan (Meckling ym., 2017). Silloin, kun 'vihreä' varallisuus kilpailee markkinoilla halpaan fossiiliseen energiaan pohjautuvan

Vihreiden sijoitusten tukeminen voi olla välttämätön askel ennen hiilen kattavaa hinnoittelua.

varallisuuden kanssa – niin kuin tuulivoima kilpailee fossiilisen sähkön kanssa, tai energia- tehokasta teknologiaa käyttävä tuotantolaitos kilpailee tehottomamman laitoksen kanssa – vihreän varallisuuden omistajilla on kannus-

tin edistää hiilen hinnoittelua. Tämä on seurausta siitä, että hiilen hinnoittelu tekee vihreästä tuotannosta kilpailukykyisempää nostamalla vähemmän vihreiden kilpailijoiden tuotantokustannuksia.

Tämä tarkoittaa, että vihreiden sijoitusten tukeminen voi olla välttämätön astin- kivi matkalla kohti kunnianhimoisempaa hiilen hinnoittelua. Kyse ei ole valinnasta hiilen hinnoittelun ja sijoitustukien välillä; kyse on siitä, että sijoitustuet voivat laajentaa tulevia mahdollisuuksia hiilen hinnoitteluun löysäämällä poliittisia reunaeh- toja, jotka rajoittavat päätöksentekijöiden vaihtoehtoja. Tämänkaltaisen prosessi on ollut keskeinen syy esimerkiksi aurinko- ja tuulivoiman menestykseen Saksassa (Jacobsen & Lauber, 2006).

Toinen seikka on, että tilanteessa, jossa poliittistaloudellinen järjestelmä voi asettua eri tasapainoihin, *politiikan tulee antaa järjestelmälle riittävän suuri sysäys*, jotta se siirtyy suosiollisempaan tasapainoon. Tasapainot ovat määritelmällisesti vakaita pienille heilahduksille. Ilmastopoliitiikan tapauksessa varovainen politiikka (pienehkö investointituki) ei välttämättä siirrä yksityisten toimijoiden odotuksia riittävästi, niin että itseään ruokkiva vihreiden sijoitusten ja tiukemman hiilen hinnoittelun kierre lähtisi käyntiin. Usean tasapainon tilanteessa päätöksentekijän tulee ottaa käyttöön riittävän radikaalit ilmastopoliittiset keinot (van der Ploeg & Venables, 2022).

Kolmas seikka on seurausta edellisistä: *vihreitä investointeja tukevan politiikan voi lakkauttaa silloin, kun odotusten, sijoitusten ja hiilen hinnoittelun kierteestä tulee vääjää- mätön*. Kun vihreät sijoitukset ovat niin merkittäviä, että yksityiset toimijat näkevät niiden väistämättä ajavan kohti tiukennettua hiilen hinnoittelua, päätöksentekijä voi ottaa sormensa pois vaa'alta ja nojata tästä eteenpäin vain pelkkään hiilen hinnoit- teluun. Samanlainen väliaikaista tukipoliittikkaa vaativa, sitten itseään kannatteleva

investointien uudelleensuuntautuminen voi seurata myös teknologisen kehityksen itseään ruokkivasta luonteesta (Acemoglu ym., 2012).

Neljäs tärkeä seikka on se, että vaikka ne ovat tehostomia taloustieteen näkökulmasta – ne eivät saavuta optimaalista lopputulosta – *investointeja tukevien instrumenttien käyttö voi olla perusteltua poliittisten rajoitteiden vuoksi*. Klassinen argumentti hiilen hinnoittelun tehokkuudesta nojaa vahvasti olettamukseen siitä, että politiikantekijä voi sanella hiilen hinnan juuri haluamalleen tasolle riippumatta eturyhmien painostuksesta. Mikäli eturyhmien läsnäolo asettaa päätöksentekijöille reunaehtoja, pelkkään hiilen hinnoitteluun nojaaminen voi johtaa hyvinkin epäoptimaaliseen lopputulokseen (Acemoglu & Robinson, 2013). 'Toiseksi parhaan' (*second best*) investointitukien perustuvan politiikan ylimääräisiä kustannuksia voi kuitenkin rajoittaa se, että sitä tarvitsee käyttää vain niin pitkään, että yksityisten toimijoiden odotukset muuttuvat pysyvästi.

Mahdollisten investointitukien suunnittelussa huomioitava niiden poliittinen tehokkuus.

Viidentenä ja viimeisenä seikkana tulee huomioda, että *investointituet voivat olla kalliita ja ne tulee suunnitella ottaen huomioon niiden poliittinen tehokkuus*. Toisin sanoen päätöksentekijöiden tulee harkita strategisesti, miten käyttää verovaroja niin, että halluttu poliittinen vaikutus saavutetaan mahdollisimman tehokkaasti. Olennaista on saada muodostettua pienimmällä mahdollisella yhteiskunnallisella kustannuksella juuri niin suuri vihreää siirtymää tukeva poliittinen koalitio, joka tekee siirtymästä vääjäämättömän. Tämä vaatii yhtäaikaista arviota politiikan vaikutuksista taloudellisiin valintoihin ja taloudellisten valintojen vaikutuksista poliittiseen tasapainoon, ja sikäli vaatii yhteistyötä talouden ja politiikan ammattilaisten välillä.

Instrumentteja vihreiden investointien tukemiseen

Suora tuki vihreille sijoituksille: ilmastopolitiikka voi tukea vihreitä sijoituksia suoraan ohjatakseen yksityisten toimijoiden sijoituspäätösten suuntaa. Tällaisten sijoitusten tukeminen luo eturyhmiä, ja näiden eturyhmien kasvaessa myös niiden poliittinen vaikutusvalta kasvaa. Tukien tulee tietenkin olla vaikuttavia, niin että ne saavat sijoittajat valitsemaan vihreän vaihtoehdon. Etenkin mikäli järjestelmässä on useita tasapainoja – 'vihreä' tasapaino ja 'fossiilinen' tasapaino – tukien tulee olla myös riittävän suuria, jotta ne saavat yksityisen sektorin uskomaan, että järjestelmä on keikahtamassa vihreän tasapainon suuntaan vievälle polulle. Vihreiden sijoitusten ja vihreiden odotusten kierteen ansiosta sijoituksia ei kuitenkaan tarvitse tukea loputtomiin – vaan pelkästään siihen pisteeseen asti, jossa odotukset ovat muuttuneet ratkaisevassa määrin, niin että kierre kannattelee itseään jopa ilman tukia. Viimeaikaisia pyrkimyksiä harjoittaa 'vihreää teollisuuspolitiikkaa' (esim. Yhdysvalloissa Bidenin hallituksen *Inflation Reduction Act* tai EU:n suunnittelupöydällä oleva *Net Zero Industry Act*) voikin osaltaan puolustaa sillä, että ne tulevat muuttamaan poliittista tasapainoa vihreän siirtymän suuntaan.

Fossiilisten sijoitusten verottaminen / kieltäminen: Fossiilisten sijoitusten rajoittamisella, joko verottamalla investointeja tai kieltämällä ne kokonaan, voidaan pienentää niitä puolustavien eturyhmien tulevaa kokoa. Esimerkiksi hiiliteollisuuden alasajoa määräyksiin on suositeltu (Collier & Venables, 2014). EU on päättänyt kieltää polttomootoriautot vuodesta 2035 eteenpäin. Saksassa puolestaan on käyty poliittista kamppailua siitä, pitäisikö uusien kaasulämmitteisten boilerien asentaminen

kieltää. Tällaiset kiellot väistämättä vaikuttaisivat siihen, kuinka paljon vastustusta hiilen hinnoittelu kohtaa tulevaisuudessa.

Fossiilisten sijoitusten rajoittaminen voi kohdata vähemmän vastustusta kuin hiilen hinnoittelu.

Kiellot eivät ole poliittinen 'hopealuoti', sillä nekin ovat kohdanneet vastustusta ja muut-

tuneet eri maissa poliittisiksi kiistakapuloiksi. Sijoitusten rajoittaminen voi kuitenkin tänä päivänä kohdata vähemmän vastustusta kuin hiilen hinnoittelu, sillä uusien sijoitusten rajoittaminen vähentää niiden osalta vain voittoja, jotka jäisivät yli sijoituskustannusten jälkeen, ilman että se rajoittaa olemassa olevien sijoitusten voittoja (von Dulong ym., 2023). Mikäli sijoituskielto aiheuttaa väliaikaista niukkuutta esim. energiamaarkkinoilla, se voi jopa väliaikaisesti kasvattaa olemassa olevan pääoman (mukaan lukien fossiilinen pääoma) ansaitsemia voittoja (Baldwin ym., 2020).

Julkiset sijoitukset, jotka tukevat yksityisiä vihreitä sijoituksia: Vihreä siirtymä vaatii investointeja myös julkiselta sektorilta, ja tällaiset julkiset investoinnit voivat vaikuttaa yksityisten investointipäätösten suuntaan. Esimerkiksi investoinnit junaliikenteen laajentamiseen voivat hidastaa autokannan ja autoiluinfrastruktuurin kasvua, julkiset investoinnit uusiutuvaan energiaan kannustavat yksityisiä toimijoita

panostamaan enemmän energian varastointiteknologioiden kehittämiseen, ja investoinnit sähköverkkoon voivat kannustaa yksityisiä toimijoita rakentamaan enemmän uusiutuvaa sähköntuotantoa. Toisaalta taas päästötensiivisemmät sijoitukset voivat kasvaa niitä tukevien julkisten investointien myötä (esim. moottoriteiden rakentaminen voi tukea autokannan kasvua).

Julkiset ohjelmat, kuten *NextGenerationEU*, voivat vaikuttaa yksityisen sektorin odotuksiin.

Yksityisten investointien suunta, kuten aiemmissa esimerkeissä, vaikuttaa jälleen poliittiseen tasapainoon (ja sitä kautta odotuksiin tulevasta hiilen hinnasta). Etenkin suuret julkiset ohjelmat, kuten EU:n elpymisväline *NextGenerationEU*, voinevat oikein käytettynä vaikuttaa yksityisen sektorin odotuksiin merkittävästi.

Muu säättely: Muu valtion ja paikallishallinnon toimesta asetettu säättely vaikuttaa myöskin investointien suuntaan. Kaavapäätökset kaupunkirakenteen tiiviyydestä vaikuttavat vuosikymmenten ajan siihen, miten helppoa asukkaiden on sopeutua vihreämpään talouteen, jossa hiilidioksidipäästöt ovat tiukasti hinnoiteltuja. Asuinrakentamiseen liittyvät ylimitoitettut parkkipaikkavaatimukset rohkaisevat yksityisautoiluun keskittyvään elämäntyyliin ja sitä kautta vaikuttavat tulevaan energiankulutukseen ja vihreän siirtymän poliittiseen suosioon.

Poliittisesti realistinen ilmastopoliitiikka

Taloustieteen perinteinen ohje ympäristöhaittojen hallintaan on selkeä: pakottaa yksityiset toimijat ottamaan hiilipäästöjen ulkoisvaikutukset huomioon hiilen hinnoittelulla, korjataan mahdolliset muut markkinavääristymät ja antaa markkinoiden toimia. Tämä on juuri oikea ohje yhteiskunnallista hyötyä tavoittelevalle päätöksentekijälle, jolla on poliittinen *carte blanche* toimia parhaaksi katsomallaan tavalla. Tällaisen vapauden päätöksentekijälle suo vaikkapa se, että ne, jotka ovat kyseisten uudistusten häviäjiä, ovat verrattain pieni joukko, joilla joko ei ole riittävästi poliittista vaikutusvaltaa pysäyttää uudistusta, tai joille voi käytännössä hyvittää ainakin osan heidän kokemistaan tappioista.

Perinteinen ohje on myös oikea tilanteessa, jossa ympäristöä vahingoittavaa toimintaa on mahdollista säädellä välittömästi kohtuullisin kustannuksin. Tällöin ohjeella alleviivataan sitä, että markkinavääristymien korjaamisella päätöksentekijä voi saavuttaa lopputuloksen, joka parantaa yhteiskunnan kokonaisuhyötyä ja siten potentiaalisesti lähes kaikkien ryhmien asemaa. Jäljellejäävät vääristymät voivat yhä aiheuttaa ristiriitaa kokonaisuhyödyn maksimoimisen ja tulonjaollisen reiluuden välille, mutta oikea vastaus tähän saattaakin olla se, että päätöksentekijän tulisi keskittää huomionsa näidenkin vääristymien korjaamiseen.

Ilmastopoliitiikkaan perinteinen ohjenuora on liian rajoittunut. Syy tähän on kahtalainen. Ensimmäinen, vihreässä siirtymässä ei ole kyse yhteiskunnan ja talousjärjestelmän pienien yksityiskohtien hienosäädöstä. Riittävän kunnianhimoinen politiikka tulee johtamaan perustavanlaatuisiin muutoksiin mm. energiajärjestelmäämme ja sitä kautta koko talousjärjestelmään. Tällä läpikotaisella muutoksella voi olla merkittäviä vaikutuksia tulojen ja varallisuuden jakautumiseen, koska se vaikuttaa olemassa olevan pääoman – sekä fyysisen että inhimillisen – arvoon. Näiden pääomien omistajilla on merkittävät kannustimet pyrkiä jarruttamaan ilmastopoliitiikkaa tai estämään sen toteutumisen jopa kokonaan.

Toiseksi, vihreä siirtymä vaatii merkittäviä investointeja yksityiseltä sektorilta, ja nämä investoinnit riippuvat tulevien hallitusten päätöksistä, jotka ovat vielä toistaiseksi vain toimijoiden arvailun varassa. Tämän päivän hinnoittelupoliitiikan – markkinavääristymien korjaamisen – vaikutus sijoituksiin on hyvin epäsuora, sillä sijoitukset määräytyvät tulevan, ei nykyisen, hiilen hinnan mukaan. Samalla nyt tehtävät sijoitukset tulevat vaikuttamaan myöhempään hiilen hinnoitteluun, sillä ne tulevat rajoittamaan tulevien poliitikkojen liikkumavapautta.

Realistinen ilmastopoliitiikka ottaa tällaiset dynaamiset poliittiset vaikutukset huomioon (Acemoglu & Robinson, 2013). Tämä ei ole yksinkertaista, sillä näiden vaikutusten arvioiminen vaatii talouden ja politiikan ammattilaisten yhteistyötä. Ja koska 'politiikan ammattilaiset' ei tässä yhteydessä tarkoita ainoastaan politiikan tutkijoita

Riittävän kunnianhimoinen politiikka johtaa radikaaleihin järjestelmämuutoksiin.

vaan ehkä jopa suuremmassa määrin poliittisia päätöksentekijöitä, tämä tarkoittaa talouspoliittisen neuvonnan ja poliittisen päätöksenteon yhteenkietoutumista. Poliittiset päätöksentekijät eivät tällaisessa tilanteessa enää kykene piiloutumaan teknokraattisten, (näennäisen) 'objektiivisten' taloudellisten arvioiden taakse, eivätkä talouspoliittiset asiantuntijat voi 'pitää käsiään puhtaana' poliittisista kysymyksistä. Poliitiikan ja talouden asiantuntijoiden tulee lyödä viisaat päänsä yhteen ja kehittää yhdessä taloudellispoliittinen strategia – polku, joka johtaa vihreän siirtymän läpi.

Politiikkasuositukset

Yllä mainittu tarve suunnitella ilmastopoliitikkaa yhtäaikaaisesti sekä taloudellinen että poliittinen näkökulma huomioon ottaen tarkoittaa, että täsmällisten politiikkasuositusten tekeminen on vaikeaa. Alleviivatkaamme lopuksi silti muutamia olennaisia seikkoja.

Hiilen hinnoittelu on välttämätön mutta ei riittävä instrumentti

Vaikka yllä oleva voi vaikuttaa kritiikiltä hiilen hinnoittelua kohtaan, sanottakoon selkeästi: hiilen hinnoittelu on olennainen elementti vihreässä siirtymässä. Hinnoittelupoliitikka hyödyntää markkinoiden vahvuuksia antaen etenkin markkinatoimijoiden itse valinnoillaan paljastaa se, missä käyttötarkoituksissa yhteiskunnan kannattaa vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Päätöksentekijöiden ja säätelyn suunnittelijoiden on hyvin vaikea, suorastaan mahdoton, arvioida fossiilisten polttoaineiden eri käyttötarkoitusten suhteellisia hyötyjä. Tämän takia päästöjen vähennykset juuri markkinapohjaisilla keinoilla vähentävät yhteiskunnalle koituvia kokonaiskustannuksia.

Lisäksi, koska hiilen hinnoittelu kohdistuu suoraan ulkoisvaikutuksen syyhyn – kasviuonekaasupäästöihin –, se antaa toimijoille suorat kannustimet rajoittaa saastuttavaa toimintaa. Muut instrumentit eivät kohdistu suoraan saastuttavaan toimintaan, ja siksi niiden vaikutus päästöihin voi olla vajavainen. Esimerkiksi tuet tehokkaamman teknologian kehittämiseen tai käyttöönottoon, ilman hiilen hinnoittelua, voivat johtaa

niin kutsuttuun *rebound*-ilmiöön, jossa energiatehokkuus mitataan osittain ulos lisääntyneenä käytönä – polttoainetta vähemmän kuluttavalla autolla on halvempi ajella, ja ajokilometrien nousu puolestaan vähentää teknologian päästöjä laskevaa vaikutusta.

Hiilen hinnoittelulla tällainen *rebound*-ilmiö vältetään. Kysymys ei ole siis siitä, harjoitetaanko hiilen hinnoittelua vaiko vihreitä investointitukia: syy investointitukiin on (osittain) se, että ne mahdollistavat kireän hiilen hinnoittelun tulevaisuudessa.

Mutta hiilen hinnoittelu ei ole itsessään riittävä instrumentti saamaan aikaiseksi siirtymää, joka vaatii hyvin pitkän tähtäimen investointeja ja jossa päätöksentekijät eivät kykene uskottavasti sitoutumaan tulevaan ilmastopoliitikkaan. Pelkkään hin-

Realistinen ilmastopoliitikka tarvitsee muitakin kuin markkinapohjaisia työkaluja.

noitteluun luottaminen vaatii uskoa siihen, että markkinatoimijat ottavat tosissaan päätöksentekijöiden vakuutellut vihreän siirtymän tapahtumisesta nopealla aikataululla. Toistuvien ilmastopoliittisten U-käännösten jälkeen, ja ilmastopoliitikan yhä ollessa kiistakapulana polarisoituneella poliittisella kentällä, tällainen usko tuntuu olevan vailla vahvoja perusteita – etenkin suhteessa ripeän vihreän siirtymän yhteiskunnalliseen tärkeyteen.

Tulon- ja varallisuudenjaolliset kysymykset on otettava vakavasti

Hiilen hinnoittelu voi aiheuttaa merkittäviä tulon- ja varallisuudenjaollisia vaikutuksia.⁹ Poliittisten päätöksentekijöiden tulee ottaa nämä vaikutukset vakavasti, sillä ne ovat olennainen syy vihreän siirtymän vastustukseen. Onnistunut vihreä siirtymä on (määritelmällisesti) nettohyöty globaalille yhteiskunnalle, ja tämän nettohyödyn voi periaatteessa jakaa siten, että suuri osa yhteiskunnan eri ryhmistä kokee konkreettisia hyötyjä (verrattuna maailmaan, jossa ympäristöongelmien annetaan vaikeutua yhä vakavammiksi).

Todellisuudessa moni ryhmä yhteiskunnassa voi pelätä jäävänsä vihreän siirtymän häviäjien joukkoon. Päätöksentekijöiden tulee uskottavasti sitoutua hyvittämään siirtymän kustannuksia niille, jotka siirtymän edetessä osoittautuvat häviäjiksi – esimerkiksi tarjota apua uran vaihtamiseen tai hyvittää suoria rahallisia tappioita. Samalla tällaisen hyvityksen tulee selkeästi päteä vain 'historiallisiin' investointeihin (Blanchard ym., 2023). Vaikka aikaraja, jonka mukaan investointi määritellään 'historialliseksi', on jossakin määrin mielivaltainen, tärkeintä on lopettaa uudet investoinnit fossiilisiin polttoaineisiin. Energiayhtiölle, joka yhä tänä päivänä 'veikkaa' fossiilisten polttoaineiden puolesta sijoittamalla hiilivoimaan, tulee tehdä selväksi, että tällaisten veikkausten seurauksena koetut tappiot jäävät yhtiön omistajien maksettaviksi.

Päätöksentekijöiden tulee uskottavasti sitoutua hyvittämään vihreän siirtymän häviäjien kustannuksia.

Voi tietenkin olla, että tällainen kompensatio, jolla 'ostetaan' fossiilivarallisuutta omaavien hyväksyntä hiilen hinnoittelulle, nähdään epäoikeudenmukaisena. Onko oikein hyvittää fossiilisiin polttoaineisiin investoineelle öljy- tai energiayhtiölle tappioita, joille se on altistanut itsensä, etenkin mikäli nämä investoinnit on tehty paljon sen jälkeen, kun ymmärrys ja huoli ilmastomuutoksen vaikutuksista on ollut laajalle levinnyttä? Tällaisten kysymysten ratkaiseminen vaatii julkista keskustelua, jotta ilmastopoliittikka kompensatioineen perustuu laajalti hyväksytylle pohjalle.

Fossiilisen sektorin hallittu alasajo vähentää kustannuksia

Sellaiset fossiiliseen energiaan perustuvat investoinnit, jotka päädytään sulkemaan enenaikaisesti, ovat niiden omistajille (ja yhteiskunnalle) jälkikäteen katsoen alaskirja-

uksia, ja hiilen hinnoittelua, joka johtaisi tällaisiin sulkemisiin tullaan vastustamaan. Yhteiskunnan on helpompi muuttaa nyt tulevien investointien suuntaa: uuden hiilivoimalan rakentamatta jättäminen on huomattavasti pienempi kustannus kuin se, että laitos rakennetaan ja jätetään tämän jälkeen käyttämättä. Investointien ohjailu, ennen kuin investointipäätöksiä on tehty, pienentää sitä varallisuutta, joka tulevaisuudessa on altis kiristyvästä ilmastopolitiikasta seuraaville tappioille (von Dulong ym., 2023). Päätöksentekijät voivat tältä osin vähentää vihreän siirtymän aiheuttamia tappioita antamalla selkeitä merkkejä siitä, minkälaiset investoinnit ovat yhteensopivia vihreän siirtymän kanssa, ja rajoittamalla tällaisten investointien tekoa joko suoran säätelyn tai verotuksen keinoin. Voi olla poliittisesti helpompaa antaa olemassa olevan fossiilisen tuotannon poistua hallitusti ja keskittyä varmistamaan, että sitä korvaamaan syntyy vihreämpi tuotantorakenne – uuden pitkäikäisen fossiilisen pääoman sijaan.

Investointipäätökset tänään muokkaavat huomisen pelikenttää

Kuten yllä on alleviivattu, tänä päivänä tehtävät investointipäätökset muokkaavat huomispäivän yksityisen sektorin taloudellisia intressejä ja poliittista vaikutusvaltaa. Kuinka voimakkaasti tämän tulisi vaikuttaa erilaisten poliittisen instrumenttien käyttöön? Toisin sanoen, kuinka suuri investointituen vihreälle infrastruktuurille tulisi olla? Mitkä nimenomaiset fossiiliset varallisuuden muodot tulisi julistaa investointikieltoon? Näihin kysymyksiin on vaikea löytää täsmällistä vastausta. Mutta täsmällisyyden puute ei tarkoita sitä, että kysymykset voisi ohittaa.

Yksi vastaus on: politiikkainstrumenttien tulisi johtaa sekä selkeään odotusten muutokseen että yksityisten tukemattomienkin investointien 'vihertymiseen'. Tuki vaikkapa sähköautoille on riittävää siinä pisteessä, kun se saa aikaiseksi yksityisten toimijoiden spontaanin investoinnin latauspisteisiin.¹⁰ Yritysten ja kotitalouksien odotuksia ja investointisuunnitelmia voi myös pyrkiä selvittämään esim. systemaattisten, hyvin suunniteltujen kyselytutkimusten avulla.

Laaja poliittinen sitoutuminen vihreään siirtymään on tärkeää

Investointien kannalta on olennaista, että hiilen hinnoittelupolitiikka on uskottavasti kireämpää keskipitkällä tähtäimellä. Tästä näkökulmasta olisi tärkeää saada aikaiseksi poliittinen yhteisymmärrys vihreän siirtymän tärkeydestä ja välttämättömyydestä. Kaikkien puolueiden tulisi sitoutua vihreään siirtymään. Karkea yksimielisyyttä siirtymän aikataulusta vahvistaisi politiikan uskottavuutta ja näin sekä edesauttaisi siirtymän toteutumista että vähentäisi sen kustannuksia (vähentämällä väärin suunnattuja investointeja). Tästä syystä 2035 hiilineutraaliustavoitteesta vallitseva konsensus onkin tärkeä, ja olisi suotavaa saada viimeinenkin suuri puolue tavoitteen taakse.

Ilmastopolitiikan ja vihreän siirtymän tavoitteisiin liittyy tietenkin legitiimejä näkemyseroja vaikkapa siitä, kuinka nopea siirtymä on optimaalista tai toivottavaa. Mut-

ta poliitikkojen on syytä myös ymmärtää, että poukkoileva ja vaikeasti ennustettava siirtymä sekä hidastaa siirtymää että lisää sen kustannuksia, sikäli kuin yksityiset investoijat saattavat investoida 'väärään' teknologiaan, joka päättyykin tulevaisuudessa käyttökelvottomaksi hiilen hinnoittelun myötä. Ilmastopolitiikan keinoista voi myös olla toisistaan eriäviä perusteltuja poliittisia näkemyksiä (esim. valtio-omistajan ja markkinoiden välisestä painotuksesta). Poliitikkojen on silti syytä miettiä sitä, missä määrin epävarmuus poliittisten instrumenttien pysyvyydestä voi vaikuttaa yksityisten toimijoiden sijoituksiin. Voi olla perusteltua pyrkiä luomaan tällä politiikan osa-alueella yhtenäisempi linja ideologisesti toisistaan poikkeavien puolueiden välillä.

Yhä ei-toivottavampaa on se, että ilmastopolitiikasta tulee identiteettipoliitiikan väline. Kaikkien puolueiden on syytä ymmärtää, että vihreä siirtymä on todennäköisesti vääjäämätön prosessi niin Suomessa kuin kansainvälistikin. Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulevat sekoittamaan elämää joka puolella maailmaa, ja suorien vaikutusten lisäksi myös muualla koetut ilmastohaitat heijastuvat kauas, pohjolan perukoille asti. Siksi ilmastonmuutoksen torjuminen on kansallinen etu, joka on kaikkien suomalaisten intresseissä poliittiseen kantaan katsomatta. Etenkin identiteettipoliittinen viestintä omille kannattajille, joka rohkaisee sijoittamaan fossiilisiin kestohyödykkeisiin tai pääomaan, voi olla varsinainen karhunpalvelus tilanteessa, jossa poliittinen tasapaino ja ympäristöpolitiikka tullee keikahtamaan yhä enemmän vihreää siirtymää kohti.

Poukkoilu ja huono ennustettavuus hidastavat siirtymää ja tekevät siitä kalliimman.

Suosituksia

- Hiilen hinnoittelu on välttämätön väline kustannustehokkaan vihreän siirtymän saavuttamiseksi mutta itsessään riittämätön, sillä se herättää poliittista vastustusta.
- Uusiutuvan energian sijoitusten tukeminen on suositeltavaa poliittisten ulkoisvaikutusten vuoksi: sijoitukset luovat niitä puolustavia eturyhmiä, jotka helpottavat tulevaisuuden päätöksentekijöiden mahdollisuuksia kiristää hiilen hinnoittelua.
- Uuteen fossiilista energiaa tarvitsevaan pääomaan, infrastruktuuriin ja kestohyödykkeisiin sijoittamista tulisi torjua niitä puolustavien eturyhmien muodostumisen ehkäisemiseksi. Tämä on poliittisesti helpompaa kuin olemassa olevan fossiilisen pääoman nopeutettu alasajo.
- Odotusten muuttaminen vaatii riittävän suurta sysäystä – investointitukien tulee olla niin mittavia, että ne vakuuttavat yksityiset toimijat vihreän siirtymän vääjäämättömyydestä.
- Investointien ohjailua tarvitaan vain, kunnes odotukset vihreästä siirtymästä alkavat kannatella itseään.
- Poliittisesti realististen politiikkavälineiden suunnittelu vaatii taloustieteen ja politiikan ammattilaisten yhteistyötä.

Viitteet

- ¹ Yksinkertaisuuden nimissä viittaa vain hiilidioksidiin, joka on ihmisen aiheuttaman ilmastomuutoksen merkittävin syy. Luvun ajatukset pätevät myös muiden kasvihuonekaasujen vähentämiseen.
- ² Ympäristötaloustieteen perusteita esittelee CORE-työryhmä (2023).
- ³ Marginaalinen haitta, eli rajahaitta, on se *ylimääräinen* haitta, joka seuraa yhden hiilidioksiditonniin päästämistä ilmakehään; ts. kuinka paljon yksi hiilidioksiditonni kasvattaa kokonaisuutta.
- ⁴ 40–410 Yhdysvaltain dollaria vuoden 2020 hinnoilla, muunnettu euroiksi kurssilla \$1 = €0,88 ja lisättyä 12 % inflaatiokorjaus vuoteen 2024.
- ⁵ Suomalaisilla sähkömarkkinoilla tuulivoiman laajentuminen on jopa hyödyttänyt asiakkaita sähkön hinnan alenemisen myötä olemassa olevien tuottajien – fossiilisia polttoaineita käyttävien voimaloiden, ydinvoimaloiden ja vesivoimaloiden – kustannuksella (Liski & Vehviläinen, 2020).
- ⁶ Toisaalta kansalaiset hyötyvät myös muiden valtioiden harjoittamasta ilmastopolitiikasta. Esimerkiksi Suomen osallistuessa EU:n yhteiseen ilmastopolitiikkaan suomalaiset hyötyvät muiden jäsenvaltioiden päästörajoituksista. Pidemmällä tähtäimellä laajempi kansainvälinen ilmastoyhteistyö tarkoittaa Suomen hyötyvän monenkeskisistä päästövähennyksistä vaikkapa Kiinan ja Yhdysvaltojen kanssa. On naiivia kuvitella tällaisen yhteistyön olevan mahdollista ilman Suomen kaltaisen vauraan valtion osallistumista siihen.
- ⁷ Julkisuuudessa esiintyy ajoittain virhepäätelmä, että hiilivero, jonka tuotto palautetaan kuluttajille kättäsummana, ei vaikuta päästöihin, koska ”valtio ottaa yhdellä kädellä ja antaa toisella”. Tämä ajatus on virheellinen, koska se ei ota huomioon hiiliveron fossiilisten polttoaineiden *suhteellista* hintaa korottavaa vaikutusta, joka rohkaisee kuluttajia ja yrityksiä tekemään vähäpäästöisempiä valintoja.
- ⁸ Riippuvuus fossiilisesta energiasta tarkoittaa pientä kysyntäjoustoa, joka johtaa suurempiin hintojen muutoksiin.
- ⁹ Esimerkkinä Van der Ploeg ym. (2022) arvioivat Saksassa maltillisen hiiliveron korotuksen (€50 / tCO₂) vastaavan hyvinvointivaikutuksiltaan merkittävälle osalle kotitalouksia 2 % laskua kokonaiskulutukseen. EU:n kunnianhimoinen ilmastopolitiikka vaatii noin kaksi kertaa tämänsuuruisia korotuksia kuluvan vuosikymmenen aikana, ja lisää 2030-luvulla; optimaalinen Pigou-vero voi puolestaan vaatia vielä suurempia korotuksia (Rennert ym., 2022). Tiukan ilmastopolitiikan on näin ollen syytä odottaa johtavan merkittäviin negatiivisiin vaikutuksiin joillekin kotitalouksille. Lisäksi kotitaloudet saattavat yliarvioida näitä vaikutuksia (Douenne & Fabre, 2022).
- ¹⁰ Isossa-Britanniassa sähköautojen hankintatukien leikkaukset ovat johtaneet uusien sähköautojen osuuden kasvun hidastumiseen muttei pysähtymiseen.

Lähteet

- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. & Hemous, D. (2012). The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review*, 102(1), 131–66. <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.131>
- Acemoglu, D. & Robinson, J.A. (2013). Economics versus Politics: Pitfalls of Policy Advice. *Journal of Economic Perspectives*, 27(2), 173–192. <https://doi.org/10.1257/jep.27.2.173>
- Baldwin, E., Cai Y. & Kuralbayeva, K. (2020). To build or not to build? Capital stocks and climate policy. *Journal of Environmental Economics and Management*, 100, 102235. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.05.001>
- Blanchard, O., Gollier, C. & Tirole, J. (2023). The Portfolio of Economic Policies Needed to Fight Climate Change. *Annual Review of Economics*, 15, 689–722. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-051520-015113>
- Blinder, A. S., Ehrmann, M., De Haan, J. & Jansen, D.-J. (2017). Necessity as the mother of invention: monetary policy after the crisis. *Economic Policy*, 32, 707–755. <https://doi.org/10.1093/epolic/eix013>
- Blinder, A. S., Ehrmann, M., Fratzscher, M., De Haan, J. & Jansen, D.-J. (2008). Central Bank Communication and Monetary Policy: A Survey of Theory and Evidence. *Journal of Economic Literature*, 46(4), 910–45. <https://doi.org/10.1257/jel.46.4.910>
- Collier, P. & Venables, A. J. (2014). Closing coal: economic and moral incentives. *Oxford Review of Economic Policy*, 30(3), 492–512. <https://doi.org/10.1093/oxrep/gru024>
- CORE-työryhmä (2023). *Talous*, luku 20: Teema: Ympäristötaloustiede. Saatavilla osoitteessa <https://www.core-econ.org/the-economy/book/fi/>
- Cronin, J.A., Fullerton, D. & Sexton, S. (2019). Vertical and Horizontal Redistributions from a Carbon Tax and Rebate. *Journal of The Association of Environmental and Resource Economists*, 6(S1), 169–208. <https://doi.org/10.1086/701191>
- Cui, R. Y., Hultman, N., Edwards, M. R., He, L., Sen, A., Surana, K., McJeon, H., Iyer, G., Patel, P., Yu, S., Nace, T. & Shearer, C. (2019). Quantifying operational lifetimes for coal power plants under the Paris goals. *Nature Communications*, 10, 4759. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12618-3>
- Douenne, T. & Fabre, A. (2022). Yellow vests, pessimistic beliefs, and carbon tax aversion. *American Economic Journal: Economic Policy*, 14(1), 81–110. <https://doi.org/10.1257/pol.20200092>
- Dulong, A. von, Gard-Murray, A., Hagen, A., Jaakkola, N. & Sen, S. (2023). Stranded Assets: Research Gaps and Implications for Climate Policy. *Review of Environmental Economics and Policy*, 17(1), 161–169. <https://doi.org/10.1086/723768>
- Fullerton, D. (2011). Six Distributional Effects of Environmental Policy. *Risk Analysis: An International Journal*, 31(6), 923–929. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2011.01628.x>
- Harju, J., Kosonen, T., Laukkanen, M. & Palanne, K. (2022). The heterogeneous incidence of fuel carbon taxes: Evidence from station-level data. *Journal of Environmental Economics and Management*, 112, 102607. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102607>

- Harstad, B. (2020). Technology and time inconsistency. *Journal of Political Economy*, 128(7), 2653–2689. <https://doi.org/10.1086/707024>
- Jaakkola, N., van der Ploeg, F. & Venables, A. (2023). "Big Push" Green Industrial Policy. *Econ-Pol Forum* 24(6), 32–36. <https://www.cesifo.org/en/publications/2023/article-journal/big-push-green-industrial-policy>
- Jacobsson, S. & Lauber, V. (2006). The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology. *Energy Policy*, 34(3), 256–276. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.08.029>
- Kalkuhl, M., Steckel, J. C. & Edenhofer, O. (2020). All or nothing: Climate policy when assets can become stranded. *Journal of Environmental Economics and Management*, 100, 102214. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.01.012>
- Kapur, A., Keoleian, G., Kendall, A. & Kesler, S. E. (2008). Dynamic Modeling of In-Use Cement Stocks in the United States. *Journal of Industrial Ecology*, 12(4), 539–556. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00055.x>
- Laukkanen, M. (2023). Pricing environmental damage. Teoksessa Pouta, E., Hiedanpää, J., Iho, A., Kniivilä, M., El Geneidy, S., Kujala, H., Kyllönen, S., Laukkanen, M., Mykrä, N., Nyssölä, M., Pakarinen, J., Silvola, H., Tynkkynen, N. & Vinnari, M. (2023). *Assessing the economics of biodiversity in Finland: National implications of the Dasgupta Review*, Ministry of the Environment, ISBN 978-952-361-227-3.
- Liski, M. & Vehviläinen, I. (2020). Gone with the Wind? An Empirical Analysis of the Equilibrium Impact of Renewable Energy. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 7(5), 873–900. <https://doi.org/10.1086/709648>
- Meckling, J., Sterner, T. & Wagner, G. (2017). Policy sequencing toward decarbonization. *Nature Energy*, 2, 918–922. <https://doi.org/10.1038/s41560-017-0025-8>
- Pigou, A. C. (1920). *The Economics of Welfare*. London: Macmillan.
- Pisani-Ferry, J. & Mahfouz, S. (2023). *Les incidences économiques de l'action pour le climat*, France Strategie. Ladattu 20.9. 2023 osoitteesta https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/2023-incidences-economiques-transition-climat-rapport-de-synthese_1.pdf
- Ploeg, F. van der, Rezai, A. & Reanos, M. T. (2022). Gathering support for green tax reform: Evidence from German household surveys. *European Economic Review*, 141, 103966. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2021.103966>
- Ploeg, F. van der & Venables, A. J. (2022). Radical climate policies. CEPR Discussion Paper No. 17677. Ladattavissa osoitteesta <https://cepr.org/publications/dp17677>
- Rennert, K., Errickson, F., Prest, B. C., ... & Anthoff, D. (2022). Comprehensive evidence implies a higher social cost of CO₂. *Nature*, 610, 687–692. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05224-9>
- Tol, R. S. J. (2023). Social cost of carbon estimates have increased over time. *Nature Climate Change*, 13, 532–536. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01680-x>
- Tong, D., Zhang, Q., Zheng, Y., Caldeira, K., Shearer, C., Hong, C., Qin, Y. & Davis, S. J. (2019). Committed emissions from existing energy infrastructure jeopardize 1.5 °C climate target. *Nature*, 572, 373–377. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1364-3>

Vihreä luova tuho ja talouden uudistumiskyky

6

Tiivistelmä

Vihreä luova tuho mahdollistaa sen, että siirtyminen kohti ympäristöystävällisempää kasvua on talouden ja toimialojen tasolla tarkasteltuna nopeampaa kuin mitä yksittäisten yritysten kyvystä siirtyä vihreämpien teknologioiden hyödyntäjäksi voisi päätellä.

Välttämätön ehto vihreälle luovalle tuholle on, että osa yrittäjistä ja yrityksistä haluaa ja onnistuu tavoittelemaan ympäristöystävällisiä ja tuottavuutta tehostavia innovaatioita. Lisäksi tarvitaan sitä, että markkinamekanismit toimivat eli että nämä yritykset onnistuvat paremman tuottavuutensa ansiosta syrjäyttämään menestyksekkäästi vähemmän ympäristöystävällisiä teknologioita hyödyntäviä kilpailijayrityksiä. Kun näin käy, talouden voimavarat ja tuotannontekijät kuten työ, pääoma, energiankäyttö ja raaka-aineet, kohdentuvat uudelleen kohti ympäristöystävällisempiä tuotannollisia toimintamalleja. Tämänkaltaisen vihreää luova tuho nopeuttaa toimialojen ja siten myös koko kansantalouden vihreää siirtymää.

Empiirisestä tarkastelustamme käy ilmi, että suomalaiset yritykset tekevät suhteessa ruotsalaisiin ja tanskalaisiin yrityksiin verrattain paljon ympäristöinnovaatioita. Verrattuna muihin innovaatioihin, ympäristöinnovaatiot näyttävät keskittyvän suhteellisesti enemmän suuriin yrityksiin ja Helsingin seudulle.

Ari Hyytinen

on Hankenin ja Helsinki GSE:n professori.

Mika Maliranta

on Työn ja talouden tutkimus LABOREn johtaja.

Veera Nippala

on Työn ja talouden tutkimus LABOREn tutkija.

Suosittelava lähdeviittaus tähän lukuun:

Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika ja Nippala, Veera (2024). *Vihreä luova tuho ja talouden uudistumiskyky*. Luku 6 (sivut 119–147) kirjassa **Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika, Rouvinen, Petri ja Tahvanainen, Antti-Jussi (toim.) (2024).** *Vihreä kasvu*. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta). <https://ForGrowth.fi>

Johdanto

Ihmisten elintaso ja hyvinvointi ovat pitkällä aikavälillä tarkasteltuna vahvasti kytköksissä siihen, kuinka paljon tuotannollista pääomaa on käytettävissä ja kuinka tuottavuus kehittyy (Basu ym., 2022). Elintason nousu edellyttää joko sitä, että tuotannon tekijöitä (voimavaroja) käytetään aiempaa enemmän tai sitä, että tuotannon tekijöiden ja voimavarojen käyttö tehostuu. Tämä lähtötilanne on hyvin tiedossa, mutta se ei ole ongelmaton. Keskeinen kysymys on, miten toiveet hyvinvointiyhteiskuntien edellyttämästä talouskasvusta ja elintason noususta maailmanlaajuisesti sopivat yhteen sen välttämättömyyden kanssa, että ilmastomuutos saadaan pysäytettyä ja talouskasvu kytkettyä irti ympäristökuormituksesta ja luonnonvarojen liikkäytöstä?

Tämä luku rakentuu ajatukselle, että vastaus edellä esitettyyn kysymykseen on, että tämä yhteensovittaminen edellyttää aikaisempaa selvästi vihreämpää talouskasvua. Emme väitä, että kykenisimme täsmällisesti kuvaamaan, mitä se tarkoittaa tai tarkalleen ottaen edellyttää. Sen lähtöolettan kuitenkin teemme, että kekseliäisyydellä ja luovuudella on oleellinen merkitys sille, kuinka vihreää talouskasvusta voi tulla. Vain oikeanlaiset innovaatiot voivat tehdä mahdolliseksi sen, mikä aiemmin on ollut mahdotonta ja siten luoda edellytyksiä aikaisempaa vihreämmälle talouskasvulle (Aghion ym., 2021; Ahlvik & van den Bijgaart, 2024). Esimerkiksi ympäristöinnovaatioiden avulla voidaan saada aikaan uusia tuotteita, tuotantoprosesseja ja menetelmiä, jotka vähentävät taloudelliseen toimintaan liittyviä ympäristöongelmia ja -riskejä, sekä auttavat siten kytkemään talouskasvun irti ympäristökuormituksesta ja luonnonvarojen liikkäytöstä.¹

Uusien, aikaisempaa ympäristöystävällisempien tuotteiden, tuotantoprosessien ja menetelmien käyttöönotto merkitsee, että niitä hyödyntävät yritykset kilpailevat paitsi keskenään myös niiden markkinoilla jo toimivien yritysten kanssa, joiden toiminta on vähemmän ympäristöystävällistä tai jopa suorastaan ympäristöä reilusti kuormittavaa ja luonnonvaroja kuluttavaa. Tästä syystä on syytä pohtia, missä määrin vihreämpi talouskasvu voisi perustua ns. vihreälle luovalle tuholle (*green creative destruction*). Tämä viittaa ajatukseen, että talouden kokonaistuottavuus voi kasvaa ja taloudesta voi tulla resurssitehokkaampi ja luontoystävällisempi kansantalouden, sektorin tai toimialan tasolla tarkasteltuna, mikäli tuotannon tekijät (työ, pääoma, energiankäyttö

Missä määrin vihreä kasvu voi perustua vihreälle luovalle tuholle?

ja raaka-aineet) kohdentuvat uudelleen resurssitehottomista ja luontoa kuormittavista, alhaisen tuottavuuden tuotantoyksiköistä tuottavampiin ja samalla ympäristöystävällisempiin tuotantoyksiköihin.

Jotta aikaisempaa selvästi vihreämpää talouskasvua osattaisiin tukea tarkoituksenmukaisilla politiikkapäätöksillä ja -keinoilla, vihreä luova tuho täytyy ymmärtää oikein ja siihen vaikuttavat tekijät pitää pystyä tunnistamaan. Voimme ajatella, että vihreän siirtymän mahdollistamiseksi on tarpeen pohtia politiikkayhdistelmiä, jotka sisältävät

keinoja ja toimia, joilla sekä luodaan edellytyksiä ilmasto- ja luontoystävällisemmälle tuotantotoiminnalle että tietoisesti rasitetaan jo olemassa olevaa, mutta luontoa kuormittavaa tuotantotoimintaa. Tämänkaltaisia ajatuksia politiikkayhdistelmien tarpeesta ovat esittäneet sekä taloustieteilijät (ks. mm. Jaffe ym., 2005, Acemoglu ym., 2012; Aghion ym., 2019; Ahlvik & van den Bijgaart, 2024) että ympäristötutkijat (Kivimaa & Kern, 2016). Yksi keskeinen perustelu moniulotteisille politiikkayhdistelmille on se, että niiden avulla voidaan sekä vähentää esteitä, kuten teknologista polkuriippuvuutta (Acemoglu ym., 2012; Aghion ym., 2019) että lisätä kannusteita, jotka liittyvät yksityisen sektorin mahdollisuuksiin ja halukkuuteen siirtyä käyttämään vihreämpiä teknologioita ja ratkaisuja. Ahlvik ja van den Bijgaart (2024) korostavat innovaatioiden erilaisuutta (*innovation heterogeneity*) ja heidän tutkimuksensa tavoitteena on tunnistaa politiikkayhdistelmiä, jotka kannustavat markkinaehtoisesti toimivia yksityisiä toimijoita valitsemaan (*screen*) ja tuottamaan yhteiskunnallisesti tärkeitä vihreitä innovaatioita. He kuvaavat, miten riittävän korkea hiilidioksidipäästöjen hinnoittelu yhdistettynä tutkimus- ja kehitystoiminnan tukiin (t&k-tukiin) ja immateriaalioikeuksiin (patenttisuoja) vahvistaa oikeanlaisten innovaatioiden yksityistä tuotantoa tilanteessa, jossa julkinen sektori ei kykene tunnistamaan yhteiskunnallisesti tärkeitä innovaatioita hyvin erilaisten innovaatioiden joukosta ja jossa se ei siksi voi suoraan tukea niitä.

Miten hyödyntää markkinaohjausta ja valjastaa soveltuvimmat innovaatiot vihreän kasvun moottoriksi?

Keskitymme tässä kirjoituksessa kahteen asiaan:

- Ensinnäkin avaamme tarkemmin, mitä tarkoitamme vihreällä luovalla tuholalla. Esitämme näkemyksen, että vihreä luova tuho voi tehdä mahdolliseksi sen, että siirtyminen kohti vihreämpää talouskasvua on talouden ja toimialojen tasolla tarkasteltuna nopeampaa kuin mitä yksittäisten yritysten kyvystä siirtyä vihreämpien teknologioiden hyödyntäjäksi voisi päätellä. Tämä tarkastelu osoittaa myös, että välttämätön ehto vihreää luovalle tuholle on, että osa yrittäjistä ja yrityksistä haluaa ja onnistuu tavoittelemaan menestyksekkäästi ympäristöystävällisiä innovaatioita. Näiden innovaatioiden erityispiirre on se, että niihin yleensä liittyy kaksinkertainen ulkoisvaikutus (*double externality*, ks. Rennings, 2000; Jaffe ym., 2005) – eli siis tietynlainen kaksoismarkkinapuu-te. Kaksinkertainen ulkoisvaikutus viittaa siihen, että tietyn yrityksen tekemä vihreä innovaatio hyödyttää sekä muiden yritysten t&k- ja innovaatiotoimintaa tiedon läikkymisvaikutusten vuoksi että muuta yhteiskuntaa laajemmin, koska se vähentää tuotannollisen toiminnan aiheuttamaa ympäristökuormitusta ja/tai luonnonvarojen liikakäyttöä. Tässä taustaotetuksena on, että päästöille, ympäristökuormitukselle ja luonnonvarojen hyödyntämiselle ei ole ollut markkinahintoja tai jos niitä on ollut, ne eivät ole heijastaneet tarkoituksenmukaisella tavalla vaihtoehtokustannuksia. Näin ollen ympäristöä on lähtökohdaisesti kuormitettu liikaa ja vastaavasti luonnonvaroja on käytetty liikaa.

- Toisessa osassa keskitymme vihreän luovan tuhon välttämättömään ehtoon eli ympäristöystävällisiin innovaatioihin. Yksi perustelu tälle tarkastelulle on se, että G7-maissa ja myös maailmanlaajuisesti panostukset vihreiden innovaatioiden tekemiseen ilmeisesti ja huolestuttavasti hiipuivat 2010-luvun loppupuolella (ks. Barbier, 2023; ks. myös kuvio 7.1). Kirjoituksemme tarkastelu on maantieteellisesti tätä suppeampi, sillä keskitymme ympäristöystävällisiin innovaatioihin Suomessa ja esitämme vertailuja Ruotsiin ja Tanskaan. Hyödynämme tätä tarkastelua varten EU:n innovaatiokyselyä (*Community Innovation Survey, CIS*), jolla kartoitetaan yritysten innovaatio toimintaa ja sen luonnetta EU-maissa. Voimme arvioida tämän aineiston avulla mm. sitä, kuinka usein suomalaisen yritykset tekevät ympäristöinnovaatioita ja miten ne vertautuvat suhteessa ruotsalaisiin ja tanskalaisiin yrityksiin. Arvioimme myös tekijöitä, jotka ovat kytköksissä yritysten innovointiaktiiviteettiin Suomessa sekä sitä, poikkeavatko ympäristöinnovaatioita ennustavat selitystekijät muista innovaatioista.

Ympäristöinnovaatioita on tutkittu paljon niin ympäristötaloustieteessä, innovaatiotutkijoiden keskuudessa kuin ympäristötieteiden ja ekologian puolella. Vaikka ympäristöinnovaatioiden käyttöönotto on yritystason aineistoa hyödyntävissä tutkimuksissa usein positiivisessa yhteydessä kannattavuuteen ja/tai tuottavuuteen, on myös monia tutkimuksia, joissa tällaista yhteyttä ei löydy tai se on negatiivinen (Ghisetti, 2018). Myös EU:n innovaatiokyselyitä on hyödynnetty useissa aiemmissä tutkimuksissa. Esimerkiksi Ghisetti (2018) havaitsee, että toimialatason tarkastelussa ympäristöinnovaatiot eivät vaikuta selittävän tuottavuuseroja, kun asiaa tarkastellaan tuotantofunktiota hyödyntävällä tilastollisen mallin avulla. Hänen tilastollisessa mallissaan aineistona on käytetty yritys kohtaista CIS-aineistoa kymmenestä EU-maasta vuosilta 2008 sekä 2014. Toisessa kymmenen EU-maata kattavassa ja CIS-kyselyitä hyödyntävässä tarkastelussa havaittiin, että ympäristöinnovaatiot ovat yritystason tarkastelussa yhteydessä yritysten myöhempään työllisyyden, liikevaihdon ja markkinaosuuden kasvuun (Flachenecker ym., 2022). Saksalaisiin yrityksiin keskittyvässä CIS-tutkimuksessa osoittautui, että kiertotalouteen liittyvät innovaatiot ovat yhteydessä vahvempaan työllisyyteen, ja parantuneeseen liikevaihtoon ja rahoitusasemaan, mutta eivät parempaan mitattavissa olevaan tuottavuuteen (Horbach & Rammer, 2020).

Laaja tutkimuskirjallisuus selvittää yleisemmin (ts. ei vain ympäristöinnovaatioihin liittyen) yritysten innovointi- ja t&k-toimintaa selittäviä tekijöitä (ks. mm. Crépon ym., 1998; Löf ym., 2017). Yksi paljon huomiota saanut kysymys on se, onko pienten ja suurten tai alkavien ja alalla jo olevien yritysten innovointikyvyissä eroja ja jos on, niin miksi (Cohen & Klepper 1996a, 1996b; Tether, 1998). Myös tässä kirjoituksessa sivutaan tätä kysymystä. Kirjoituksemme kytkeytyy lisäksi laajempaan taloustieteelliseen tutkimukseen, jossa on tarkasteltu t&k- ja innovaatio toimintaan liittyviä markkinaepätäydellisyyksiä ja arvioitu sitä, kuinka sekä erilaiset markkinalähtöiset ratkaisut että julkisen sektorin toimet auttavat vähentämään näitä epätäydellisyyksiä ja niiden yhteiskunnallisesti ei-toivottuja vaikutuksia innovaatio toimintaan (Bryan & Williams, 2021).

Analyttinen viitekehys

Innovaatiot

Innovaatiolla tarkoitetaan uutta tai olennaisesti parannettua tuotetta tai prosessia, joka tarjoaa kilpailuetua yritykselle. Yrityksen voitot kasvavat tämän kilpailuedun myötä, koska tuotteista saadaan aikaisempaa parempi hinta tai se voidaan tuottaa aikaisempaa tehokkaammin eli vähemmin kustannuksin. Innovaatiot voidaan jakaa inkrementaalisiin eli asteittaisiin tai radikaaleihin. Talouden kasvuteoriassa radikaalilla innovaatiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa tuotetta tai prosessia on parannettu niin merkittävästi että aikaisemman tuotteen tai tuotantoprosessin varaan rakentunut liiketoiminta ei ole enää taloudellisesti kannattavaa (Aghion & Howitt, 2009).

Uuden tuotteen tai tuotantotavan luonti voi siis johtaa aikaisemman tuotannon tuhoon. Tällä on erilaisia seurauksia. Ensinnäkin innovointi voi luoda uusia työpaikkoja innovaation tehneessä yrityksessä, jossa on syntynyt aikaisempaa kannattavampaa liiketoimintaa, jota kannattaa laajentaa. Toisaalta yrityksen innovointi voi johtaa kannattavuuden heikkenemiseen ja sen vuoksi työpaikkojen tuhoutumiseen niissä muissa yrityksissä, joissa liiketoiminta perustui aikaisempiin innovaatioihin. Voidaan siis sanoa, että innovointi aiheuttaa luovaa tuhoa.

Luova tuho ja yrityssektorin uusiutuminen

Luovalla tuholla tarkoitetaan eri asteisten tuote- ja prosessi-innovaatioiden sekä työn ja tuotannon organisointiin liittyvien uudistusten seurauksena tapahtuvaa yritys- ja toimipaikkarakenteiden muutosta ja uusiutumista. Tämän ansiosta toimialan tuottavuus voi kasvaa, vaikka sillä toimivien yritysten tuottavuus ei kasvaisikaan. Luonnollisesti on mahdollista, että toimialan tuottavuus myös hiipuu, jos luovan tuhon mekanismit eivät toimi toivotulla tavalla. Jonkinlaista luovaa tuhoa tapahtuu joka tapauksessa koko ajan, halusimme sitä tai emme.

Luova tuho on ennen kaikkea talouden, toimialojen ja yritysten toiminnan muutosalmiuteen ja uusiutumiskykyyn liittyvä kuin kasvua mahdollistava mekanismi. Siinä on kaksi puolta (Segerström ym., 1990; Caballero & Hammour, 1996) ja sitä voi tapahtua usealla eri tasolla kuten yritys-, toimipaikka-, tuotantolinja- ja työntekijätasolla. Tuhoa on se, kun yritys- ja toimipaikkarakenteiden uusiutumisen myötä työtehtäviä häviää tai kun koulutuksella ja työssä hankittu osaaminen vanhentuu. Tuhoavaa puolta on myös se, kun yritykset menevät konkurssiin ja ihmiset joutuvat työttömäksi. Luovaa puolta on se, kun uusia, aikaisempaa tuottavampia työpaikkoja syntyy joko olemassa oleviin tai uusiin yritys- ja tuotantoyksiköihin.

Talous uudistuu myös tuotantolinjatasolla kolmella tavalla:

- Ensiksi samaan aikaan toisilla tuotantolinjoilla liikevaihto kasvaa ja toisissa vähenee.

- Toiseksi saman toimipaikan (tai tehtaan) sisällä voidaan avata uusia ja lopettaa vanhoja tuotantolinjoja.
- Kolmanneksi yritykset (uudet tai vanhat yritykset) voivat perustaa uusia toimipaikkoja uusine tuotantolinjoineen ja lakkauttaa vanhoja toimipaikkoja lopettamalla niiden tuotantolinjat.

Esimerkiksi suomalaista aineistoa hyödyntävä tarkastelu paljasti, että Suomen teollisuudessa pääosa tuotetason rakennemuutoksesta tuli vuosina 2006–2015 siitä, että joidenkin tuotteiden liikevaihto kasvaa ja toisten vähenee. Toiseksi merkittävin osa tuotelinjatasen rakennemuutoksesta tuli uusien toimipaikkojen syntyminen ja vanhojen poistumisen kautta, ja vain suhteellisen pieni osa liittyi siihen, että jatkavissa toimipaikoissa alettiin valmistamaan uutta tuotetta ja lopetettiin joidenkin tuotteiden tekeminen (Maliranta & Valmari, 2017).

Luova tuho kytkeytyy toimialan kokonaistuottavuuden parantumiseen siksi, että tuottavuuskehitys edellyttää jatkuvaa rakenteellista muutosta (ks. Disney ym., 2003; Hyytinen & Maliranta, 2013; Maliranta, 2014). Sitä voi tapahtua sekä yritysten sisäisesti (*internal restructuring*) että tietyllä toimialalla yritysten kesken ja toisinaan myös toimialojen välillä (*external restructuring*).

Yritysten ja tuotantoyksikköjen sisällä tapahtuva rakennemuutos kytkeytyy tyypillisesti yrityksen haluun ja kykyyn tehostaa toimintaansa ja tuottaa tuote- tai prosessi-innovaatioita. Osana tätä uusiutumista yritykset lakkauttavat vanhoja työtehtäviä, toimintoja ja tuotantolinjoja, luoden näin tilaa uudelle. Tämän ansiosta yksittäisten yritysten ja tuotantoyksiköiden tuottavuus paranee ja kyky kilpailla markkinoilla vahvistuu.

Ulkoista ja tuotantoyksiköiden välistä rakennemuutosta tapahtuu markkinoille tuloa, sieltä poistumisen sekä jatkavien tuotantoyksiköiden välisen tuotannon tekijöiden uudelleen kohdentumisen myötä. Toimialan kokonaistuottavuuden kasvu voi olla nopeampaa kuin sen tuotantoyksiköiden kokonaistuottavuuden kasvu keskimäärin kolmesta syystä (ks. Hyytinen & Maliranta, 2013):

1. Uusien tuotantoyksiköiden tulo markkinoille nostaa toimialan tuottavuutta, jos niiden panosmäärillä painotettu keskimääräinen tuottavuuden taso on korkeampi kuin markkinoilla jo toimivien tuotantoyksiköiden vastaavasti painotettu tuottavuuden taso. Alalle uutena tulevat yritykset saattavat siis olla tuottavampia kuin siellä jo toimivat yritykset.
2. Tuotantoyksiköiden poistuminen markkinoilta nostaa toimialan tuottavuutta, jos alalta poistuvien tuotantoyksiköiden kokonaistuottavuus on keskimäärin alhaisempi kuin markkinoilla yhä jatkavien tuotantoyksiköiden. Alalta poistuvat yritykset saattavat siis olla tuottavuudeltaan heikompia kuin toimintaansa jatkavat yritykset.
3. Toimialan tuottavuus kasvaa yksittäisten tuotantoyksiköiden tuottavuuden keskimääräistä kasvua nopeammin, jos jatkavien tuotantoyksiköiden välillä tapahtuu resurssien (so. työntekijöiden ja pääoman) uudelleen kohdentumisesta siten, että alhaisen tuottavuuden tuotantoyksiköiden resurssit (panosmäärä)

vähenevät suhteessa korkeamman tuottavuuden tuotantoyksiköihin. Tämä siis tarkoittaa, että keskimääräistä tuottavammat yritykset voivat nostaa työllisyystai muuta panososuuttaan suhteessa tuottamattomampiin yrityksiin.

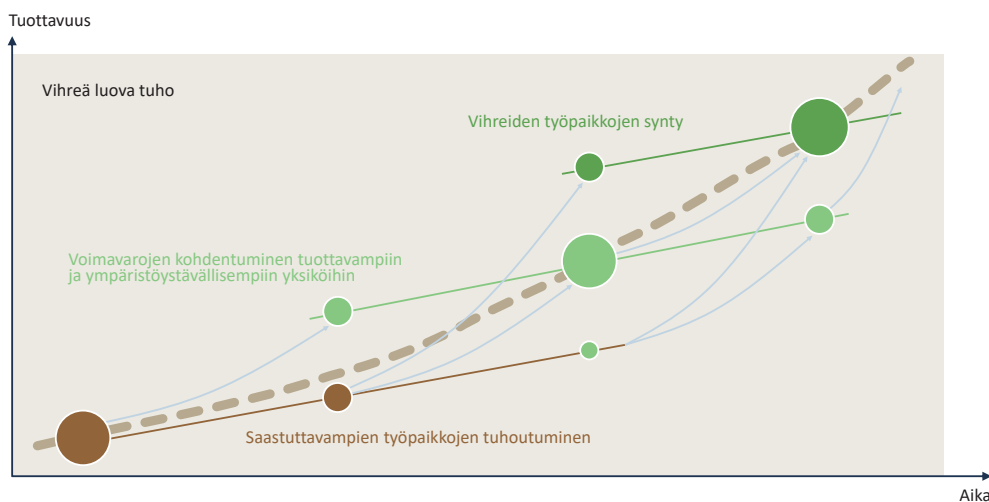
Edellä sanottu tarkoittaa yksinkertaistettuna, että jos työpaikkoja syntyy tehokkaissa (tuottavissa) yrityksissä ja häviää tehottomissa yrityksissä, toimialan tuottavuus kasvaa. Luova tuho viittaa siihen, kuinka yllä listatut kolme mekanismia vaikuttavat toimialan tuottavuuden kasvuun.

Vihreä luova tuho

Kuvio 6.1 havainnollistaa vihreää luovaa tuhoa ja yritysten ja toimialojen uudistumista. Kuviossa vaak-akseli mittaa ajan kulumista ja pystyakseli mittaa tuottavuutta. Pystyakselia voidaan tulkita kahdella tavalla. Sen voidaan ensinnäkin ajatella kuvaavan tavanomaisella tavalla mitattua tuottavuutta, mutta sillä lisäoletuksella, että tuottavuuden kehitys kytkeytyy hyödynnettävien uusien teknologien ympäristöystävällisyyteen. Tässä tilanteessa tuottavuuskehitys korreloi positiivisesti vihreän teknologian leviämisen kanssa ja pystyakseli mittaa siten samalla myös tuotantotoiminnan ympäristöystävällisyyttä. Toisaalta pystyakselin voidaan tulkita kuvaavan tuottavuutta, joka on mitattu siten, että sitä laskettaessa on otettu huomioon tuotannollisesta toiminnasta ympäristölle aiheutuvat hyödyt ja haitat.

Kuvion 6.1 katkoviiva havainnollistaa toimialan tuottavuutta ja sen kehitystä, ja sen voidaan ajatella olevan toimialan yritysten tuottavuuksien painotettu keski-

Kuvio 6.1
Vihreää luovaa tuhoa ja talouden tuottavuuskehitys



Lähde: Kirjoittajien hahmotelma.

arvo. Samansuuntaiset vaakaviivat kuvaavat yksittäisiä yrityksiä (tai toimipaikkoja) ja niihin liittyvien pallojen koko ko. yritysten (tai toimipaikkojen) kokoa, esimerkiksi työvoiman määrällä mitattuna tietyllä ajanhetkellä. Viivojen väritys kuvaa sitä, kuinka ympäristöystävällistä tuotantotoiminnassa hyödynnetty teknologia on.

Kun yrityksen kehitystä kuvaava viiva on ylöspäin nouseva (eli sen kulmakerto on positiivinen), se kuvaa yritysten sisäistä uusiutumista mm. innovaatiotoiminnan avulla. Tällöin yksittäisten tuotantoyksiköiden tuottavuus paranee. Kun yksittäisten tuotantoyksiköiden tuottavuus paranee laajamittaisesti, markkinoilla jo toimivien yritysten tuottavuuden kasvu on keskimäärin positiivista. Mitä vahvemmin tämä tuottavuuden paraneminen on kytköksissä hyödynnettävien teknologien ympäristöystävällisyyteen, sitä tehokkaammin yritysten ja tuotantoyksiköiden sisällä tapahtuva rakennemuutos tukee vihreän talouskasvun edellytyksiä. Tämän prosessin voimme nimetä yritysten sisällä tapahtuvaksi vihreäksi sisäiseksi rakennemuutokseksi (*green internal restructuring*).

Kuvio 6.1 havainnollistaa myös luovan tuhon eli markkinoilla tapahtuvan kokeilun, valikoinnin ja tuotannontekijöiden uudelleen kohdistumisen merkitystä kokonaistuotavuuden kehitykselle. Tämä valikoituminen perustuu siihen, että markkinoille tulee uusia, teknologialtaan ja tuottavuudeltaan erilaisia tuotantoyksiköitä. Koska yritysten tuottavuus vaikuttaa siihen, kuinka hyvin ne menestyvät ja kuinka paljon voimavaroja

(pääomaa, työvoimaa) ne tarvitsevat, oleellista vihreän luovan tuhon kannalta on, että ympäristöystävällisiä teknologioita hyödyntävät yritykset ovat myös keskimäärin niitä, joiden tuottavuus on korkea, tai vähintäänkin kehitty suotuisasti. Vihreän luovan tuhon perusajatus on, että talouden ja toimi-

Vihreä luova tuho: Talouden ympäristöystävällisyys voi edetä yksityisen yrityksen kehitystä nopeammin.

alojen tasolla tarkasteltuna talouskasvusta voi tulla vihreän ulkoisen rakennemuutoksen myötä ympäristöystävällisempää nopeammin kuin mitä voisi päätellä nopeudesta, jolla yksittäiset yritykset jatkavat siirtyvät ympäristöystävällisiin teknologioihin.

Toimialan ympäristöystävällisyyden paraneminen voi olla nopeampaa kuin sen tuotantoyksiköiden ympäristöystävällisyyden paraneminen keskimäärin, a) jos uudet markkinoille tulevat tuotantoyksiköt hyödyntävät toimialan keskiarvoa vihreämpää teknologiaa, b) jos markkinoilta poistuvat yritykset hyödyntävät toimialan keskiarvoa vähemmän luontoystävällistä teknologiaa ja c) jos jatkavien tuotantoyksiköiden välillä tapahtuu resurssien uudelleenkohdentumisesta siten, että luonnon kannalta haitallisesti toimivien tuotantoyksiköiden resurssit (panosmäärä) vähenevät suhteessa luonnon kannalta edullisemmin toimiviin tuotantoyksiköihin. Tämän prosessin voimme nimetä yritysten välillä tapahtuvaksi vihreäksi ulkoiseksi rakennemuutokseksi (*green external restructuring*).

Kuviossa 6.1 vihreää ulkoista rakennemuutosta havainnollistaa se, että jo olemassa olevien ja supistuvien yritysten tuottavuuden taso on uusia ja laajentuvia yrityksiä alhaisempi. Samaan aikaan niiden teknologia on vähemmän ympäristöystävällistä kuin

uusien. Mikäli näin on, vihreää luovan tuhon myötä tuotannollisesta toiminnasta tulee ympäristöystävällisempää nopeammin kuin mitä voisi päätellä nopeudesta, jolla yksittäiset yritykset siirtyvät ympäristöystävällisiin teknologioihin.

Kun ajatellaan vihreää siirtymää, vihreä luova tuho on tavoittelemisen arvoinen asia – joskaan sitä ei tietystikään pidä tavoitella hinnalla tai keinolla millä hyvänsä. Jos vihreän luovan tuhon mekanismien toimintaa voidaan nopeuttaa, talouden pitkän aikavälin kasvuedellytykset ja vihreän siirtymän edellytykset paranevat.

Edellä sanotusta seuraa suoraviivaisesti, että yksi välttämätön ehto vihreää luovalle tuholle on, että osa uusista yrittäjistä ja yrityksistä ja osa alalla jo toimivista yrityksistä haluaa ja onnistuu tavoittelemaan menestyksekkäästi ympäristöystävällisiä innovaatioita. Vapaasti toimivilla markkinoilla tätä ei tapahdu yleensä itsestään riittävässä määrin, vaan se edellyttää politiikkatoimia ja sääntelyä, jotka kannustavat yrityksiä tämänkaltaiseen innovaatiotoimintaan (ks. esim. Ahlvik & van den Bijgaart, 2024). Ellei ympäristöystävällisiä innovaatioita tavoitella, ei ole perusteltua odottaa, että tapahtuisi ympäristöystävällisempää talouskasvua edistävää vihreää sisäistä tai ulkoista rakennemuutosta.

Ympäristöinnovaatioiden erityispiirteet

Kuten johdannossa todettiin, ympäristöinnovaatioihin liittyy yleensä kaksinkertainen ulkoisvaikutus (*double externality*, ks. Rennings, 2000; Jaffe ym., 2005). Kaksinkertainen ulkoisvaikutus syntyy, kun ympäristöinnovaation tekevä yritys ei itse suoraan hyödy siitä, että sen toiminta tuottaa uutta tietoa, jota muut yritykset voivat hyödyntää tai että sen innovaatio vähentää haitallisia ympäristöulkoisvaikutuksia. Tämä selittää, miksi yksityiset yritykset saattavat yhteiskunnan näkökulmasta lähtökohtaisesti panostaa liian vähän ympäristöinnovaatioihin; niistä saavat yksityiset tuotot jäävät alhaisiksi suhteessa niistä syntyviin yhteiskunnallisiin tuottoihin.

Ympäristöystävällisten teknologioiden kehittämistä ja laajamittaisempaa käyttöönottoa hidastaa myös ns. teknologiavalintojen polkuriippuvuus (*path dependence*; ks. Aghion ym., 2016; Aghion ym., 2019). Tämä riippuvuus viittaa siihen, että aikaa myöden kumuloitunut tieto, vakiintuneet käytännöt ja luodut järjestelmät suosivat kuluttajien kannalta heidän nykyisiä elin- ja toimintatapojansa ja yritysten kannalta niiden nykyisiä tuotantotapoja siitä huolimatta, että ne tiedetään ympäristön kannalta kestävämmiksi. Vihreää luova tuho voidaan nähdä keinona taistella tätä polkuriippuvuutta vastaan.

Ympäristöystävällisten teknologioiden kehittämistä ja laajamittaisempaa käyttöönottoa hidastavia tekijöitä voidaan lähestyä myös muista näkökulmista. Erilaisten markkinapuutteen ja ulkoisvaikutusten lisäksi on tunnistettu joukko järjestelmä- ja siirtymäpuutteita (Weber & Rohrer, 2012), jotka vaikuttavat siihen, mitä edellytyksiä ja kannustimia yrityksillä – ja yhteiskunnan eri tahoilla laajemminkin – on tavoitella ym-

Siirtymäpuutetilanteessa vahva polkuriippuvuus estää paremman tasapainon saavuttamisen.

päristöinnovaatioita. Järjestelmäpuutteisiin voidaan lukea esimerkiksi epätäydellisesti määriteltyihin omistusoikeuksiin liittyvät ongelmat ja puutteet (Benneer & Stavins, 2007), jotka ovat eri tavoin yhteydessä ulkoisvaikutuksiin ja toisinaan niiden juurisyy. Siirtymäpuutteet viittaavat tilanteisiin, joissa vahva polkuriippuvuus estää siirtymisen toivottuun ympäristöystävällisempään suuntaan ja joissa jokin sektori, markkina tai sosioekonomisen järjestelmän osa on juuttunut luonnon kannalta haitalliseen tasapainoon, vaikka on tiedossa, että on olemassa toisia tasapainotiloja, jotka olisivat kaikkien osapuolten ja luonnon kannalta parempia. Siirtymäpuutteet voivat myös liittyä järjestelmätason koordinaatio-ongelmiin. Koordinaatio-ongelma syntyy, jos yksittäisillä toimijoilla ei ole kannustinta tavoitella ympäristöteknologista muutosta, ellei riittävän suuri osa muista tavoittele sen kanssa yhteensopivaa muutosta jotakuinkin yhtä aikaa.

Kaikki edellä kuvatut erilaiset tekijät vaikuttavat sekä siihen, kuinka vahvat kannustimet uusilla ja alalla jo olevilla yrityksillä on tavoitella ympäristöystävällisiä innovaatioita ja kuinka tehokkaasti vihreää luova tuho voi uudistaa taloutta.

Empiirinen tarkastelu

Tutkimuskysymykset

Tässä osassa tarkastelemme seuraavia kysymyksiä:

1. Kuinka usein suomalaiset yritykset tekevät innovaatioita ja erityisesti ympäristöinnovaatioita? Tämän tarkastelun tavoitteena on tuottaa tietoa siitä, miten aktiivisia innovoijia suomalaiset yritykset ovat, erityisesti liittyen ympäristöteknologioihin ja -ratkaisuihin.
2. Kuinka usein suomalaiset yritykset tekevät innovaatioita ja erityisesti ympäristöinnovaatioita suhteessa pohjoismaisiin yrityksiin? Käytämme tässä tarkastelussa vertailukohtana Ruotsia ja Tanskaa, jotka ovat talouden kehitystasoltaan ja instituutioiltaan hyvin Suomen kaltaisia maita. Kiinnostuksen kohteena on se, poikkeako suomalaisten yritysten ympäristöinnovaatioiden taso suhteessa Ruotsiin ja Tanskaan.
3. Mitkä tekijät ovat yhteydessä todennäköisyyteen, että suomalaiset yritykset raportoivat tehneensä ympäristöinnovaatioita? Kiinnostuksen kohteena tässä analyysissä on erityisesti se, millaiset yritykset ovat innovatiivisia ja ovatko ympäristöinnovaatioita tekevät yritykset erilaisia kuin muita innovaatioita tekevät yritykset.

1. kysymys: Kuinka usein suomalaiset yritykset tekevät innovaatioita?

Taulukossa 6.1 jaetaan vuosia 2018–2020 koskeva innovointiaktiiviteetti siten, että siinä luokitellaan yritykset sen mukaan, ovatko ne tehneet jonkin innovaation vai ei, sekä ovatko ne tehneet jonkin ympäristöinnovaation vai ei.

Kuten taulukosta 6.1 nähdään, että suomalaisia yrityksiä koskevassa innovaatiokyselyaineistossamme 63,4 % (= 50,4 % + 13,0 %) yrityksistä oli tehnyt innovaation ja 50,4 % yrityksistä oli tehnyt ympäristöinnovaation. Innovaation tehneistä yrityksistä 79,5 % yrityksistä oli tehnyt ympäristöinnovaation. Niistä yrityksistä, jotka eivät olleet tehneet mitään ympäristöinnovaatioita, 26,2 % oli kuitenkin tehnyt muun kuin ympäristöinnovaation.

Laatikko 6.1 Käytetty aineisto ja sen innovaatiomääritelmä

Maiden välisessä vertailussa käytämme Eurostatin tietokannoista saatavilla olevia lukuja, perustuen *Community Innovation Survey* -aineistoon (CIS). Sen vahvuutena maiden välisessä vertailussa on se, että kysymykset, käsitteet sekä menetelmät on yhdenmukaistettu ja harmonisoitu. Aineiston edustavuutta ja vertailukelpoisuutta parantaa myös se, että otokseen valitulle yritykselle CIS-kyselyyn vastaaminen on yrityksille pakollista kaikissa jäsenmaissa. Ympäristöinnovaatioita on kysytty tässä tiedustelussa vuonna 2014 (vuosina 2012–2014 tehtyjä innovaatioita) sekä vuonna 2020 (vuosina 2018–2020 tehtyjä innovaatioita).

Suomalaisten yritysten innovaatioiden analyysissä puolestaan käytämme Tilastokeskuksen Innovaatiotoimintatilaston yritysaineistoa, jonka avulla on laskettu Suomen tiedot Eurostatin CIS-tilastoon. Se koskee vähintään kymmenen henkilöä työllistävien yritysten innovaatiotoimintaa ja kehittämispotentiaalia teollisuudessa, kaivostoiminnassa, energiasektorilla sekä eräillä palvelualueilla. Tiedot kerätään kyselyllä joka toinen vuosi. Analyysissämme käytämme aineistoa, joka koskee vuosien 2018–2020 innovaatiotoimintaa.

Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineiston yksi vahvuus on, että siihen voidaan liittää myös muita yritysten rekisteri- ja kyselytietoja. Lisäksi käytössämme on niin sanottuja yhdistettyjä työntekijä-työnantaja-aineistoja. Tämän ansiosta pystymme linkittämään innovaatiokyselyyn myös tietoja niistä työntekijöistä, jotka työskentelivät kyseisessä yrityksessä.

Usein käytetty luokittelu jakaa innovaatiot tuote- ja prosessi-innovaatioihin. Tuoteinnovaatio on uusi tai parannettu tuote tai palvelu, joka eroaa merkittävästi yrityksen aiemmin tuottamista tavaroista tai palveluista ja on mahdollisesti myös kokonaan uusi markkinoiden tai toimialan näkökulmasta arvioituna. Prosessi-innovaatio on yrityksen käyttöönotettava uusi tai parannettu, yhteen tai useampaan tuotannon ja muun liiketoiminnan osa-alueeseen liittyvä prosessi, joka merkittävästi eroaa yrityksen aiemmista tuotanto- tai liiketoimintaprosesseista.

Ympäristöinnovaatiolla tarkoitetaan sellaista uutta tuotetta tai tuotantotapaa, jolla on myönteisiä ympäristövaikutuksia. Viimeisimmässä Eurostatin CIS kyselyssä (ja Tilastokeskuksen innovaatiokyselyssä) kysyttiin yrityksen ympäristöinnovaatioita. Kysymys oli asetettu seuraavasti:

"Toiko yrityksenne markkinoille tai ottiko yrityksenne käyttöön vuosina 2018–2020 innovaatioita, joilla oli seuraavia ympäristöhyötyjä, ja mikäli kyllä, oliko niiden merkitys ympäristönsuojeluun merkittävä?"

Yritykseltä pyydetään kyselyssä myös näkemystä innovaation merkittävyydestä eli kyselyssä haetaan tietoa siitä, onko yrityksessä tehty joku ympäristöinnovaatio, joka voi olla "ei-merkittävä" tai "merkittävä", ja siitä, onko yrityksessä tehty merkittävä ympäristöinnovaatio.

Taulukko 6.2 eroaa taulukosta 6.1 siinä, että tarkasteluun on otettu vain merkittävät ympäristöinnovaatiot. Vähintään yhden merkittävän ympäristöinnovaation oli tehnyt 21,7 % kaikista yrityksistä ja 34,2 % jonkin innovaation tehneistä yrityksistä.

Taulukossa 6.3 tarkastellaan, mikä osa ympäristöinnovaation tehneistä yrityksistä on tehnyt tuote- tai prosessi-innovaation. Taulukossa 6.4 tarkastellaan vastaavasti merkittävän ympäristöinnovaation tehneiden yritysten tuote- ja prosessi-innovaatioita.

Taulukot 6.3 ja 6.4 auttavat saamaan kuvaa siitä, ovatko ympäristöinnovaatiot keskittyneet yrityksiin, jotka tekevät enemmän tuote- kuin prosessi-innovaatioita vai onko tilanne päinvastainen. Ympäristöinnovaatioita tehneet yritykset raportoivat usein tehneensä sekä tuote- että prosessi-innovaatioita. Esimerkiksi jonkin ympäristöinno-

Taulukko 6.1 Yritysten innovaatiot ja ympäristöinnovaatiot

Innovaatio		Ympäristöinnovaatio		Yhteensä
		Kyllä	Ei	
Kyllä	Havaintomäärä	1 213	312	1 525
	Osuus kaikista	50,4 %	13,0 %	
	Osuus, innovointi	79,5 %	20,5 %	100 %
	Osuus, ympäristöinnovointi	100 %	26,2 %	
Ei	Havaintomäärä	–	881	881
	Osuus kaikista	–	36,6 %	
	Osuus, innovointi	–	100,0 %	100 %
	Osuus, ympäristöinnovointi	–	73,8 %	
Yhteensä	Havaintomäärä	1 213	1 193	2 406

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto, kirjoittajien laskelmat.

Taulukko 6.2 Yritysten innovaatiot ja merkittävät ympäristöinnovaatiot

Innovaatio		Ympäristöinnovaatio		Yhteensä
		Kyllä	Ei	
Kyllä	Havaintomäärä	521	1 004	1 525
	Osuus kaikista	21,7 %	41,7 %	
	Osuus, innovointi	34,2 %	65,8 %	100 %
	Osuus, ympäristöinnovointi	100,0 %	53,3 %	
Ei	Havaintomäärä	–	881	881
	Osuus kaikista	–	36,6 %	
	Osuus, innovointi	–	100,0 %	100 %
	Osuus, ympäristöinnovointi	–	46,7 %	
Yhteensä	Havaintomäärä	521	1 885	2 406

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto, kirjoittajien laskelmat.

vaation tehneistä 51,9 % raportoi tehneensä sekä tuote- että prosessi-innovaatioita. Ympäristöinnovaatiot eivät siis vaikuta keskittyneen vahvasti joko prosessi-innovaatioita tai tuoteinnovaatioita tekeviin yrityksiin.

Ympäristöinnovaatiota koskevan kysymyksen jälkeen innovaatiokyselyssä tiedustellaan tarkennetusti, minkälaisia ympäristöhyötyjä innovaatiolla saavutetaan yrityksessä. Kyselyn tarkennetut ympäristövaikutukset on esitetty taulukossa 6.5. Merkillepantavaa on se, että niistä useimmat on pikemminkin prosessi- kuin tuoteinnovaatioita.

Taulukoissa 6.6 ja 6.7 tarkastellaan, kuinka usein jonkin taulukossa 6.5 kuvatun ympäristöinnovaation tehneet yritykset raportoivat tehneensä tuote- tai prosessi-innovaatioita ja mikä on ko. innovaation tehneiden yritysten osuus kaikista yrityksistä.

Taulukko 6.3 **Ympäristöinnovaatioiden tehneiden yritysten tuote- ja prosessi-innovaatiot**

Prosessi-innovaatio		Tuoteinnovaatio		Yhteensä
		Kyllä	Ei	
Kyllä	Havaintomäärä	629	243	872
	Osuus kaikista	51,9 %	20,0 %	
	Osuus, prosessi-innovointi	72,1 %	27,9 %	100 %
	Osuus, tuoteinnovointi	85,5 %	50,9 %	
Ei	Havaintomäärä	107	234	341
	Osuus kaikista	8,8 %	19,3 %	
	Osuus, prosessi-innovointi	31,4 %	68,6 %	100 %
	Osuus, tuoteinnovointi	14,5 %	49,1 %	
Yhteensä	Havaintomäärä	736	477	1 213

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto, kirjoittajien laskelmat.

Taulukko 6.4 **Merkittävän ympäristöinnovaation tehneiden yritysten tuote- ja prosessi-innovaatiot**

Prosessi-innovaatio		Tuoteinnovaatio		Yhteensä
		Kyllä	Ei	
Kyllä	Havaintomäärä	346	80	426
	Osuus kaikista	66,4 %	15,4 %	
	Osuus, prosessi-innovointi	81,2 %	18,8 %	100 %
	Osuus, tuoteinnovointi	90,6 %	9,4 %	
Ei	Havaintomäärä	36	59	95
	Osuus kaikista	6,9 %	11,3 %	
	Osuus, prosessi-innovointi	37,9 %	62,1 %	100 %
	Osuus, tuoteinnovointi	57,5 %	42,5 %	
Yhteensä	Havaintomäärä	382	139	521

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto, kirjoittajien laskelmat.

Taulukoissa 6.6 ja 6.7 listattuja ympäristöinnovaatioita on tehty erityisesti prosessi-innovaatioita tehneissä yrityksissä, joskin yli puolet ko. ympäristöinnovaatioita tehneistä yrityksistä on tehnyt myös tuoteinnovaatioita. Näiden lukujen pohjalta ei

Taulukko 6.5 Ympäristöinnovaatiot CIS-tilastossa ja Tilastokeskuksen innovaatiokyselyssä

Lyhyt nimi	Kuvaus
Kierrätys	Jätteiden, veden tai materiaalien kierrätys omaan käyttöön tai myyntiin
Fossiili	Fossiilisten energialähteiden korvaaminen uusiutuvilla energialähteillä
Materiaalin korvaaminen	Materiaalien korvaaminen vähemmän saastuttavilla tai vähemmän vaaraa aiheuttavilla
Saaste	Vähentynyt maaperän, veden tai ilman saastuminen tai vähäisempi melusaaste
CO ₂	Vähentynyt energian käyttö tai pienentynyt CO ₂ -hiilijalanjälki
Materiaalin käyttö	Vähentynyt materiaalien tai veden käyttö tuotettua yksikköä kohti

Lähteet: Tilastokeskus ja Eurostat.

Taulukko 6.6 Ympäristöinnovaation tehneiden yritysten tuote- ja prosessi-innovaatio, %

Ympäristö-innovaatio	Osuudet tietynlaisen ympäristöinnovaation tehneistä yrityksistä		
	Tuote-innovaatio	Prosessi-innovaatio	Ympäristöinnovaation tehneiden yritysten osuus
Kierrätys	64	76	23
Fossiili	65	76	20
Materiaalin korvaaminen	69	76	23
Saaste	69	77	17
CO ₂	64	75	36
Materiaalin käyttö	69	80	25

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto. Ensimmäisen sarakkeen lyhytnimet selitetty taulukossa 6.5.

Taulukko 6.7 Merkittävän ympäristöinnovaation tehneiden yritysten tuote- ja prosessi-innovaatio, %

Ympäristö-innovaatio	Osuudet tietynlaisen merkittävän ympäristöinnovaation tehneistä yrityksistä		
	Tuote-innovaatio	Prosessi-innovaatio	Innovaation tehneiden yritysten osuus
Kierrätys	76	86	5
Fossiili	73	85	8
Materiaalin korvaaminen	79	83	5
Saaste	76	82	5
CO ₂	73	82	12
Materiaalin käyttö	85	90	6

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto. Ensimmäisen sarakkeen lyhytnimet selitetty taulukossa 6.5.

välity kuvaa, että tietyntylaiset ympäristöinnovaatiot olisivat vahvasti keskittyneet joko prosessi-innovaatioita tai tuoteinnovaatioita tekeviin yrityksiin. Lisäksi voidaan havaita, että ”Vähentynyt energian käyttö tai pienentynyt CO₂-hiilijalanjälki” on muita taulukoiden riveillä listattuja ympäristöinnovaatioita yleisempi.

Yhteenvetona tämän osion tarkastelu kertoo, että 50,4 % suomalaisyrityksistä oli tehnyt jonkun ympäristöinnovaation ja 21,7 % oli tehnyt merkittävän ympäristöinnovaation. Ympäristöinnovaatiot eivät vaikuta keskittyneen vahvasti joko prosessi-innovaatioita tai tuoteinnovaatioita tekeviin yrityksiin.

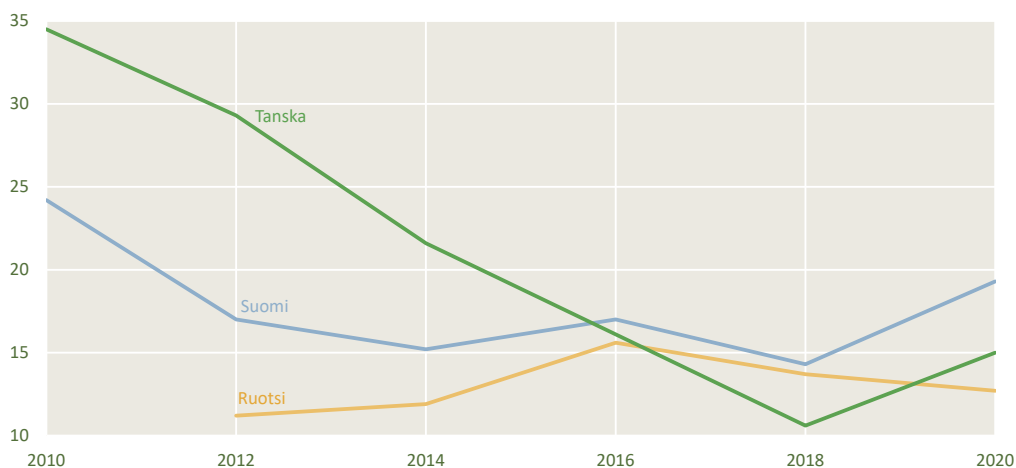
2. kysymys: Kuinka usein suomalaiset yritykset tekevät ympäristöinnovaatiot suhteessa pohjoismaisiin yrityksiin?

Kuviossa 6.2 tarkastellaan uusien (korkeintaan kaksi vuotta vanhojen) tuotteiden osuutta yrityksen liikevaihdosta, mikä huomioi ainakin jollain tavalla myös innovaatioiden merkittävyyttä. Uusien tuotteiden valmistamisen käynnistäminen edellyttää usein myös prosessin uudistamista, joten tämä mittari mittaa ainakin jollakin tarkkuudella myös prosessi-innovaatioiden kehitystä. Tämä päättely perustuu osin siihen, että tuote- ja prosessi-innovaatioiden välillä on positiivinen korrelaatio: korrelaatiokerroin niiden välillä saa arvon 0,433 (suomalaisessa yritystason aineistossa) ja tuoteinnovaation tehneistä yrityksistä 80,15 % on tehnyt myös prosessi-innovaation.

Kuten kuviossa 6.2 käy ilmi, tarkastelujaon alkuvuosia lukuun ottamatta erot maiden välillä eivät ole suuria. Havaitsemme kuitenkin, että uusien tuotteiden osuus yritysten liikevaihdosta oli vuonna 2020 suurempi Suomessa kuin Ruotsissa ja Tanskassa.

Kuvio 6.2

Uusien (korkeintaan kaksi vuotta) tuotteiden liikevaihto-osuus yrityksissä, %



Lähde: Eurostat (CIS).

sa. Lisäksi näin mitattuna Suomen yrityssektorin innovatiivisuus kehittyi 2010-luvun loppupuolella verrattain myönteisesti. Tämän mittarin perusteella Suomen yrityssektori on vähintäänkin yhtä innovatiivinen kuin vertailumaat.

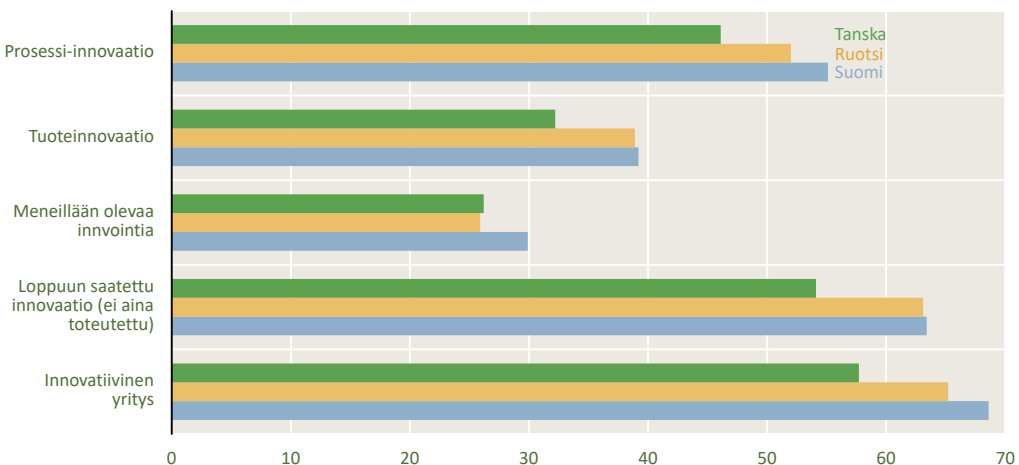
Kuviossa 6.3 vertaillaan Suomen yritysten innovatiivisuutta erilaisilla innovaatiomittareilla. Keskeinen havainto on se, että mittarista riippumatta Suomen yrityssektori näyttää olleen 2018–2020 jonkin verran innovatiivisempi kuin Ruotsi ja Tanska. Lähes 70 % Suomen yrityksistä oli innovatiivisia vuonna 2020 siinä mielessä, että ne ovat tuottaneet jonkin innovaation tai niillä on meneillään joku innovaatiohanke viimeisen kahden vuoden aikana. Prosessi-innovaatio on tuotettu tämän tilaston mukaan 55,1 % ja tuoteinnovaatio 39,2 % suomalaisista yrityksistä. Molemmat luvut ovat hieman Ruotsia ja melko selvästi Tanskaa korkeampia.

Kuviossa 6.4 vertaillaan ympäristöinnovaatioita tehneiden yritysten osuuksia Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa vuosina 2012–2014 (a.) ja 2018–2020 (b.). Yleishavaintona on, että Suomessa ympäristöinnovaatioiden taso on ollut vähintään Ruotsin tasoa ja joissakin tapauksissa jopa selvästi korkeampi. Näin mitattuna Tanskassa ympäristöinnovaatiot olivat suhteellisen vähäisiä vuosina 2012–2014, mutta niiden määrä on sittemmin kasvanut niin, että vuosina 2018–2020 Tanska on yleisesti ottaen samalla tasolla Suomen kanssa. Joissakin ympäristöinnovaatioissa se oli Suomea edellä ja joissakin Suomea jäljessä.

Suomessa yritykset raportoivat tehneensä aikaisempaa enemmän sekä hiilijalanjälkeä pienentäviä innovaatioita (nousu 28,6 prosentista 39,6 prosenttiin) että innovaatioita, jotka liittyvät fossiilisten energialähteiden korvaamiseen uusiutuvilla energialähteillä (kasvu 12,1 prosentista 20,6 prosenttiin). Molemmissa innovaatioissa Suo-

Kuvio 6.3

Innovoivien yritysten osuus kaikista yrityksistä vuosina 2018–2020, %



Lähde: Eurostat (CIS).

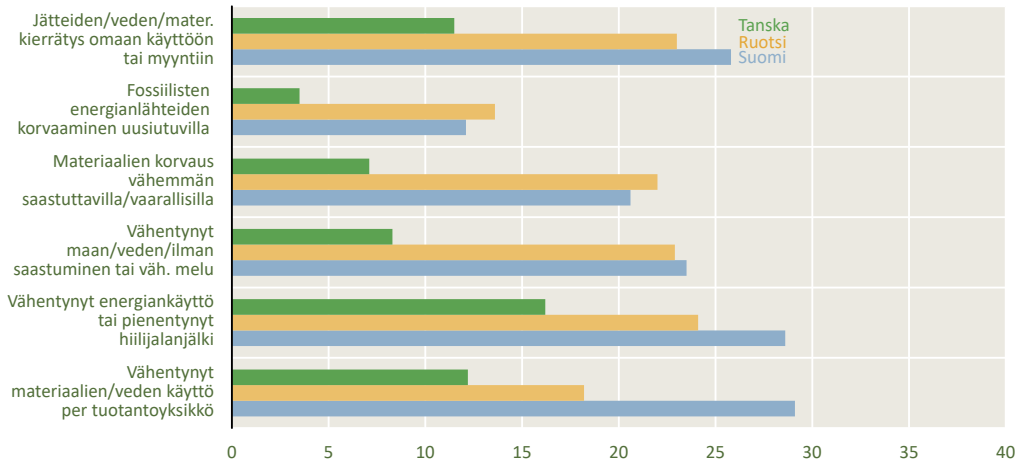
mi oli viimeisimmän käytettävissä olevan, vuosia 2018–2020 koskevan tilastotiedon mukaan Ruotsia ja Tanskaa edellä.

Kuviossa 6.5 tarkastellaan ympäristölle merkittäviä innovaatioita. Siitä nähdään, että Suomi on Ruotsia ja Tanskaa edellä merkittävässä ympäristöinnovaatioissa, joilla fossiilisten energialähteiden käyttöä korvataan uusiutuvilla energialähteillä, joilla vähennetään hiilijalanjälkeä ja joilla vähennetään materiaalien ja veden käyttöä. Suomi jää jälkeen Tanskasta lähinnä merkittävässä innovaatioissa, jolla edistetään kierrätystä.

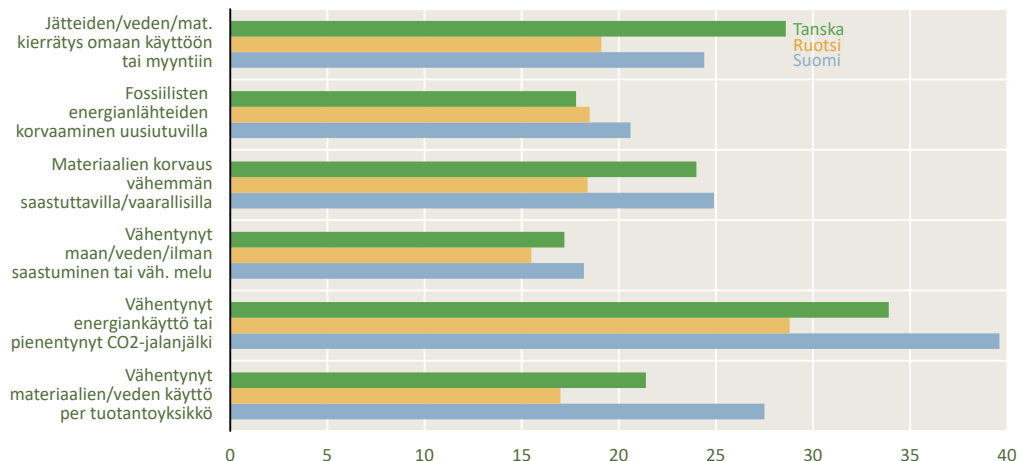
Kuvio 6.4

Ympäristöä hyödyttäviä innovaatioita yrityksessä, yrityssektori, %

a. 2012–2014



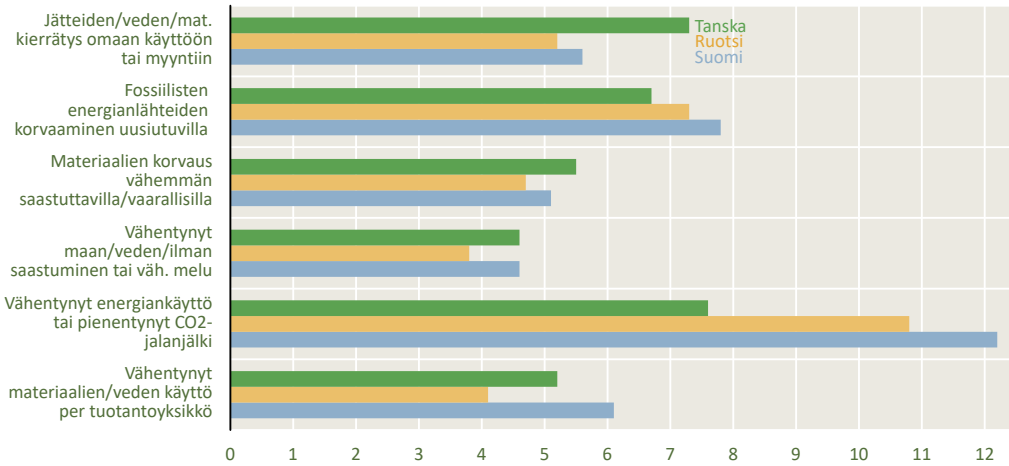
b. 2018–2020



Lähde: Eurostat (CIS).

Kuvio 6.5

Merkittävästi ympäristöä hyödyttäviä innovaatioita yrityksessä vuosina 2018–2020, yrityssektori, %



Lähde: Eurostat (CIS).

Kaiken kaikkiaan Suomen yrityssektori näyttää olleen viimeisimpien käytettävissä olevien lukujen (2018–2020) valossa jonkin verran innovatiivisempi kuin Ruotsin tai Tanskan. Myös Suomessa on ympäristöinnovaatioiden taso ollut vähintään Ruotsin tasoa ja jää Tanskaa jälkeen lähinnä kierrätystä koskevista innovaatioissa.

3. kysymys: Millaiset yritykset tekevät innovaatioita?

Tässä kappaleessa tarkastellaan, millaiset yritykset ovat innovatiivisia eli parantavat Suomen asemaa edellä esitetyissä maiden välisissä vertailuissa. Aineistona käytetään Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineistoa, johon on yhdistetty yritysten tilinpäätös- ja työllisyystietoja.

Taulukko 6.8 raportoi regressiotulokset vastemuuttujille (ks. laatikko 6.2), jotka kuvaavat onko kyseessä jonkun innovaation tehnyt yritys (Innovatiivinen yritys), tuoteinnovaation tehnyt yritys (Tuoteinnovaatio), prosessi-innovaation tehnyt yritys (Prosessi-innovaatio), jonkun ympäristöinnovaation tehnyt yritys (Joku ympäristöinnovaatio), tai merkittävän ympäristöinnovaation tehnyt yritys (Merkittävä ympäristöinnovaatio). Estimointiotoksessa on 2 134 yritystä.

Taulukon 6.8 ensimmäisestä sarakkeesta nähdään, että yli 500 hengen yrityksissä innovoivien yritysten osuus on 19,0 %-yksikköä korkeampi kuin 10–49 hengen yrityksissä. Toisesta sarakkeesta nähdään, että tuoteinnovaatioiden osalta ero on selvästi suurempi, 29,7 %-yksikköä. Prosessi-innovaatiossa tämä ero on 22,3 %-yksikköä. Näille eroille on luonteva selitys: vaikka kaksi yritystä olisivat kokoa lukuun ottamatta

muuten samanlaisia, niin suuremmalla yrityksellä on suurempi todennäköisyys tehdä tietyllä aikavälillä vähintään yksi innovaatio kuin pienemmällä yrityksellä.

Regressiotuloksia tulkittaessa on tärkeää huomata, että erityyppisten innovaatioiden yleisyys vaihtelee merkittävästi. Tuoteinnovaatioita on tehnyt 43,6 %, prosessi-innovaatioita 55,7 %, mutta merkittäviä ympäristöinnovaatioita vain 21,7 % yrityksistä. Tämä tarkoittaa, että vaikka parametriestimaatit olisivat kaikissa sarakkeissa samat, yrityksen koon merkitys voi vaihdella sarakkeesta toiseen sen mukaan, kuinka yleistä tietyn tyyppinen innovointi on ylipäätään. Suurten yritysten merkittävää ympäristöinnovaatiota mittaava parametriestimaatti 0,329 (tarkoittaa 32,9 %-yksikköä) on suuri, kun ottaa huomioon, että yrityksistä vain 21,7 % on tehnyt kyseisen innovaation.

Taulukon 6.8 viimeisen sarakkeen regressiotuloksista saadaan viitteitä siitä, että merkittäviä ympäristöinnovaatioita on tehty Helsingin seudulla enemmän kuin muilla alueilla. Tätä tulosta tulkittaessa on hyvä muistaa, että se perustuu regressiomalliin, jossa muita innovointiin vaikuttavia tekijöitä on vakioitu malliin mukaan otetuilla selittävillä muuttujilla. Eroa ei siis selitä esimerkiksi se, että Helsingissä yritykset olisivat keskimäärin suurempia tai toimisivat eri toimialoilla kuin muualla Suomessa. Tarkastelemme alla vielä erikseen sitä, ovatko ympäristöinnovaatiot keskittyneet muita innovaatioita selvemmin Helsingin seudulle.

Laatikko 6.2 Regressiotarkastelut

Käytämme tässä luvussa lineaarista regressionanalyysiä kuvailemaan aineistoa; tuloksille ei voi antaa syy-seuraus-tulkintoja.

Raportoidut regressiotulokset on estimoitu yhtälöryhmänä (*seemingly unrelated regression*, SURE), jossa selitettävänä on erilaisilla innovaatiomittareilla mitattu yrityksen innovatiivisuus 0/1-muuttujalla mitattuna. On syytä huomata, että tällainen muuttuja kertoo ainoastaan, onko yrityksessä tehty kyseistä innovaatiota tietyllä ajanjaksolla. Toisin sanoen tällä aineistolla ei voida sanoa millaisiin yrityksiin innovaatioiden määrä työntekijää kohti laskettuna keskittyy. Aineistosta ei esimerkiksi nähdä suoraan, tekeekö 1 000 hengen yritys enemmän vai vähemmän innovaatioita kuin 100 yritystä, joilla on 10 työntekijää.

Kaikissa estimoinneissa käytetään samoja selittäviä muuttujia. Yrityksen tietyn tyyppistä innovaatiota selittävinä tekijöinä käytetään yrityksen kokoluokkaa, alueellista sijaintia ja työn tuottavuutta (arvonlisäys/tehdyt työtunnit). Lisäksi toimialan vaikutus vakioidaan 2-numerotason indikaattorimuuttujilla. Yrityksen tuottavuutta on mitattu erona sen toimialan keskimääräiseen tuottavuuteen (keskiarvo vuosilta 2018 ja 2020). Kun työn tuottavuutta mitataan suhteessa saman toimialan keskiarvoon, sitä voidaan tulkita tietynlaisena tehokkuuden mittarina (Baldwin, 1995).

Regressioestimointien avulla pyritään kuvaamaan, minkälaisiin yrityksiin erilaiset innovaatiot keskittyvät ja mitkä tekijät ennustavat, että yritykset tekevät tietynlaisia innovaatioita. Tämän lisäksi voidaan testata, keskittyvätkö tietyn tyyppiset innovaatiot tietynlaisiin yrityksiin. Lisäksi on syytä mainita se, että regressiotaulukoiden sarakkeissa olevat luokittelut eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan osittain päällekkäisiä. Taulukoiden alaosassa raportoidaan myös selitettävän muuttajan keskiarvo estimointiaineistossa ("datassa") ja selitettävän muuttajan ka. Tilastokeskuksen raportoimissa tilastossa. Nämä luvut auttavat tulkitsemaan, kuinka suuria estimoidut parametrit ovat.

Taulukko 6.8 Yrityksen innovaatioita selittävät tekijät

	Innovaatiivinen yritys	Tuote-innovaatio	Prosessi-innovaatio	Joku ympäristö-innovaatio	Merkittävä ympäristö-innovaatio
10-49 henkeä	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
50-249 henkeä	0,0388 *	0,0501 *	-0,0109	0,0446 +	0,0291
250-499 henkeä	0,105 **	0,195 ***	0,106 **	0,173 ***	0,224 ***
500- henkeä	0,190 ***	0,297 ***	0,223 ***	0,315 ***	0,329 ***
Helsinki-Uusimaa	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
Etelä-Suomi	-0,0493	-0,0446	-0,0432	-0,0375	-0,0616 *
Länsi-Suomi	-0,0330	-0,0428	-0,00544	-0,00443	-0,0645 **
Pohjois- ja Itä-Suomi	-0,0376	-0,0543 +	-0,0202	-0,0261	-0,0439 +
Työn tuottavuus suhteessa toimialaan (log)	0,0152	0,00240	0,0244	0,0430 +	0,0275 +
Toimiala-dummy (2-nro.taso)	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Selittävän muuttajan ka. datassa	64,3 %	43,6 %	55,7 %	50,4 %	21,7 %
Selittävän muuttajan ka. tilastossa	68,6 %	39,2 %	55,1 %		
Havaintojen lukumäärä	2 134				

Selite: Keskivirheet ovat heteroskedastisuusrobusteja.

Tilastolliset merkitsevyydet: + p<10, * p<0,05, ** p<0,01 ja *** p<0,001.

Taulukon 6.9 luvut perustuvat taulukossa 6.8 raportoituihin regressioestimointeihin ja siinä tarkastellaan, onko yrityksen kokoa koskevien parametrien välillä taloudellisesti ja tilastollisesti merkitseviä eroja eri innovaatioiden välillä. Paneelissa A esitetään nämä erot absoluuttisesti ja Paneelissa B ne esitetään suhteutettuna innovaatioiden keskimääräiseen yleisyyteen kussakin sarakkeessa.

Taulukon 6.9 ensimmäisen sarakkeen luvut kuvaavat sitä, ovatko tietynlaiset innovaatiot (ts. tuoteinnovaatiot, prosessi-innovaatiot, tavanomaiset ympäristöinnovaatiot tai merkittävät ympäristöinnovaatiot) keskittyneet suuriin yrityksiin voimakkaammin kuin innovaatiot yleensä. Esimerkiksi taulukon Paneelin A ensimmäisen sarakkeen viidennellä rivillä oleva positiivinen luku 0,139 kertoo, että suurten (500- henkeä) ja pienten (10-49 henkeä) yritysten välillä on suurempi ero ympäristöinnovaatioiden syntymisen todennäköisyydessä kuin ylipäätään jonkun innovaation syntymisessä. Tämä ero todennäköisyyksissä on 0,139 %-yksikköä. Luvun perässä olevat kaksi tähteä (**) kertovat, että ero tilastollisesti merkitsevä yhden prosentoin luottamustasolla.

Taulukon 6.9 ylemmästä osasta nähdään, tuoteinnovaatiot ovat keskittyneet suuriin yrityksiin voimakkaammin kuin innovaatiot yleensä. Tulokset kertovat myös, että kun ympäristöinnovaatiota verrataan prosessi-innovaatioihin tai yritysten innovaatiotoimintaan yleisesti, ne ovat keskittyneet tilastollisesti merkitsevästi voimakkaammin suuriin yrityksiin.

Taulukko 6.9 **Suurien yritysten (500- henkeä) ja pienien yritysten (10-49 henkeä) ero erilaisissa innovaatioissa**

	Innovatiivinen yritys	Tuote-innovaatio	Prosessi-innovaatio	Joku ympäristö-innovaatio	Merkittävä ympäristö-innovaatio
Paneeli A: Absoluuttiset erot					
Innovatiivinen yritys	0				
Tuote-innovaatio	0,107 ***	0			
Prosessi-innovaatio	0,033	-0,074 *	0		
Joku ympäristö-innovaatio	0,125 **	0,018	0,092 *	0	
Merkittävä ympäristöinnov.	0,139 **	0,032	0,106 *	0,014	0
Paneeli B: Suhteelliset erot					
Innovatiivinen yritys	0				
Tuote-innovaatio	0,386 ***	0			
Prosessi-innovaatio	0,105 *	-0,281 **	0		
Joku ympäristö-innovaatio	0,330 ***	-0,056	0,225 **	0	
Merkittävä ympäristöinnov.	1,221 ***	0,835 ***	1,116 ***	0,891 ***	0

Selite: * $p < 0,10$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ ja *** $p < 0,001$. Luvut perustuvat taulukon 6.8 regressiotuloksiin. Raportoidut luvut ovat eroja (erot yrityskoon mukaan) erotuksissa (innovaatiolajien väliset erot). Paneelissa A positiiviset (negatiiviset) luvut kuvaavat sitä, että suurten (> 500 henkeä) ja pienien (10-49 henkeä) yritysten välillä on suurempi (pienempi) ero rivillä mainittujen innovaatioiden syntyminen todennäköisyydessä kuin sarakkeen otsikossa mainittujen innovaatioiden syntyemisessä. Paneelissa B esitetään Paneelin A luvut suhteutettuna innovaatioiden keskimääräiseen yleisyyteen kussakin sarakkeessa.

Taulukon 6.10 alemmassa osassa (Paneeli B) parametriestimaatit on suhteutettu innovaatioiden keskimääräiseen yleisyyteen kussakin sarakkeessa. Luvuista nähdään, että varsinkin merkittävät ympäristöinnovaatiot ovat keskittyneet tilastollisesti merkittävästi muita innovaatioita voimakkaammin suurin yrityksiin. Ne ovat keskittyneet suuriin yrityksiin voimakkaammin kuin tuoteinnovaatiot, jotka puolestaan ovat keskittyneet suuriin yrityksiin voimakkaammin kuin prosessi-innovaatiot.

Ovatko merkittävät ympäristöinnovaatiot keskittyneet muita innovaatioita voimakkaammin Helsingin seudulle? Tämän selvittämiseksi ajoimme muuten vastaavan regressioyhtälöryhmän kuin taulukossa 6.8, mutta erona oli se, että muut alueet on yhdistetty muuttujaksi muu Suomi.² Näistä parametriestimaateista olemme laskeneet samantyyppisen matriisin kuin edellä suurten yritysten kohdalla (vrt. taulukko 6.9 edellä), ja tulokset on esitetty taulukossa 6.10. Siinä vertaamme Helsingin ja muun Suomen eroa, ja katsomme, vaihtelevatko saadut parametriestimaatit innovaatiotyypin mukaan. Kuten edellä, laskimme tässä sekä absoluuttiset että suhteelliset erot regressiokertoimissa.

Taulukon 6.10 tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että kun otetaan huomioon se, kuinka usein erilaisia innovaatioita tehdään, merkittävät ympäristöinnovaatiot ovat keskittyneet muita innovaatioita voimakkaammin Helsingin seudulle. Tämä tulos saadaan sen jälkeen, kun mm. yritysten kokoerot ja toimiala on vakioitu. Tulosta siis ei selitä esimerkiksi se, että Helsingissä toimivat yritykset olisivat suurempia tai

Taulukko 6.10 Helsingin seudun ja muun Suomen välinen ero erilaisissa innovaatioissa

	Innovatiivinen yritys	Tuote-innovaatio	Prosessi-innovaatio	Joku ympäristö-innovaatio	Merkittävä ympäristö-innovaatio
Paneeli A: Absoluuttiset erot					
Innovatiivinen yritys	0				
Tuote-innovaatio	0,008	0			
Prosessi-innovaatio	-0,018	-0,026	0		
Joku ympäristö-innovaatio	-0,019	-0,026	0,000	0	
Merkittävä ympäristöinnov.	0,019	0,011	0,037	0,037 ⁺	0
Paneeli B: Suhteelliset erot					
Innovatiivinen yritys	0				
Tuote-innovaatio	0,046	0			
Prosessi-innovaatio	-0,023	-0,069	0		
Joku ympäristö-innovaatio	-0,020	-0,066	0,003	0	
Merkittävä ympäristöinnov.	0,205 [*]	0,159 ⁺	0,007 ^{**}	0,225 ^{**}	0

Selite: ⁺ p<0,10, ^{*} p<0,05, ^{**} p<0,01 ja ^{***} p<0,001. Luvut perustuvat taulukon 6.8 regressiotuloksiin. Raportoidut luvut ovat eroja (erot alueen mukaan) erotuksissa (innovaatiolajien väliset erot). Paneelissa A positiiviset (negatiiviset) luvut kuvaavat sitä, että Helsingissä ja muualla sijaitsevien yritysten välillä on suurempi (pienempi) ero rivillä mainittujen innovaatioiden syntymisen todennäköisyydessä kuin sarakkeen otsikossa mainittujen innovaatioiden syntymisessä. Paneelissa B esitetään Paneelin A luvut suhteutettuna innovaatioiden keskimääräiseen yleisyyteen kussakin sarakkeessa. Lukujen tulkintaa on kuvattu tarkemmin tekstissä.

Taulukko 6.11 Ympäristöinnovaatiot

	Kierrätys	Fossiili	Materiaalin korvaaminen	Saaste	CO ₂	Materiaalin käyttö
10–49 henkeä	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
50–249 henkeä	0,0273	0,0819 ^{***}	0,0188	0,00122	0,0927 ^{***}	0,0455 [*]
250–499 henkeä	0,143 ^{***}	0,196 ^{***}	0,150 ^{***}	0,149 ^{***}	0,262 ^{***}	0,169 ^{***}
500– henkeä	0,269 ^{***}	0,357 ^{***}	0,305 ^{***}	0,284 ^{***}	0,396 ^{***}	0,364 ^{***}
Helsinki-Uusimaa	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
Etelä-Suomi	0,0202	-0,00598	-0,0149	0,000939	-0,0569 ⁺	-0,0344
Länsi-Suomi	0,0293	0,00949	0,00943	0,0131	-0,0245	-0,0196
Pohjois- ja Itä-Suomi	0,00389	-0,0593 [*]	-0,0542 ⁺	0,00279	-0,0404	-0,0427
Työn tuottavuus toimialalla (log)	0,0424 ^{**}	0,0372 [*]	0,0107	0,0243 ⁺	0,0469 ^{**}	0,0404 ^{**}
Vakio	0,0213	0,0239	0,197	0,165	-0,00525	-0,121
Selitetävän muuttajan ka. datassa	22,7 %	20,2 %	22,7 %	16,7 %	35,9 %	24,6 %
Selitetävän muuttajan ka. tilastossa	24,4 %	20,6 %	24,9 %	18,2 %	39,6 %	27,5 %
Havaintojen lukumäärä	2 134					

Selite: Keskivirheet ovat heteroskedastisuusrobusteja. Tilastolliset merkitsevyydet: ⁺ p<10, ^{*} p<0,05, ^{**} p<0,01 ja ^{***} p<0,001.

se, että ne toimisivat lähtökohtaisesti innovatiivisemmilla toimialoilla kuin muualla Suomessa sijaitsevat yritykset. Tulosta tulkittaessa on hyvä muistaa kuitenkin se, että taulukon sarakkeissa olevat innovaatioluokittelut eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan osittain päällekkäisiä.

Taulukossa 6.11 tarkastellaan erikseen erilaisia ympäristöinnovaatioita. Kaikki ympäristöinnovaatiot ovat keskittyneet suurimpiin yrityksiin, eikä tässä ole eri ympäristöinnovaatioiden välillä merkittäviä eroja. Kertoimien suuruudet poikkeavat, mutta kun vertailussa otetaan huomioon myös ympäristöinnovaatioiden taso (so. keskiarvo) suhteelliset erot ovat vähäisiä. Sen sijaan tässä ei havaita merkittäviä alueellisia eroja paitsi siltä osin, että ”fossiili-innovaatiot” ja ”materiaalin korvaaminen” ovat Pohjois- ja Itä-Suomessa tilastollisesti merkitsevästi harvinaisempia kuin Helsinki-Uusimaalla. Tulosten mukaan tuottavuudelta toimialansa parhaat yritykset tekevät yleisesti ottaen muita enemmän ympäristöinnovaatioita (kahden indikaattorin kohdalla kerroin ei ole tilastollisesti merkitsevä).

Taulukossa 6.12 keskitytään merkittäviin ympäristöinnovaatioihin. Kun otetaan huomioon, että merkittävien ympäristöinnovaatioiden taso on vain kolmas- tai neljäsosa kaikkien ympäristöinnovaatioiden tasosta, kertoimien perusteella voidaan päätellä nämä innovaatiot ovat suhteellisesti keskittyneet suuriin yrityksiin vieläkin voimakkaammin kuin ei-merkittävät innovaatiot. Alueellinen keskittyminen ei ole

Taulukko 6.12 **Merkittävät ympäristöinnovaatiot**

	Kierrätys	Fossiili	Materiaalin korvaaminen	Saaste	CO ₂	Materiaalin käyttö
10–49 henkeä	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
50–249 henkeä	0,0126	0,0181	0,0125	0,000804	0,0288 ⁺	-0,00501
250–499 henkeä	0,0737 ^{**}	0,118 ^{***}	0,0392 ⁺	0,0569 [*]	0,139 ^{***}	0,108 ^{***}
500– henkeä	0,103 ^{***}	0,182 ^{***}	0,122 ^{***}	0,146 ^{***}	0,307 ^{***}	0,197 ^{***}
Helsinki-Uusimaa	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
Etelä-Suomi	-0,00328	-0,00129	-0,0105	-0,00158	-0,0200	0,00317
Länsi-Suomi	-0,0201	0,0102	-0,0434 ^{***}	-0,00946	-0,0352 ⁺	-0,0282 [*]
Pohjois- ja Itä-Suomi	-0,0112	-0,00597	-0,0253 ⁺	-0,0150	-0,0182	-0,0205
Työn tuottavuus toimialalla (log)	0,0147 ⁺	0,0162 ⁺	-0,00279	0,0135 ⁺	0,0315 ^{**}	0,00939
Vakio	-0,0322	0,0667	0,114	0,0970	0,0305	-0,0594
Selittävän muuttajan ka. datassa	5,2 %	7,6 %	5,0 %	4,7 %	12,0 %	6,1 %
Selittävän muuttajan ka. tilastossa	5,6 %	7,8 %	5,1 %	4,7 %	12,2 %	6,1 %
Havaintojen lukumäärä	2 134					

Selite: Keskivirheet ovat heteroskedastisuusrobusteja.

Tilastolliset merkitsevyydet: ⁺ p<10, ^{*} p<0,05, ^{**} p<0,01 ja ^{***} p<0,001.

aivan yhtä selvää kuin aikaisemmissa tarkasteluissa. Ehkä hieman yllättäen yrityksen suhteellinen tuottavuus toimialallaan ei ole yhtä merkittävä selittäjä kuin tarkasteltaessa kaikkia ympäristöinnovaatioita, ei pelkästään merkittäviä ympäristöinnovaatioita. Poikkeuksena on merkittävät ympäristöinnovaatiot, joilla vähennetään energian käyttöä tai pienennetään hiilijalanjälkeä: ne ovat keskittyneet erityisesti toimialallaan muita tuottavimpiin yrityksiin.

Kun ympäristöinnovaatiota verrataan prosessi-innovaatioihin tai yritysten innovaatiotoimintaan yleisesti, ne ovat keskittyneet voimakkaammin suurin yrityksiin. Havaitsemme myös, että merkittävät ympäristöinnovaatiot ovat keskittyneet muita innovaatioita voimakkaammin Helsingin seudulle.

Pohdintaa ja näkökulmia

Vapaasti toimivat markkinat eivät tuota ihmisten hyvinvoinnin kannalta parasta mahdollista tulosta silloin, kun tuotantotoiminnan sivutuotteena syntyy haitallisia ulkoisvaikutuksia. Saasteet tai luonnon tuhoutuminen ovat esimerkkejä tästä. Valtiovalta voi korjata ongelmaa asettamalla tämänkaltaisille haitoille hinnan. Luonnolle ja ympäristölle haitallisten tuotteiden hintojen nousu kannustaa kuluttajia vähentämään niiden kulutusta ja siirtämään kulutustaan ympäristöystävällisempien tuotteiden suuntaan. Yksi tärkeä seuraus tästä on, että näin myös yrityksille syntyy kannustin kehittää ympäristöystävällisempiä tuotteita ja vähemmän ympäristölle haitallisia ja luontoa kuormittavia tuotantomenetelmiä eli tehdä ympäristöinnovaatioita. Ympäristöinnovaatioiden ansiosta on mahdollista, että kulutus ja elintaso kasvavat ja samaan aikaan ympäristörasitus laskee.

Ympäristöongelmien ratkaisuna ympäristöinnovaatiot ja vihreä talouskasvu saattavat olla yhteiskunnallisesti ja poliittisesti realistisempi keino kuin toimet ja politiikka, joiden tavoitteena on suoranainen kulutuksen vähentäminen. Useat kotitaloudet eivät ole halukkaita maksamaan erityisen paljon luontoystävällisemmistä tuotteista (tästä

aiheesta, ks. myös Hyytinen, Rönkkö ja Tukiainen, luku 3), vaan ne kokevat ennemminkin tarvetta ja halua materiaalsen elintasonsa kohottamiseen. Talouskasvu helpottaa merkittävästi myös julkisen talouden tasapainon hallitsemista,

hyvinvointivaltion taloudellisten perustusten turvaamista sekä vihreään siirtymään liittyvien kustannuksien kompensoimista niille, jotka kantavat siirtymän suurimmat kustannukset.

Ympäristöinnovaatiota voidaan tukea monin eri tavoin. Monissa maissa on esimerkiksi käytössä ylimääräisiä verovähennyksiä yritysten tutkimus- ja kehittymenoille eli ns. t&k-verohelpotuksia. Vaikka periaatteessa t&k-verohelpotukset kannustavat kaikkia yrityksiä panostamaan teknologiseen kehitystyöhön aikaisempaa enemmän, niiden ongelmana on sekä se, että niitä voi olla vaikea suunnata nimenomaan ympä-

Ympäristöinnovaatiot saattavat olla realistisempi ratkaisu kuin kulutuksen vähentäminen.

ristölle ystävällisten teknologioiden kehittämiseen ja se, että laaja-alaiset t&k-verohelpotukset eivät takaa, että t&k:ta tehdään juuri niissä yrityksissä, joilla on siihen parhaat edellytykset.

Yrityksille suunnattujen suorien t&k-tukien etuna on puolestaan se, että niitä voidaan ainakin periaatteessa yrittää suunnata tehokkaasti innovoiiviin yrityksiin sekä ympäristölle ystävällisten teknologioiden kehittämishankkeisiin. Yritystukien myöntämisen ehdoksi voidaan myös asettaa esimerkiksi yhteistyö yliopistojen tai muiden yritysten kanssa. Tämä voi edistää teknologisen tiedon leviämistä kansantaloudessa, mikä on usein kokonaishyvinvoinnin kannalta myönteinen asia. T&k-tukien ongelmana ovat niiden hallinnolliset kustannukset sekä se, että innovaatiot ovat hyvin erilaisia. Kuten Ahlvik ja van den Bijgaart (2024) esittävät, julkinen sektori ja t&k-tukia jakavat organisaatiot eivät välttämättä kykene tunnistamaan tehokkaasti (tai ainakaan ilman merkittäviä kustannuksia) yhteiskunnallisesti tärkeitä innovaatioita hyvin erilaisten innovaatioiden joukosta, varsinkin kun kyse on ympäristöinnovaatioista.

Yliopistoyhteistyö tuen edellytyksenä edistää tiedon leviämistä.

Uusin tutkimus korostaa sitä, että vihreän siirtymän mahdollistamiseksi on tarpeen hyödyntää politiikkayhdistelmiä, joilla sekä luodaan edellytyksiä ilmasto- ja luontoystävällisemmälle tuotantotoiminnalle että tietoisesti rasitetaan jo olemassa olevaa mutta luontoa kuormittavaa tuotantotoimintaa (ks. mm. Jaffe ym., 2005; Acemoglu ym., 2012; Aghion ym., 2019; Ahlvik & van den Bijgaart, 2024). Hiilidioksidipäästöille ja yleisemmin luontokadolle asetettavat hinnat tekevät ympäristöille haitallisten teknologioiden hyödyntämisestä kalliimpaa ja lisää yritysten kannustimia panostaa ympäristöinnovaatioiden synnyttämiseen. On ajateltavissa, että ne myös vähentävät polkuriippuvuutta (Acemoglu ym., 2012; Aghion ym., 2019) ja edistävät tässä luvussa kuvattua vihreää luovaa tuhoa. On tutkimuksellista näyttöä siitä, että hyvinvoinnin kannalta optimaalinen politiikkakokonaisuus sisältää hiiliverojen tai päästöoikeuksien ja innovaatioihin kannustavien immateriaalioikeuksien (patenttisuoja) lisäksi yrityksille myönnettäviä tukia ympäristölle ystävällisen teknologian kehittämiseen. Näin on erityisesti silloin kun innovaatiot ovat hyvin erilaisia ja kun on tarve kannustaa markkinaehtoisesti toimivia yksityisiä toimijoita kehittämään valikoivasti yhteiskunnallisesti tärkeitä vihreitä innovaatioita (Ahlvik & van den Bijgaart, 2024). Riittävän korkea hiilidioksidipäästöjen hinnoittelu yhdistettynä t&k-tukiin ja patenttisuojaan vahvistaa oikeanlaisten innovaatioiden yksityistä tuotantoa tilanteessa, jossa julkinen sektori ei kykene tunnistamaan yhteiskunnallisesti tärkeitä innovaatioita hyvin erilaisten innovaatioiden joukosta ja jossa se ei siksi voi suoraan tukea niitä (Ahlvik & van den Bijgaart, 2024). Koska käytettävissä on varsin erilaisia politiikkavälineitä, joilla kullakin etunsa sekä haittansa (ks. Takalo ym., 2024), tämänkaltaisten politiikkayhdistelmien tehokkuudesta olisi toivottavaa saada lisätuloksia ja parempi ymmärrys.

Ympäristöinnovaatioita ja vihreää luovaa tuhoa voidaan lisätä myös tukemalla yliopistoissa ja korkeakouluissa tehtävää ympäristöystävällisten teknologioiden kehitys-

työtä ja lisäämällä ympäristökysymyksiin liittyvää koulutustarjontaa laaja-alaisesti. Näin ympäristöystävällistä teknologioita koskeva tietämys kasvaa ja siirtyy opiskelijoiden valmistuttua yrityksiin. Tämänkaltaisella koulutuksella voi olla myös suotuisa vaikutusta ihmisten kulutusvalintoihin.

Vihreässä luovassa tuhossa on kyse yritysten ja toimipaikkojen uusiutumisesta siten kuin innovaatioperusteinen, luovaa tuhoa korostava schumpeteriläinen kasvuteoria ennustaa. Luovan tuhon keskeinen lähde on se, että yritykset pyrkivät parantamaan kilpailuasemaansa markkinoilla panostamalla tuote- ja prosessi-innovaatioiden tuottamiseen. Vihreää luovaa tuhoa tapahtuu, kun ympäristöinnovaatioilla onnistutaan luomaan uutta vihreämpää ja kilpailukykyisempää tuotantoa. Tämän ansiosta tuhoutuu vanhempaa ja saastuttavampaa tuotantoa sekä siihen kytkeytyneitä työpaikkoja.

Havaintoja

- Kun talouden voimavarat – työ, pääoma, energiankäyttö ja raaka-aineet – kohdentuvat uudelleen kohti ympäristöystävällisempiä tuotannollisia toimintamalleja, tapahtuu vihreää luovaa tuhoa, joka nopeuttaa talouden ja toimialojen siirtymistä kohti ympäristöystävällisempää tuottavuuskasvua.
- Välttämätön ehto vihreälle luovalle tuholle on, että osa yrittäjistä ja yrityksistä haluaa ja onnistuu tavoittelemaan menestyksekkäästi ympäristöystävällisiä ja niiden tuottavuutta tehostavia innovaatioita.
- Toinen ehto vihreälle luovalle tuholle on, että ympäristöystävällisiä innovaatioita tekevät yritykset onnistuvat paremman tuottavuutensa ansiosta syrjäyttämään menestyksekkäästi vähemmän ympäristöystävällisiä teknologioita hyödyntäviä kilpailijaryhtymäjä.
- Empiirinen tarkastelu paljastaa, että Suomessa toimivat yritykset tekevät vähintään yhtä paljon ympäristöinnovaatioita kuin Ruotsissa ja Tanskassa ja että verrattuna muihin innovaatioihin, ympäristöinnovaatiot näyttävät keskittyvän suhteellisesti enemmän suuriin yrityksiin ja Helsingin seudulle.

Suosituksia

- Vihreää siirtymää voidaan nopeuttaa hyödyntämällä politiikkayhdistelmiä, joilla sekä luodaan edellytyksiä ilmasto- ja luontoystävällisemmälle tuotantotoiminnalle että tietoisesti rasitetaan jo olemassa olevaa mutta ympäristöä kuormittavaa tuotantotoimintaa.
- Esimerkiksi silloin kun julkinen sektori ei kykene tunnistamaan yhteiskunnallisesti tärkeitä innovaatioita hyvin erilaisten innovaatioiden joukosta ja kun on tarve kannusta markkinaehtoisesti toimivia yksityisiä toimijoita kehittämään valikoivasti yhteiskunnallisesti tärkeitä vihreitä innovaatioita, tarvitaan riittävän korkea hiilidioksidipäästöjen hinnoittelu, t&k-tukia ja patenttisuojaa.
- Ympäristöinnovaatioihin kannustamisen lisäksi on tarvetta täydentäville politiikkatoimille, jotka lisäävät talouden dynamiikkaa yritys- ja työntekijätasolla, mutta jotka toisaalta lievittävät ja tasaaivat rakennemuutoksista työntekijöille ja kansalaisille aiheutuvia sopeutumiskustannuksia.
- Täydentävät yhteiskunnalliset uudistukset voivat myös helpottaa ympäristölle hyödyllisten toimien läpivientiä poliittisesti.

Viitteet

- ¹ Innovaatioita on monenlaisia ja niihin liittyvä terminologia vaihtelee. Kutsumme tässä kirjoituksessa erilaisia ekoinnovaatioita, kestävän kehityksen innovaatioita, ekologisia innovaatioita ja luonnon varoja säästäviä ja ilmaston lämpenemistä ehkäiseviä innovaatioita joko ympäristöinnovaatioiksi tai vihreiksi innovaatioiksi.
- ² Näitä tuloksia ei ole raportoitu tässä.

Lähteet

- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. & Hemous, D. (2012). The Environment ja Directed Technical Change. *American Economic Review* 102 (1): 131–66. <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.131>
- Aghion, P., Antonin, C. & Bunel, S. (2021). *The Power of Creative Destruction: Economic Upheaval ja the Wealth of Nations*. Cambridge, MA: Belknap Press.
- Aghion, P., Dechezleprêtre, A., Hémous, D., Martin, R. & Van Reenen, J. (2016). Carbon Taxes, Path Dependency, ja Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry. *Journal of Political Economy* 124 (1) (February): 1–51. <https://doi.org/10.1086/684581>
- Aghion, P., Hepburn, C., Teytelboym, A. & Zenghelis, D. (2019). Path Dependence, Innovation ja the Economics of Climate Change. *Handbook on Green Growth*, 67–83.
- Aghion, P. & Howitt, P. (2009). *The Economics of Growth*. The MIT Press.
- Ahlvik, L. & van den Bijgaart, I. (2024). Screening innovation through carbon pricing. *Journal of Environmental Economics ja Management*, Vol. 124.
- Baldwin, J. R. (1995). *The dynamics of industrial competition. A North American perspective*. Cambridge University Press.
- Barbier, E. B. (2023). Comment: The G7 needs to boost its low-carbon strategy – here’s how. *Nature*, Vol. 617: 459–461.
- Basu, S., Eldridge, L., Haltiwanger, J. & Strassner, E. (2023). *Technology, Productivity, ja Economic Growth*. University of Chicago Press / National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/books-and-chapters/technology-productivity-and-economic-growth>
- Ben-El-Mechaieq, H. S. & Stavins, R. N. (2007). Second-Best Theory ja the Use of Multiple Policy Instruments. *Environmental ja Resource Economics* 37 (1): 111–29. <https://doi.org/10.1007/s10640-007-9110-y>
- Bryan, K. A. & Williams, H. L. (2021). Innovation: Market Failures ja Public Policies. Teoksesa *Handbook of Industrial Organization*, 5, 281–388. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.hesind.2021.11.013>
- Caballero, R. J. & Hammour, M. L. (1996). On the Timing ja Efficiency of Creative Destruction. *The Quarterly Journal of Economics* 111 (3): 805–52. <https://doi.org/10.2307/2946673>
- Cohen, W. M. & Klepper, S. (1996a). A Reprise of Size ja R&D. *The Economic Journal* 106 (437): 925–51. <https://doi.org/10.2307/2235365>
- Cohen, W. M. & Klepper, S. (1996b). Firm Size ja the Nature of Innovation within Industries: The Case of Process ja Product R&D. *The Review of Economics ja Statistics* 78 (2): 232–43. <https://doi.org/10.2307/2109925>
- Crepón, B., Duguet, E. & Mairesse, J. (1998). Research, Innovation ja Productivity: An Econometric Analysis At The Firm Level. *Economics of Innovation ja New Technology* 7 (2): 115–58. <https://doi.org/10.1080/10438599800000031>
- Disney, R., Haskel, J. & Heden, Y. (2003). Restructuring ja Productivity Growth in Uk Manufacturing*. *The Economic Journal* 113 (489): 666–94. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.t01-1-00145>

- Ghisetti, C. (2018). On the Economic Returns of Eco-Innovation: Where Do We Stand? *New Developments in Eco-Innovation Research*, 55–79.
- Horbach, J. & Rammer, C. (2020). Circular Economy Innovations, Growth ja Employment at the Firm Level: Empirical Evidence from Germany. *Journal of Industrial Ecology* 24 (3): 615–25. <https://doi.org/10.1111/jiec.12977>
- Horbach, J. & Reif, C. (eds.) (2018). *New Developments in Eco-Innovation Research*. Sustainability ja Innovation. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93019-0_12
- Hyytinen, A. & Maliranta, M. (2013). Firm Lifecycles ja Evolution of Industry Productivity. *Research Policy* 42 (5): 1080–98. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.01.008>
- Ilmakunnas, P. & Maliranta, M. (2008). Työpaikka- ja työntekijävirtojen viimeaikainen kehitys Suomen yrityssektorilla. Työpoliittinen aikakauskirja, 51(3): 30–45.
- Jaffe, A. B., Newell, R. G. & Stavins, R. N. (2005). A Tale of Two Market Failures: Technology ja Environmental Policy. *Ecological Economics*, Technological Change ja the Environment, 54 (2): 164–74. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.027>
- Kivimaa, P. & Kern, F. (2016). Creative Destruction or Mere Niche Support? Innovation Policy Mixes for Sustainability Transitions. *Research Policy* 45 (1): 205–17. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.09.008>
- Lööf, H., Mairesse, J. & Mohnen, P. (2017). CDM 20 Years After. *Economics of Innovation ja New Technology* 26 (1–2): 1–5. <https://doi.org/10.1080/10438599.2016.1202522>
- Maliranta, M. (2014). Luovan tuhon tie kilpailukykyyn – Miten innovointi vaikuttaa yrityksiin, kansantalouteen ja kansalaisiin. Tehokkaan Tuotannon Tutkimussäätiö. Julkaisusarja, 4.
- Maliranta, M. & Valmari, N. (2017). *Suomen teollisuustuotannon uudistuminen tuotantolinjalla*. Etna Raportti nro 72.
- Rennings, K. (2000). Redefining Innovation – Eco-Innovation Research ja the Contribution from Ecological Economics. *Ecological Economics* 32 (2): 319–32. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00112-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00112-3)
- Segerstrom, P. S., Anant, T. C. A. & Dinopoulos, E. (1990). A Schumpeterian Model of the Product Life Cycle. *The American Economic Review* 80 (5): 1077–91.
- Söderholm, P. (2020). The Green Economy Transition: The Challenges of Technological Change for Sustainability. *Sustainable Earth* 3 (1): 6. <https://doi.org/10.1186/s42055-020-00029-y>
- Takalo, T., Tanayama, T. & Toivanen, O. (2024). Welfare Effects of R&D Support Policies. (Helsinki GSE Discussion Papers 21, 2024).
- Tether, B. S. (1998). Small ja Large Firms: Sources of Unequal Innovations? *Research Policy* 27 (7): 725–45. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(98\)00079-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(98)00079-1)
- Weber, K. M. & Rohracher, H. (2012). Legitimizing Research, Technology ja Innovation Policies for Transformative Change: Combining Insights from Innovation Systems ja Multi-Level Perspective in a Comprehensive “Failures” Framework. *Research Policy*, Special Section on Sustainability Transitions, 41 (6): 1037–47. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.015>

Suunnattu innovaatiotoiminta osana vihreää kasvua

7

Tiivistelmä

Satojen vuosien teollinen historia on suosinut ympäristöä rasittavia teknologioita. Markkinavaikutuksien ja polkuriippuvuuksien takia tällä hetkellä harjoitettavan innovaatiotoiminnan painotus on vääristynyt. Markkinoilla muodostuvat hinnat eivät ole heijastelleet tuotannon kaikkia ulkoisvaikutuksia ja niihin liittyviä sosiaalisia kustannuksia.

Yksityisen innovaatiotoiminnan kääntäminen paremmin vihreää kasvua tukeväksi edellyttää selvästi suuntaavaa innovaatiopolitiikkaa ja siitä, että tämän politiikan tulee kytkeytyä sitä tukevaan muuhun ympäristöpolitiikkaan. Esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen verotuksen tai päästökaupan myötä tapahtuvan ulkoisvaikutusten sisäistämisen ensisijainen tarkoitus on nostaa päästöintensiivisten tuotteiden ja palveluiden hintoja ja siten vähentää niiden kysyntää.

Kirjallisuuden perusteella näyttää selvältä, että hintavaikutusten lisäksi päästökauppa ja päästöjen verotus lisäävät vähähiilisten ratkaisujen innovaatiotoimintaa, mikä entisestään voimistaa näiden politiikkatoimien tavoiteltua vaikutusta. Tästä huolimatta vaikuttaa siltä, että yksinomaan negatiivisten ympäristövaikutusten sisäistämisen kautta tulevat yksityiset kannustimet vihreälle innovaatiotoiminnalle eivät riitä, vaan lisäksi tarvitaan vihreään suuntaan ohjaavaa innovaatiopolitiikkaa.

Laajassa mielessä vihreän innovaatiopolitiikan vaikuttavuudessa on kyse maailmanlaajuisista elinkaarivaikutuksista ympäristöön. Kansallisesti on kyse myös yritysten ja toimialojen kilpailukyvystä vihreiden tuotteiden ja palveluiden tarjoajina. Sekä ympäristön että talouden, kotimaisten yritysten kilpailukyvyn, näkökulmasta näyttää houkuttelevalta olla mahdollisimman aikaisin vasta nousemassa olevilla teknologia-alueilla. Tosin, kuten tiedetään, keskeisten nousevien teknologioiden tunnistaminen etukäteen on vaikeaa, koska parhaat teknologiat seuloutuvat monien kokeilujen ja markkinavalikoitumisen myötä.

Suosittelava lähdeviittaus tähän lukuun:

Rouvinen, Petri ja **Deschryvere**, Matthias (2024). *Suunnattu innovaatiotoiminta osana vihreää kasvua*. Luku 7 (sivut 149–168) kirjassa **Hyytinen**, Ari, **Maliranta**, Mika, **Rouvinen**, Petri ja **Tahvanainen**, Antti-Jussi (toim.) (2024). *Vihreä kasvu*. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta). <https://ForGrowth.fi>

Petri Rouvinen

on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen Etlan tutkimusneuvonantaja.

Matthias Deschryvere

on Teknologian tutkimuskeskus VTT:n senioritutkija.

Vihreä siirtymä ei onnistu ilman teknologisia läpimurtoja

Aghion ym. (2022, s. 1) toteavat, että ”Pariisin ilmastopimuksen tavoitteiden saavuttaminen edellyttää vallankumousta ilmastomuutosta sivuavissa teknologioissa.”¹ Kansainvälinen energiajärjestö IEA:n (2021, s. 15) mukaan ”... vuoteen 2050 mennessä lähes puolet [kasvihuonekaasujen] vähennyksistä tulee teknologioista, jotka ovat tällä hetkellä vasta demonstraatio- tai prototyypivaiheessa. Tämän vuosikymmenen [2020-luvun] aikana on toteutettava merkittäviä innovaatioponnistuksia, jotta nämä uudet teknologiat saadaan markkinoille ajoissa.”² Acemoglu (2023) päätti taloustieteen vuosittaisessa päätapahtumassa pitämänsä kunnialuennon toteamalla, että meidän ”täytyy ajatella uudelleen [yksityisten] markkinoiden taikuutta, mitä tulee teknologiseen kehitykseen.”

Pureudumme tässä luvussa suunnatun teknologisen kehityksen tutkimuskirjallisuuteen siltä osin, kun se sivuaa vihreää kasvua.

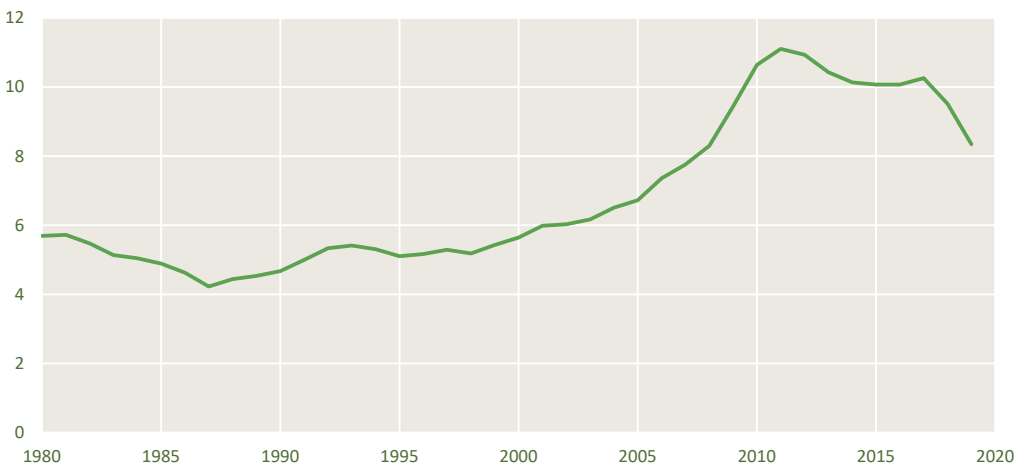
Vihreä siirtymä on oikeutetusti yhteiskunnallisen keskustelun kestoaiheita maailmassa. Niinpä saatamme ajatella, että siirtymää tukeva innovaatiotoiminta pitää huolta itsestään. Näin ei kuitenkaan näytä olevan (ks. kuvio 7.1).

Tavaroiden ja palveluiden loppumarkkinoilla vihreitä vaihtoehtoja edistävät ja ruskeita vaihtoehtoja haittaavat toimet tukevat loppumarkkinoilla tapahtuvaa kilpailua edeltävässä vaiheessa harjoitettavaa tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaa (johon jatkossa viittaamme tki- tai vain innovaatiotoimintana).

Tämän luvun kirjallisuus viittaa kuitenkin siihen, ettei loppumarkkinakysynnän ja -hintojen kautta tuleva vaikutus yksinään riitä – lisäksi tarvitaan vihreän innovaatiotoi-

Kuvio 7.1

Vihreiden osuus kaikista maailman patenteista, %



Lähde: Hasna ym. (2023, Figure 1, vasen, josta PF1-patentit; alkuperäisenä aineistolähteenä PATSTAT).

minnan suoraa tukemista. Perusteluina tähän ovat (a) kaikkeen tki-toimintaan liittyvät tiedolliset ulkoisvaikutukset ja rahoitusmarkkinapuutteet sekä (b) ruskeiden teknologioiden pitkästä etumatkasta kumpuavat polkuriippuvuudet.

Gugler ym. (2024, s. 2)³ kvantifioivat, miten eri politiikkojen yhteispeli menee: ”... kaikki kolme tarkasteltua politiikkaa – ympäristöverot, ympäristöregulaatio ja vihreille teknologioille suunnattu t&k-tuki – ohjaavat innovaatiotoimintaa merkittävästi vihreän patentoinnin suuntaan. Toimialaan kohdistuvien ympäristöverojen tuplaaminen lisää vihreää patentointia 6,7 %. Toimialaan kohdistuvan ympäristöregulaation tiukkuuden tuplaaminen lisää vihreää patentointia 16,4 %. Julkisten t&k-tukien tuplaaminen lisää vihreää patentointia 9 %. T&k-verohelpotuksen kasvattaminen 1 prosenttiyksiköllä lisää vihreiden patenttihakemusten lukumäärää 0,3 %.”

”Optimiratkaisu on intensiivinen puhtaiden ratkaisujen tutkimus-periodi yhdistettynä hiiliveroon ja puhtaan tutkimuksen julkisiin tukiin.” Wiskich (2024, s. 1)

Vihreä innovaatio- ja muu ympäristöpolitiikka siis täydentävät toisiaan. Kirjallisuuden perusteella markkinapohjaiset politiikkainterventiot (kuten päästökauppa) täydentävät ei-markkinapohjaisia (kuten ruskeiden ratkaisujen kielto) paremmin vihreää innovaatiopolitiikkaa.

Tämä on intuitiivisesti ymmärrettävää, sillä markkinapohjaiset instrumentit ovat usein laaja-alaisempia, niissä on sisäänrakennettuna keppi ja porkkana (siinä missä esim. kielto tarjoaa pelkkää keppiä), ja ne ohjautuvat luontevammin innovaatiotoiminnan harjoittamista tehokkaimmille toimijoille.

Erityisesti vihreän kasvun tapauksessa on syytä miettiä myös ylikansallisia linkkejä. Päästökauppa muuta maailmaa korkeammilla hinnoilla saattaa edellyttää rajakompensaatiomekanismin käyttöönottoa, kuten EU parhaillaan tekeekin. Innovaatiopolitiikan osalta Martin ja Verhoeven (2023) havaitsevat, että globaalilla tasolla vihreän innovaatiotoiminnan tukemisen yhteiskunnallinen tuotto on kahdeksasosan muun innovaatiotoiminnan tukemista korkeampi. Innovaatiopolitiikan globaali koordinointi lisäisi näitä tuottoja 60 %.

Innovaatiotoimintaan liittyvien viiveiden takia teknologisen kehityksen suuntaamisessa ja siihen liittyvissä yhteiskunnallisissa ja poliittisissa päätöksissä on toimittava etupainotteisesti. Suomen kaltaisella pienellä avotaloudella pitäisi olla tähän erityisen voimakkaat kannustimet, koska vihreään innovaatiotoimintaan näyttää liittyvän, kuten myöhemmin tässä luvussa selitämme, voimakkaita polku- ja urariippuvuuksia.

Toisaalta päätöksentekoa jarruttavat epäselvyydet siitä, miten hyvinvointiyhteiskuntaa tukeva talouskasvu sopii yhteen niiden toimien kanssa, joita tarvitaan ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi ja talouskasvun kytkemiseksi irti ympäristökuormituksesta ja luonnonvarojen liikakäytöstä (ks. myös Hyytinen, 2022).

Siirtymäpuutteessa on kyse kaikille huonoon tilaan jumiutumuksesta.

Ulkoisvaikutukset innovaatiopolitiikan keskeisimpänä perusteluna

Uusi idea on haastava taloudellinen hyödyke (Arrow, 1962). Se ei kulu käytössä ja sillä on taipumus levitä – tuottajansa näkökulmasta myös tahattomasti. Näiden ominaisuuksien takia ideoiden mahdollisimman laaja käyttö on yhteiskunnallisesti toivottavaa. Toisaalta ideoille saatavat yksityiset tuotot ovat yhteydessä siihen, että idea ei ole muiden hyödynnettävissä.

Yksityisten kannustimien ja yhteiskunnallisesti toivottavan käytön ristiriidasta seuraa se, että ilman erityisiä politiikkatoimia uusien ideoiden ja tiedon tuotanto jää liian vähäiseksi yhteiskunnallisesta näkökulmasta (ks. myös Takalo ym., 2021). Niinpä käytännössä kaikkien maailman maiden yhteiskuntapolitiikat puuttuvat monilla tavoilla uusien ideoiden markkinoihin: koulutus ja perustutkimus ovat julkisesti tuettuja; ideoille myönnetään väliaikaisia monopoleja tekijä- ja teollisoikeuksien muodossa; yksityisiä innovaatiotoiminnan harjoittajia kannustetaan lisäpanostuksiin julkisilla suorilla tuilla ja lainoilla sekä ylimääräisillä verovähennysoikeuksilla.

Vihreän innovaatiotoiminnan markkinapuutteet

Tavanomaiseen verrattuna vihreä innovaatiotoiminta kohtaa ylimääräisen haasteen siltä osin, kun negatiivisiin ympäristövaikutuksiin liittyviä ulkoisvaikutuksia ei ole onnistuttu sisäistämään tai muutoin säätelemään. Niinpä mm. Jaffe ym. (2005) sekä OECD:n, Maailmanpankin ja YK:n (2018) yhteisjulkaisu puhuvatkin vihreän innovaatiotoiminnan **kaksois**markkinapuutteesta, johon vedoten suosituksena on poikkeuksellisen ohjaava ja laaja-alainen innovaatio- ja yhteiskuntapolitiikka.⁴

Yrityksissä innovaatiotoimintaa harjoittavat pääosin muualla oppinsa saaneet ihmiset ja monet yrityksissä syntyvät ratkaisut perustuvat vain rajatussa määrin yrityksen sisällä tuotettuun tietoon. Niinpä organisaation ulkopuolisella innovaatioympäristöllä on vaikutusta yrityksen sisäisiin päätöksiin ja tulemiin. Brown ym. (2022) tutkivat yrityksen innovaatiotoiminnan ”kaksia kasvoja” (Cohen & Levinthal, 1989, 1990) – yhtäällä itse innovointia ja toisaalla yrityksen ulkopuolelta oppimista – rikkidioksidipäästöjä koskevan regulaation tapauksessa. He havaitsivat, että regulaation tiukentuessa myös ne yritykset, jotka eivät tavoittele uusia innovaatioita lisäävät tutkimus- ja kehitystoimintaansa pystyäkseen vastaanottamaan lisääntyvää ulkopuolista tietoa.

Innovaatiotoimintaan liittyvät polku- tai urariippuvuudet innovaatioprosessin eri vaiheissa (Aghion ym., 2014): tutkijat työskentelevät niiden kysymysten parissa, joihin liittyvillä alueilla he ovat aiemminkin työskennelleet. Nämä alueet saattavat olla sellaisia, joihin on ollut hyvin saatavilla ulkopuolista rahoitusta ja joilla saa parhaiten tutkimusyhteisön tunnustusta.⁵ Tutkimuksellista polkuriippuvuutta vahvistaa myös se, että aiemmin tuotettu tieto on uusien ideoiden raaka-aine ja se on myös konteksti-

Vihreää innovaatiotoimintaa vaivaa kaksoismarkkinapuute.

sidonnaista, jolloin se ruokkii parhaiten saman tai älyllisesti läheisen tutkimusalan kehitystä. Samanlaisia polkuriippuvuutta synnyttäviä ja vahvistavia vaikutuksia on myös sillä, että ideoiden soveltamisen nettohyödyt (ja siten yritysten innovointikannustimet) liittyvät niitä tukevan infrastruktuurin ja muutenkin otollisen käyttöympäristön olemassaoloon, ja sillä, että uusien ratkaisujen käyttöönottoon liittyy vaihtamiskustannuksia sekä mahdollisesti myös markkinoiden opettamista ja verkostovaikutuksia, jolloin käyttäjillä on taipumus pitäytyä vanhassa ja he haluavat hypätä vasta jo valmiiksi suosittuun ratkaisuun.

Teollisen vallankumouksen ensimmäiset kaksi ja puoli sataa vuotta ovat olleet ympäristöarvoja huomioiden ”ruskeiden” innovaatioiden aikaa. Niinpä vihreät innovaatiot lähtevät merkittävältä takamatkalta tavalla, jota meidän aikalaisten on vaikea edes hahmottaa, koska olemme kaikki kasvaneet ympäristössä ja olosuhteissa, joita teollinen historia on muokannut.⁶ Niinpä kumuloitunut tieto ja käytännöt suosivat vahvasti nykyisiä elin- ja toimintatapojamme, jotka tiedämme ympäristön kannalta kestävämmiksi.

Weber ja Rohracher (2012) esittävät innovaatiotoiminnan markkina-, järjestelmä- ja siirtymäpuutteita tarkastelevan viitekehysten.⁷ Siirtymäpuutteet (*transformational system failures*) ovat yhteydessä polku- ja urariippuvuuksiin ja viittaavat tilanteisiin, joissa sosioekonominen järjestelmä tai sen osa on juuttunut huonoon tasapainoon. Vaikka toinen olotila saattaisi olla jopa kaikkien osapuolten kannalta parempi, siihen ei päästä ilman ulkopuolelta tulevaa sysäystä. Tällaisessa tilanteessa yksi mahdollinen ratkaisu on missiolähtöinen innovaatiopolitiikka, jota esimerkiksi Mazzucato ym. (2020) käsittelevät. Toisaalta Bloom ym. (2019) tarkastelun mukaan pitävät näytöt missiolähtöisen politiikan tuloksellisuudesta ovat vähäisiä.⁸ Weber ja Rohracher (2012) painottavat, että missiolähtöisissä prosesseissa julkinen valta toimii eräänlaisena moderaattorina sekä auttaa määrittelemään ja toteuttamaan sosiaalisesti hyväksyttävän siirtymäpolun parempaan tasapainoon. Julkisessa moderoinnissa on itsessään omat mittavat haasteensa (Cooper, 2005; Rodríguez-Clare ym., 2005; Sákovics & Steiner, 2012).

Schot ja Steinmueller (2018) huomauttavat, että markkina- ja järjestelmäpuuteajattelut sisältävät taustaoletuksen, että siirtymäpuutteet ratkeavat osana normaalia yhteiskunnallista kehitystä:

- Markkinapuuteajattelun ytimenä on tiedon ulkoisvaikutuksista ja informaatioepätäydellisyyksistä kumpuava yksityisen innovaatiotoiminnan yhteiskunnallisesta näkökulmasta liian alhainen taso.
- Järjestelmäpuuteajattelu painottaa puutteellista verkostoitumista (ja siihen liittyviä koordinaatio-ongelmia) ja siten mm. tiedon huonoa liikkuvuutta toimijoiden välillä.
- Siirtymäpuuteajattelu lähtee siitä, että ilman erityistoimia innovaatiotoiminta ei suuntaudu yhteiskuntaa parhaiten palvelevalla tavalla, ja haastaa siten markkina- ja järjestelmäpuuteajattelun keskeisen taustaoletuksen.

Ruskeilla innovaatioilla on 250 vuoden etumatka.

Siirtymäpuutteessa on kyse kaikille huonoon tilaan jumiutumista.

Vaikka missio-orientoituneeseen innovaatiopolitiikkaan liittyviä politiikkasuosituksia on identifioitu melko runsaasti, on epäselvää, millaiset innovaatiopoliittiset toimet tukisivat parhaiten laajaa yhteiskunnallista siirtymää. Schot ja Steinmueller (2018) väittävät, että tutkimustiedon tarjoama pohja on tältä osin lähes hyödytön; Faberberg (2018) ei ole aivan yhtä kriittinen mutta päätyy silti samaan johtopäätökseen.⁹ Haddad ym. (2022) toteavat, että uusista rationaliteeteista on kyllä tutkimusta, mutta kirjallisuuden käytännön toiminnalle tarjoama työkalupakki on puutteellinen. Suomea koskien Pihlajamaa ja Merisalo (2021) käsittelevät missiopolitiikan käytännön toteutusta Tampereella.

Voidaankin ajatella, että OECD:n, Maailmanpankin ja YK:n (2018) tunnistaman vihreän innovaatiotoiminnan kaksoismarkkinapuutteen lisäksi päätöksenteon ja politiikkasuositusten pitäisi ottaa huomioon Weberin ja Rohracherin (2012) järjestelmä- ja siirtymäpuutteet. Järjestelmäpuute on parivertailussa enemmän nuoremman ja pienemmän teknologia-alueen taakka; päälukituksella vihreä-ruskea se koskee siis enemmän vihreää. Siirtymäpuutteessa on tässä kontekstissa kyse nimenomaan halusta syrjäyttää ruskea ja päätyä vihreään tasapainoon, joten tämä puutetyyppi koskee erityisesti vihreää innovaatiotoimintaa.

Vihreän siirtymän innovaatiotoiminta tutkimuksen valossa

Johdettu teknologinen kehitys

Taloustieteellisen tarkastelun perusajatuksena on, että suhteelliset hinnat johtavat innovaatioihin, joilla tähdätään suhteellisesti kalliimman tuotannon tekijän vähäisempään käyttöön (ks. Hicks, 1932, jossa korkeammat suhteelliset palkat johtavat ihmistyötä säästäviin laiteinvestointeihin). Tästä puolestaan seuraa johdettu (*induced*), suunnattu (*directed*) tai harhainen (*biased*) teknologinen kehitys.¹⁰

Koska esimerkiksi biologisen monimuotoisuuden väheneminen ja kasvihuonekaasujen synnyttäminen eivät ole olleet erikseen hinnoiteltuja panoksia ja tuotoksia, tähänastinen innovaatiotoiminta on käytännössä harhaantunut suuntaan, jossa näitä haittoja nimenomaan synnytetään. Toki näin tapahtuu vain siltä osin, kun tämä säästää jossain muussa varsinaisesti hinnoitellussa kehitys-, tuotanto- tai jättekustannuksessa.

Jos ja kun innovaatiotoiminnan panosten – käytännössä pitkälti paikallisesti saatavilla olevan soveltuvan työvoiman – tarjonta on ainakin lyhyellä aikavälillä joustamatonta, tuettaessa vihreän innovaatiotoiminnan laajentumista on mietittävä, mistä lisäpanokset ovat pois. Erityisen houkutteleva on tilanne, jossa ruskea innovaatiotoiminta vähenee, koska tämä ajan oloon nakertaa markkinoilla olevien ruskeiden ratkaisujen kilpailukykyä ja siten nopeuttaa vihreää siirtymää. Tilanteissa, jossa investoinnit vihreään innovaatio- ja muuhun toimintaan ovat vastakkain, investoinnit innovaatiotoimintaan voivat usein olla yhteiskunnallisesti toivottavampia niiden oletettavasti suurempien positiivisten ulkoisvaikutusten takia.

Pääosa innovaatiotoiminnan ulkoisvaikutuksia koskevasta tutkimuksesta on käytännössä tehty joko globaalista tai suuren talouden näkökulmasta. Suomen kaltaisten pienten avotalouksien kannalta keskeisiä ovat kansallisesti hyödyttävät läikkymis- ja ulkoisvaikutukset. Tosin vihreän innovaatiotoiminnan tapauksessa pienet maat hyötyvät myös ulkomaille valuvasta mutta kansallisesti tuotetusta uudesta tiedosta, jos se johtaa esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen vähentymiseen kansainvälisesti. Voitaneen kuitenkin sanoa, että pienen avotalouden tapauksessa on useimmiten (ellei peräti aina) niin, että innovaatiotoiminnan ylivoimaisesti keskeisin ulottuvuus on muualla tuotetusta tiedosta hyötyminen. Kyse on siitä, miten pieni talous voi hyötyä muissa maissa tuotetuista ideoista ja tiedosta (Hyytinen & Rouvinen, 2005). Silti myöhemmin tässä luvussa olevia tutkimustuloksia lukiessa on hyvä pitää mielessä, että innovaatiopolitiikan perusteluna on kansallisesti se, että yksityistä toimintaa tuetaan siinä suhteessa, kun se aiheuttaa kansallisia läikkymisvaikutuksia (Goulder & Schneider, 1999).

Suomen innovaatiopolitiikkaa motivoi kansalliset läikkymisvaikutukset.

Tämän luvun mielenkiinnon kohteena oleva teknologian kehitys on vain yksi ilmastomuutokseen liittyvistä rakenteellisista muutoksista. Ciarlin ja Savonan (2019) mukaan viisi muuta ovat: yritysraenteet, toimialat, työllisyys, loppukysyntä ja yhteiskunnalliset instituutiot. Integroitujen arviointimallien (*integrated assessment models*) ohella näitä muutoksia on analysoitu laskennallisilla yleisen tasapainon malleilla (*computable general equilibrium models*), keynesiläisillä ekologisilla makrotalousmalleilla (*Keynesian ecological macroeconomics models*) ja evolutionäärisillä agenttipohjaisilla malleilla (*evolutionary agent based models*). Mutta kuten Ciarli ja Savona (2019) toteavat, nämäkään mallit eivät käsittele ilmastomuutoksen ja teknologisen (tai muun) rakennemuutoksen suhdetta kovinkaan rikkaasti. Mikrotaloudellista rakennemuutosta käsitellessään Kuosmanen ja Maczulskij (2022) havaitsivat, että Suomessa kasvihuonekaasupäästöjen kohdentuminen yritysten kesken on tehotonta ja päästöjen suhteen yritysten välinen luova tuho ei siten näyttäisi toimivan (ks. myös Hyytinen, Maliranta ja Nippala tämän kirjan luvussa 6).

Grubb ym. (2021) käyvät systemaattisesti läpi energiatehokkuutta ja vähäisiä hiilidioksidipäästöjä sivuavan johdetun innovaatiotoiminnan (*induced innovation*) kirjallisuuden. Heidän keskeisimmät johtopäätöksensä ovat:

- Kaikki **kysyntä**puolen ”vetävät tekijät” (*demand-pull*), kuten fossiilisen energian korkea hinnat ja ilmakehään vapautuvien päästöjen hinnoittelu, lisäävät vihreää innovaatiotoimintaa. Tähän liittyen mutta nimenomaan hiilidioksidikaupan osalta van den Bergh ja Savin (2021) toteavat, että kysyntätekijöillä on ollut pienehkö positiivinen vaikutus vähähiiliseen innovaatiotoimintaan.
- Lähes kaikkien teknologioiden tapauksessa ja kaikilla ajanjaksoilla yksikkökustannukset laskevat teknologian soveltamisen – kumuloituvan investointikannan – lisääntyessä. Tässä syy–seuraus-suhde näyttää menevän nimenomaan suuren mittakaavan käyttöönnotosta aleneviin yksikkökustannuksiin, eikä toisinpäin.

- Kaiken kaikkiaan vihreän innovaatiotoiminnan vaikutukset ovat kumulatiivisia ja monitahoisia, ja sen suuntautumisen toimet ovat itseään vahvistavia (polkuriippuvia).

Grubb ym. (2021) periaatteessa kaikki tieteenalat kattava katsaus luo laajemman kontekstin seuraavassa tarkemmin käsiteltävälle lähinnä taloustieteelliselle kirjallisuudelle.

Suunnatun teknologisen kehityksen tutkimuskirjallisuus

Lähinnä soveltuva teoreettinen viitekehys vihreän ja ruskean innovaatiotoiminnan vertailuun löytyy suuntautuvaa teknologista muutosta (*directed technological change*) käsittelevästä kirjallisuudesta (Acemoglu, 1998, 2002), jolla on läheinen yhteys uuteen-uuteen kasvuteoriaan (ks. luku 1).

Acemoglu ym. (2012) mallintavat likaisen (esim. fossiiliset polttoaineet) ja puhtaan (esim. uusiutuva energia) innovaatiotoiminnan vaikutuksia talouskasvuun. He osoittavat hintojen ja markkinakoon teknologista kehitystä ohjaavat vaikutukset. Heidän mallinsa mukaan innovaatiotoiminta kohdistuu suurempaan tai suhteellisesti kalliimpaan markkinaan. Silloin, kun innovaatiot ovat toisiaan korvaavia (Mattauch ym., 2015, käsittelevät substituutiovaikutuksia), kuten fossiilisen ja uusiutuvan energian tapauksessa, markkinakokovaikutus dominoi. Niinpä, ilman korjaavia politiikkatoimia, yksityinen innovaatiotoiminta suuntautuu liiaksi ympäristötuhoja aiheuttavan likaisen teknologian kehittämiseen, ja on mahdollista, että ilman julkista interventiota puhdas innovaatiotoiminta ei koskaan vilkastu riittävästi horjuttaakseen likaisen teknologian valtasemaa. Koska innovaatiotoiminnan määrä on rajallinen ja koska likainen ja puhdas innovaatiotoiminta ovat toisiaan korvaavia, likaisen innovaatiotoiminnan

Ilman toimia yksityinen tki kohdistuu suurempaan ja kalliimpaan markkinaan.

riittävää horjuttaakseen likaisen teknologian valtasemaa. Koska innovaatiotoiminnan määrä on rajallinen ja koska likainen ja puhdas innovaatiotoiminta ovat toisiaan korvaavia, likaisen innovaatiotoiminnan

suhteellisen osuuden kutistuminen toimii yhtenä puhtaan innovaatiotoiminnan julkisen tukemisen lisämotivaationa (Kivimaa ja Kern, 2016, ehdottavat, että puhtaan innovaatiotoiminnan tukemisen ohella luovaa tuhoa voisi kiihdyttää likaisten toimialojen toimenpide-edellytysten heikentämisellä). Popp ja Newell (2012) vahvistavat tämän empiirisesti tutkiessaan yhdysvaltalaisen yritysten t&k:ta ja patentointia: siirtymä kohti ympäristöystävällisempää innovaatiotoimintaa tapahtuu voittopuolisesti saman toimialan vähemmän ympäristöystävällistä innovaatiotoimintaa korvaamalla. Vihreillä innovaatioilla on siis suoran positiivisen vaikutuksen ohella epäsuora positiivinen vaikutus niiden syrjäyttäessä ruskeita innovaatioita ja niiden loppukysyntää. Acemoglun ym. (2012) mallissa vain vihreän innovaatiotoiminnan tulee saada julkista tukea. Tuntuu intuitiiviselta, että ruskean ja vihreän tasapainotilan välisessä siirtymässä saattaisi olla järkevää tukea siltateknologioita; Acemoglun ym. (2019) ja van der Meijdenin ja Smuldersin (2017) perusteella vaikuttaa kuitenkin siltä, ettei tämä ole yhteiskunnallisesta näkökulmasta järkevää. Kuten Durmaz ja Schroyen (2020) osoittavat, hiilen talteenoton ja varastoinnin (*carbon capture and storage*) lisääminen

Acemoglu ym. (2012) malliin tuo siihen omat komplikaationsa, kuten myös t&k:n mittakaavaedut (Greaker ym., 2018) ja kulttuurimuutokset (Bezin, 2019).

Acemoglu ym. (2016) mallintavat teoreettisesti ja analysoivat empiirisesti Yhdysvaltojen energiansektoria. He havaitsivat, että optimaalinen yhteiskuntapolitiikka rakentuu raskaasti ja pitkäaikaisesti hiilidioksidipäästöveron (tai -markkinan) ja vähähiilisen innovaatiotoiminnan julkisiin tukiin. Heidän mukaansa noin 90 % kaikesta vähähiilisten teknologioiden tutkimus- ja kehitystoiminnasta tulisi olla julkisesti rahoitettua noin kahden vuosikymmenen ajan, jotta ne saavuttaisivat korkeahiilisen teknologian riittävän ripeästi.

Hémous (2016) lisää Acemoglu ym. (2012) viitekehykseen kehittyneet ja kehittyvät maat (ks. myös van den Bijgaart, 2017). Jos päästöjen hinta kehittyneissä maissa on korkeampi, kehittyvistä maista muodostuu päästöparatiiseja. Poliitikassa tätä vaikutusta voi eliminoida esimerkiksi kehittyneiden maiden päästötulleilla. Yksi kompastuskivi kansainvälisissä ilmastoneuvotteluissa on se, että kehittyvät maat toteavat – sinänsä oikein – että kehittyneet maat ovat ensin vaurastuneet negatiivisia ympäristövaikutuksia tuottamalla ja ovat sitten edellyttämistä kehittyviltä mailta merkittäviä ja kalliita ympäristötoimia. Fossiilisen energian siivittämänä vaurastuneilla mailla onkin eettinen velvollisuus kantaa ylisuuri osa vihreän siirtymän kustannuksista. Taloudelliset, eettiset, poliittiset ja ympäristölliset seikat – Hémousin mallin hengessä – tuovatkin kehittyville maille ylimääräisen motivaation levittää vihreitä innovaatioita erityisesti kehittyviin maihin. Vihreän siirtymän kontekstissa innovaatiopolitiikka saattaakin tarvita tuekseen teknologiansiirtopolitiikkaa kehittyviin maihin (kuten IPCC korostaakin; ks. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>).

Aghion ym. (2016) analysoivat autoteollisuuden likaista (esim. polttomoottorit) ja puhdasta (esim. sähköautot) innovaatiotoimintaa 80 maassa useiden vuosikymmenien ajalta. Fossiilisten polttoaineiden korkeat hinnat valmistajan päämarkkina-alueilla ruokkivat puhdasta innovaatiotoimintaa: polttoaineiden 10 % hinnannousu lisää puhdasta innovaatiotoimintaa lähes 10 % ja vähentää likaista innovaatiotoimintaa noin 6 %. Suoran markkinavaikutuksen eli vähäisemmän kysynnän ohella hiilen hinnoittelu toimii siis myös epäsuorasti innovaatiotoiminnan kautta vieläpä mainiosti siten, että puhtaan ”vaihtoehtoiskustannus” on likaista leikkaava. Kansalliset läikkymisvaikutukset, joita mitataan likaisen ja puhtaan linjan tutkijoiden määrällä samassa maassa, vaikuttavat innovaatiotoiminnan painotukseen; vihreän innovaatiotoiminnan voimakkaammat kotimaiset läikkymisvaikutukset tekevät siitä poliittisesti houkuttelevan erityisesti Suomen kaltaisissa pienissä avotalouksissa. Myös polkuriippuvuutta havaitaan, eli valmistajat panostavat niihin tutkimuslinjoihin, joissa niillä on ennestään patenteja ja joissa ne ovat valmiiksi hyviä; polkuriippuvuus viittaa siihen, että innovaatiopolitiikan yhtenä erityistavoitteena voisi olla uusien vihreiden innovaattorien akti-

Päästöparatiisien kukoistusta voi hillitä päästötulleilla.

Vihreän tki:n merkittävät kansalliset läikkymisvaikutukset tekevät siitä Suomelle houkuttelevan.

voiminen, koska tällä olisi myös interventio jälkeisiä pidempikestoisia vaikutuksia. Howellin (2017) yhdysvaltalaisen energiaturvien analyysi viittaa samaan suuntaan: julkisen tuen saaminen lisää myöhempää todennäköisyyttä saada yksityinen pääomasijoitus, ja tuella on positiivisia vaikutuksia myöhempään patentointiin ja myyntiin.

Dechezlepretre ym. (2017) analysoivat miljoonaa autoteollisuuden ja sähkötuotannon patenttia ja havaitsivat, että puhtaat innovaatiot tuottavat keskimäärin 43 % enemmän ulkoisvaikutuksia kuin likaiset innovaatiot. Puhtaan teknologian ulkoisvaikutukset ovat myös taloudellisesti merkittävämpiä. Erot selittyvät puhtaiden innovaatioiden laajemmalla sovellusalueella ja radikaalimmalla luonteella (mikä on samankaltainen muillakin nousevilla teknologia-alueilla eikä siten yksinomaan vihreän

Runsaampien ulkoisvaikutusten takia puhtaat innovaatiot ansaitsevat enemmän julkista tukea.

ominaisuus). Barbieri ym. (2020) havaitsivat vihreiden innovaatioiden olevan erityislaatuisempia (*novel*) ja mutkikkaampia (*complex*); niillä näyttää olevan pidempikestoisia (*pervasive*) vaikutuksia ja runsaampia ulkoisvaikutuk-

sia. Runsaampien ulkoisvaikutusten takia puhtaat innovaatiot ansaitsevat enemmän julkista tukea ja (ollessaan likaisten innovaatioiden kanssa samalla tasolla) niillä on myös suurempi talouskasvua ja hyvinvointia lisäävä vaikutus. Myöhempi tutkimus on osoittanut, että puhtaiden innovaatioiden ulkoisvaikutukset vaihtelevat niiden tyyppien mukaan ja myös alueittain (Guillard ym., 2021; Martin ym., 2020; Martin & Verhoeven, 2022; Rydge ym., 2018).

Calel ja Dechezleprêtre (2016) osoittavat, että Euroopan unionin päästökauppa-

mekanismi (*European Union Emission Trading Scheme*, EU ETS) on lisännyt vähähiilisten keksintöjen patentointia ilman, että tämä vähentää muuta patentointia. Niillä yrityksillä, joilla on vähintään yksi toimipaikka a.o. mekanismin piirissä, on 36 % enemmän vähähiilisen tuotannon patenteja kuin muuten vastaavilla verrokkiyrityksillä. Vaikutus on suuri, mutta koska a.o. mekanismi koskee vain pientä osaa yrityksistä, koko Euroopan tasolla mekanismi lisää vähähiilisyyspatenteja vain noin 0,38 %.

Uusiutuvaa energiaa suosivalla politiikalla on voimakkaampi vaikutus innovaatiotoimintaan maissa, joissa energiamarkkinakilpailu on vapautettu.

Aghion ym. (2023) tarkastelevat innovaatiotoiminnan ja kysynnän linkkiä. He havaitsivat, että yritykset investoivat puhtaisiin innovaati-

oihin kohdatessaan ympäristöllisesti valvutuneita kuluttajia ja että tämä vaikutus on voimakkaampi, jos kilpailu ylipäätään on kireää. Nesta ym. (2014) havaitsivat, että uusiutuvaa energiaa suosivalla politiikalla on voimakkaampi vaikutus innovaatiotoimintaan maissa, joissa energiamarkkinakilpailu on vapautettu. Amore ja Bennedsen (2016) havaitsivat, että huonompaa hallintotapaa (*corporate governance*) soveltavilla yrityksillä vihreä osuus kaikesta innovaatiotoiminnasta on alhaisempi.

Aghion ym. (2022) havaitsivat, että hiilidioksidipäästöjen verotus (tai hinnoittelu markkinamekanismin kautta) sekä t&k- ja riskipääomainvestoinnit (*venture capital*)

selittävät suuren osan maiden välisistä eroista vihreässä patentointi-intensiteetissä. Aghion ym. (2022) tapaan Baranzini ym. (2017) painottavat eri ympäristöpolitiikkojen toisiaan täydentävää luonnetta ja yhteiskäytön tarvetta. Tchorzewska ym. (2022) havaitsevat, että ympäristöveroilla ja julkisilla tuilla on toisiaan vahvistava vaikutus. Lopez ym. (2022) osoittavat, että yleisellä taloudellisella epävarmuudella on taipumusta syrjäyttää vihreitä asioita politiikka-agendalta.

Vihreän regulaation ja innovoinnin kilpailukykyvaikutukset

Yksi ympäristöä sivuavan innovaatiokirjallisuuden keskeisistä käsitteistä on Porter-hypoteesi (Porter & van der Linde, 1995), jonka mukaan ympäristöregulaatio, ja markkinapohjaiset instrumentit erityisesti, lisää yritysten innovaatiotoimintaa ja mahdollisesti myös kilpailukykyä, jota yleensä mitataan tuottavuudella tai kannattavuudella. Ajatus siitä, että kansallinen muita maita tiukempi regulaatio on ylipäättään mahdollista ja jopa ”maksaa itsensä”, on houkutteleva.

Porter-hypoteesista on kolme muotoa (Jaffe & Palmer, 1997):

- **Heikko:** Tiukka ympäristöregulaatio lisää innovaatiotoimintaa.
- **Vahva:** Tiukka ympäristöregulaatio lisää innovaatiotoimintaa ja parantaa kilpailukykyä.
- **Kapea:** Jotkut ympäristöregulaation tyypit lisäävät innovaatiotoimintaan.

Cohen ja Tubb (2018) tekevät 103 artikkelin ja yli 2 000 yksittäisen estimointituloksen meta-analyysin Porter-hypoteesia koskevasta kirjallisuudesta (Hermundsdottir & Aspelund, 2021, tuoreemmassa katsauksessa rajausta ja lähestymistapa ovat hieman toisenlaiset, mutta havainnot ovat samankaltaisia). Vaikka lähtöaineistona olevien aiempien tutkimusten tulokset vaihtelevat voimakkaasti, ja yleisimmin tulos on ei-tilastollisesti merkitsevä, Cohenin ja Tubbin (2018) tulokset viittaavat **vahvan** Porter-hypoteesin voimassaoloon – tiukka regulaatio näyttää siis lisäävän sekä innovaatiotoimintaa että kilpailukykyä. Positiivinen yhteys on todennäköisempää maa- kuin yritystasolla (mikä saattaa selittyä innovaatiotoiminnan ulkoisvaikutuksilla). Se liittyy todennäköisemmin joustavaan markkinapohjaiseen regulaatioon (esim. päästökauppaan) kuin joustamattomiin määräyksiin (esim. myyntikieltoihin). Positiiviset vaikutukset tuleva usein viiveellä (mikä on intuitiivista, koska niiden ajatellaan aiheuttuvan innovaatiotoiminnasta).

Yhteenveto ja johtopäätökset

Ympäristöpolitiikan tulee kulkea käsi kädessä vihreän innovaatiopolitiikan kanssa. Esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen sisäistämisen ensisijainen tarkoitus on nostaa päästöintensiivisten tuotteiden ja palveluiden hintoja ja siten vähentää niiden kysyntää; kirjallisuuden perusteella näyttää selvältä, että tämän lisäksi vähähiilisten ratkaisujen innovaatiotoiminta lisääntyy, mikä entisestään voimistaa politiikan tavoiteltua vaikutusta.

tusta. Ylipäättään on niin, että käsillä oleva transformaatiohaaste vaatii kaikkien politiikkalohkojen yhteispelin. Kyse on politiikkatoimien komplementaarisuudesta eli siitä, miten ne vahvistavat toisiaan.

Yleensä yhteiskunta- ja erityisesti elinkeinopolitiikassa varotaan tilannetta, jossa julkinen sektori ottaisi kantaa yksityisten resurssien suuntautumiseen. Vihreän siirtymän edistämiseksi suuntaa pitää nimenomaan viitoittaa.

Usein markkinapohjaiset ratkaisut ovat tehokkaita, jos niitä verrataan määrävään ja rajoittavaan sääntelyyn. Käytännössä molemmilla on paikkansa, ja niiden yhtäaikainen käyttö on usein toivottavaa. Näin on mm. tilanteessa, jossa ympäristöhaittoja ei hinnoitella riittävästi ja jossa määrävää regulaatio onnistuu karsimaan ympäristön kannalta huonoimmat vaihtoehdot markkinoilta. Innovaatiotoiminnan kannalta markkinapohjaiset ratkaisut ovat tärkeitä siksi, että lähinnä niihin liittyvät kannustimet jatkuviin ja mahdollisimman suuriin parannuksiin; esimerkiksi yksi mahdollinen ja kenties todennäköinenkin kieltojen seuraus on juuri ja juuri aidan oikealla puolella olevan ratkaisun suosiminen, mikä ei ole omiaan ruokkimaan innovaatiotoimintaa.

On houkuttelevaa olla mahdollisimman aikaisin vasta nousemassa olevilla teknologia-alueilla.

Julkiset innovaatiopoliittiset interventiot ovat tähän asti painottuneet esikaupalliseen toimintaan. Grubb ym. (2021) viittaavat siihen, että vihreän siirtymän konteksteissa julkinen mielenkiinto ja tuki saattaa ulottua siihen pisteeseen, jossa uusi ratkaisu on toteutettu teollisessa mittakaavassa (*at scale*) tai jopa pisteeseen, jossa se on jo tullut vanhaan verrattuna kustannuskilpailukykyiseksi täydentävien innovaatioiden ja tekemällä oppimisen kautta.

Laajassa mielessä vihreän innovaatiopolitiikan vaikuttavuudessa on kyse globaaleista elinkaarivaikutuksista ympäristöön. Kansallisesti on kyse myös yritysten ja toimialojen kilpailukykyistä vihreiden tuotteiden ja palveluiden tarjoajina. Sekä ympäristön että talouden – kotimaisten yritysten kilpailukykyyn – näkökulmasta näyttää houkuttelevalta olla mahdollisimman aikaisin vasta nousemassa olevilla teknologia-alueilla ja jatkaa sellaisia tukevalla laajalla politiikkavalikoimalla, kunnes uusi teknologia on itsessään hintakilpailukykyinen korvattavien aiempien ratkaisujen kanssa. Vihreän innovaatiotoiminnan voimakkaat havaitut polkuriippuvuudet viittaavat siihen, että uusien toimijoiden aktivoiminen ja runsas tuki yksittäisten innovaatioiden elinkaaren aikaisessa vaiheessa saattaisi olla erityisen kannattavaa. Pulmana tässä on nousevien teknologioiden tunnistaminen sekä politiikan instrumentointi siten, että yritysten välinen valikoituminen edelleen toimii ja teknologianeutraaliteetti täsmällisten ratkaisujen välillä säilyy.

Suosituksia

- Vihreä siirtymä ei tule tapahtumaan ilman laaja-alaista yhteiskuntapoliittista työntöä. Tarvittavat toimet ovat kolmea päätyyppiä: negatiivisten ja positiivisten ympäristö(ulkois)vaikutusten hinnoittelu (mm. päästökauppa ja -verot), pakottava regulaatio (mm. ympäristön kannalta haitallisimpien tavaroiden ja palveluiden kieltäminen) ja vihreän innovaatiotoiminnan suosiminen mieluiten siten, että se edistyy nimenomaan ruskean kustannuksella. Kaikki nämä toimet ovat välttämättömiä. Poliittikkatoimien tulee olla laaja-alaisia ja toisiaan tukevia.
- Tutkimus puoltaa vihreän innovaatiotoiminnan runsasta rahoittamista vieläpä siten, että tämä rahoitus painottaa muuta (ei-vihreää) julkista innovaatiotoiminnan tukemista enemmän myös kaupallistamisvaihetta – jopa siihen pisteeseen asti, jossa vihreä tarjonta on, ilman julkista tukea, hintakilpailukykyinen verrattuna ruskeaan tarjontaan.
- Vaikka missiolähtöisessä innovaatiopolitiikassa ei mielestämme – käytännön toimenpiteiden tasolla – olekaan keksitty täysin toimivaa konseptia, käytännössä tässä luvussa visioitu innovaatiopolitiikka toteuttaa missiolähtöisyyden piirteitä.
- Vihreän siirtymän innovaatiotoiminta on muuta innovaatiotoimintaa kiinteämmin yhteydessä sekä pääomamarkkinoiden riskinottoon että yksityisen ja julkisen kysynnän kehitykseen. Niinpä innovaatiotoimintaa laajempi elinkeinopoliittinen näkemys on tässä yhteydessä erityisen toivottavaa.

Viitteet

- ¹ Kirjoittajien vapaa käännös seuraavasta: *”Fulfilling the commitments embedded in the Paris Agreement requires a climate-technology revolution.”*
- ² Kirjoittajien vapaa käännös seuraavasta: *”... in 2050, almost half the reductions come from technologies that are currently at the demonstration or prototype phase. Major innovation efforts must take place this decade in order to bring these new technologies to market in time.”*
- ³ Kirjoittajien vapaa käännös seuraavasta: *”... all three policies – environmental taxes, environmental regulation and state-subsidized R&D in green technologies – significantly direct innovation towards green patenting. Doubling environmental taxes in an industry, on average increases green patenting by 6.7%. Doubling the stringency of environmental regulation in a NACE2 industry sparks a 16.4% increase in green patenting. Doubling direct state R&D subsidies leads to a 9% increase in green patent applications. An increase of R&D tax deductions by 1 percentage point increases green patent applications by 0.3%.”*
- ⁴ OECD, Maailmanpankki ja YK (2018, s. 29) toteavat: *”To deliver the economic transformation required to address climate change, governments must accelerate the deployment of existing technologies, business models and services, and swiftly move the next generation of climate solutions from the lab to the market. To scale up climate solutions, governments should: Deploy targeted innovation policies to create and shape markets for climate innovations. Scale up public investment in research and development to create the next generation of climate solutions. Overcome the financial barriers to demonstration and early-stage commercialisation to bring existing technologies to scale. Promote international technology diffusion to ensure innovation benefits all.”*
- ⁵ Uusien ideoiden tuottajat suuntautuvat käytännössä sinne, missä he odottavat (riskikorjattujen) tuottojen – omien tulojen ja tiedeyhteisön arvostuksen – olevan korkeimpia. Vaikka tarkkaa tietoa ei ole saatavilla, voidaan arvioida, että tyyppillisen yrityksen ja tutkijan näkökulmasta nämä tuotot ovat korkeimpia melko vakiintuneissa tutkimuskysymyksissä. Kokonaan uusien tutkimusideoiden avaus voi johtaa jättipotteihin, mutta myös riski on suuri. Koska uusien ideoiden kehittelyyn liittyy oppimista muilta saman aihepiirin kanssa painivilta, yksinään tai pienellä joukolla uuteen suuntaan meneminen on erityisen riskipitoista.
- ⁶ Esimerkiksi auton polttomoottoria on tutkittu ja kehitetty yli sata vuotta samoin kuin moottoriöljyn ja polttoaineiden kemioita. Autojen vähittäismyynnin ja huollon sekä polttoaineiden jakelun ympärillä on massiiviset ekosysteemit. Merkittävä osa esimerkiksi eläkerahastojen sijoituksista globaalisti on (edelleen) fossiilisessa energiassa ja sen käyttöön perustuvilla teollisuus- ja palvelualoilla.
- ⁷ On mielenkiintoista, että muutoin kattavassa esityksessä Weber ja Rohracher sivuavat vain vähän innovaatiotoiminnan kohtaamia rahoitusmarkkinapuutteita, jotka tiedollisten ulkoisvaikutusten jälkeen ovat toiseksi yleisimmin mainittu motivaatio yritysten innovaatiotoiminnan julkiselle tukemiselle; ks. esim. Hall ja Lerner (2010).
- ⁸ Missiolähtöiselle innovaatiopolitiikalle ei ole yhtä kaiken kattavaa määritelmää, mikä johtuu sekä ilmiön tuoreudesta että sen monitahoisuudesta. Joka tapauksessa keskeiset määrittävät ulottuvuudet ovat jo nimessä: kyse on missiosta eli merkittävän haasteen ratkomisesta, ratkaisua haetaan laajasti ymmärretyn innovaatiotoiminnan kautta (mahdollisesti muiden

politiikkalohkojen tukemana) ja ainakin joiltain osin on kyse julkisten toimien ja voimavarojen suuntaamisesta (eli politiikasta).

- ⁹ Fagerberg (2018) toteaa: *”While it is easy to argue that innovation must play an important role in the transition towards sustainability, it is much more challenging to provide good models for how policy may help in mobilizing innovation for this purpose.”*
- ¹⁰ Hicks (1932, s. 124): *”A change in the relative prices of the factors of production is itself a spur to invention, and to invention of a particular kind – directed to economising the use of a factor that has become relatively expensive.”*

Lähteet

- Acemoglu, D. (1998). Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4), 1055–1089. <http://www.jstor.org/stable/2586974>
- Acemoglu, D. (2002). Technical Change, Inequality, and the Labor Market. *Journal of Economic Literature*, 40(1), 7–72. <http://www.jstor.org/stable/2698593>
- Acemoglu, D. (2023). Distorted Innovation: Does the Market Get the Direction of Technology Right? *AEA Papers and Proceedings*, 113, 1–28. <https://doi.org/10.1257/pandp.20231000>
- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. & Hemous, D. (2012). The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review*, 102(1), 131–166. <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.131>
- Acemoglu, D., Akcigit, U., Hanley, D. & Kerr, W. (2016). Transition to Clean Technology. *Journal of Political Economy*, 124(1), 52–104. <https://doi.org/10.1086/684511>
- Acemoglu, D., Hemous, D., Barrage, L. & Aghion, P. (2019). *Climate Change, Directed Innovation, and Energy Transition: The Long-run Consequences of the Shale Gas Revolution*. <https://ideas.repec.org/p/red/sed019/1302.html>
- Aghion, P., Bénabou, R., Martin, R. & Roulet, A. (2023). Environmental Preferences and Technological Choices: Is Market Competition Clean or Dirty? *American Economic Review: Insights*, 5(1), 1–20. <https://doi.org/10.1257/aeri.20210014>
- Aghion, P., Boneva, L., Breckenfelder, J., Laeven, L., Olovsson, C., Popov, A. & Rancoita, E. (2022). Financial Markets and Green Innovation. *European Central Bank Discussion Papers*, 2686.
- Aghion, P., Dechezleprêtre, A., Hémous, D., Martin, R. & Van Reenen, J. (2016). Carbon Taxes, Path Dependency, and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry. *Journal of Political Economy*, 124(1), 1–51. <https://www.jstor.org/stable/26549857>
- Aghion, P., Hepburn, C., Teytelboym, A. & Zenghelis, D. (2014). Path dependence, Innovation and the Economics of Climate change. *Centre for Climate Change Economics and Policy Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, a contributing paper to the New Climate Economy*. https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2014/11/Aghion_et_al_policy_paper_Nov20141.pdf
- Amore, M. D. & Bennesen, M. (2016). Corporate governance and green innovation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 75, 54–72. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2015.11.003>
- Arrow, K. J. (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. Teok-sessa Nelson, R. R. (Ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, 609–626. Princeton University Press.
- Baranzini, A., van den Bergh, J. C. J. M., Carattini, S., Howarth, R. B., Padilla, E. & Roca, J. (2017). Carbon pricing in climate policy: seven reasons, complementary instruments, and political economy considerations. *WIREs Climate Change*, 8(4), e462. <https://doi.org/10.1002/wcc.462>

- Barbieri, N., Marzucchi, A. & Rizzo, U. (2020). Knowledge sources and impacts on subsequent inventions: Do green technologies differ from non-green ones? *Research Policy*, 49(2), 103901. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103901>
- Bezin, E. (2019). The economics of green consumption, cultural transmission and sustainable technological change. *Journal of Economic Theory*, 181, 497–546. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2019.03.005>
- Bloom, N., Van Reenen, J. & Williams, H. (2019). A Toolkit of Policies to Promote Innovation. *Journal of Economic Perspectives*, 33(3), 163–184. <https://doi.org/10.1257/jep.33.3.163>
- Brown, J. R., Martinsson, G. & Thomann, C. (2022). Can Environmental Policy Encourage Technical Change? Emissions Taxes and R&D Investment in Polluting Firms. *The Review of Financial Studies*, 35(10), 4518–4560. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhac003>
- Calel, R. & Dechezleprêtre, A. (2016). Environmental Policy and Directed Technological Change: Evidence from the European Carbon Market. *The Review of Economics and Statistics*, 98(1), 173–191. https://doi.org/10.1162/REST_a_00470
- Ciarli, T. & Savona, M. (2019). Modelling the Evolution of Economic Structure and Climate Change: A Review. *Ecological Economics*, 158, 51–64. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.008>
- Cohen, M. A. & Tubb, A. (2018). The Impact of Environmental Regulation on Firm and Country Competitiveness: A Meta-analysis of the Porter Hypothesis. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 5(2), 371–399. <https://doi.org/10.1086/695613>
- Cohen, W. M. & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and Learning: The Two Faces of R & D. *Economic Journal*, 99(397), 569–596. <https://doi.org/10.2307/2233763>
- Cohen, W. M. & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation [Article]. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=plh&AN=9603111655&site=ehost-live>
- Cooper, R. W. (2005). Economic Policy in the Presence of Coordination Problems. *Revue d'économie politique*, 115(4), 379–390. <https://doi.org/10.3917/redp.154.0379>
- Dechezlepretre, A., Martin, R. & Mohnen, M. (2017). *Knowledge Spillovers from clean and dirty technologies*. <https://ideas.repec.org/p/lsg/lsgwps/wp135.html>
- Durmaz, T. & Schroyen, F. (2020). Evaluating carbon capture and storage in a climate model with endogenous technical change. *Climate Change Economics*, 11(01), 2050003. <https://doi.org/10.1142/s2010007820500037>
- Fagerberg, J. (2018). Mobilizing innovation for sustainability transitions: A comment on transformative innovation policy. *Research Policy*, 47(9), 1568–1576. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.012>
- Goulder, L. H. & Schneider, S. H. (1999). Induced technological change and the attractiveness of CO2 abatement policies. *Resource and Energy Economics*, 21(3), 211–253. [https://doi.org/10.1016/S0928-7655\(99\)00004-4](https://doi.org/10.1016/S0928-7655(99)00004-4)
- Greaker, M., Heggedal, T.-R. & Rosendahl, K. E. (2018). Environmental Policy and the Direction of Technical Change. *The Scandinavian Journal of Economics*, 120(4), 1100–1138. <https://doi.org/10.1111/sjoe.12254>

- Grubb, M., Drummond, P., Poncia, A., McDowall, W., Popp, D., Samadi, S., Penasco, C., Gillingham, K. T., Smulders, S., Glachant, M., Hassall, G., Mizuno, E., Rubin, E. S., Dechezleprêtre, A. & Pavan, G. (2021). Induced innovation in energy technologies and systems: a review of evidence and potential implications for CO2 mitigation. *Environmental Research Letters*, 16(4), 043007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abde07>
- Gugler, K., Szücs, F. & Wiedenhofer, T. (2024). Environmental Policies and directed technological change. *Journal of Environmental Economics and Management*, 124(forthcoming), 102916. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2023.102916>
- Guillard, C., Martin, R., Mohnen, P., Thomas, C. & Verhoeven, D. (2021). *Efficient industrial policy for innovation: standing on the shoulders of hidden giants*. <https://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1813.pdf>
- Haddad, C. R., Nakić, V., Bergek, A. & Hellsmark, H. (2022). Transformative innovation policy: A systematic review. *Environmental innovation and societal transitions*, 43, 14–40. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.03.002>
- Hall, B. H. & Lerner, J. (2010). Chapter 14 - The Financing of R&D and Innovation. Teoksessa Hall, B. H. & Rosenberg, N. (Eds.), *Handbook of the Economics of Innovation*, Vol. 1, 609–639. North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01014-2](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01014-2)
- Hasna, Z., Jaumotte, F., Kim, J., Pienknagura, S. & Schwerhof, G. (2023). Green Innovation and Diffusion: Policies to Accelerate Them and Expected Impact on Macroeconomic and Firm-Level Performance. *IMF Staff Discussion Note, International Monetary Fund, Washington, DC, SDN/2023/008*. <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/006/2023/008/article-A001-en.xml>
- Hémous, D. (2016). The dynamic impact of unilateral environmental policies. *Journal of International Economics*, 103, 80–95. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2016.09.001>
- Hermundsdottir, F. & Aspelund, A. (2021). Sustainability innovations and firm competitiveness: A review. *Journal of cleaner production*, 280, 124715. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124715>
- Hicks, J. (1932). *The Theory of Wages*. Macmillan. <https://books.google.fi/books?id=P-1AAA-AAIAAJ>
- Howell, S. T. (2017). Financing Innovation: Evidence from R&D Grants. *American Economic Review*, 107(4), 1136–1164. <https://doi.org/10.1257/aer.20150808>
- Hyytinen, A. (2022). Pääkirjoitus: Näin tämä ei voi jatkaa. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 118(1), 3–6. https://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2022/02/31871983_KAK_1_2022_Taloustieteellinen_Yhdistys_WEB-5-8.pdf
- Hyytinen, A. & Rouvinen, P. (Eds.) (2005). *Mistä talouskasvu syntyy?* Etlä B214, Taloustieto Oy, Helsinki.
- IEA (2021). *Net Zero by 2050*. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- Jaffe, A. B., Newell, R. G. & Stavins, R. N. (2005). A tale of two market failures: Technology and environmental policy. *Ecological Economics*, 54(2), 164–174. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.027>

- Jaffe, A. B. & Palmer, K. (1997). Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study. *The Review of Economics and Statistics*, 79(4), 610–619. <http://www.jstor.org/stable/2951413>
- Kivimaa, P. & Kern, F. (2016). Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. *Research Policy*, 45(1), 205–217. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.09.008>
- Kuosmanen, N. & Maczulskij, T. (2022). The Role of Firm Dynamics in the Green Transition: Carbon Productivity Decomposition in Finnish Manufacturing. *ETLA Working Papers*, 99. <http://pub.etla.fi/ETLA-Working-Papers-99.pdf>
- Lopez, R. E., Pastén, R. & Gutiérrez Cubillos, P. (2022). Climate change in times of economic uncertainty: A perverse tragedy of the commons? *Economic Analysis and Policy*, 75, 209–225. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.05.005>
- Martin, R., Unsworth, S., Valero, A. & Verhoeven, D. (2020). *Innovation for a strong and sustainable recovery*. <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2020/12/Innovation-for-a-Strong-and-Sustainable-Recovery.pdf>
- Martin, R. & Verhoeven, D. (2022). Knowledge Spillovers from Clean and Emerging Technologies in the UK. *London School of Economics and Political Science, Centre for Economic Performance Discussion Papers*, 1834. <https://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1834.pdf>
- Martin, R. & Verhoeven, D. (2023). Knowledge spillovers from clean innovation. A tradeoff between growth and climate? *Centre for Economic Performance (CEP) Discussion Papers*, CEPDP1933. https://cep.lse.ac.uk/_NEW/publications/abstract.asp?index=10290
- Mattauch, L., Creutzig, F. & Edenhofer, O. (2015). Avoiding carbon lock-in: Policy options for advancing structural change. *Economic Modelling*, 50, 49–63. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.06.002>
- Mazzucato, M., Kattel, R. & Ryan-Collins, J. (2020). Challenge-Driven Innovation Policy: Towards a New Policy Toolkit. *Journal of Industry, Competition and Trade*, 20(2), 421–437. <https://doi.org/10.1007/s10842-019-00329-w>
- Nesta, L., Vona, F. & Nicolli, F. (2014). Environmental policies, competition and innovation in renewable energy. *Journal of Environmental Economics and Management*, 67(3), 396–411. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2014.01.001>
- OECD, The World Bank & UN Environment (2018). *Financing Climate Futures: Rethinking infrastructure*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264308114-en>
- Pihlajamaa, M. & Merisalo, M. (2021). Organizing innovation contests for public procurement of innovation – a case study of smart city hackathons in Tampere, Finland. *European Planning Studies*, 29(10), 1906–1924. <https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1894097>
- Popp, D. & Newell, R. (2012). Where does energy R&D come from? Examining crowding out from energy R&D. *Energy Economics*, 34(4), 980–991. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.001>
- Porter, M. E. & van der Linde, C. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>

- Rodríguez-Clare, A., Rodríguez, F. & Fischer, R. (2005). Coordination Failures, Clusters, and Microeconomic Interventions [with Comments]. *Economía*, 6(1), 1–42. <http://www.jstor.org/stable/20065485>
- Rydge, J., Martin, R. & Valero, A. (2018). *Sustainable growth in the UK: seizing opportunities from technological change and the transition to a low-carbon economy*. <https://cep.lse.ac.uk/pubs/download/is07.pdf>
- Sákovics, J. & Steiner, J. (2012). Who Matters in Coordination Problems? *American Economic Review*, 102(7), 3439–3461. <https://doi.org/10.1257/aer.102.7.3439>
- Schot, J. & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47(9), 1554–1567. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.011>
- Takalo, T., Hyytinen, A. & Stevenson, A. (2021). Patenttien yksityinen arvo: kirjallisuuskatsaus and uusia tuloksia Suomesta. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 117(3), 338–361.
- Tchorzewska, K. B., Garcia-Quevedo, J. & Martinez-Ros, E. (2022). The heterogeneous effects of environmental taxation on green technologies. *Research Policy*, 51(7), 104541. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104541>
- van den Bergh, J. & Savin, I. (2021). Impact of Carbon Pricing on Low-Carbon Innovation and Deep Decarbonisation: Controversies and Path Forward. *Environmental and Resource Economics*, 80(4), 705–715. <https://doi.org/10.1007/s10640-021-00594-6>
- van den Bijgaart, I. (2017). The unilateral implementation of a sustainable growth path with directed technical change. *European Economic Review*, 91, 305–327. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2016.10.005>
- van der Meijden, G. & Smulders, S. (2017). Carbon Lock-In: The Role of Expectations. *International Economic Review*, 58(4), 1371–1415. <https://doi.org/10.1111/iere.12255>
- Weber, K. M. & Rohracher, H. (2012). Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive ‘failures’ framework. *Research Policy*, 41(6), 1037–1047. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.015>
- Wiskich, A. (2024). A carbon tax versus clean subsidies: Optimal and suboptimal policies for the clean transition. *Energy Economics*, 132(forthcoming), 107410. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107410>

Geopolitiikka ja geotalous nakertavat vihreää kasvua

8

Tiivistelmä

Geopolitiikan ja -talouden vaikutukset vihreään kasvuun ovat voitto-
puolisesti negatiivisia. Vaikka käynnissä oleva globaali blokkiutumiske-
hitys näyttää väistämättömältä, Suomen ulkosuhteiden kärkenä tulee
jatkossakin olla monenkeskisen, sääntöpohjaisen maailmanjärjestyk-
sen tavoittelu, vaikka käytännön politiikkatoimenpiteet onkin tehtävä
vallitsevassa uuden kylmän sodan kontekstissa.

Tunnistamme kuusi ulottuvuutta, joista viidessä geopolitiikan vai-
kutukset vihreään kasvuun on enimmäkseen kielteinen. Yksi ulottuvuus,
joka kattaa geopolitiittiset ja -taloudelliset vaikutukset vihreisiin inves-
tointeihin, tarjoaa kuitenkin lyhyellä aikavälillä myönteisiä signaaleja.

Erityisesti Yhdysvalloissa ja Euroopassa toteutetut teollisuuspo-
liittiset toimet on suunnattu vihreän siirtymän tukemiseen, mikä tar-
joaa lyhyen aikavälin positiivisen vaikutuksen investointeihin. Vaikka
teollisuuspolitiikka saattaa tukea globaalia vihreää siirtymää, Suomen
asema kasvavien yritystukien maailmassa on vaikea (Niemelä, 2024).

Patentianalysimme osoittaa, että NATO-maiden puhtaiden tek-
nologioiden yhteistyö Kiinan kanssa laskee voimakkaasti ja vastaavas-
ti erityisesti Kanadan ja Ison-Britannian erikoistuminen yhteistyöhön
Yhdysvaltojen kanssa kasvaa. Näyttääkin siltä, että Obaman kauden
loppupuolella ja Xi Jinpingin valtaan noustua edelleen kiristyneet Yh-
dysvaltojen ja Kiinan jännitteet ovat selvästi heijastuneet myös puh-
taan teknologian yhteistyöhön, mikä pidemmällä aikavälillä on sekin
haittatekijä globaalia vihreää kasvua tavoiteltaessa.

Matthias Deschryvere
on Teknologian
tutkimuskeskus
VTT:n senioritutkija.

Petri Rouvinen
on Elinkeinoelämän
tutkimuslaitoksen Etlan
tutkimusneuvonantaja.

Suosittelava lähdeviittaus tähän lukuun:

Deschryvere, Matthias ja Rouvinen, Petri (2024). *Geopolitiikka ja geotalous nakertavat vihreää kasvua*. Luku 8 (sivut 169–186) kirjassa **Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika, Rouvinen, Petri ja Tahvanainen, Antti-Jussi** (toim.) (2024). *Vihreä kasvu*. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta). <https://ForGrowth.fi>

Uuden kylmän sodan aika

Monenkeskisen, sääntöpohjaisen ja pitkälti monikansallisten suuryritysten intressien ohjaama maailmantalouden huippu saavutettiin noin vuonna 2007. Finanssi- ja eurokriisi sekä sittemmin pandemia ja Venäjän hyökkäyssota Ukrainassa heittivät ensin hiekkaa ylikansallisen kanssakäymisen rattaisiin, ja sitten siirryttiin aktiiviseen kansallisen tai oman valtioliiton turvallisuuden (*security*), riippumattomuuden (*sovereignty*), muista erkaantumisen (*decoupling*) ja (huolto)varmuuden (*derisking*) taivoittelun aikaan.

Historiallisesti Eurooppa, ja erityisesti Saksa, rakensi talouttaan ja ulkopoliitikaansa ajatukselle, että syvenevä keskinäinen kanssakäyminen vähentää maiden ja alueiden välisiä konflikteja, koska taloudelliset intressit olisivat enenevässä määrin niiden syntymistä ja jatkumista vastaan. Tämän ajattelun mukaan riippuvuudet luovat vahvemman ja vähemmän häiriöherkän kokonaisuuden.

Sittemmin tämä ajattelu on kääntynyt lähinnä päinvastaiseksi, joskin käytännössä ei ole lainkaan selvää, mikä politiikka itse asiassa johtaa vähäisempään häiriöherkkyyteen. Esimerkiksi OECD:n tutkimus viittaa siihen, että paikallisempi tuotanto saattaa itse asiassa *kasvattaa* herkkyyttä sisäisille ja ulkoisille häiriöille.¹

Käsitys syvenevästä globalisaatiosta maailmanrauhan takeena oli väärä.

EU:n nykyinen geopolitiittinen lähestymistapa perustuu ”avoimeen strategiseen autonomiaan”,² missä

hämäräksi jäävä sana ”avoin” erottaa EU:n ajattelun kiinalaisesta ja yhdysvaltalaisesta ajattelusta. Ymmärtääksemme avoimuuden tarkoituksena on viestiä, että Eurooppa tavoittelee edelleen monenkeskeistä globaalia yhteistyötä mutta sana ”autonomia” tarkoittaa, että se saattaa toimia itsenäisesti asioissa, joissa katsoo tämän välttämättömäksi.

Viimeistään Venäjän hyökkäyssota Ukrainassa vahvisti sen, että Kiina ja Yhdysvallat näkevät toisensa vihollisina ja että koko maailmantalous on varsin todennäköisesti jakautumassa kahteen (tai useampaan) blokkiin tavalla, jossa on kaikuja Neuvostoliiton ja Yhdysvaltojen kylmän sodan aikaisesta kilvoittelusta.

Koska globaali taloudellinen integraatio ehti syventyä jo varsin pitkälle kolmena vuosikymmenenä ennen 2008–2009 finanssikriisiä, Kiinan ja Yhdysvaltojen tavoitteleman keskinäisen erkaantumisen saavuttaminen kestää vuosikymmeniä. Mielestämme yleinen suunta on kuitenkin selvä.

Japanin valtion kansainvälistä yhteistyötä tukevan pankin (JBIC, *Japan Bank for International Cooperation*) johtaja Amano Tatsushi määrittelee geopolitiikan ”realismiksi” ja geotalouden sen ”taloudelliseksi keinoksi”.³ Realismilla Tatsushi viittaa siihen, että nykyisessä maailmanjärjestyksessä valtiot ja valtioliitot hyödyntävät kaikkia käytettävissä olevia keinoja intressiensä edistämiseen.

Wigell ym. (2022) puhuvat geopolitiikasta voimapolitiikkana. Geotalouden he määrittelevät taloudellisin keinoin toteutettavaksi voimapolitiikaksi, jossa kansallisia

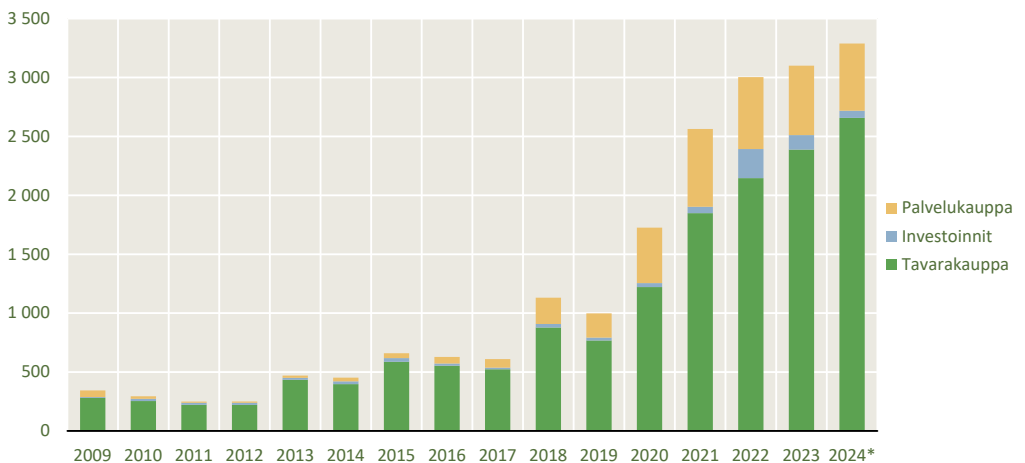
etuja ajatetaan omalla alueella harjoitettavaa liiketoimintaa edistämällä ja mahdollisesti muualla harjoitettavaa liiketoimintaan vahingoittamalla. Geotalouden harjoittamisen tyypillisiä keinoja ovat:

- raha- ja pääomaliikkeiden rajoitukset,
- vienti- ja tuontikiellot,
- ulkomaalaisomistuksen sääntely,
- pidättyminen ylikansallisesta yhteistyöstä ei-toivottujen tahojen kanssa,
- ihmisten liikkuvuuden rajoitukset,
- haluttujen tuottajien suosiminen kansallisilla tavara- ja palvelumarkkinoilla,
- datan, tiedon ja teknologian liikkuvuuden ja käytön rajoitukset,
- haluttuja toimijoita suosivat hallinnolliset menettelyt ja standardit sekä
- valtion tai valtioliiton tukema teollisuusvakoilu ja aineettomien oikeuksien loukkaukset.

Geotaloudellisen toimintaympäristön muutos sekä näkyy että ei näy saatavilla olevissa mittareissa. Kuvioista 8.1 ilmenee, että maailmankauppaa koskevat rajoitukset ovat lisääntyneet merkittävästi 2008–2009 finanssikriisin aikana ja sen jälkeen (huomaa, että vuositasolla uusien rajoitusten vaikutus on kumulatiivinen). Kuten kuvioista 8.2 nähdään, maailmankauppa (suhteessa maailmantalouden kokoon) ei ole jatkanut vanhalla kasvutrendillään mutta ei myöskään ole kääntynyt laskuun (Kaaresvirta ym., 2023, yksityiskohtaisempi analyysi kuitenkin osoittaa, että jonkinasteista kansainvälisen kaupan fragmentoitumista on havaittavissa). Kiinaan suuntautuvien ulkomaisten suorien sijoitusten virta on kuitenkin tyrehtynyt (kuvio 8.3).

Kuvio 8.1

Uusien maailmankaupan esteiden lukumäärä

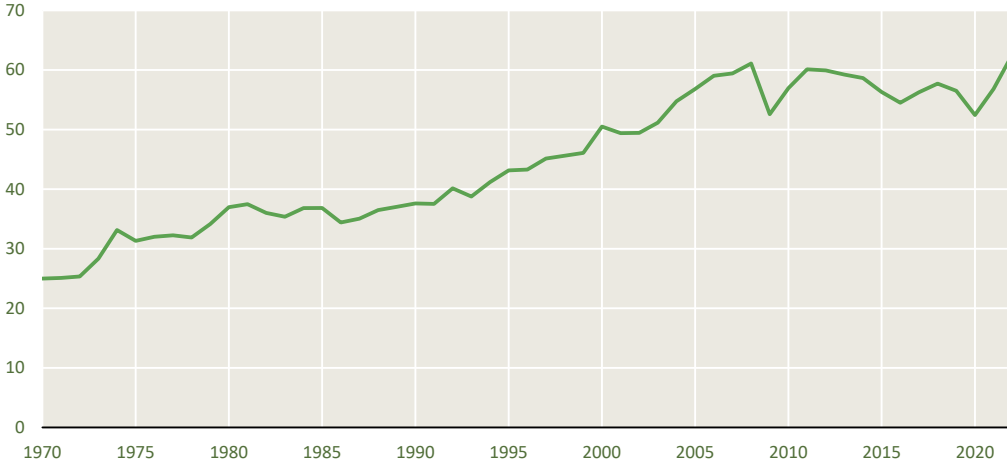


Lähde: *Global Trade Alert* 6.3.2024. Raportointiviive korjattu vuoden viimeisen päivän mukaan.

* Vuosi 2024 arvioitu 2023 ja 2024 alkuvuosien kasvuprosenttien perusteella.

Kuvio 8.2

Maailmankauppa suhteessa talouden kokoon (maailman tavara- ja palveluviennin summa suhteessa bruttokansantuotteeseen)

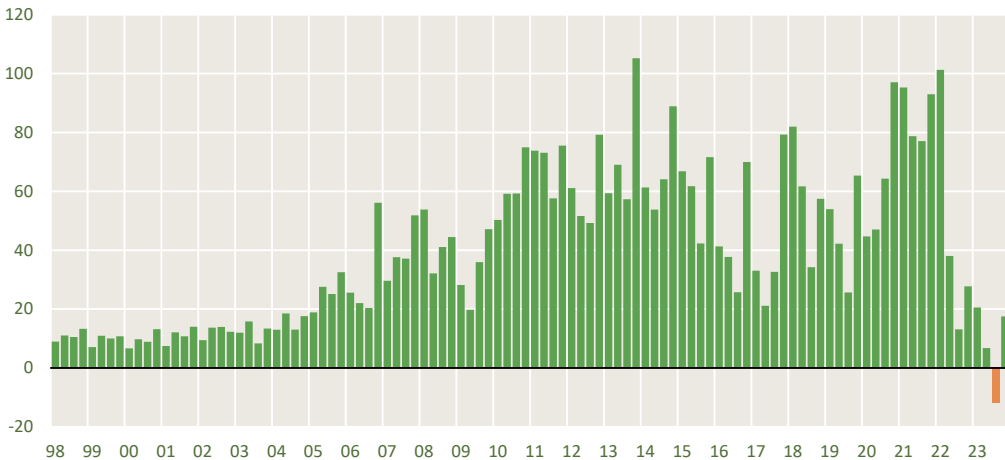


Lähde: Maailmanpankki (<https://data.worldbank.org/indicator/NE.TRD.GNFS.ZS>, vierailtu 6.3.2024).

Vaikka geopolitiittiset riskit ovat koholla (kuvio 8.4), pidemmässä historiallisessa katsannossa ne eivät ole hälyttävän korkealla tasolla, joskin tämänkaltainen uutisissa oleviin avainsanoihin perustuva mittari on huono vangitsemaan geopolitiittisten riskien kumuloitunutta tasoa.

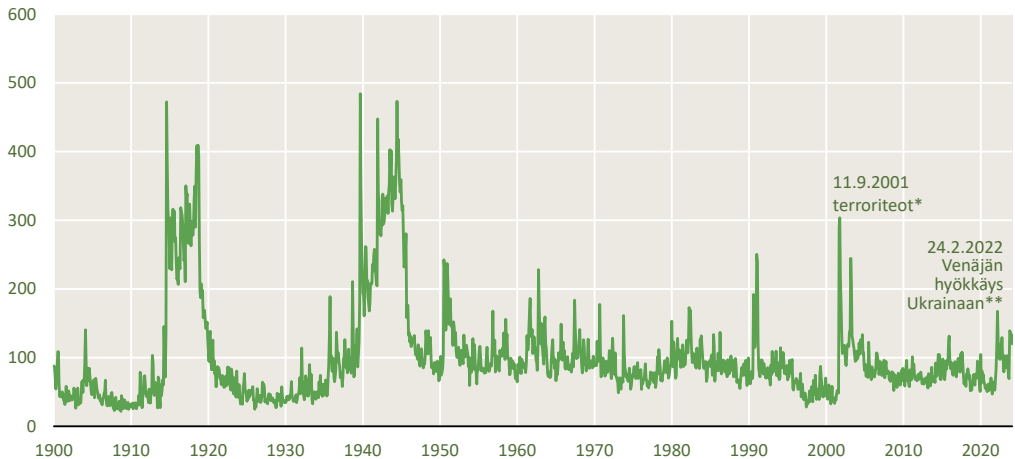
Kuvio 8.3

Kiinaan suuntautuvat ulkomaiset suorat sijoitukset



Lähde: Statista ja Kiinan valtion maksutasetilastot, <https://www.statista.com/statistics/1422705/china-quarterly-value-of-foreign-direct-investment-inflows-according-to-bop/>, vierailtu 7.3.2024.

Kuvio 8.4

Maailman geopoliittisia riskejä mittaava indeksi kuukauden ensimmäisenä päivänä (2019=100)

Lähde: Matteo Iacoviello'n GPR (Geopolitical Risk) indeksi, <https://www.matteoiacoviello.com/gpr.htm>, vierailtu 7.3.2024).

* Lukuarvo 1.10.2001. ** Lukuarvo 1.3.2022.

Missä ulottuvuuksissa geotalous ja vihreä kasvu kohtaavat?

Yleisesti ottaen taloustieteilijät katsovat, että vapaa markkinatalous maksimoi globaalisti saavutettavissa olevaa talouskasvua ja materiaalista hyvinvointia. Ajatus perustuu

- erikoistumiseen ja sen kautta saavutettaviin tehokkuusetiuihin,
- eri sijaintipaikkojen parempiin mahdollisuuksiin suuntautua niille ominaisten suhteellisten etujen mukaan sekä
- kiristyvän ylikansallisen kilpailun kautta tuleviin intensiivisempiin kannustimiin ja yritysten väliseen valikoitumiseen.

Samalla kun yhdessä ulottuvuudessa – globaalissa talouskasvussa – mennään kohti saavutettavissa olevaa maksimia, toisinaan mennään huonompaan suuntaan niissä ulottuvuuksissa, joita markkinahinnat eivät hinnoittele – eli paljolti juuri vihreissä arvoissa sekä mahdollisesti myös ihmisten välisessä oikeudenmukaisuudessa ja tasavertaisuudessa.

Muutokset kansainvälisen vaihdannan laajuudessa ja intensiteetistä kohtelevat hyvin eri tavoin ihmisiä, yrityksiä, toimialoja, maita ja maaryhmiä. 1980-luvulta alkaen vuoteen 2007 syventynyt globaali vaihdanta loi voittajia ja häviäjiä. Saksalaisen Bertelsmannin säätiön vertailussa *Japani, Sveitsi ja Suomi olivat kolme eniten monenkeskeisestä, sääntöpohjaisesta ja melko avoimesta maailmantaloudesta hyötynyttä kansakuntaa* (Böhmer ym., 2016). Samoilla mailla on paljon hävittävää heilurin kulkusuunnan nyt vaihduttua.

Kansallisvaltiolla on toki täysi oikeus, ja suhteessa kansalaisiin ehkä velvollisuuskin, ajaa turvallisuus- ja valtapoliittisia sekä taloudellisia intressejään. Valitettavasti Suomen kaltaisten pienten avotalouksen suhteellinen asema heikkenee, kun vastakainasettelu ylikansallisessa politiikassa lisääntyy.

Ihmisen luonnolle ja ympäristölle aiheuttamat muutokset vähentävät hyvinvointiamme. Nämä hyvinvointitappiot jäävät kuitenkin yksityisillä markkinoilla huomiotta silloin, kun niitä ei ole hinnoiteltu (ks. luku 1). Kun tämänkaltaisia yksityisten markkinoiden epäonnistumisista johtuvia pulmia käydään ratkomaan yhteiskuntapolitiikan keinoin, kohdattuja haasteita kannattaa ratkoa samalla tasolla, kuin millä itse haasteetkin ovat (ks. laatikko 1.2 luvussa 1). Esimerkiksi kasvihuonekaasujen tapauksessa ongelma eli partikkeleiden määrä ilmakehässä on globaali, jolloin lähinnä paras taso etsiä poliittisia ratkaisuja on globaali.

Mielestämme geopolitiikan ja -talouden sekä vihreän kasvun yhteydet realisoituvat talousyhteyksien ja ylikansallisen sopimisen poliittisen yhteyden kautta. Seuraavassa käymme lyhyesti läpi näitä ulottuvuuksia.

Suora vaikutus talouskasvuun

Geotalouden harjoittaminen leikkaa maailmantalouden tasolla saavutettavissa olevaa talouskasvua alhaisemman erikoistumisen ja vähäisempien mittakaavaetujen kautta.

Koska geotalouden käytännön realisaatiolle on useita vaihtoehtoja, myös niitä analysoiva tutkimus on monipuolista ja luonnollisesti ne päätyvät myös erilaisiin arvioihin vaikutusten mittakaavoista.

Kuvio 8.5 esittää yhteenvetomme maailmantalouden erkaantumisen kustannuksia käsittelevistä tutkimuksista (ks. myös Georgieva, 2023). Metriikkana tässä on pitkän aikavälin kokonaiskustannus ilmaistuna prosentteina suhteessa maailmantalouden kokoon.

Kuviosta 8.5 havaitaan, että – analysoidun skenaarion mukaan – erkaantumisesta maksettava hinta vaihtelee suuresti. Jos kyse olisi lähinnä tuotannollisten arvoketjujen asteittaisesta alueellistumisesta pääblokkien mukaan (*friendshoring*), kustannus olisi muutaman prosentin luokkaa. Jos tähän liittyisivät myös tiedon ja teknologian tuotanto ja käyttö vain blokkien sisällä, kustannus olisi noin kymmenen prosentin luokkaa.

Geotalouden suora vaikutus globaaliin talouskasvuun olisi siis merkittävä ja jakautuisi pidemmälle aikavälille.

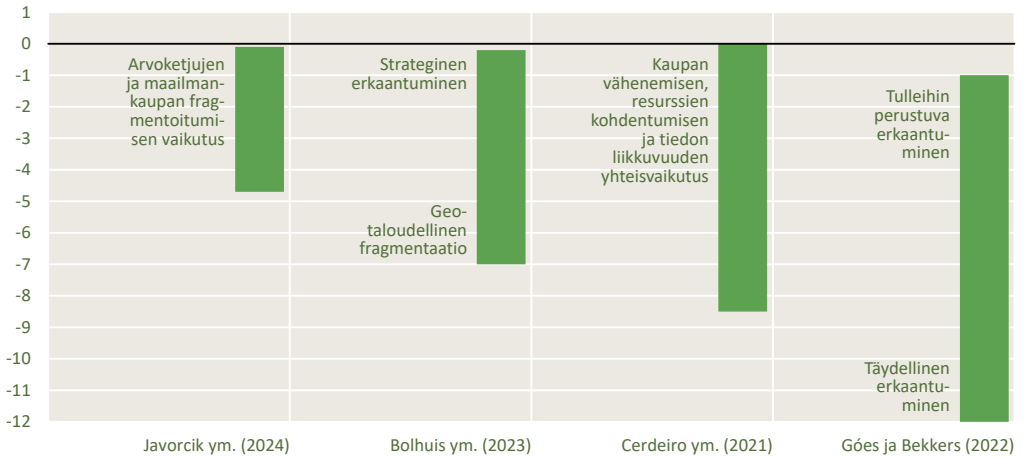
Koska luonto- ja ympäristövaikutukset ovat ainakin osin ”ylellisyshyödykkeitä”, joita näytetään edistävän silloin kuin ”niihin on varaan”, merkittävä suora negatiivinen vaikutus talouskasvuun olisi omiaan vähentämään myös vihreän painottamista kasvun sisällössä.

Haasteita kannattaa ratkoa sillä tasolla kuin millä haasteetkin ovat.

Erkaantumisesta maksettava hinta vaihtelee suuresti.

Kuvio 8.5

Estimaatteja geotaloudellisen erkaantumisen vaikutuksista maailmantalouden kokoon (kumuloitua vaikutus suhteessa maailmantalouden kokoon, % per bkt)



Lähteet: Kirjoittajien päätelmät ja visualisointi.

Aineistolähteinä Bolhuis ym., 2023; Cerdeiro ym., 2021; Góes ja Bekkers, 2022; Javorcik ym., 2024.

Suora vaikutus monenkeskeiseen ylikansalliseen sopimiseen

Ihmisten toiminnasta aiheutuvien ympäristövaikutusten hillintä edellyttää ylikansallisia politiikkatoimia, joiden osana saattavat olla myös kansallisvaltioiden väliset tulonsiirrot. Nähdäksemme korostunut geopolitiikka vähentää haluja kansainväliseen monenkeskeiseen yhteistoimintaan ja on siten yleisesti ottaen vihreää siirtymää ja kasvua haittaava seikka (ks. myös IRENA, 2023).

Perusversio kansainvälisen energiajärjestön IEA:n nettonollaskenaariosta (ks. luku 1, kuvio 1.4) perustuu oletukseen, että maat toimivat hyvässä yhteisymmärryksessä. IEA (2021, s. 189, Figure 4.24) on laskenut myös version, jossa kansainvälinen yhteistyö on vähäistä, jolloin vuoden 2050 nettonolla saavutettaisiinkin vasta vuoden 2090 paikkeilla.

Suora vaikutus vihreisiin investointeihin

Geopoliittisten jännitteiden ja vihreän siirtymän investointien yhteys on mutkikas. Trumpin presidenttikauden alussa 2017 Kiinan ja Yhdysvaltojen välinen kilvoittelu kulminoitui erityisesti 5G-tietoverkkojen ympärille, jossa kiinalainen Huawei oli tuolloin johtava laitetoimittaja ja jossa ei ollut lainkaan yhdysvaltalaisista kokonaistoimituksiin pystyvää tarjoajaa. Yhdysvaltojen johdolla päädyttiin tilanteeseen, jossa vuoteen 2022 mennessä käytännössä kaikki länsimaat olivat rajoittaneet tai kieltäneet kiinalaisten toimittajien käytön 5G-tietoverkoissaan.

Sittemmin geopolitiittisten jännitteiden motivoiman teknologisen kilpailun kärkinä ovat olleet – muun muassa puolijohteiden ohella – vihreän siirtymän kannalta keskeiset aurinkokennot ja sähköautot. Kiinan dominanssi näillä sektoreilla on keskeisesti seurausta sen harjoittamasta teollisuuspolitiikasta: *Made in China 2025* -ohjelma, jossa muun muassa sähköautot olivat keskeisenä painopistealueena, julkaistiin toukokuussa 2015 osana Kiinan 13. ja 14. viisivuotissuunnitelmaa.

Teollisuuspolitiikka tukee vihreitä investointeja.

Yhdysvaltojen kesällä 2022 aloittaman *Inflation Reduction Actin* voi nähdä vastavetona Kiinan harjoittamalle teollisuuspolitiikalle, ja nimestään huolimatta sen pääasiallisena tarkoituksena on tukea vihreän siirtymän investointeja esimerkiksi juuri sähköautoiluun liittyen. Eurooppa on puolestaan reagoinut *Inflation Reduction Actiin* omilla teollisuuspoliittisilla toimilla, jotka on pääsääntöisesti korvamerkitty vihreän siirtymän edistämiseen.

Analysoituaan periaatteessa kaikki maailman teollisuuspoliittiset toimet vuonna 2023 Evenett ym. (2024, Figure 6) havaitsevat, että heidän kuudesta vaihtoehdostaan ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät motivaatiot olivat suurin yksittäinen ryhmä tarkasteltaessa kehittyneiden maiden uusia teollisuuspoliittisia toimia – noin 30 % osuudella.

Mielestämme on selvää, että yksi lisääntyneiden geopolitiittisten jännitteiden purkautumiskanava on ollut kotimaisen tuotannon suoraan tukemiseen perustuvan teollisuuspolitiikan uusi tuleminen. Koska nämä tuet ovat pitkälti korvamerkittyjä vihreisiin investointeihin, geopolitiikalla on selvästi ollut tietty niitä edistävä vaikutus.

Caldaran ja Iacoviellon (2022) tulosten valossa tämä ei kuitenkaan näytä olevan yleisemmin totta, vaan yleensä ottaen geopolitiittiset jännitteet enteilevät vähäisempiä investointeja ja alhaisempaa työllisyyttä sekä ovat yhteydessä kasvaneeseen huonon tulemien todennäköisyyteen.

Epäsuora vaikutus markkinakilpailun kautta

Aika 1980-luvun alkupuolelta vuosien 2008–2009 finanssikriisin alkuun asti oli asteittain syvenevän kansainvälisen työnjaon ja globaalisti kiristyvän yritystenvälisen kilpailun aikaa. Yrityksille tämä tarjosi sekä keppejä (muun muassa uhka markkinoilta poistumisesta) että porkkanoita (muun muassa suuremmat voitot saavutettavissa olevan markkinan laajentuessa) oman toiminnan ja tarjonnan kehittämiseen sekä tehokkuuden tavoitteluun. Koska saavutettavissa olevat markkinat laajenivat, myös mahdollisuus yhä kasvaviin mittakaavaetuihin oli olemassa.

Siirtymä talousblokkeihin pilkkoo globaaleja markkinoita. Teollisuuspolitiikka vie kilpailua ainakin osin ulottuvuuksiin, joissa menestyminen ei perustu markkinoilla tapahtuvaan tuottavuuskasvua vahvistavaan valikoitumiseen.

Niinpä katsomme, että yleisesti ottaen geotalous heikentää talouskasvun edellytyksiä sekä vähäisempien mittakaavaetujen että heikkenevät puhtaan markkinakil-

pailun kautta. Nämä seikat saattavat olla erityisen haitallisia juuri vihreän tuotannon tapauksessa, koska erityisesti ne ovat teknologioina vaiheessa, jossa markkinoilla tapahtuva valikoituminen on keskeisessä tärkeässä roolissa ja jossa kriittisen mittakaavan ja sen kautta ruskeiden teknologioiden hintatason saavuttaminen ovat olennaisia asioita.

Epäsuora vaikutus kauppavirtojen ja pääomakantojen kautta

Yksi geotalouden kantavista ajatuksista on, että kansakunnat eivät halua tukeutua mahdollisesti vihamielisiin tahoihin missään itselleen kriittisessä asiassa. Tämän geotaloudellisen haasteen pääasiallisina ratkaisuvaihtoehtoina ovat kotimainen tuotanto tai välivarastointi sekä mieluusti mahdollisimman monet ulkomaiset ystävällismieliset hankintalähteet, joiden kanssa on sovittu myös kriisitilanteessa pitävät hankintasopimukset ja toimitustavat.

Kun geopolitiikka nytkähtää pitkäaikaisesti uuteen asentoon, kuten mielestämme tapahtui Venäjän aloittaessa hyökkäyssotansa Ukrainassa, kansallisena haasteena on, että vallitsevat pääomakannat ja verkostosuhteet ovat menneiden vuosikymmenien tuotosta ja saattavat uudessa tilanteessa olla vääränlaisia. Haaste tämä on siksi, että asiantilan muuttaminen on hidasta ja kallista. Sikäli kun muutos edellyttäisi laajan uuden kansallisen osaamiskeskittymän luomista, kuten esimerkiksi edistyneempien puolijohteiden tuotannossa, asiantilan muuttaminen saattaa olla mahdotontakin.

Uuden tilanteen haasteena ovat vanhan maailman pääoma ja verkostot.

Mutta mitä on ”kriittinen” tässä yhteydessä? Ainakin kyse on omien kansalaisten elämien jatkumisesta. Mutta millä aikajänteellä ja missä muodossa? Nähdäksemme kriittisyyden aikajänteestä kumpuaa se, että nimenomaan energiakysymykset (ks. luku 4) ovat usein geopolitiittisen keskustelun keskiössä.

Koska tarvitsemme sähkö- ja lämpöenergiaa reaaliaikaisesti juuri oikeita määriä, energiakysymykset ovat yhteiskunnan sujuvan toiminnan ja huoltovarmuuden näkökulmasta ehkä niitä kaikkein akuuteimpia. Seuraavaksi tulevat ne tavarat ja palvelut, joita tarvitsemme päivittäiseen kulutukseen – kuten elintarvikkeet ja terveydenhoito. Kolmannella tasolla tulevat kriittiset kestokulutusta ja -investointihyödykkeet, siis vaikkapa kannettavat tietokoneet ja liikennevälineet.

Kiina dominoi vihreän siirtymän keskeisimpiä aloja.

Geopoliittiset jännitteet ovat edistäneet vihreää siirtymää ainakin siinä mielessä, että *tuotantovaiheessa paikalliset* aurinko- ja tuulivoima ovat tulleet useissa maissa tuontien energiaan perustuvaa fossiilista energiaa houkuttelevammiksi.⁴ Sama logiikka pätee sähköautoiluun. Yhdysvaltojen johtaman blokin näkökulmasta aurinko- ja tuulivoiman sekä sähköautoilun *hankinta- ja investointivaiheen* haasteena on Kiina dominanssi keskeisten investointitavaroiden tuottajana ja tässä yhteydessä kriittisten raaka-aineiden haltijana.

Kauppavirtojen ja pääomakantojen osalta geopolittisen kilpailun kokonaisvaikutus vihreään kasvuun jää epäselväksi, vaikka asteittainen siirtyminen pois fossiilista energialähteistä ja kasvava sähköistyminen ovatkin sinänsä selvä ja vahva trendi. Koska sähköistyminen tarvitsee tuekseen näppärän energiankantajan ja varaston, myös vetytaloudella (IRENA, 2022) on tässä osansa (kolmantena vetytalouteen liittyvänä seikkana ovat sen teolliset käytöt).

Kokonaan oma asiansa on se, että aiempaa jännittyneempi tilanne lisää investointeja maanpuolustus- ja sotatalouteen. Koska nämä investoinnit eivät varsinaisesti lisää tuotannollista pääomaa, ne eivät erityisesti tue talouskasvua.

Vihreän siirtymän näkökulmasta ne ovat lähinnä hyödyttömiä – olettaen toki, että sotatila vältetään (sota on aina myös luonto- ja ympäristökatastrofi jo siksi, että räjähdysaineet ovat voimakkaita ympäristömyrkyjä) – ja niiden muita investointeja syrjäyttävän vaikutuksen näkökulmasta haitallisiakin.

Epäsuora vaikutus rahoitusmarkkinoiden kautta

Sheenan (2023) vertaa vihreitä ja tavanomaisia joukkovelkakirjoja ja havaitsee, että nimenomaan vihreiden jälkimarkkinahinnoittelu reagoi herkästi geopolittisten riskien muutoksille: geopolittisten riskien kasvaessa sijoittajien suhteellinen halukkuus vihreisiin investointeihin vähenee.

Rousseau ja Wachtel (2011, s. 276) toteavat, että ”... modernien ekonomistien vahvinta kaanonina on rahoitusjärjestelmän kehittyneisyyden merkittävä vaikutus talouskasvuun...” mutta havaitsevat, että 1980- ja 1990-lukujen globaalissa rahoitusmarkkinoiden vapautumisallossa laki- ja regulaatioympäristöt eivät täysin tukeneet

markkinoiden syvenemisten hyötyjen ulosmittaamista. Heidän mukaansa rahoituksen ja kasvun voimakas positiivinen yhteys on jatkunut mutta se on ehdollinen sille, että maa onnistuu välttämään rahoitusmarkkinakriisit, mitkä yhä kehittyneemmästä sääntelystä huolimatta ovat satoja vuosia toistuneet melko säännöllisesti (Reinhart & Rogoff, 2009). Tuoreempi rahoituksen ja kasvun yhteyttä tutkiva kirjallisuus painottaa sitä, että kehittyneemmissä rahoitusympäristöissä alhaisen tuottavuuden yritysten rooli on pienempi (Andrews & Cingano, 2014) ja että rahoitusmarkkinoiden vääristymät vaikuttavat yritysten aloille tulemisiin ja poistumisiin tuottavuuskehitystä heikentävällä tavalla (Buera ym., 2011).

Vihreät sijoitukset reagoivat herkästi geopolitiikkaan.

Siirtymä yhtenäisemmästä kohti blokkiutuneempaan maailmantaloutta heikentää rahoituksen ylikansallisen kohdentumisen tehokkuutta. Tämä saattaa olla erityisen haitallista vihreiden investointien kohdentumisessa, koska lähtötilanteessa ilmastonmuutoksen hillinnän yhtäällä halvimmat toimet ja toisaalla intensiivisimmät vaikutukset ovat kehittyvissä maissa, jotka näyttävät käynnissä olevassa kehityksessä jakautuvan pääblokkien välillä. Rahoitusta sivuavien riskien välittyminen blokkien välillä toki vähenee, mutta blokkien sisällä riskit saattavat kasvaakin.

Vaikuttaa siltä, että rahoitusmarkkinat eivät nykyisellään hinnoitele kovinkaan painokkaasti luonnon ja ympäristön tilaan liittyviä mahdollisuuksia ja uhkia (esimerkiksi Exxon Mobil -yhtiön nimellinen markkina-arvo saavutti toistaiseksi huippunsa vuonna 2023). Kehittyneidenkin maiden eläkerahastojen varallisuudesta huomattava osa on öljy-yhtiöissä. Yksi koko globaalia rahoitusjärjestelmää koskeva uhka, jota geotalous entisestään korostaa, on rysäyksenomainen muutos siinä, miten luonto- ja ympäristönäkökohtia arvotetaan osakemarkkinoilla. Tämä saattaisi johtaa hyljeksiytyihin varallisuuseriin (stranded assets) ja esimerkiksi juuri öljy-yhtiöiden markkina-arvojen romahdukseen, josta saattaisi muodostua vuoden 2008–2009 finanssikriisin lopulta laukaisseen Lehman Brothers -investointipankin kaatumisen kaltainen hetki.

Kaiken kaikkiaan katsomme, että rahoitusmarkkinoiden kautta välittyvä geopolitiittisen tilanteen kiristymisen vaikutus on voittopuolisesti negatiivinen.

Kuudesta ulottuvuudesta viidessä geopolitiikan vaikutus vihreään kasvuun on negatiivinen

Edellä olemme jakaneet geopolitiikan ja -talouden vaikutukset vihreään kasvuun kuuteen ulottuvuuteen:

1. Suora vaikutus talouskasvuun.
2. Suora vaikutus monenkeskeiseen ylikansalliseen sopimiseen.
3. Suora vaikutus vihreisiin investointeihin.
4. Epäsuora vaikutus markkinakilpailun kautta.
5. Epäsuora vaikutus kauppavirtojen ja pääomakantojen kautta.
6. Epäsuora vaikutus rahoitusmarkkinoiden kautta.

Mielestämme ensimmäisen ja toisen tekijän suora vaikutus on yleensä negatiivinen talouskasvuun ja erityisesti vihreään kasvuun.

Kolmannen tekijän suora vaikutus saattaa ainakin lyhyemmällä aikavälillä tukeakin vihreä siirtymään, koska merkittävät teollisuuspoliittiset toimet erityisesti Yhdysvalloissa mutta myös Euroopassa ovat pitkälti korvamerkityjä vihreän siirtymän edistämiseen.

Neljäs vaikutus, kilpailu/tuleva, on nähdäksemme miinusta sekä yleensä kasvun että erityisesti vihreän kasvun näkökulmasta.

Viides, kauppavirtojen uudelleen suuntaamiseen ja pääomakantojen muuttamiseen liittyvä vaikutus aiheuttaa laajan investointitarpeen, mikä sinällään tukee talouskasvua, mutta globaalissa katsannossa nämä investoinnit luovat osin päällekkäisiä infrastruktuureja ja tuotantokapasiteetteja, joten kovin (globaalisti) vihreänä tätä vaikutusta ei voi pitää.

Kuudennen, globaalien raha- ja pääomamarkkinoiden kautta tulevan vaikutuksen osalta on merkkejä siitä, että kasvavat geopolitiittiset jännitteet haittaavat yksityisiä vihreitä investointeja muita investointeja enemmän (Sheenan, 2023).

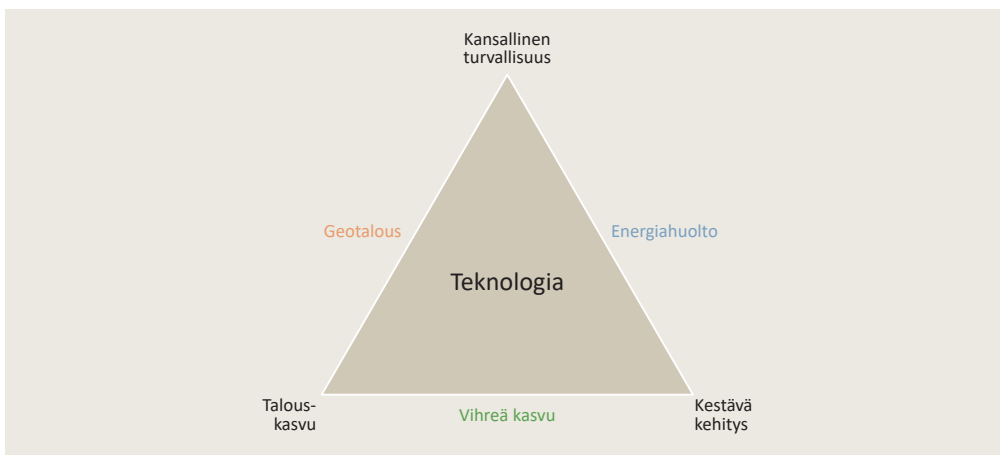
Viidessä tapauksessa kuudesta geopolitiikan vaikutus on negatiivinen.

Tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta geopolitiikan puristuksessa

Edellä olevasta kuuden kohdan listastamme puuttuu ainakin yksi keskeinen tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan (tki) kautta tuleva vaikutus (käsittelemme suunnattua vihreää innovaatiotoimintaa laajemmin luvussa 7).

Kuvio 8.6

Teknologia geopolitiikan ja -talouden sekä sosioekonomisten voimien puristuksessa



Lähde: Kirjoittajien hahmotelma.

Laatikko 8.1 Erikoistumisindeksit

Ajatuksellisesti patentit ovat tki:n välituote. Niiden synnyttämiseksi on tehty tutkimus- ja kehitystyötä, mutta pääsääntöisesti ne eivät haku- tai myöntöhetkellä ole sitoutuneet markkinoilla tarjolla oleviin tavariin tai palveluihin. Niinpä patentit voi nähdä ennakoivana indikaattorina, mitä tulee tavaraj- ja palvelumarkkinoilla sovellettaviin ideoihin.

Relative Technology Advantage eli RTA-indeksillä mitataan tässä luvussa ja kuviossa 8.7 maan suhteellista teknologiaetua puhtaissa teknologioissa. RTA-indeksi lasketaan suhteuttamalla maan globaali osuus puhtaiden teknologioiden patenteissa sen globaaliin osuuteen kaikissa patenteissa.

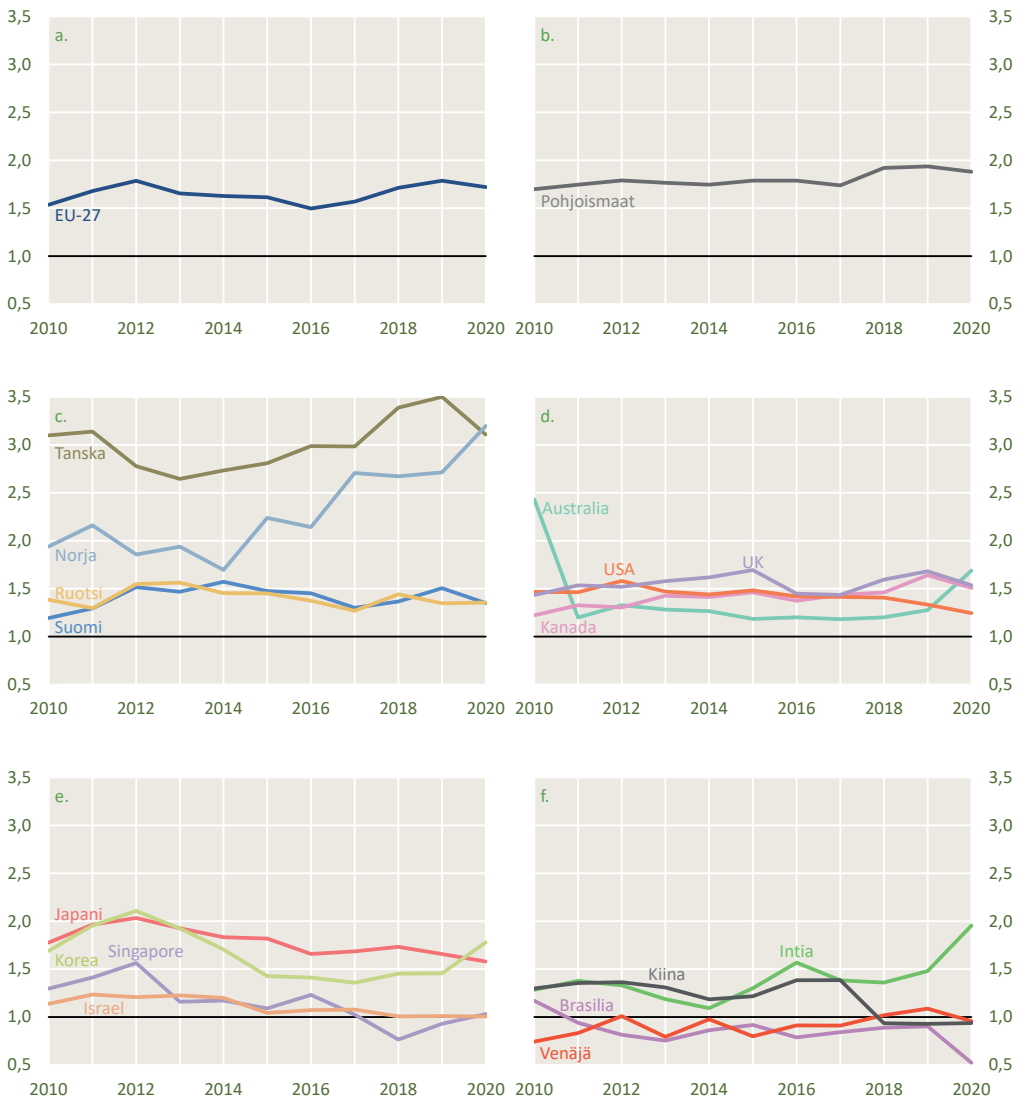
Revealed Technology Cooperation Advantage eli RTCA-indeksi mittaa tässä luvussa ja kuviossa 8.8 maan yhteistyötä puhtaissa teknologioissa EU27:n, Kiinan tai USA:n kanssa. RTCA-indeksi lasketaan suhteuttamalla kyseisen maan tai maaryhmän osuus ao. maan puhtaan teknologian patenteista globaaliin osuuteen puhtaiden teknologioiden patenteissa.

Angelucci ym. (2018) tapaan määritämme puhtaat teknologiat kansainvälisen CPC (*Cooperative Patent Classification*) patenttijärjestelmän luokiksi Y02 (*Technologies or applications for mitigation or adaptation against climate change*) ja Y04 (*Information or communication technologies having an impact on other technology area's, e.g. smart grids*).

Geopolitiikan puristuksessa oleva tki – ja sen tuotoksena syntyvä teknologia – on hankalassa välikädessä (kuvio 8.6). Luonnon ja ympäristön kestävyuden sekä talouden ja kansallisen turvallisuuden välillä on ristiriitoja, ja kansakuntien täytyy päättää, millaisia kompromisseja ne haluavat näiden tavoitteiden välillä tehdä.

Kuvio 8.7

Suhteellinen erikoistuminen puhtaaseen teknologiaan



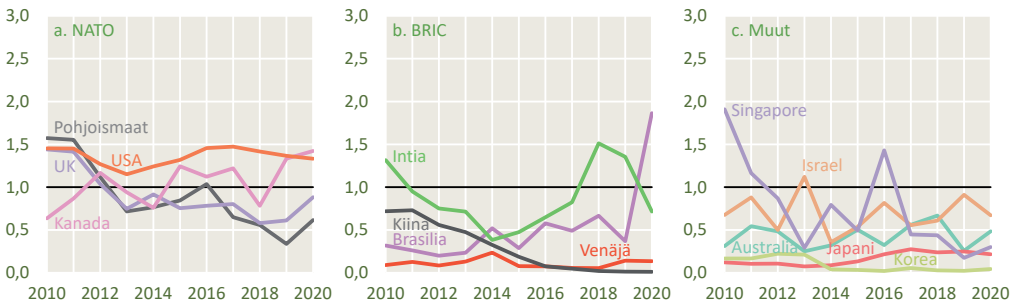
Lähde: Kirjoittajien laskelmat PATBASE-tietokannan aineistoilla. RTA-indeksin ollessa yli yhden maa on suhteellisesti erikoistunut puhtaaseen teknologiaan.

Kuviossa 8.7 tarkastelemme tilannetta kansainvälisten patenttiaineistojen avulla. Mittaamme maan erikoistumista puhtaisiin teknologioihin suhteellisen teknologia-edun (*Relative Technology Advantage*, ks. laatikko 8.1 ja esim. Martin ym., 2020) RTA-indeksillä. Maa on suhteellisesti erikoistunut kyseiseen teknologiaan, jos RTA-indeksin arvo on yli yksi.

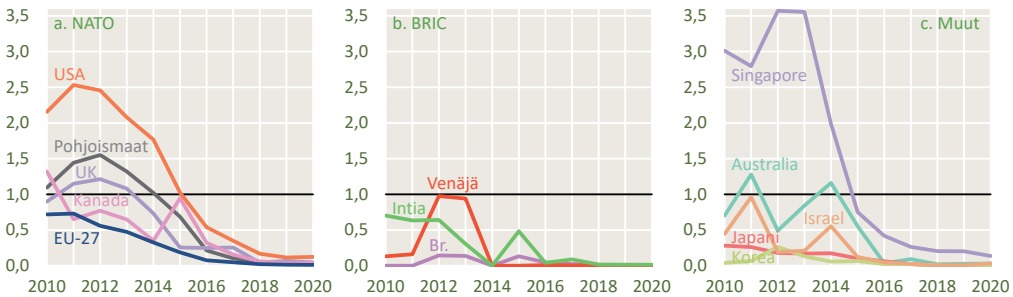
Kuvio 8.8

Suhteellinen erikoistuminen puhtaan teknologian yhteistyössä

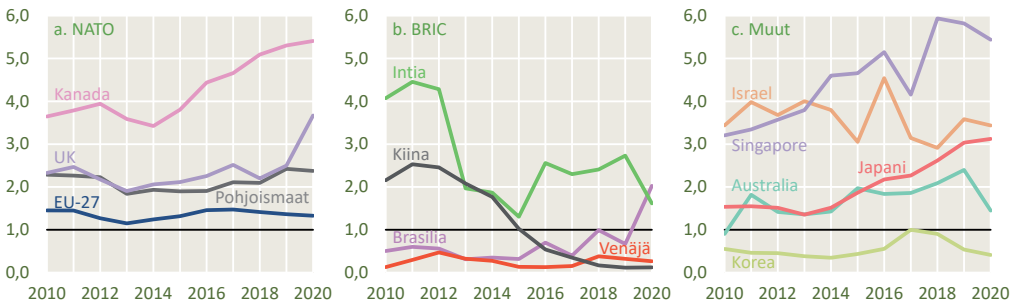
I. Puhtaan teknologian RTCA-indeksi EU27:n kanssa



II. Puhtaan teknologian RTCA-indeksi Kiinan kanssa



III. Puhtaan teknologian RTCA-indeksi Yhdysvaltojen kanssa



Lähde: Kirjoittajien laskelmat PATBASE-tietokannan aineistoilla. RTCA-indeksin ollessa yli yhden maa on suhteellisesti erikoistunut yhteistyöhön ao. tahon kanssa puhtaassa teknologiassa.

Kuviosta 8.7 havaitaan, että RTA-indeksin perusteella EU (a.) ja pohjoismaat (b.) ovat suhteellisesti varsin erikoistuneita puhtaaseen teknologiaan, joskin lähinnä Norjan ja Tanskan ansiosta (c.). Intian (f.), Etelä-Korean (e.) ja Australian (d.) suhteelliset erikoistumiset nousevat kohti tarkasteluikkunamme loppua ja saavuttavat jo varsin korkeat tasot (Intian nopea nousu alkaa pääministeri Narendra Modi kauden alkaessa 2014). Huomattavasta tuotantokapasiteetista huolimatta Kiina (f.) ei suhteellisessa mielessä ja teknologisesti ole erikoistunut puhtaaseen teknologiaan.

Ylikansallinen tki-yhteistyö mahdollistaa globaalin teknologisen kehityksen kiihtymisen. RTA-indeksin logiikkaa soveltaen muodostamme suhteellisen yhteistyön RTCA-indeksin (*Revealed Technology Cooperation Advantage*, ks. laatikko 8.1) ja analysoidaksemme maittaista yhteistyötä puhtaissa teknologioissa EU27:n, Kiinan ja USA:n kanssa.

Kuviossa 8.8 tarkastelemme suhteellista erikoistumista puhtaan teknologian yhteistyössä RTCA-indeksin valossa. Havaitsemme (I.a), että Yhdysvallat ja Kanada sekä myös Brasilia (I.b) ovat erikoistuneet puhtaan teknologian yhteistyöhön EU:n kanssa. Pohjoismaiden (I.a) erikoistuminen on erkaantunut muusta EU:sta.

2010-luvun alkupuolella Yhdysvallat, Kanada, Pohjoismaat ja Iso-Britannia (II.a) sekä Singapore ja Australia (II.c) olivat vielä erikoistuneita puhtaan teknologian yhteistyöhön Kiinan kanssa. Tilanne muuttui kuitenkin melko nopeasti Xi Jinpingin tultua valtaan.

Vuoden 2013 jälkeen Kanada, Iso-Britannia ja Japani ovat lisänneet yhteistyötään Yhdysvaltojen kanssa (III.a). Muista maista Israel ja Singapore (III.c) ovat varsin erikoistuneita Yhdysvaltojen kanssa harjoitettavaan yhteistyöhön. Yhdysvaltojen yhteistyö Kiinan kanssa (II.a) oli huipussaan vuonna 2011 ja kääntyi negatiiviseksi 2016 – Obaman hallinnon viimeisenä kokonaisena kalenterivuotena. Yhdysvaltojen yhteistyö EU:n kanssa on pysynyt vakaalla mutta alhaisella tasolla.

Kuvion 8.8 kohdasta II.a havaitsemme, että ylipäätään NATO-maiden puhtaiden teknologioiden yhteistyö Kiinan kanssa laskee voimakkaasti, ja vastaavasti erityisesti Kanadan ja Ison-Britannian erikoistuminen yhteistyöhön Yhdysvaltojen kanssa kasvaa (III.a). Näyttääkin siltä, että Obaman kauden loppupuolella ja Xi Jinpingin valtaan noustua edelleen kiristyneet Yhdysvaltojen ja Kiinan jännitteet ovat selvästi heijastuneet myös puhtaan teknologian yhteistyöhön, mikä hieman pidemmällä aikavälillä on globaali haittatekijä vihreää kasvua tavoiteltaessa.

Johtopäätökset

Wigell ym. (2022) huomauttavat, että päätalousalueista juuri Euroopalla on erityisen huonot lähtökohdat menestyä maailmassa, jossa geopolittisten intohimojen sekä kansallisen turvallisuuden ja taloudellisten intressien sekoittuminen johtaa maailmantalouden fragmentoitumiseen. EU:n sisällä avoimen strategisen autonomian tulkinnat vaihtelevat Suomen kaltaisten avoimuutta painottavien ja Ranskan kaltaisten autonomiaa painottavien välillä (Helwig & Wigell, 2022).

Jos EU:lla on haasteensa, niin pienen Suomen pelitilanne geopolitiikan ja vanhakantaisen teollisuuspolitiikan uudessa kukoistuksessa on sitäkin vaikeampi.

Jo globaalilla tasolla geopolitiikan ja -talouden vaikutukset vihreään kasvuun ovat voittopuolisesti negatiivisia. EU ja Pohjoismaat ovat suhteellisen erikoistuneita puhtaisiin teknologioihin (kuvio 8.7), joten vaikutukset saattavat olla voimakkaampia näissä maantieteissä.

Vaikka käynnissä oleva globaali blokkiutumiskehitys näyttää väistämättömältä, Suomen ulkosuhteiden kärkenä tulee jatkossakin olla monenkeskisen, sääntöpohjaisen maailmanjärjestyksen tavoittelu, vaikka käytännön politiikkatoimenpiteet onkin mielestämme tehtävä vallitsevassa uuden kylmän sodan kontekstissa.

Suosituksia

- Nähdäksemme geopolitiikan ja -talouden huomioiminen aiheuttaa sen, että Suomen tuleva vihreää kasvua sivuava ulkopoliittika on tavallaan kaksilla rattailla:
 - Yhtäällä pyrimme kaikin keinoin edistämään monenkeskistä, sääntöpohjaista maailmanjärjestyä.
 - Toisaalla tunnustamme, että vallitseva kehityssuunta on tätä suuntaa vastaan ja käytännön politiikkatoimemme on siten ajateltava asteittain syvenevän blokkiutumiskehityksen näkökulmasta.
- Blokkiutumiskehityksen mukainen muutos on havaittavissa puhtaiden teknologioiden kehittämiseen liittyvässä yhteistyössä. Myös Suomen elinkeinopolitiikassa on tunnustettava geopolitiittiset realiteetit.
- On pohdittava kansallista vastaustamme globaalisti nousevaan vanhakantaiseen teollisuuspolitiikkaan, vaikka ylikansallisella tasolla Suomen periaatteena tuleekin pysyä julkisten tuotannollisten tukien vastustaminen. Terzi ym. (2023) mukaan hyvän teollisuuspolitiikan piirteitä ovat mm. tulevaisuusorientaatio ja kilpailullisuus. Nähdäksemme olisi myös eduksi, että mahdollinen uusi teollisuuspolitiikka rajoittuisi täsmällisesti vihreän siirtymän edistämiseen.

Viitteet

- ¹ *Shocks, risks and global value chains – insights from the OECD METRO model*: <https://www.oecd.org/trade/documents/shocks-risks-gvc-insights-oecd-metro-model.pdf>
- ² *Council of the European Union Conclusions on the EU's economic and financial strategic autonomy: one year after the Commission's Communication*: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-6301-2022-INIT/en/pdf>
- ³ *JBIC Today, Issue 2 February 2023*: https://www.jbic.go.jp/en/information/today/today-2022/image/jtd_202302.pdf
- ⁴ Vakulchuk ym. (2020) painottavat toista geopoliittista ulottuvuutta uusiutuvassa energiassa: heidän mukaansa uusiutuvan energian kasvava osuus saattaa lisätä pienten mutta se vähentää suurten kansainvälisten konfliktien todennäköisyyttä.

Lähteet

- Andrews, D. & Cingano, F. (2014). Public policy and resource allocation: evidence from firms in Oecd countries. *Economic Policy*, 29(78), 253–296. <https://doi.org/10.1111/1468-0327.12028>
- Angelucci, S., Hurtado-Albir, F. J. & Volpe, A. (2018). Supporting global initiatives on climate change: The EPO's "Y02-Y04S" tagging scheme. *World Patent Information*, 54, 85–S9. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2017.04.006>
- Bolhuis, M. A., Chen, J. & Kett, B. (2023). Fragmentation in Global Trade: Accounting for Commodities. *IMF Working Papers*, WP/23/73. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/03/24/Fragmentation-in-Global-Trade-Accounting-for-Commodities-531327>
- Buera, F. J., Kaboski, J. P. & Shin, Y. (2011). Finance and Development: A Tale of Two Sectors. *American Economic Review*, 101(5), 1964–2002. <https://doi.org/10.1257/aer.101.5.1964>
- Böhmer, M., Funke, C., Sachs, A., Weinelt, H. & Weiß, J. (2016). *Globalization Report 2016: Who benefits most from globalization?* Bertelsmann Stiftung.
- Caldara, D. & Iacoviello, M. (2022). Measuring Geopolitical Risk. *American Economic Review*, 112(4), 1194–1225. <https://doi.org/10.1257/aer.20191823>
- Cerdeiro, D. A., Eugster, J., Mano, R. C., Muir, D. & Peiris, S. J. (2021). Sizing Up the Effects of Technological Decoupling. *IMF Working Papers*, WP/21/69. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2021/03/12/Sizing-Up-the-Effects-of-Technological-Decoupling-50125>
- Evenett, S., Jakubik, A., Martín, F. & Ruta, M. (2024). The Return of Industrial Policy in Data. *IMF Working Papers*, WP/24/1. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/12/23/The-Return-of-Industrial-Policy-in-Data-542828>
- Georgieva, K. (2023). The Price of Fragmentation: Why the Global Economy Isn't Ready for the Shocks Ahead. *Foreign Affairs*, 2023 (September/October).

- Góes, C. & Bekkers, E. (2022). The Impact of Geopolitical Conflicts on Trade, Growth, and Innovation. *World Trade Organization, Economic Research and Statistics Division, Staff Working Papers, ERSD-2022-09*. https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/ersd202209_e.htm
- Helwig, N. & Wigell, M. (2022). The EU's quest for geoeconomic power: Pursuing open strategic autonomy. *FIIA Briefing Papers*, 334. <https://www.fiaa.fi/en/publication/the-eus-quest-for-geoeconomic-power>
- IEA (2021). *Net Zero by 2050*. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- IRENA (2022). *Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor*. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>
- IRENA (2023). *Geopolitics of the energy transition: Critical materials*. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/Publications/2023/Jul/Geopolitics-of-the-Energy-Transition-Critical-Materials>
- Javorcik, B., Kitzmüller, L., Schweiger, H. & Yıldırım, M. A. (2024). Economic costs of friendshoring. *The World Economy, forthcoming*. <https://doi.org/10.1111/twec.13555>
- Kaarevirta, J., Kerola, E. & Nuutilainen, R. (2023). Do international investment and trade flows show any signs of fragmentation? *Bank of Finland's Institute for Emerging Economies, BOFIT Policy Briefs*, 12/2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20230824104055>
- Martin, R., Unsworth, S., Valero, A. & Verhoeven, D. (2020). Innovation for a strong and sustainable recovery. *Centre for Economic Performance (CEP), Covid-19 Analysis Series*, 014. <https://cep.lse.ac.uk/pubs/download/cepcovid-19-014.pdf>
- Niemelä, M. (2024). Suomi häviämässä kilpailun jätti-investoinneista: Isot EU-maat tukevat teollisuuttaan miljardeilla euroilla. *Suomen Kuvalehti*, 7.3.2024. <https://suomenkuvalehti.fi/politiikka-ja-talous/suomi-haviamassa-kilpailun-jatti-investoinneista-isot-eu-maat-tukevat-teollisuuttaan-miljardeilla-euroilla/>
- Reinhart, C. M. & Rogoff, K. S. (2009). *This Time Is Different: Eight Centuries of Financial Folly*. Princeton University Press. <http://www.amazon.com/This-Time-Different-Centuries-Financial/dp/0691142165>
- Rousseau, P. L. & Wachtel, P. (2011). What is happening to the impact of financial deepening on economic growth? *Economic Inquiry*, 49(1), 276–288. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.2009.00197.x>
- Sheenan, L. (2023). Green bonds, conventional bonds and geopolitical risk. *Finance Research Letters*, 58, 104587. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104587>
- Terzi, A., Sherwood, M. & Singh, A. (2023). European industrial policy for the green and digital revolution. *Science and Public Policy*, 50(5), 842–857. <https://doi.org/10.1093/scipol/scad018>
- Vakulchuk, R., Overland, I. & Scholten, D. (2020). Renewable energy and geopolitics: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 122, 109547. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109547>
- Wigell, M., Borchert, H., Christie, E. H., Fjäder, C. & Hartwig, L.-H. (2022). Navigating geoeconomic risks: Towards an international business risk and resilience monitor. *FIIA Reports*, 71. <https://www.fiaa.fi/en/publication/navigating-geoeconomic-risks>

Teollisen kilpailukyvyn näkökulma vihreään kasvuun

9

Tiivistelmä

Käsitlemme tässä luvussa vihreän kasvun mahdollisuuksia ja haasteita Suomen keskeisten vientialojen eli teknologia-, kemian- ja metsäteollisuuden näkökulmasta. Aineistoina ovat vientiteollisuuden vuonna 2020 julkaistut ilmastotiekartat sekä vientiliittojen ja niiden jäsenyritysten syvähaastattelut.

Pureudumme siihen, mitä vihreä kasvu yritysten näkökulmasta on ja mitä sen luominen edellyttää neljässä pääteemassa: kasvun mahdollistajat, kasvun lähteet, kasvun tuomat muutokset ja kasvun edellytykset.

Yritykset eivät enää näe vihreää siirtymää pelkästään kustannuskysymyksenä, vaan se on yhä useammin kilpailukyvyn ja kilpailuedun lähde (luvussa 7 käsitellyn Porter-hypoteesin hengessä). Yritysten vastuullisuuskäsitys on aiempaa kokonaisvaltaisempi, eikä pelkkä hiilineutraalius enää riitä tavoitteeksi tulevaisuudessa. Markkinavetoiset vihreän siirtymän strategiat tarjoavat liiketoiminnalle merkittäviä kasvunäkymiä, ja kilpailua käydään yli hämärtyvien toimialarajojen.

Teknologia on vihreän kasvun keskeinen ajuri. Poliittisilta päättäjiltä yritykset odottavat sääntely-ympäristön ennakoitavuutta ja hallittavuutta. Suomalaisen teollisuuden kehittämiseen toivottiin pitkäjänteisyyttä yli hallituskausien, mitä voisi tarkoittaa esimerkiksi pitkän aikavälin teollisuusstrategia.

Pauli Komonen

on erikoistutkija
Teknologian
tutkimuskeskus VTT:n
yritysenneakointi- ja
strategiatimissä.

Antti-Jussi Tahvanainen

on Teknologian
tutkimuskeskus VTT:n
yritysenneakointi- ja
strategiatimin vetäjä.

Suosittelava lähdeviittaus tähän lukuun:

Komonen, Pauli ja **Tahvanainen**, Antti-Jussi (2024). *Teollisen kilpailukyvyn näkökulma vihreään kasvuun*. Luku 9 (sivut 187–204) kirjassa **Hyytinen**, Ari, **Maliranta**, Mika, **Rouvinen**, Petri ja **Tahvanainen**, Antti-Jussi (toim.) (2024). *Vihreä kasvu*. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta). <https://ForGrowth.fi>

Teollisen vihreän siirtymän ajurit

Lupaus taloudellisesta kasvusta on yksi merkittävin vihreän teollisen siirtymän ajureista. Tämä ehkä ristiriitaiseltakin vaikuttava näkökulma on jäänyt verrattain pienelle huomiolle kriisihenkisessä keskustelussa kestävyuden edellyttämästä teollisesta murroksesta. Keskustelun painopiste on luonnollisesti ollut epätoivottujen lieveilmiöiden rajoittamisessa: ilmastopäästöjen vähentämisessä, luonnon monimuotoisuuden vaalimisessa ja sosiaalisen oikeudenmukaisuuden turvaamisessa. Keskustelu kaipaa täydennystä, jotta ratkaisujen tuottamiseen liittyvät muutosvoimat osattaisiin huomioida kokonaisuudessaan riittävän syvällisesti. On tarkasteltava taloudellisen kasvun muutosvoimaa ja sen edellytyksiä vihreässä teollisessa siirtymässä.

Lähestymme aihetta teollisuuden näkökulmasta teollisuuden perusteluihin. Tavoitteenamme on valottaa vihreän siirtymän luomia haasteita ja mahdollisuuksia niiden näkökulmasta, jotka joutuvat tekemään siirtymään tarvittavat investoinnit ja oikeutamaan olemassaolonsa kestävyuden lisäksi myös taloudellisin perustein. Näkemyk-

set luokoot käytännönläheistä syötettä kestävyyttä edistävälle yhteiskuntapoliittisille keskusteluille ja talouspoliittisille valinnoille.

Konteksti, jossa vihreitä valintoja tehdään, on rajussa murroksessa.

Konteksti, jossa valintoja tullaan tekemään, on ollut rajussa murroksessa. Ilmasto- ja lajikatko-ongelmat ovat kärjistyneet (esim. IPCC, 2023). On arvioitu, että yli puolet maailman kokonaistuotannosta on hyvin tai melko riippuvaista luonnosta ja sen myötä vaarassa luonnon menettämisen vuoksi (World Economic Forum, 2020). Toimitusketjuhäiriöt ovat aiheuttaneet haasteita raaka-aineiden riittävyudessa ja saatavuudessa (VTT, 2023). Maailmanlaajuisen koronapandemia taas toi tullessaan radikaaleja rajoitteita erityisesti palvelutuotannolle, mutta myös ennennäkemättömiä tukitoimenpiteitä talouden eri sektoreille.

Viimeksi sota Ukrainassa käynnisti merkittävän geopoliittisen murroksen (ks. luku 8). Se nähdään maailmaa polarisoivana vastavoimana kansakuntia yhtenäistävälle globalisaatiolle. Maailma on kääntänyt odottavan katseensa erityisesti kohti Kiinaa ja Intiaa, joilla on voimaa luoda ympärilleen uusia vallan napoja ja geopoliittisia ryhmittymiä. Samalla myös Yhdysvallat on tuonut kilpailuhenkistä jännitettä maailman talouksien välille kirittämällä omaa vihreää siirtymäänsä erityisesti energiaratkaisujen ja edistyneiden tuotantomenetelmien osalta *Inflation Reduction Actin* (IRA) tuomien satojen miljardien dollareiden tukemana.

Yritysten toimintaympäristössä haasteet ovat johtaneet esimerkiksi tuotannon tekijöiden saatavuusongelmiin, investointipäätöksiin vaikuttaviin lainsäädäntömuutoksiin, markkina-alueiden katoamiseen ja asiakaskäyttötymisen muutoksiin. Yrityksiltä myös vaaditaan yhä enemmän, sillä EU ja sen jäsenmaat ovat reagoineet haastavaan tilanteeseen ohjaavilla politiikkatoimilla. Yhtenä kaikkien aikojen kunnianhimoisimmista poliittisista ohjelmista Euroopan vihreän kehityksen ohjelma (*Green Deal*) pyrkii tekemään Euroopasta ensimmäisen ilmastoneutraalin maanosan vuoteen 2050

mennessä vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 55 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä ja istuttamaan esimerkiksi kolme miljardia puuta EU:ssa vuoteen 2030 mennessä (Euroopan komissio, 2023).

Toimenpiteisiin kuuluvat myös eri teollisuussektoreiden ”siirtymäväylät”, joissa yhdessä teollisuuden ja sidosryhmien kanssa määritetään toimia rinnakkaisiirrymien tukemiseksi. Muita painopisteitä ovat esimerkiksi puhtaan ja kilpailukykyisen terästeollisuuden varmistaminen ja kohtuuhintaisen ja hiilivapaan energian saatavuus. Tämä kaikki vaatii monumentaalisen suuria, nopeita ja uudistavia investointeja eurooppalaisen teollisuuden eri arvoketjuissa. Siirtymä hiilineutraaliin maailmaan tuleekin olemaan todennäköisesti yksi teollisuushistorian merkittävimmistä mutta myös vaativimmista murroksista.

Tiekartat osoittavat, miten tavoite hiilineutraalista Suomesta vuonna 2035 on saavutettavissa.

Suomessa Rinteen ja Marinin hallitusten ohjelmissa linjattiin, että toimialat laativat tiekartat vähähiilisyteen Suomen hiilineutraaliustavoitetta tukien.

Oman tiekarttansa laati yhteensä 13 toimialaa. Tiekartat osoittavat, miten tavoite hiilineutraalista Suomesta vuonna 2035 on teollisuuden ja muiden toimialojen osalta saavutettavissa (Paloneva & Takamäki, 2020). Tavoitteen toteutuminen kuitenkin tarkoittaa, että esimerkiksi siirtymän vaatima sähköistäminen voi johtaa 100 % kasvuun teollisuuden sähkönkulutuksessa vuoteen 2050 mennessä.

Kasvava tarve tki-panostuksille oli toistuva painotus läpi eri toimialojen tiekarttojen. Vihreän siirtymän rinnalla nähtiin tarve ”reilulle siirtymälle”, mikä tarkoittaa työntekijöiden mahdollisuuksia osaamisen päivittämiseen ja uudelleen koulututtamiseen. Monilla toimialoilla päästövähennystavoitteiden keskiössä olivat teknologiset ratkaisut, jotka ovat vielä kehitysvaiheessa tai kaupallistumatta, mikä luo epävarmuutta tiekarttojen toteutumiseen.

Miltä vihreän siirtymän jälkeinen tulevaisuus näyttää toimialojen näkökulmasta?

Haasteiden ja vaatimusten puristuksessa on vaikea pysähtyä pohtimaan, miten samalla huolehditaan teollisuuden elinvoimasta sen liiketoiminnallisessa ulottuvuudessa. Eurooppalainen teollisuus ei voi jäädä kestävyteen liittyvien investointikustannustensa painoalasta jälkeen globaaleista kilpailijoistaan. Investoinneilla pyritäänkin kasvattamaan yritysten kilpailukykyä myös muissa liiketoiminnan ulottuvuuksissa kuin kestävydessä. Yrityksiä kannustetaan tunnistamaan ja hyödyntämään myös murroksen tarjoamia kasvumahdollisuuksia.

Tässä luvussa tarkastelemme erityisesti, miltä vihreän siirtymän jälkeinen tulevaisuus näyttää toimialojen näkökulmasta. Tarkoitus on samalla selkeyttää vihreän siirtymän jälkeinen maailma ja avata sen sisältämiä uusia taloudellisen kasvun muotoja:

- Miten kasvu luodaan?
- Miten teollisuuden täytyy uudistua?
- Miten talousjärjestelmän ja yhteiskunnan täytyy uudistua?

Kysymyksiin vastaamiseen on vaikea soveltaa perinteistä taloustieteellistä lähestymistapaa, sillä kyse on pitkälti vasta tulevaisuudessa toteutuvista toimenpiteistä ja niiden vaikutuksista. Lähestymme kysymyksiä siksi pikemminkin strategisen ennakkoinnin apuvälinein, jotka nojaavat tulevaisuussignaaleihin, tiekarttojen avaamiin viisioihin ja ennen kaikkea asiantuntijanäkemyksiin.

Aineistollisena lähtökohtana on vuonna 2020 julkaistut vientiteollisuuden ilmastotiekartat.¹ Tiekartoissa otetaan tarvittavien toimenpiteiden lisäksi myös yleisesti kantaa kasvutavoitteisiin.

Tiekartta-aineistoa on rikastettu vientiliittojen ja niiden jäsenistöön kuuluvien yritysedustajien syvähaastatteluilla keväällä 2023. Näin tarkasteluun on saatu viimeisien kolmen vuoden aikana tapahtuneiden radikaalien murrosten vaikutukset sekä yritystason yksityiskohtaisemmat näkemykset kasvumahdollisuuksista ja -edellytyksistä.

Aineistopohja tekee tarkastelusta luonteeltaan ennakoivan. Siinä hahmotetaan kasvua pitkän aikavälin tavoitteena ja pitkäjänteen kehitys- ja investointitoiminnan lopputulemana. Tämä tekee tarkasteluista ja niistä vedetyistä johtopäätöksistä myös teollisuuslähtöisiä. Toimikoot ne osaltaan käytännön äänenä vahvasti politisoituneessa keskustelussa vihreästä siirtymästä.

Vihreä siirtymä aiemmassa ennakkointityössä

Ennakkointityössä vihreä siirtymä tunnistetaan usein osana laajempaa toimintaympäristön muutoksen kokonaisuutta. Vihreä siirtymä ja sen taustalla vaikuttavat kehityskulut, kuten luontokato ja ilmastonmuutos, esiintyvät erilaisissa megatrendikatsauksissa (ks. esim. VTT, 2023; Dufva & Rekola, 2023).

Vihreä siirtymä on siis keskeinen muutosta ajava voima. Itse vihreän siirtymän tulevaisuutta ei kuitenkaan välttämättä ennakoida ennakkoinnin ja tulevaisuudentutkimuksen kirjallisuudessa. Vihreän siirtymän kokonaisvaltainen tarkastelu tulevaisuusnäkökulmasta onkin tyyppillisempää julkishallinnon, esimerkiksi ministeriöiden ja virastojen, tuottamissa selvityksissä.

Raportit eivät ole aina käsitteellisesti yhdenmukaisia, vaan niissä puhutaan vihreän siirtymän lisäksi kestävyys siirtymästä ja kestävydestä yleisesti. Koska käsitteet, hieman erilaisin painotuksin, viittaavat samaan systeemiseen murrokseen, emme halunneet rajata kirjallisuustarkastelua vain vihreään siirtymään. Onkin sanottu, että ei ole vain yhtä vihreää siirtymää, vaan kyseessä on moninainen ilmiökokonaisuus, jolla on monia eri aikajänteitä (Kuusela ym., 2023). Aikajänteiden moninaisuus tekee myös haastavaksi määrittää, milloin ja millaista olisi ”kasvu vihreän siirtymän jälkeen”. Esimerkiksi energiatuotannon siirtymä pois fossiilisista lähteistä on jo nyt tapahtumassa, ja Suomessa käytetty energia on pääosin päästötöntä. Sähköistymisen, kiertotalouden ratkaisujen ja päästöttömien teollisuustuotteiden aikajänteeksi on arvioitu noin 5–15 vuotta, kun taas kestävät elämäntavat sekä maankäytön ja ruoantuotannon uudet ratkaisut voivat vaatia jopa 30 vuotta (Kuusela ym., 2023).

Euroopan komission strategisen ennakointi

Euroopan komission (European Commission, 2023) tuore strategisen ennakoinnin raportti ottaa kestävyys siirtymän keskeiseksi aiheeksi. Kestävyys siirtymälle tunnistetaan kuusi haastetta:

- talousjärjestelmän muutostarve,
- työvoiman tulevaisuuden osaamistarpeet,
- demokratian uhat,
- rapautuva sosiaalinen koheesio,
- rahoituspaineet ja
- geopoliittiset muutokset.

Tämän luvun kannalta etenkin talousjärjestelmän muutokset ovat olennainen näkökulma. Komission raportti toteaa, että johtava asema hiilineutraalissa taloudessa vaatii yritysten ja lainsäätäjien yhteistyötä. Kestävyys nähdään myös kilpailuetuna pitkällä aikavälillä. Mutta miten talousjärjestelmän muutos voi tapahtua?

Komission raportin mukaan 72 % prosenttia euroalueen 4,2 miljoonasta yrityksestä on suuressi riippuvaisia vähintään yhdestä luonnonresurssista, kuten vedestä tai puusta (European Commission, 2023).

Johtava asema hiilineutraalissa taloudessa vaatii yritysten ja lainsäätäjien yhteistyötä.

Taloukasvu ja luonnonresurssien käyttö tulisikin ennakoitiraportin mukaan kytkeä irti toisistaan (*decoupling*). Tämä edellyttää tutkimusta, innovaatioita ja nopeaa teknologioiden käyttöönottoa. Varsinaista uutta talousjärjestelmän mallia raportti ei kuitenkaan esittele. Sen sijaan kulutuskäyttäytymisen muutoksissa (ks. luku 3) nähdään suuri potentiaali vihreän siirtymän edistämiseen, mikä tarkoittaa esimerkiksi muutoksia ruokavalioissa, matkustuksessa, tekstiilijätteen määrässä sekä energian ja veden käytössä. Kuluttajien näkökulmasta muutoksen täytyy raportin mukaan kuitenkin olla reilu ja elämänlaatua lisäävä, muuten se tulee kohtaamaan vastustusta. Kasvua ei raportissa käsitellä suoraan, mutta kulutustottumusten muutoksessa piilee haasteiden lisäksi myös mahdollisuuksia uudenlaisen liiketoiminnan kehittämiseksi.

Sitran megatrendit

Tarve talousjärjestelmän perustan uudistamiseen esiintyy myös Sitran Megatrendit 2023 -raportissa (Dufva & Rekola, 2023), jonka mukaan globaali eriarvoisuuden kasvu ja ekologinen kestävyyskriisi vaativat talouden uudistamista.

Raportti käsittelee talouden uudistamiseen liittyvää ”tulevaisuuden imua”, jossa siirtymäpolkuja kohti kestävämpää taloutta hahmotellaan esimerkiksi donitsitalouden (Raworth, 2017), hyvinvointitalouden ja ekohyvinvointivaltion nimillä. Osassa aloitteita siirtymä syntyy talousjärjestelmän syvällisten murrosten kautta ja kasvu-riippuvuudesta irtautuen, osa puolestaan pyrkii löytämään vihreää kasvua nykyisen

järjestelmän puitteissa. Raportti myös ennakoi, että keskustelu talouden suunnasta tulee kiihtymään, missä vaihtoehtoisina suuntina voivat olla esimerkiksi talous luonnon kantokyvyn rajoissa ja ihmisen hyvinvointia lisäävä uusintava talous.

Sitran (Dufva & Rekola, 2023) uudenlaista talousajattelua voivat ihmisten arjessa ilmentää esimerkiksi yhteisöistaminen, tavaroiden vaihtaminen ja erilaiset lainauspalvelut.

Ympäristöministeriön raportti

Suomessa ympäristöministeriö näkee vihreän siirtymän kasvun perustana hiljattain julkaistussa raportissa (Ympäristöministeriö, 2023).

Raportin mukaan talous ei voi uudistua ja kasvaa kestäväällä tavalla, jos ilmasto-kriisiä ja luontokatoa ei huomioida talouden ohjauksessa. Komission raportin tapaan ympäristöministeriö peräänkuuluttaa yhteistyötä yritysten, julkisen sektorin ja kansalaisyhteiskunnan välillä. Raportti esittelee myös erilaisia keinoja siihen, miten vihreästä siirtymästä voidaan tehdä Suomen talouden veturi. Taustalla on ajatus kestävästä tarjoaman kehittämisestä, jolla suomalaiset yritykset voivat syrjäyttää kilpailevia, fossiilisia ratkaisuja globaaleilla markkinoilla. Toimia tarjoaman aikaansaamiseksi ovat mm.

- tki-rahoituksen lisääminen ja suuntaaminen vihreää siirtymää tukevaksi,
- kestävästä rahoituksen arviointikäytäntöjen kehittäminen ja
- hiilikädenjäljen laskentamallien kehittäminen.

Tämän luvun kannalta huomionarvoista on etenkin se, että ympäristöministeriö haluaisi valtionyhtiöiden tekevän yhdistetyt ilmasto-, kiertotalous- ja luonnon monimuotoisuustiekartat. Lisäksi teollisuuden ja toimialojen vähähiilisyystiekartat halutaan päivittää investointien raaka-ainetarpeen, kiertotalouden ja luonnon monimuotoisuuden näkökulmista, mikä kertoo vastuullisuuskäsitteen laajentumisesta.

Valtioneuvoston kanslian raportti

Valtioneuvoston kanslian vihreän siirtymän koulutustarpeita käsittelevän raportin (Kuusela ym., 2023) mukaan vihreän siirtymän työvoimatarve kohdistuu erityisesti energiatehokkuuden parantamisen, energiahuollon, rakentamisen ja liikenteen investointien tehtäviin. Työvoimatarpeet kohdistuvat myös eri koulutustasojen osajiin.

Pidemmillä aikavälillä vihreän siirtymän nähdään vaikuttavan laajaan joukkoon ammatteja sekä kansalaisten arkisiin ratkaisuihin ja kokemuksiin yhteiskunnan kehityksestä. Raportin mukaan suurta osaa vihreän siirtymän taidoista, tehtävistä ja ratkaisuista ei ole vielä olemassa, mikä painottaa ennakoinnin merkitystä. Vihreän siirtymän rinnalla on muita voimakkaita trendejä, kuten digitaalinen siirtymä, talouden immaterialisaatio ja väestön ikärakenteen muutos, jotka vaikuttavat myös koulutustarpeisiin. Siksi vihreän siirtymän vaikutusta on vaikea arvioida erillisenä ilmiönä.

Suomen moonshots

Kirjallisuuden perusteella vihreää siirtymää edistetään laajalla kirjolla politiikkatoimia, ja sen toteutuminen edellyttää yritysten ja julkisen sektorin yhteistyötä. Mutta millaisia tulevaisuuden mahdollisuuksia siirtymä tuo yrityksille?

Konsulttiyhtiö *Boston Consulting Group* ja *Climate Leadership Coalition* -verkosto ovat tunnistaneet Suomen merkittäviä vihreän kasvun mahdollisuuksia raportissa *Finland's Moonshots for Green Growth (2023)*, jossa Suomen mahdollisuuksina nähdään

- hiiliposiitiivinen asuminen,
- biopohjaiset tuotteet ja materiaalit,
- hiilestä irtautumiseen liittyvät teknologiat ja palvelut,
- kiertotalouteen perustuvat akut ja vihreät metallit ja
- vihreään vetyyn perustuvat ratkaisut.

Mahdollisuuksien taustalla on se, että globaaleissa arvoketjuissa asuminen, ruoka, matkailu, muoti ja kuluttajatuotteet tuottavat noin 80 % kasvihuonepäästöistä.

Uuden kasvun luomisessa raportti korostaa markkinaehtoisten ratkaisujen luomista mutta painottaa myös sääntely-ympäristön vakauden, julkisen t&k-rahoituksen ja kotimaisen kysynnän merkitystä.

Aineistoina vähähiilisystekartat ja haastattelut

Lähtökohtana käytämme kemianteollisuuden, teknologiateollisuuden ja metsäteollisuuden vähähiilietiekarttoja ja niihin kytkeytyviä selvityksiä.

Ennakointityössä tiekartat ovat yleensä lopputulos, mutta tässä yhteydessä tiekartat ovat lähtökohta. Niistä voi ennakoida, millaisia teknologisia ja liiketoiminnallisia ratkaisuja toimialat pyrkivät käyttämään vihreän siirtymän toteuttamisessa. Mikäli toimialat sitoutuvat tiekarttoihin, niitä voi luonnehtia myös ”tulevaisuuden tekemisen prosesseiksi” (Pettit ym., 2023), joissa abstrakti visio kääntyy toiminnaksi. Olemme myös hyödyntäneet työ- ja elinkeinoministeriön tiekartoista tekemää yhteenvetoa (Paloneva & Takamäki, 2020).

Lisäksi olemme haastatelleet alojen työmarkkinajärjestöjen (Teknologiateollisuus ry, Kemianteollisuus ry ja Metsäteollisuus ry) ja yritysten edustajia (Kemira, Borealis, UPM ja Kiilto), jotka ovat osallistuneet tiekarttatyöhön, ks. laatikko 9.1.

Löydökset

Kasvun mahdollistajat – Vihreä siirtymä on muuttunut sääntelytyöntöisestä markkinavetoiseksi

Teollinen vihreä siirtymä on yleisesti nähty sääntelyvetoisena prosessina, jossa julkisen sektorin aktiivinen osallistuminen on välttämätöntä kestäväen kehityksen edistämiseksi. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että markkinamekanismit eivät kykene asianmu-

Laatikko 9.1 Haastatteluista

Haastattelut olivat puolistrukturoituja teemahaastatteluja, joiden kesto oli 1–1,5 tuntia. Haastattelut on äänitetty ja niistä on tehty kattavat muistiinpanot. Haastateltavat ovat antaneet informoidun suostumuksensa haastatteluaineiston anonyymiin käyttöön.

Haastattelu- ja tietokartta-aineistosta on temaattisella analyysillä tunnistettu toimialojen tulevaisuuden kannalta keskeiset teemat. Aineiston tarkastelu on jaettu neljään pääteemaan – kasvun mahdollistajat, kasvun lähteet, kasvun tuomat muutokset ja kasvun edellytykset – seuraavan haastattelurungon mukaan:

- Hankkeen esittely
- Äänityslupa ja aineiston käyttö

1. Kasvun lähteet kestävässä taloudessa
 - a. Täysin uusi liiketoimintamahdollisuus vs. olemassa olevan kasvattaminen
 - b. Kasvuun johtava uusiutuminen: Miten tapahtuu, mitä vaatii?
 - c. Mitä täytyy tapahtua tuotannon tekijöiden ja resurssien osalta? (Syötteen, jotka tarvitaan arvonlisän synnyttämiseen)
 - d. Kasvuun liittyvät haasteet (esim. vihreän sähkön saatavuus)
2. Kestävään kasvuun liittyvät (uudet?) arvonkaappausmekanismit ja kilpailu
 - a. Mitkä muutosvoimat vaikuttavat arvonkaappausmekanismeihin? Esim. digitalisaatio, kierto-talous.
 - b. Vaatiiko vihreän siirtymän jälkeinen kasvu muutosta liiketoimintamalleissa?
 - c. Millaisia uusia investointeja toimiala tarvitsee fyysiseen ja immateriaaliseen?
 - d. Miten osaamisen täytyy muuttua? Millaiset muutoksen lähtökohdat ovat?
3. Teollisten rakenteiden muutokset
 - a. Millaisia uusia toimijoita voi syntyä?
 - b. Muuttuvatko toimialojen rajat?
 - c. Miten vaikuttaa kumppanuuksien muodostamiseen? (Täytyykö muodostaa täysin uusia kumppanuuksia?)
 - d. Miten arvoketjut muuttuvat?
4. Mitä valtiolta odotetaan? (Esim. toimintaympäristön vakaus, sääntely, kilpailukyky)
5. Teknologiamurrokset
 - a. Mitkä ovat tärkeimmät teknologiat vihreän siirtymän toteuttamisessa? Entä sen jälkeen?
 - b. Energia
 - c. Materiaalit ja raaka-aineet
 - d. Digitalisaatio

Aineistopohja tekee tarkastelusta luonteeltaan ennakoivan. Siinä hahmotetaan kasvua pitkän aikavälin tavoitteena ja pitkäjänteisen kehitys- ja investointitoiminnan lopputulemana. Tämä tekee tarkasteluista ja niistä vedetyistä johtopäätöksistä myös teollisuuslähtöisiä.

kaisesti hinnoittelemaan teollisuuden negatiivisia ulkoisvaikutuksia, kuten päästöjä, osana sen kustannusrakennetta. EU:n päästökauppa on ehkä tunnetuin ja tehokkain esimerkki mekanismeista, jotka on luotu sääntelyllä, vaikka se keskittyykin vain hiilidioksidipäästöjen hinnoitteluun. Muita innovatiivisia sääntelytoimenpiteitä ovat kestävän rahoituksen taksonomia, joka tarjoaa kriteerit sijoituskohteiden kestävyydelle sekä hiilirajamekanismi, joka asettaa tulleja kolmansista maista tuotaville, hiilidioksidipäästöjä aiheuttaville tuotteille. Tämä lähestymistapa perustuu oletukseen, että yritykset eivät ole motivoituneita vähentämään haitallisia ulkoisvaikutuksiaan, koska ne eivät joudu kattamaan näiden vaikutusten yhteiskunnalle aiheuttamia kustannuksia kokonaisuudessaan.

Viime vuosina vihreän siirtymän taustalla vaikuttavat voimat ovat yhä enemmän siirtyneet sääntelykeskeisestä markkinavetoiseen suuntaan, ja tämän kehityksen voi ennakoida jatkuvan. Yritykset eivät enää näe vihreää siirtymää pelkästään kustannuskysymyksenä; se on yhä useammin kilpailukyyn ja kilpailuedun lähde. Yritykset kohtaavat kasvavaa painetta investoida kestäviin tuotantomenetelmiin ja tuotteisiin useilta eri sidosryhmiltä liiketoimintaekosysteemeissään. Omistajat ja potentiaaliset sijoittajat esimerkiksi vaativat yhä enemmän liiketoiminnan kestävyyttä suojatakseen investointejaan ja minimoidakseen niihin liittyviä riskejä. Työmarkkinoilla asiantuntijat ja huippuosaajat ottavat yhä enemmän huomioon työnantajien kestävyyskriteerit tehdessään työpaikkavalintoja. Vastuullisuus käsitys on yhä kokonaisvaltaisempi, ja pelkkä hiilineutraalius ei enää riitä tavoitteeksi tulevaisuudessa.

Asiakaskäyttäytyminen niin kuluttajien kuin yritysasiakkaidenkin keskuudessa on kuitenkin viime aikoina osoittautunut yhdeksi merkittävimmistä markkinavetoisista muutosvoimista: osa asiakkaista on valmis maksamaan jopa lisähintaa kestävästä tuotteista ja palveluista, jotta voivat toimia omien arvojensa ja kestävyysvaatimusten mukaisesti. Ennan kaikkea kestävyys on ostopäätöksiä ohjaava periaate valintojen taustalla. Viimeisen kahden vuoden aikana inflaatio ja sen siivittämänä myös korkotaso ovat nousseet, mikä on osaltaan hillinnyt kysyntälähtöisiä vaatimuksia. Ilmiötä pidetään kuitenkin väliaikaisena.

Näiden eri tekijöiden yhteisvaikutuksessa vihreän siirtymän mukaisesta toiminnasta on tullut monille yrityksille liiketoiminnan jatkuvuuden edellytys. Positiivisemmin ilmaistuna, vihreän siirtymän edistäminen tarjoaa yrityksille mahdollisuuden luoda kilpailuetua ja tehdä kestävyydestä strateginen prioriteetti.

Yritykset eivät enää näe vihreää siirtymää pelkästään kustannuskysymyksenä; se on yhä useammin kilpailukyyn ja kilpailuedun lähde.

Kasvun lähteet

Markkinavetoiset vihreän siirtymän strategiat tarjoavat liiketoiminnalle merkittäviä kasvunäkymiä. Tämä kasvava kysyntä keskittyy pääasiassa kolmeen osa-alueeseen:

- fossiilivapaa energia,
- uusiutuvista raaka-aineista ja puolivalmisteista valmistetut tuotteet ja
- digitaaliset ratkaisut, jotka tehostavat toimintaa tai korvaavat fyysisen infrastruktuurin ja materiaalivirrat.

Näitä tekijöitä tarvitaan lähes kaikilla toimialoilla ja niiden eri arvoketjuissa. Esimerkiksi tekstiili- ja autoteollisuus sekä rakennus- ja elintarviketeollisuus pyrkivät kaikki vähentämään ympäristöjalanjälkeään ja samanaikaisesti suurentamaan positiivista ympäristövaikutustaan. Jotta nämä tuotteet ja palvelut olisivat kestäviä, tulee niiden tuotantoketujen olla kokonaisuudessaan kestäväällä pohjalla. Myös yllättävät olosuh-

Metsäteollisuuden uusiutuvien tuotteiden globaalin kysynnän on arvioitu kasvavan lähes 800 miljardilla eurolla vuoteen 2035 mennessä.

detekijät voivat vauhdittaa kehitystä: yritysten kokemuksessa venäläisestä fossiilienergiasta irtautuminen vauhditti päästöttömään energiaan siirtymistä huomattavasti. Megatrendit, kuten ilmastonmuutos, väestönkasvu, globaali keskiluokan kasvu ja resurssien niukkuus, toimivat yritysten mukaan kehityksen ajureina taustalla.

Yritykset, jotka pystyvät tarjoamaan ratkaisuja eri toimialojen kestävyyshaasteisiin, ovat hyvässä asemassa hyödyntämään huomattavia kasvumahdollisuuksia. Esimerkiksi metsäteollisuuden uusiutuvien tuotteiden globaalin kysynnän on arvioitu kasvavan lähes 800 miljardilla eurolla vuoteen 2035 mennessä (Pöyry, 2018). Teknologiateollisuuden arvion mukaan globaali kysyntä vähähiilisille ratkaisuille kasvaa 20 prosenttia nykytasosta, mikä voisi lisätä suomalaisten investointihyödykkeiden vientipotentiaalia 3 miljardilla eurolla vuosittain (Pöyry, 2020a). Kemianteollisuus puolestaan arvioi lisäävänsä suomalaisten kemian avaintuotteiden vientiä viidellä miljardilla eurolla vuosittain (Pöyry, 2020b). Kaiken kaikkiaan Suomen vientiteollisuus uskoo tiekarttojen ja haastatteluiden perusteella olevansa hyvin sijoittunut hyödyntämään näitä kasvumahdollisuuksia.

Kasvua haetaan erityisesti kehittämällä uutta teknologiaa; sekä tiekartoissa että haastatteluissa vihreä siirtymä näyttäytyi suurelta osin teknologisenä kysymyksenä. Suomalaisen vientiteollisuuden teknologiasalkku onkin kasvamassa merkittävästi.

Monet uudet kestävätkä ratkaisut ovat aiempia suorituskykyisempiä.

Kehitteillä oleviin vihreisiin ratkaisuihin lukeutuu teknologioita kuten sähkön varastointi, fuusioenergia, hiilidioksidin talteenotto ja käyttö, hiilineutraali teräs, uudet sellun jatkojalosteet, muovin kierrätys, biopohjaiset raaka-aineet, kemiallinen kierrätys, vihreä vety, sähköpolttoaineet, digita-

taaliset kaksoiset, lohkoketjut, synteettinen biologia sekä teolliset virtuaalimaailmat. Innovatiiviset uudet ratkaisut laajentavat ja monipuolistavat yritysten tuote- ja palvelutarjoamaa ja synnyttävät neitseellisiä, kasvavia markkinoita.

Volyymipohjaisen kasvun lisäksi toinen keskeinen kasvutekijä on arvonlisän kasvu tuotannon tekijää kohden. Monet uudet kestävätkä ratkaisut eivät vain korvaa vanhoja fossiilipohjaisia vaihtoehtoja, vaan ne ovat usein myös parempia niiden suori-

tuskyvyllisten ominaisuuksien osalta. Esimerkiksi puupohjaisella tekstiilikuidulla on korkeampi vetolujuus kuin tavallisella puuvillalla, ja elintarviketurvalliset muovit ovat paremmin kierrätettävissä. Samoin ristiin liimattu massiivipuu on kevyempää ja helpommin muokattavissa kuin teräs ja betoni, biopohjaiset teollisuusliimat ovat helpommin irrotettavissa ja talteen otettavissa, ja kvanttilaskenta tarjoaa erinomaisen laskentatehon monimutkaisten tuotanto- ja logistiikkatehtävien optimoinnissa.

Koska edellä mainituilla tuotteilla on parempia ominaisuuksia, niistä voidaan myös periä korkeampaa hintaa, mikä lisää taloudellista arvoa suhteessa käytettyihin tuotantopanoksiin. Yritysten mukaan vihreä siirtymä voikin mahdollistaa tuote- ja palveluportfolion laajentamisen.

Tämä on myös riskienhallintaa: ”kaikkia munia ei voi pitää samassa korissa”, kuten eräs yritysedustaja kuvasi useiden liiketoiminta-alueiden toimintaa eri markkinoilla. Myös asiakaskunnan pitäminen vaatii vihreää siirtymää, eivätkä työntekijätkään halua työskennellä ”liian fossiilisissa työpaikoissa”, kuten eräs yritysedustaja kuvaili osajien rekrytoimiseen liittyviä nykyhaasteita. Samalla nykyinen liiketoiminta täytyy ylläpitää ja muuttaa hallitusti. Siirtymä tulee tapahtumaan, mutta muutosvauhti voi vaihdella yrityksen toimipisteiden välillä esimerkiksi tuotantolaitosten elinkaareen liittyen.

Kasvun tuomat muutokset

Vihreän siirtymän myötä monet perinteiset toimialaluokat menettävät osuvuutensa kuvata yritysten todellista liiketoimintaa. Esimerkiksi yritys, joka on aiemmin luokiteltu massan, paperin, kartongin ja pahvin valmistukseen (TOL 17), voi nykyään valmistaa monenlaisia tuotteita, kuten nanosellupohjaisia solukasvualustoja (TOL 32), ligniini-pohjaisia anodimateriaaleja akkuihin (TOL 27), vihreää vetyä energiavarastointiin ja polttoaineeksi (TOL 20), tekstiilikuituja (TOL 13) tai kemiallisia puolivalmisteita muovintuotantoon (TOL 22). Tässä kontekstissa perinteiset toimialaluokitukset eivät enää tarjoa tarkkaa tai merkityksellistä kuvausta yritysten toiminnasta. Haastatteluissa yritysten edustajat kertoivatkin, että toimialoilla ei välttämättä ole juuri lainkaan merkitystä siinä, miten yritykset positioivat itsensä markkinoilla ja miten ne suunnittelevat tulevaisuutta.

Yritykset tulevat toimimaan, tekemään yhteistyötä ja erityisesti kilpailemaan aiempaa vapaammin toimialarajojen yli.

Yritykset tulevat toimimaan, tekemään yhteistyötä ja erityisesti kilpailemaan aiempaa vapaammin toimialarajojen yli. Talouden näkökulmasta merkittävämmän muutos on kuitenkin alkanut näkymään investointitoiminnan luonteen ja maantieteen muutoksissa, jotka rikkovat perinteisiltä toimialoilta tutuksi tulleita kaavoja. Investointeja tehdään sinne, missä uudenlainen liiketoiminta on lähimpänä markkinoita, osaavaa työvoimaa, toiminnan vaatimaa tukiteollisuutta ja kilpailukykyisintä yleistä toimintaympäristöä. Tuotantoa, mutta myös tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaakin (tki), perustetaan enenevästi ulkomaille (Ormala, 2019).

Yritykset joutuvat samalla varautumaan siihen, ettei kilpailu synnykään enää välttämättä oman toimialan sisältä vaan muilta, yllätyksellisiltä toimialoilta, joita ei aikaisemmin ole totuttu seuraamaan. Yrityksiltä vaaditaan myös näkemystä ja kyvykkyyttä solmia kumppanuuksia uudenlaisten toimijoiden kanssa synnyttäen näin uusia, poikkeusalaista arvoketjuja. Kun lääkemolekyylin potentiaalin arviointi siirtyy märkälaboratoriosta kvanttitietokoneen mahdollistamaan simulaatioympäristöön tai kun urbaanit kasvukeskukset rakentuvat jatkossa betonin ja teräksen sijasta puusta, muuttuvat toimittaja-asiakassuhteet ja siten toimialadynamiikka.

Yritykset joutuvat uudelleenarvioimaan positionsa markkinoilla ja arvoketjuissa. Samalla yritysjärjestelyjen tarve kasvaa. Uudenlainen tuote- ja palveluportfolio tuntemattomalla liiketoiminta-alueella vaatii myös tarkoituksenmukaiset liiketoimintamallinsa, joilla ei välttämättä ole mitään yhteistä yritysten vanhaa liiketoimintaa palvelleiden mallien kanssa. Tarvittavan osaamisen kasvattamisen tai hankkimisen tarve korostuu kaikissa edellä mainituissa ulottuvuuksissa.

Kasvun edellytykset

Julkiset päätöksentekijät kohtaavat pian tarpeen ymmärtää murroksen vaikutukset teollisiin rakenteisiin ja uusiutuvien toimialojen toimintaedellytyksiin. Vihreän teollisen paradigman kynnyksellä maat kilpailevat keskenään siitä, mihin uudet investoinnit tehdään ja missä uusi arvonnisa synnytetään. Yritykset tekevät huolellista vertailua maiden välillä pohtiessaan eri toimintojensa sijoittamista ja huomioivat siinä yhteydessä myös julkisen vallan luomat puitteet liiketoiminnalle.

Kasvumahdollisuudet tulee tunnistaa ilmiölähtöisesti.

Toimenpiteitä pohdittaessa perinteiset toimialatilastot eivät jatkossa tule antamaan oikeaa kuvaa kehityksestä ja sen luomasta menestyksestä. Kasvumahdollisuudet tulee sen sijaan tunnistaa ilmiölähtöisesti ja luoda ratkaisujen kehittämiseksi kannustava kokeilu-, investointi- ja liiketoimintaympäristö. Toimialatilastojen heikkouksista johtuen tulee toimenpiteiden vaikuttavuutta jatkossa arvioida strategia- tai ohjelmakohtaisesti. Tässä yhteydessä on merkillepantavaa, että Suomi on yksi harvoista EU:n jäsenmaista, joista vahvat teknologiaohjelmat puuttuvat, eikä tunnistettavaa teollisuusstrategiaakaan ole luotu.

Erityisesti teollisuusstrategia on jätetty EU:n vastuulle. Nykykomission aikana eurooppalaista teollisuusstrategiaa on kehitetty vahvasti ja päättäväisesti. Mandaattina on toiminut komission vihreän kehityksen ohjelman mukainen vihreän ja digitaalisen kaksoissiirtymän toteutus. Toteutuneessa strategiassa puolestaan heijastuvat eurooppalaisen suurteollisuuden ja suurten jäsenmaiden intressit ja vaikutusvalta. Ilman omaa strategiaa on pienempien jäsenmaiden vaikea saada oma äänensä kuulumaan.

Vihreän siirtymän puitteissa korkeampaa arvonnisää luovaa liiketoimintaa synnytetään kestävä teknologiaa kehittämällä ja kaupallistamalla. Siksi erityisesti kansallisen

innovaatioekosysteemin ja siihen liittyvien instrumenttien on kestävä vertailevaa tarkastelua globaalilla tasolla. Kokonaisuus on laaja sisältäen niin julkisen tki-rahoituksen ja -kannustimien kysymykset kuin yliopisto-yritys-yhteistyön, koulutuksen, osaamisen ja osaajien kansainvälisen liikkuvuuden parantamisen haasteet.

Tki-tukien osalta oltiin vuonna 2019 tilanteessa, jossa Suomessa yritysten tki-panostuksista julkisin varoin rahoitettu osuus oli alle 60 prosenttia Ruotsissa ja OECD-maissa keskimäärin toteutuneesta osuudesta (OECD, 2023). Yliopistoille osoitettu yritysrahoitus puolestaan on vähentynyt 40 prosenttia 2010-luvun aikana (Ormala, 2019) kielten osaamista luovan ja sitä soveltavien sektoreiden erkaantumisesta. Tarve erityisesti luonnontieteismatemaattiselle osaamiselle on suuri, ja rekrytointi ulkomailta on yritysten mielestä liian hidasta ja hankalaa; lupaprosessien pituuden lisäksi esimerkiksi englanninkielisen varhaiskasvatuksen ja peruskoulutuksen määrä ei kohtaa kysyntää.

Yritykset korostavat kuitenkin sitä, että innovaatioekosysteemin toimivuus on loppujen lopuksi alisteinen laajemman liiketoimintaympäristön kansainväliselle kilpailukyvyille. Se on perusedellytys investointipäätöksille. Tässä laajassa kokonaisuudessa vihreän siirtymän onnistuneelle toteutumiselle tärkeitä on erityisesti tuotannon sähköistäminen. Se edellyttää toimintavarmuuden ja hintakilpailukykyisen vihreän energian saatavuutta. Fossiilienergiasta irtautuminen onkin jo pitkällä. Sinänsä täysin uutta teknologiaa ei yritysten näkemyksen mukaan tarvitsisi juuri nyt kehittää. Kyse on pikemminkin tarvittavien investointien vauhdittamisesta ja sähköistymisen vaatiman laajemman ekosysteemin rakentamisesta. Esimerkiksi suomalainen vetyarvoketju on vielä varhaisessa kehitysvaiheessa. Tki- ja investointitoiminnan vauhdittamiseen liittyvien riskien jakamisessa valtiolla nähdään olevan tärkeä rooli.

Yleisemmällä tasolla toimialojen pitkät investointisyklit edellyttävät toimintaympäristön ennakoitavuutta. Tällä saralla Suomella on ollut viime vuosikymmenien aikana haasteita. Yritykset eivät ole voineet luottaa siihen, että tehdyt, investointilaskelmiin vaikuttavat poliittiset linjaukset olisivat kestäneet hallituskausien yli. Päätös tki-rahoituksen pitkäjänteisestä kasvattamisesta muun muassa vaati parlamentaarisen työryhmän perustamista. Poukkoileva keskustelu sähkön verotuksesta, muovin määritelmästä, datan avoimuudesta tai kestävästä rahoituksen kriteereistä luo epävarmuutta päätöksentekoon. Se puolestaan on myrkyä investointien kasvattamiselle. Suomessa puuttuva teollisuusstrategiakin altistaa poliittiset linjaukset lyhytjänteisyydelle.

Viime aikoina myös inflaatio ja korkojen nousu ovat osaltaan madaltaneet investointihalukkuutta. Lisäksi tukitoimilla käyty kasvava kansainvälinen kilpailu ulkomaiden investointien houkuttelemiseksi asettaa pienen Suomen heikkoon asemaan suhteessa maailman suuriin talouksiin (Bloomberg, 2023; Reuters, 2023).

Suomen yritysten tki-panostuksista julkisin varoin rahoitettu osuus oli alle 60 % OECD-maiden osuudesta.

Kasvava teollisuuspoliittinen kilpailu asettaa pienen Suomen heikkoon asemaan.

Yritykset ovat tunnistaneet myös haasteita kasvulle, joita teollisuuden ilmastotiekarttoja laadittaessa ei vielä huomioitu. Luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen, yleinen luontoposiitivisuus ja sosiaalinen vastuullisuus ovat tavoitteita, jotka vaativat uuden tiedon ja ratkaisujen synnyttämistä. Vastuullisuuskäsitys on yhä kokonaisvaltaisempi, eikä pelkkä hiilineutraalius enää riitä tavoitteeksi. Yritykset aikovat vastata haasteeseen pikimmiten, ja tavoitteisiin liittyviä ohjelmia on jo käynnistetty. Eräs haastateltu yritys edustaja pohtikin, olisiko heidän liiketoiminnallinen kestävyys siirtymänsä tapahtunut ilman EU:n ohjausta. Hänen mukaansa olisi, koska markkinave-toinen siirtymä on alkanut aiemmin ja tavoitteet asetettu hyvissä ajoin.

Toinen haaste on EU:n ajama datan avoimuusvaatimus, jonka pelätään ulottuvan yritysten omistamaan, liiketoiminnan luomiselle tärkeään dataan. Jos EU saa tämän hetkisen visionsa läpi, saattaa lopputulos olla tavoitteiden vastainen. Yritykset alkavat suojella kilpailuetunsa lähteenä olevaa dataa sulkeutumalla sisäänpäin.

Lopuksi myös raaka-aineriippuvuus Kiinasta – erityisesti kriittisten mineraalien osalta – pohdituttaa yrityksiä. Siirtyminen biopohjaiseen talouteen EU:ssa kasvatettujen raaka-aineiden turvin voisi olla yksi osaratkaisu ongelmaan. Kiertotalouden rakenteiden vahvistaminen ja erityisesti materiaalivirtojen koordinointi on toinen kehityslinja, johon yritykset uskovat.

Keskustelu

Vihreän siirtymän mahdollistamaa kasvua on vaikea luoda yksin. Aiemmissä tutkimuksissa ja selvityksissä (ks. esim. European Commission, 2023; Ympäristöministeriö, 2023) yksi keskeisistä teemoista oli eri toimijoiden, kuten julkishallinnon ja yritysten, välinen yhteistyö vihreän siirtymän edistämiseksi. Samankaltainen toive esiintyi myös tämän tutkimuksen aineistossa.

Vientiteollisuus on peräänkuuluttanut vahvempaa, strukturoidumpaa ja yhteistyöhön kannustavampaa kumppanuusmallia julkisten ja teollisten toimijoiden välille. Yhteistyötä tapahtuukin yhä laajemmissa verkostoissa esimerkiksi tutkimuslaitosten, uudenlaisten alihankkijoiden ja eri toimialojen yritysten kanssa. Samalla yhteistyössä nähtiin myös jännitteitä liittyen etenkin sääntelyn koettuun runsauteen, monimutkaisuuteen, kireään aikatauluun ja epävakauteen sekä käytettyjen työkalujen tehotomuuteen. Tarkemmin kaivataan vielä kuluvaan vuosituhaten alussa voimissaan olleita teknologiaohjelmia, jotka toimivat tehokkaina, kärsivällisinä ja ennakoitavina alustoina ekosysteemiselle yhteistyölle. Strategisten huippuosaamisen keskittymien (SHOK) lopetuksen jälkeen ei tilalle ole kehitetty korvaavaa teknologiaohjelmakonseptia. Suomi on yksi harvoista eurooppalaisista maista, jolla ei teknologiaohjelmia ole.

Vihreän siirtymät useat, limittäiset aikajänteet (Kuusela ym., 2023) näkyivät myös tämän tutkimuksen aineistossa. Aikajänteisiin ja niiden toteutumiseen omat haasteensa toivat teollisuuden pitkät investointisyklit, jotka liittyvät esimerkiksi suuriin tuotantolaitoksiin. Käynnissä olevissa laitoksissa on vaikea tehdä muu-

tostöitä, koska huoltoseisokkien väli voi olla useita vuosia. Tästä syystä kehitys on monissa tapauksissa portaittaista lineaarisen sijaan. Teollisen tuotannon ja siihen liittyvän investointitoiminnan pitkät aikajänteet korostavat toimintaympäristön ennakoitavuuden merkitystä. Regulaation luomaa kireää investointiaikataulua on myös usein vaikea yhteensovittaa luonnollisiin investointisykleihin vaarantamatta jo tehdyille investoinneille vaadittuja tuotto-odotuksia niin omistajien kuin rahoittajien toimesta.

Haluttomuudesta ja yrityksen puutteesta ei ole kysymys; yritykset eivät halua pienentää vain hiilijalanjälkeä, vaan myös kasvattaa hiilikädenjälkeä. Vihreän siirtymän liikevoimat ovat teollisuudessa jo niin suuria, että siirtymä ei välttämättä vaadi samankaltaista oikeutusta tai perustelua kuin kotitalouksien tapauksessa (Terzi, 2022) – yritykset ovat jo omaksuneet idean.

Kun toimintaympäristön haasteet on saatu ratkaistua, koettiin vihreän siirtymän toteutuvan pitkälti nykyisen järjestelmän reunaehdoilla. Visioita fundamentaalisesti erilaisesta talousjärjestelmästä tai toimintaympäristöstä ei esiintynyt, vaan nykyisen järjestelmän hienosäädön ja teknologisen kehityksen koettiin edistävän vihreää siirtymää jo merkittävästi. Vihreän siirtymän tärkeys oli tunnustettu läpi arvoketjujen, minkä vuoksi esimerkiksi sijoittajilta tulevat odotukset saattoivat olla esimerkiksi lainsäätäjien odotuksia voimakkaampia. Euroopan komission (European Commission, 2023) ennakoima, tai ehkä pikemminkin toivoma, kasvun ja luonnonresurssien irtikytöntä tämän tutkimuksen aineistosta ei nouse esiin, tosin raaka-aineiden uusiutuvuus ja tehokas käyttö olivat haastatteluissa ja tiekartoissa olennaisia asioita.

Toisaalta radikaalisti nykyistä talousjärjestelmää uudistavia visioita ei ole helppo muodostaa, saati toteuttaa. Talousjärjestelmät ovat kompleksisia kokonaisuuksia, joiden perusteellinen uudistaminen vaatisi mittavan kansainvälisen konsensuksen. Siksi voi olla helpompaa tyytyä nykyisiin reunaehtoihin ja pyrkiä teknologiavetoiseen uudistumiseen niiden puitteissa. Toisaalta yhteiskunnallinen kysyntä voimakkaasti nykyhetkestä poikkeaville, vaihtoehtoisille tulevaisuuksille voi voimistua, jos ympäristökriisin aiheuttamat ongelmat kärjistyvät.

Vihreän siirtymän toteuttaminen vaatii teollisuuden mukaan uutta osaamista työntekijöiltä, kuten Kuusela ym. (2023) ovat havainneet. Työvoimatarve on kasvava. Uuden osaamisen tarve kohdistuu useisiin erilaisiin tehtäväankuviin painottuen korkeaan osaamiseen. Kaikki tarvittava osaaminen ei välttämättä löydy Suomesta, ja yritykset rekrytoivat kansainvälisesti. Vihreä siirtymä vaikuttaa etenkin nuorten työntekijäsukupolvien odotuksiin: he haluavat tehdä arvomaailmansa mukaista työtä ja samalla vaikuttaa maailman muutokseen. Tästä voi syntyä positiivinen kierre. Mitä voimakkaammin yritys edistää vihreän siirtymän mukaisia tavoitteita, sitä parempaa työvoimaa se saa. Taitavat työntekijät puolestaan luovat yritykselle uusia kasvun mahdollisuuksia.

Yritysten halukkuus ei ole vihreää siirtymää rajoittava tekijä.

Vihreä siirtymä vaikuttaa etenkin nuorten työntekijäsukupolvien odotuksiin.

Johtopäätökset

Kun vihreää siirtymää tarkastellaan paitsi rajoitteiden myös kasvumahdollisuuksien näkökulmasta, edelläkävijäyritykset voivat levittää innovatiivisia toimintamallejaan globaalisti markkinoiden kasvaessa. Vuosilukuihin sidotut poliittiset tavoitteet vihreälle siirtymälle ajavat luontaisesti ajattelemaan maailmaa ennen ja jälkeen vihreän siirtymän. Erottelu näyttää kuitenkin tämän tutkimuksen ja aiemman kirjallisuuden perusteella keinotekoiselta ja passivoivalta. Kyseessä ei ole katkos kahden aikakauden välissä vaan jatkuva prosessi, jolla on liikkuva maali – muutos tapahtuu liikkeessä, ja uudistuminen on jatkuvaa. Kasvua luodaan jo siirtymän aikana. Olennaista on kunnianhimoinen näkemys tulevaisuudesta, ei välttämättä tarkka hetki, jolloin se saavutetaan.

Toisaalta on perusteltua kysyä, pitäisikö vihreään siirtymään ja kasvuun liittyviä tulevaisuusnäkemysten avartaa. Hallittu teknologisen muutoksen mahdollistama kasvu nykyisen talousmallin puitteissa on yksi mahdollinen tulevaisuus, mutta myös monet muut skenaariot ovat mahdollisia. Yritysstrategioiden ”stressitestaaminen”

useilla vihreän siirtymän skenaarioilla voisi parantaa yritysten varautumiskykyä ja toisaalta auttaa uusien, yllättävien kasvupolkujen tunnistamisessa.

Vihreä siirtymä näyttäytyy teollisuuden tiekartoissa pitkälti teknologisenä kysymyksenä, mutta haastatteluissa

yritykset näkivät muutoksia myös liiketoimintamalleissa, arvoketjuissa ja toimialarakteissa. Käsitys vihreästä siirtymästä onkin monipuolistunut ventialoilla nopeasti tiekarttatöiden jälkeen, ja esimerkiksi biodiversiteetin, sosiaalisen vastuullisuuden ja luontoposiitiivisuuden näkökulmat ovat vahvistuneet. Vastuullisuuskäsitys on yhä kokonaisvaltaisempi, ja pelkkä hiilineutraalius ei välttämättä riitä enää tavoitteeksi, jos ja kun vihreän siirtymän tiekarttoja päivitetään. Yritykset, etujärjestöt ja julkishallinto toivovatkin pitkälti samoja asioita tulevaisuudessa tehtäviltä tiekartoilta.

Yritysten vastuullisuuskäsitys on yhä kokonaisvaltaisempi.

Suosituksia

- Kansallinen teollisuusstrategia ja vahvat teknologiaohjelmat mahdollistaisivat pitkäjänteisen vihreän siirtymän edistämisen.
- Toimialojen ilmastotiekarttoja täytyy uudistaa, kun käsitys vihreästä siirtymästä monipuolistuu esimerkiksi biodiversiteetin ja luontoposiitiivisuuden näkökulmista.
- Markkinavetoinen vihreä siirtymä vaatii regulaatioympäristön ennakoitavuutta yli hallituskausien.
- Vihreän siirtymän mahdollistamaa kasvua ei luoda yksin: tarvitaan vahvoja kumppanuuksia erilaisten toimijoiden kesken.
- Hallitun teknologiavetoisen kestävyysmurroksen rinnalla on tärkeää tarkastella vihreän siirtymän tulevaisuutta laajemmin useiden skenaarioiden kautta.

Viite

- ¹ Vientiteollisuus, eli teknologia-, kemian-, ja metsäteollisuuden alojen vaikutus kansantalouteen on noin 47 prosenttia arvonlisäyksestä ja noin 42 prosenttia työllisistä (KPMG, 2022).

Lähteet

- Bloomberg (2023). Germany Plans Investment-Incentive Push Worth Annual €6 Billion. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-07-12/germany-plans-investment-incentive-push-worth-annual-6-billion#xj4y7vzkg>
- Boston Consulting Group & Climate Leadership Coalition (2023). Finland's Moonshots for Green Growth. <https://www.bcg.com/publications/2023/moonshots-for-green-economy-in-finland>
- Dufva, M. & Rekola, S. (2023). Megatrendit 2023: Ymmärrystä yllätysten aikaan. Sitran selvityksiä 224. <https://www.sitra.fi/julkaisut/megatrendit-2023/>
- Euroopan komissio (2023). Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fi
- European Commission (2023). 2023 Strategic Foresight Report: Sustainability and people's wellbeing at the heart of Europe's Open Strategic Autonomy. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3623
- IPCC (2023). Synthesis Report of IPCC Sixth Assessment Report (AR 6). <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- KPMG (2022). Vientiteollisuuden taloudelliset vaikutukset Suomessa. KPMG. https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/inline-files/Vientiteollisuuden_taloudelliset_vaikutukset_Suomessa_0.pdf
- Kuusela, O-P., Mykrä, N., Jousilahti, J., Neuvonen, A., Arola, T., Markkanen, I., Nokkala, T., Lehtonen, A., Heikkinen, H., Oinonen, I., Alhola, K., Huttunen, S., Paloniemi, R., Pohjola, J. & Saarinen, T. (2023). Vihreän siirtymän osaamis- ja koulutustarpeet VISIOS. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2023:31. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164892>
- Ormala, E. (2019). Suomen kilpailukyyn ja talouskasvun turvaaminen 2020-luvulla. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Yritykset, 1/2019. TEM.
- Paloneva, M. & Takamäki, S. (2020). Yhteenvedo toimialojen vähähiihtiekartoista. Työ- ja elinkeinoministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162494>
- Pettit, K. L., Balogun, J. & Bennett, M. (2023). Transforming Visions into Actions: Strategic change as a future-making process. *Organization Studies*, 44(11), 1775–1799. <https://doi.org/10.1177/01708406231171889>

- Pöyry (2018). Metsäteollisuustuotteiden globaalit markkinat ja kasvupotentiaali 2030 -raportti. Metsäteollisuus Ry.
- Pöyry (2020a). Teknologiateollisuuden vähähiilitiekartta. Raportti – Vaihe 2. Teknologiateollisuus Ry.
- Pöyry (2020b). Roadmap to reach carbon neutral chemistry in Finland 2045 – Final report. Kemianteollisuus Ry.
- Raworth, K. (2017). Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist. Chelsea Green Publishing. <https://www.chelseagreen.com/product/doughnut-economics-paperback/>
- Reuters (2023). France eyes tax incentives for green industry investment. <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/france-eyes-tax-incentives-green-industry-investment-minister-2023-03-08/>
- Teknologiateollisuus (2023). Teknologiateollisuus on Suomen suurin vientiala - koostuu viidestä päätoimialasta. <https://teknologiateollisuus.fi/fi/talous-ja-toimiala/teknologiateollisuus-suomen-suurin-vientiala-koostuu-viidesta-paatoimialasta>
- Terzi, A. (2020). Crafting an effective narrative on the green transition. *Energy Policy*, 147, 111883. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111883>
- VTT (2023). Trend Report. <https://www.vttresearch.com/en/news-and-ideas/vtts-trend-report-2023-features-global-megatrends-industry-disrupting-technologies>
- World Economic Forum (2020). Nature Risk Rising: Why the Crisis Engulfing Nature Matters for Business and the Economy. <https://www.weforum.org/publications/nature-risk-rising-why-the-crisis-engulfing-nature-matters-for-business-and-the-economy/>
- Ympäristöministeriö (2023). Vihreä siirtymä on kasvun perusta – ympäristöministeriön virkänäkemykset. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164764>

Tiivistelmä

Tulevan talouskasvun kääntäminen vihreämpään suuntaan on aikamme merkittävin yhteiskunnallinen haaste.

Luonnon ja ympäristön kannalta keskeiset tulemat syntyvät ihmisten välisen yhteiskunnallisen, taloudellisen ja sosiaalisen kanssakäymisen tuloksena. Poliittiset ja taloudelliset prosessit ja erilaiset muodolliset ja epämuodolliset normit ohjaavat tätä kanssakäymistä.

Vihreä siirtymä ei tapahdu ilman laaja-alaista yhteiskuntapoliittista työntöä. Tarvittavat toimet ovat kolmea päätyyppiä. Negatiivisten ja positiivisten luonto- ja ympäristö (ulkois) vaikutusten hinnoittelu, pakottava sääntely sekä vihreän innovaatio toiminnan tukeminen julkisin varoin.

Politiikkatoimien tulee olla laaja-alaisia ja toisiaan tukevia. Niiden tulee ohjata ihmisten ja organisaatioiden vuosikymmenien päähän ulottuvia odotuksia siten, että haittojen aiheuttamisen uskotaan tulevan yhä kalliimmaksi ja vihreään siirtymään myötävaikuttaminen yhä kannattavammaksi.

Kiitokset

Kiitämme Paula Lainetta tätä lukua koskevista huomioista.

Ari Hyytinen

on Hankenin ja Helsinki GSE:n professori.

Mika Maliranta

on Työn ja talouden tutkimus LABOREn johtaja.

Petri Rouvinen

on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen Etlan tutkimusneuvonantaja.

Antti-Jussi Tahvanainen

on Teknologian tutkimuskeskus VTT:n yritysennakointi- ja strategiatiimin vetäjä.

Suosittelava lähdeviittaus tähän lukuun:

Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika, Rouvinen, Petri ja Tahvanainen, Antti-Jussi (2024). *Vihreän kasvun eväät*. Luku 10 (sivut 205–212) kirjassa **Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika, Rouvinen, Petri ja Tahvanainen, Antti-Jussi (toim.) (2024).** *Vihreä kasvu*. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta). <https://ForGrowth.fi>

Vihreä siirtymä on Suomelle suuri mahdollisuus

Ihminen kuvittelee itsensä luomakunnan pyramidin huipulle. Skene (2018, s. 483) kääntää tämän ajatuksen päinvastaiseksi: ihmisen olemassaolo maapallolla perustuu fotosynteesin kautta kasveihin ja (muihin) eläimiin sitoutuvaan aurinkoenergiaan, mikä tekee meidät äärimmäisen riippuvaiseksi biosfäärin toiminnasta. Luonto on välttämätön ehto ihmisen olemassaololle. Näin ollen ihmiskunnan nykyiset toimet ovat uhka lajimme selviytymiselle.

Viimeiset viisi vuotta ovat olleet ainutlaatuisia ainakin niiden sukupolvien kokemusten valossa, jotka ovat nyt työelämässä ja parhaillaan päättämässä poliittikoina ja vaikuttajina yhteiskunnallisista asioista. Koronapandemia ja Venäjän hyökkäyssota Ukrainassa ovat osoittaneet, kuinka häiriöaltis globaalisti hajautettuihin arvoketjuihin perustuva talous on ja kuinka heikkoja nykyiset ylikansallisen koordinaation mekanismit ovat. Toisaalta olemme saaneet huomata, kuinka joustavasti ja nopeasti yhteisöt sopeutuvat – niin halutessaan.

Samalla kun pandemia ja sodat ovat vieneet päähuomiomme, ihmisen aiheuttamien luonto- ja ympäristömuutosten haittavaikutukset ovat konkretisoituneet – paljon aiemmin ja laajemmassa mittakaavassa kuin vielä muutamia vuosia sitten oletettiin. Onneksi sama pätee myös tarvittaviin ratkaisuihin esimerkiksi puhtaan energian ja siihen liittyvien teknologioiden osalta (ks. Eljas Aallon luku 4), joiden kehitys on lyönyt lähes kaikki ennusteet.

Geopolitiikka ja -talous sekä näiden osana uuteen kukoistukseen noussut teollisuuspolitiikka tuovat omat haasteensa vihreälle siirtymälle (ks. Matthias Deschryveren ja Petri Rouvisen luku 8). Geopolitiikka vaikeuttaa ylikansallista sopimista, mikä on kuitenkin välttämätöntä useimpien luonto- ja ympäristökysymysten laajoissa ratkaisuisissa. Vaikka motiivit saattavatkin olla geopolitiikkaan liittyviä ja siinä mielessä vääriä, geopolitiittiset intohimot ovat viime vuosina edistäneet globaalia vihreää siirtymää. Kiinan valitsema strategia laskee esimerkiksi aurinkopaneelien ja sähköautojen hintoja maailmanmarkkinoilla – toisinaan alle tuotantokustannusten. Yhdysvaltojen *Inflation Reduction Act* nopeuttaa sen matkaa kohti vihreää kasvua; EU:ssa mm. *Fit for 55* ja geopolitiikan motivoima *Net Zero Industry Act* tekevät samaa.

Luontoarvojen huomioiminen ja ilmastonmuutoksen hillintä edellyttävät suuria muutoksia ihmisten ja organisaatioiden elin- ja toimintatapoihin. Mittaviin muutoksiin liittyy siirtymäkustannuksia sekä tulo- ja varallisuusvaikutuksia. Tekemisen kustannukset ovat kuitenkin paljon pienemmät kuin tekemättä jättämisen ja varhaisemmat toimet kokonaisuutena halvempia ja tehokkaampia kuin myöhäisemmät. Valintojen pitäisi olla helppoja. Niiden tekemättä jättäminen kertoo siitä, ettemme arvota tulevaisuutta oikein (ks. Ilkka Kieman luku 2).

Taloukasvun ja ympäristön tilan välillä ei ole pysyvää ratkaisematonta ristiriitaa, vaikka kasvun nykyinen sisältö onkin kestävä. Vihreä kasvu on mahdollista. Se kuitenkin edellyttää energia- ja kuljetusjärjestelmien, toimiala- ja yhdyskuntara-

kenteiden sekä maankäytön radikaalia uudelleenajattelua ja nykyisestä poikkeavaa toteutusta.

Toisinaan kuulee jopa väitteitä siitä, että argumentit vihreän kasvun puolesta ovat verhoiltua ilmastonmuutoksen kieltämistä. Niin ei ole. Tämänkaltaiseen vihreän kasvun tärkeyden kyseenalaistavaan retoriikkaan liittyy vahvoja ideologisia näkemyksiä, ja se johtaa vain tärkeän keskustelun tarpeettomaan kärjistymiseen ja polarisoitumiseen.

Globaalisti ja jopa suhteessa eurooppalaiseen verrokkeihin Suomen tapauksessa vihreässä siirtymässä painottuvat positiiviset mahdollisuudet, vaikka yleisessä keskustelussa ovat esillä enimmäkseen siirtymän kustannukset ja haitat. Voidaan ajatella, että vihreässä siirtymässä Suomella ja suomalaisilla on enemmän voitettavaa kuin hävitettävää, toki sillä tärkeällä lisärajauskella, että maapallon lämpenemisen hidastamisessa ja luontokadon pysäyttämisen onnistutetaan globaalisti ainakin jollain tavoin.

Suomalaisten tuki vihreälle siirtymälle on puutteellinen

Tämän kirjan analyysien perusteella teemme havainnon, joka on outo, odottamaton ja huolestuttava.

Suomalaiset sekä hahmottavat luonto- ja ympäristöhaasteet että ovat tietoisia niiden ratkaisusta (ks. Hyytisen, Rönkön ja Tukiaisen luku 3). Kuluttajina ja äänestäjinä olemme kuitenkin haluttomia tekemään tarvittavia valintoja: vihreä maksuvalmius on vähäistä, ja äänestettäessä tuki vihreän politiikan harjoittamiselle on laimeaa.¹

Sen sijaan suomalaisyritykset ovat vähintään Ruotsin ja Tanskan tasolla vihreässä innovaatio toiminnassa (ks. Hyytisen, Malirannan ja Nippalan luku 6) ja ovat vihreän ajattelun ja toimintansa puolesta edistyksellisiä (ks. Komosen ja Tahvanaisen luku 9).

Yritysten hyvästä tahdosta huolimatta vihreä siirtymä ei lopulta voi toteutua, ellei se saa kuluttajien ja kansalaisten tukea maksuvalmiuden ja äänestyskäyttäytymisen muodoissa.² Ei ihme, että Rodrik (2015) on ehdottanut luonto- ja ympäristöpolitiikan ohjauksen delegeoimista päivänpolitiikasta erotetuille teknokraateille.

Niko Jaakkola pohtii luvussa 5 itsenäisen ja riippumattoman ”luonto- ja ympäristöasioiden keskuspankin” mahdollisuutta – tämän olisi kuitenkin vaikeampaa kuin rahapolitiikan tapauksessa.³ Keskeisin syy tälle on ilmastopolitiikan olennaisesti laajempi kenttä. Jaakkola päätyy pohdinnassaan siihen, että myös poliittisen näkökulman huomioiminen puoltaa monien interventiotyyppien yhtäaikaista käyttöä.

Markkinoiden näkymätön käsi vihertyy

Vihreää siirtymää edistävät toimet aiheuttavat itsessään lisää luonto- ja ympäristöhaasteita. Siksi on tärkeää, että toimet kohdistuvat oikein siten, että vähimmällä haitalla saadaan aikaiseksi mahdollisimman paljon hyvää. Tämä on se juurisyy, miksi me tässä kirjassa – lähes kaikkien muiden talous- ja yhteiskuntatieteilijöiden tapaan – korostamme markkinapohjaisten ratkaisujen merkitystä. Ymmärrämme myös, että

markkinapohjaiset ratkaisut ovat epätäydellisiä. Siksi tarvitaan laaja yhdistelmä toisiaan täydentäviä toimenpiteitä (ks. myös Blanchard ym., 2023).

Johtotähtenä ulkoisvaikutusten sisäistäminen

Luonto- ja ympäristöhaasteiden yksi keskeinen syy on se, että ihmiset ja organisaatiot eivät yksityisten markkinoiden puutteellisen toiminnan takia huomioi kaikkia toimimensa aiheuttamia vaikutuksia. Nämä ulkoisvaikutukset (ks. Blanchard ym. 2023 sekä Ari Hyytisen, Mika Malirannan, Petri Rouvisen ja Antti-Jussi Tahvanaisen luku 1) saavat aikaan sen, että luontoa ja luonnonvaroja hyödynnetään liikaa ja jätteitä, päästöjä ja saasteita syntyy yli maapallon kantokyvyn.

Politiikantekijän ensimmäisenä ja keskeisimpänä ohjenuorana on, että ihmiset ja organisaatiot täytyy tavalla tai toisella saada sisäistämään aiheuttamansa luontoa ja ympäristöä rasittavat ulkoisvaikutukset – haitoista tulee siis maksaa osana markkinoilla vallitsevia hintoja. Markkinoiden kautta tapahtuvan ulkoisvaikutusten sisäistämisen etuna on, että se tarjoaa talouden eri toimijoille oikeita kannustimia vähentää ei-toivottavaa toimintaa ja lisäksi se kohdistaa korjaavia toimia tehokkaasti myös tilanteissa, joissa ei välttämättä muuten tiedetä, miten toimet voitaisiin kohdentaa tehokkaasti (tai joissa keskitettyjä tai koordinoituja päätöksiä ei ole mahdollista tehdä).

Luonnollisesti ulkoisvaikutuksen sisäistämisessä käytetyt ja kaikki muutkin toimet voidaan toteuttaa avoimissa, demokraattisissa yhteiskunnissa vain hyväksytyillä tavoilla eli enemmistön ehdoilla ja häviäjät huomioiden.

Käyttäytymistä ja erityisesti investointeja ohjaavan vaikutuksen kannalta tärkeintä – mutta samalla haasteellisinta – on johdonmukaisuus ja pitkäjänteisyys. On selvää, että yhteiskunnallinen päätöksenteko ja poliittiset prosessit ovat luonteeltaan sellaisia, että pitkäjänteinen, yli vaalikausien ulottuva toiminta on vaikeaa.

Politiikkareseptit

1. Haittojen hinnoittelu markkinamekanismin kautta

Käytännössä jokainen maapallon triljoonista päivittäisistä tavara- ja palvelukaupan transaktioista on seurausta jonkinlaisesta valintaprosessista. Jokainen minkä tahansa transaktion yhteydessä maksettu hinta (myös muutoin kuin rahassa) ohjaa sekä myyjän että ostajan puolelta avautuvaa vaikutusketjua.

Tämän kokonaisuutena valtavan mutta hyvin hajautetusti toimivan järjestelmän voima saadaan valjastettua vihreän kasvun lähteeksi vain siten, että luonto- ja ympäristöarvot on mahdollisimman täysimääräisesti hinnoiteltu eli sisäistetty jokaisessa transaktiossa.

Haittojen hinnoittelu kääntää talouden virtoja hetkessä. Sikäli kun haittojen korkea (ja kasvava) hinta on uskottava myös tulevaisuudessa, tämä vaikuttaa myös tulevai-

suutta koskeviin aineellisiin ja aineettomiin investointeihin. Investointipäätöksiään tehdessään yksilöt ja yritykset nimittäin pyrkivät ottamaan huomioon myös tulevaisuudessa saatavat tuotot ja koituvat kustannukset.

Luonto- ja ympäristöarvojen sisäistäminen markkinoiden kautta on välttämätön ja keskeisin osa isoa ratkaisua.

Puutteellisen kattavuuden ja haittojen liian alhaisten hintojen takia se jää kuitenkin epätäydelliseksi, joten tarvitaan täydentäviä politiikkatoimia. Näiden osalta merkittäväksi haasteeksi ovat nousseet globaalin kilpailun dynamiikan synnyttämät alueelliset eroavaisuudet poliittisissa tavoitteissa. Ne tekevät ulkoisvaikutusten hinnoittelusta yksittäisellä alueella vaikeaa vaarantamatta kyseisen alueen kilpailukykyä suhteessa muihin alueisiin. Kansainvälistä yhteisymmärrystä toimenpiteiden välttämättömyydestä tarvitaan siis kipeästi, vaikka geopoliittiset jännitteet asiaa vaikeuttavatkin.

2. Vihreän tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan julkinen tukeminen

Polkuriippuvuuksien ja verkostovaikutusten takia ilmastoa ja luontoa kuormittavilla ruskeilla ratkaisulla on takanaan satojen vuosien aikana kumuloitunut aineeton osaa- mis- ja tietopääoma sekä aineellinen pääomakanta (ks. Petri Rouvisen ja Matthias Deschryveren luku 7). Nämä tarjoavat ruskeille ratkaisuille poliittista, taloudellista ja älyllistä etumatkaa, joka hidastaa vihreää siirtymää. Nopeampi siirtyminen edellyttää, että tätä polkuriippuvuutta onnistutaan vähentämään.

Tämä ei tapahdu ilman julkisesti tuetun tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan merkittävää ”ravistelua” ja usein vuosien, ja esim. Acemoglu ym. (2016) mallinuksessa jopa vuosikymmenien, ”positiivista harhaa” vihreiden ratkaisujen tavoittelun suuntaan.

Innovaatiopolitiikassa tämä tarkoittaa sitä, että joko luonto- ja ympäristökriteerit ovat erillisinä arviointiperusteina esim. tukipäätöksiä tehtäessä tai että erityisesti luonto- ja ympäristöarvoja edistävät hankkeet ovat ”ylipainossa” esimerkiksi niille suunnattujen ohjelmien kautta. Muun innovaatiotoiminnan julkisesta tukemisesta poiketen vihreän innovaatiotoiminnan tuki saattaa olla perusteltua myös kaupallistamisvaiheessa (ks. Grubb ym., 2021).

3. Vihreät standardit, ruskeiden ratkaisujen kiellot ja markkinoiden julkiset tuet

Pääomakantojen varantojen muuttaminen lähtee niiden kumuloitumista ohjaavista kannustimista (kohta 1) ja niihin sitoutuvista ideoista (kohta 2).

Koska luonto- ja ympäristönäkökohtia sivuva markkinaohjaus tulee aina jäämään epätäydelliseksi ja epäyhtenäiseksi, tarvitaan myös muuta politiikkaa (Stiglitz, 2019). Kuten Jaakkola luvussa 5 toteaa, muut toimet ovat tarpeen myös poliittisen hyväksyttävyyden näkökohdasta. Niinpä myös vihreää siirtymää tukeva informaatiotuotanto ja sitä ohjaavat standardit ovat luonto- ja ympäristöpolitiikan työkaluja.

Vihreän tuotannon suoria tukia tulee käyttää harkiten – ja kohtien 1 ja 2 toimien tieltä väistyen – mutta myös niiden tulee olla politiikantekijän työkalupakissa.

4. Kansalliset ja ylikansalliset kompensatiomekanismit

On selvää, että ainakin siirtymävaiheessa vihreän kasvun tavoittelu maksaa (nettomääräisesti). Vihreä siirtymä luo voittajia ja häviäjiä.

Oikeudenmukaisuus ja poliittinen kannatus edellyttävät jonkinasteista kansallista kompensatiota – taloustieteilijät keskustelevat esim. hiilidioksidiveron tai -päästökaupan tuottojen jakamisesta takaisin kansalaisille könttäsummina.

Koska markkinapohjainen ratkaisu ei tule olemaan maantieteellisesti yhtenäinen, kilpailukykynekökohdat edellyttävät, että siihen liittyy jonkinlainen ylikansallinen kompensatio. Esimerkiksi EU:n sisämarkkinalla muuta maailmaa korkeampi hiilidioksidipäästöjen hinta (tai korkeampi vero) edellyttää kilpailuneutraalia hiilitullia.

Toteutettiinpa kompensatiot miten tahansa, ne eivät saisi vähentää ihmisten ja organisaatioiden kannustimia edetä vihreään suuntaan (ks. Jaakkolan luku 5).

Tarve uudelleensuuntaukselle

Vihreä siirtymä ei tapahdu ilman laaja-alaista työntöä yhteiskuntapolitiikan eri lohkoilta. Tämän työnnön saavuttaminen on kuitenkin poliittisesti vaikeaa varsinkin, kun kansalaisten tuki tälle politiikalle on vaatimatonta.

Nähdäksemme poliittisen prosessin haasteet tässä yhteydessä ovat seurausta kolmesta seikasta:

- Ensinnäkin, ajatus tarvittavista politiikkatoimista on selitetty väärin. Vaikka suomalaiset ovat muuten hyvin tietoisia luonto- ja ympäristöasioista, toimenpiteiden väistämättömyys ja aikaisen toteuttamisen edut eivät ole täysin kirjastuneet.
- Toiseksi, vihreän politiikan kannattajat eivät ole riittävässä määrin huomioineet sitä, että myös sen seurauksista kärsivät on saatava ainakin osin tarvittavan politiikan kannattajiksi – ihmisille ja yritykselle suunnattuja kompensatioita on mietittävä aiempaa tarkemmin.
- Kolmanneksi, yleisessä keskustelussa jää sivuun Suomen erinomaisen hyvän kehitys esimerkiksi siirtymässä kohti puhdasta energiaa sekä vihreän siirtymän positiiviset mahdollisuudet, joihin suomalaisyritykset ovat analyysiemme perusteella jo laajasti tarttuneetkin. Vihreä siirtymä ei tarjoa vain kurjuutta, vaan se on Suomelle suuri mahdollisuus.

Vihreä siirtymä ja sen jälkeinen vihreä kasvu tarvitsevat tuekseen laajaa politiikkatoimien kirjoa. Tutkimuksen valossa on mielestämme selvää, että luonto- ja ympäristöongelmien aktiivinen ja etupainotteinen ratkominen on halvempaa ja hyvin-

voinnin kehityksen kannalta viisaampaa kuin odottelu. Vihreä siirtymä maksaa, mutta tehokkaasti toteutettuna se ei käy kohtuuttoman kalliiksi – eikä sille nähdäksemme ole edes järkevää vaihtoehtoa.

Päädymme tässä kirjassa politiikkareseptiin, joka on yhdenmukainen aiempien kansainvälisten (esim. Blanchard ym., 2023; Jaakkola ym., 2023) ja kotimaisten (esim. Kuosmanen ym., 2023) tutkimuksien kanssa:

1. Luonto- ja ympäristöhaittojen hinnoittelu markkinamekanismin kautta.
2. Vihreän tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan tukeminen julkisin varoin.
3. Vihreät standardit, ruskeiden ratkaisujen kiellot sekä panos- tai loppumarkkinoiden julkiset tuet.
4. Kansalliset ja ylikansalliset kompensatiomekanismit, joiden avulla vihreä siirtymä toteutuu reilusti ihmisten ja yritysten näkökulmista.

Uskoaksemme olemme tämän kirjan 12 kirjoittajan voimin onnistuneet ainakin osin vastaamaan kysymykseen, miten talouden ja yhteiskunnan tuleva kehitys saadaan käännettyä ympäristön ja luonnon kannalta kestävämmälle uralle – kohti vihreää kasvua.

Suosituks

- Luonnon ja ympäristön kannalta keskeiset tulemat syntyvät ihmisten välisen sosiaalisen kanssakäymisen tuloksena. Poliittiset ja taloudelliset prosessit ohjaavat tätä kanssakäymistä.
- Vihreän kasvun politiikkaresepti:
 1. Luonto- ja ympäristöhaittojen hinnoittelu markkinamekanismin kautta.
 2. Vihreän tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan tukeminen julkisin varoin.
 3. Vihreät standardit, ruskeiden ratkaisujen kiellot sekä panos- tai loppumarkkinoiden julkiset tuet.
 4. Kansalliset ja ylikansalliset kompensatiomekanismit, joiden avulla vihreä siirtymä toteutuu reilusti ihmisten ja yritysten näkökulmista.

Viitteet

- ¹ Blanchard ym. (2023) tekevät samansuuntaisia havaintoja laajemmin ja erityisesti Ranskaa koskien.
- ² Ajatteleme tässä yhteydessä, että organisaatioiden välisessä kaupassa on viimekädessä kyse loppukäyttäjien ”johdetusta kysynnästä”, joten loppupeleissä esim. yritysten välisten markkinoiden mahdollisesti erilaisista dynamiikoista ei yksinään ole ratkaisuksi.
- ³ Keskuspankki- tai markkinatakaustoiminnalle voi silti olla käyttöä suppeammassa mielessä – esimerkiksi päästökaupan yhteydessä johdonmukaisesti nousevien hintojen varmistamisessa.

Lähteet

- Acemoglu, D., Akcigit, U., Hanley, D. & Kerr, W. (2016). Transition to Clean Technology. *Journal of Political Economy*, 124(1), 52–104. <https://doi.org/10.1086/684511>
- Blanchard, O., Gollier, C. & Tirole, J. (2023). The Portfolio of Economic Policies Needed to Fight Climate Change. *Annual Review of Economics*, 15(1), 689–722. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-051520-015113>
- Grubb, M., Drummond, P., Poncia, A., McDowall, W., Popp, D., Samadi, S., Penasco, C., Gillingham, K. T., Smulders, S., Glachant, M., Hassall, G., Mizuno, E., Rubin, E. S., Dechezleprêtre, A. & Pavan, G. (2021). Induced innovation in energy technologies and systems: a review of evidence and potential implications for CO2 mitigation. *Environmental Research Letters*, 16(4), 043007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abde07>
- Jaakkola, N., van der Ploeg, F. & Venables, A. J. (2023). ”Big Push” Green Industrial Policy. *EconPol Forum*, 24(6), 32–36. <https://www.cesifo.org/en/publications/2023/article-journal/big-push-green-industrial-policy>
- Kuosmanen, N., Kaitila, V., Kuusela, O.-P., Lintunen, J., Maczulskij, T. & Valkonen, T. (2023). Transition to carbon neutrality Implications for productivity, competitiveness and investments. *Publications of the Government’s analysis, assessment and research activities*, 62. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-019-6>
- Rodrik, D. (2015). Green industrial policy. *Oxford Review of Economic Policy*, 30(3), 469–491. <https://doi.org/10.1093/oxrep/gru025>
- Skene, K. (2018). Circles, spirals, pyramids and cubes: why the circular economy cannot work. *Sustainability Science*, 13(2), 479–492. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0443-3>
- Stiglitz, J. E. (2019). Addressing climate change through price and non-price interventions. *European Economic Review*, 119, 594–612. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2019.05.007>

VIHREÄ KASVU

Tämä kirja vastaa kysymykseen, miten talouden ja yhteiskunnan tuleva kehitys saadaan käännettyä ympäristön ja luonnon kannalta kestävämmälle uralle – kohti vihreää kasvua.

Talouskasvun ja ympäristön tilan välillä ei ole ratkaisematonta ristiriitaa, vaikka kasvun nykyinen sisältö onkin kestämaton. Vihreä kasvu on mahdollista.

Tarvittava vihreä siirtymä ei tapahdu ilman yhteiskuntapoliittista työntöä. Negatiiviset ja positiiviset luonto- ja ympäristö(ulkois)vaiikutukset on hinnoiteltava. Toisena keskeisenä ja täydentävänä ohjaustapana on pakottava regulaatio. Lisäksi vihreä tutkimus- ja kehitystoiminta tulee olla innovaatiopolitiikan erityisenä painopisteenä.

Tämä kirja on Laboren ja VTT:n toteuttaman ja Business Finlandin tukeman kaksivuotisen tutkimushankkeen ”Kestävän kasvun ennakoivia – visio vihreän siirtymän jälkeisistä vaurauden ajureista” lopuraportti. Se luo analyttistä pohjaa nykyistä ympäristöystävällisemmälle taloudelle ja yhteiskunnalle, jossa kansalaisten on hyvä olla.



**BUSINESS
FINLAND**

Labore

VTT