

Ympäristöhaittojen hinnoittelu - katsaus ilmastotoimia koskevaan tutkimuskirjallisuuteen

Essi Eerola

Anni Huhtala

Marita Laukkanen

Kimmo Palanne

VATT MUISTIOT

64

Ympäristöhaittojen hinnoittelu - katsaus ilmastotoimia koskevaan tutkimuskirjallisuuteen

Essi Eerola
Anni Huhtala
Marita Laukkanen
Kimmo Palanne

Essi Eerola, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, essi.eerola@vatt.fi

Anni Huhtala, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, anni.huhtala@vatt.fi

Marita Laukkanen, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, marita.laukkanen@vatt.fi

Kimmo Palanne, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, kimmo.palanne@vatt.fi

ISBN 978-952-274-279-7 (PDF)

ISSN 1798-0321 (PDF)

URN:ISBN:978-952-274-279-7

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus
VATT Institute for Economic Research
Arkadiankatu 7, 00100 Helsinki, Finland

Helsinki, heinäkuu 2021

Ympäristöhaittojen hinnoittelu – katsaus ilmastotoimia koskevaan tutkimuskirjallisuuteen*

Essi Eerola[†] Anni Huhtala[‡] Marita Laukkanen[§]
Kimmo Palanne[¶]

Toukokuu, 2021

Tiivistelmä

Suomi pyrkii hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää investointeja puhtaisiin teknologioihin sekä suuria muutoksia erityisesti energiantuotannossa ja liikenteessä. Päätöksenteon tueksi tarvitaan tutkimustietoa kuluttajien ja yritysten energiankäytön ja liikkumisen valinnoista sekä politiikka-toimien vaikuttavuudesta.

Tämän katsauksen tavoitteena on muodostaa kokonaiskuvaa siitä, mitä tutkimuksen perusteella tällä hetkellä tiedetään kasvihuonekaasupäästöjen sääntelyn ohjauskeinoista, erityisesti päästöjen hinnoittelusta. Katsauksessa keskitytään ohjauskeinojen vaikutusmekanismeihin ja Suomen kannalta relevantteihin viimeaikaisiin empiirisiin tutkimuksiin.

Asiasanat: Päästöjen hinnoittelu, päästövero, päästömaksu, taakanjakosektori, kaivannaiset

*Kiitämme Jukka Pirttilää ja Anna Saharia hyödyllisistä keskusteluista. Raportin on rahoittanut Valtiontalouden tarkastusvirasto. Kiitämme Tuula Varista ja Karoliina Pilli-Sihvolaa hyödyllisistä kommentteista raportin viimeistelyssä.

[†]Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, essi.eerola@vatt.fi

[‡]Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, anni.huhtala@vatt.fi

[§]Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, marita.laukkanen@vatt.fi

[¶]Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, kimmo.palanne@vatt.fi

Sisällys

1	Johdanto	3
1.1	Tausta	3
1.2	Raportin keskeiset tavoitteet ja rajaukset	4
2	Miksi päästöjen hinnoittelu ilmastotoimissa?	6
3	Miten päästöjen hinnoittelu käytännössä toimii?	8
3.1	EU:n päästökauppa	8
3.1.1	Järjestelmän yleispiirteet	8
3.1.2	Mitä vaikutuksia päästökaupalla on?	9
3.2	Hiiliverot	10
3.2.1	Energiaverotuksen yleispiirteet Suomessa	10
3.2.2	Mitä vaikutuksia veroilla ja verotuilla on?	11
3.3	Liikenteen ja autoilun verot	13
3.3.1	Suomen järjestelmän yleispiirteet	13
3.3.2	Mitä vaikutusten suuruudesta tiedetään?	14
3.3.3	Tulonjakovaikutuksista ja horisontaalisesta oikeudenmukaisuudesta	16
3.4	Hiilitullit ja hiilivuoto	18
4	Uusiutumattomien luonnonvarojen käytön sääntely	22
4.1	Suomen nykyjärjestelmän pääpiirteet	22
4.2	Erilaisista veromalleista	23
4.3	Verotus ja vakuudet käytännössä	24
4.4	Kaivostoiminnan sääntely, julkisen vallan tehtävä ja vaikutusten arviointi .	28
5	Lopuksi	30

1 Johdanto

1.1 Tausta

Suomi pyrkii hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää suuria muutoksia energiantuotannossa ja liikenteessä. Päätöksenteon tueksi tarvitaan tutkimustietoa kuluttajien ja yritysten energiankäytön ja liikkumisen valinnoista sekä politiikkatoimien vaikuttavuudesta.

EU:n tavoitteet asettavat jäsenmaiden kansallisille toimille raamit. Tavoitteiden asettamisen lähtökohtana on kasvihuonekaasupäästöjä tuottavien sektoreiden jako päästökauppasektoriin, päästökaupan ulkopuoliseen ns. taakanjakosektoriin sekä maankäyttöä koskevaan LULUCF-sektoriin.

Päästökaupan piiriin kuuluu suurin osa energiantuotannosta, energiaintensiivinen teollisuus, EU:n sisäinen lentoliikenne sekä tietyt kemianteollisuuden prosessit. Taakanjakosektoriin puolestaan kuuluvat mm. rakennusten erillislämmitys, liikenne, maatalous ja jätehuolto.

Päästökauppasektorin kasvihuonekaasupäästöjen tulee vähentyä 43 prosenttia vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 päästötasoon. Taakanjakosektorille on asetettu oma päästövähennysten kokonaistavoitteensa, joka on jaettu EU:n jäsenmaille maakohdittaisiksi tavoitteiksi. Suomen tavoite on 39 prosentin päästövähennys vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tasoon. Varsinaisen päästövähennystavoitteen lisäksi taakanjakosektorille kohdistuu myös uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden lisäämisen tavoitteet, joiden saavuttamiseen pyritään kansallisella lainsäädännöllä. Suomen vuoteen 2030 tähtäävän kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoitteena on nostaa uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta yli 50 prosenttiin 2020-luvulla.¹

Energiantuotannon päästöjen vähentämisessä vaihtelevalla uusiutuvalla energialla, kuten tuuli- ja aurinkovoimalla, on merkittävä rooli. Näiden energiantuotantotapojen mahdolliset vuorokausi- ja vuodenaikavaihtelut edellyttävät varastointi- tai muuta teknologiaa, jotta kulloiseenkin kysyntään pystytään vastamaan. Nykyiset varastointiteknologiat, esimerkiksi akkuteknologia, puolestaan vaativat tiettyjä metalleja raaka-aineekseen. Siksi ennakoidaan, että uusiutuva energiantuotanto kasvattaa merkittävästi mm. akkumineraalien kysyntää maailmanlaajuisesti (ks. esim. World Bank (2017)). Toisaalta teknologisen kehityksen ja laitevalmistuksen myötä myös niin sanottujen maametallien kysynnän odotetaan kasvavan. Näistä syistä uusiutumattomien luonnonvarojen

1. Uusiutuvan energian osuus kokonaiskulutuksesta on kasvanut merkittävästi vuodesta 1990, ja kasvu on nopeutunut 2010-luvulla (Laukkanen 2020).

riittävyteen, hyödyntämiseen ja ympäristövaikutuksiin on alettu kiinnittää huomiota myös ilmastopolitiikan yhteydessä. Tästä konkreettisenä esimerkkinä Suomessa käy valtioneuvoston äskettäin hyväksymä ”Kiertotalousohjelma”.²

1.2 Raportin keskeiset tavoitteet ja rajaukset

Ympäristötaloustieteellisessä kirjallisuudessa tunnistettu ja arvioitu käytettävissä olevien ohjauskeinojen kirjo ulottuu erilaisista määräyksistä ja kielloista verojen, kiintiöiden ja tukien kautta informaatio-ohjaukseen. Ympäristöongelmat ovat erilaisia ja ongelman luonteen tulee ohjata sitä, minkälaisilla keinoilla tai keinojen yhdistelmällä ongelmaa pyritään hallitsemaan.³

Tässä katsauksessa keskitytään erityisesti päästöjen hinnoitteluun perustuvien ohjauskeinojen vaikutusmekanismeihin ja Suomen kannalta relevantteihin viimeaikaisiin empiirisiin tutkimuksiin.

Keskeisenä kiinnostuksen kohteena ovat tutkimukset, joiden avulla voidaan luotettavasti arvioida kasvihuonepäästöjen hinnoittelun vaikutuksia päästöihin. Katsauksessa keskitytään päästökauppasektorin piirissä oleviin aloihin sekä taakanjakosektorin osalta erityisesti liikenteen päästövähennystavoitetta tukeviin toimiin. LULUCF-sektori (maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous) ja hiilinielut jäävät tarkastelun ulkopuolelle.

Koska siirtymä vähähiiliseen yhteiskuntaan edellyttää huomattavia investointeja uusien teknologioiden kehittämiseen ja käyttöönottoon, päästöjen hinnoittelua ja uusien teknologioiden kehittämisen tukia tutkitaan yhä enemmän toisiaan täydentävinä ohjauskeinoina. Toisaalta yritysten innovaatiokannustimiin vaikuttaa oleellisesti se, kuinka nopeasti ja kuinka pitkälle päästöjen hinnoittelussa edetään. Poliittikkatoimiin liittyvä epävarmuus on haitallista investointien kannalta, eikä tätä epävarmuutta voi poistaa ilman johdonmukaiseen päästöjen hinnoitteluun sitoutumista.

Uskottava sitoutuminen puolestaan edellyttää laajaa poliittista tukea ilmastotoimille. Tämän takia on tärkeää ymmärtää eri toimien kustannustehokkuuden ja keskimääräisten vaikutusten lisäksi myös niiden vaikutukset erilaisiin kotitalousryhmiin tai toimialoihin. Ilmastotoimien eriarvoistavia vaikutuksia ja mahdollisia kompensatiomekanismeja ar-

2. Suomen kiertotalousohjelmalla tavoitellaan muun muassa luonnonvarojen ja resurssien käytön tehostamista lisäämättä ympäristökuormitusta. Käytännössä ohjelma koskee olennaisella tavalla uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä eli kaivostoimintaa ja kaivostoiminnan sääntelyä. <https://ym.fi/-/kiertotalousohjelman-tavoitteena-vahentaa-uusiutumattomien-luonnonvarojen-kulutusta>

3. Laajemmin ympäristöpolitiikan ohjauskeinoista, niiden valinnasta ja niihin liittyvistä poliittisista prosesseista, ks. esim. Sterner ja Robinson (2018).

vioiva tutkimus on laajentunut huomattavasti muutamien viime vuosien aikana. Tutkimuskirjallisuus ammentaa muun muassa optimiverokirjallisuudesta, jonka tutkimuskohteena on verotuksen aiheuttamien tehokkuustappioiden ja yhteiskunnan tulonjakotavoitteen yhteensovittaminen. Tarkastelemme katsauksessa asiaa erityisesti liikenteen päästövähennystavoitteen näkökulmasta. Emme tarkastele sukupolvien väliseen oikeudenmukaisuuteen liittyviä kysymyksiä, joihin liittyy oma laaja tutkimuskirjallisuutensa.

Koska ilmastonmuutos on globaali ongelma, kansainväliset sopimukset ovat ilmastotoimien täytäntöönpanossa keskeisiä. Laajat sopimukset ovat tärkeitä paitsi toimien oikeudenmukaisuuden myös tehokkuuden näkökulmasta. Kustannustehokkuuden näkökulmasta voidaan erottaa kaksi tärkeää näkökulmaa: Jos sopimukset eivät ole kattavia, päästöjä ei vähennetä siellä, missä se on edullisinta. Lisäksi jos maiden väliset erot sääntelyssä tai CO₂-päästöjen hinnoittelussa ovat suuria, ne saattavat tuottaa kannustimen hiili-intensiivisen tuotannon siirtymiseen pois maista, joissa asetetaan kunnianhimoisia päästötavoitteita. Tarkastelemme molempia näkökulmia, kun keskustelemme hiilituloihin liittyvästä tutkimuskirjallisuudesta.

Myös uusiutumattomien luonnonvarojen käytön sääntelyn kysymykset nivoutuvat ilmastomuutokseen, koska ilmastonmuutoksen hillinnässä keskeinen uusiutuva energiantuotanto saattaa kasvattaa tiettyjen kaivannaisten kysyntää maailmanlaajuisesti. Tarkastelemme uusiutumattomien luonnonvarojen hyödyntämisen ja ympäristövaikutusten tutkimuskirjallisuutta erityisesti tästä näkökulmasta.

Raportin rakenne on seuraava: Tarkastelemme ensin lyhyesti kasvihuonepäästöjen hinnoittelun teoreettista perustaa luvussa 2. Luvussa 3 tarkastelemme toimien vaikutuksia päästöihin, yritysten toimintaan ja kotitalouksiin. Sen jälkeen keskitymme uusiutuvien luonnonvarojen käyttöön ja sen sääntelyyn luvussa 4. Luku 5 sisältää yhteenvedon keskeisistä havainnoista.

2 Miksi päästöjen hinnoittelu ilmastotoimissa?

Ympäristöongelmat ovat erilaisia ja ongelman luonteen tulee ohjata sitä, minkälaisilla keinoilla ongelmaa pyritään hallitsemaan. Jo pitkään on kuitenkin tiedetty, että kasvihuonepäästöjen kustannustehokas vähentäminen perustuu päästöjen hinnoitteluun.

Ilmaston kannalta kaikki päästöt ovat yhtä ongelmallisia riippumatta siitä, missä ne tuotetaan ja millä tavalla. Tämän takia päästöjä kannattaa ensisijaisesti vähentää sellaisissa paikoissa ja toiminnassa, missä se pystytään toteuttamaan pienimmillä kustannuksilla. Kustannukset päästöjen vähentämisestä voivat vaihdella paljonkin, eikä lainsäätäjällä voi olla riittävää informaatiota, jotta kustannuserot olisi mahdollista ottaa huomioon hallinnollisissa päätöksissä. On tehokkaampaa säännellä tuotannon CO₂-päästöjä kuin kohdistaa sääntely lopputuotteisiin, joiden tuotannossa on hyödynnetty eri vaiheissa fossiilisia energialähteitä.

Päästöt voidaan hinnoitella kahdella tavalla: veroilla tai päästökaupalla. Vero asettaa suoraan hinnan päästöille. Tästä seuraa kaksi tärkeää seikkaa. Ensinnäkin, päästöjen vähentämisen kustannus on kaikille yhtä suuri, joten päästöjä vähennetään siellä, missä se on edullisinta. Toiseksi, annettuna veron taso, päästöjen vähennyksen kustannukset ovat hyvin ennakoitavissa, mutta lopullinen päästövähennys määräytyy markkinoilla eikä ole suoraan lainsäätäjän hallittavissa. Erityisesti lyhyellä aikavälillä päästöveron tuottamia päästövähennyksiä voi olla vaikea arvioida etukäteen. Käytännössä veron oikeaa tasoa ei välttämättä ole helppoa määrittää, eikä päästövähennystavoitteen kannalta riittävän korkea vero automaattisesti ole poliittisesti hyväksyttävä.

Päästökaupassa puolestaan asetetaan yläraja kokonaispäästöille. Tämän takia päästökauppaan liittyy vähemmän epävarmuutta saavutettavista päästövähennyksistä, mutta päästöjen kustannus yksittäisille yrityksille määräytyy päästöoikeusmarkkinoilla.

Sekä päästökauppa että päästöjen verotus tuottavat myös verotuloja. Erityisesti ympäristöverojen yhteydessä niin sanotut vihreät veroreformit ovatkin herättäneet paljon mielenkiintoa. Taustalla on 1990-luvun tutkimuskirjallisuudessa esiin tuotu kaksoishyötyhypoteesi (*double dividend hypothesis*), joka perustuu ajatukseen, että ympäristöhyötyjen lisäksi ympäristöverot aiheuttavat epäsuoria positiivisia vaikutuksia, jotka pienentävät ympäristöverotuksen kokonaiskustannusta. Hypoteesiin liittyy laaja tutkimuskirjallisuus ja siitä esiintyy erilaisia määritelmiä, joista vahvimmat ovat selvästi liian hyviä ollakseen totta. Yleisesti ottaen tutkimuskirjallisuuden perusteella voidaan arvioida, ettei ympäristöverotuksen kiristämistä voida perustella verojärjestelmän tehokkuuden lisääntymisellä, vaan ympäristöverotuksen tulee perustua ensisijaisesti saavutet-

taviin ympäristöhyötyihin.⁴

Ilmastonmuutoksen onnistunut hillintä edellyttää suuria investointeja tutkimukseen ja tuotekehitykseen sekä puhtaisiin teknologioihin. On mahdollista, että tästä näkökulmasta päästövero, joka kiinnittää yrityksen näkökulmasta päästöjen hinnan, tuottaa vakaamman ja ennustettavamman toimintaympäristön kuin päästökauppajärjestelmä. Päästökauppa on myös monimutkaisempi järjestelmä kuin päästövero, koska sen yksityiskohdat saattavat vaikuttaa päästövähennysten kokonaismäärään esimerkiksi riippuen siitä, sallitaanko oikeuksien siirtäminen yhdeltä kaudelta seuraavalle tai miten maantieteelliset päästöoikeusjärjestelmät on linkitetty toisiinsa.

Päästökaupan etuna on pidettävä sitä, että päästöoikeuksien hinta sopeutuu ilman hallinnollisia päätöksiä esimerkiksi teknologiseen kehitykseen. Vastaavasti usean maan yhteisten päästötavoitteiden kannalta kunkin maan omat politiikkatoimet eivät heikennä päätökaupan ohjausvaikutusta, koska yhteinen päästökatto määrää päästöjen kokonaismäärän yksittäisten maiden omista politiikkatoimista huolimatta. Yhteisesti sovitun päästöveron ohjausvaikutusta yksittäisten maiden tekemät muut veroratkaisut sen sijaan saattaisivat heikentää.

Uusien teknologioiden kehittäminen ja niiden ottaminen käyttöön vaativat suuria investointeja, jotka saattaisivat joillakin toimialoilla toteutua vasta silloin, kun päästömaksut tai -verot ovat hyvin korkeita. Tämän takia tutkimuksissa pyritään usein arvioimaan myös sitä, missä tilanteessa systemaattinen hiilen hinnoittelu on tehokasta yhdistää sääntelyyn ja muihin ohjauskeinoihin. Tällaisia voivat olla esimerkiksi tuet teknologiaan, jonka käyttöönotto sisältää verkostovaikutuksia (esim. sähköautojen latausverkosto).

Käytännössä hiilen hinnoittelu on edelleen varsin epäyhtenäistä. Globaalisti noin 60 % energiankäytön kasvihuonekaasupäästöistä on hinnoittelun ulkopuolella ja usein hinta on sängen matala. Hinnoittelu on kattavinta ja korkeinta tieliikenteessä, jossa hiilidioksidipäästöjen efektiivinen hinta on yli 30 euroa CO₂-tonnilta noin 46 prosentille päästöistä ja jossa vain kaksi prosenttia päästöistä on kokonaan hinnoittelun ulkopuolella. (OECD 2016).

Teoriassa päästöoikeuden hinta ja hiilivero tulisi asettaa tasolle, joka vastaa päästöjen yhteiskunnallista rajakustannusta. Käytännössä yhteiskunnallisen kustannuksen yksiselitteinen määrittäminen on erittäin vaikeaa ja arviot CO₂-päästöjen yhteiskunnallisista kustannuksista vaihtelevatkin huomattavasti.

4. Kaksoishyötyhypoteesiin liittyvää kirjallisuutta tarkastelevat tarkemmin mm. Sterner ja Robinson (2018).

Vaihtoehtoinen hinnoitteluun liittyvä näkökulma on se, mille tasolle hinnan tulisi asettaa, jotta lämpeneminen pystyttäisiin riittävän suurella todennäköisyydellä rajoittamaan esimerkiksi alle kahden asteen. Käytännössä tarvittava hiilen hinta riippuu muun muassa siitä, miten uskottavasti hinnoitteluun pystytään sitoutumaan, mitä enemmän ja nopeammin vähähiilisten teknologioiden innovaatioihin investoidaan ja mitä joustavammin taloudet sopeutuvat muutoksiin muun muassa sitä kautta, että työvoima liikkuu toimialoilta toisille (Stiglitz ja Stern 2017). Esimerkiksi ns. Stiglitz-Stern raportti arvioi, että Pariisin sopimuksen tavoitteen kanssa yhteensopiva hiilen hintataso on vähintään 40–80 dollaria CO₂-tonnia kohti vuoteen 2020 mennessä ja 50–100 dollaria CO₂-tonnia kohti vuoteen 2030 mennessä.

3 Miten päästöjen hinnoittelu käytännössä toimii?

3.1 EU:n päästökauppa

3.1.1 Järjestelmän yleispiirteet

Teollisuuden ja energiantuotantolaitosten hiilidioksidipäästöt hinnoitellaan Euroopan unionin päästökaupalla. Teollisuuden polttolaitoksista vain kapasiteetiltaan yli 20 MW:n laitokset kuuluvat päästökauppaan. Myös Euroopan talousalueen sisäinen lentoliikenne kuuluu päästökaupan piiriin. Päästökaupan kattavuudessa on eroja toimialojen välillä, mutta kaiken kaikkiaan päästökauppa kattoi 90 % teollisuuden päästöistä vuonna 2016 (Laukkanen 2020).

EU:n päästökaupan ensimmäisellä (2005–2007) ja toisella kaudella (2008–2012) päästöoikeudet jaettiin päästökaupparyityksille pääosin ilmaiseksi ja päästövähennystavoitteet olivat hyvin vaatimattomat. Kolmannen kauden (2013–2020) päästöjen vähennystavoite oli 21 prosenttia verrattuna vuoteen 2005. Vuonna 2019 otettiin käyttöön markkinavakausvaranto, jonka tavoitteena on vähentää päästöoikeuksien ylitarjontaa markkinoilla. Neljännen kauppakauden (2021–2030) vähennysvelvoite on 43 prosenttia verrattuna vuoden 2005 päästötasoon. Yli puolet päästöoikeuksista huutokaupataan, ja päästöoikeuksien vertailupäästöihin⁵ perustuva ilmaisjako jatkuu toimialoilla, joilla hiilivuotoa pidetään suurena uhkana. Samalla kun päästötavoitteita on kiristetty, uusia maita ja kasvihuonekaasuja on otettu EU:n päästökaupan piiriin.⁶

5. Teollisuustuotteille määritetään vertailupäästöt, joiden perusteella ilmaisia päästöoikeuksia jaetaan. Tehottomat laitokset saavat ilmaisia oikeuksia vähemmän kuin tuotannon perusteella tarvitsevat.

6. Esim. Koljonen ym. (2019) kuvaavat järjestelmän kehitystä kauppakausittain.

Kuvassa 1 esitetään päästöoikeuden hintakehitys EU:n päästöoikeusmarkkinalla kolmannella ja neljännellä kauppakaudella. Päästöoikeuden hinta on pitkään pysytellyt selvästi alempana kuin on pidetty välttämättömänä päästöjen riittävään vähenemiseen. Oikeuden hinta on kuitenkin noussut voimakkaasti vuoden 2021 alkupuolella ja on huhtikuussa 2021 yli 40 euroa CO₂-tonnia kohti, eli noin kaksinkertainen viime vuoden vastaavaan ajankohtaan verrattuna.

Kuva 1: Päästöoikeuden hintakehitys EU:n päästöoikeusmarkkinalla 1.1.2013–12.4.2021



Lähde: <https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/>

3.1.2 Mitä vaikutuksia päästökaupalla on?

Dechezleprêtre, Nachtigall ja Venmans (2018) tarkastelevat EU:n päästökaupan vaikutuksia CO₂-päästöihin hyödyntäen aineistoa, joka kattaa koko EU:n ja yhteensä 1800 päästökaupan piiriin kuuluvaa yritystä. Tutkimuksessa tarkastellaan EU:n päästökaupan vaikutuksia vuosina 2005–2012 vertaamalla päästökauppaan kuuluvia yrityksiä sellaisiin EU:ssa toimiviin yrityksiin, jotka ovat muuten mahdollisimman samanlaisia mutta joiden päästöjä ei säädelletä. Päästökauppa vähensi säädeltyjen yritysten hiilidioksidipäästöjä 6 % vuosina 2005–2007 ja 15 % vuosina 2008–2012.

Päästökaupalla ei tutkimuksen perusteella ollut kielteisiä vaikutuksia yritysten menestykseen kansainvälisessä kilpailussa. Yritysten liikevaihto vaikutti jopa kasvaneen hieman päästökaupan ansiosta. Mahdollinen selitys on se, että päästökauppaan kuuluvat yritykset ovat lisänneet investointeja puhtaampiin ja samalla tehokkaampiin teknologioihin.

Jaraite-Kažukauske ja Di Maria (2016) päätyvät samankaltaiseen johtopäätökseen tarkastellessaan EU:n päästökaupan vaikutuksia liettualaisten yritysten CO₂-

päästöihin, kannattavuuteen ja investointeihin vuosina 2003–2010. Tulokset tukevat ajatusta, jonka mukaan kahden ensimmäisen päästökauppakauden aikana EU:n päästökauppajärjestelmän vaikutukset CO₂-päästöihin olivat vaatimattomat eikä sillä juuri ollut vaikutusta päästökaupan piiriin kuuluvien yritysten kannattavuuden kehitykseen verrattuna samankaltaisten päästökaupan ulkopuolella olevien yritysten kehitykseen.

Päästö- ja kannattavuuskehityksen lisäksi tutkimuskirjallisuudessa kiinnostuksen kohteena ovat olleet myös vaikutukset innovaatioihin. Esimerkiksi Cael ja Dechezleprêtre (2016) arvioivat, että EU:n päästökauppajärjestelmä kasvatti vähähiilisten innovaatioiden patenttien määrää 10 prosenttia, mutta ei syrjäyttänyt muiden teknologioiden patentointia eikä vaikuttanut patentointiin säänneltyjen yritysten ulkopuolella.

Marin, Marino ja Pellegrin (2018) tarkastelevat kehitystä 19 maassa käyttäen aineistoa, joka sisältää yli 2600 tuotantolaitosta kattavaa noin 55 % EU:n päästökaupan piirissä olevista tuotantolaitoksista. He arvioivat EU:n päästökauppajärjestelmän vaikutusta CO₂-päästöjen ja innovaatioiden sijaan muihin yritystoiminnan indikaattoreihin kuten työllisyyteen, palkkatasoon ja tuottavuuteen vuosina 2005–2012. Tutkimuksen mukaan EU:n päästökauppajärjestelmä ei näytä vaikuttaneen tarkasteltavien yritysten taloudelliseen tulokseen negatiivisesti.

Dechezleprêtre ja Sato (2017) arvioivat katsauksessaan viimeaikaista tutkimuskirjallisuutta, jonka pyrkimyksenä on kvantifioida ympäristöpolitiikan vaikutuksia yritysten kilpailukykyyn arvioimalla politiikan vaikutuksia kauppaan, teollisuuden sijaintiin, työllisyyteen, tuottavuuteen ja innovaatioihin. He keskittyvät empiirisiin *ex post* -tutkimuksiin. Heidän yhteenvetonsa on, että kokonaisuutena ilmastopolitiikka näyttää aiheuttavan negatiivisia vaikutuksia, mutta vaikutukset ovat pieniä verrattuna muihin tekijöihin, kuten kuljetuskustannuksiin, kysynnän läheisyyteen, työvoiman laatuun, raaka-aineiden saatavuuteen, pääomakustannuksiin ja agglomeraatioetuihin.

Toisaalta vaikuttaa myös siltä, että päästöjen hinnoittelu voi parantaa päästökaupan piirissä olevien yritysten tuottavuutta (Ks. esim. Klemetsen, Rosendahl ja Jakobsen (2020) tai Löschel, Lutz ja Managi (2019), jotka arvioivat päästökaupan ensimmäisen ja toisen kauden vaikutuksia norjalaisiin ja saksalaisiin yrityksiin).

3.2 Hiiliverot

3.2.1 Energiaverotuksen yleispiirteet Suomessa

Suomessa energiatuotteita verotetaan kansallisilla valmisteveroilla, jotka koostuvat energiasäältäöverosta, hiilidioksidiverosta ja huoltovarmuusmaksusta. Poikkeuksen muodosta-

vat prosessipäästöt ja turve. Sähkön tuotannossa käytetyistä energiatuotteista ei peritä valmisteveroa. Energiahyödykkeiden verotuksen rakennetta uudistettiin osittain ilmastopäästöjen näkökulmasta vuoden 2011 alussa. Tavoitteena oli edistää energiatehokkuutta sekä siirtymää fossiilisista polttoaineista uusiutuvien energialähteiden käyttöön. Tehtyjen uudistusten ohjausvaikutusta heikensi kuitenkin energiaverojen palautusjärjestelmän laajennus vuonna 2012. Koska vain verrattain suurten yritysten oli mahdollista hyödyntää palautuksia, lopullisen veron suuruus vaihteli jopa saman toimialan sisällä yritysten välillä.

Energiaverojärjestelmää uudistettiin jälleen vuoden 2021 alusta alkaen siten, että teollisuuden sähkövero laskettiin EU:n minimiin. Lisäksi energiaintensiivisille yrityksille maksettavasta polttoaineiden energiaveron palautuksesta päätettiin luopua vaiheittain siten, että vuodelta 2025 yritykset eivät enää ole oikeutettuja palautukseen. Palautusten poisto voimistaa kannustinta siirtyä teollisuuslaitosten omasta fossiilisiin perustuvasta energiantuotannosta Suomessa jo varsin vähäpäästöisen ostosähkön käyttöön. Kokonaisuutena muutokset yhtenäistävät energiatuotannon päästöohjausta, vaikka sähköveron alentamisella ei mallilaskemien perusteella voidakaan odottaa olevan merkittävää vaikutusta päästöjen kehitykseen (Koljonen ym. 2019).

Tällä hetkellä kotimaisen energiaverotuksen tehokkaan ohjausvaikutuksen kannalta keskeiset poikkeamat ovat yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon (CHP) alennettu energiasisältövero sekä mahdollisesti jossakin määrin turpeen normia alempi verokanta. Ilmastopolitiikan näkökulmasta turpeen verotuki ei ole perusteltu, sillä turpeen polton ilmastovaikutukset ovat samaa luokkaa kuin kivihiilen. Tilannetta monimutkaistaa se, että pienet laitokset eivät kuulu päästöoikeusjärjestelmään ja pienimmät laitokset on vapautettu turpeen energiakäytön verosta.

Yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon (CHP) alennetun energiasisältöveron tavoitteena on ollut yhdistetyn tuotannon kilpailukyvyn parantaminen lämmön erillistuotantoon verrattuna sekä päästökaupan ja verotuksen päällekkäisen ohjauksen vähentäminen. Ilmastopolitiikan näkökulmasta erilaiseen vero-ohjaukseen ei ole perustetta – kivihiilen ja maakaasun päästöt ovat samat riippumatta siitä, käytettiinkö polttoaine yhteistuotannossa vai erillistuotannossa. Kokonaisuuden kannalta erilaiset verotasot heikentävät päästöjen vähentämisen kustannustehokkuutta.

3.2.2 Mitä vaikutuksia veroilla ja verotuilla on?

Hiiliverojen seurauksena fossiiliset energialähteet tulevat kalliimmiksi sekä välituotteina että loppukulutuksessa. Päästöjen hinnoittelu ohjaa valintoja muuttamalla tuotantopainosten suhteellisia hintoja. Erilaiset mallitalouksiin perustuvat simulaatiotutkimukset

auttavat arvioimaan etukäteen, minkäsuuruinen veron tai päästömaksun tulisi olla, jotta se ohjaisi vähentämään päästöjä riittävästi annettuna esimerkiksi Pariisin sopimuksen tavoitteet.⁷

Suomessa Laukkanen, Ollikka ja Tamminen (2019) arvioivat vuosien 2011 ja 2012 suurten energiaveromuutosten vaikutuksia vertaamalla veromuutosten yhteydessä palautusten piiriin tulleiden ja ilman palautuksia jääneiden tuotantolaitosten kilpailukyvyyn, työllisten määrän ja energian käytön kehitystä vuodesta 2010 vuoteen 2016. Tutkimuksessa veronpalautuksia saaneiden yritysten tuotantolaitoksille muodostettiin verokkiryhmä etsimällä kullekin veronpalautusten piiriin 2011–2012 tulleelle tuotantolaitokselle taustaominaisuuksiltaan mahdollisimman samankaltaiset verokit veronpalautuksia vaille jääneistä tuotantolaitoksista. Tutkimuksen tulokset tukevat eniten johtopäätöstä, ettei veronpalautuksilla ollut vaikutusta palautusten piiriin kuuluneiden tuotantolaitosten liikevaihdon, arvonlisäyksen, palkkojen, työllisten määrän tai energian käytön kehitykseen vuoteen 2016 mennessä.

Tulokset ovat samansuuntaisia kuin muissa EU-maissa tehdyissä, samantyyppisiä teollisuuden energiaverohuojennuksia tarkastelleissa tutkimuksissa. Esimerkiksi Martin, Preux ja Wagner (2014) arvioivat Isossa-Britanniassa vuonna 2001 käyttöön otetun hiiliveron (*Climate Change Levy*) vaikutuksia vertaamalla veron piiriin kuuluneiden tuotantolaitosten kehitystä niihin, jotka maksoivat vain 20 % verosta. Hiiliverolla oli selvä negatiivinen vaikutus tuotannon energiaintensiteettiin ja sähkön käyttöön, mutta ei tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia työllisyyteen tai laitoksen lopettamiseen. Flues ja Lutz (2015) puolestaan arvioivat Saksassa vuonna 1999 käyttöön otetun sähköveron lyhyen aikavälin vaikutuksia yritysten kilpailukyvyyn. Tutkimuksessa hyödynnetään sitä, että paljon sähköä käyttävät yritykset olivat alennetun verokannan piirissä, ja verrataan normaalin verokannan piirissä olevien yritysten kehitystä alennetun verokannan piirissä oleviin muuten mahdollisimman samanlaisiin yrityksiin. Tutkimustulosten mukaan normaalin verokannan piirissä olleet yritykset eivät menestyneet huonommin liikevaihdon, viennin, arvonlisän, investointien ja työllisyyden kannalta.⁸

Yleisesti ottaen on syytä todeta, että on vaikeaa arvioida luotettavasti, kuinka nopeasti päästöjen hinnoittelu vaikuttaa CO₂-päästöihin esimerkiksi päästöttömiin tai puhtaampiin teknologioihin siirtymisen myötä. Maiden väliset erot hiiliverojen toteutuksessa ovat suuria, uudistukset sisältävät usein erilaisia kompensatiojärjestelmiä eikä hiilivero-

7. Esim. IPCC (2018) raportissa tarkastellaan vaadittavia vähennyspolkuja annettuna tavoite pysäyttää ilmaston lämpeneminen 1,5 tai 2 asteeseen.

8. Laukkanen (2020) käsittelee kattavammin energian tuotantoon ja energian käyttöön liittyviä yritystukia.

jen vaikutuksia ole helppo erottaa muista talouden samanaikaisista tapahtumista. Tämän takia luotettavimmat arviot toimenpiteiden vaikutuksista saadaan todennäköisesti yhteen maahan keskittyvistä tutkimuksista, joissa on hyödynnetty kattavia rekisteriaineistoja yrityksistä ja toimipaikoista sekä maan sisäistä variaatiota toimenpiteiden kohdistumisessa. Hokkanen (2015) tarkastelee kattavasti hiiliverojen vaikutuksia koskevaa tutkimuskirjallisuutta ja arvioi tutkimuskirjallisuuden perusteella, että taloudelliset vaikutukset ovat olleet lieviä ja että politiikalla on onnistuttu vähentämään CO₂-päästöjä. Green (2021) tarkastelee myös uudempaa tutkimuskirjallisuutta ja arvioi, että toistaiseksi hiilen hinnoittelulla on ollut vain vähän vaikutusta päästöihin.⁹

3.3 Liikenteen ja autoilun verot

3.3.1 Suomen järjestelmän yleispiirteet

Liikennepolttoaineiden vero koostuu energiasisältöverosta, CO₂-verosta ja huoltovarmuusmaksusta. Dieselin verotaso on matalampi kuin bensiinin verotaso. Dieselnäyttöisiltä henkilöautoilta kannetaan vuotuista käyttövoimaveroa tasapainottamaan polttoaineverojen eroa autoilijoille.

Dieselpolttoaineen alempi verokanta voidaan laskea yritystueksi, jos vertailukohdaksi otetaan bensiinin verokanta. Koska välituotteiden suhteellisiin hintoihin vaikuttavaa veroa voidaan pitää optimaalisen verojärjestelmän kannalta ongelmallisena, on toisaalta perusteltua periä polttoainetta välituotteena käyttäviltä yrityksiltä alemmaa polttoaineveroa kuin kotitalouksilta.

Molempien polttoaineiden käytöstä aiheutuu CO₂-päästöjen lisäksi muita päästöjä, jotka aiheuttavat esimerkiksi terveyshaittoja. Tutkimuksissa dieselin paikallispäästöt ja rajahaitat on arvioitu suuremmiksi, ja siksi sen bensiiniä suotuisampaa verokohtelua voi pitää epäoptimaalisena myös tästä syystä (Davis 2017).

Autoilua verotetaan myös uusien ajoneuvojen käyttöönoton tai käytettyjen ajoneuvojen maahantuonnin yhteydessä perittävällä autoverolla sekä vuosittain maksettavalla ajoneuvoverolla.

Palanne ja Sahari (2021) tarkastelevat henkilöautoliikenteen päästökehitystä Suomessa hyödyntäen Traficomien aineistoja ja jakavat kehityksen autojen määrän muutokseen, autojen kilometrikohtaisten hiilidioksidipäästöjen muutokseen ja ajosuoritteen

9. Julkaisun taulukko 2 sisältää kattavan listauksen viime vuosien energiaverojen *ex post* -tutkimuksista, käytetyistä menetelmistä ja tuloksista. Ellis, Nachtigall ja Venmans (2020) puolestaan arvioivat *ex post* -tutkimuksia keskittyen vaikutuksiin kilpailukykyyn OECD- ja G20-maissa (erityisesti EU:ssa).

muutokseen. Lisäksi he tarkastelevat erikseen virallisia sekä arvioituja todellisia kilometrikohtaisia päästölukemia.¹⁰ Kokonaisuutena virallisten päästölukemien perusteella henkilöautoliikenteen päästöt laskivat noin 7,8 % vuosina 2013–2019. Arvioitujen todellisten lukemien perusteella kokonaispäästöt vähentyivät kuitenkin vain noin 2,3 %.

3.3.2 Mitä vaikutusten suuruudesta tiedetään?

Liikennepolttoaineisiin kohdistuvien verojen vaikutuksista on valtava määrä tutkimuskirjallisuutta. Menetelmät, aineistot ja tutkimustulosten raportoinnin läpinäkyvyys ovat kehittyneet vuosien kuluessa, joten viimeaikaiset tutkimustulokset saattavat erota merkittävästi aiemmista tutkimuksista. Tämä ei välttämättä tarkoita, että tutkimustulokset olisivat ristiriitaisia vaan että käsitys siitä, minkälaisia vaikutukset ovat, on tosiasiaassa muuttunut.

Liikenteen päästövaikutusten empiirinen tutkimus on vaikeaa sen takia, että kotitaloudet tekevät useita päätöksiä, joilla on erilainen aikajänne. Päästöjen hinnoittelulla voidaan periaatteessa vaikuttaa näihin kaikkiin päätöksiin (auton hankkimiseen, auton pitämiseen liikennekäytössä ja autolla ajamiseen). Päästöjen hinnoittelu voi vaikuttaa liikenteen päästöihin myös epäsuorasti esim. sitä kautta, että korkeammat polttoainehinnat kannustavat kotitalouksia asumaan tiiviimmin tai muuttamaan lähemmäksi työpaikkaa.

Kysynnän hintajousto mittaa polttoaineiden kysynnän muutosta polttoaineiden hintojen muuttuessa. Kysyntävaikutusten arviointia vaikeuttaa se, että veron vaikutus riippuu siitä, kuinka voimakkaasti se lopulta nostaa kuluttajahintoja. Aikaisemman tutkimuskirjallisuuden pohjalta on arvioitu, että verojen siirtyminen hintaan on lähes sataprosenttista. Tarkkaa asemakohtaista aineistoa hyödyntävän Suomen vuoden 2012 polttoaineverouudistusta arvioivan tutkimuksen tulosten perusteella vero kuitenkin siirtyy vain noin 80 prosenttisesti kuluttajahintoihin. Veron ohjaisvaikutusten kannalta tärkeä tieto on myös se, että hintavaikutukset vaihtelevat alueittain (Harju ym. 2021).

Toinen tärkeä seikka on se, ovatko veromuutosten kysyntävaikutukset ylipäättään samanlaisia kuin muiden hintavaihteluiden vaikutukset. Viime vuosina tutkimuksissa on pystytty aikaisempaa paremmin erottelemaan näitä tekijöitä ja havaittu, että polttoaineiden kysyntä on joustavampaa suhteessa veroihin kuin muihin hinnanmuutoksiin (esim. Li, Linn ja Muehlegger (2014), Tiezzi ja Verde (2016), Rivers ja Schaufele (2015) ja Andersson (2019)). Tähän voi olla useita eri syitä. Veronkorotukset saattavat olla näkyvämpiä,

10. Tutkimuksessa hyödynnetään The International Council on Clean Transportation (ICCT) -järjestön laskelmia, joita käyttämällä Traficomien aineistojen henkilöautoille muodostetaan arvio todellisista kilometrikohtaisista hiilidioksidipäästöistä.

niitä saatetaan pitää pysyvämpinä kuin muita hintamuutoksia tai kuluttajat saattavat ylipäättään suhtautua sääntelyn kiristymisen aiheuttamiin hintamuutoksiin eri tavalla kuin markkinoiden tuottamiin muutoksiin.

Tulosten tulkinnassa on syytä huomioida se, että polttoainekustannukset vaikuttavat myös auton valintaan ja ohjaavat autokantaa polttoainetehokkaammaksi. Näin ollen veron aiheuttama polttoaineen kysynnän lasku ei välttämättä johdu ajettujen kilometrien vähenemisestä, vaan siitä, että autokanta muuttuu.¹¹

Polttoaineverojen lisäksi liikenteen päästöihin pyritään vaikuttamaan suoraan myös auton hankintaan kohdistuvalla autoverolla sekä vuosittain maksettavalla ajoneuvoverolla. Autovero on porrastettu hiilidioksidipäästöjen mukaan useissa EU-maissa. Suomessa autoveron päästöporrastus otettiin käyttöön 2008. Uudistuksen myötä keskimääräisen uuden auton energiatehokkuus näyttääkin parantuneen (Stitzing 2016).

EU-15 maita koskevan tutkimuksen mukaan päästöjen mukaan porrastetut hankintaverot paransivat vuosina 2001–2010 uusien autojen polttoainetehokkuutta 1,3 prosentilla (Gerlagh ym. 2015). Toisaalta saman tutkimuksen mukaan EU:n päästönormit näyttävät kuitenkin ohjanneen uusien autojen päästöjen kehitystä selvästi enemmän samalla ajanjaksolla. Grigolon, Reynaert ja Verboven (2018) puolestaan vertaavat saman verokertymän tuottavaa polttoaineveroa ja autoveroa, ja arvioivat, että polttoainevero tuottaa 6 prosenttiyksikköä suuremman vähennyksen polttoaineen kysyntään.

Arviot eri ohjelmien kustannustehokkuudesta vaihtelevat kuitenkin huomattavasti. Esimerkiksi Ruotsin *Green Car Rebate* -ohjelma lisäsi vähähiilisten autojen markkinaosuutta ja vähensi päästöjä, mutta päästövähennyksen hinnaksi muodostui yli 100 dollaria hiilidioksiditonnilta (Huse ja Lucinda 2013). Yhdysvalloissa vastaavan ohjelman tuottaman päästövähennyksen kustannukseksi on arvioitu noin 177 dollaria tonnilta (Beresteanu ja Li 2011).

Vuosittain liikennekäytössä olevista autoista maksettavan ajoneuvoveron vaikutuksista on vain niukasti empiirisiä tutkimuksia. Isoa-Britanniaa ja Sveitsiä koskevat tutkimukset viittaavat kuitenkin siihen, että polttoainevero on tehokkaampi ohjauskeino CO₂-päästöjen vähentämisessä kuin vuotuinen ajoneuvovero. (Ks. Cerruti, Alberini ja Linn (2017) ja Alberini ja Bareit (2019).)¹²

Valtaosa tutkimuskirjallisuudesta arvioi päästöjen hinnoittelun vaikutuksia polttoaineiden kulutukseen, ajokilometreihin tai autokantaan ja sitä kautta epäsuorasti CO₂-päästöihin. Ruotsin hiiliveron vaikutuksia arvioiva Andersson (2019) muodostaa poik-

11. Ks. Gillingham, Houde ja Benthem (2020).

12. Palanne ja Sahari (2021) tarkastelevat kattavammin polttoaineverotuksen, autoveron ja ajoneuvoveron vaikutuksia arvioivaa tutkimuskirjallisuutta.

keuksen tarkastelemalla verojen vaikutusta CO₂-päästöihin suoraan. Tutkimuksessa arvioidaan Ruotsin 1990-luvun alussa käyttöön otetun hiiliveron vaikutusta liikenteen CO₂-päästöihin. Vero koskee erityisesti liikennesektoria, noin 90 % verokertymästä koostuu bensiinin ja moottoridieselin kulutuksesta. Veron tasoa on nostettu vähitellen alkuperäisestä 30 dollarista 109 dollariin. Tutkimuksessa hyödynnetään synteettisen kontrollin menetelmää ja arvioidaan, että hiilivero laskee CO₂-päästöjä keskimäärin noin 11 % vuodessa.

Polttoaineverotus voi vaikuttaa kuluttajien valintojen lisäksi myös yritysten innovaatiotoimintaan. Aghion ym. (2016) tarkastelevat autoteollisuuden vähähiilisiä innovaatioita ja näyttävät, että polttoaineen hinnan nousu lisää vähähiilisiä innovaatioita (sähkö-, hybridi- ja vetyautopatentit) ja vähentää perinteisiä innovaatioita (polttomoottoripatentit). Tutkimuksessa hyödynnetään sitä, että polttoaineiden hinnat kehittyvät eri tavoin eri maissa (muun muassa veromuutosten takia) ja että yritysten markkinaosuudet vaihtelevat maittain.

Kokonaisuutena tutkimuskirjallisuuden perusteella voidaan arvioida, että liikennepolttoaineiden kysyntä on lyhyellä aikavälillä joustamatonta, mutta selvästi joustavampaa pitemmällä aikavälillä. Kysyntäjousten luotettava pitkän aikavälin arviointi on kuitenkin hyvin vaikeaa, koska pitkällä aikavälillä polttoaineiden kysyntään vaikuttavat monet muutkin tekijät, joita voi olla vaikeaa erottaa polttoaineverojen vaikutuksista. Lisäksi tulosten tulkinnassa on huomioitava, että käytännössä tutkimuskirjallisuus koskee ajanjaksoa, jolloin vaihtoehtoja polttomoottoriautoille ei välttämättä käytännössä vielä ollut. Vaihtoehtojen tarjonnan laajentuessa CO₂-päästöjen jousto verotuksen suhteen todennäköisesti kasvaa. Suomalaisen empiirisen evidenssin osalta on syytä todeta, että Suomessa ei kerätä polttoaineiden kysyntäjousten estimoimiseen tarvittavaa mikrotason myyntiaineistoa, joten bensiinin ja dieselin kysynnän hinta- ja verojousten luotettava estimointi ei ole mahdollista.

3.3.3 Tulonjakovaikutuksista ja horisontaalisesta oikeudenmukaisuudesta

Ilmastonmuutoksen vaikutus eriarvoisuuteen ja oikeudenmukainen ilmastotoimien toteutus on iso yhteiskunnallinen keskustelu, johon liittyy laaja tutkimuskirjallisuus. Tässä luvussa tarkastelemme oikeudenmukaisuuden näkökulmaa käyttäen liikenteen päästövähennystavoitetta esimerkkinä. Tarkastelussa voidaan erottaa kaksi eri ulottuvuutta.

Ensimmäinen liittyy siihen, miten päästöjen hinnoittelu kohdistuu eri tulotasoille. Tässä suhteessa tärkeää on ainakin se, onko kulutuksen meno-osuuksissa eroja eri tulo-ryhmien välillä ja miten herkästi yksilöt eri tulotasoilla reagoivat hinnanmuutoksiin.

Päästöjen hinnoittelun voidaan arvioida olevan regressiivistä, jos pienituloiset maksavat päästöjen hinnoittelusta suuremman osan tuloistaan kuin suurituloiset ja jos heidän kulutuksensa on joustamattomampaa kuin suurituloisten.¹³

Kun päästöt hinnoitellaan, päästöjen vähentämisen kustannukset eri tulotasoilla riippuvat myös siitä, miten kertyneet tulot käytetään (ks. esim. Bento ym. (2009)). Tämän takia yksi johdonmukainen tapa arvioida regressiivisyyttä onkin verrata systemaattisesti eri ohjauskeinoja keskenään.

Liikenteen osalta esimerkkinä voidaan ajatella sitä, että kotitaloudet valitsevat sekä auton käyttövoiman että ajokilometrit ja sitä kautta käytetyn polttoaineen määrän. Teknologiastandardeilla vaikutetaan siihen, minkälaisia vaihtoehtoja kotitalouksilla on valittavana (esim. kallis sähköauto tai edullinen polttomoottoriauto) ja polttoaineverotuksella siihen, miten kallista ajaminen on. Jos pienituloiset ajavat vähän ja valitsevat sen takia polttomoottoriauton, teknologiastandardi, joka kieltää polttomoottoriautot, voi olla regressiivisempi kuin polttoaineverotus.¹⁴

Empiirisen tutkimuskirjallisuuden rinnalla elää teoreettisempi tutkimuskirjallisuus, jonka tavoitteena on arvioida sitä, miten vääristävät verot tulisi ottaa huomioon päästöjen hinnoittelussa. Kysymys voi olla esimerkiksi siitä, onko optimaalista hinnoittelua päästöt vain niiden yhteiskunnallisen kustannuksen perusteella vai vaikuttavatko muut vääristävät verot optimaaliseen hinnoitteluun. Yleisesti ottaen kirjallisuuden johtopäätös on se, että päästöjen hinnoitteluongelma ja tulonjen uudelleenjaon ongelma voidaan ratkaista erillisinä kysymyksinä (ks. Jacobs ja de Mooij (2015)).

Toinen tärkeä ulottuvuus on laajempi ja monimuotoisempi ja liittyy siihen, että *tulotasoltaan samanlaisten* kotitalouksien kulutustottumukset ovat erilaisia tai että kotitaloudet ovat tehneet erilaisia valintoja. Erilaisista valinnoista seuraa, että kotilouksien toimintaympäristöt ja kohtaamat markkinat esimerkiksi liikkumisen osalta ovat erilaisia. Jos kotitaloudet eroavat voimakkaasti sen suhteen, miten paljon negatiivisia ulkoisvaikutuksia niiden toiminta aiheuttaa, päästöjen hinnoittelu kohdistuu hyvin eri tavoin erilaisiin kotitalouksiin, muun muassa sitä kautta, että mahdollisuus sopeuttaa kulutusta on erilainen. Lisäksi politiikkatoimet voivat vaikuttaa eri tavoin erilaisten varallisuuserien arvon kehitykseen. Asiaa on hyödyllistä tarkastella kahdesta eri näkökulmasta.

13. Usein tuloihin perustuvaa tarkastelua täydennetään kulutukseen perustuvalla tarkastellulla tuloihin liittyvän suuremman vuosittaisen vaihtelun takia. Ks. esim. Palanne ja Sahari (2021).

14. Toistaiseksi tällaiseen vertailuun tähtääviä tutkimuksia on kovin niukasti. Levinson (2019) vertaa teknologiastandardin ja polttoaineverotuksen regressiivisyyttä ja näyttää yksinkertaisen teoreettisen analyysin avulla, että jos hyvätuloiset ostavat enemmän sekä energiatehokkuutta että polttoainetta, teknologiastandardit voivat olla regressiivisempiä kuin polttoaineverotus.

Ensimmäinen on käytännöllinen: miten kompensoida CO₂-päästöjen hinnoittelun kustannukset eniten kärsiville kuluttajille niin, ettei kompensatio heikennä veron ohjausvaikutusta (ks. esim. Stiglitz (2019)). Yhtenä ratkaisuna voidaan ajatella kompensaation sitomista aikaisemmin tehtyihin valintoihin. Esimerkiksi polttoaineen hinnoittelun kustannukset kohdistuvat eri tavalla haja-asutusalueille ja tiiviisti rakennettuihin kaupunkeihin, joissa on toimiva joukkoliikenne ja lyhyet etäisyydet. Tässä tapauksessa päästöjen vähentämisestä aiheutuvat kustannukset olisi ainakin teoriassa mahdollista suunnitella niin, että ne perustuvat kotitalouksien menneisyydessä tekemiin päätöksiin eivätkä siten vaikuta tulevaan käyttäytymiseen.

Toinen näkökulma on periaatteellisempi: Negatiivisten ulkoisvaikutusten sääntely aiheuttaa kustannuksia, jotka jakautuvat tyypillisesti epätasaisesti. Ei kuitenkaan ole selvää, miksi ja millä tavalla kotitalouksien kohtelun tulisi riippua kulutustottumuksista tai millä kriteereillä pitäisi arvioida, minkälainen kulutus kuuluisi kompensaation piiriin. CO₂-päästöjen hinnoittelun ja yleisemmin ilmastotoimien yhteiskunnallinen hyväksyttävyys kuitenkin riippuu kustannusten jakautumisesta. Tarvitaankin lisää tutkimustietoa ja tutkimukseen perustuvia ratkaisukeinoja paitsi ohjauskeinojen regressiivisyydestä myös muista jakaumavaikutuksista.

Suomessakin asia on ajankohtainen, koska liikenteen päästövähennystavoite on kunnianhimoinen ja polttoaineverotus on jo nykyisellään kireää. Palanne ja Sahari (2021) arvioivat, että Suomessa kotitalouksien polttoainekuluosuudet kasvavat tulojen mukana suuressa osassa tulojakaumaa ja ovat keskimäärin noin 3 % käytettävissä olevista tuloista. Erot kotitalouksien keskimääräisissä polttoainekuluissa ovat kuitenkin suurempia alueiden välillä kuin tulodesiilien välillä. Tutkimuksessa hyödynnetään Suomen ympäristökeskuksen seitsemänportaista kaupunki-maaseutuluokitusta ja havaitaan, että harvaan asutulla maaseudulla kuluosuudet ovat keskimäärin yli kaksinkertaisia verrattuna kaupunkien keskusta-alueiden osuuksiin.

Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää, kun arvioidaan polttoaineverotuksen muutoksen lyhyen aikavälin vaikutuksia tulonjakoon (olettaen, että käyttäytymisvaikutukset ovat pieniä). Vaikutusten arviointia monimutkaistaa kuitenkin se, että polttoaineverot näyttävät siirtyvän kuluttajahintoihin eri tavoin eri alueilla (Harju ym. 2021).

3.4 Hiilitullit ja hiilivuoto

Jos yhtenäinen kasvihuonepäästöjen hinnoittelu maiden välillä on poliittisesti vaikeaa tai mahdotonta, ympäristökysymysten huomioiminen kauppapolitiikan suunnittelussa saattaa mahdollistaa kustannustehokkaamman ilmastopolitiikan.

Konkreettisenä huolena tähän liittyen on jo pitkään esitetty hiilivuoto (*carbon leakage*). Hiilivuoto voi johtua siitä, että kotimaiset yritykset siirtävät tuotantoaan muihin maihin hiiliveron aiheuttaman tuotantokustannusten nousun välttämiseksi. Toisaalta se voi näkyä myös niin, että kotimaiset yritykset menettävät markkinaosuuksia ulkomaisille kilpailijoille, joiden tuotanto tapahtuu maissa, joissa päästötavoitteet eivät ole yhtä kunnianhimoiset.

Hiilivuotoa on arvioitu pääasiassa teoreettisilla, etukäteisarviointiin soveltuvilla yleisen tai osittaisen tasapainon malleilla. Arviot vaihtelevat huomattavasti tutkimusten välillä ja niiden käyttöön liittyy siksi suurta epävarmuutta.¹⁵

Teollisuuden todellisiin tuotantopäätöksiin perustuva empiirinen evidenssi hiilivuodon suuruudesta ei ole kovinkaan selvää. Esimerkiksi Naegele ja Zaklan (2019) arvioivat, että tähän voi olla useita syitä. Ensinnäkin päästöjen hinnoittelun aiheuttama kustannusero EU:n päästöoikeusjärjestelmään kuuluvien ja muiden maiden välillä on ollut kohtuullisen pieni, erityisesti verrattuna eroihin työvoimakustannuksissa. Esimerkiksi EU:n päästökauppajärjestelmän aiheuttamat kustannukset ovat olleet alle 0,65 % kaikista materiaalikustannuksista 95 prosentilla eurooppalaisista teollisuusyrityksistä. Toiseksi, tuotannon siirtäminen aiheuttaa kustannuksia, jotka voivat olla suuria verrattuna eroon päästöjen aiheuttamissa kustannuksissa. Kolmanneksi päästöjen hinnoitteluun liittyy usein kompensoivia tukia. Esimerkiksi EU:n päästökauppajärjestelmässä yritykset ovat saaneet päästöoikeudet suurelta osin ilmaisjaon kautta. On myös esitetty, että päästöjen hinnoittelu lisää yritysten tuottavuutta kannustamalla tehokkaampaan tuotantopanosten käyttöön ja innovaatioihin.

Vaikka empiirinen evidenssi hiilivuodosta ei olekaan kovin selvää, asia on ajankohtainen muun muassa, koska päästöoikeuden hinta EU:n päästöoikeusmarkkinalla on noussut ja kompensoivista toimista ollaan osittain luopumassa. Tämä koskee muun muassa päästöoikeuksien ilmaisjakoa. Päästökaupan epäsuorien kustannusten kompensaatiotuki on tarkoitettu korvaamaan rajatuille teollisuuden toimialoille (paperi ja paperituotteet, kemikaalit ja kemialliset tuotteet sekä metallien jalostus) päästökaupan aiheuttama lisäkustannus sähkön hinnassa. Suomessa vuonna 2018 päästökaupan epäsuorien kustannusten kompensaatiotukea sai noin 60 teollisuuslaitosta (Laukkanen 2020). Koska kompensaatiotuen taso on sidottu päästöoikeuden hintaan, tuen kokonaismäärä on ollut viime vuosina. Kompensaatiotuki korvataan Suomessa energiaintensiivisten yritysten sähköistämistuella, jonka kustannukset valtiolle voivat kohota nykyistä kompensaatiotukea korkeammiksi. Vuotuiseksi katoksi on linjattu 150 miljoonaa euroa keväällä 2021

15. Harju ym. (2016) esittelevät tarkemmin aiheeseen liittyvää kirjallisuutta.

hyväksytyssä julkisen talouden suunnitelmassa.

Viime vuosina tutkimuskirjallisuudessa ja julkisessa keskustelussa on tähän ratkaisuuna esitetty hiilitulleja. Hiilitulleja (*Carbon border adjustment, CBA*) on tarkasteltu kirjallisuudessa kahdesta eri näkökulmasta. Ensinnäkin, tulleja voidaan tarkastella tiukkoja päästötavoitteita ajavien maiden toimenä niitä maita vastaan, jotka ovat ilmastopolitiikan vapaamatkustajia. Nordhaus (2015) ehdottaa tulleihin perustuvaa ratkaisua, jota hän kutsuu ”ilmastoklubiksi”. Klubiin kuuluvilla mailla olisi kunnianhimoiset päästövähennystavoitteet. Klubin ulkopuolisilla mailla sen sijaan olisi alhaiset päästökustannukset, mutta ne joutuisivat maksamaan tullia käydessään kauppaa klubin jäsenten kanssa. Tällaisten tullien keskeisenä tavoitteena olisi siis kannustaa klubin ulkopuolisia maita noudattamaan kunnianhimoisempaa ilmastopolitiikkaa. Tämän takia hiilitullit eivät siis kohdistuisi tiettyihin tuotteisiin tai niiden hiilisisältöön, vaan samalla tavalla kaikkiin tuontituotteisiin. Mekanismi olisi siis suunniteltu ensisijaisesti kannustamaan ilmastoklubiin liittymisessä, ei kohdistumaan tehokkaasti päästöihin. Keskeinen ajatus on se, että CO₂-päästöjen globaaliin vähentämistavoitteeseen liittyvä vapaamatkustusongelma on olemassa riippumatta siitä, onko hiilivuoto todellinen huoli vai ei.

Toinen näkökulma on se, että tulleilla pyritään kompensoimaan erilaisen ilmastopolitiikan aiheuttamia vaikutuksia yritysten kustannustasoon ja siten kilpailutilanteeseen. Käytännössä hiilitullit on mahdollista toteuttaa monella eri tavalla ja niihin liittyy monia oikeudellisia haasteita mahdollisten poliittisten vastatoimien lisäksi.

Koska CBA-mekanismi kohdistuu sekä tuontiin että vientiin, se siirtää veron tuotannosta kotimaassa (riippumatta siitä, missä tavarat kulutetaan) kulutukseen kotimaassa (riippumatta siitä, missä tavarat tuotetaan).¹⁶ Jotta tulli todella välittää oikean hintasignaalin, sen pitäisi olla tuote- ja tuotantolaitoskohtainen. Koska kansainvälisen kaupan tuotantoketjut ovat pitkiä ja monimutkaisia, tehokkaan käytännön toteutuksen informaatiovaatimukset ovatkin erittäin suuret.

Jos verosta pyritään tekemään kattava, sen hallinnolliset kustannukset muodostuvat hyvin suuriksi. Todennäköisesti se tulisikin rajoittaa sellaisiin hyödykkeisiin, jotka ovat sekä energiaintensiivisiä että ulkomaiselle kilpailulle alttiita. Toisaalta tämä tarkoittaisi sitä, että suorana päästövähennykseen ohjaavana keinona tulleilla olisi vain rajallisesti vaikutusta. Näin esimerkiksi siksi, että jos vero määräytyisi todellisten CO₂-päästöjen perusteella, se kannustaisi viemään vähähiilisiä tuotteita ja kuluttamaan kotimaassa hiiliintensiiviset tuotteet.

16. Kortum ja Weisbach (2017) tarjoavat selkeän kuvauksen eri verovaihtoehtojen vaikutuksista kahden maan mallissa ja tarkastelevat CBA-mekanismiin liittyviä käytännön haasteita.

Käytännön suunnitteluhaasteen ja hallinnollisten kustannusten lisäksi CBA-mekanismiin yhtenä ongelmana voidaan pitää sitä, ettei ole olemassa mitään selkeitä kriteereitä sille, mitä maita CBA-tullien tulisi koskea. Tämä saattaa johtaa siihen, että päätökset lopulta heijastavat tai niiden pelätään heijastavan muita kuin hiilen hinnoitteluun liittyviä tavoitteita.

Kuusi ym. (2020) ovat arvioineet kolmen erilaisen EU-tasolla toteutettavan hiilitullimekanismin vaikutuksia. Jos hiilitulli koskisi vain hyvin päästöintensiiviä tuontituotteita (sementtiä, kalkkia ja kipsiä), sen toimeenpano olisi todennäköisesti mahdollista, mutta vaikutukset sekä tuontiin että päästöihin olisivat pieniä. Tällaisen tullin toteutus olisi pitemminkin vain signaali siitä, että EU on päättänyt puuttua ilmasto-ongelmaan ja siihen liittyvään hiilivuotoon. Toisessa ääripäässä tutkijat tarkastelevat laajaa mallia, joka kohdistuu 14 päästöintensiiviseen toimialaan ja jossa kaikki valmistuksessa syntyvät CO₂-päästöt otetaan huomioon hiilitullin määrittämisessä. Tutkijat arvioivat, että tällaisen tullin käyttöönotto aiheuttaa vaikeuksia, jotka liittyvät yhtäältä WTO-sääntöihin ja mahdollisiin konflikteihin ja toisaalta siihen, että kansainvälisten tuotantoketjujen monimutkaisuuden takia tullin käyttöönotto edellyttäisi merkittävää kansainvälistä yhteistyötä eri tuotantovaiheiden ja välipanosten hiilisisällön seuraamisessa ja dokumentoinnissa.

Erilaisia tuonnin esteitä on tietysti olemassa maiden välillä muistakin syistä. Onkin kiinnostavaa arvioida, missä määrin nämä tuonnin esteet heijastavat tuontituotteiden CO₂-päästöjä. Shapiro (2020) arvioi, että maailmanlaajuisesti tuonnin esteiden voimakkuus korreloi selvästi negatiivisesti tuontituotteiden hiili-intensiteetin kanssa.

Tutkimuksen mukaan ei vaikuta siltä, että valtiot ottaisivat hiilidioksidipäästöjä huomioon tuonnin rajoitteista päätettäessä. On mahdollista, että tätä implisiittistä tukea korkeamman hiili-intensiteetin tuotteille ei ole päätöksenteossa edes tiedostettu. Vaikuttaa siltä, että tuonnin rajoitteet ovat sitä voimakkaampia, mitä alempana toimiala on globaalissa arvoketjussa. Tämä saattaa tarkoittaa käytännössä sitä, että kotimaisessa tuotannossa käytettävien tuotantopanosten tuontitullit ovat alhaiset, mutta kotimaisen tuotannon kanssa kilpailevan tuonnin tullit korkeita.

Tutkimus viittaakin siihen, että nykyinen kauppapolitiikka itse asiassa toimii ilmastotavoitteita vastaan. Huolimatta laajasta hiilitulleja käsittelevästä kirjallisuudesta, kyseessä on ilmeisesti ensimmäinen tutkimus, jossa pyritään arvioimaan tuontitullien ja tuontituotteiden hiilisisällön välistä yhteyttä ja selittämään havaittuja eroja.

4 Uusiutumattomien luonnonvarojen käytön sääntely

4.1 Suomen nykyjärjestelmän pääpiirteet

Suomen kallioperässä ei ole öljyesiintymiä, mutta koko Fennoskandian alue on otollinen malminetsinnälle. Malmivarantoja on Suomessa kartoitettu julkisin varoin aina 1800-luvun loppupuolelta lähtien. Malmion löytäminen ei useinkaan johda kaivoksen perustamiseen. Mitä rikkaampi metallipitoisuus ja mitä arvokkaampi metalli on kyseessä, sitä todennäköisempää louhinnan aloittaminen jossain vaiheessa on. On empiirinen kysymys, mitkä kaikki tekijät lopulta vaikuttavat kaivostoiminnan investointipäätöksiin ja toiminnan aloittamiseen, keskeyttämiseen ja lopettamiseen.

Uusiutumattomien luonnonvarojen käytön sääntelyssä julkisen vallan tehtävänä on huolehtia asianmukaisista kannusteista kestäväälle kaivostoiminnalle. Yhtäältä yhteiskunnalle tulisi turvata riittävä korvaus maaperän rikkauksien, ”kansallisvarallisuuden” käytöstä. Toisaalta olisi pyrittävä ehkäisemään kaivostoiminnasta luonnolle ja ympäristölle vääjäämättä aiheutuvaa pitkäaikaista haittaa, ettei kokonaiskuoritus ylitä yhteiskunnallisesti hyväksyttävää tasoa. Nykyisellään Suomessa malminetsintää, louhintaa ja kaivosten toimintaa säännellään mm. kaivoslailla (Kaivoslaki 621/2011). Kaivosten toiminnan aikaisia ympäristövaikutuksia puolestaan säännellään ympäristönsuojelulainsäädännöllä aivan kuten muutakin tuotannollista toimintaa. Ympäristöongelmia voi syntyä myös kaivostoiminnan päätyttyä, ellei jälkihoitotöitä ole suoritettu asianmukaisella, lain velvoittamalla tavalla.

Kaivoslain mukaan kaivostoiminnan harjoittaja maksaa maanomistajalle malminetsintäkorvausta (20–50 euroa/hehtaari/vuosi) ja louhintakorvausta (0,15 % vuoden aikana louhitun ja hyödynnetyn metallimalmin kaivosmineraalien lasketusta arvosta). Nämä korvaukset ovat kansainvälisesti maltillisia verrattuna niihin maihin, joissa kaivosyhtiöt on veloitettu maksamaan valtiolle maaperän kaivannaisten hyödyntämisestä ns. rojalteja, kaivosveroa tai vastaavia maksuja. Koska kaivos muuttaa myös (luonto)alueen maankäyttöä, lain mukaan toiminnanharjoittajalla on velvoite jälkihoitotöihin, kun kaivos suljetaan toiminnan jälkeen. Kaivosten on osoitettava riittävät vakuudet sulkemis- ja jälkihoitotöiden kattamiseksi.¹⁷

Viime aikoina maaperän arvokkaiden ja ehtyvien resurssien hyödyntämisen korvauksista on virinnyt Suomessakin keskustelu, jonka yhteydessä on nostettu esiin erillisen

17. Tukes: <https://tukes.fi/teollisuus/kaivos-malminetsinta-ja-kullanhuuhdonta/malminetsinta9c9c271c>

kaivosveron tarpeellisuus.¹⁸

4.2 Erilaisista veromalleista

Kaivosverolla (resurssivero, *mine tax*, *resource tax*) tarkoitetaan uusiutumattoman resurssin käytöstä yhteiskunnalle maksettavaa korvausta, joka voidaan toteuttaa vaihtoehtoisilla veromalleilla. Yhteiskunnallisesti optimaalinen sääntelyn toteutus on monitahoinen suunnitteluongelma. Monissa maissa maaperän metallit ovat julkisessa omistuksessa. Valtio/osavaltio/provinssi voi saada suoraan korvauksen kaivannaisten hyödyntämisestä omistuksensa kautta esimerkiksi perustamalla oman yhtiön tai ryhtymällä osakkaaksi yksityiseen kaivosyhtiöön. Julkinen omistaja voi lisäksi kaupata kaivosoikeudet kaivostoimintaa harjoittavalle yhtiölle. Jos maaperän kaivannaiset omistaa yksityinen maanomistaja, se voi periaatteessa menetellä samalla tavoin kuin julkinen omistaja. Kaivosoikeuksien kauppa edellyttää luonnollisesti aktiivisia oikeuksien markkinoita, joilla on riittävästi toimijoita. Julkisella vallalla on kuitenkin kaikissa tapauksissa mahdollisuus verottaa kaivostoimintaa harjoittavaa yhtiötä, ja siten saada korvaus siitä, että malmivaranto ja kansallisvarallisuus pienenee käytön vuoksi.

Luonnonvarojen omistusoikeuskysymysten (kansallisvarallisuus/yhteisomistus) lisäksi kaivannaisten hyödyntämiseen liittyy niiden erityisluonne uusiutumattomana resursina, käytön vaihtoehtoiskustannus. Jos kaivannaisia, raaka-aineita louhitaan ja otetaan käyttöön tuotannollisessa toiminnassa tänään, samaa raaka-ainevarantoa ei voida enää käyttää tulevaisuudessa. Sen sijaan on siirryttävä vähempiarvoisten varantojen hyödyntämiseen korkeammin kustannuksin tai keksittävä tilalle vaihtoehtoisia materiaaleja. Käytöstä koituvaa vaihtoehtoiskustannusta kutsutaan niukkuushinnaksi, in situ arvoksi tai ”Hotellingin rentiksi” taloustieteilijä Harold Hotellingin mukaan.

Niukkuuden vuoksi on mahdollista, että kaivannaisten myyntihinnat ylittävät niiden tuotannon rajakustannuksen. Normaalisti tuotantokustannukset sisältävät korvauksen tuotantoon sidotulle pääomalle, ns. ”normaalivoiton”. Kaivosyritys saa niukkuuden ansiosta ”ylimääräistä” tuottoa. Tätä myyntihinnan ja tuotannon rajakustannuksen erotusta kutsutaan taloustieteessä yleisnimellä ylituotto (puhdas voitto, *economic rent*). Uusiutumattoman luonnonvaran niukkuushinta (Hotellingin rentti) on yksi esimerkki tällaisesta ylituotosta (Hotelling 1931).

18. Pääministeri Marinin hallitusohjelmassa 2019 todetaan: ”Selvitetään mahdollisuutta ottaa käyttöön erillinen kaivosvero, jotta maaperän kaivannaisista saadaan yhteiskunnalle kohtuullinen korvaus. Selvitetään mahdollisuuksia verottaa kaivosoikeuksien myyntivoittoja Suomessa silloinkin, kun ne ovat ulkomaisten yhteisöjen omistuksessa.”

Jos ajatellaan, että lähtökohtaisesti mineraalivarat ovat kansallisvarallisuutta, yhteiskunnan tulisi saada korvaus niiden käytöstä, koska käyttö vähentää pysyvästi maan luonnonvaravarantoa, varallisuutta. Useimmissa maissa mineraalivarat ovat julkisessa omistuksessa ja niiden hyödyntämisestä peritään korvaus yhteiskunnalle, verottamalla käyttöä tavalla tai toisella. Käyttö koskee myös maantieteellistä kaivosaluetta varsinaisen kaivostoiminnan päättymisen jälkeen. Viranomaisen on kyettävä asettamaan vakuusvaatimukset riittävälle tasolle, jotta sulkemiskulut tulevat aikanaan katetuiksi. Jos kaivostoiminta päättyy konkurssiin, toiminnanharjoittajaa ei välttämättä saada korvausvastuuseen. Valtiolle voi syntyä myös takausvastuita, jos valtio ryhtyy konkurssin jälkeen jatkamaan kaivoksen toimintaa. Julkisen vallan tehtävä on säännellä mineraalivarojen hyödyntämistä yhtäältä kannustaakseen malminetsintään ja toisaalta mahdollistaakseen sellaisen kestäväen kaivostoiminnan, joka maksimoi yhteiskunnalle mineraalivarannosta saatavan hyödyn ilman korvaamattomia ympäristöhaittoja.

4.3 Verotus ja vakuudet käytännössä

Uusiutumattomien luonnonvarojen hyödyntämiseen kohdistuvan verotuksen taloustieteellinen tutkimuskirjallisuus on pääosin teoreettista. Teoreettisissa malleissa kuvataan kaivannaisten hyödyntämiseen vaikuttavia tekijöitä ja arvioidaan erilaisten verojen vaikutuksia esimerkiksi louhinnan määrään ja tuotantopäätöksiin.¹⁹ Aihepiiristä on vain vähän taloustieteellistä empiiristä kirjallisuutta.

Käytännössä metallien ja muiden kaivannaisten verotus perustuu rojalTIMaksuihin, kaivosalalla sovellettavaan korkeampaan yhteisöveron tai ylituoton verotukseen tai näiden yhdistelmiin. Guj (2012) on jaotellut eri maissa kaivosalalla käytössä olevien veromallien pääluokat seuraavasti:

- Määrärojalti; veropohjana fyysinen yksikkö, tilavuus tai paino
- Arvorojalti; veropohjana tuotannon arvo
- Yhteisövero; veropohjana kaivosyrityksen kirjanpidollinen voitto
- Renttivero; veropohjana ylituotto
- Hybridijärjestelmät, joissa yhdistellään yhteisö- tai renttiverojärjestelmää arvorojaltijärjestelmään

19. Ks. esim. Gaudet ja Lasserre (2015) ja Boadway ja Keen (2015). Yleiskatsauksia kaivosalan käytännön sääntelyyn, verotukseen ja kestäväen kehitykseen ovat esim. Baunsgaard (2001), Otto ym. (2006), Daniel ym. (2010), IMF (2012) ja Addison ja Roe (2018).

Veromallin valinnalla ei oteta kantaa siihen, kuinka suuri korvaus tai osuus yhteiskunnan tulisi saada kaivannaisten tuotosta. Eri veromalleja voidaan vertailla esimerkiksi asettamalla tietty verotuottotavoite, ja arvioida, mikä olisi kussakin veromallissa verotaso, jolla tavoitteeseen voitaisiin päästä.

Vaihtoehtoisia veromalleja arvioidaan eri ominaisuuksien, kuten verotuksen tehokkuuden, veropohjan optimaalisuuden tai hallinnollisten ominaisuuksien (transaktiokustannusten) perusteella. Ym. vaihtoehtoisista veromalleista renttivero toteuttaa parhaiten tehokkuus- ja optimaalisen veropohjan periaatteita. Uusiutumattoman luonnonvaran käytön verottamisessa renttiveron teoreettinen etu on, ettei se vääristä kaivosyhtiön tuotantopäätöksiä. Renttiveron huonona puolena on totuttu pitämään hallinnollista tehotomuutta. Renttiverotusta ei myöskään ole pidetty erityisen läpinäkyvänä, eikä vakaan verotuoton järjestelmänä. Voittoon perustuvan yhteisöveron tavoin renttivero voi olla altis kansainväliselle verokilpailulle ja verojen välttelylle. Lisäksi niiden verotuotot ovat myötäsyklisiä. Osin näiden syiden takia rojaltit ovat usein olleet poliittisesti suosituin veromalli. Suosiota voi selittää ehkä myös se, että rojaltit myös tuottavat verotuloja heti, kun tuotanto alkaa (Boadway ja Keen 2015).

Määrärojalti on vakaatuottoinen, mutta arvorojaltin tuotto heilahtelee kaivannaisten maailmanmarkkinahinnan mukaan. Toimialan suhdanneherkkyys ja hintojen volatilitiivetti voivat vaikuttaa julkisen vallan kykyyn sitoutua sovittuun veromalliin ja esimerkiksi rojaltien tasoon. Etenkin hintojen noustessa voimakkaasti poliittinen paine saada luonnonvaroista suurempi verotuotto yhteiskunnalle voi kasvaa, ja halukkuus muuttaa veromallia syö järjestelmän uskottavuutta. Poliittiset riskit voivat siten lisätä kaivosalan epävarmuutta entisestään ja vähentää kiinnostusta kaivostoimintaan.

Käytännössä kaivostoiminnan verotukseen sovelletaan hyvin erilaisia veromalleja, jotka vaihtelevat paitsi maittain ja maan sisällä alueittain, verotettavien mineraalien ja jopa yksittäisen kaivoshankkeen mukaan. Ns. hybridijärjestelmät ovat olleet suosittuja, koska niillä on pyritty yhdistelemään eri veromallien hyviä puolia.

Räätälöityjen veromallien vuoksi kaivosalan verotusta eri maissa on hankala vertailla. Myös eri veromallien vaikutuksia kaivosyritysten voittoihin ja verotuottoihin on vaikea tutkia ekonometrisesti aineistojen heikon saatavuuden ja edustavuuden vuoksi. Kaivosalan tuotantopäätöksiä ja eri veromalleja on tutkittu pääsääntöisesti simuloimalla edustavan kaivosyrityksen tai hypoteettisen projektin nettonykyarvoja. Niissä on voitu ottaa huomioon hintaepävarmuus.²⁰

20. Ks. esim. Hogan ja Goldsworthy (2010) ja öljynporauksen osalta Daniel ym. (2010). Vaihtoehtoisia uusia kaivosveromalleja kaivostoiminnan verottamiseen Suomessa on tarkasteltu käynnissä olevassa VN TEAS TAXMINE -hankkeessa. Hankkeen loppuraportti julkistetaan toukokuussa 2021. Ks. ai-

Kaivosten tuotannon optimoimisesta on esitetty tyylieltyynä faktana, etteivät kaivosyrietykset reagoi hintoihin, eivätkä siten myöskään hinnannousuihin vähentämällä tuotantoon vielä suurempien voittojen toivossa tulevaisuudessa (Otto ym. 2006, 29). Tällöin myöskään kaivostoiminnan veroilla ei olisi vaikutusta tuotantopäätöksiin. Metallikaivosten osalta tätä ei ole kuitenkaan luotettavilla empiirisillä tutkimuksilla voitu todentaa. Sen sijaan öljynporaustoiminnaa koskeva viimeaikainen tutkimus näyttää osoittavan, että yrietykset reagoivat sekä hintoihin että jälkihoito- ja vakuuskustannuksiin.

Slade (2001) on yksi harvoista, ellei ainoa, varhaisista tutkimuksista, joissa on tarkasteltu hintaepävarmuuden vaikutusta metallikaivoksen väliaikaisiin louhinnan keskeytyspäätöksiin. Tutkimuksen mukaan mahdollisuus sulkea kaivos matalien hintojen aikana kasvattaa kaivoksen nettohykyarvoa huomattavasti, mutta tulos riippuu jossain määrin oletuksista hintaepävarmuuden jakaumasta ja luonteesta. Tutkimuksessa ei tarkastella kaivoksen avaamis- eikä sulkemispäätöstä, eikä siinä siten voida ottaa huomioon alkuinvestoinnin eikä lopetus- ja jälkitoimenpiteiden kustannuksia.²¹

Kattaviin empiirisiin aineistoihin ja luotettaviin tutkimusasetelmiin perustuvia analyysijä uusiutumattoman luonnonvaran käytöstä on toistaiseksi tehty vain öljyntuotannosta, konventionaalista öljynporauksesta ja vesisärötyksellä tuotetusta liuskeöljystä. Havainnotja kertyy helposti kymmeniä tuhansia osin siksi, että öljyä voidaan tuottaa samalla löydetyllä öljykentällä useasta lähteestä ja useaan kertaan.

Kellogg (2014) käyttää Teksasin öljynporausaineistoa ja osoittaa, että öljylähteitä hyödynnetään teorian mukaisesti ja maltilliset futuurien hinnat ja hintaodotukset saavat yhtiöt lykkäämään öljylähteidensä poraamisen aloittamista. Aineistossa porauksen aloittamisen päätökset koskivat tiedossa olevia vanhoja lähteitä, joiden tuotannon elinkaari oli enää 1-2 vuotta. Tutkimuksessa arvioidaan, että taloudelliset menetykset ovat merkittävät, mikäli tuottaja ei hyödynnä optiotaan lykätä porauksen alkamisajankohtaa, eikä optimoi tuotantoon hintaodotusten (futuurihintojen) perusteella.

Myös Muehlenbachs (2015) tarkastelee öljynporauksen tuotantopäätöksiä, mutta keskittyy sulkemis- ja ympäristöhoitokustannusten kannustimiin. Tutkimuksessa hyödynnetään Albertan osavaltion aineistoa ja arvioidaan öljylähteiden senhetkistä tuottavuutta ja tuottavuuden epävarmuutta tulevaisuudessa. Tulosten mukaan huomatta-

heesta myös Huhtala ja Ropponen (2020), jossa esitetään simulointimalli sekä kaivosverotukseen että ympäristönsuojeluun soveltuvien taloudellisten ohjauskeinojen tarkasteluun. Samaa simulointimallia on hyödynnetty TAXMINE-hankkeen analyyseissä.

21. Slade (2001) pyrki ottamaan huomioon lisäksi epävarmuuden louhintakustannuksista ja malmion suuruudesta, mutta toteaa johtopäätöksissään, että kaivosten todellisen päätöksenteon analyysia rajoittaa heikkolaatuinen aineisto.

va määrä yrityksiä keskeyttää öljynporauksen virallisen ilmoituksensa mukaan ainoastaan väliaikaisesti, mutta tosiasiallisesti niillä ei ole aikomustakaan jatkaa toimintaansa vaan ne pyrkivät välttämään lainmukaisesta sulkemispäätöksestä seuraavat korkeat jälkihoitokustannukset.

Lange ja Retlinger (2019) puolestaan tutkivat tiukentuneen ympäristösuojelusäännöksen vaikutusta liuskeöljyn tuotantoon Pohjois-Dakotassa. Käytännössä uusi säännös edellytti tuottajilta aiempaa suurempaa vakuusmaksua ympäristön pilaantumisen varalta, mikä nosti tuotannon aloittamisen kiinteää kustannusta. Empiirisessä koeasetelmassaan Lange ja Retlinger (2019) vertaavat muutoksen vaikutusta liuskeöljytuotantoon samalla maantieteellisellä liuskeöljykentällä naapuriosavaltio Montanassa, jossa vastaavaa vakuusmaksunkorotusta ei tehty. He päätyvät johtopäätökseen, että vakuusmaksun korotus ei vähentänyt liuskeöljyntuotantoa, mutta pienemmät yritykset vähensivät tuotantoaan ja lopettivat toimintansa.

Boomhower (2019) tutkii, voiko konkurssilainsäädännöllä vaikuttaa ympäristöhaittojen vähentämiseen öljyn- ja kaasuntuotannossa. Teksasissa kiristettiin konkurssilainsäädäntöä siten, että alan yritysten oli aiempaa vaikeampaa välttää korvausvastuita porauskentillä tapahtuneista ympäristöonnettomuuksista tekemällä konkurssin. Käytännössä yrityksiltä alettiin vaatia ennen toiminnan aloittamista vakuutus ympäristöonnettomuuden ja konkurssin varalta. Boomhower havaitsi, että pienten yritysten aiheuttamat ympäristöhaitat vähenivät ja ne myös supistivat tuotantoaan. Tuotannosta suurempi osa siirtyi suuriin yrityksiin, joilla oli jo entuudestaan parempi näyttö ympäristönsuojelusta ja jotka pystyivät vähentämään ympäristöhaittojaan.

Yhteenvetona voidaan todeta, että uusiutumattomien luonnonvarojen käytön sääntelyn ja hintaohjauksen vaikutuksista kaivosalalla ei ole luotettavaa empiiristä taloustieteellistä tutkimusta kaivosmetallien osalta. Tähän on syynä mm. luotettavien aineistojen niukka saatavuus kaivoksista ja kaivosten päätöksenteon epävarmaa toimintaympäristöä kuvaavista muuttujista (pitkien futuurien ohuet markkinat; maaperän geologia ja reservit; teknologia maanalaisissa vs. avolouhoksissa jne.). Kaivosten kannattavuutta arvioidaan nettonykyarvolaskelmilla, joissa voidaan pyrkiä ottamaan huomioon hintoihin ja malmion metallipitoisuuteen liittyvät epävarmuudet. Hintojen vaihtelut voivat kuitenkin olla kaivoksen elinkaaren - pisimmillään jopa 30-50 vuotta - aikana erittäin suuria, jolloin esimerkiksi verotuksen, rojaltien ja vakuusvaatimusten suhteellinen merkitys tuotantopäätöksille voi jäädä vähäisemmäksi. Tästä ei kuitenkaan ole taloustieteellistä tutkimusnäyttöä.

Sen sijaan öljynporauksessa tiedossa olevien öljykenttien hyödyntämispäätökset tehdään lyhyemmällä aikajänteellä, mutta hintavolatiliteetti on yhtä lailla suurta. Tut-

kimusten perusteella kiristyvät ympäristönsuojeluvaatimukset, vakuutukset ja vakuudet voivat vaikuttaa toimialarakenteeseen karsimalla pois pienempiä yrityksiä. On myös merkkejä siitä, että öljynporausyhtiöt pyrkivät lykkäämään tuotantoalueiden sulkemista ja näin välttelemään huomattavia jälkihoitokustannuksia.

Empiirisiä tutkimuksia on kuitenkin edelleen hyvin vähän, ja niiden perusteella tulosten yleistämiseen ja johtopäätösten tekemiseen tulee suhtautua varoen. Yksi keino tutkia kaivosten yhteiskunnallisia vaikutuksia on kustannushyötyanalyysi, jota käytetään merkittävien investointien arviointiin ja johon on mahdollista sisällyttää mm. ympäristövaikutukset.

4.4 Kaivostoiminnan sääntely, julkisen vallan tehtävä ja vaikutusten arviointi

Julkisen vallan sääntely (ml. verotus) kehittyi kulloinkin erilaisiin yhteiskunnallisiin tilanteisiin ja tarpeisiin, ja joskus politiikan tavoitteet voivat olla keskenään ristiriitaisia. Kaivostoiminnan sääntelyssä lisävaikeutena ovat kansainvälisen toimintaympäristön monet tekijät. Kaivosalan huomattava epävarmuus ja riskit johtuvat metallien maailmanmarkkinahintojen voimakkaasta vaihtelusta, kaivosteknologiasta ja maaperän geologiasta ja ympäristövaikutuksista.

Monet merkittävät kaivosmaat ovat kehittyviä maita, joiden resurssiverotuksen suunnittelua ja kehittämistä ovat tyypillisesti tarkastelleet Maailmanpankki ja Kansainvälinen valuuttarahasto. Addison ja Roe (2018) toteavat YK-yliopisto Widerin hiljattain julkaisemassa kirjassa, että jokaisen luonnonvaroiltaan rikkaan maan kansalaisten ja julkisen vallan etujen mukaista on säännellä kaivosalaa, jolla on merkittäviä sosiaalisia, taloudellisia ja ympäristövaikutuksia. Sääntely ja valvonta korostuvat luonnollisesti sellaisissa kehittyvissä maissa, joiden talouden rakenne on yksipuolinen ja taloudellinen toimeliaisuus ja tulonmuodostus riippuvat merkittävällä tavalla mineraalien ja kaivannaisten hyödyntämisestä. Tämä edellyttää, että mm. verojärjestelmä, ympäristönsuojelulainsäädäntö ja muut instituutiot on rakennettu ohjaamaan kaivosalaa, jotta se palvelee yhteiskunnallista kehitystä ja viime kädessä kansalaisten hyvinvointia laajasti.

Myös valtiontalouden tarkastustoiminnassa on kansainvälisesti alettu kiinnittää huomiota kaivosalan kokonaistarkasteluun ja toimialan mahdollisiin yhteiskunnallisiin riskeihin. Kaivosalan sääntelyn valtiontalouden/osavaltion tarkastustoiminnan kohteena ovat olleet esimerkiksi kaivostoiminnan tulot ja vakuudet jälkihoitotöihin. Kanadan auditointitoiminnan kehittämissäätiö (CAAF) on tuottanut tähän tarkoitukseen myös käytännön

käsikirjan ”Practice Guide to Auditing Mining Revenues and Financial Assurances for Site Remediation”(CAAF 2017) yhteistyössä alan kansainvälisen järjestön (INTOSAI) kanssa.²²

22. Lisäksi ympäristöriskeistä on tehty auditointeja esim. Office of Auditor General of British Columbia 2016 ja tarkastustoiminnan raporteissa tilastoidaan toimialan valvontakäynnit, vakuudet jne. esim. Chief Inspector of Mines Annual Report 2019.

5 Lopuksi

Ilmastonmuutos tunnettiin hyvin jo Rooman klubin Kasvun rajat -raportin julkistamisen aikoihin 1970-luvulla. Siitä huolimatta uusiutumattomien luonnonvarojen, kuten öljyn, riittävyys koettiin vakavammaksi ongelmaksi kuin energialähteiden käytön ympäristövaikutukset. Ilmastonmuutoksen vaikutusten laajan tietoisuuden ja ilmastopoliitiikan myötä suhtautuminen fossiilisiin polttoaineisiin on täysin muuttunut, ja niiden käytön tilalle haetaan korvaavia puhtaita teknologioita.

Tehokkaat ja oikeudenmukaiset ratkaisut edellyttävät laajaa kansainvälistä yhteistyötä sekä tutkimustietoa ohjauskeinojen vaikutuksista sekä siitä, miten niitä voidaan toimeenpanna yksittäisen maan sisällä, mutta myös kansainvälisesti oikeudenmukaisella ja poliittisesti hyväksyttävällä tavalla.

Mikä tahansa kunnianhimoinen ilmasto-ohjelma aiheuttaa todellisia kustannuksia siinä mielessä, että niukoista resursseista joudutaan luopumaan. Koska päästöjen vähentämisen kustannus vaihtelee alueittain ja toimialoittain, päästöjen johdonmukaisella hinnoittelulla voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä. Toistaiseksi maailmanlaajuisesti iso osa päästöistä on kuitenkin vielä hinnoittelun ulkopuolella ja hinnoittelu epäyhtenäistä.

Toteutetun politiikan vaikutuksia tarkastelevien *ex post* -tutkimusten tulosten perusteella voidaan arvioida, että EU:n päästökauppa ja yleiset hiiliverot ohjaavat innovointiin vähähiiliseen teknologiaan. Lisäksi laajemmat negatiiviset taloudelliset vaikutukset toimenpiteiden kohteena oleviin toimialoihin ovat olleet pieniä. Jälkimmäiseen havaintoon voi olla useita syitä. Hiilen hinta on viimeaikoihin asti ollut sangen alhainen ja käytössä on ollut kompensoivia toimia. Toisaalta päästöjen hinnoittelu on joka tapauksessa vain yksi monista yritysten päätöksiin vaikuttavista tekijöistä.

Eryteisesti polttoaineverotuksen, autoveron ja ajoneuvoveron vaikutuksista laaja empiirinen tutkimuskirjallisuus, jossa vaikutuksia päästöihin mitataan yleensä epäsuorasti arvioimalla vaikutuksia polttoaineiden kysyntään. Tulosten mukaan polttoaineen kysynnän hintajousto on pieni lyhyellä aikavälillä, mutta selvästi suurempi pitemmällä aikavälillä. Tuloksia on kuitenkin tulkittava varoen, koska tutkimuskirjallisuus koskee pääosin ajanjaksoa, jolloin vaihtoehtoja polttomoottorille ei juuri ollut.

Yhtenä mahdollisena osana kohti yhtenäisempää hiilen hinnoittelua on tutkimuskirjallisuudessa arvioitu hiilitulleja. Jos tulli kohdistuu sekä tuontiin että vientiin, se ikään kuin siirtää veron tuotannosta kulutukseen. Jotta tulli välittää oikean hintasignaalin sen pitäisi olla tuote- ja tuotantolaitoskohtainen. Kattava hiilitulli olisikin todennäköisesti hallinnollisesti hyvin raskas. Realistisempi vaihtoehto on rajoittaa tulli energiantensi-

visiin, ulkomaiselle kilpailulle alttiisiin tuotteisiin. Toisaalta tämä tarkoittaisi sitä, että suorana päästövähennykseen ohjaavana keinona sillä olisi vain rajallisesti vaikutusta.

Ohjauskeinoja tulee arvioida myös siitä näkökulmasta, jakautuvatko niiden aiheuttamat kustannukset yhteiskunnallisesta hyväksyttävällä ja oikeudenmukaisella tavalla. Tässä suhteessa voidaan erottaa kaksi eri ulottuvuutta. Ensinnäkin, voidaan arvioida sitä, ovatko toimenpiteet regressiivisiä, eli kohdistuvatko ne suhteessa voimakkaammin pienituloisiin kotitalouksiin. Näiden vaikutusten analysointiin on olemassa yleisesti hyväksytyjä analyysikehiköitä ja kattavat rekisteriaineistot. Myös mahdollisiin kompensatioihin käytettävissä toimivat instituutiot (tuloverotus ja etuusjärjestelmä).

Ilmastotoimien hyväksyttävyyttä ei kuitenkaan välttämättä liity ainakaan pelkästään niiden regressiivisyyteen vaan myös siihen, että niiden kustannukset saattavat jakautua monin tavoin epätasaisesti kotitalouksien erilaisten valintojen ja kulutustottumusten takia. Näiden vaikutusten oikeudenmukaisen jakautumisen kannalta tärkeää on yhtäältä se, miten kompensoivat toimet voidaan toteuttaa niin, etteivät ne heikennä hiilen hinnoittelun ohjausvaikutusta ja toisaalta se, millä kriteereillä tai minkälaiseen kulutukseen kompensatioiden tulisi kohdistua.

Hiilen hinnoittelu ei kuitenkaan yksinään riitä. Päästötavoitteiden saavuttamiseksi on välttämätöntä, että tuotannossa vaihdetaan laajamittaisesti puhtaampaan teknologiaan. Tämän takia on tehokasta tukea myös suoraan panostuksia T&K-investointeihin. Samalla on huomioitava se, että tällä hetkellä tunnetut puhtaat teknologiat vaativat kuitenkin uusiutumattomien luonnonvarojen, metallien, hyödyntämistä raaka-aineenaan. Metallien louhinta ja kaivostoiminta voivat puolestaan yhtä lailla aiheuttaa vakavia ympäristöhaittoja, jotka tosin ovat maantieteellisesti paikallisia tai alueellisia. Ilmastopolitiikan ei kuitenkaan tule globaalin ongelman ratkaisemisessa siirtää fossiilisten polttoaineiden käytön ongelmia muiden uusiutumattomien luonnonvarojen hyödyntämisen ongelmiksi.

Viitteet

Addison, T., ja A. Roe. 2018. *Extractive Industries: The Management of Resources as a Driver of Sustainable Development. A study prepared by the United Nations University World Institute for Development Economics Research*. UNU-WIDER. Oxford Scholarship Online.

- Aghion, P., A. Dechezleprêtre, D. Hémous, R. Martin ja J. Van Reenen. 2016. “Carbon Taxes, Path Dependency, and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry”. *Journal of Political Economy* 124 (1): 1–51.
- Alberini, A., ja M. Bareit. 2019. “The effect of registration taxes on new car sales and emissions: Evidence from Switzerland”. *Resource and Energy Economics* 56:96–112.
- Andersson, J. J. 2019. “Carbon Taxes and CO2 Emissions: Sweden as a Case Study”. *American Economic Journal: Economic Policy* 11 (4): 1–30.
- Baunsgaard, T. 2001. “A primer on mineral taxation”. *IMF Working Paper*, numero 139.
- Bento, A., L. Goulder, M. Jacobsen ja R. von Haefen. 2009. “Distributional and Efficiency Impacts of Increased US Gasoline Taxes”. *American Economic Review* 99 (3): 667–699.
- Beresteanu, A., ja S. Li. 2011. “Gasoline Prices, Government Support, and the Demand for Hybrid Vehicles in the United States”. *International Economic Review* 52 (1): 161–182.
- Boadway, R., ja M. Keen. 2015. “Rent Taxes and Royalties in Designing Fiscal Regimes for Non-Renewable Resources”. Teoksessa *Handbook on the Economics of Natural Resources*, toimittanut R. Halvorsen ja D. F. Layton. Handbook of Environmental Economics. Edward Elgar Publishing.
- Boomhower, J. 2019. “Drilling Like There’s No Tomorrow: Bankruptcy, Insurance, and Environmental Risk”. *American Economic Review* 109 (2): 391–426.
- CAAF. 2017. “Practice Guide to Auditing Mining Revenues and Financial Assurances for Site Remediation”. *Canadian Audit and Accountability Foundation*, <https://www.caaf-fcar.ca/images/pdfs/practice-guides/Practice-Guide-to-Auditing-Mining-Revenues-and-Financial-Assurances-For-Site-Remediation.pdf>.
- Calel, R., ja A. Dechezleprêtre. 2016. “Environmental Policy and Directed Technological Change: Evidence from the European Carbon Market”. *Review of Economics and Statistics* 98 (1): 173–191.
- Cerruti, D., A. Alberini ja J. Linn. 2017. “Charging Drivers by the Pound. The Effects of the UK Vehicle Tax System”. *RFF report, May 2017*.

- Daniel, P., B. Goldsworthy, W. Maliszewski, D. Mesa Puyo ja A. Watson. 2010. “Evaluating fiscal regimes for resource projects”. Teoksessa *The taxation of petroleum and minerals: principles, problems and practice*, toimittanut P. Daniel, M. Keen ja C. McPherson. New York: Routledge.
- Davis, L. W. 2017. “The Environmental Cost of Global Fuel Subsidies”. *The Energy Journal* 38:7–27.
- Dechezleprêtre, A., D. Nachtigall ja F. Venmans. 2018. “The joint impact of the European Union emissions trading system on carbon emissions and economic performance”. *OECD Economics Department Working Papers* 1515.
- Dechezleprêtre, A., ja M. Sato. 2017. “The Impacts of Environmental Regulations on Competitiveness”. *Review of Environmental Economics and Policy* 11 (2).
- Ellis, J., D. Nachtigall ja F. Venmans. 2020. “Carbon pricing and competitiveness: are they at odds?” *Climate Policy*.
- Flues, F., ja B. Lutz. 2015. “Competitiveness impacts of the German electricity tax”. *OECD Environment Working Papers* 88.
- Gaudet, G., ja P. Lasserre. 2015. “The Taxation of Non-Renewable Natural Resources”. Teoksessa *Handbook on the Economics of Natural Resources*, toimittanut R. Halvorsen ja D. F. Layton. Edward Elgar Publishing.
- Gerlagh, R., I. van den Bijgaart, H. Nijland ja T. Michielsen. 2015. “Fiscal Policy and CO2 Emissions of New Passenger Cars in the EU”. *Environmental and Resource Economics* 69 (1): 103–134.
- Gillingham, K., S. Houde ja A. van Benthem. 2020. “Consumer Myopia in Vehicle Purchases: Evidence from a Natural Experiment”. *American Economic Journal: Economic Policy*.
- Green, J. 2021. “Does carbon pricing reduce emissions? A review of ex-post analyses”. *Environmental Research Letter* 16 (4).
- Grigolon, L., M. Reynaert ja F. Verboven. 2018. “Consumer Valuation of Fuel Costs and Tax Policy: Evidence from the European Car Market”. *American Economic Journal: Economic Policy* 10 (3): 193–225.

- Guj, P. 2012. *Mineral royalties and other mining-specific taxes. Mining for Development: Guide to Australian Practice*. Western Australia: International Mining for Development Centre. http://im4dc.org/wp-content/uploads/2012a/01/UWA_1698_Paper-01_Mineral-royalties-other-mining-specific-taxes.pdf.
- Harju, J., T. Hokkanen, M. Laukkanen, K. Ollikka ja S. Tamminen. 2016. “Vuoden 2011 energiaverouudistuksen arviointia”. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja* 61/2016.
- Harju, J., T. Kosonen, M. Laukkanen ja K. Palanne. 2021. “The Heterogeneous Incidence of Fuel Carbon Taxes: Evidence from Station-Level Data”. *mimeo*.
- Hogan, L., ja B. Goldsworthy. 2010. “International mineral taxation. Experience and issues”. Teoksessa *The taxation of petroleum and minerals: principles, problems and practice*, toimittanut P. Daniel, M. Keen ja C. McPherson. New York: Routledge.
- Hokkanen, T. 2015. “Ilmastopolitiikan vaikutukset Suomen kansantalouteen ja kilpailukykyyn – mitä arvioista voidaan oppia?” *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja* 11/2015.
- Hotelling, H. 1931. “The Economics of Exhaustible Resources”. *The Journal of Political Economy* 39 (2): 137–175.
- Huhtala, A., ja O. Ropponen. 2020. “Resource and Environmental Policies for the Mining Industry: What Should Governments Do About the Increasing Social and Environmental Risks?” *VATT Working Papers* 137.
- Huse, C., ja C. Lucinda. 2013. “The Market Impact and the Cost of Environmental Policy: Evidence from the Swedish Green Car Rebate”. *The Economic Journal* 124:F393–F419.
- IMF. 2012. “Fiscal regimes for extractive industries: design and implementation”. *Policy Papers*.
- IPCC. 2018. “Global Warming of 1.5°C, Special Report”, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf.
- Jacobs, B., ja R. de Mooij. 2015. “Pigou meets Mirrlees: On the irrelevance of tax distortions for the second-best Pigouvian tax”. *Journal of Environmental Economics and Management* 71:90–108.

- Jaraite-Kažukauske, J., ja C. Di Maria. 2016. “Did the EU ETS Make a Difference? An Empirical Assessment Using Lithuanian Firm-Level Data”. *The Energy Journal* 37.
- Kellogg, R. 2014. “The Effect of Uncertainty on Investment: Evidence from Texas Oil Drilling”. *American Economic Review* 104:1698–1734.
- Klemetsen, M., K. E. Rosendahl ja A. L. Jakobsen. 2020. “The Impacts of the EU ETS on Norwegian plants’ environmental and economic performance”. *Climate Change Economics* 11 (01): 2050006.
- Koljonen, T., M. Laukkanen, M. Ollikainen, A. Lehtilä, E. Eerola, G. Koreneff, E. Kyritsis ym. 2019. “Energiantuotannon valmisteverotuksen kehittäminen Suomessa: Verohjauksen arviointia hiilineutraalisuustavoitteen näkökulmasta”. *VTT Techonology* 359.
- Kortum, S., ja D. Weisbach. 2017. “The Design of border adjustments for carbon prices”. *National Tax Journal* 70 (2): 421–446.
- Kuusi, T., M. Björklund, V. Kaitila, K. Kokko, M. Lehmus, M. Mehling, T. Oikarinen, J. Pohjola, S. Soimakallio ja M. Wang. 2020. “Carbon Border Adjustment Mechanisms and Their Economic Impact on Finland and the EU”. *Publications of the Government’s analysis, assessment and research activities* 48.
- Lange, I., ja M. Retlinger. 2019. “Effects of stricter environmental regulations on resource development”. *Journal of Environmental Economics and Management* 96:60–87.
- Laukkanen, M. 2020. “Energian tuotantoon ja energian käyttöön liittyvät yritystuet Taus-taraportti Yritystukien tutkimusjaoston raporttia 2020 varten”. *Yritystukien tutkimusjaosto*.
- Laukkanen, M., K. Ollikka ja S. Tamminen. 2019. “The impact of energy tax refunds on manufacturing firm performance: evidence from Finland’s 2011 energy tax reform”. *Publications of the Government s analysis, assessment and research activities* 32/2019.
- Levinson, A. 2019. “Energy efficiency standards are more regressive than energy taxes: Theory and evidence”. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 6 (S1): S7–S36.
- Li, S., J. Linn ja E. Muehlegger. 2014. “Gasoline Taxes and Consumer Behavior”. *American Economic Journal: Economic Policy* 6 (4): 302–42.

- Löschel, A., B. J. Lutz ja S. Managi. 2019. “The impacts of the EU ETS on efficiency and economic performance – An empirical analyses for German manufacturing firms”. *Resource and Energy Economics* 56:71–95.
- Marin, G., M. Marino ja C. Pellegrin. 2018. “The Impact of the European Emission Trading Scheme on Multiple Measures of Economic Performance”. *Environmental and Resource Economics* 71:551–582.
- Martin, R., L. de Preux ja U. Wagner. 2014. “The impacts of a carbon tax on manufacturing: Evidence from microdata”. *Journal of Public Economics* 117:1–14.
- Muehlenbachs, L. 2015. “A Dynamic Model of Cleanup: Estimating Sunk Costs in Oil and Gas Production”. *International Economic Review* 56:155–185.
- Naegele, H., ja A. Zaklan. 2019. “Does the EU ETS cause carbon leakage in European manufacturing?” *Journal of Environmental Economics and Management* 93:125–147. ISSN: 0095-0696. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.11.004>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069617306836>.
- Nordhaus, W. 2015. “Climate clubs: overcoming free-riding in international climate policy”. *The American Economic Review* 105:1339–1370.
- OECD. 2016. “Effective Carbon Rates: Pricing CO₂ through Taxes and Emissions Trading Systems”. *OECD Publishing, Paris*.
- Otto, J., C. Andrews, F. Cawood, M. Doggett, P. Guj, F. Stermole, J. Stermole ja J. Tilton. 2006. *Mining Royalties: A Global Study of Their Impact on Investors, Government and Civil Society*. The World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7105>.
- Palanne, K., ja A. Sahari. 2021. “Henkilöautoliikenteen CO₂-päästöt ja päästöjen vero-ohjaus”. *VATT Muistiot* 63.
- Rivers, N., ja B. Schaufele. 2015. “Salience of carbon taxes in the gasoline market”. *Journal of Environmental Economics and Management* 74:23-3671–91.
- Shapiro, J. S. 2020. “The Environmental Bias of Trade Policy”. *The Quarterly Journal of Economics*, <https://doi.org/10.1093/qje/qjaa042>.
- Slade, M. 2001. “Valuing managerial flexibility: An application of real-option theory to mining investments”. *Journal of Environmental Economics and Management* 41:193–233.

- Sterner, T., ja E. J. Robinson. 2018. “Selection and design of environmental policy instruments”. Teoksessa *Handbook of Environmental Economics*, toimittanut P. Dasgupta, S. K. Pattanayak ja V. K. Smith, 4:231–284. *Handbook of Environmental Economics*. Elsevier.
- Stiglitz, J. 2019. “Addressing climate change through price and non-price interventions”. *European Economic Review* 119:594–612.
- Stiglitz, J., ja N. Stern. 2017. “Report of the High-Level Commission on Carbon Prices”. *Carbon Pricing Leadership Coalition, International Bank for Reconstruction and Development and International Development Association*, <https://www.carbonpricingleadership.org/report-of-the-highlevel-commission-on-carbon-prices/>.
- Stitzing, R. 2016. “Essays on Empirical Microeconomics”. *Aalto University publication series, doctoral dissertations* 209.
- Tiezzi, S., ja S. F. Verde. 2016. “Differential Demand Response to Gasoline Taxes and Gasoline Prices in the U.S.” *Resource and Energy Economics* 44 (4): 71–91.
- World Bank. 2017. “The growing role of minerals and metals for a low-carbon future”, <http://documents.worldbank.org/curated/en/207371500386458722/pdf/117581-WP-P159838-PUBLIC-ClimateSmartMiningJuly.pdf>.