

Valtion
taloudellinen
tutkimuskeskus

Tutkimukset 165

Energia- ja ilmastopoliittisen toimenpi-
dekokonaisuuden vaikutukset energia-
järjestelmään ja kansantalouteen
vuoden 2013 jälkeisessä
päästökauppajärjestelmässä

Juha Honkatukia

Juha Forsström

Esa Pursiheimo

VATT Tutkimukset 165 elokuu 2011

VATT TUTKIMUKSET

165

Energia- ja ilmastopoliittisen
toimenpidekokonaisuuden vaikutukset
energiajärjestelmään ja kansantalouteen
vuoden 2013 jälkeisessä
päästökauppajärjestelmässä

Juha Honkatukia
Juha Forsström
Esa Pursiheimo

Juha Honkatukia, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT

Juha Forsström, Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT

Esa Pursiheimo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT

ISBN 978-951-561-993-8 (nid.)

ISBN 978-951-561-994-5 (PDF)

ISSN 0788-5008 (nid.)

ISSN 1795-3340 (PDF)

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus

Government Institute for Economic Research

Arkadiankatu 7, 00100 Helsinki, Finland

Email: etunimi.sukunimi@vatt.fi

Oy Nord Print Ab

Helsinki, elokuu 2011

Kansi: Niilas Nordenswan

Energia- ja ilmastopoliittisen toimenpidekokonaisuuden vaikutukset energiajärjestelmään ja kansantalouteen vuoden 2013 jälkeisessä päästökauppajärjestelmässä

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus
VATT Tutkimukset 165/2011

Juha Honkatukia – Juha Forsström – Esa Pursiheimo

Tiivistelmä

Tämän tutkimuksen tavoitteena on arvioida päästökaupan ja erityisesti erihintaisen päästöoikeuksien vaikutuksia energian tuotantoon ja kulutukseen sekä kansantalouteen osana energia- ja ilmastopoliittista toimenpidekokonaisuutta. Vaikutusarviot perustuvat energiataloutta kuvaavan TIMES-mallin ja kansantaloutta kuvaavan VATTAGE-mallin avulla tehtyihin simulaatioihin. Jotta päästökaupan vaikutuksia on voitu arvioida, on koottu yhteen talouden eri sektoreja koskevat toimenpiteet, joilla pyritään saavuttamaan EU:n energia- ja ilmastopakettin Suomelle asettamat tavoitteet, jotka koskevat kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämistä, uusiutuvan energian käytön lisäämistä sekä energiansäästöä. Lisäksi tutkimuksessa arvioidaan uusien ydinvoimaloiden vaikutuksia osana mallisimulointeja. Simulaatioiden perusteella vaikutukset koko kansantalouteen ovat vuonna 2020 vähintään 1,1 prosenttia kansantuotteesta. Päästökaupan vaikutuksen piiriin kuuluvilla toimialoilla on suuri, mutta päästöjä vähentää myös uusiutuvan energian osuuden lisäämiseen tähtäävät toimenpiteet. Vuoden 2013 jälkeen päästökauppa voi synnyttää veronluonteista tuloa, millä on merkitystä koko kansantaloudenkin kannalta, koska se helpottaa muiden toimenpiteiden rahoittamista.

Asiasanat: Päästökauppa, energiansäästö, uusiutuva energia

JEL-luokat: H23, E62, C68

Abstract

This report evaluates the effects of the EU emission trade Finnish energy sector and on the Finnish economy. The study uses the TIMES energy sector model to study effects in the energy sector, and the VATTAGE model of the Finnish economy to study the effects on the economy. To obtain a comprehensive under-

standing of the effects of emission trading, we take into account not only emission trade, but also the targets on renewable energy and energy efficiency. Thus the model simulations use the proposed measures on curbing emissions, increasing the share of renewables, and energy saving to produce estimates on effects compared to a business-as-usual scenario. The results indicate that the energy package would reduce Finnish GDP by at least 1,1 percentage points by the year 2020. Emission trading has a significant effect on the emission trading sectors, but measures to increase the share of renewable energy also account for large impacts in these sectors. Significantly, after 2013, the revenue generated by the auctioning of emission permits may alleviate the fiscal burden caused by revenue-losing measures to promote renewable energy.

Key words: Emission trading, Energy efficiency, Renewable energy

JEL classes: H23, E62, C68

Esipuhe

EU:n päästökauppajärjestelmä on muuttumassa vuoden 2013 alussa. Työ- ja elinkeinoministeriön energiaosasto on teettänyt Valtion taloudellisella tutkimuskeskuksella ja Valtion teknisellä tutkimuskeskuksella arvion uuden päästökauppajärjestelmän vaikutuksista energiajärjestelmään ja kansantalouteen. Koska päästökauppa linkittyy osaksi EU:n energia- ja ilmastopoliittista kokonaisuutta, ei sen arvioiminen kokonaisuudesta erillään ole mielekäästä. Niinpä tässä tutkimuksessa on tarkasteltu koko energia- ja ilmastopoliittista kokonaisuutta ja päästökauppaa sen osana. Vaikka tutkimuksen pääpaino on päästökaupassa, tuottaa se sivutuotteena arvion kokonaisuudenkin vaikutuksista.

Vaikutusarviot on tehty Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen kansantaloudellisten ja Valtion teknisen tutkimuslaitoksen energiajärjestelmämallin avulla. Vaikutusarviossa tarkastellaan, millaiselle sopeutumisuralle kansantalous joutuu ilmasto- ja energiapoliittisen toimenpidekokonaisuuden vaikutuksesta. Vaikutukset energiajärjestelmään ja sen suoriin kustannuksiin on ensin arvioitu VTT:n energiataloutta kuvaavalla TIMES-mallilla, jonka tuloksia on käytetty hyväksi VATT:n kansantalousmallilla tehdyissä vaikutusarvioissa. Eräät simulaatioiden tuloksista, esimerkiksi sähkön ja lämmön yhteistuotannon mahdollinen väheneminen, johtaisivat luultavasti aikaa myöten korjaaviin toimenpiteisiin, mutta tällaisista ei kuitenkaan ole tehty laskelmissa lisäoletuksia.

Tutkimuksen valvojina ovat toimineet Päivi Janka ja Pekka Tervo. Heidän asiantuntevien kommenttiensa lisäksi tutkimusta ovat kommentoineet monet energiaosaston asiantuntijat, joilla kaikille osoitamme kiitoksemme. Tutkimuksen tuloksista vastaavat kuitenkin tekijät.

Juha Honkatukia

Juha Forsström

Esa Pursiheimo

Yhteenveto

EU:n energia- ja ilmastopoliittinen paketti asettaa varsin vaativia tavoitteita yhteisön hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi, uusiutuvien energianlähteiden käytölle ja energiansäästölle vuoteen 2020 mennessä. Tässä tutkimuksessa arvioidaan, millaisia vaikutuksia tavoitteiden toteuttamiseksi tarvittavilla toimenpiteillä on Suomen kansantalouteen ja energiajärjestelmään.

Vaikutusarviot on tehty Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen (VATT) ja VTT:n yhteistyönä. Vaikutusarviossa tarkastellaan, millaiselle sopeutumisuralle kansantalous joutuu ilmasto- ja energiastrategian toteuttamisen vaikutuksesta. Strategian aiheuttamat suorat kustannusvaikutukset on ensin arvioitu VTT:n energiataloutta kuvaavalla TIMES-mallilla, jonka tuloksia on käytetty hyväksi VATT:n kansantalousmallilla tehdyissä vaikutusarvioissa.

Tavoitteiden toteuttaminen vaatii laajoja muutoksia energiankulutuksessa, mutta arvioiden mukaan uusiutuville energialähteille ja energiankäytön tehostamiselle asetettujen tavoitteiden toteuttamisella saavutaan lähes kokonaan myös Suomelle esitetty päästökauppasektoriin kuulumattomien alojen päästövähennystavoite, jonka mukaan päästöjen tulisi olla vuonna 2020 16 prosenttia alemmat kuin vuoden 2005 päästöt. Tähän pääseminen vaatii kuitenkin taloudellisten ohjauskeinojen, kuten esimerkiksi syöttötariffien ja energiaverotuksen, käyttöä. Energiaverotuksen vuodelle 2011 kaavailtu kiristäminen vaikuttaa päästöjä alentavasti, muttei sellaisenaan vielä riittävästi päästökauppasektoriin kuulumattomien toimialojen 16 prosentin päästötavoitteen saavuttamiseksi. Päästökauppasektori joutuu puolestaan ostamaan päästöoikeuksia eurooppalaisilta markkinoilta, jolloin päästöoikeuksien hinta tulee vaikuttamaan osaltaan tavoitteiden kustannuksiin Suomessa.

Energia- ja ilmastopoliittinen ohjelma vaikuttaa vuonna 2020 koko kansantalouden rakenteeseen ja kokonaistuotannon tasoon. Keskeinen vaikutuskanava on energiakustannusten nousu, joka leikkaa ostovoimaa ja heikentää viennin hintakilpailukykyä. Kansantuote jää tutkimuksen peruslaskelmassa siksi vuonna 2020 noin 1,1 prosenttia alemmalle tasolle kuin perusuralla.

Toimenpidekokonaisuuteen sisältyy taloudellisen ohjauksen lisäksi myös energiasektorille ja metsätaloudelle kohdennettuja tukia. Lisäksi Suomi on sitoutunut osallistumaan kehitysmaiden ilmastonmuutokseen sopeutumisen tukemiseen. Energiaverojen korotus ja vuoden 2013 jälkeen syntyvät päästökaupan huutokauppatulot parantavat kuitenkin valtion rahoitusasemaa selvästi. Vaikka uusiutuvan energian tukemiseen on varauduttu käyttämään merkittäviä tukia koko 2010-luvun ajan, jää valtiontalous kaiken kaikkiaan kuitenkin ylijäämäiseksi.

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Vaikutukset energiajärjestelmään	4
2.1 Skenaariot ja alkuoletukset	4
2.2 Tulokset	6
3 Kansantaloudelliset vaikutukset	11
3.1 Vaikutukset koko kansantalouden tasolla	12
3.2 Vaikutukset päätoimialojen tuotantoon ja työllisyyteen	22
3.3 Vaikutukset päästöihin	29
3.4 Vaikutukset verotuloihin	30
4 Johtopäätöksiä	32
Liitteet	33
Lähteet	41

1 Johdanto

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan energia- ja ilmastopoliittisten toimenpiteiden vaikutuksia energiajärjestelmään, työllisyyteen ja kansantalouteen. Tutkimuksessa on otettu huomioon kaikki tiedossa olevat toimet, joilla päästötavoitteisiin, energiansäästöön ja uusiutuvan energian osuuden kasvattamiseen pyritään.

Arvion lähtökohtana on VATT:n toimialakehityksen ennakointiraportin (Honkatukia, Ahokas ja Marttila 2010) tuloksiin perustuva tavoitteellinen kasvuskenaario, jossa kansantuote kasvaa ennen kaikkea työllisyysasteen paranemisen ja keskeisten vientitoimialojen hyvän tuottavuuskehityksen vuoksi vajaan kahden prosentin keskimääräistä vauhtia seuraavien viidentoista vuoden aikana. TEM:n tulevaisuuskatsausta pohjustava Tavoite-skenaario (Ahokas ja Honkatukia 2010), jossa ennakointihankkeen perusskenaarioon nähden toteutetaan useita kasvua tukevia toimenpiteitä. Näistä tärkeimmät ovat julkisen hallinnon ja hoiva- ja terveydenhoitosektorien kasvun hillitseminen esimerkiksi tuottavuutta kasvattamalla ja säästöjen avulla; konepaja- ja elektroniikkateollisuuden tuottavuuden kasvu toimialan omin toimin; julkisen sektorin perusura suurempi panostus TK-toimintaan; ja työllisyysasteen kohottaminen esimerkiksi työuria pidentämällä ja verotusta kehittämällä. Lisäksi skenaario ottaa huomioon metsäteollisuuden ja metallien valmistuksen kapasiteetin parantuneet kasvunäkymät.

Energia- ja ilmastopoliittikkaa koskevat keskeiset oletukset ovat:

1. Energian käyttömuutokset

Uusiutuvan energian osuuden kasvattaminen on arvioitu yksityiskohtaisen energiajärjestelmämallin (TIMES) avulla, jonka keskeisinä tuloksina saadaan primäärienergian käytössä tapahtuvat muutokset toimialoittain sähkön ja lämmön tuotannon eri muodoille (erillinen sähköntuotanto, yhdistetty tuotanto ja erillinen kaukolämmön tuotanto). Lisäksi malli tuottaa arvion biopolttoaineiden jalostamisessa tarvittavien raaka-aineiden käytön muutoksista ja polttoaineiden käytöstä muun muassa rakennusten lämmityksessä. Näiden arvioiden tulokset on kohdennettu kansantaloudelliseen malliin teknologian muutoksina.

Energiansäästön osalta arvio nojautuu aiempaan tutkimukseen (Honkatukia ja Forsström 2008) energiansäästön määristä ja kustannuksista. Edellisen osalta aiempia tuloksia voidaan pitää hyvänä lähtökohtana, mutta esimerkiksi Energiansäästötoimikunnan vuonna 2009 esittämien tulosten valossa arvio säästön kustannuksista päivittyy jonkin verran alaspäin.

Energiajärjestelmää koskevien muutosten vaikutusarvioita käsitellään lähemmin tutkimuksen luvussa 2.

2. Taloudelliset ohjaukeinot

Toimenpidekokonaisuuksien sisältämät taloudelliset ohjaukeinot on otettu huomioon sellaisinaan TEM:n energiaosaston esityksen mukaisesti. Keskeiset tuet koskevat tuulivoiman syöttötariffeja ja puun pienkäytön ja biojalostamojen saamia investointitukia. Yhteensä tukien määrä on noin 700 miljoonaa euroa vuonna 2020 ministeriön esityksen mukaisesti. Tukien rahoituksen oletetaan tapahtuvan muista verotuloista.

Päästökauppa muodostaa ilmastopolitiikan keskeisen ohjaukeinon. Tutkimuksessa tarkastellaan sekä energiajärjestelmän että kansantalouden kehitystä kolmen päästöoikeuksien hintaa koskevan oletuksen valossa, joissa vuoteen 2020 mennessä päästöoikeuden hinta saavuttaa joko 15, 30 tai 45 euron hinnan hiilidioksiditonnilta. Päästöoikeuksien hinnan kehitykseen vaikuttavat paitsi EU:n omaksumat tavoitteet, myös kansainvälisen ilmastopimoksen kehittyminen.

Energiaverotuksen osalta arvion lähtökohtana on vuodelle 2011 kaavailtu energiaverouudistus, jonka oletetaan maakaasun ja turpeen verotuksen osalta toteutuvan kolmessa vaiheessa vuoteen 2015 mennessä. Tämän jälkeen energiaverotusta oletetaan kiristettävän samassa tahdissa kuin päästöoikeuksien hinnat Euroopassa nousevat. Päästöoikeuksien hinnan oletetaan saavuttavan 30 euron tason vuonna 2020 ja 45 euron tason vuoteen 2030 mennessä. Päästöoikeuksien alkujaoon oletetaan tapahtuvan kasvavasti huutokaupan avulla Kioton jälkeisen kauden edetessä.

Osana EU:n velvoitteita Suomi joutuu osallistumaan kehitysmaiden sopeutumistoimien rahoitukseen. Suomen osuudeksi on tutkimuksessa oletettu 150 miljoonaa euroa vuositasolla.

Tutkimuksen Suomea koskevissa arvioissa ei pohdita päästöoikeuksien hintakehityksen taustoja. Tutkimuksen liitteessä arvioidaan kuitenkin päästöoikeuksien hinnan kehitykseen vaikuttavia tekijöitä ja siitä aiheutuvia vaikutuksia eurooppalaisen ja pohjoismaisen teollisuuden näkökulmasta.

3. Investoinnit tuulivoimaan, biojalostamoihin ja ydinvoimaan

Laskelmissa oletetaan tuulivoimaan investoitavan noin 3,5 miljardia vuoteen 2020 mennessä. Tämä vastaa uusiutuvan energian velvoitepaketin tavoitteita. Biojalostamoihin oletetaan investoitavan velvoitepaketin mukaisesti, jolloin lisäinvestointi vuoteen 2020 mennessä olisi noin miljardi euroa. Ydinvoimalainvestointien oletetaan käynnistyvän vuosina 2015 ja 2020 ja valmistuvan viiden vuoden rakennusaikataululla.

Kaikkiaan lisäinvestoinnit johtavat sähkön ja lämmöntuotannon kasvuun noin 2,2 prosentin vuosivauhdilla fossiilisten polttoaineiden käytön vähentyessä merkittävästi jo muutaman vuoden tähtäimellä ennen kaikkea energiantuotannossa mutta myös liikenteessä.

Tutkimuksen luvussa kolme tarkastellaan 30 euron päästöoikeuden hintaskenaariossa toimenpidekokonaisuuden eri osien vaikutusta kansantalouteen toimenpidekerrallaan. Lisäksi tutkimuksessa arvioidaan päästöoikeuden hinnan vaikutusta toimenpidekokonaisuuksien kustannuksiin. Päästöoikeuden hinta vaikuttaa paitsi energiajärjestelmään, myös valtion tuloihin (päästökaupasta syntyvien huutokauppatalojen kautta) ja menoihin (syöttötariffien riippuessa päästöoikeuden ja sähkön hintojen kehityksestä).

Kansantaloutta koskevien arvioiden takana ovat energiajärjestelmässä tapahtuvia muutoksia koskevat arviot. Energiajärjestelmää arvioidaan kolmessa eri skenaariossa, joissa päästöoikeuden hinnat vaihtelevat kolmessa eri skenaariossa vuonna 2020 (15, 30 ja 45 €/t) ja vuonna 2030 (50, 75 ja 100 €/t). Tämän vuoksi esim. 30 €/t hinnalla skenaario saa kokonaisuudessaan tuloksissa nimen PÄÄSTÖ 30.

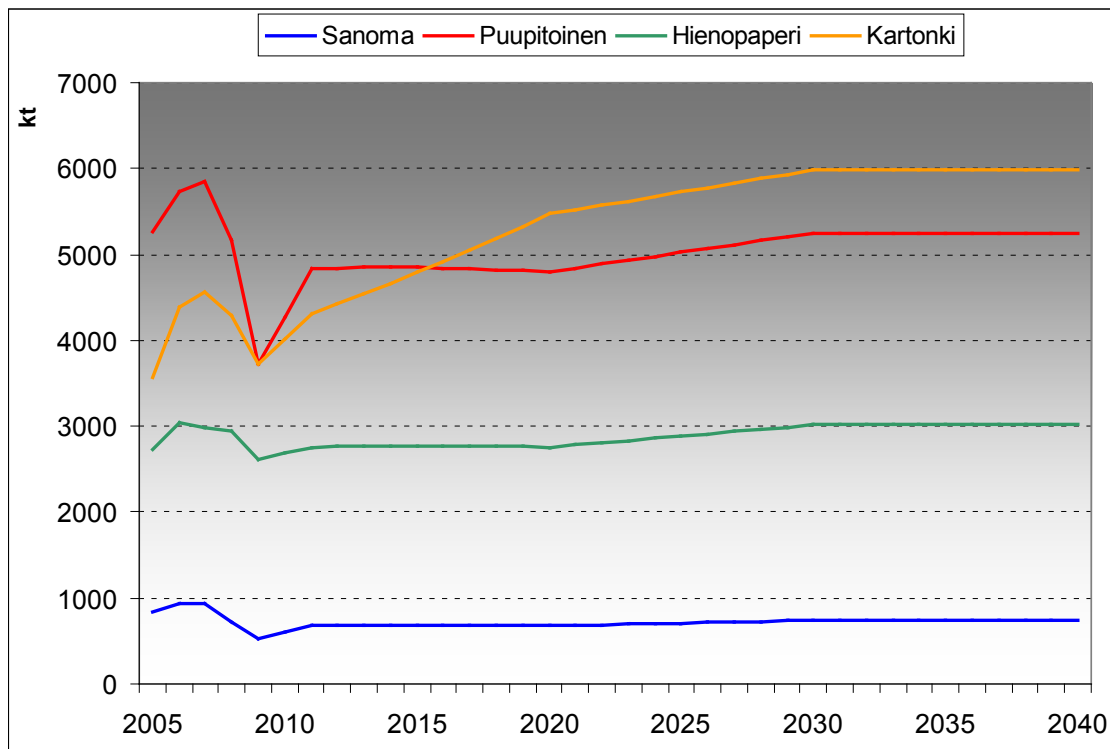
Tutkimuksen luvussa kaksi esitetään energiajärjestelmätarkastelun tulokset luvun kolme keskittyessä kansantaloudellisiin vaikutuksiin. Tutkimuksen liitteissä on kuvattu käytetyt mallit.

2 Vaikutukset energiajärjestelmään

Ilmastopoliittisen toimenpidekokonaisuuden vaikutuksia energiajärjestelmään tarkastellaan tässä luvussa Suomen energiajärjestelmää kuvaavan TIMES-mallin avulla, joka on tarkemmin esitelty liitteessä 3.

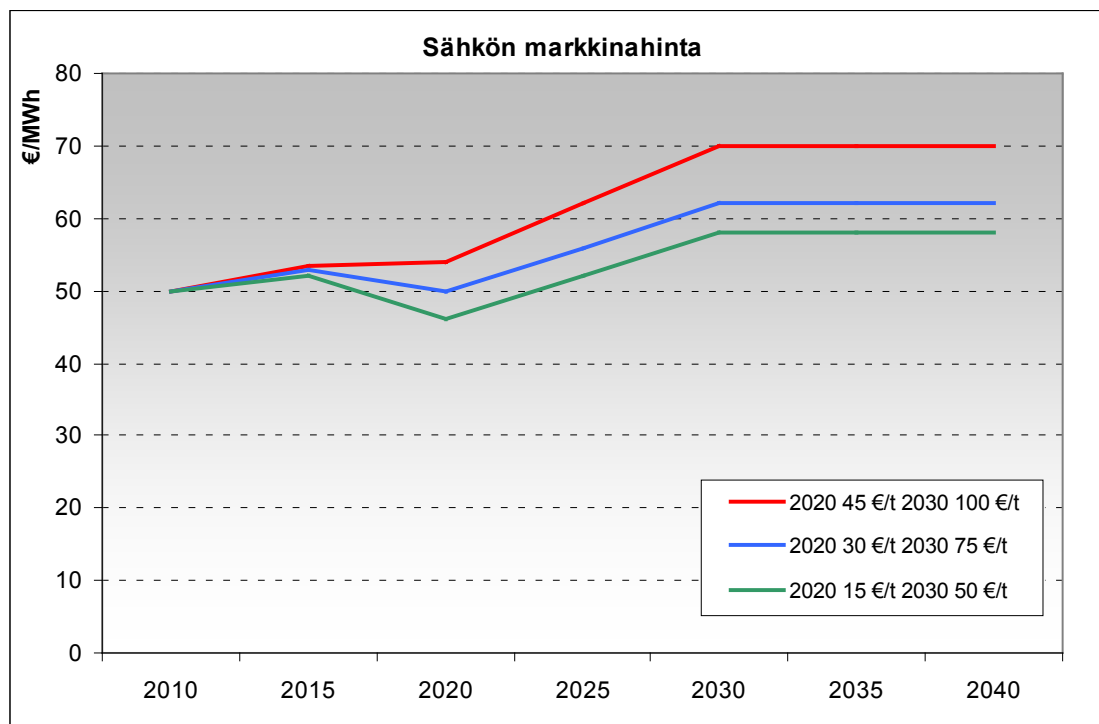
2.1 Skenaariot ja alkuoletukset

Kansantaloustarkastelujen pohjalle tarvittavan energiajärjestelmäänalyysin laskelmat on suoritettu TIMES-mallilla, joka kuvaa Suomen energiajärjestelmän kokonaisuudessaan. TIMES-laskennan skenaarioiden perustana ovat TEM:n arviot teollisuuden tuotannosta, joista tässä esimerkkinä kuviossa 1 esitetty kemiallisen metsäteollisuuden tuotannon kehitys. Laskentaskenaarioissa on mukana kahden uuden ydinreaktorin rakentaminen (käyttöönnotot vuosina 2020 ja 2025).



Kuvio 1. Kemiallisen metsäteollisuuden tuotantoskenaariot.

Koska TIMES-mallissa tärkeät pohjoismaiset sähkömarkkinat on kuvattu muiden maiden tuotannon suhteen eksogeenisena sähköntuotantona, täytyy tälle sähkölle asettaa hintakehitysarvio. Kolmelle päästöoikeusskenaariolle laskettiin kolme eri hintakäyrää (kts. kuvio 9.), jotka perustuvat aiempien VTT:n sähkömarkkinatarkastelujen hinta-arvioihin korjattuna uusilla päästöoikeuden hintojen vaikutuksella.



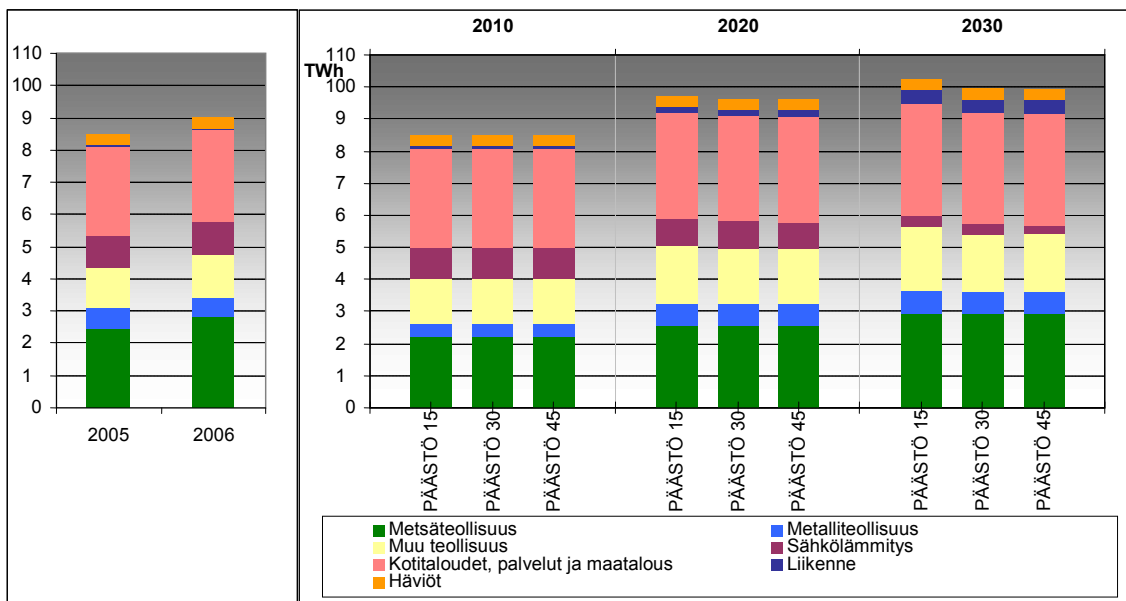
Kuvio 2. Pohjoismaisen markkinasähkön hintakehitys kolmessa päästöoikeuden hintaskenaariossa.

Puubiomassan saatavuuden estimaatti asetettiin mallissa vastaamaan uusiutuvan energian velvoitepaketin lukuja, joista tärkeimpänä metsähakkeen saatavuus on noin 29 TWh vuonna 2020. Lisäksi uusiutuvan energian velvoitepaketin analyysin vuoksi pellettituotannon ja pellettien kulutuksen suhteen mallin rakennetta päivitettiin hieman tarkemmaksi. Liikenteen biopohjaisten polttonesteiden tuotantoskenaariot vastaavat TEM:n asettamia arvioita. Lisäksi energiaverotus on skenaarioissa päivitetty vastaamaan vuodesta 2011 eteenpäin uutta hallituksen energiaveroesitystä.

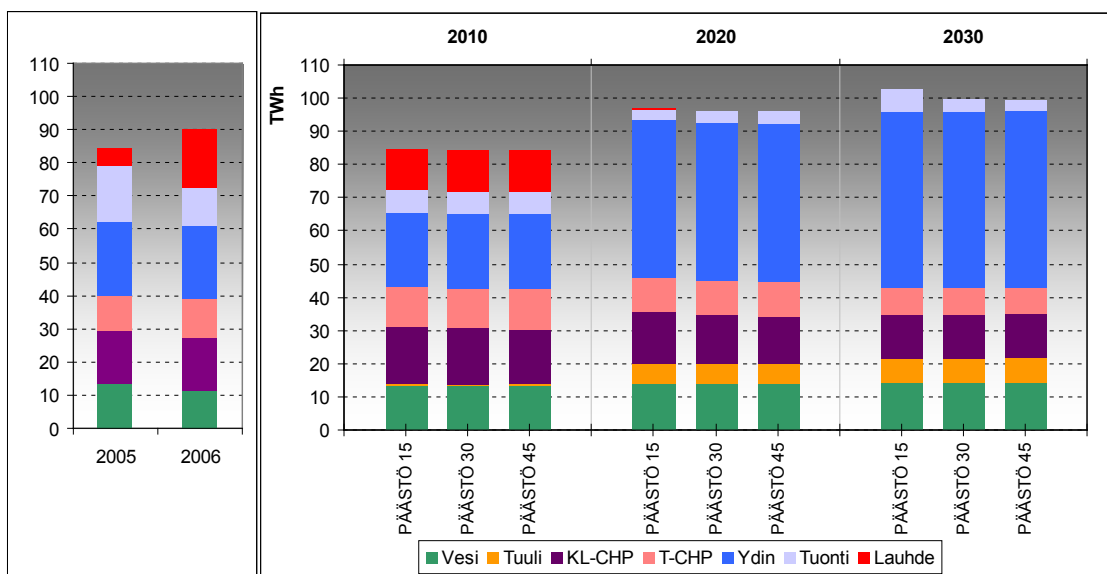
Kansantaloustarkasteluja varten muodostettiin myös eräänlainen vertailu-ura, jonka avulla voidaan analysoida mm. eri skenaarioiden kansantaloudellisia kustannusvaikutuksia. Tässä vertailuskenaariossa päästöoikeuden hinnaksi asetettiin 30 €/t (2020) ja 75 €/t (2030) ja sähkön hinnan kehitys sitä vastaavaksi sekä energiaverojen tason pysyvän vuotta 2010 vastaavana. Lisäksi puubiomassan saatavuus asetettiin tarkasteluajanjaksolle vastaamaan likimäärin nykyistä puubiomassan käyttöä. Koska nykyisellä tasolla puubiomassan saatavuus ei kattaisi realistisella tavalla perusskenaarioiden biopolttonesteiden tuotantoa, on mallissa vertailu-uran tapauksessa puupohjaisten polttonesteiden määrät asetettu hankittavan tuonnilla. Tämän lisäksi vertailu-urassa on luovuttu RES2020-direktiivin energian loppukäytön uusiutuvan osuuden vaatimuksesta.

2.2 Tulokset

-18 on esitetty sähkönkulutus eri skenaarioissa. Tämän selvityksen skenaariot eroavat vain päästöoikeuden hinnassa (ja siten sähkön markkinahinnassa), joten erot sähkönkulutuksessa ovat sangen pieniä. Vuonna 2030 alimmalla päästöoikeuden hinnalla kulutus kohoaa yli 100 TWh lähinnä muun teollisuuden vähäisemmän sähkönsäästön ja astetta suuremman sähkölämmityksen vuoksi. Vaikka metsäteollisuuden tuotantoskenaariot, ja sitä kautta sähkön käyttö, ovat skenaarioissa verrattain suuria, vaikuttavat korkeammat sähköverot ja sähkön markkinahinnat muilla sektoreilla kokonaiskulutukseen hillitsevästi, mikä näkyy selkeästi mm. sähkölämmityksen tasossa.



Kuvio 3. Sähkönkulutuksen kehitys eri skenaarioissa 2010-2030

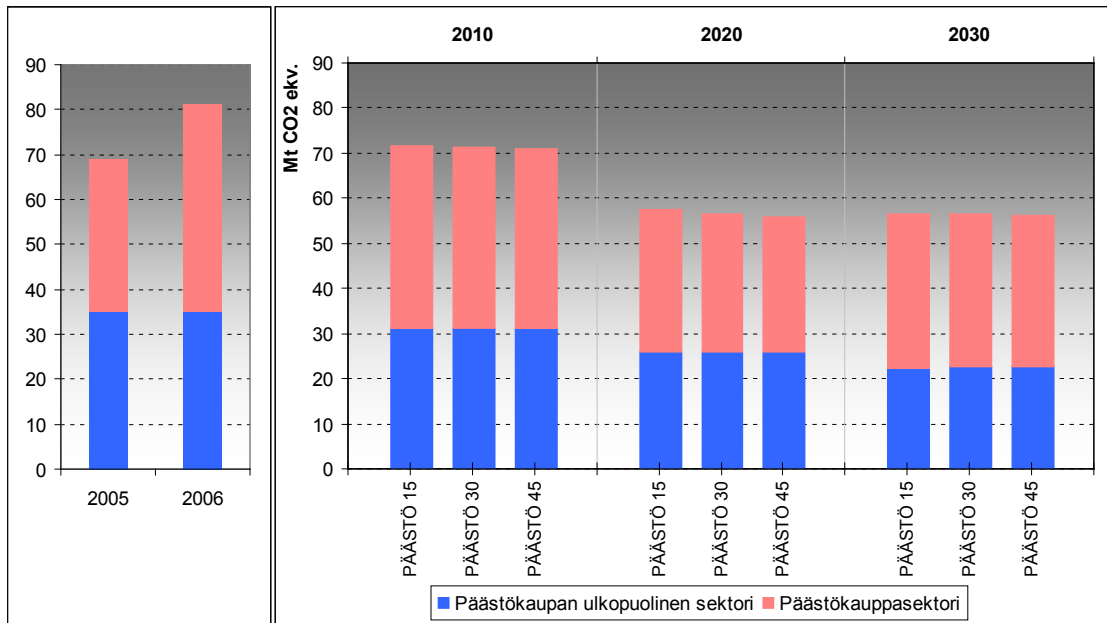


Kuvio 4. Sähkön tuotannon kehitys

Sähkön tuotannon kehitys on esitetty kuviossa 4. Vuodesta 2020 lähtien hallitseva tuotantomuoto on luonnollisesti ydinvoima, kun taas CHP-tuotannon määrä kääntyy lievään laskuun. Tuuli- ja vesivoiman lisäykset ovat skenaarion rajoitusten mukaiset ja lauhdetuotannolle ei ole juurikaan tarvetta suuren ydinkapasiteetin johdosta vuoden 2010 jälkeen. CHP-tuotannon lasku johtuu pääosin siirtymisestä kaukolämmön tuotannossa yhä enenevässä määrin kattiloihin sekä CHP-kapasiteetin muuttumisesta varsinkin kaasusta yhä enemmän puuhun, turpeeseen ja hiileen. Lisäksi ydinvoimakapasiteetin kasvun ja suhteellisen edullisen markkinasähkön hinnan vuoksi CHP-sähkön kilpailukyky (ottaen huomioon myös investoinnit uuteen kapasiteettiin) on aiempaa vähäisempi.

Mallissa hiilen käyttöä on suitsittu asettamalla kaukolämpösektorille hiilelle ns. sosioekonominen yläraja, joka vastaa suurin piirtein nykyistä kulutusta. Tuloksista ilmenee, että vuosina 2010–2030 ei tämä rajoitus ole sitova, joten CHP-tuotannon yleinen väheneminen ja energiaverotus näyttävät vaikuttavan hiilen käyttöön hillitsevästi. Lisäksi pääkaupunkiseudun kaukolämpötuotannon ominaispiirteitä on vuodelle 2020 kuvattu asettamalla vähintään 30 % koko maan kaukolämpötuotannosta tuotettavan hiilellä, maakaasulla tai yhdyskuntajätteellä. Tämä tuotannon alaraja puolittuu vuoteen 2030 mennessä.

Puubiomassan käyttö kaukolämpösektorilla, niin CHP-tuotannossa kuin kattilatuotannossa, kasvaa rajusti vuonna 2020 uusiutuvan energian paketin myötä, mutta laskee jonkin verran tästä tasosta vuodelle 2030. Tähän tärkeimpänä syynä on puubiomassan käyttö yhä enenevässä määrin biopolttonesteiden tuotannossa sekä pellettituotannossa vuodesta 2020 eteenpäin. Lisäksi vuonna 2030 turve ja hiili tekevät jälleen paluun kaukolämpösektorin polttoaineina maakaasukapasiteetin poistuttua lähes kokonaan. Teollisuuden CHP-tuotannossa korkean rakennusasteen kaasutukseen perustuville laitoksille ei ole tilausta suuren ydinkapasiteetin johdosta. Sähköntuotannon suhteen ei eri skenaarioissa ole juurikaan eroja, sillä markkinasähkö tarjoaa tarvittavan jouston kulutuseroihin.

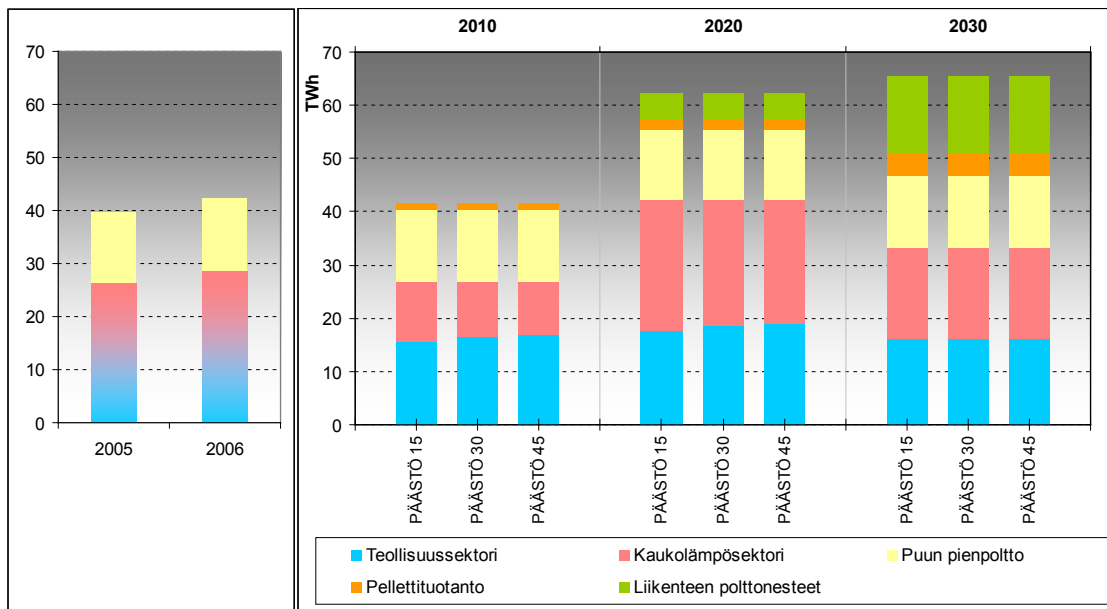


Kuvio 5. Kasvihuonekaasupäästöt päästökaupasektorilla ja ei-päästökaupasektorilla

Kuviossa 5 on esitetty CO₂-ekvivalentit päästöt eriteltyinä päästökaupasektoriin ja päästökaupan ulkopuoliseen sektoriin. Päästöissä näkyy selvänä pudotuksena kahden uuden reaktorin (OL3 ja toinen uusista reaktoreista) käyttöönotto ja uusiutuvan energian velvoitepaketin suuri biomassamäärä vuodelle 2020 verrattuna vuoden 2010 tilanteeseen. Päästöoikeuden hinnan vaihtelut aiheuttavat vain pientä heilahtelua päästökaupasektorilla.

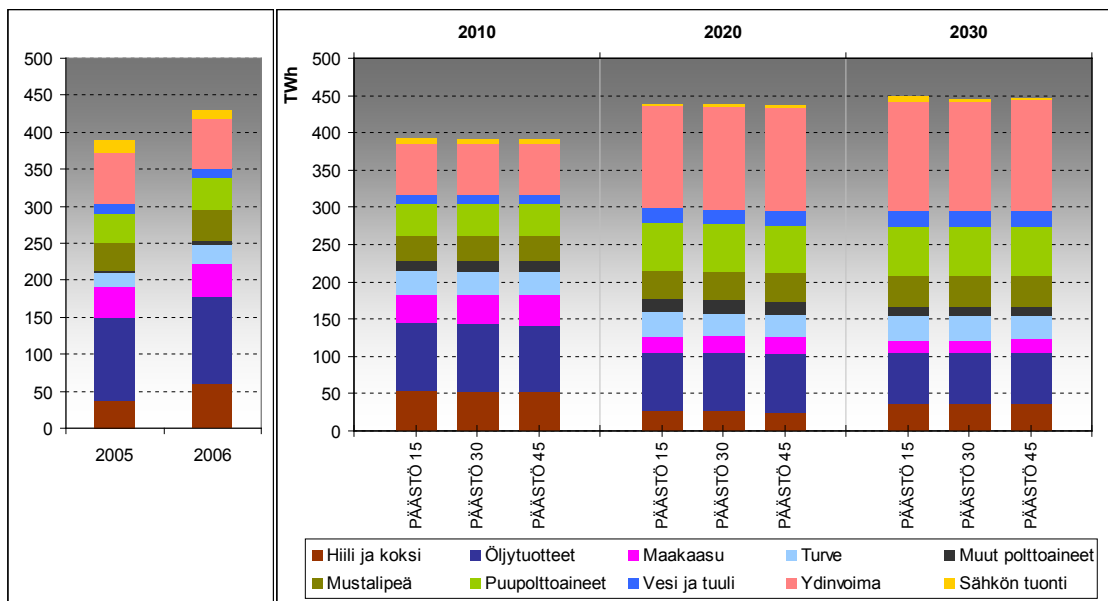
Päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästöt (mukaan lukien CH₄- ja N₂O-päästöt) laskevat direktiivin vaatimuksen 28.0 Mt (typpihapon valmistuksen N₂O-päästöt ja teollisuuden kattiloiden CO₂-päästöt siirretty päästökaupan alaisiksi) alle vuosina 2020–2030. Tärkeimpänä tekijänä direktiivin päästövaatimuksen selkeään alittumiseen vuosina 2020–2030 on mallin tarjoaman liikennesektorin teknologian kehittyminen eli autokannan polttoainekulutuksen selkeä parantuminen sekä biopoltonesteiden ja sähköautojen käyttöönotto liikennesektorilla. On kuitenkin huomattava, että päästödirektiivin vaatimuksen laskettua tasolle 25.4 Mt (vastaa 30 % päästövähennystä) ei liikennesektorilta löydy enää päästövähennyspotentiaalia vuodelle 2020. Lisäksi lämmityssektorilta on jo vuonna 2020 öljylämmitys lähes kokonaan poistunut pellettien ja lämpöpumppujen vuoksi, joten lämmityssektorilla ei päästövähennyksiä paljolti löydy. Tämän vuoksi 25.4 Mt:n päästörajan saavuttaminen voi vaatia energiajärjestelmämallissa CH₄- ja N₂O-päästöjen optimointia, joka reaali maailmassa saattaa osoittautua vaikeaksi toteuttaa.

Puubiomassan käytössä erot päästöoikeuden hinnan suhteen ovat skenaarioissa mitättömät, pois lukien vuoden 2020 PÄÄSTÖ 15 –skenaarion lievä ero teollisuuden ja kaukolämpösektorin puunkäytössä. Kuviosta 6 voi huomata energiantuotantoon menevän puubiomassan pientymisen vuonna 2030 johtuen yhä kasvavasta puupohjaisten liikennepolttonesteiden valmistuksesta sekä pellettien valmistuksesta.



Kuvio.6. Puubiomassan (metsähake, teollisuuden tähdehake, pienpuu) käyttö

Skenaarioissa päästöoikeuden hinnan vaikutus primäärienergiaan on kuvion 7 mukaan varsin merkityksetön. Kuviosta huomataan myös, että uusien veroratkaisujen vaikutus turpeen käyttöön ei ole ainakaan hillitsevä, toisin kuin hiilen tapauksessa.



Kuvio 7. Primäärienergian kulutus

3 Kansantaloudelliset vaikutukset

Tässä luvussa tarkastellaan toimenpidekokonaisuuden vaikutusta koko kansantalouden tasolla. Luvun ensimmäisessä osassa raportoidaan muutokset keskeisten makrotaloudellisten muuttujien tasolla, kun taas toinen osa käsittelee toimialavaikutuksia. Luvun viimeinen osa käsittelee verotusta ja taloudellista ohjausta.

Kansantaloudellisia vaikutuksia on arvioitu sekä toimenpiteiden että päästökaupan näkökulmista. Toimenpiteiden osalta tarkastelu jakautuu neljään kokonaisuuteen, joita arvioidaan 30 euron päästöoikeusskenaariossa:

- Vuodesta 2011 alkaen vaiheittain toteutettavan energiaverouudistuksen vaikutukset. Energiaverotuksen uudistus nostaa päästöille kohdistuvan energiaveron tasolle, joka vastaa 30 euroa hiilidioksiditonnilta muilta kuin liikennepolttoaineilta, joilla se vastaa 50 euroa tonnilta.
- Päästökaupan ja energiaverotuksen yhteisvaikutukset. Skenaariossa oletetaan päästöoikeuden hinnan kohoavan 30 euroon hiilidioksiditonnilta vuoteen 2020 mennessä. Vuodesta 2013 alkaen päästökaupasta syntyy valtiolle tuloja, jotka kasvavat vuoteen 2020 mennessä ilmaiseksi jaettavien päästöoikeuksien osuuden pienentyessä.
- Energiaverotuksen, päästökaupan ja uusiutuvan energian tavoitteiden yhteisvaikutus. Skenaario ottaa energiaverouudistuksen ja päästökaupan lisäksi huomioon myös uusiutuvalla energialle asetetut tavoitteet ja niille kohdentuvan taloudellisen tuen. Skenaariossa arvioidaan myös uusiutuvan energian lisärakentamisesta syntyviä – merkittäviä – työllisyysvaikutuksia.
- Ilmastopoliittisen kokonaisuuden ja ydinvoiman lisärakentamisen yhteisvaikutus. Tässä viimeisessä skenaariossa tarkastellaan uusien ydinvoimaloiden rakentamisen vaikutuksia ottaen huomioon kaikki ilmastopoliittiset toimenpiteet. Ydinvoimalat eivät tarkastelujaksolla ehdi vaikuttaa sähkön tuotantoon ennen vuotta 2020, mutta niiden rakentamisella on suuria työllisyysvaikutuksia, jotka jatkuvat vuoden 2020 jälkeenkin.

Päästöoikeuden hinnan vaikutusta kustannuksiin arvioidaan vain koko energia- ja ilmastopoliittisen kokonaisuuden osalta. Tällöin on otettava huomioon päästöoikeuden hinnan suoran vaikutuksen lisäksi myös vaikutus esimerkiksi syöttötarifeihin ja päästöoikeuksien huutokaupasta kertyviin veronluonteisiin tuloihin. Kuten energiajärjestelmänkin osalta, arvioidaan kansantaloudestakin siis kolme skenaariota:

- Ilmastoskenaario oletuksella päästöoikeuden hinnan kohoamisesta 15 euroon tonnilta vuoteen 2020 mennessä; skenaariossa toteutetaan kaikki päästötavoitteet energiaverotuksen ja päästökaupan avulla; uusiutuvan energian velvoitepaketti yllä kuvatuin toimenpitein; ja energiansäästö aiemmin arvioitujen toimien avulla. Tässä skenaariossa puun syöttötariffi jää käytöstä 12 vuoden jälkeen 2020 luvun alussa.

- Ilmastoskenaario oletuksella päästöoikeuden hinnan kohoamisesta 30 euroon tonnilta vuoteen 2020 mennessä; skenaariossa toteutetaan kaikki päästötavoitteet energiaverotuksen ja päästökaupan avulla; uusiutuvan energian velvoitepaketti yllä kuvatuin toimenpitein; ja energiansäästö aiemmin arvioitujen toimien avulla. Tässä skenaariossa puun syöttötariffi jää käytöstä vuonna 2020 päästöoikeuden hinnan saavuttaessa 30 euron tason.
- Ilmastoskenaario oletuksella päästöoikeuden hinnan kohoamisesta 45 euroon tonnilta vuoteen 2020 mennessä; skenaariossa toteutetaan kaikki päästötavoitteet energiaverotuksen ja päästökaupan avulla; uusiutuvan energian velvoitepaketti yllä kuvatuin toimenpitein; ja energiansäästö aiemmin arvioitujen toimien avulla. Tässä skenaariossa puun syöttötariffi jää käytöstä jo vuonna 2015 päästöoikeuden saavuttaessa 30 euron tason.

3.1 Vaikutukset koko kansantalouden tasolla

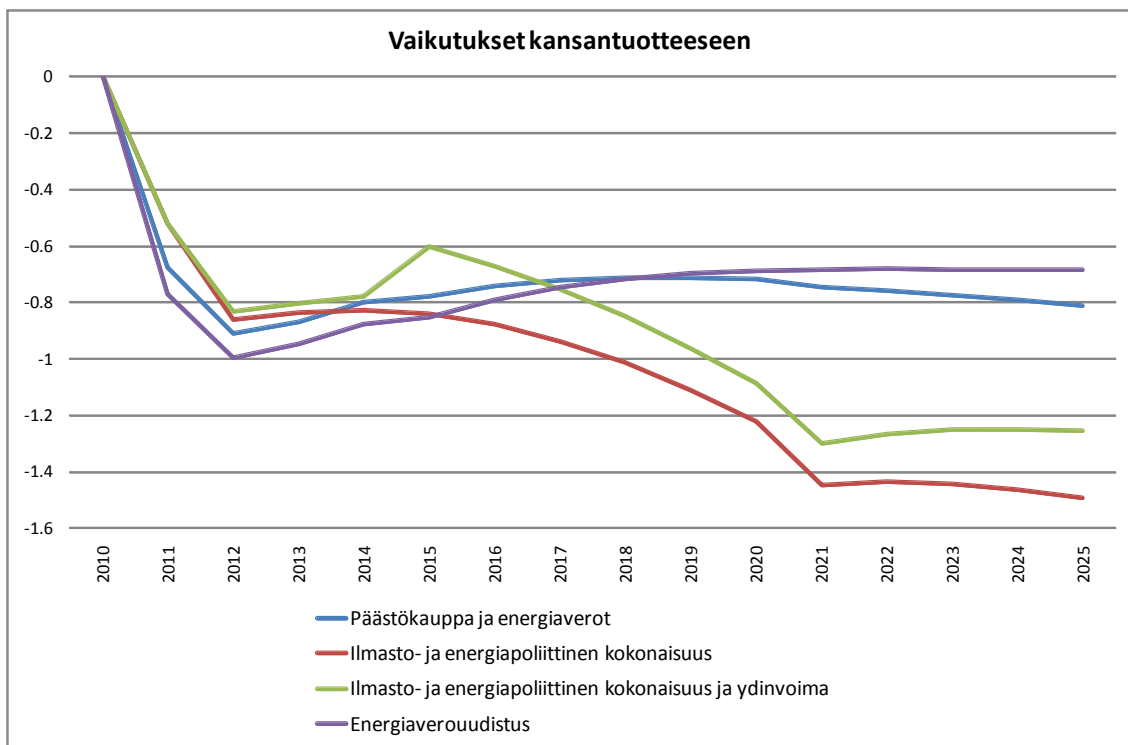
Kansantaloudellisia vaikutuksia arvioidaan aluksi vuoden 2011 energiaverouudistuksen näkökulmasta. Toisessa vaiheessa tarkastellaan energiaverotuksen ja päästökaupan yhteisvaikutuksia. Tarkastelun lähtökohtaoletuksena on, että päästöoikeuksien hinta nousee vuoteen 2020 mennessä 30 euroon hiilidioksiditonnilta. Tämä oletus on sama kaikissa laskelmissa. Kolmannessa vaiheessa arviointiin lisätään uusiutuvan energian käytölle asetetut tavoitteet, jotka koskevat sekä tuulivoimaa että puunkäytön lisäämistä niin energiantuotannossa kuin biojalostamoissakin. Viimeisessä vaiheessa arvioihin otetaan mukaan ydinvoiman lisärakentaminen. Tässä vaiheessa arvioidaan myös päästöoikeuksien hinnan vaikutus kansantaloudellisiin kustannuksiin. Päästöoikeuksien hintojen oletetaan kehittyvän edellisluvun kaltaisia vaihtoehtoisia kehitysuria siten, että ne vuonna 2020 olisivat 15, 30, tai 45 euroa hiilidioksiditonnilta. Niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat päästöoikeuden hintakehitykseen, on pohdittu tarkemmin liitteessä 3.

Vertailukohtana tarkastelussa on perusura, jolla otetaan huomioon tähän asti toteutetut toimet, joista merkittävimmät koskevat Kioton sopimuksen toteuttamista päästökaupan avulla. Kansantuote kasvaa perusuralla noin 38 prosenttia vuoteen 2005 verrattuna, mikä vastaa keskimäärin vajaan kahden prosentin vuosikasvua. Lisäksi perusuraan sisältyy valtaosa energiansäästön vaikutuksista. Energian säästön tavoite on ohjeellinen, mutta tässä on lähdetty siitä, että energian loppukäytön tulee laskea 320 TWh:iin vuonna 2020, mikä tarkoittaa 25 TWh:n vähennystä perusuralta. Energiatehokkuutta lisäämään ei ole suunniteltu erillisiä toimia, vaan sen oletetaan toteutuvan perusuralla. Esimerkiksi liikenteessä ja lämmityksessä oletetaan toteutuvan merkittävää polttoainetalouden paranemista jo tehtyjen toimien perusteella. Lämmityksessä merkittävin säästön kohde koskee kevyttä polttoöljyä, jonka käyttö supistuu alle puoleen vuoden 2005 tasosta jo perusuralla.

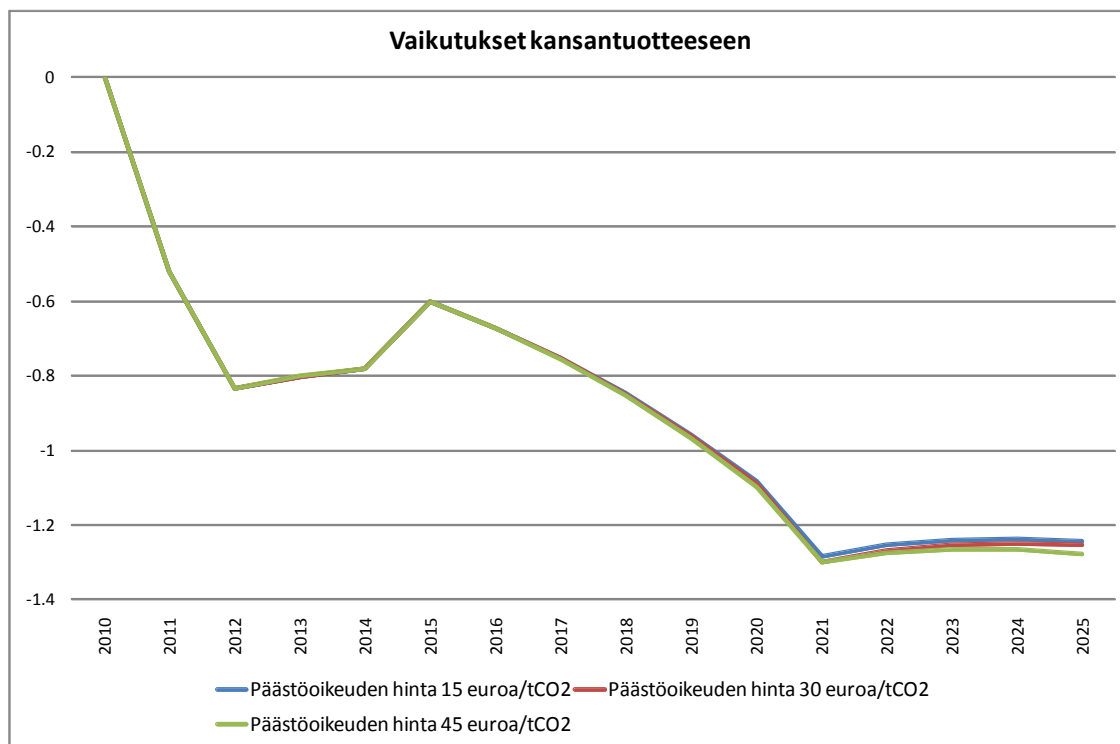
Kuvioon 8 on koottu toimenpiteiden vaikutukset kansantuotteeseen. Vuoteen 2020 mennessä energiaverotuksen korotus laskee kansantuotteen tasoa noin 0,7

prosentilla perusurasta. Päästökauppa tuo tähän pienen lisäpudotuksen, jos päästöoikeuden hinta nousee 30 euroon hiilidioksiditonnilta. Koska vuonna 2011 toteutettava energiaverotuksen korotus nostaa hiilidioksidikomponentin 20 eurosta hiilidioksiditonnilta 30 euroon, olisi veron ja päästökaupan ohjaavuus samansuuruinen sekä päästökauppasektorilla että sen ulkopuolella. Uusiutuvan energian tavoitteiden toteuttaminen lisää vaikutuksia kansantuotteeseen huomattavasti. Vuonna 2020 kansantuote jää noin 1,2 prosenttia perusuraa alemmaksi. Tämä johtuu ennen kaikkia energian kallistumisesta, kun taas investoinnit uusiutuvaan energiaan lisäävät sinänsä kansantuotetta. Ydinvoimainvestointien alkaminen vuonna 2015 lieventää vaikutusta, mikä johtuu vielä 2010-luvulla pääasiassa investointien vaikutuksesta ja pidemmällä tähtäimellä myös energiantuotannon kasvusta.

Kuvioon 9 on koottu kansantuotevaikutusten vertailu päästöoikeuden hintaskaarioiden välillä. Ilmasto- ja energiapoliittiset toimet merkitsevät lisäkustannuksia taloudelle, vaikka ne sisältävätkin monien toimialojen kasvua kiihdyttäviä toimia. Toimenpiteistä valtaosa ei riipu päästöoikeuden hinnasta, mutta varsinkin vuoden 2020 jälkeen, jolloin toimenpiteiden tulisi olla saavuttanut tavoitteensa, jolloin päästöoikeuden hinnan kehitys vaikuttaa selvemmin talouskehitykseen. Kansantuotteen taso jää 15 euron päästöoikeuden hinnalla vuonna 2020 noin prosentin ja 45 euron hinnalla noin 1,1 prosenttia alemmaksi kuin perusuralla. Vuonna 2025 ero on jo suurempi ja kasvaa 1,2 -1,3 prosentiksi päästöoikeuden hinnasta riippuen.



Kuvio 8. Vaikutukset kansantuotteeseen (päästöoikeuden hinta 30 €/tCO₂)



Kuvio 9. Vaikutukset kansantuotteeseen eri päästöoikeuden hinnoilla

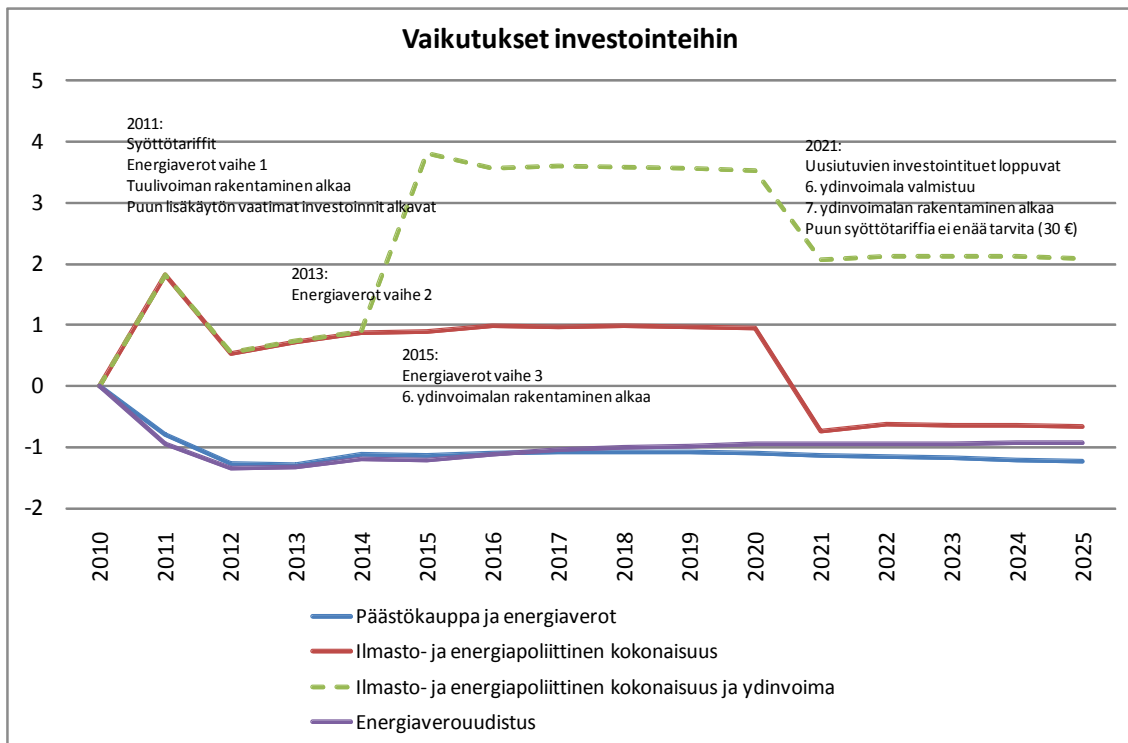
Kuvioon 10 on koottu vaikutukset investointeihin. Sekä energiaverotuksen korottaminen että päästökauppa laskevat investointeja etenkin energianintensiivisillä toimialoilla. Uusiutuvan energian tavoitteiden toteuttaminen sen sijaan merkitsee hyvin voimakasta investointien kasvua energiantuotannossa, mutta myös monilla palvelutoimialoilla ja muussa teollisuudessa. Toimenpidekokonaisuuden vaikutukset kansantuotteeseen voidaan pitkälti ymmärtää juuri investointien ja työllisyyden reaktioiden kautta. Investointeja kasvattavat tuulivoimalle, puun käytön lisäämiselle ja biojalostamoiden rakentamiseen suunnatut tuet, joiden oletetaan alkavan vuonna 2011. Puun ja tuulivoiman syöttötariffien oletetaan myös alkavan vuonna 2011. Kaikki nämä toimenpiteet lisäävät investointeja energiasektorilla, kemian teollisuudessa (jonne biojalostamot sijoittuvat) ja osin myös metsätaloudessa. Laskelmissa oletetaan, että vuonna 2015 ja 2021 aloitetaan uusien ydinvoimaloiden rakentaminen, mikä näkyy hankkeiden poikkeuksellisen suuruuden vuoksi kokonaisinvestointeja nostavana varsin selvästi.

Kuviossa 11 tarkastellaan päästöoikeuden hinnan vaikutusta kokonaisinvestointeihin. Päästöoikeuden hinta vaikuttaa energiainvestointeihin vain vähän, mikä johtuu siitä, että ne toteutetaan suurimmaksi osaksi uusiutuvan energian lisäämistavoitteiden puitteissa. Muussa taloudessa päästöoikeuden hinnan vaikutus kuitenkin tuntuu. Energiainvestointeihin vaikuttaa enemmän päästöoikeuden hinnan ja päästökaupan välinen linkki. Puun syöttötariffien poistumisen on oletettu toteutuvan päästöoikeuden hinnan saavuttaessa 30 euron tason tai viimeistään 12 vuo-

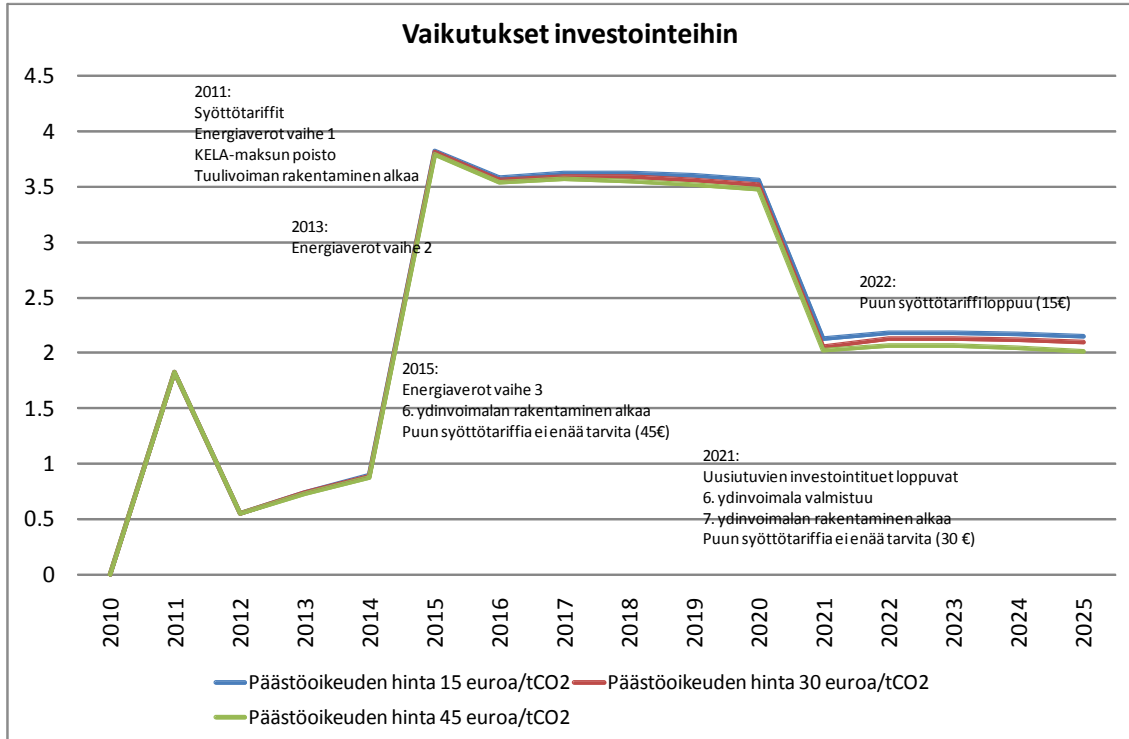
den kuluttua, mikä näkyy kokonaisinvestointeja nostavasti. Vaikutus johtuu siitä, että tariffien poistuminen keventää tuloverotukseen kohdistuvaa painetta, mikä puolestaan hidastaa reaali-palkkojen nousua ja parantaa pääoman tuottoa talouden muilla toimialoilla.

Kuvioon 12 on koottu työllisyysvaikutukset eri toimenpiteiden osalta. Energiaverouudistuksen ja päästökaupan työllisyysvaikutukset syntyvät hintatason nousun kautta, joka laskee talouden yleistä aktiviteettitasoa. Tästä syystä lyhyellä tähtämellä työn kysyntä laskee, mutta tässä oletetaan, että pitkällä tähtämellä työmarkkinat sopeutuvat reaali-palkkojen laskiessa takaisin pitkän tähtäimen kasvuralleen. Vuoteen 2020 mennessä sopeutuminen on tässä käytetyillä oletuksilla jo lähes täydellinen. Uusiutuvan energian investoinnit luovat työpaikkoja energiantuotantoon, rakentamiseen ja yksityisille palvelusektoreille, mutta energian kohonnut kustannus johtaa työllisyyden alenemiseen teollisuudessa liikenteessä ja kaupan ja majoituksen toimialoilla. Ydinvoimahankkeet luovat työpaikkoja samoille toimialoille eikä niillä vielä vuoteen 2025 mennessä ole vaikutusta teollisiin työpaikkojen säilymiselle.

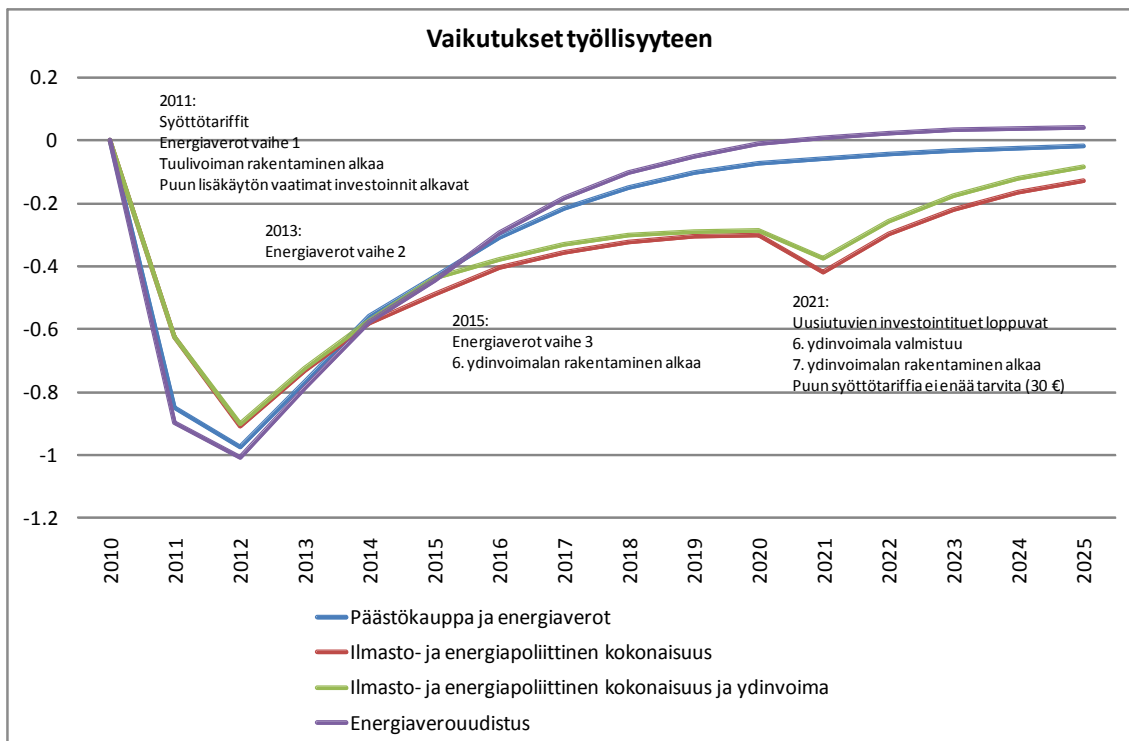
Kuviossa 13 tarkastellaan työllisyysvaikutuksia eri päästöoikeuden hinnoilla. Päästöoikeuden hinnan vaikutus työllisyyteen on pieni, mitä johtuu suurelta osin investointien ja päästökaupan heikosta linkistä.



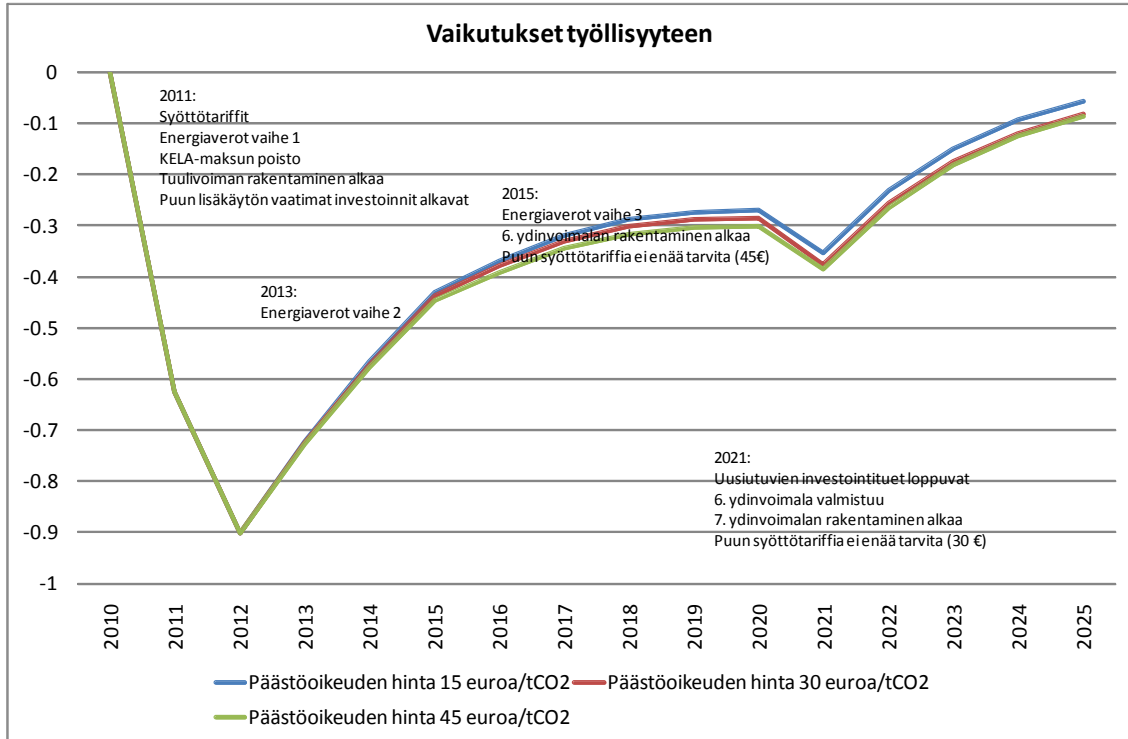
Kuvio 10. Vaikutukset investointeihin päästöoikeuden hinnalla 30 €/tCO₂t



Kuvio 11. Vaikutukset investointeihin eri päästöoikeuden hinnoilla



Kuvio 12. Työllisyysvaikutukset päästöoikeuden hinnalla 30 €/tCO2



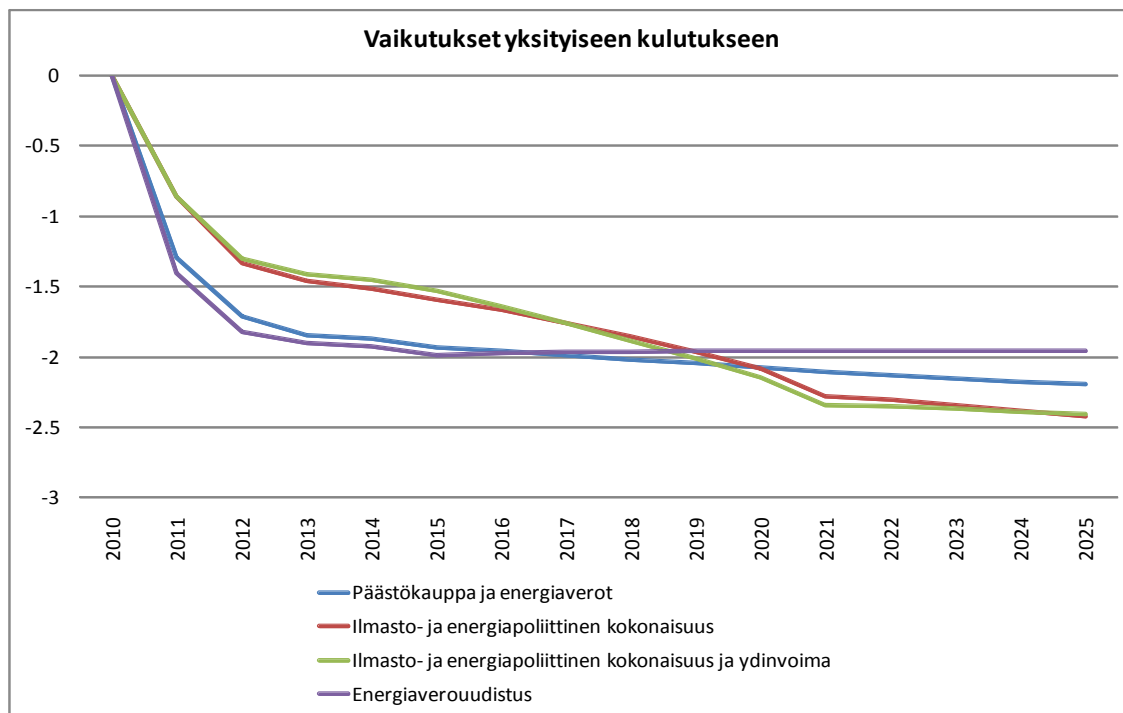
Kuvio 13. Työllisyysvaikutukset eri päästöoikeuden hinnoilla

Kuviossa 14 on kuvattu kotitalouksien kulutuksen muutosta eri vaihtoehdoissa. Päästökauppa laskee kulutuskysyntää selvästi. Uusiutuvan energian ja ydinvoiman lisärakentamisen vaikutus on sen sijaan päästökaupan vaikutuksia lieventävä, mikä johtuu investointien työllistämisaikutuksista. Suuri osa vaikutuksista kulutukseen syntyy asumisen ja erilaisten palvelujen kallistumisen kautta, ei niinkään suoraan energian hinnan kautta. Kuviossa 15 kotitalouksien kulutus on purettu rahamääräiseksi hyvinvoinnin muutokseksi. Hyvinvoinnin rahamääräinen mittari kuvaa yksinkertaistaen sitä rahamäärää, jonka kuluttaja menettää toteutetun politiikan seurauksena. Kuvion perusteella toimenpideohjelman kustannukset vuoteen 2020 mennessä ovat reilut kolme miljardia euroa.

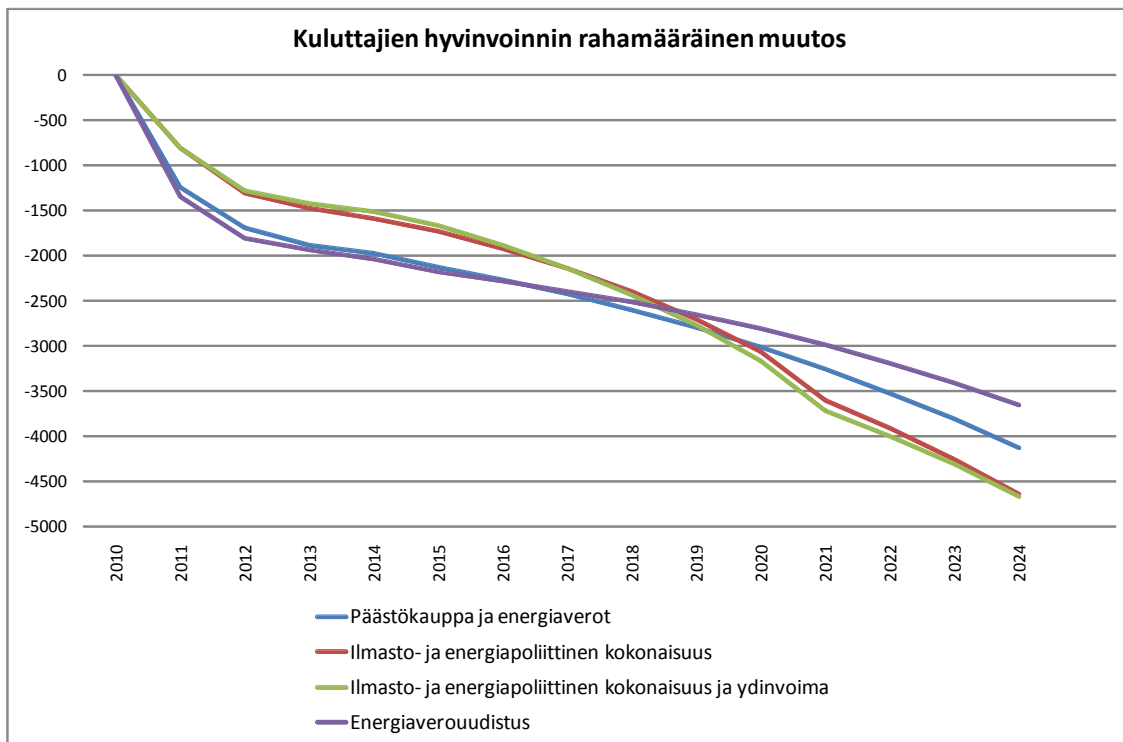
Kuviossa 16 tarkastellaan kotitalouksien kulutuskysynnän kasvua päästöoikeuden hinnan eri skenaarioissa. Vuonna 2011 toteuttava energiaverouudistus ja energia- ja ilmastopoliittisen toimenpidekokonaisuuteen sisältyvien tukien rahoittamisen vaatimat veronkorotukset leikkaavat lyhyellä tähtämellä ostovoimaa varsin selvästi. Pidemmällä tähtämellä näitä toimia kompensoi jossain määrin työllisyyden elpyminen, mutta vuoteen 2020 mennessä kulutuskysyntä jää noin 2,2 prosenttia perusuraa alemmalle tasolle. Vuoden 2020 jälkeen päästöoikeuden hintakehityksen erot näkyvät myös kulutuskysynnässä. Vuonna 2025 kulutuskysyntä on jo 2,3 – 2,5 prosenttia perusuraa alempana.

Kuviossa 17 on kuvattu kulutuskysynnän muutoksen aiheuttamaa hyvinvointivaikutusta rahamääräisesti päästöoikeuden eri hinnoilla. Vuoden 2011 toimenpiteiden vaikutukset hyvinvointiin vastaavat kuvion perusteella noin miljardin euron laskua kuluttajien hyvinvoinnissa; vuonna 2020 vaikutus on noin 2,6 -2,7 miljardia, ja vuoteen 2025 mennessä hyvinvoinnin menetys vastaa noin neljän ja puolen miljardin menetystä. Henkeä kohti laskettuna tämä tarkoittaa siis vajaata kuuttakymmentä euroa vuosittain seuraavien viidentoista vuoden ajan.

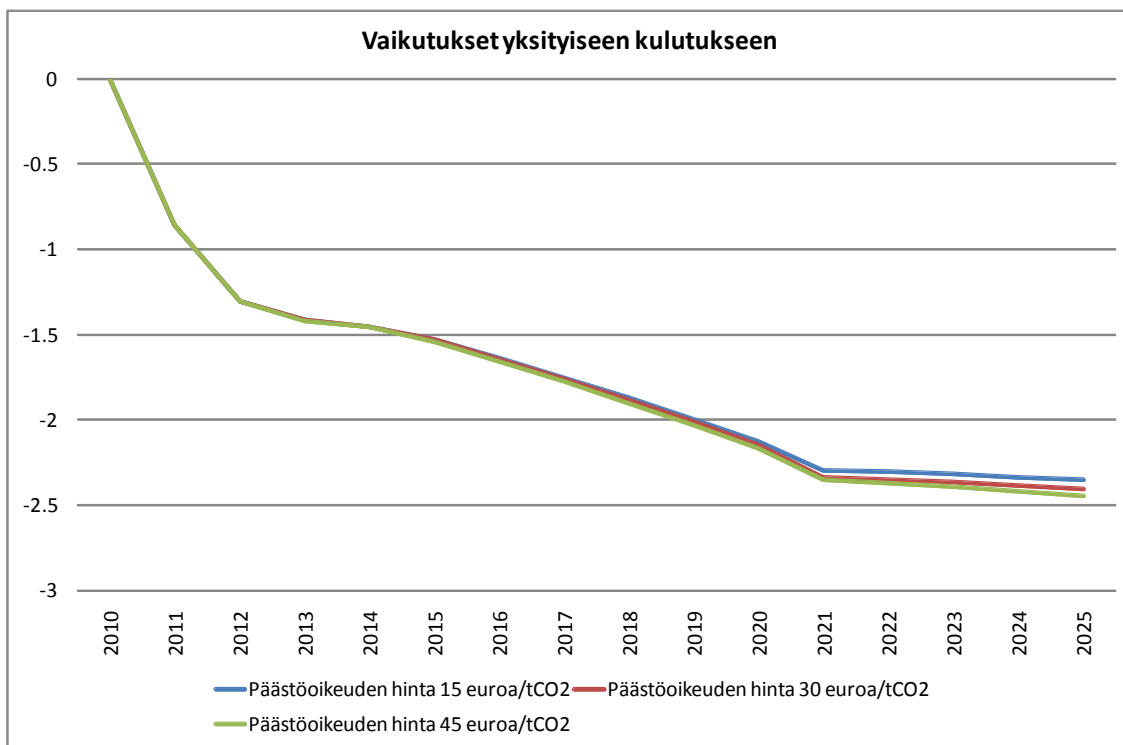
Kuviossa 18 tarkastellaan toimenpidekokonaisuuden vaikutuksia kulutukseen eri tuloluokissa 30 euron päästöoikeuden hinnalla. Arvio perustuu kulutustutkimuksen tietoihin kuluttajien kulutuskorien eroista eri tulodesiileissä. Kuvion perusteella koko toimenpidekokonaisuuden vaikutukset kulutukseen ovat suuremmat alemmissa tulodesiileissä kuin korkeammassa. Pienituloisiin vaikutukset ovat siis suurempia kuin suurituloisiin.



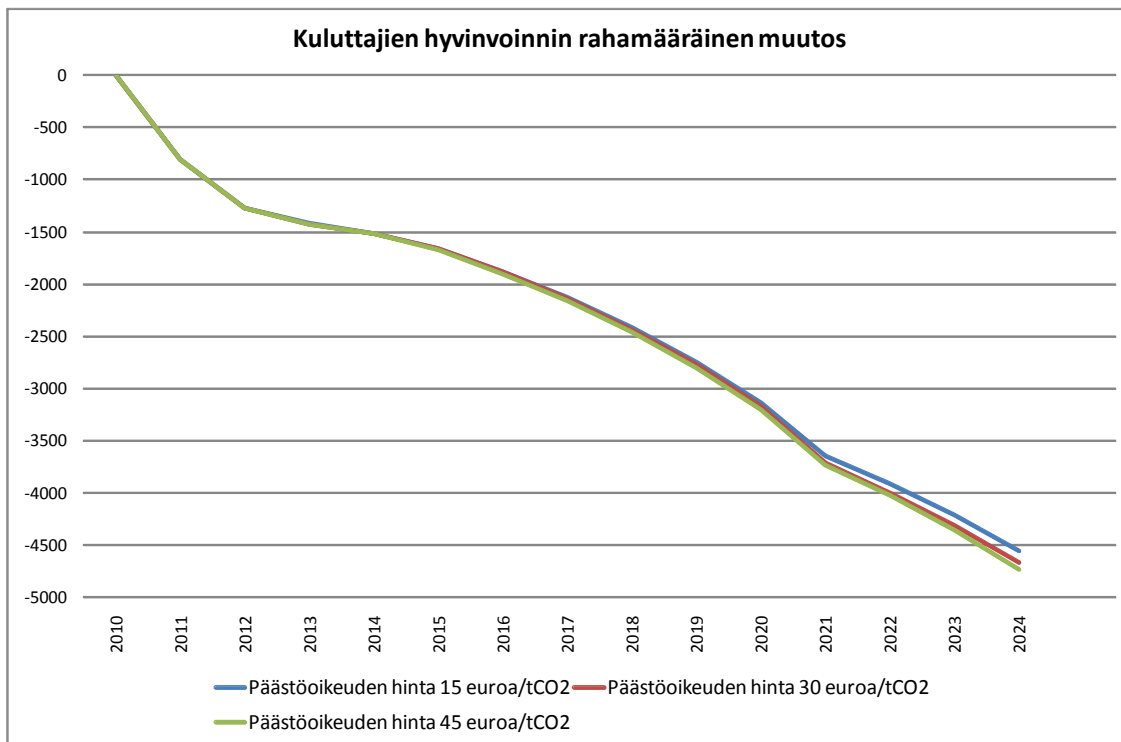
Kuvio 14. Vaikutukset kulutuskysyntään päästöoikeuden hinnalla 30 e/tCO₂



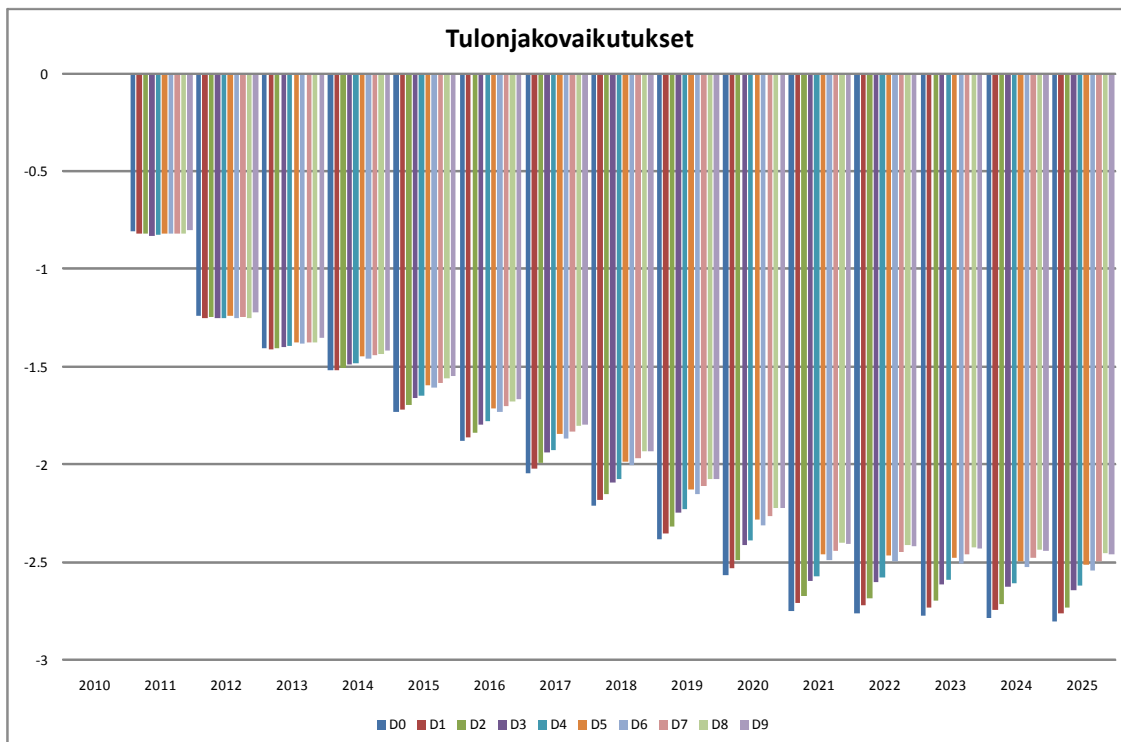
Kuvio 15. Kuluttajien hyvinvoinnin rahamääräinen muutos päästöoikeuden hinnalla 30 €/tCO₂



Kuvio 16. Kulutuskysynnän kasvu eri päästöoikeuden hinnoilla



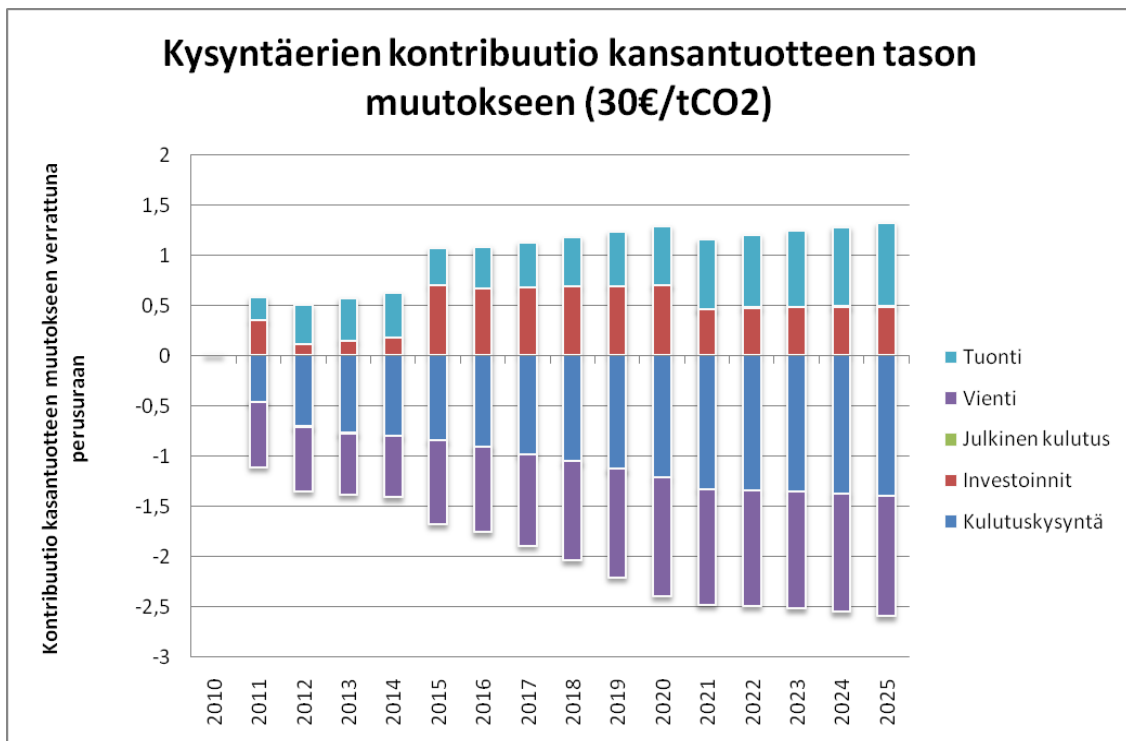
Kuvio 17. Kuluttajien hyvinvoinnin rahamääräinen muutos eri päästöoikeuden hinnoilla



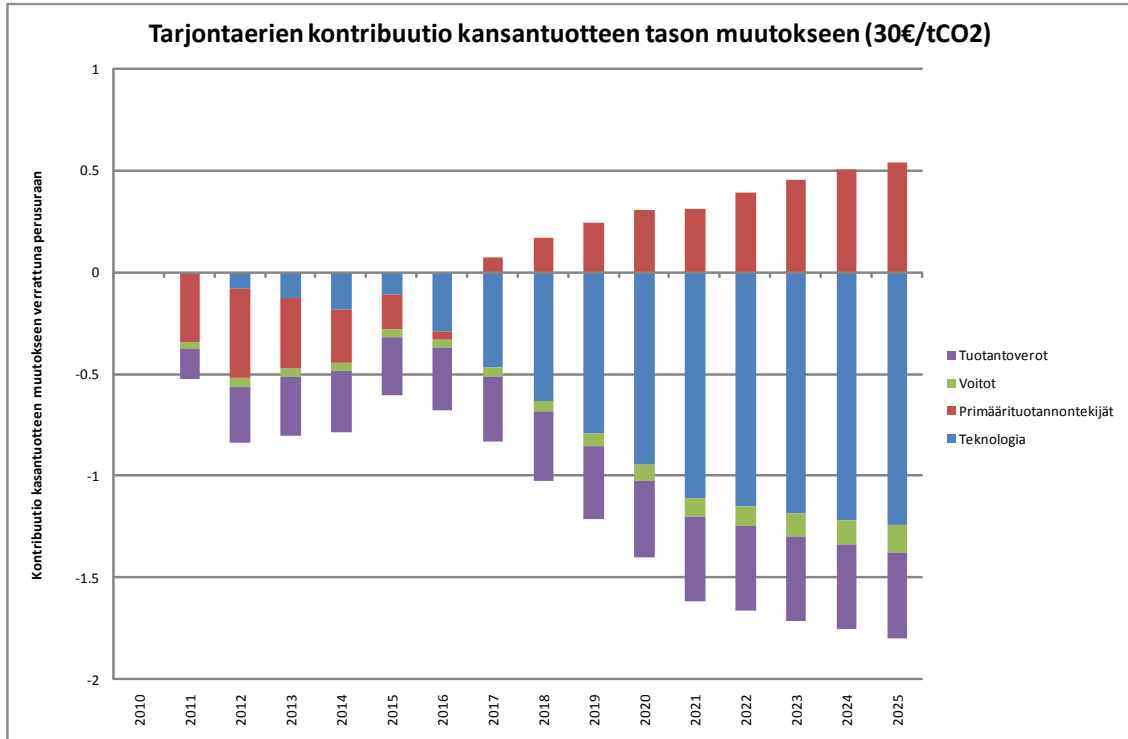
Kuvio 18. Kulutuksen muutos eri tulodesiileissä

Kansantaloudellisia vaikutuksia voidaan tarkastella myös kansantuotteen osatekijöiden muutosten valossa. Kuviossa 19 on kuvattu kansantuotteen kysyntäerissä tapahtuvia muutoksia siinä tapauksessa, että päästöoikeuden hinta asettuisi 30 euroon hiilidioksiditonnilta vuonna 2020. Kansantuotteen kokonaismuutos vuonna 2020 on kuviossa noin -1,1 prosenttia perusuraan verrattuna. Muutosta pienentää tuonnin voimakas lasku, joka yksinään nostaisi kansantuotetta toista prosenttia. Hintatason noususta aiheutuva viennin ja kulutuskysynnän lasku on kuitenkin niin voimakasta, että kokonaisvaikutus jää negatiiviseksi. Investointien kokonaisvaikutus jää pieneksi pääosin energiasektorilla tapahtuvien suurten investointien vuoksi, jotka kompensoivat investointien laskua talouden muilla sektoreilla.

Kuviossa 20 tarkastellaan kansantuotteen muutosta tarjontatekijöiden näkökulmasta. Kuvion perusteella kansantuotteen lasku 2010-luvulla selittyy primäärituotannontekijöiden, työpanoksen ja pääoman, käytön pienenemisellä perusuraan verrattuna. Myös tuoteverojen kontribuutio on kansantuotetta pienentävä, mikä johtuu toimenpidekokonaisuuden sisältämistä tuista energiasektorille. Voittojen kansantuotetta laskeva vaikutus selittyy ennen kaikkea vientitoimialojen supistumisesta perusuraan nähden. Teknologisen kehityksen kontribuutio kansantuotteeseen on negatiivinen, mikä selittyy sillä, että otetaan käyttöön kalliimpaa teknologiaa. Pidemmällä aikavälillä teknologiaan tehdyt investoinnit kuitenkin näkyvät kansantuotetta nostavana.



Kuvio 19. Kansantuotteen muutoksen takana olevat kysyntätekijät



Kuvio 20. Kansantuotteen muutoksen takana olevat tarjontatekijät

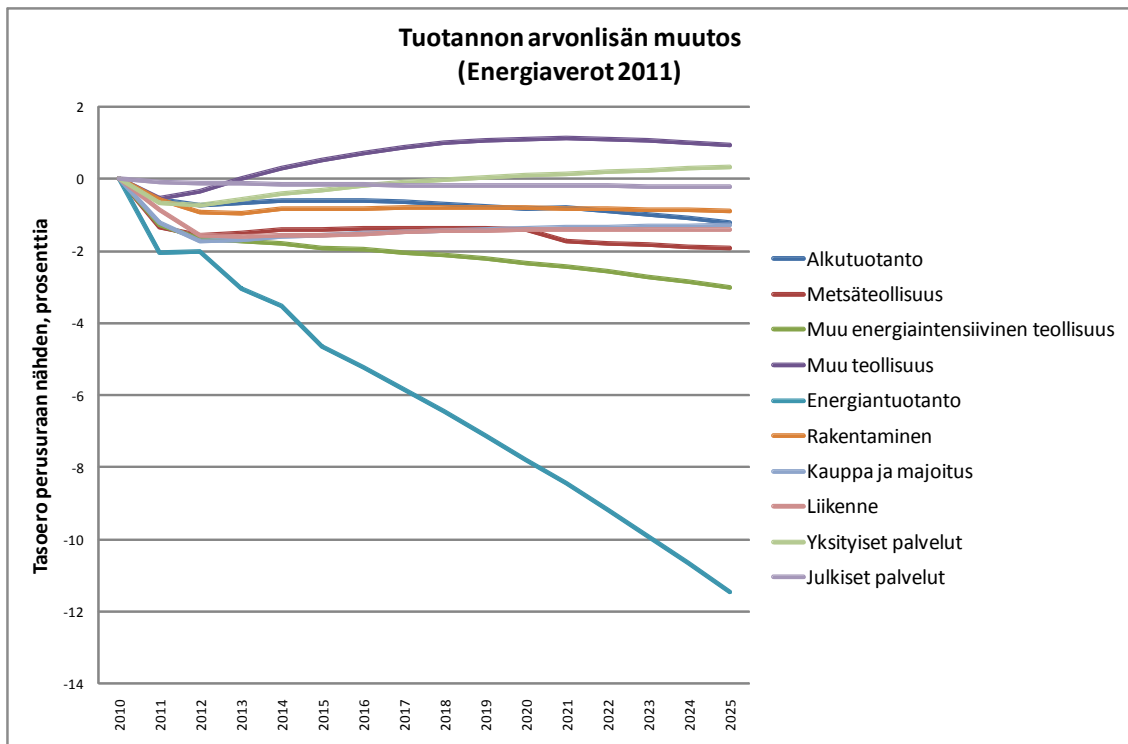
3.2 Vaikutukset päätoimialojen tuotantoon ja työllisyyteen

Energia- ja ilmastopoliittisen toimenpidekokonaisuuden vaikutukset kohdentuvat varsin eri tavoin talouden eri toimialoihin. Päästöjen rajoittamiseen tähtäävät ohjaukeinoet, päästökauppa ja energiaverotus, kohdentuvat ennen kaikkea energiaintensiiviseen teollisuuteen, liikenteeseen ja energiasektoriin, kun taas uusiutuvien energianlähteiden käytön lisäämiseen tähtäävät toimet vaikuttavat alkutuotantoon ja energiasektoriin sekä välillisesti investointihyödykkeitä valmistaviin toimialoihin ja rakentamiseen sekä investointien vaatimia palveluja tuottaviin toimialoihin, kuten ydinvoimainvestoinnitkin.

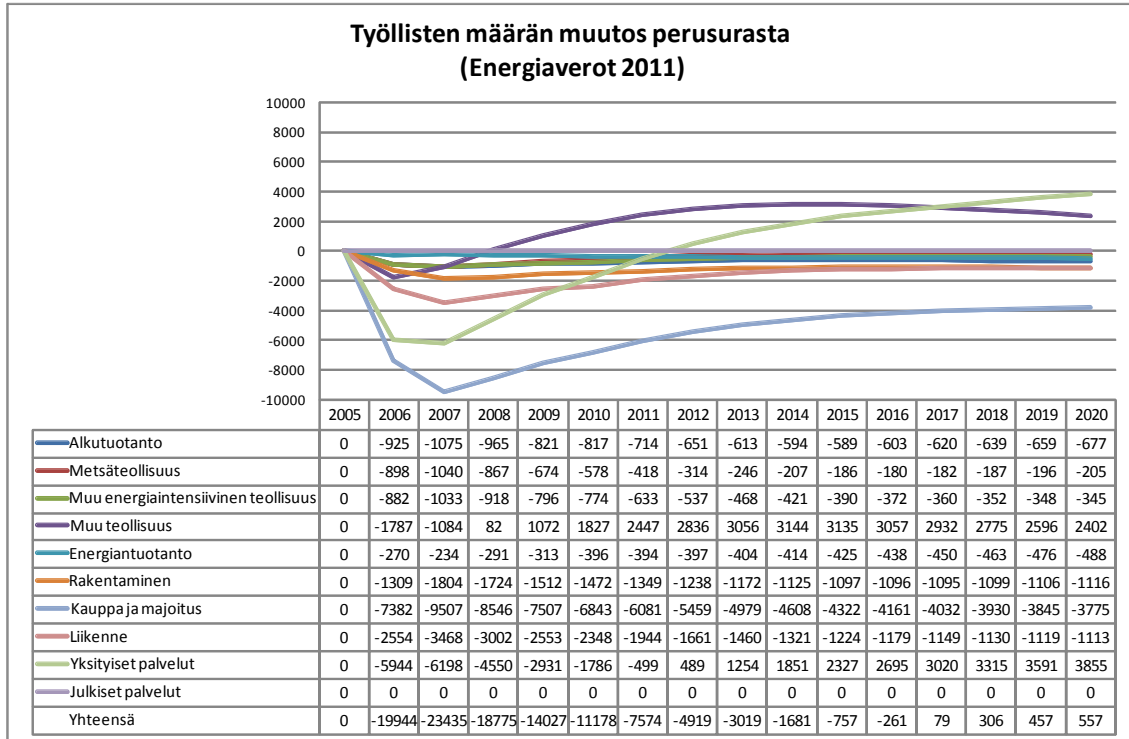
Kuviossa 21 tarkastellaan päätoimialojen arvonlisäyksen muutosta perusuraan verrattuna energiaverouudistuksen yhteydessä. Kuvioista näkyy, että uudistus leikkaa energiantuotannon ja energiaintensiivisen teollisuuden tuotantoa, mikä selittyy energiakustannusten kohoamisella ja siitä seuraavalla hintakilpailukyvyyn heikkenemisellä. Näiltä toimialoilta vapautuva työvoima vaikuttaa työmarkkinoihin, ja ajan myötä, reaali-palkkojen laskiessa, työvoimaintensiivisemmät toimialat työllistävät teollisuudesta vapautuvaa työvoimaa, mikä nostaa niiden tuotantoa. Julkisten palvelujen arvonlisän oletetaan säilyvän perusuran tasolla. Tämä vaikutus on nähtävissä kuviossa 22, jossa tarkastellaan päätoimialojen työllisyyden muutosta perusuraan verrattuna. Kuvioista näkyy, että uudistus leikkaa

energiantuotannon ja energiaintensiivisen teollisuuden tuotantoa ja tekee työvoimaintensiivisemmän teollisuuden ja yksityiset palvelut suhteellisesti kilpailukykyisemmiksi. Julkisten palvelujen arvonlisän ja työllisyyden oletetaan säilyvän perusuran tasolla.

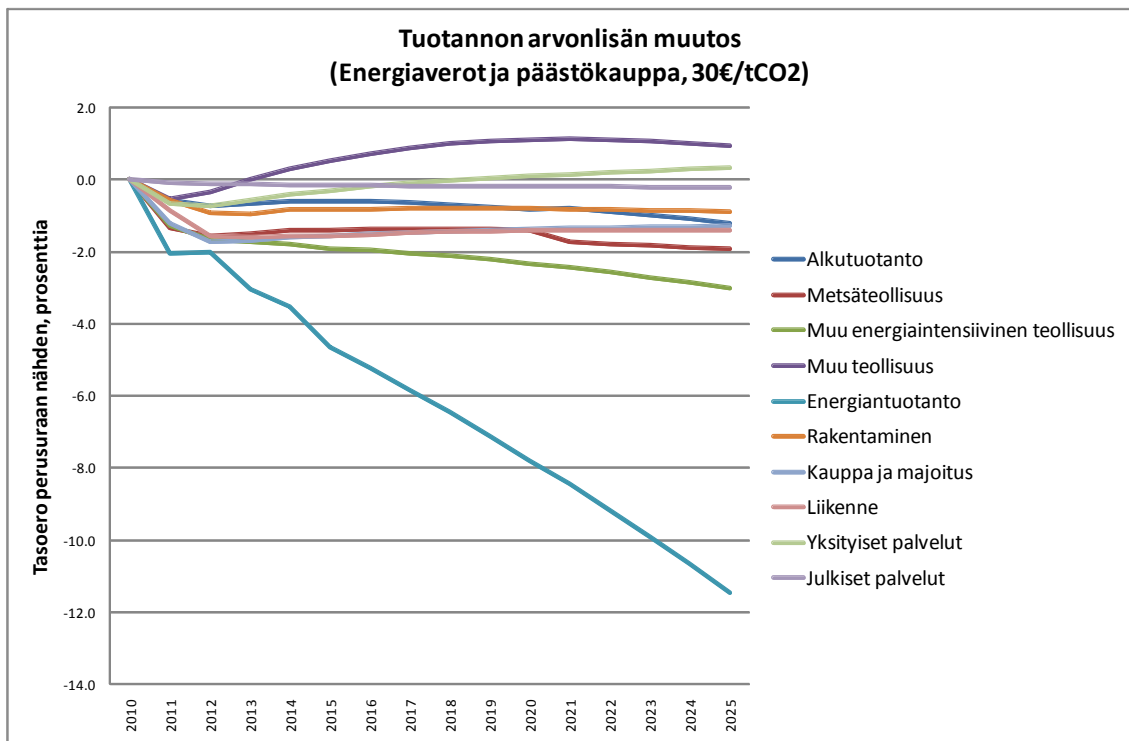
Kuvioon 23 on kuvattu päätoimialojen arvonlisäyksen muutosta energiaverouudistuksen ja päästökaupan yhteisvaikutuksesta, kun päästöoikeuden hinnan oletetaan saavuttavan 30 euron tason vuonna 2020. Vaikutus kohdentuu samoille toimialoille kuin energiaverotuksenkin, mutta kuten työllisyysvaikutuksia kuvaavasta kuviosta 24 ilmenee, esimerkiksi metsäteollisuuden ja muun energiaintensiivisen teollisuuden työpaikkojen lukumäärä laskee pidemmällä tähtäimellä enemmän, mikä johtuu päästökaupan vaikutuksista paitsi energiakustannuksiin suoraan, myös sähkön hintaan. Tässäkin tapauksessa työvoimaintensiivisemmät toimialat työllistävät teollisuudesta vapautuvaa työvoimaa. Julkisten palvelujen arvonlisän ja työllisyyden oletetaan tässäkin tapauksessa säilyvän perusuran tasolla.



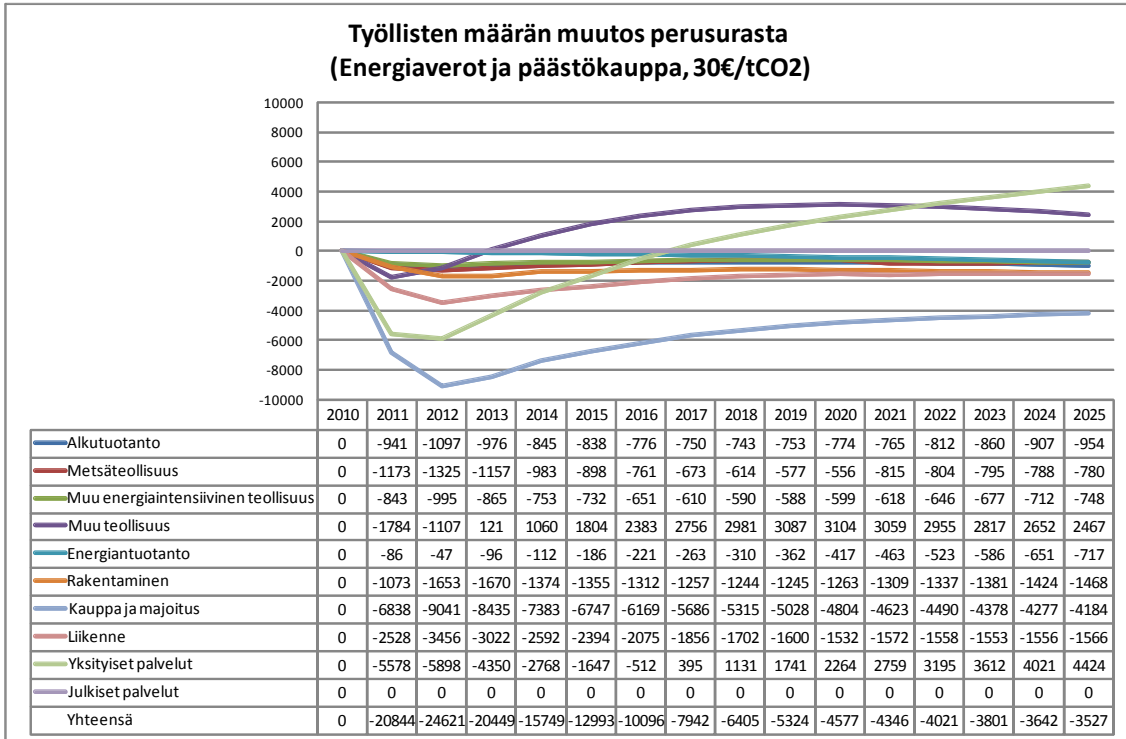
Kuvio 21. Arvonlisän muutos perusuraan verrattuna (Energiaverouudistus 2011)



Kuvio 22. Työllisyyden muutos perusuraan verrattuna (Energiaverouudistus 2011)



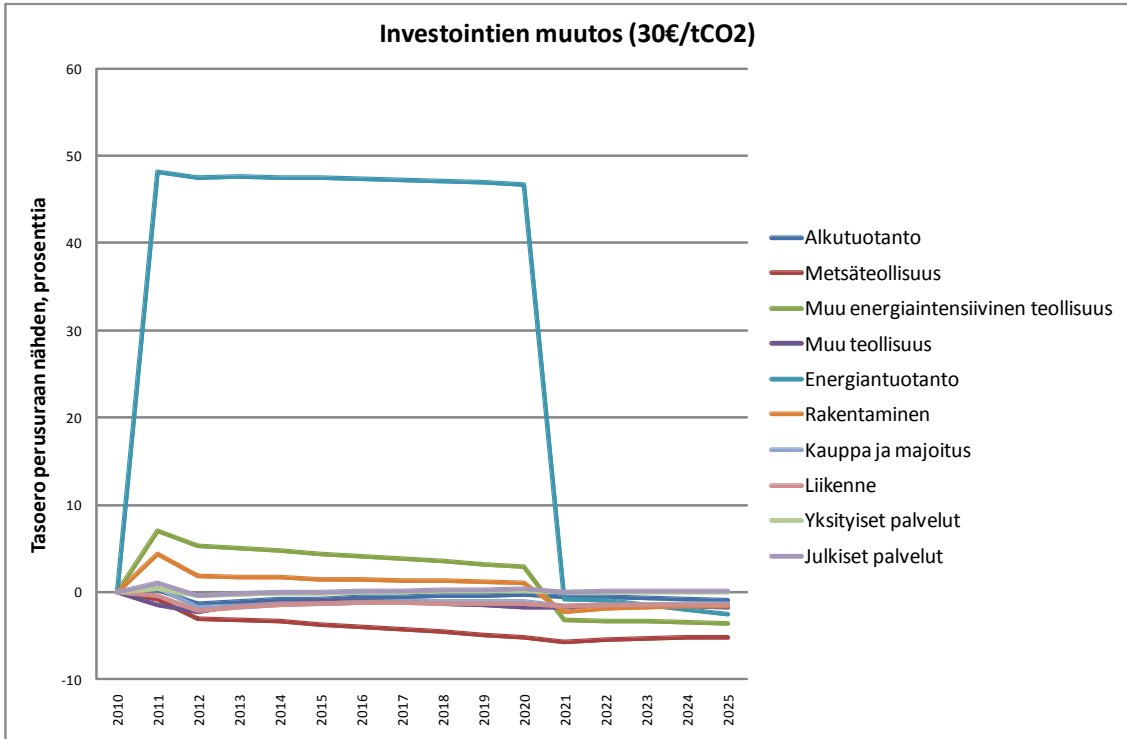
Kuvio 23. Arvonlisän muutos perusuraan verrattuna (Energiaverouudistus ja päästökauppa)



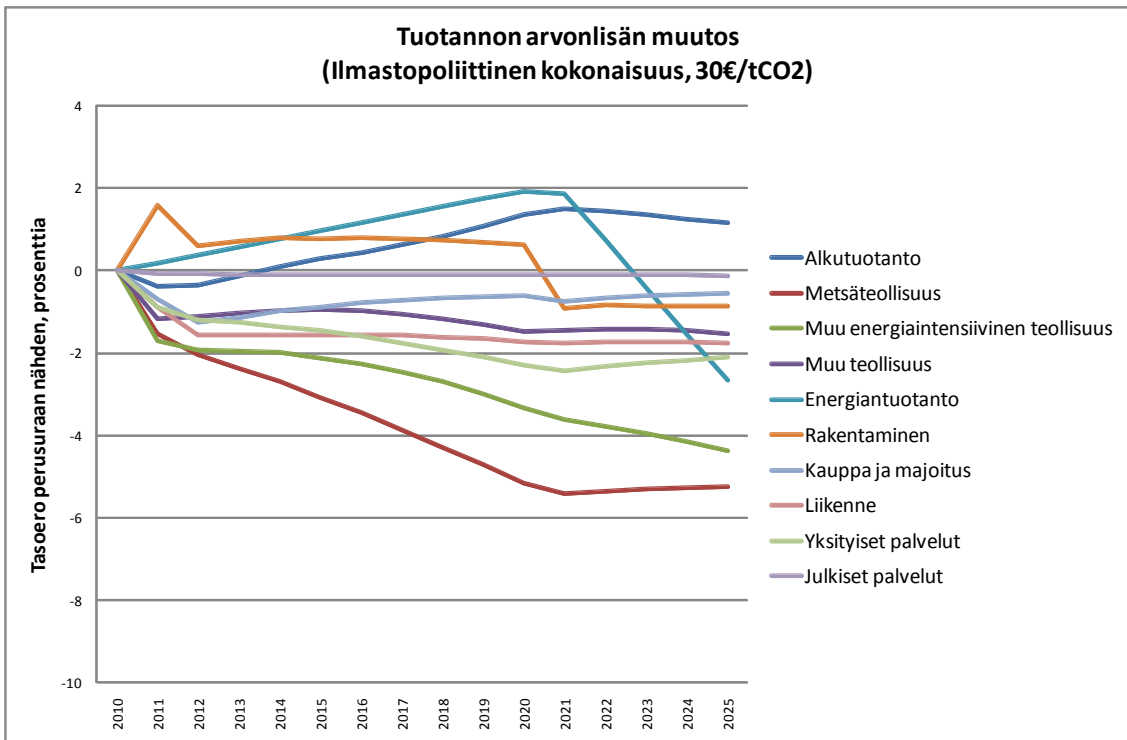
Kuvio 24. Työllisyyden muutos perusuraan verrattuna (Energiaverouudistus ja päästökauppa)

Uusiutuvan energian tavoitteiden toteuttaminen edellyttää mittavia investointeja, joita on kuvattu kuviossa 25 Investoinnit kohdistuvat pääasiassa energiantuotantoon ja kemian teollisuuteen, mutta ne vaativat lisäinvestointeja myös rakennus-alalta. On selvää, että näin suuren investointiohjelman toteuttamisella on vaikutuksia myös työllisyyteen. Toisaalta suuret investoinnit pyrkivät nostamaan investointihyödykkeiden hintaa ja kotimaista hintatasoa, ja tätä kautta ne syrjäyttävät jossain määrin työpaikkoja muilta talouden toimialoilta.

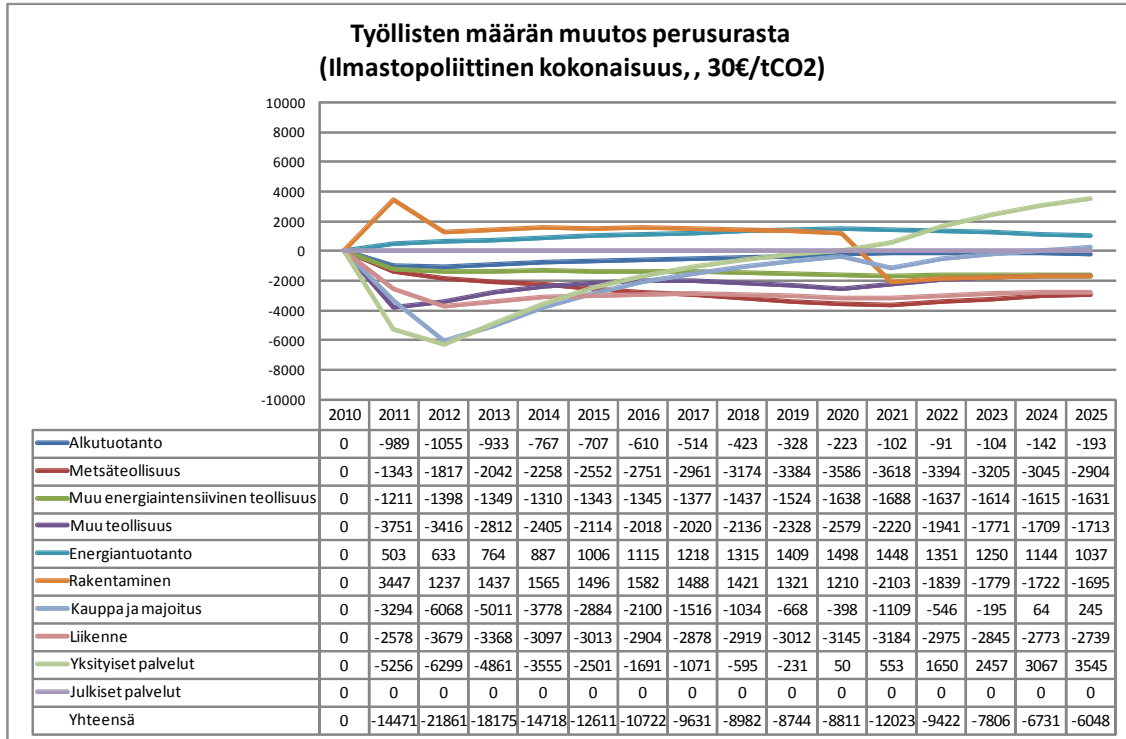
Ilmastopoliittisen kokonaisuuden vaikutuksia arvonlisään ja työllisyyteen tarkastellaan kuvioissa 26 ja 27 Kuvioiden perusteella juuri rakennus-alalle ja energia-alalle syntyy lisätyöpaikkoja, jotka kompensoivat päästökaupan ja energiaverouudistuksen vaikutuksia lyhyellä aikavälillä. Pidemmällä aikavälillä, työmarkkinoiden sopeuduttua, työpaikkoja menetetään noin 6000, pääasiassa energiavaltaisessa teollisuudessa, rakentamisessa ja liikenteessä.



Kuvio 25. Investointien muutos perusuraan verrattuna (Ilmastopoliittinen kokonaisuus)

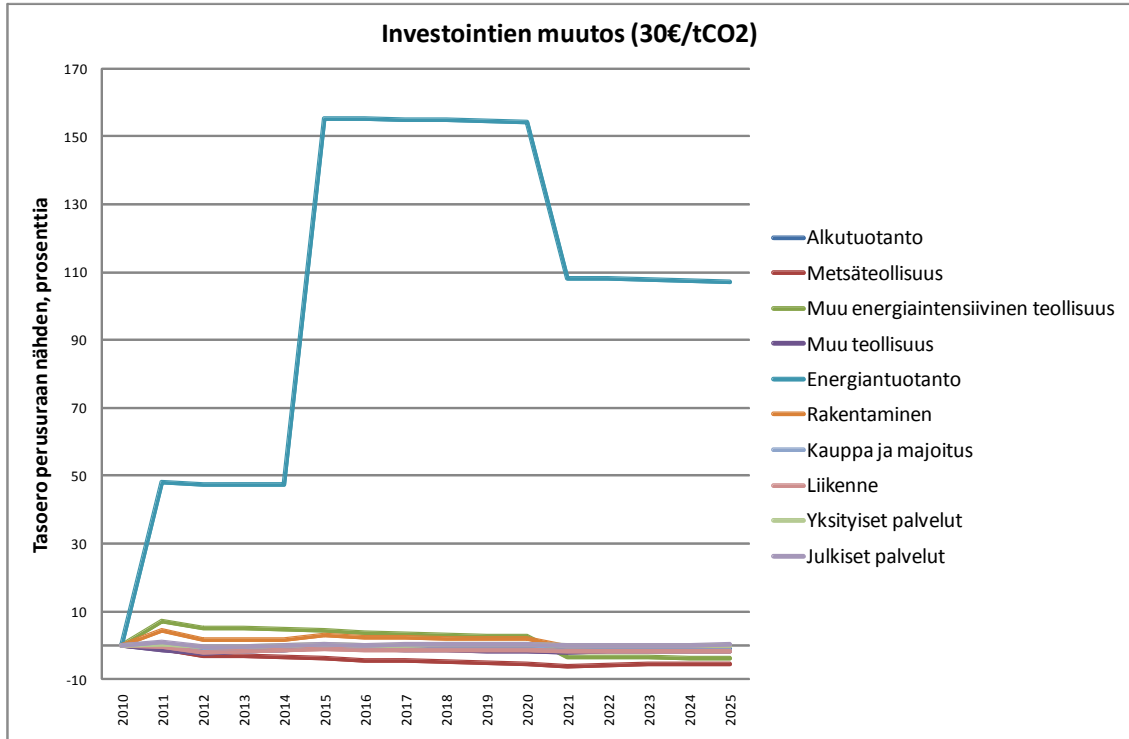


Kuvio 26. Arvonlisän muutos perusuraan verrattuna (Ilmastopoliittinen kokonaisuus)

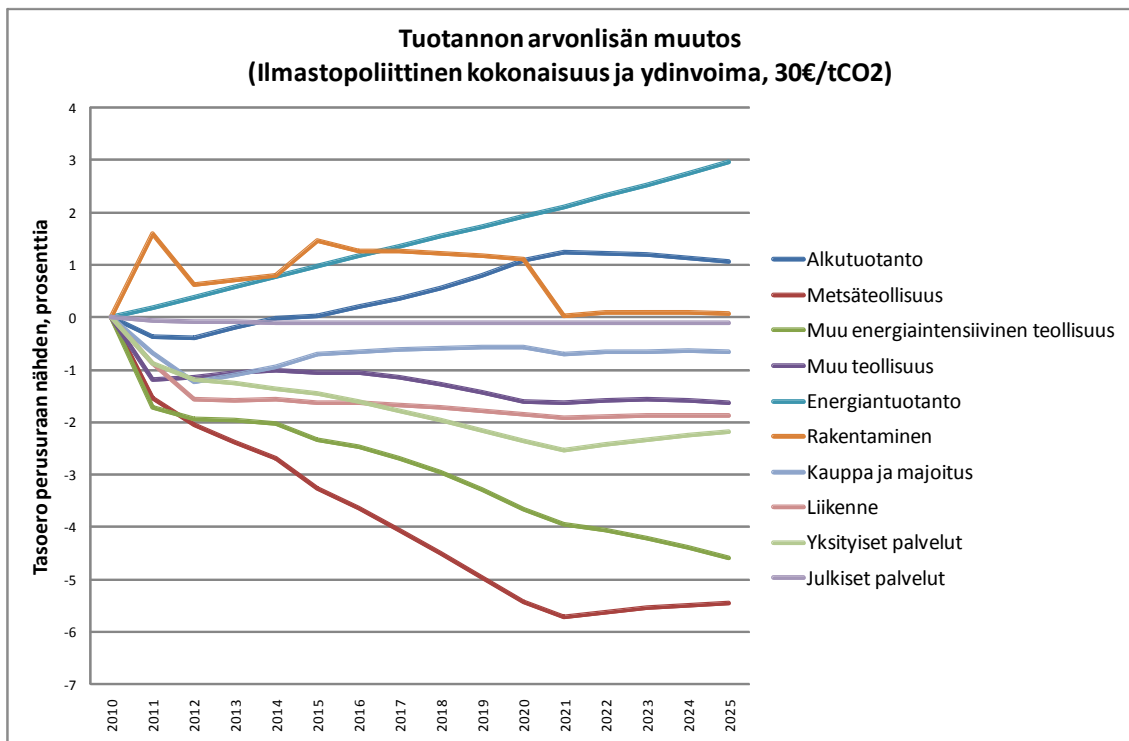


Kuvio 27. Työllisyyden muutos perusuraan verrattuna (Ilmastopoliittinen kokonaisuus)

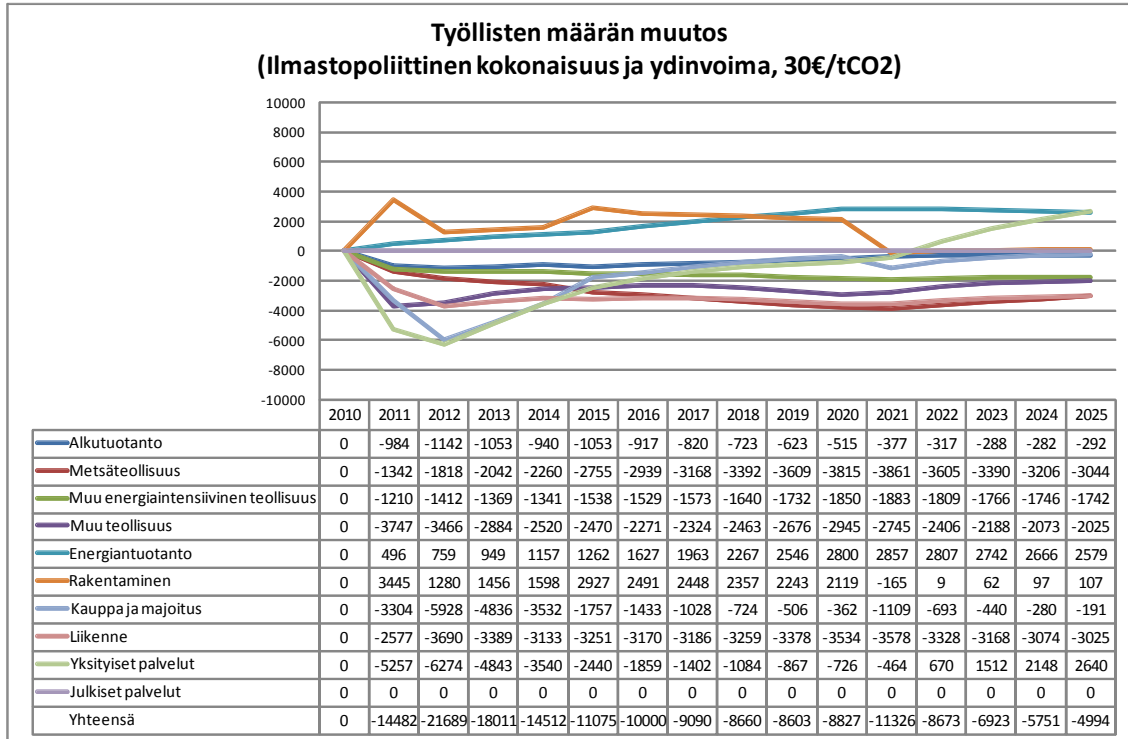
Kun uusiutuvan energian tavoitteiden lisäksi toteutetaan ydinvoimainvestoinnit vuosista 2015 aja 2020 alkaen, kasvavat energia-alan investoinnit toista miljardia vuodessa perusuraan verrattuna, kuten kuvioista 28 näkyy. Ydinvoimainvestointien osalta laskelmissa oletetaan, että merkittävä osa niistä koostuu koneista ja laitteista, joita ei ole tehty Suomessa. Siitä huolimatta ne synnyttävät sekä energia-alalle että rakentamiseen lisätyöpaikkoja, kuten kuviossa 30 on kuvattu. Pidemmällä aikavälillä, työmarkkinoiden sopeuduttua, työpaikkoja menetetään noin koko kansantaloudessa vajaat viisi tuhatta, pääasiassa energiavaltaisessa teollisuudessa, rakentamisessa ja liikenteessä. Kuten uusiutuvan energian investointien yhteydessä, niin myös ydinvoimainvestointien myötä kotimainen hintataso pyrkii nousemaan, mikä heijastuu rakennusaikana kasvavina kustannuksina talouden muilla toimialoilla. Ydinvoimainvestointien tapauksessa tätä vaikutusta hillitsee kuitenkin jonkin verran tuontipanosten merkittävä osuus.



Kuvio 28. Investointien muutos perusuraan verrattuna (Ilmastopoliittinen kokonaisuus ja ydinvoima)



Kuvio 29. Arvonlisän muutos perusuraan verrattuna (Ilmastopoliittinen kokonaisuus ja ydinvoima)



Kuvio 30. Työllisyyden muutos perusuraan verrattuna (Ilmastopoliittinen kokonaisuus ja ydinvoima)

3.3 Vaikutukset päästöihin

Taulukossa 1 tarkastellaan hiilidioksidipäästöjä vuonna 2020 vuoteen 2005 verrattuna. Taulukon perusteella on selvää, että ei-päästökauppasektorin päästöt eivät laske tarpeeksi kaavaillun taloudellisen ohjauksen vaikutuksesta. Uusiutuvan energian tavoitteiden ja ydinvoiman lisärakentamisen vaikutuksesta päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöt sen sijaan laskevat enemmänkin kuin tavoitellut 21 prosenttia.

	Perusura	Energia- verot	Energia- verot ja päästö- kauppa	Ilmasto- poliittinen kokonaisuus	Ilmasto- poliittinen kokonaisuus ja ydinvoima
Päästökauppasektorin CO ₂ -päästöt	4	-14	-24	-27	-28
Ei-päästökauppasektorin CO ₂ -päästöt	-2	-14	-15	-15	-15
Kokonaispäästöt, CO ₂	0	-14	-21	-23	-23
Muut kaasut	-12	-12	-12	-12	-12
Kokonaispäästöt, CO ₂ -ekvivalenttia	-2	-14	-19	-21	-22

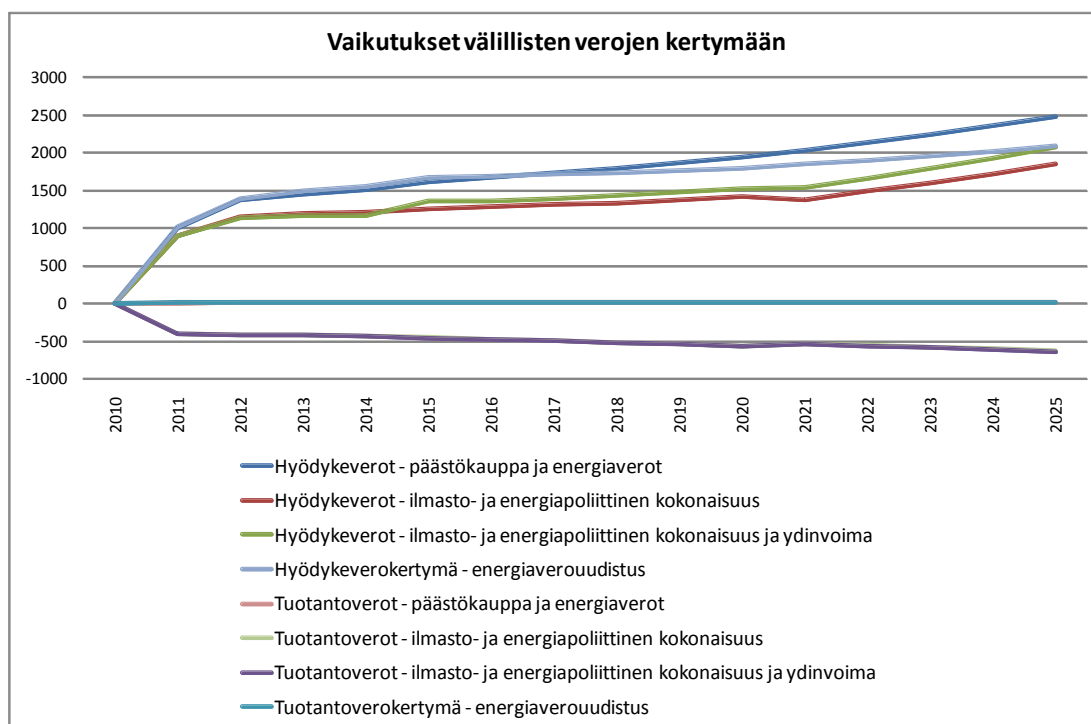
Taulukko 1. Hiilidioksidipäästöjen muutos vuonna 2020 (prosenttimuutos vuodesta 2005)

3.4 Vaikutukset verotuloihin

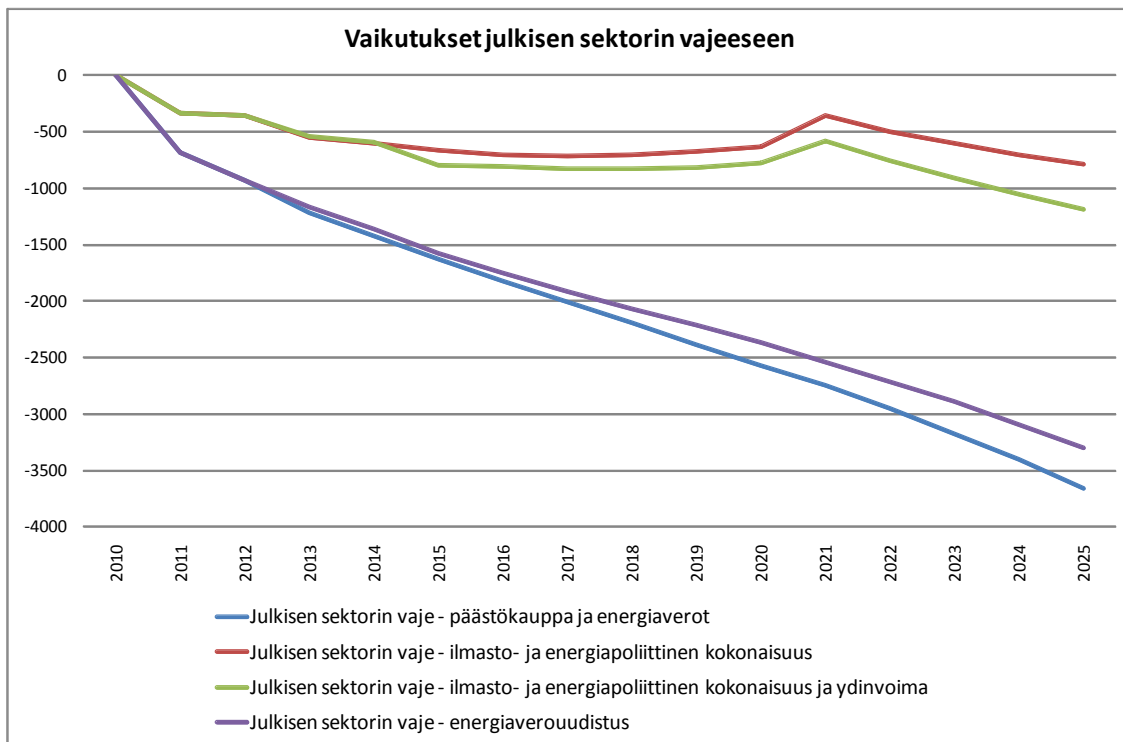
Kuvioon 31 on koottu toimenpidekokonaisuuksien vaikutukset hyödykeverojen kertymään. Lisäksi kuvioon on koottu uusiutuvan energian saaman tuen vaikutus tuotantoverojen kertymään. Kuvion perusteella on selvää, että sekä energiaverouudistus että päästökauppa synnyttävät vero- tai niiden luonteisia tuloja.

Taloudellinen ohjaus vaikuttaa kuitenkin osaltaan energiaverojen veropohjiin. Niinpä uusiutuvan energian ja ydinvoiman osuuden kasvattaminen pienentää ajan mittaan energiaverotuksesta saatavia tuloja energiankulutuksen pienentyessä ja päästöjen laskiessa. Kuvioon 32 on koottu toimenpidekokonaisuuksien vaikutukset julkisen sektorin budjettivajeeseen. Kuviosta nähdään, että energiaverouudistus kaventaa julkisen sektorin vajeen kasvua merkittävästi. Uusiutuvan energian tuet lisäävät valtion menoja useilla sadoilla miljoonilla, mutta vaje kaventuu koko energia- ja ilmastopoliittisessa kokonaisuudessaakin, jos päästöoikeuksien hinta nousee 30 euroon hiilidioksiditonnilta.

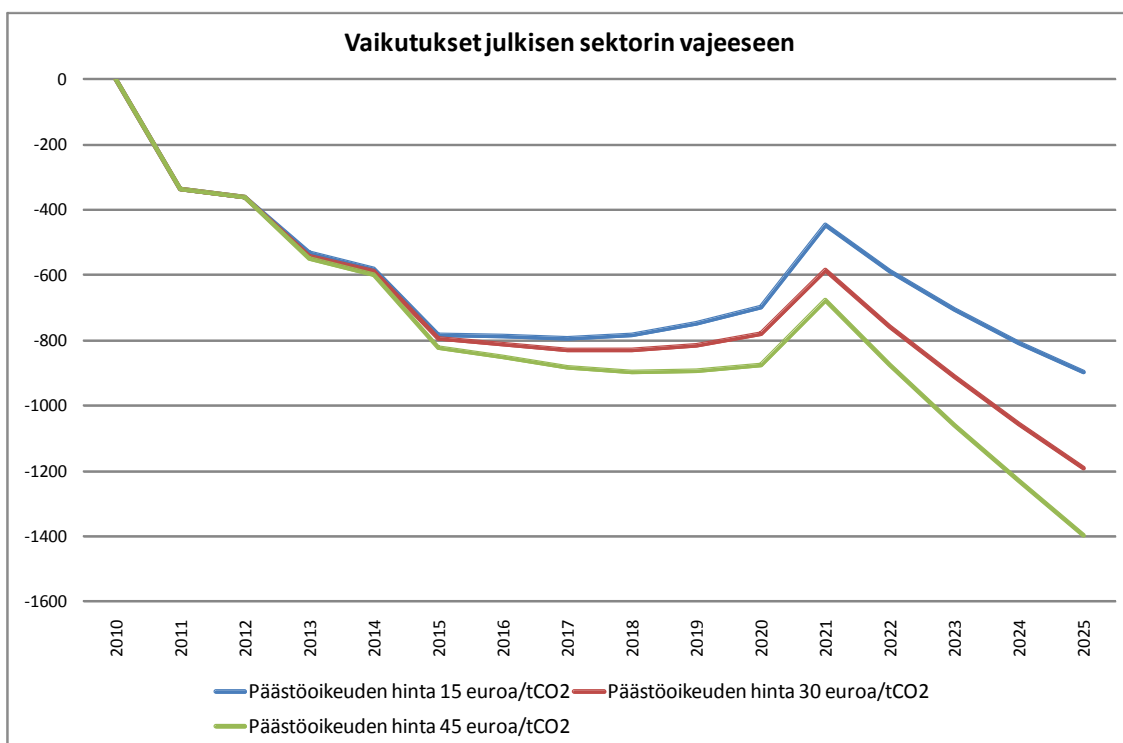
Valtiontalouden kannalta päästöoikeuden hintakehityksellä on merkitystä, koska päästökaupasta syntyvä tulo on päästöoikeuden hinnasta riippuvaista. Kuvioon 33 on koottu vajeen muutos eri päästöoikeuden hinnoilla. Kuvion perusteella 15 euron ja 30 euron välinen ero valtion tuloissa on nettomääräisesti parisensataa miljoonaa vuosien 2013-2020 välisenä aikana. Eroon vaikuttaa paitsi päästöoikeuden hinta, myös hintaan sidoksissa olevat tuet puunkäytön lisäämiselle – jos päästöoikeuksien hinta nousee nopeasti, tuista luovutaan aiemmin.



Kuvio 31. Hyödyke- ja tuotantoverojen kertymän muutos (MEURO)



Kuvio 32. Julkisen sektorin vajeen muutos (M €)



Kuvio 33. Julkisen sektorin vajeen muutos eri päästöoikeuden hinnoilla (M €)

4 Johtopäätöksiä

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu energia- ja ilmastopoliittisen toimenpidekokonaisuuden vaikutuksia. Toimenpiteiden vaikutukset kumpuavat keskeisesti

- 1) energiatoimialalla tehtävistä investoinneista sekä tuulivoimaan että ydinvoimaan
- 2) muualla teollisuudessa tehtävistä investoinneista, ennen kaikkea kemian teollisuuden investoinneista biojalostamoihin
- 3) kotimaisen energiaraaka-aineen lisääntyneen kysynnän tuottamasta kysynnästä sekä metsätaloudessa että raaka-ainetta sivuvirtana tuottavassa teollisuudessa (ennen kaikkea metsäteollisuudessa)
- 4) ilmastopoliittisen ohjauksen ja uusiutuvan energian velvoitteiden vaikutuksesta kotimaiseen kysyntään, joka suuntautuu osin sen ansiosta aiempaa selvemmin yksityisiin palveluihin
- 5) Ilmastopoliittisen ohjauksen ja uusiutuvan energian velvoitteiden vaikutuksesta kotimaisen teollisuuden hintakilpailukykyyn ja sen toimialarakenteeseen

Esitetyt arviot riippuvat siitä, missä määrin päästökauppatuloja voidaan käyttää työn verotuksen keventämiseen sekä siitä, miten uusiutuvalla energialle kanavoituvat tuet aiotaan rahoittaa. Tuloverotuksen mahdollinen alentaminen suosisi työvoimaintensiivisiä palvelutoimialoja, joiden työllisyyden kasvu pienentäisi ilmastopaketin vaikutuksia.

Liitteet

LIITE 1: VATTAGE-mallin tietoperusta ja rakenne

Tasapainomallien rakenne

Tutkimuksessa käytetään laskennallista yleisen tasapainon aluemallia, joka perustuu tuotannon, kulutuksen ja julkisen sektorin yksityiskohtaisiin kuvauksiin. Mallissa oletetaan, että niin kuluttajat kuin yrityksetkin toimivat rationaalisesti. Mallissa kuluttajien ja yritysten valintoja kuvataan optimointiongelmina, joiden ratkaisuina saadaan erilaisten tuotteiden kulutuskysyntä tai vaikkapa työvoiman ja investointien kysyntä. Mallissa kaikki markkinat (hyödyke ja panosmarkkinat) ovat tasapainossa (kysyntä on yhtä suuri kuin tarjonta), ja tasapaino saavutetaan suhteellisten hintojen muutosten kautta.

Valtion taloudellisessa tutkimuskeskuksessa kehitetty VATTAGE-malli ja siihen perustuva VERM-aluemalli ovat dynaamisia yleisen tasapainon malleja. VATTAGE-mallia on sovellettu ennen kaikkea veropolitiikan ja energia- ja ympäristöpolitiikan vaikutusten arviointiin sekä pitkän aikavälin talousskenaarioiden laadintaan. VERM-malli puolestaan on aito aluemalli, jossa kukin maakunta on kuvattu omalla alueellisella mallillaan maakuntien linkittyessä toisiinsa tavaroitten ja tuotannontekijöiden välisin kauppavirroin.

Malleilla voidaan tuottaa rahamääräisiä arvioita talouden reagoinnista erilaisiin politiikan tai ympäröivän maailman muutoksiin. VERM-mallin lähestymistapa mahdollistaa myös sellaisen aluepolitiikan analyysin, jossa vaikutukset kumpuavat aidosti aluetasolta. Skenaariokäytössä mallin avulla voidaan tarkastella erilaisten rakenteellisten tekijöiden yli ajan tapahtuvan muutoksen aikaansaamaa kasvua ja tuotanto- ja kulutusrakenteen muutosta. Varsinaisista ennustemalleista tasapainomallissa ei ole kysymys, pikemminkin mallit mahdollistavat erilaisia rakenteellisia tekijöitä koskevien ennusteiden ja näkemysten yhdistämisen konsistenteiksi, kokonaistaloudellisiksi skenaarioiksi. Tässä tutkimuksessa julkisten sektorien kulutuksen kehitystä arvioidaan edellisessä luvussa kuvatun ennusteen avulla, kun taas talouden muiden sektorien kehitysarvio perustuu pääasiassa Valtiovarainministeriön ennusteeseen.

Talouden kuvauksen perustana malleissa on tietokanta, joka kuvaa talouden toimijoiden välisiä taloustoimia ja kunkin toimijan joko välituotteisiin tai lopputuotteisiin kohdistuvaa kysyntää. Perustaltaan malli on suuri joukko kuluttajan ja yrityksen teoriasta johdettuja käyttäytymissääntöjä, kysyntä- ja tarjontafunktioita, jotka kattavat kaikki markkinat, niin tuotteet kuin tuotannontekijätkin, sekä kysynnän ja tarjonnan ja tulojen ja menojen kohdentumista koskevia tasapainoehtoja.

Mallin tietokanta rakentuu koko maan tasolla hyvin yksityiskohtaisten tarjontaja käyttötaulukkojen pohjalle, joita on täydennetty kattavalla julkisten sektorien ja muun muassa vaihtotaseen kuvauksilla. Mallin tietoaineistot ovat Tilastokeskuksen tuottamia. Yleisen tasapainon malleissa otetaan huomioon kaikki taloudessa tapahtuva taloudellinen aktiviteetti, joka vaikuttaa talouden eri toimijoiden väliseen vuorovaikutukseen. Vastaavasti kansatalouden tilinpito on tilinpitokehikko, jossa pyritään kuvaamaan koko kansatalous käsitteellisesti yhtenäisenä kokonaisuutena (ESA95, 1). Kansatalouden tilinpito on myös eräänlainen malli, jossa yleisesti määriteltyjen periaatteiden mukaan erilaiset taloudelliset tapahtumat, transaktiot, määritellään ja luokitellaan yhtenäisellä tavalla (Bos, 51). Koska kansatalouden tilinpidolla ja numeerisilla yleisen tasapainon malleilla on selvästi yhtäläisyyksiä, kansatalouden tilinpito on käytännöllinen aineistokehikko ja luonnollinen lähtökohta yleisen tasapainon malleilla tehtäville tarkasteluille.

Malli jakautuu teoreettisiin osiin, joissa kuvataan talouden toimijoiden käyttäytymisen. Toisen osan muodostavat tasapainoehdot, minkä lisäksi malli käsittää suurehkon määrän erilaisia simulointitulosten analyysiä helpottavia raportointimuuttujia.

Kuluttaja kuvataan mallissa hyödynmaksimoijana, jonka hyvinvoinnin muutoksia mitataan kulutuksen kautta. Mallissa oletetaan kulutuksen seuraavan lineaarista menojärjestelmää, jonka joustoparametrit on estimoitu aikasarja-aineiston perusteella. Menojärjestelmän budjettiosuudet määräytyvät suoraan Tilastokeskuksen tarjonta- ja käyttötaulukkojen perusteella. Kuluttajan valintaa rajoittavat tuotantontekijätulot ja julkiselle sektorille maksetut verot sekä julkiselta sektorilta saadut tulonsiirrot. Kuluttajan säästöt kohdentuvat sekä kotimaisiin että ulkomaisiin vaateisiin, joiden osalta tietokanta kattaa toteutuneen historian useiden vuosien ajalta.

Yritykset kuvataan voitonmaksimoijina, jotka toimivat vakioskaalatuottojen ja täydellisen kilpailun mukaisesti. Tuotantofunktiot noudattavat YTP-malleissa yleisesti käytössä olevaa useampitasoista rakennetta, jossa välituotekäyttö muodostaa oman, lineaarisen osansa, jossa suhteelliset hinnat eivät vaikuta eri hyödykkeiden kysyntään, mutta jossa primaarituotantontekijöiden välinen substituutio on mahdollista. Mallissa oletetaan lisäksi, että energiahyödykkeet ja primaarituotantontekijät ovat substituotavissa keskenään. Pääoman ja työpanoksen väliseksi substituutiojoustoksi on mallissa oletettu kirjallisuuden perusteella 0.5 (Jalava, Pohjola, Ripatti ja Vilmunen 2005). Energiapanosten ja primaarituotantontekijöiden välinen substituutiojousto noudattaa kansainvälisellä aineistolla tehtyä arviota (Badri ja Walmsley 2008).

Investoinnit määräytyvät mallissa pääoman tuottoasteen mukaisesti. Investoinnit ohjautuvat niille toimialoille, joilla pääoman tuoton odotetaan olevan kasvussa. Pitkällä aikavälillä investointien tuoton odotetaan kuitenkin noudattavan trendiä, mikä tarkoittaa sitä, että (efektiivisen) työpanoksen ja pääoman suhde on pitkällä

tähtämellä vakio. Investointihyödykkeet on mallissa kuvattu toimialoittain Kansantalouden tilinpidosta saatavien investointi- ja hyödyketietojen perusteella.

Julkinen sektori on VATTAGE-mallissa kuvattu varsin kattavasti. Julkista kysyntää on mahdollista tarkastella valtion, kuntasektorin ja sosiaaliturvarahastojen osalta erikseen, minkä lisäksi jokaisen sektorin keräämät verot ja maksut sekä verotuksen kautta maksetut tuet on mallinnettu erikseen. Malli kattaa myös tulonsiirrot julkisen ja yksityisen sektorin välillä sekä kuntasektorin, rahastojen ja valtion välillä. Tästä syystä erilaisten julkisen sektorin tilaa kuvaavien alijäämäkäsitteiden käyttö on mahdollista. Julkisen sektorin mallinnus perustuu Kansantalouden tilinpitoon ja osittain sen lähdeaineistoihin. Julkisen sektorin menokehitystä voidaan kuvata eri tavoin, mutta pääpiirteissään menot riippuvat julkispalvelujen kysyntään vaikuttavien eri väestöryhmien kasvusta mallin arvioidessa kustannuskehityksen julkispalveluja tuottavilla toimialoilla, kun taas siirtomenot voidaan esimerkiksi indeksoida hinta- ja palkkakehitykseen tai niitä voidaan kohdella päätösmuuttujina.

Sekä VATTAGE- että VERM- mallien keskeinen piirre on julkisten rahavirtojen kiertokulun yksityiskohtainen kuvaus. VATTAGE -mallissa julkisen sektorin tuloja ja menoja sekä niiden välisen eron vaikutuksia valtion velkaan on tarkasteltu erikseen koskien kolmea eri julkista alasektoria; keskushallintoa, paikallishallintoa ja sosiaaliturvarahastoja. VERM -mallia varten vastaavat tiedot on laskettu erikseen koskien jokaista maakuntaa niin, että sektoreiden ja alueiden väliset transaktiot tulee huomioida.

Koska tuotantoa kuitenkin tarkastellaan yksityiskohtaisen toimialarakenteen avulla, ja koska julkisten tuotteiden tuotanto keskittyy pääasiassa muutamille toimialoille (esimerkiksi terveydenhuoltopalvelut, sosiaaliturvapalvelut, jne.) on suurin osa julkisten palvelujen tuotannosta helposti identifioitavissa tarkastelemalla panos-tuotostaulujen toimialarakennetta.

Muun maailman osalta VATTAGE-malli rajoittuu tarkastelemaan vientiä ja tuontia EU-maihin ja EU:n ulkopuoliseen maailmaan. Ulkomaankaupan lisäksi tietokanta käsittää maksutaseen. Sekä kotitalouksien että julkisen sektorin vaateet ja vastuut ulkomaille on mallinnettu eksplisiittisesti, samoin ulkomaisten omistukset Suomessa. Finanssi-investoinnit eivät ole mallin kannalta keskeinen kiinnostuksen kohde, mutta niillä on merkitystä hyvinvointivaikutusten arvioinnissa, jos esimerkiksi osa suomalaisyrityksiä koskevista vaikutuksista valuu ulkomaille.

Mallien **dynamiikkaan** liittyy kaksi keskeistä piirrettä. Ensimmäinen näistä koskee investointeja fyysiseen pääomaan ja arvopapereihin, toinen puolestaan palkkojen määräytymistä. Investoinnit jakautuvat toimialojen välillä pääoman odotetussa tuotossa tapahtuvien muutosten mukaisesti. Odotuksien sopeutumisen voidaan joko olettaa olevan hidasta tai sitten malli voidaan ratkaista rationaalisiin odotuksiin. Rahoitusvaateilla on siinä mielessä tärkeä osa mallin dynamiikassa,

että ne kuvaavat talouden eri sektorien ja koko kansantalouden varallisuuden kehitystä. Palkkojen osalta malli mahdollistaa useita eri lähestymistapoja, joista yksi olettaa reaali-palkkajäykkyyden yli ajan. Reaalipalkkojen sopeutumisvauhti onkin yksi keskeisiä talouden sopeutumiseen vaikuttavia tekijöitä.

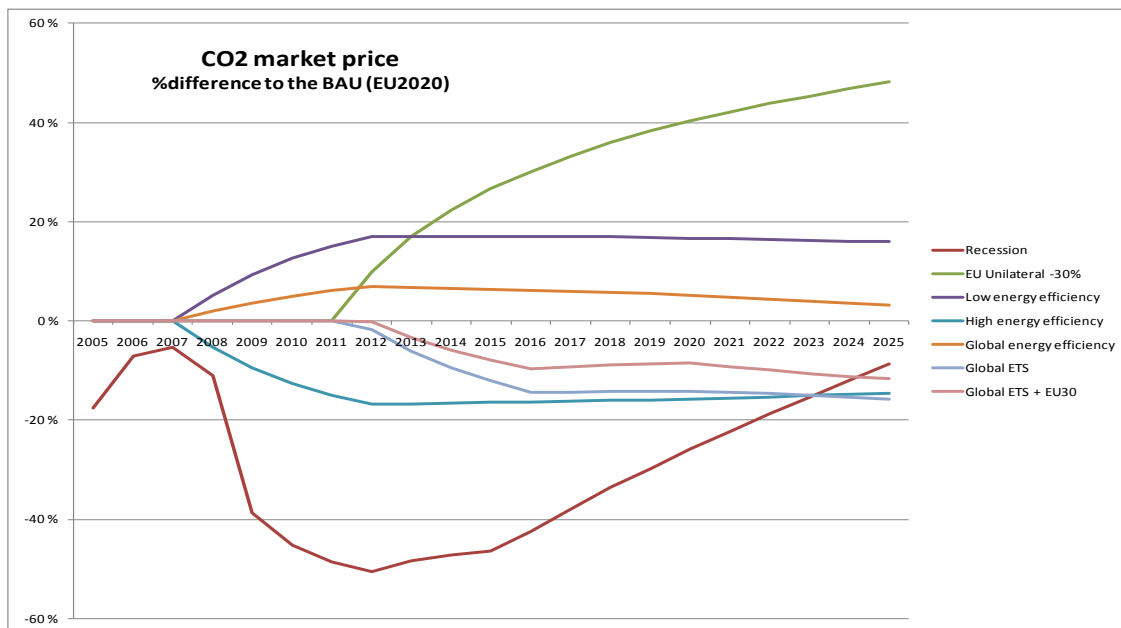
VATTAGE-malli ja sen taustalla oleva teoria on kuvattu tarkemmin julkaisussa Honkatukia (2009).

LIITE 2: Päästöoikeuden hinnan kehitys ja päästökaupan vaikutukset eri sopimusvaihtoehdoissa

Päästöoikeuden hinnan muodostumista ja päästöjen rajoittamisen taloudellisia vaikutuksia kattavuudeltaan erilaisissa päästöjen rajoitussopimuksissa on tarkasteltu maailmantaloutta kuvaavan, dynaamisen yleisen tasapainon mallin, GTAP-mallin, avulla. Keskeistä mallissa on kansainvälisen kaupan ja pääomaliikkeiden kuvaus. GTAP-malli kattaa toista sataa maata ja kymmeniä hyödykkeitä ja sisältää maiden välisen bilateraalikan kuvauksen. Päästöjen rajoittamisen tarkastelua varten mallia on laajennettu energian ja päästöjen kuvauksen osalta siten, että päästörajoitteita voidaan tarkastella sekä sektoreittain että alueittain. Päästökauppa vaikuttaa mallissa kansainväliseen kauppaan, koska se muuttaa eri alueilta peräisin olevien tuotteiden suhteellisia tuotantokustannuksia ja vientihintoja. Mallia on VATT:ssa laajennettu päästökaupan dynaamisen, yli ajan ulottuvan tarkastelun mahdollistavaksi ja sitä on käytetty pitkän aikavälin globaalien talous- ja ilmastopolitiikkaskenaarioiden taloudellisen ja energiajärjestelmän kehitysvaihtoehtojen samanaikaiseen tarkasteluun yhteistyössä VTT:n kanssa (Honkatukia ja Niemi 2009, 2010).

Tarkastelu perustuu oletukseen, että päästökauppa johtaa päästökauppaa käyvällä alueella päästöjen vähentämisen rajakustannuksien yhtäsuuruuteen, mikä takaa päästökauppaan osallistuvien maiden ja toimialojen päästöjen rajoittamistavoitteen saavuttamisen alhaisimmalla kustannuksella. Päästöoikeuksien hinta riippuu tällaisilla markkinoilla ennen kaikkea päästötavoitteen tiukkuudesta ja päästöjen rajoittamisen teknologisista mahdollisuuksista. Päästötavoitteen tiukkuuteen taas vaikuttavat muun muassa talouskasvu ja energiatehokkuuden kehittyminen.

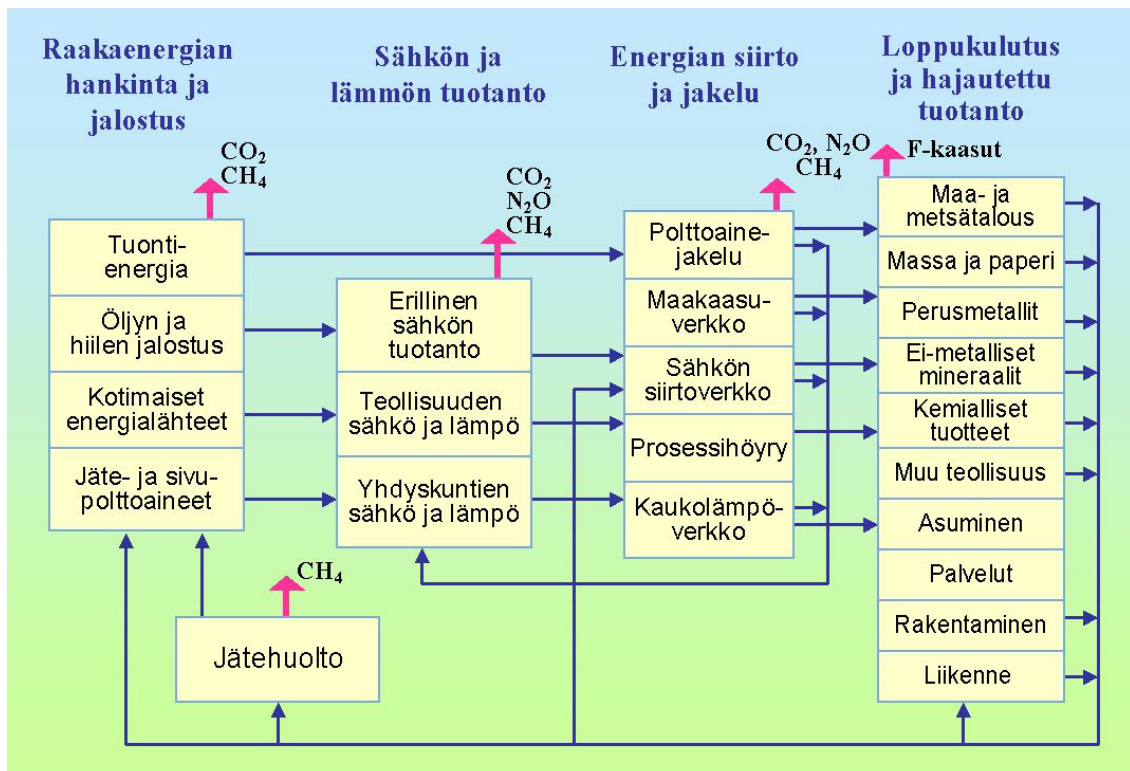
Kuvioon 1. on koottu GTAP-mallilla laskettu arvio päästöoikeuksien hinnan kehitymisestä päästötavoitteiltaan ja päästökaupan laajuudelta erilaisissa vaihtoehdoissa. Kuvion perusteella on selvää, että päästöoikeuden hinta jää alemmaksi laajemmissa sopimuksissa. Jos EU toisaalta toteuttaisi tiukempia rajoituksia yksin, päästöoikeuden hinta kohoaisi selvästi korkeammaksi kuin sen on arvioitu kohoavan nykyisillä tavoitteilla. Kuviossa on myös arvioitu taantuman vaikutusta päästöoikeuden hintaan. Kuvion perusteella taantuman vaikutus on lyhyellä tähtäimellä päästöoikeuden hintaa laskeva, jos Kioton kaudella käyttämättä jäävät päästöoikeudet voidaan siirtää 2013–2020 –kaudella käytettäväksi. Talouden toipuessa vaikutus kuitenkin häviää eikä sillä ole pitkän tähtäimen päästöjen vähentämisen kannalta merkitystä.



Kuvio 1. Päästöoikeuden hinta eri tavoitetasoilla

LIITE 3:TIMES-MALLI

Skenaariolaskelmissa käytetty energiajärjestelmämalli perustuu IEA:n ETSAP-tekniologiaohjelmassa kehitettyyn TIMES-mallijärjestelmään. TIMES-mallissa teollisuuden tuotanto, liikenteen suorit määrä, rakennusten lämmitys ja muu hyötyenergian kysynnän kehitys annetaan ulkopuolisena skenaariona. Malli etsii koko energiajärjestelmän kustannustehokkuuden kannalta optimaalisen tavan kattaa nämä kysynät. TIMES-malli on luonteeltaan dynaaminen, joten sen avulla voidaan tarkastella kuvan 1 mukaisen energiajärjestelmän kehittymistä jaksottain 20–50 vuoden aikajänteellä.



Kuva 1. Laskennassa käytetyn TIMES-mallin energiajärjestelmän periaatteellinen kuvaus.

Laskennassa käytetyssä Suomen TIMES-mallissa on kuvattu pelkästään Suomen energiajärjestelmä ilman minkäänlaista maantieteellistä alueellista jakoa. Tämän vuoksi energiajärjestelmän alueellisia ominaispiirteitä on mallinnettu erilaisilla järjestelmän kehittymistä rajoittavilla reunaehdoilla. Lisäksi muiden maiden vaikutus, tärkeimpänä pohjoismaiset sähkömarkkinat ja muu tuontienergia, on mallinnettava eksogeenisinä energianlähteinä, joiden hinnan kehitys perustuu skenaariossa määriteltyihin lähteisiin. Kotimaisille primäärienergiälähteille

(esim. metsähake ja turve) asetetaan hyödyntämispotentiaali kustannusportaitaan.

TIMES-mallissa on laaja teknologiavalikoima, josta muodostetaan energiajärjestelmälle optimaalinen rakenne niin tuotanto- kuin loppukäyttötekniikoiden suhteen. Suomen TIMES-mallissa laajin teknologiavalikoima koskee luonnollisesti energiantuotantosektoria (sähkön, lämmön ja prosessihöyryn tuotantotekniikat), mutta myös teollisuus-, liikenne, sekä lämmityssektorilla vaihtoehtoisten teknologioiden määrä on varsin kattava niin polttoaineiden kuin teknologiatyyppien suhteen. Suomen energiajärjestelmän erityisominaisuuksista johtuen tiettyjen teknologioiden käyttöönottoa on rajoitettava reunaehdoilla (esim. ydinvoima tai tuulivoima). Uusien teknologioiden teknisissä parametreissa kuten hyötysuhteessa on ajallista kehitystä, joka perustuu asiantuntija-arvioihin kyseisen teknologian oletetusta kehittymisestä. Olemassa olevan tuotanto- ja käyttötekniikoiden kapasiteetin kehitys on arvioitu käytössä olevien laitosten käyttöä mukaisesti.

Sekä päästökauppa että EU:n uusiutuvan energian direktiivi on mallinnettu Suomen TIMES-malliin. Päästökauppa koostuu Suomelle asetetusta päästökaupasta sekä mahdollisuudesta ostaa ja myydä päästöoikeuksia, joiden hinta on asetettu skenaariossa. EU:n uusiutuvan energian direktiivi pakottaa mallissa uusiutuvan osuuden loppukäytöstä toteutuvan vuodesta 2020 lähtien. Lisäksi päästökaupan ulkopuolisille päästöille asetetaan direktiivin mukainen yläraja.

Tuloksina Suomen TIMES-malli antaa tarkasteluaikavälin jaksoissa energiajärjestelmän kannalta kustannusoptimaalisen kuvan Kuva mukaisen energiahyödykkeiden virtauksen sekä tähän tarvittavat uusien teknologioiden investoinnit. Raportoitavia esimerkkituloksia voivat olla mm. sähkönkulutus sektoreittain, sähkön tuotanto tuotantomuodoittain, primäärienergian kulutus polttoaineittain. Malli antaa tuloksena myös energiajärjestelmän tuottamat kasvihuonekaasupäästöt (CO₂, CH₄ ja N₂O) eroteltuna päästökaupparektorin ja sen ulkopuolisen sektorin mukaan. Lisäksi saadaan kustannustietoja kuten energiaverot, tuotanto- ja investointituet sekä ostetut ja myydyt päästömaksut.

Lähteet

- Badri, N. G. – Walmsley, T.L. (toim.) (2008): Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 7 Data Base, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Dixon, P. – Rimmer, M. (2002): Dynamic General Equilibrium Modelling for Forecasting and Policy. Contributions to Economic Analysis 256, North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Honkatukia, J. – Forsström, J. (2008). Ilmasto- ja energiapoliittisten toimenpiteiden vaikutukset energiajärjestelmään ja kansantalouteen. VATT-tutkimuksia 139, VATT, Helsinki.
- Honkatukia, J. (2009): VATTAGE – A Dynamic, Applied General Equilibrium Model of The Finnish Economy. VATT, Helsinki.
- Honkatukia, J. (2008): Ilmastopoliitiikan taloustiede. Kansantaloudellinen aikakauskirja 1/2008, Helsinki.
- Loulou, R. – Remme, U. – Kanudia, A. – Lehtilä, A. – Goldstein, G. (2005): Documentation for the TIMES Model. Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP).
- Suomen Pankki (2002-2008): Maksutasetilasto.
- Tilastokeskus (2002-2008): Kansantalouden tilinpito.
- Valtiovarainministeriö (2007a): Suomen vakaushjelman tarkistus. Taloudelliset ja talouspoliittiset katsaukset 4a/2007.
- Valtiovarainministeriö (2007b): Talouspolitiikan strategia –raportti 2007, Julkaisuja 6/2007.

VATT TUTKIMUKSET -SARJASSA ILMESTYNEITÄ

PUBLISHED VATT RESEARCH REPORTS

- 143:4. Hyvönen Kaarina – Saastamoinen Mika – Timonen Päivi – Kallio Arto – Hongisto Mikko – Melin Magnus – Södergård Caj – Perrels Adriaan: Kuluttajien näkemyksiä kotitalouden ilmastovaikutusten seuranta- ja palautejärjestelmästä. Climate Bonus -hankeraportti (WP5). Helsinki 2009.
- 143:2. Usva Kirsi – Hongisto Mikko – Saarinen Merja – Nissinen Ari – Katajajuuri Juha-Matti – Perrels Adriaan – Nurmi Pauliina – Kurppa Sirpa – Koskela Sirkka: Towards certified carbon footprints of products – a road map for data production. Climate Bonus project report (WP3). Helsinki 2009.
152. Kirjavainen Tanja – Kangasharju Aki – Aaltonen Juho: Hovioikeuksien käsittelyaikojen erot ja aluerakenne. Helsinki 2009.
153. Kari Seppo – Kerkelä Leena: Oman pääoman tuoton vähennyskelpoisuus yritysverotuksessa – Belgian malli. Helsinki 2009.
- 143:5. Perrels Adriaan – Nissinen Ari – Sahari Anna: The overall economic and environmental effectiveness of a combined carbon footprinting and feedback system. Climate Bonus project report (WP6). Helsinki 2009.
154. Honkatukia Juha – Ahokas Jussi – Marttila Kimmo: Työvoiman tarve Suomen taloudessa vuosina 2010–2025. Helsinki 2010.
155. Junka Teuvo: Valtionyhtiöt 1975–2008. Helsinki 2010.
156. Harju Jarkko – Kari Seppo: Yritysveropohjan harmonisoimisen vaikutus Suomen yhteisöverotuottoon. Helsinki 2010.
157. Riihelä Marja – Sullström Risto – Tuomala Matti: Trends in top income shares in Finland 1966–2007. Helsinki 2010.
158. Perrels Adriaan – Veijalainen Noora – Jylhä Kirsti – Aaltonen Juha – Molarius Riitta – Porthin Markus – Silander Jari – Rosqvist Tony – Tuovinen Tarja: The implications of climate change for extreme weather events and their socio-economic consequences in Finland. Helsinki 2010.
159. Kangasharju Aki – Pääkkönen Jenni: Mainettaan parempi tuottavuusohjelma? Katsaus valtion virastojen ja laitosten työn tuottavuuteen ja työhyvinvointiin. Helsinki 2010.
160. Kangasharju Aki – Mikkola Teija – Mänttari Tuomas – Tyni Tero – Valta Maija: Vaikuttavuuden huomioon ottava tuottavuus vanhuspalveluissa. Helsinki 2010.
161. Ahokas Jussi – Honkatukia Juha: Poliittikkatoimien vaikutukset työvoiman tarpeeseen Suomen taloudessa 2010–2025. Helsinki 2010.
162. Honkatukia Juha – Marttila Kimmo: The effects of energy taxes on energy consumption in Finland between 1995 and 2004 – An historical analysis using the VATTAGE-model. Helsinki 2011.
163. Korkeamäki Ossi: Lapin ja Kainuun sosiaaliturvamaksuvapautuksen vaikutus yritysten työllisyyteen, palkkoihin ja kannattavuuteen. Helsinki 2011.
164. Honkatukia Juha – Simola Antti: Selvitys Suomen nykyisestä ja tulevasta puunkäytöstä. Helsinki 2011.



VALTION TALOUDELLINEN TUTKIMUSKESKUS
STATENS EKONOMISKA FORSKNINGSCENTRAL
GOVERNMENT INSTITUTE FOR ECONOMIC RESEARCH

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus
Government Institute for Economic Research
P.O.Box 1279
FI-00101 Helsinki
Finland

ISBN 978-951-561-993-8
ISSN 0788-5008

