

VATT-TUTKIMUKSIA
75
VATT-RESEARCH REPORTS

Heikki Kemppe
Adriaan Perrels
Antti Lehtilä

SUOMEN KANSALLISEN
ILMASTO-OHJELMAN
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

Vaiheen 2 loppuraportti

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus
Government Institute for Economic Research
Helsinki 2001

ISBN 951-561-361-2

ISSN 0788-5008

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus

Government Institute for Economic Research

Hämeentie 3, 00530 Helsinki, Finland

Email: heikki.kemppi@vatt.fi
adriaan.perrels@vatt.fi
antti.lehtila@vtt.fi

Oy Nord Print Ab

Helsinki, March 2001

KEMPPI, HEIKKI – PERRELS, ADRIAAN – LEHTILÄ, ANTTI: SUOMEN ILMASTO-OHJELMAN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET. Helsinki, VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Government Institute for Economic Research, 2001, (B, ISSN 0788-5008, No 75). ISBN 951-561-361-2.

Abstract: This is the final report on macro-economic cost assessment of a domestic climate policy programme for Finland. The core assessment work was done with an energy systems model (EFOM) soft linked with a macro-economic model (KESSU). The study was carried out in co-operation with VTT Energy. The policy programme consisted of both pricing measures and prescriptions. For the programme several variants were specified, each with their own dosage of measures. From an engineering-economic viewpoint the use of more nuclear looks economically advantageous, but from a macro-economic viewpoint the advantage is less prominent. Use of energy taxes combined with tax recycling seems from a macro-economic viewpoint less harmful than a purely prescriptive programme. Macro-economic cost of a purely domestic policy package for the first commitment period amount to about 0,5 % of Finnish GDP in 2010.

The study was financed by the ministries of Trade and Industry, Environment and VATT/Ministry of Finance.

Key words: climate policy, assessment, carbon tax, energy tax

Tiivistelmä: Tämä raportissa esitetään kansallisen ilmasto-ohjelman toteuttamisen kokonaistaloudellisia vaikutuksia. Taloudelliset ja kokonaistaloudelliset vaikutukset on laskettu energiajärjestelmämallilla (EFOM) ja kokonaistaloudellisella mallilla (KESSU). Tutkimus toteutettiin yhteistyössä VTT Energian kanssa. Ilmasto-ohjelma sisältää sekä hintaohjauskeinoja että normiohjausta. Luo- duissa ohjelmavaihtoehdoissa ohjauskeinojen merkitys vaihtelee. Teknis- taloudellisesta näkökulmasta ydinvoima on edullinen ratkaisu, mutta kokonais- taloudellinen näkökulma kaventaa jossakin määrin lisäydinvoiman etua. Ener- giaverojen korotukseen ja energiaverojen kertymän takaisinkierrätykseen perustuva ohjelmavaihtoehto aiheuttaa pienemmät kustannukset kuin pelkkiin normeihin ja tukiin perustuva ohjelmavaihtoehto. Ilmasto-ohjelman toteuttamisen kokonaistaloudellisiksi kustannukseksi arvioidaan noin puolen prosentin alenema vuoden 2010 bruttokansantuotteessa.

Tutkimuksen rahoittivat kauppa- ja teollisuusministeriö, ympäristöministeriö se- kä VATT/valtiovarainministeriö.

Asiasanat: ilmastomuutospolitiikka, arviointi, hiilivero, energiavero

VATT ja ilmastopolitiikan kehitys

Ilmastopolitiikasta on tullut pitkälle tulevaisuuteen kestävä teema kansallisessa politiikassa. Ilmastonmuutos ja sen torjunta on erittäin monisäikeinen haaste, jonka toteuttaminen edellyttää uutta tietoa, uusia ratkaisuja ja uusia sovellutuksia useilta tieteen osa-alueilta. Moninaisuus koskee myös ilmastopolitiikan taloustieteellisiä kysymyksiä, jonka vuoksi 'ilmastonmuutoksen talous' on tullut tärkeäksi tutkimusaiheeksi VATT:n toiminta-alueella. Lisäksi haasteen kansantaloudellisen merkityksen vuoksi ilmastonmuutos on otettu yhdeksi avaintemaksi VATT:n tutkimusstrategiassa.

Ilmastonmuutoksen talouteen liittyvät tutkimusongelmat koskevat monia taloustieteen osa-alueita. Vaikka ilmastonmuutos on sijoitettu VATT:n tutkimusstrategiassa lohkokon 'globaalinen kehitys', se liittyy myös strategiamatriisiin muihin aiheisiin, kuten esimerkiksi kestäväan kehitykseen, talouden rakennemuutokseen, verokilpailuun ja EU-integraatioon. Lisäksi ilmastonmuutokseen liittyvien taloudellisten kysymysten analysointi edellyttää omaa erityistietoa ympäristöstä ja energiataloudesta. Yksi VATT:n neljästä tutkimusalueesta on nimeltään *Ympäristö ja infrastruktuurit*, jonka toimialaan ilmastonmuutoksen talouden tutkiminen sopii luonnollisesti hyvin. Tutkimusalueelle luodaan paraikaa 'energia ja ympäristö' -lohkoa, jossa ilmastonmuutokseen liittyvä tutkimus on erittäin keskeinen osa-alue. Energia- ja ympäristölohkolla on mahdollisuus luoda uusia kehitysideoita, joista hyötyvät myös muut VATT:n tutkimusaiheet ja -alueet. Strategian ja strategiamatriisin tarkoitus onkin luoda lisäarvoa tutkimusalueiden hedelmällisellä vuorovaikutuksella. Esimerkiksi kestävä kehitys ja ilmastonmuutos ovat hyvin läheisesti yhteenkuuluvia tutkimusaiheita.

Kokemukset Kioto-tutkimuksesta muodostavat hyvän perustan, jolle voidaan edelleen rakentaa uusia tutkimuksia ja kansantaloudellisia malleja. Yhtenä tutkimusprojektina vuosina 2001 ja 2002 on yleisen tasapainomallin kehittäminen niin, että se on soveltuu kansainvälisten ilmastomuutoskysymysten tutkimiseen.

Ilmastotutkimuksen monimutkaisuus vaati luonnollisesti monelle taholle ulottuvaa yhteistyötä. Kioto-tutkimus loi laajaa ja hedelmällistä yhteistyötä VTT Energian kanssa. Toivottavasti Valtion teknillinen tutkimuskeskus toimii yhteistyökumppanina myös uusissa tutkimushankkeissa. Lisäksi vaikuttaa, että yhteydet Suomen ympäristökeskukseen muun muassa BAT-projektissa ja Suomen Akatemian projektissa 'Ohjausmekanismien vaikutus ravinteiden kiertoon ekosysteemeissä ja talousjärjestelmissä' ovat luoneet uutta perustaa tulevaisuuden yhteistyölle. Seuraava tavoite olisikin kansainvälisen yhteistyöprojektin kehittäminen ilmastopolitiikan alueella.

Reino Hjerppe
Ylijohtaja

Esipuhe

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus sopi vuoden 1999 alkupuoliskolla kauppaja teollisuusministeriön ja ympäristöministeriön kanssa Valtion taloudellisessa tutkimuskeskuksessa tehtävästä tutkimuksesta, jonka tavoitteena on arvioida Kioto ilmastopöytäkirjan Suomen velvoitteiden toteuttamisen kokonaistaloudelliset vaikutukset. Tutkimuksen ensimmäinen vaihe alkoi huhtikuussa 1999 ja päättyi huhtikuussa 2000. Tutkimuksen ensimmäisen vaiheen tavoitteena oli suorittaa useita asiaa kartoittavia esitutkimuksia.

Toukokuussa 2000 alkanut tutkimuksen toinen vaihe kesti maaliskuun 2001 loppuun asti. Toisessa vaiheessa arvioitiin mallilaskelmilla kansallisten ilmastohjelmien vaihtoehtojen kokonaistaloudelliset vaikutukset. Mallilaskelmat toteutettiin Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen ja Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen yhteistyönä. Tutkimuksen myöhemmässä vaiheessa yhteistyötä tehtiin tietojen vaihdossa myös Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen kanssa.

Tutkimusta on ohjannut sekä asiantuntija- että johtoryhmä. Asiantuntijaryhmään kuului tutkijoita Valtion taloudellisesta tutkimuskeskuksesta ja Valtion teknillisestä tutkimuskeskuksesta, sekä Pekka Tervo kauppaja teollisuusministeriön edustajana, Magnus Cederlöf ja Antero Honkasalo ympäristöministeriön edustajina ja Heikki Sourama valtiovarainministeriön edustajana.

Johtoryhmään kuuluivat alivaltiosihteeri Johnny Åkerholm valtiovarainministeriöstä, ylijohtaja Taisto Turunen kauppaja teollisuusministeriöstä, ylijohtaja Pekka Jalkanen ympäristöministeriöstä. Johtoryhmän puheenjohtajana toimi ylijohtaja Reino Hjerpe Valtion taloudellisesta tutkimuskeskuksesta.

Esipuheen loppuun on liitettävä surullinen sanoma siitä, että Mikael Björnberg, joka kuului Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tutkijaryhmään tuotteliaana ja asiantuntevana tutkijana, sai surmansa lento-onnettomuudessa marraskuussa 2000. Muistamme hänet hyvänä ystävänä ja arvostettuna tutkijana.

Adriaan Perrels
Projektijohtaja

Yhteenveto

Ilmastopolitiikan viitekehys

Teollisuusmaiden muodostama ryhmä (ns. Annex B maat) on sitoutunut Kioto ilmastopöytäkirjassa¹ alentamaan kasvihuonekaasupäästöjään vuoden 1990 tasolta vuoteen 2012 mennessä. Euroopan yhteisöä koskeva tavoite kahdeksan prosentin alennus kasvihuonekaasupäästöissä tuotti EU:n taakanjakoneuvotteluissa Suomelle tavoitteen, jossa Suomen kasvihuonekaasupäästöt eivät kasva vuoden 1990 tasolta.

Suomen tavoitteen toteuttamiseksi vuoden 2000 aikana valmistui kansallinen ilmasto-ohjelma (**KIO**). Valmistustyötä ohjasi Kioto-ministerityöryhmä, jota avusti kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM), ulkoministeriön (UM), valtiovarainministeriön (VM), maa- ja metsätalousministeriön (MMM), liikenne- ja viestintäministeriön (LVM) ja ympäristöministeriön (YM) edustajista koostuva Kioto-yhdysverkko. Kioto-yhdysverkko valmisti ilmastostrategian ja kansallinen ilmasto-ohjelma (KIO) on Suomen ilmastostrategian tärkeä osa. MMM, YM, LVM sekä KTM ovat laatineet omat sektoriohjelmansa ja taustaselvityksensä kansallista ilmasto-ohjelmaa varten. Tämä tutkimusraportti esittelee kansallisen ilmasto-ohjelman laadinnan taustaksi tehtyjä kokonaistaloudellisia vaikutuslaskelmia.

Tutkimus on tehty Valtion taloudellisessa tutkimuskeskuksessa yhteistyössä VTT Energian kanssa.

Tutkimuksen tulokset kuvaavat Suomen kasvihuonekaasupäästötavoitteen toteuttamisen taloudellisia vaikutuksia. Suomen tavoitteena on saavuttaa vuosien 2008-2012 keskiarvona vuoden 1990 kasvihuonekaasupäästöjen taso. Perusskenaariossa energiajärjestelmämallin mukaiset Suomen kasvihuonekaasupäästöt kasvavat noin 91,2 miljoonaa tonniin vuoteen 2010 mennessä ja vuoden 1990 kasvihuonekaasupäästöt olivat 75,2 miljoonaa tonnia. Kasvihuonekaasupäästöjä tulee siis vähentää noin 16 miljoonaa tonnia eli noin 18 %.

Tärkein kasvihuonekaasu on hiilidioksidi (CO₂), jonka osuus Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä on noin 84 %. Muut kasvihuonekaasut ovat metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂O) sekä ns. 'uudet kaasut' HFC, PFC, SF₆.

Hiilidioksidipäästöjen suurin lähde on fossiilisten polttoaineiden käyttö energiantuotannossa ja liikenteessä, kuten kivihiilen käyttöön perustuva sähkön- ja kaukolämmöntuotanto sekä bensiinin ja dieselöljyn käyttö tieliikenteessä. Energiantuotannossa hiilidioksidipäästövapaita tuotantomuotoja ovat muun muassa vesi-, tuuli- ja ydinvoima. Suomessa biopolttoaineet ovat merkittävä energialäh-

¹ Liitteessä 1 on ilmastopolitiikkaan liittyvä sanasto.

de.² Muita kasvihuonekaasupäästöjen lähteitä ovat jätehuolto (metaani), maatalous (metaani ja dityppioksidi) ja teollisuusprosessit (dityppioksidi ja uudet kaasut).

Kansallisessa ilmasto-ohjelmassa käytetään hyväksi kasvihuonekaasujen välistä vaihdantaa ja hyödynnetään muun muassa edellä mainittuja hiilidioksidipäästövapaita energiamuotoja (esimerkiksi ydinvoima ja tuulivoima) ja vähäpäästöisempiä energiamuotoja (esimerkiksi maakaasu). Ilmasto-ohjelma sisältää lukuisia ohjauskeinoja ja toimenpiteitä, joilla pyritään energiansäästöön ja energiantuotannon rakenteen muuttamiseen vähemmän hiilidioksidipäästöjä aiheuttavaksi. Ohjauskeinot ja toimenpiteet koskevat kaikkia oleellisia sektoreita taloudessa. Ilmasto-ohjelmassa tärkeitä ohjauskeinoja ovat energiaverot ja tiettyjen energialähteille myönnettävät tuet. Rakennusten energiankulutusta koskevat normit ovat esimerkki tärkeistä toimenpiteistä.

Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseen tähtäävät ohjauskeinot ja toimenpiteet ovat kuitenkin monimutkaisessa vuorovaikutuksessa. Yritykset ja kotitaloudet voivat toteuttaa päästöjä vähennykset erilaisilla tavoilla. Tämän vuoksi on järkevää tarkastella millaisia eroja erityisesti kustannuksissa eri ohjelmavaihtoehtojen välille syntyy.

Ilmasto-ohjelman vaihtoehdot

Ilmasto-ohjelman laadinnasta vastaavat ministeriöt päätyivät tietyissä ominaisuuksissa toisiaan muistuttaviin ilmasto-ohjelman vaihtoehtoihin, mutta joissakin ominaisuuksissa ohjelmavaihtoehdot kuitenkin poikkeavat toisistaan. Alun pitäen päävaihtoehtoja oli kaksi; KIO1 eli vaihtoehto ilman lisäydinvoimaa ja KIO2 eli lisäydinvoimavaihtoehto. KIO1 ja KIO2 ovat alkuperäiset ohjelmavaihtoehdot, joista muut ohjelmavaihtoehdot kehitettiin.

Alkuperäiset ilmasto-ohjelmat (KIO1 ja KIO2), joista siis lähdettiin liikkeelle, koostuvat viidestä tärkeästä elementistä:

- Muiden kasvihuonekaasujen kuin hiilidioksidin rajoittamiseen tähtäävät toimet ja ohjauskeinot. Muita kasvihuonekaasuja ovat metaani, N₂O, HFC, PFC, SF₆. Suomen ilmastopolitiikan kannalta ainoastaan metaani ja typpidioksidi voivat merkittävästi (ml. kustannustehokkuus) vaikuttaa päästötavoitteen saavuttamiseen.
- Uusiutuvien energialähteiden ohjelma (UEO), jolla pyritään erityisesti biomassan energiakäytön lisäämiseen.

² Ilmastositimuksen mukaan biopolttoaineiden käytöstä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä ei lueta kasvihuonekaasupäästöihin, koska oletetaan, että hiilen kierron vuoksi ne eivät aiheuta laskenta-ajanjaksolla säteilypakotteen muutosta.

- Energiansäästöohjelma (ESO), joka sisältää asumiseen, rakentamiseen, kuljetuksiin ja teollisuuteen kohdistuvia ohjauskeinoja ja toimenpiteitä.
- Hiilenkäyttökielto KIO1-ohjelmassa ja yhden uuden 1300 MW ydinvoimalan rakentaminen KIO2-ohjelmassa.
- Kotitalouksien ja yritysten energia- ja sähköverojen asteittainen korottaminen.

Energiansäästönormit, uusiutuvien energialähteiden tuet ja energiaverojen veroasteet ovat samat KIO1:ssä ja KIO2:ssa. Jotta kaikki ohjelmavaihtoehdot toteutaisivat saman vertailukelpoisen kasvihuonekaasupäästöjen tason energiaverojen veroasteita muutettiin kussakin ohjelmavaihtoehdossa siten, että päästötavoite toteutuu. Lisäksi muodostettiin neljä ohjelmavaihtoehtoa, joissa liikennepolttonesteiden verotusta ei korotettu. Edelleen haluttiin myös ohjelmavaihtoehdot, joissa energiaverotusta ei koroteta lainkaan. Lopulta muodostettiin kuusi keskeistä kasvihuonekaasupäästöissä vertailukelpoista ohjelmavaihtoehtoa. Kaiken kaikkiaan kyseiset kuusi ohjelmavaihtoehtoa valittiin kymmenen kehitetyn ohjelmavaihtoehdon joukosta.

Kun ohjelmavaihtoehdoissa muutettiin energiaverojen veroasteita päästötavoitteen saavuttamiseksi tarkalleen ja otettiin huomioon liikennepolttonesteiden lisäverovaihtoehdot sekä vaihtoehdot, joissa tavoite saavutetaan korottamatta energiaveroja, saatiin lopulta kaiken kaikkiaan seuraavat ohjelmavaihtoehdot: (1) KIO1; alkuperäinen KIO1, (2) KIO1-NONLV: kuten KIO1, mutta ilman liikennepolttoaineverojen korotuksia, (3) KIO1*: kuten KIO1, mutta energiaverojen veroasteita muutettu, jotta päästötavoite saavutetaan tarkalleen (liikennepolttoaineiden verotuksen perusteet samat kuin KIO1:ssa), (4) KIO1-NONLV*, kuten KIO1*, mutta ilman liikennepolttoaineverojen korotuksia, (5) KIO1-NONEV: kuten KIO1, mutta ilman energiaverojen korotuksia, sen sijaan tukien ja muiden toimien määrää on lisätty, sekä (6) KIO2; alkuperäinen KIO2, (7) KIO2-NONLV: kuten KIO2, mutta ilman liikennepolttoaineverojen korotuksia, (8) KIO2*: kuten KIO2, mutta energiaverojen veroasteita on muutettu, jotta päästötavoite saavutetaan tarkalleen (liikennepolttoaineiden verotuksen perusteet samat kuin KIO1:ssa ja KIO2:ssa), (9) KIO2-NONLV*: kuten KIO2-NONLV, mutta energiaverojen veroasteita on muutettu, jotta päästötavoite saavutetaan tarkalleen ja (10) KIO2-NONEV: kuten KIO2, mutta ilman energiaverojen korotuksia, sen sijaan tukien ja muiden toimenpiteiden määrää on lisätty.

Lyhennetään kasvihuonekaasupäästötavoitteen tarkalleen toteuttavat energiaverovaihtoehdot seuraavasti:

- Energiaverovaihtoehto 1: sisältää liikennepolttoaineverojen korotukset (KIO1* ja KIO2*).

- Energiaverovaihtoehto 2: ei sisällä liikennepolttoaineverojen korotuksia (KIO1-NONLV* ja KIO2-NONLV*).
- Energiaverovaihtoehto 3: ei sisällä lainkaan energiaverojen korotuksia (KIO1-NONEV ja KIO2-NONEV).

Tällöin päästörajoitteen tarkalleen toteuttavista ohjelmavaihtoehdoista saadaan seuraava taulukko, josta ilmenevät käytetyt lyhenteet eli ko. ohjelmavaihtoehdon nimi:

Keskeiset ohjelmavaihtoehdot	Ei lisädinvoimaa, sähköntuotantovaihtoehto 1	Lisädinvoimaa, sähköntuotantovaihtoehto 2
<i>Energiaverovaihtoehto 1</i>	KIO1*	KIO2*
<i>Energiaverovaihtoehto 2</i>	KIO1-NONLV*	KIO2*-NONLV*
<i>Energiaverovaihtoehto 3</i>	KIO1-NONEV	KIO2-NONEV

Arvioinnissa on keskitytty kuuteen päästötavoitteet tarkalleen toteuttavaan ohjelmavaihtoehtoon, jotka on esitetty yllä olevassa taulukossa.

Julkisen sektorin budjettitasapainon säilyttämisen vuoksi energiaverojen korottamisen vaikutukset neutraloidaan (kierrätetään takaisin) alentamalla muita veroja. Alun pitäen energiaverokertymän takaisinkierätyksessä oli useita vaihtoehtoja:

- 50 %/50 % eli puolet kertymästä kierrätetään takaisin kotitalouksien tuloverolla alennuksena ja puolet työnantajien sosiaalivakuutusmaksuilla.
- 100 % eli takaisinkierätys perustuu vain kotitalouksien tuloveroon.
- ALV alennus eli takaisinkierätys perustuu arvonlisäveroperusteiden alentamiseen (ETLAN mallilla kokeiltu vaihtoehto).

Laskelmien toteuttaminen ja tulosten tulkinta

Ohjelmavaihtoehtojen taloudelliset vaikutukset arvioidaan käyttämällä yhdessä sekä energiajärjestelmämallia (EFOM) että ekonometristä kokonaistaloudellista mallia (KESSU). Kustannusten jakautuminen kotitaloustyyppien välillä arvioidaan tilastokeskuksen tietojen perusteella. Kokonaisarvio tehdään pienimuotoisella monikriteerianalyysillä.

Laskelmissa energiajärjestelmämallilla lasketut ohjelmavaihtoehdon toteuttamisesta aiheutuvat välittömät kustannukset siirretään kokonaistaloudellisen mallin sektoreille. Kustannusten siirto kotitalouksille, palveluille ja teollisuuden toimialoille perustuu pääasiassa niiden energiankäyttöön.

Teollisuuden ja palveluiden kustannusten muutos voidaan tulkita ko. toimialojen yksikkökustannusten kohoamiseksi, josta aiheutuu kannattavuuden muutos. Kannattavuuden heikkenemisen vuoksi vientiteollisuuden toimialojen vientitarjonta vähenee ja tätä kautta niiden panoskysyntä sekä välitön ja välillinen heikkenee. Tästä aiheutuu myös välillisiä vaikutuksia muille toimialoille.

Palveluiden kustannusten kohoaminen vähentää niiden kysyntää, jolloin aiheutuu vastaavat panoskysynnän alentumisen vaikutukset kuin teollisuuden toimialojen tapauksessa. Kummankin edellä mainitun sektorin tuotannon muutoksen välitön ja välillinen vaikutus työllisyyteen alentaa edelleen kotitalouksien tuloja ja tätä kautta tuotantoa.

Kotitalouksien energiankysyntää muutetaan vastaamaan energiajärjestelmämallin mukaista kotitalouksien energiankulutuksen muutosta. Kotitalouksien kysyntää muutetaan myös energiajärjestelmämallin kotitaloussektorin energian säästöinvestointien mukaisesti, jolloin aiheutuu kotitalouksien kysynnän rakenteen ja tason muutos.

Laskelmissa oletetaan joustavat reaali-palkat (nimellispalkkoja ei muuteta hintatason muutoksen vuoksi), joten tältä osin ei aiheudu kokonaistaloudellisia lisäkustannuksia.

Laskelmissa energiaverojen lisäyksen kertymä kierrätetään takaisin siten, että puolet kertymästä kohdistetaan kotitalouksien tuloveron alentamiseen ja puolet työnantajien sosiaalivakuutusmaksujen alentamiseen. Mikäli energiaverokertymä jää pienemmäksi kuin mikä on perusskenaarion energiaverokertymä julkisen sektorin budjetti tasapainotetaan kiristämällä kotitalouksien tuloverotusta.

Kokonaistaloudelliset vaikutukset riippuvat muun muassa siitä, mikä on energiajärjestelmämallilla lasketut suorat kustannukset kullakin sektorilla (kuten raskaan teollisuuden kustannukset), mikä on tarvittava energiaverojen ja tukien taso, kuinka nämä kohdistuvat kullekin sektorille, sekä millä menettelyllä (kotitalouksien tulovero vs. työnantajien sosiaaliturvamaksut) budjettitasapaino kokonaistaloudellisessa mallissa toteutetaan.

Johtopäätökset

- Vuoden 2010 tilanteen mukaan arvioituna bruttokansantuotteen määrä on ilmasto-ohjelman vuoksi 0,3 % - 0,6 % alhaisempi kuin perusskenaariossa ja kotitalouksien kulutus on 0,6 % - 0,9 % alhaisempi kuin perusskenaariossa.
- Yllä esitetyt tulokset perustuvat laskelmiin, joissa energiaveron nettokertymän muutos palautetaan kotitalouksien tuloverojen alennuksina ja työnantajien sosiaalivakuutusmaksujen alennuksina. Laskelmat siis perustuvat tasapainotettuun budjettiin. Edellä mainittujen vaihtoehtojen lisäksi energiaverojen nettokertymä voidaan palauttaa taloudenpitäjille alentamalla arvonlisäverotusta.
- Energiaverotus yhdistettynä energiaverokertymän takaisinkierrätykseen on kokonaistaloudellisten kustannusten kannalta suhteellisen tehokas ohjauskeino. Takaisinkierrätys selkeästi vähentää energiaverojen kokonaistaloudellista kustannusta.
- Ohjelmavaihtoehdot, joissa ei toteuteta energiaverojen korotuksia aiheuttavat kotitalouksille suuremmat kustannukset kuin energiaverojen korotukset sisältävät ohjelmavaihtoehdot. Ilman energiaverojen korotuksia kotitalouksien kulutus alenee 1 % - 1,2 %. Näissä ohjelmavaihtoehdoissa energiaverojen kiristämisen hiilidioksidipäästöjä alentava vaikutus kompensoidaan muita toimenpiteitä ja tukia lisäämällä. Tyypillisesti energiaverotusta korvaavat toimet ovat kalliimpia kuin energiaverojen korotus. Koska näissä ohjelmavaihtoehdoissa energiaverojen nettokertymä alenee, julkisen sektorin budjettitasapainon ylläpitämisen vuoksi kotitalouksien tuloverotusta kiristetään.
- Lisäydinvoima vaikuttaa kotitalouksien kulutuksella ja bruttokansantuotteella mitattuna 0,1 % - 0,2 % kustannuksia alentavasti. Lisäydinvoiman kustannusetu riippuu ohjelmavaihtoehdosta ja energiaverojen takaisinkierrätysmenettelystä. Kustannuseroa, joka on 0,1 % tai pienempi ei voida näiden mallilaskelmien tulosten tulkinnassa pitää merkitsevänä erona.
- Raskaan teollisuuden tuotannon alennus perusskenaarioon verrattuna vuonna 2010 vaihtelee välillä 0,1 % - 0,4 % ja vastaavasti kevyen teollisuuden tuotannon alentumisen vaihteluväli on 0,15 % - 0,25 %. Maatalouden ja yksityisten palveluiden tuotanto alenee 0,3 % - 0,6 %.
- Lisäydinvoima puolittaa raskaan teollisuuden kustannukset (tuotannon muutoskustannuksella mitattuna). Kevyen teollisuuden ja palveluiden kustannuksiin lisäydinvoima vaikuttaa suhteellisen vähän.
- Energiaverokertymän palautusmenettely vaikuttaa jossakin määrin ko. verkertymillä kokonaistaloudellisiin tuloksiin. Yksityiset palvelut ja kevyt teolli-

suus hyötyvät, kun energiaverojen kertymän takaisinkierätykset kohdistetaan kotitalouksien tuloverojen alentamiseen.

- Keskimääräinen kustannus kotitaloutta kohden energiaverojen takaisinkierätyksen jälkeen vaihtelee 1200 markasta 1800 markkaan vuodessa vuoden 2010 tilanteen mukaan arvioituna. Ohjelmavaihtoehdoissa ilman energiaverojen korotuksia keskimääräinen kustannus kotitaloutta kohden vaihtelee 2000 markasta 2400 markkaan. Lisäydinvoima alentaa kotitalouksien keskimääräistä kustannusta 270-420 markkaa. Lisäydinvoima pienentää hieman kotitaloustyyppien välistä kustannusten hajontaa.
- Ohjelmavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuvat kustannukset kotitaloutta kohden riippuvat merkittävästi kotitalouden asunnontyypistä ja lämmitysjärjestelmästä. Liikennepolttonesteiden lisäverojen sisällyttäminen ohjelmavaihtoehtoon lisää kotitalouksien välisiä kustannuseroja, koska henkilöautojen omistus ja vuotuiset ajokilometrit vaihtelevat suhteellisen paljon kotitaloudesta toiseen.
- Ohjelmavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuva elinkustannusten suhteellinen muutos eli kustannusten muutos suhteutettuna käytettävissä oleviin tuloihin riippuu edellä esitetyistä tekijöistä ja kotitalouksien tuloista. Kotitaloustyyppikohtaiset erot elinkustannusten suhteellisessa muutoksessa ovat varsin pieniä. Joissakin kotitaloustyypeissä kustannukset kohoavat hieman yli yhteen prosenttiin käytettävistä olevista tuloista ja näihin kotitaloustyypeihin kuuluu noin yhdeksän prosenttia kotitalouksista. Yksittäisten kotitalouksien suhteelliset kustannukset voivat olla tätäkin suuremmat. Vastaavasti myös tietyillä yksittäisillä yrityksillä kustannukset voivat olla huomattavasti keskiarvoa suuremmat.
- Vuoden 2010 jälkeen lisäydinvoiman sisältävien ohjelmavaihtoehtojen kustannukset kasvavat hitaammin kuin ohjelmavaihtoehtojen, joissa ei oleteta lisäydinvoimaa.
- Tulosten epävarmuudesta ja herkkyydestä ulkoisten olosuhteiden muutokseen kannattaa todeta kolme seikkaa:
 - Mikäli kansainvälisellä tasolla hyödynnetään joustavuusmekanismeja (päästöoikeuksien kauppaa ja yhteistoteutusta) kotimaisiin ilmastopoliittisiin ohjelmiin kohdistuu todennäköisesti muutospainetta, koska ko. ohjelma mahdollistaa suhteellisen merkittävän kustannussäästön toteuttamisen.
 - Perusskenaarion oletus sähkön tuonnin loppumisesta muista pohjoismaista vuoteen 2010 mennessä lienee varsin realistinen. Toisaalta on mahdollista, että sähkön tuonti säilyy tiettyyn määrään saakka kilpailukykyisenä vaihtoehtona. Ilman lisäydinvoimaa ohjelmavaihtoehdossa sähkön tuontimahdol-

lisuus alentaa kustannuksia, mutta lisäydinvoimavaihtoehtoissa sähkön tuonnilla on hyvin vähäinen vaikutus kustannuksiin.

- EU:n tasolla toteuttavan ja jo perusskenaarioon sisältyvän viiden litran henkilöauton käyttöönoton onnistumista voidaan epäillä. Kyseisen toimenpiteen kustannuksettomuus ja ulkopuolisista olosuhteista riippuminen tekee siitä houkuttelevan toimenpiteen, mutta tarkemmin analysoituna ko. politiikan toteuttaminen on epävarmaa. Mikäli ko. politiikka epäonnistuu ei ole selvää, kuinka aiheutuva päästövähennysvaje katetaan.
- Laajemmalla arviointikehikolla tarkasteltuna (sisältää muitakin vaikutuksia kuin kokonaistaloudelliset kustannukset) osoittautuu, että ohjelmavaihtoehtojen keskinäinen paremmuusjärjestys useimmiten muistuttaa puhtaasti taloudellisilla muuttujilla saatavaa järjestystä. Ohjelmaluonnosten paremmuusjärjestys muuttuu vain mikäli muille kuin taloudellisille tuloksille annetaan merkittävästi enemmän painoa. Luonnollisesti ohjelmavaihtoehtojen keskinäiseen järjestykseen vaikuttaa aikajänne, jolla vaikutuksia tarkastellaan. Ohjelmavaihtoehtojen tavoitteena on ensimmäisen sopimuskauden velvoitteiden toteuttaminen, mutta todennäköisesti nyt aloitettava ilmastopolitiikka on osa huomattavasti pidempikestoista prosessia.

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Tutkimuksessa käytetty arviointijärjestelmä	5
2.1 Johdanto	5
2.2 Energiajärjestelmää kuvaava malli EFOM	6
2.3 Kokonaistaloutta kuvaava malli KESSU	8
2.4 Arvioinnin muut vaiheet	13
2.5 Pääkriteerit ja tärkeimmät arvioinnissa käytettävät muuttujat	14
2.5.1 Kokonaistaloudelliset kustannukset	14
2.5.2 Kustannusten jakaantuminen taloudenpitäjien kesken	16
2.5.3 Tulosten epävarmuus ja herkkyys	17
2.6 Tuloksia koskevia varauksia	18
3 Perusskenaarion tärkeimmät oletukset	21
4 Ilmasto-ohjelman kuvaus	25
4.1 Katsaus ohjauskeinoihin ja niiden aiottuihin vaikutuksiin	25
5 Mallisimulointien tulokset	37
5.1 Energiantuotannon rakenne ja kasvihuonekaasupäästöt	37
5.2 Energiajärjestelmämallilla arvioidut kustannusmuutokset	39
5.3 Taloudelliset vaikutukset	44
5.3.1 Kokonaistaloudelliset vaikutukset	44
5.3.2 Energiakustannusten muutoksen tulojakovaikutukset	51
5.4 Taloudellisten vaikutusten herkkyystarkastelu	56
5.4.1 Herkkyystarkastelun vaihtoehdot	56
5.4.2 Herkkyystarkastelun tulokset	58
6 Ohjelmavaihtoehtojen vaikutusten yleisarviointi	65
6.1 Johdanto	65
6.2 Tulosten tulkintaa - mikä on lukujen arvo?	65
6.3 Yksittäiset ohjauskeinot ja toimenpiteet	68

6.4 Ilmasto-ohjelman yleisarviointi	72
7 Johtopäätökset	77
Lähteet	81
LIITE 1 - SANASTO	83
LIITE 2 - Mallien syöttötiedot, muokkaukset ja tulokset	89
LIITE 3 - Tulosten siirtäminen EFOM:sta KESSU:un	97
LIITE 4 - Pääomakustannusten vaikutusten arviointi	103
LIITE 5 - Arvioinnin kyselyn ja keskustelun yhteenveto	107
LIITE 6 - MCA-käsittelyn tausta	111

1 Johdanto

Teollisuusmaiden muodostama ryhmä (ns. Annex B maat) on sitoutunut Kioto ilmastopöimöksessä³ alentamaan kasvihuonekaasupäästöjään vuoden 1990 tasolta vuoteen 2012 mennessä. Euroopan yhteisöä koskeva tavoite kahdeksan prosenttia alennus kasvihuonehuonepäästöissä tuotti EU:n taakanjakoneuvotteluissa Suomelle tavoitteen, jossa Suomen kasvihuonekaasupäästöt eivät kasva vuoden 1990 tasolta.

Suomen tavoitteen toteuttamiseksi vuoden 2000 aikana valmistui kansallinen ilmasto-ohjelma (*KIO*). Valmistelutyötä ohjasi Kioto-ministerityöryhmä, jota avusti kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM), ulkoministeriön (UM), valtiovarainministeriön (VM), maa- ja metsätalousministeriön (MMM), liikenne- ja viestintäministeriön (LVM) ja ympäristöministeriön (YM) edustajista koostuva Kioto-yhdysverkko. Kioto-yhdysverkko valmisteli ilmastostrategian, josta kansallinen ilmasto-ohjelma (KIO) on tärkeä osa. MMM, YM, LVM sekä KTM ovat laatineet omat sektoriohjelmansa ja taustaselvityksensä kansallista ilmasto-ohjelmaa varten. Tämä tutkimusraportti esittelee kansallisen ilmasto-ohjelman laadinnan taustaksi tehtyjä kokonaistaloudellisia vaikutuslaskelmia. Tämän luvun lopulla esitellään joiltakin osin ilmastostrategian ja siihen kuuluvan ilmasto-ohjelman valmisteluprosessia.

Tämä julkaisu on Kioto ilmastopöimöksen toteuttamisen kokonaistaloudellisten vaikutusten tutkimusohjelman toisen vaiheen loppuraportti. Julkaisu on mittavan valmistelutyön ja lukuisien mallilaskelmien lopputulos. Valmistelutyö sisälsi tutkimuksia ja selvityksiä sähkömarkkinoista, ohjauskeinojen valinnasta ja joustavuusmekanismien hyödyntämisestä sekä mallien kehitystyötä.

Ohjelmavaihtoehtojen uudelleenarviointi voisi olla perusteltua esimerkiksi joustavuusmekanismien hyödyntämisen vaikutuksilla sekä mahdollisesti myös taloudellisten vaikutusten arvioinnista seuraavan palautteen vuoksi. Tämän vuoksi tämän tutkimuksen tuloksia voitaneen pitää pikemminkin oppimisprosessin tärkeänä osana, vaikka tutkimus sinällään on kattava yhteiskuntataloudellinen arvio kustannuksista.

Tutkimus perustuu pitkälti perusskenaarioon ja ohjelmavaihtoehtoihin nojautuviin mallilaskelmiin. Mallilaskelmat käsittävät

- energiantuotannon ja käytön tietoja; kuten primäärienergian kulutus, energian loppukulutus ja kasvihuonekaasupäästöt sekä energiajärjestelmän suorat kustannukset.

³ Liitteessä 1 on ilmastopolitiikkaan liittyvä sanasto.

- taloudellisia kustannustietoja; kuten energiantuotannon ja käytön ohjaamisen toimialakohtaiset vaikutukset, kokonaistaloudelliset kustannukset, vaikutukset työllisyyteen sekä kotitalouksien elinkustannuksiin.

Energiajärjestelmää eli energiantuotantoa ja käyttöä koskevat laskelmat tehtiin VTT-Energian käyttämällä ja kehittämällä EFOM-mallilla. Kokonaistaloudelliset vaikutukset laskettiin valtiovarainministeriön kehittämällä ja VATT:n käytössä olevalla kokonaistaloudellisella KESSU-mallilla. Kotitalouksien elinkustannusten muutoslaskelmat tehtiin erillisinä laskelmina. Kokonaisarvio suoritetaan monikriteeriana-lyysillä.

Tutkimuksen pääasiallinen tarkoitus on ilmasto-ohjelman toteuttamisen taloudellisten vaikutusten arviointi. Nykyisen hallituksen ohjelma sisältää kaksi ohjetta kokonaistaloudellisten vaikutusten laskemiseksi. Ensimmäkin Suomen ilmastopoliittinen tavoite tulee saavuttaa mahdollisimman alhaisin yhteiskuntataloudellisin kustannuksin. Toiseksi ilmastopoliittikan toteuttaminen ei saa vaarantaa julkisen sektorin budjettitasapainoa.

Toiseksi mainittu seikka otetaan mallilaskelmissa huomioon siten, että energiaverojen kertymän muutos kierrätetään takaisin talouteen muita veroja alentamalla ja myös tarvittaessa energiaverojen menetys korvataan muita veroja korottamalla. Laskelmat siis perustuvat julkisen sektorin budjettitasapainoon.

Ensiksi mainitun kohdan toteuttaminen ei liene aivan yksiselitteistä, koska mahdollisimman alhaisilla yhteiskuntataloudellisilla kustannuksilla lienee useita tulkintoja. Yhteiskuntataloudellista kustannusta voidaan mitata useilla tavoilla, jolloin politiikkavaihtoehdon paremmuus riippuu valitusta mittarista sekä hyötyjen ja kustannusten tarkastelun aikajänteestä. Yhteiskuntataloudellisten minimikustannusten tavoite otetaan laskelmissa ja niiden tulkinnassa huomioon tarkastelemalla useita mittareita.

Tutkimuksen tulokset perustuvat Kiotossa sovitun tavoitteen toteuttamisen vaikutuksiin EU:ssa sovitun taakanjaon mukaisesti. Suomen tavoitteena on saavuttaa vuosien 2008-2012 keskiarvona vuoden 1990 kasvihuonekaasupäästötaso. Joitakin kustannuksia tarkastellaan vuoteen 2020 saakka ja samoin arvioidaan vuotta 2020 koskevan tiukemman kasvihuonekaasupäästötavoitteen seurauksia.

Tutkimuksen sisältö on seuraava. Toisessa luvussa esitetään arviointia yleisellä tasolla ja kuvataan lyhyesti arvioinnissa käytettyjä malleja. Luvussa käsitellään myös lähestymistavan puutteita ja tulosten vertailtavuutta muihin vastaaviin tutkimuksiin.

Kolmannessa luvussa esitellään laskelmissa käytettävä perusskenaario. Luvussa esitellään tärkeimmät perusskenaarion laadinnan periaatteet ja tärkeimmät perusskenaariota kuvaavat muuttujat.

Ohjelmavaihtoehtoihin sisältyvät toimenpiteet ja ohjauskeinot esitellään luvussa neljä. Esittely perustuu pitkälti tietoihin, joita on saatu uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmasta ja energiansäästöohjelmasta. Luvussa neljä käsitellään myös ohjelmavaihtoehtoihin sisältyvien ohjauskeinojen ja toimenpiteiden muuntamista malleihin soveltuviksi syöttötiedoiksi.

Luvussa viisi esitellään energiajärjestelmämallilla ja kokonaistaloudellisella mallilla saadut tulokset. Luvussa esitetään myös tulosten tulkintaa edesauttavia herkkyyss-tarkastelun tuloksia.

Kuudennessa luvussa esitetään yleisarvio ohjelmavaihtoehtojen yhteiskuntataloudellisista vaikutuksista. Yleisarvio sisältää muun muassa ohjauskeinojen herkkyyss-tarkastelun ja valinnan eri yhteiskuntataloudellisten vaikutusten välillä.

Tutkimuksen johtopäätökset esitetään viimeisessä seitsemännessä luvussa.

Liitteissä esitetään tiettyjä laskelmia selventäviä teknisluonteisia seikkoja, kuten myös täydentäviä tuloksia.

Ilmasto-ohjelman eri vaihtoehtojen kokonaistaloudellisia vaikutuksia on arvioitu myös toisessa tutkimuksessa, joka on tehty ETLA:n ja VTT:n yhteistyönä. Kyseessä oleva tutkimus perustuu erilaiseen kokonaistaloutta kuvaavaan malliin. Suomen ympäristökeskus on arvioinut ohjelmavaihtoehtojen toteuttamisesta seuraavat ympäristövaikutukset. Tutkimuksen osallistuneet neljä tutkimuslaitosta ovat vaihtaneet tietoja ja tiettyjä aktiviteetteja tehtiin yhteistyössä.

Ilmastostrategian valmisteluprosessin tuotteet ja nimet

Suomen ilmastopolitiikka on kehittynyt *ilmastostrategiaksi*. Ilmastostrategiaa voidaan pitää samanaikaisesti prosessikokonaisuutena ja tuotteiden kokoelmana. Tuotteita ovat esimerkiksi perusskenaario, ilmasto-ohjelma ja raportit, joissa kuvataan ilmasto-ohjelma ja sen taustakysymykset. Muissa julkaisuissa taustaraportteja nimitetään selvityksiksi tai taustaselvityksiksi. Ministeriöiden web-sivuilla on saatavilla useitakin ilmasto-ohjelmaan liittyviä (tausta)selvityksiä.

Tässä raportissa käytetään termiä *'ilmasto-ohjelma'*, koska tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää ohjelman taloudelliset vaikutukset. Tutkimuksessa ohjelmana pidetään toimenpiteiden ja ohjauskeinojen kokonaisuutta. Koska ilmasto-ohjelman sisällöllä on tässä vaiheessa vielä useita vaihtoehtoja, käytetään tässä raportissa myös termiä *'ohjelmavaihtoehto'*. Ns. *sektori-ohjelmat* ovat ministeriöiden valmistelemlia ilmasto-ohjelman osia. Mikäli asiayhteydessä käsitellään ilmastopolitiikan kysymyksiä ja muiden maiden suunnitelmia yleisellä tasolla (esim. Euroopan kannalta), tällöin tässä raportissa käytetään termiä *'ilmastopolitiikka'*.

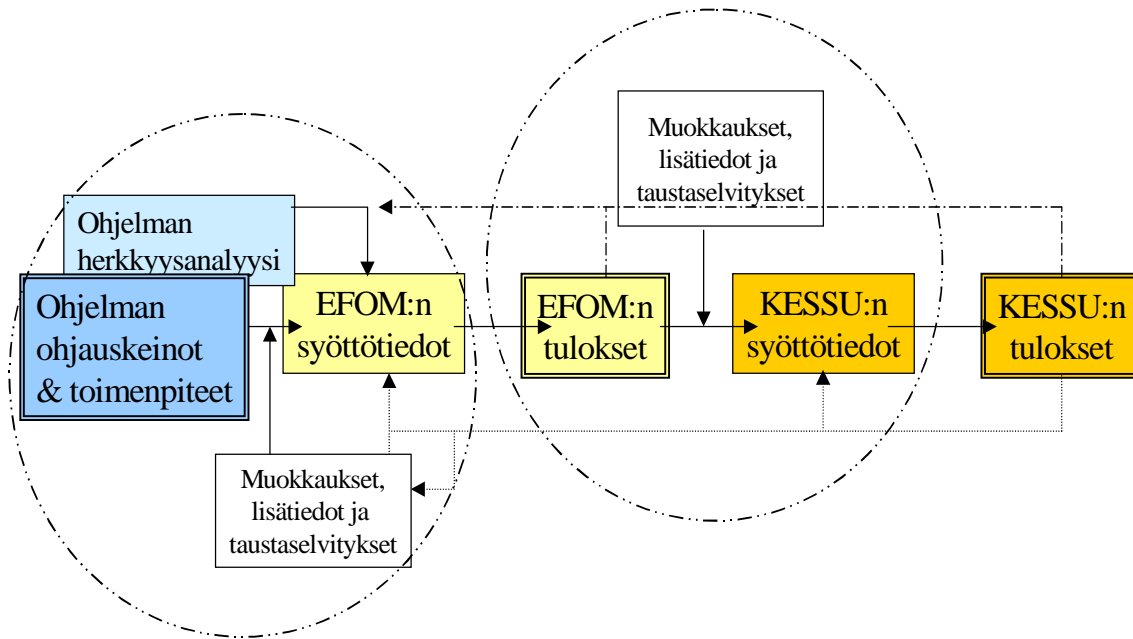
2 Tutkimuksessa käytetty arviointijärjestelmä

2.1 Johdanto

Periaatteessa arviointi voidaan aloittaa siinä jo vaiheessa, jossa ilmastopolitiikassa käytettäviä ohjauskeinoja ja toimenpiteitä identifioidaan. Arvioinnin tätä vaihetta on käsitelty ohjauskeinojen arviointia ja valintaa käsittelevän raportin toisessa luvussa (Perrels, 2000). Tässä tapauksessa arviointi aloitettiin kuitenkin siinä vaiheessa, jossa ministeriöt olivat jo laatineet omat erilliset (alustavat) ilmastopoliittiset sektoriohjelmansa ja selvityksensä. Tämän vuoksi tutkimusryhmä kokosi itse listan ohjauskeinoista ja toimenpiteistä käymällä läpi eri sektoriohjelmien luonnoksia. Lisäksi sektoriohjelmista pyydettiin kirjallisia ja suullisia kommentteja sekä päivityksiä. Kaiken kaikkiaan lopullisen ohjauskeino ja toimenpideyhdistelmän kokoaminen osoittautui hieman työlääksi, koska esimerkiksi eri ministeriöiden ohjelmissa havaittiin päällekkäisyyksiä, löydettiin ohjauskeinoja, joilla pyrittiin samaan vaikuttavuuteen, ilmeni epäselvästi määriteltäviä ohjauskeinoja sekä havaittiin tavoiteltuja päästövähennyksiä ilman kunnollisia tai tarkasti määriteltäviä ohjauskeinoja. Kun ohjelmavaihtoehdot muotoutuivat valmiiksi, lopulta niiden operationalisointi onnistui lähes sataprosenttisesti. Ohjelmavaihtoehtoihin sisältyvien ohjauskeinojen ja toimenpiteiden kuvaus sekä niiden muokkaus mallien syöttötiedoiksi esitetään tarkemmin luvussa 4.

Kuviossa 2.1. esitetään, kuinka ilmasto-ohjelmaan liittyvät informaatiovirrat on mallitettu. Ilmasto-ohjelman sisältämät ohjauskeinot ja toimenpiteet muutetaan ensiksi yhteensopiviksi energiajärjestelmämalliin (EFOM) syötettävien tietojen kanssa. Tämän jälkeen on energiajärjestelmämallin tulokset syötetään tiettyjen muokkausten jälkeen kokonaistaloudelliseen malliin (KESSU). Mikäli mallilla lasketut kokonaistaloudelliset vaikutukset ovat suuria, kokonaistaloudellisen mallin (muuttuneet) tuotannot syötetään uudelleen energiajärjestelmämalliin. Energiajärjestelmämallilla lasketaan kustannukset yms. uudelleen näillä muuttuneilla tuotannoilla.

Herkkyystarkastelussa arvioidaan, kuinka tulokset muuttuvat, kun tiettyjä peruskenaarion ja ilmasto-ohjelman laadinnassa käytettyjä olettamuksia muutetaan (muun muassa käytössä oleviin toimenpiteisiin lisätään ns. joustavusmekanismien hyödyntäminen). Kuvion 2.1. ympyrät ilmentävät malliin syötettyjen tietojen käsittelyä energiajärjestelmä- ja kokonaistaloudellisessa mallissa. Tätä aihetta käsitellään myöhemmin tarkemmin luvussa 4.2.



Kuvio 2.1. Yleiskuva arvioinnissa käytettävien mallien välisistä linkityksistä

2.2 Energiajärjestelmää kuvaava malli EFOM

Aivan aluksi ministeriöiden sektoriohjelmien sisältö pitää muuntaa energiajärjestelmämallin lähtötietojen muotoon. Tyypillisesti ohjelmien sisältö muutettiin tai se oli jo valmiiksi ilmaistu hintoina (energian veroton hinta, energiaverot ja tuet), energiatehokkuutena (kuten Mwh/tuotannon arvo 95 hinnoin), määrinä, kuten henkilöautojen lukumääränä tai rakennusvolyymina sekä joidenkin energialähteiden käytön ylä- ja alarajoina.

Laskelmissa käytettävä energiajärjestelmä EFOM on VTT-Energian kehittämä Suomen energiatalouden optimointimalli. Sen alkuperäinen rakenne juontaa juurensa Euroopan Komission aloitteeseen ja tarkoituksena oli rakentaa energiajärjestelmää kuvaava standardimalli. Tällöin kyseinen malli soveltuisi Euroopan laajuiseen energiajärjestelmien vertailukelpoiseen analysointiin. Mallin suomalaisista versiota on laajennettu ja muokattu suomalaisia olosuhteita vastaavaksi. Esimerkiksi malliin on sisällytetty muun muassa sähkön ja kaukolämmön yhteistuotanto, teollisuuden vastaava yhteistuotanto sekä puunjalostusteollisuuden sivutuotteiden hyödyntäminen energiantuotannossa. EFOM sisältää myös teollisuuden, palveluiden ja kotitalouksien energiansäästämismahdollisuudet eli energiansäästötekniikat ja niiden käyttöönotosta aiheutuvat kustannukset.

Mallilla lasketaan energiajärjestelmän kokonaiskustannukset minimoiva energiantuotantotekniikoiden käyttö (energiantuotannon rakenne) ja energialähteiden

käyttö (polttoainerakenne) sekä kustannukset minimoivat energiankäytön tehokammit eli kokonaiskustannukset minimoiva energian säästö. Laskettuun optimiin vaikuttavat muun muassa päästörajoitteet, primäärienergian hinnat, energiansäästökäytöntehtävien kustannukset ja potentiaali, energiansäästö- ja energiantuotantotekniikoiden kehittyminen, energian tuotanto- ja käyttökäytöntehtävien nykyinen rakenne ja ikäjakauma, toimialoittainen tuotannon kasvu, asuntokannan kasvu, liikennevälineiden määrän ja vuotuiset liikennemäärät. Luvussa 4 ja liitteessä 2 esitetään yhteenveto joistakin malliin vietävien ns. eksogeenisten muuttujien arvoista sekä ohjelmavaihtoehtoihin sisältyvien toimien muuntamisesta energiajärjestelmämallin syöttötiedoiksi.

Energiajärjestelmämallilla voidaan laskea tiettyjen rajoitteiden, kuten kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen vaikutus energiajärjestelmän minimikustannuksiin. Samoin voidaan laskea fossiilisille polttoaineille määrättyjen verojen (ja/tai uusituville energialähteille asetettujen tukien) vaikutus tuotantotekniikoiden käyttöön ja energian hintaan sekä energian säästöön.

Tässä tutkimuksessa vuodet 2005, 2008, 2010, 2012, 2015 ja 2020 on valittu energiajärjestelmämallin tarkasteluvuosiksi. Malliajot eli ilmasto-ohjelman simulointi käynnistyy vuodesta 2001, mutta tuloksia raportoidaan kyseisiltä vuosilta. Myös tiettyjen muuttujien ylä- ja alarajat, kuten päästövähennystavoite määritellään tarkasteluvuosille. Esimerkiksi Suomea koskeva kasvihuonekaasupäästötavoite asetetaan vuosien 2008, 2010 ja 2012 tietyllä tavalla painotettuna keskiarvona.

EFOM-mallin tulokset sisältävät toimialoittaisen energiankäytön polttoainetyypeittäin (kivihiili, jäteliemet yms.) ja energialajeittain (sähkö, lämpö) sekä päästöt jaettuna eri kasvihuonekaasuihin. Tämän lisäksi tulokset sisältävät vuotuiset kustannusmuutokset perusskenaarioon verrattuna sektoreittain jaettuna seuraavasti:⁴

- Energiantuotannon lisäinvestoinneista aiheutuvat vuosittaiset kustannusten muutokset (yhdyksuntien lämmön, sähkön ja lämmöntuotanto, teollisuuden lämmön ja sähkön ja lämmön yhteistuotanto, erillinen sähköntuotanto).
- Vuosittaiset käyttökustannusten muutokset polttoaineen vaihdon ja/tai energiantuotantotekniikan vaihdon vuoksi.
- Energiansäästöinvestoinneista aiheutuvat vuosittaiset kustannukset.
- Energiaverojen kertymä.

⁴ Vuosittaiset tarkoittaa tässä yhteydessä mm. sitä, että pääomakustannukset on muutettu vuosikustannuksiksi.

- Energiantuotannon ja käytön tuet (kuten uusiutuvien energialähteiden tuotannon edistämisen tuet).

Lisäksi malli laskee energiajärjestelmämallin kokonaisinvestoinnit jaksoittain ja sektoreittain sekä energiantuotannon (energiansäästön) rajakustannukset sekä tarvittaessa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä aiheutuvan rajakustannuksen eli viimeisimmän (kalleimman) vähennetyin kasvihuonekaasupäästöin tonnin kustannuksen. Energiajärjestelmämallin optimointi perustuu suhteellisiin ennustettuihin hintoihin ja optimoinnissa otetaan huomioon ym. rajoitteet sekä jäljellä olevat ajanjaksot. Optimointi on siis eteenpäin katsovaa täydelliseen tietämykseen (teollisuuden ja energiantuotannon investoijat tietävät kysynät, hinnat ja tekniikoiden kehityksen yms.) perustuvaa optimointia. Periaatteessa tutkimus- ja kehitystoiminnan voimistumisen vaikutukset tulevaisuuden yksikkökustannuksiin ja tekniikoihin voidaan ottaa huomioon energiajärjestelmämallissa, mutta tätä mahdollisuutta ei ole voitu hyödyntää käytettävissä olevilla resursseilla. Mallin ajallisen optimointiominaisuuden ansiosta kaikki etukäteen ilmoitetut rajoitteet, kuten vuotta 2020 koskeva päästötavoite voidaan otetaan optimoinnissa huomioon jo alusta alkaen. Toisin sanoen mallissa on täydellinen tietämys tulevaisuuden olosuhteista, mutta sillä ei kyetä kehittämään uudenlaisia käyttäytymisstrategioita.

2.3 Kokonaistaloutta kuvaava malli KESSU

Energiajärjestelmämallin tuottamia tuloksia ei voida sellaisenaan hyödyntää kokonaistaloudellisen mallin syöttötietoina. Esimerkiksi EFOM:in toimialajako poikkeaa KESSU:n toimialajaosta. Siksi esimerkiksi energiajärjestelmämallin tuloksissa tulee jakaa kolmen energiantuotantosektorin lisäkustannukset ensiksi muille EFOM:n sektoreille ja tämän jälkeen ko. lisäkustannukset siirretään tietyllä tavalla painotettuina kokonaistaloudellisen mallin toimialoille ja sektoreille. Myös energiaverot täytyy siirtää kokonaistaloudellisen mallin toimialoille ja sektoreille.

Kokonaistaloudellisessa mallissa energiaverojen nettokertymän lisäys (energiaverojen kertymän muutos - energiatukien kertymän muutos) kierrätetään takaisin talouteen alentamalla työntäjien sosiaaliturvamaksuja ja kotitalouksien tuloveroa. Yksityiskohtaisempi kuvaus energiajärjestelmämallin tuloksien muuntamisesta kokonaistaloudellisen mallin syöttötiedoiksi ja käytettävän kokonaistaloudellisen mallin muuttujista esitetään luvussa 4.

KESSU on Suomen taloutta kuvaava ekonometrinen malli, joka on kehitetty ja jota on käytetty Valtiovarainministeriössä. (Hetemäki ja Kaski, 1992; Kaski et al. 1998). Viimeisin versio mallista (KESSU V) on käytössä Valtion taloudellisessa tutkimuskeskuksessa ja sitä on osin muunnettu soveltumaan paremmin energian-

käytöstä (ml. energiansäästö) aiheutuvien kustannusten kokonaistaloudellisten vaikutusten laskentaan.

KESSU on tarkoitettu tuottamaan keskipitkän aikavälin ennusteita, jolloin tuloksien tulkinnassa on mielekkäintä keskittyä kustannusshokin alkamisesta seuraavaan 3-10 vuoden ajanjaksoon. Tässä tutkimuksessa ilmastopolitiikka aloitetaan vuonna 2005, jolloin tarkastelun kohteena ovat vuosien 2008, 2010 ja 2015 tulokset. Kun tiedostetaan mallin alkuperäinen käyttötarkoitus, keskipitkän tähtäimen tarkastelu, ja se seikka, että vuosi 2005 merkitsee jo viiden vuoden ennustamista (perusuralla), vuoden 2015 jälkeisiä tuloksia ei tarkastella, kuitenkin teknisesti mallilla lasketaan vuoteen 2020 asti.

Toisin kuin EFOM:issa KESSU:ssa ei ole eteenpäin katsovaa optimointia. KESSU:ssa käytettävät yritysten ja kotitalouksien käyttäytymistä kuvaavia funktioita voitaisiin periaatteessa käyttää myös eteenpäin katsovassa optimoinnissa (esimerkiksi täydelliseen tietämykseen perustuvassa), mutta käytettävässä olevassa malliversiossa näin ei ole menetelty. Nykyisessä malliversiossa endogeenisten eli mallin ratkaisussa ratkeavien muuttujien arvot perustuvat endogeenisten ja eksogeenisten muuttujien seuraavan, nykyisen ja edeltävän periodin arvoihin. On kuitenkin muistettava, että energiajärjestelmämallista siirtyvät kustannukset perustuvat eteenpäin katsovaan optimointiin eli nämä kustannukset sisältävät ajan yli optimoinnin. Sen sijaan laskelmissa käytettävässä kokonaistaloudellisessa mallissa nämä kustannukset eivät johda taloustoimijoiden eteenpäin katsovaan reagointiin.

Kokonaistaloudellisen malli on jaettu pääsektoreihin tai osioihin. Näitä ovat avoin sektori (tradeable sector firms), jonka hinnat seuraavat pitkällä aikavälillä kansainvälisten markkinoiden hintoja, suljettuun sektoriin (non-tradeable sector firms), jonka hinnat määräytyvät kotimaan tuotantokustannusten mukaan (tuontihintojen ollessa annettuja), kotitaloussektoriin ja julkiseen sektoriin. Julkisen sektorin kuvaus on hyvin yksityiskohtainen. Tärkeitä eksogeenisiä muuttujia, jotka mallin käyttäjä voi asettaa vapaasti, ovat muun muassa:

- kysynnän kehittyminen vientimarkkinoilla.
- kansainvälisen kaupan (viennin ja tuonnin) hinnat, esimerkiksi öljyn ja puunjalostustuotteiden hinnat.
- tekninen kehitys.
- julkisen sektorin kulutus ja investoinnit (volyyymi).
- demografiset muuttujat (työllinen väestö ikäkohorteittain, työllisyysaste yms.).

Tekninen kehitys on mallitettu Harrod-neutraaliksi tekniseksi kehitykseksi, jolloin tekninen kehitys pitää pääoman ja tuotoksen suhteen ajassa vakiona. Kyseinen suhde voi vaihdella toimialoittain. Näin määritelty tekninen kehitys ilmenee työn tuottavuuden ja tätä kautta reaali-palkan kasvuna. Sen sijaan se ei ilmene pääoman tuottavuuden kasvuna. Koska arvioinnin kohteena on energiakäytön kustannusten muutoksen aiheuttamat kokonaistaloudelliset vaikutukset, tällainen tuotantotekniikan kuvaus ei todennäköisesti vääristä tuloksia.

Eteenpäin katsovan optimoinnin puuttumisen ja teknisen kehityksen määrittelyn vuoksi yrityksen reagoivat taloutta kohtaaviin kustannusshokkeihin tietyllä tavalla lyhytnäköisesti. Reagointi ei sisällä tulevaisuutta ennakoivaa materiaaleja ja energiaa säästäviä innovaatioita ja näiden mukaisia investointeja sekä näistä aiheutuvaa korkeampaa energian ja materiaalien käytön tuottavuutta.

Laskelmissa oletetaan nimellispalkka vakioksi, jolloin reaali-palkat ovat joustavat. Periaatteessa mallilla voidaan laskea myös jäykkien reaali-palkkojen tapauksessa, jolloin vaadittava reaali-palkkakompensaatio laskettaisiin energiajärjestelmämallin tulosten perusteella. Luonnollisesti reaali-palkkajäykkyys merkitsee tuotannon ja työllisyyden alentumista, koska tällöin mallissa toimialojen kannattavuutta alentaa sekä energiankustannusten aiheuttama kustannusshokki että korkeammista nimellispalkoista aiheutuva kustannusshokki. Toisin sanoen korkeammat palkkakustannukset aiheuttavat sellaisen tuotantokapasiteetin syrjäytymistä, joka oli juuri ja juuri tuottavaa ennen nimellispalkkojen reaktiota.

Kokonaistaloudellisessa mallissa ratkaistaan investointiuran perusteella myös perusuran pääomakannan ura. Kyseessä on tietyssä mielessä optimaalinen pääomakannan aikaura, joka määräytyy viime kädessä eksogeenisten muuttujien arvon perusteella. Kullakin toimialalla pääomakannan optimaalinen koko ja siitä seuraava toimialoittainen tuotannon taso lasketaan joka vuosi uudelleen. Investoinnit eli käytännössä seuraavan vuoden pääomakanta riippuu toimialan arvonlisän hinnasta, pääoman ja työvoiman hinnasta. Toimialan arvonlisän hinta riippuu lopputuotteiden hinnoista kansainvälisillä markkinoilla toimivien toimialojen tapauksissa sekä välituotepanosten, kuten energian ja materiaalipanosten hinnoista. Tuotteiden hinnat johdetaan tuonti- ja vientihinnoista niillä toimialoilla, jotka toimivat kansainvälisessä kaupassa (nk. avoin sektori), kun taas kotimaan markkinoilla toimivien toimialojen tuotteiden hinnat määräytyvät pääomakustannusten sekä työn ja muiden panosten hintojen perusteella.

Ilmasto-ohjelman kokonaistaloudellisten vaikutusten laskenta on kokonaistaloudellisessa mallissa toteutettu siten, että avoimen sektorin toimialojen arvonlisän suhteellista hintaa muutetaan suoraan (ilman välipanostuotteiden hinnannousua) energiajärjestelmämallilla lasketun kustannusmuutoksen mukaisesti.⁵ Arvonlisän

⁵ Arvonlisän hinnan muuttaminen eksogeenisesti voidaan tulkita ko. toimialan kannattavuuden muutokseksi. Malliin on lisätty näiden laskelmien toteuttamisen yhteydessä muuttuja ko. toimialojen arvonlisän hinnan muuttamiseksi.

hinnan alentumista aiheuttaa työvoiman kysynnän ja investointien alentuminen. Tällöin seuraavan vuoden tuotanto on alempi kuin perusurassa. Investointien ja työllisyyden muutos vaikuttaa talouden käytettävissä oleviin tuloihin sekä tätä kautta kysyntään ja tuotantoon. Välituotekysynnän kautta tuotannon alentumisen ns. välilliset vaikutukset leviävät muille toimialoille.

Suljetulla sektorilla eli kolmella palvelutoimialalla muutetaan myöskin eksogeenisesti toimialan hintaa energiajärjestelmämallin (muokattujen) kustannusten mukaisesti. Korkeampi hinta aiheuttaa pienemmän kysynnän ja tätä kautta myös alhaisemman tuotannon. Työllisyyden ja investointien alentumisen vuoksi talouden tuotanto ja kysyntä alenevat (aivan kuin avoimella sektorilla). Välituotekysynnän kautta vaikutus leviää myös muualle talouteen.

Kotitalouksien energiankysyntää muutetaan vastaamaan energiajärjestelmämallin mukaista kotitalouksien energiankulutuksen muutosta. Kotitalouksien kysyntää muutetaan myös energiajärjestelmämallin kotitaloussektorin energian säästöinvestointien mukaisesti, jolloin aiheutuu kotitalouksien kysynnän rakenteen ja tason muutos.

Kuten jo todettiin, laskelmissa oletetaan joustavat reaali-palkat, jolloin tältä osin ei aiheudu kokonaistaloudellisia lisäkustannuksia.

Useimmissa ohjelmavaihtoehtoissa suuri osa kokonaistaloudelliseen malliin siirtyvistä välittömistä kustannuksista on energiaveroja. Kokonaistaloudellisissa laskelmissa oletetaan ns. tasapainotettu budjetti, jolloin energiaverojen kertymä palautetaan takaisin taloudenpitäjille. Energiaverojen kertymän takaisinkiertäytymenettely on havaittu muissa saman tyyppisissä laskelmissa vaikuttavan merkittävästi esimerkiksi hiilidioksidiveron kokonaistaloudellisiin vaikutuksiin. Useimmiten energiaverojen takaisinkiertäytys työvoimaveroja alentamalla pienentää merkittävästi kokonaistaloudellista kustannusta (esim. OECD, 2000; Kemppi ja Pohjola, 2000; Kemppi, Perrels, ja Pohjola, 2000). Käytettävässä kokonaistaloudellisessa mallissa takaisinkiertäytys voidaan tehdä usealla eri tavalla. Mallilaskelmissa energiaverokertymä kierrätetään takaisin työnantajien sosiaaliturvamaksuilla ja kotitalouksien tuloveroilla. Käytetyssä kokonaistaloudellisessa mallissa näiden kierrätysmenettelyiden kokonaistaloudelliset vaikutukset poikkeavat toisistaan. Energiaverokertymän kierrätyksen vaikutuksia käsitellään tarkemmin luvuissa 4.1 ja 5.3.

Ohjelmavaihtoehtojen toteuttaminen vaikuttaa sekä energiantuotannon että energiankäytön muutosten kautta investointeihin. Tyypillisesti korkeampi energian hinta aiheuttaa energiasäästö- eli energiankäytön tehostamisinvestointeja. Energiajärjestelmämalli tuottaa siis myös energiajärjestelmän investointien eron perusskenaarioon verrattuna. Kyseisten investointien kustannukset viedään vuotuis-kustannuksina kokonaistaloudelliseen malliin, jolloin ne ovat osa kulutuksen ja tuotannon yksikkökustannusten muutosta.

Käytettävissä kokonaistaloudellisissa mallissa investoinnit tuottavat ns. kerroinvaikutuksen eli investointien eksogeeninen lisäys parantaa talouden tasapainoa (lisää bruttokansantuotetta jne.), jolloin on oleellista mitä oletetaan energiansäästöinvestointien vaikutuksesta talouden koko investointeihin. Mallilaskelmissa oletetaan, että energiansäästöinvestoinnit korvaavat täysimääräisesti muita investointeja eli investointien määrä on perusuran mukainen. Toki kilpailukyvyyn muutos vaikuttaa teollisuuden tuotannon kautta teollisuuden investointeihin ja kotitalouksien tulojen muutos niiden investointeihin.

Laskelmissa käytettävällä kokonaistaloudellisella mallilla saadaan positiivisia kokonaistaloudellisia vaikutuksia, mikäli oletetaan, että energiansäästöinvestoinnit lisäävät koko talouden investointeja. Mallilla saadaan negatiivisia kokonaistaloudellisia vaikutuksia mikäli oletetaan, että energiansäästöinvestoinnit syrjäyttävät tuottavampia tavanomaisia investointeja eli koko talouden investointien määrä alenee. Kumpi vaikutus käytännössä toteutuu riippuu mm. siitä, kuinka investoinnit rahoitetaan.

Laskelmissa on päädytty neutraaliin menettelyyn investoinneissa, koska ensinnäkin positiiviset vaikutukset johtavat politiikkasuositukseen, jossa tehottomuuden lisäämisellä (tarvitaan enemmän esimerkiksi energiansäästöinvestointeja) voidaan lisätä tuotantoa ja kotitalouksien hyvinvointia. Kuitenkin lisäinvestoinnit rahoitetaan viime kädessä kulutuksen muutoksella. Toiseksi negatiivista vaikutusta eli mahdollista syrjäyttämisaikutusta ei voida käytännössä tarkkaan laskea ja voitaneen olettaa, että osa energiansäästöinvestoinneista on liiketaloudellisestikin tuottavia. Kolmanneksi syrjäyttämisaikutuksen laskeminen edellyttäisi myös rahoitusmarkkinoiden yksityiskohtaisempaa mallittamista mitä ei ole nykyisessä malliversiossa. Kuten jo todettiin neutraalimenettely merkitsee kannattavuuden heikkenemisen ja kotitalouksien tulojen alentumisen vuoksi perusskenaariosta poikkeavia investointeja ja pääomakantaa, mutta tätä endogeenista investointien muutosta ei erikseen korjata suuntaan tai toiseen.

Laskelmissa käytettävä kokonaistaloudellinen malli (KESSU) on resurssien suhteen avoin, mikä merkitsee sitä, että mallilaskelmat eivät automaattisesti toteuta työmarkkinoiden tasapainoa, talouden ulkoista tasapainoa eivätkä julkisen sektorin budjettitasapainoa. Laskelmissa toteutettiin julkisen sektorin tasapaino. Ohjelmavaihtoehtojen vaikutukset talouden ulkoiseen tasapainoon olivat vähäisiä eikä mallilaskelmissa toteutettu talouden ulkoista tasapainoa. Työmarkkinoiden ja pääomamarkkinoiden mallitus on selkeästi laskelmissa käytettävän kokonaistaloudellisen heikkous. Resurssirajoitteiden puuttumisen vuoksi esimerkiksi investointien lisääminen eksogeenisesti on kyseisessä mallissa periaatteessa mahdollista.

Kokonaistaloudellinen malli tuottaa suuren joukon kokonaistaloudellisia ja toimialoittaisia tuloksia. Oleellisia muuttujia ovat kuitenkin seuraavat:

- Bruttokansantuotteen volyymin muutos perusuraan verrattuna (suunnilleen sama kuin kansantulo).
- Yksityisen kulutuksen volyymin muutos perusuraan verrattuna.
- Tiettyjen tärkeiden toimialojen tuotannon volyymin muutos perusuraan verrattuna.
- Viennin volyymin muutos perusuraan verrattuna.
- Tuonnin volyymin muutos perusuraan verrattuna.
- Työllisyyden muutos perusuraan verrattuna.

2.4 Arvioinnin muut vaiheet

EFOM:lla ja KESSU:lla saatavat tulokset tuottavat ainakin suuruusluokka arvion ilmasto-ohjelman toteuttamisen kustannuksista, niiden toimialakohtaisista kustannuksista sekä käytettävien ohjauskeinojen ja toimenpiteiden suhteellisesta tehokkuudesta. Yhden ohjelmavaihtoehdon tulosten tulkinta ja ohjelmavaihtoehtojen taloudellisten vaikutusten välinen vertailu ei kuitenkaan ole yksinkertaista, vaikka käytettävissä onkin näennäisesti tarkkoja kustannusarvioita ja ohjelmavaihtoehtojen välinen ero on laskettu esimerkiksi sadan miljoonan markan tarkkuudella. Tulosten tarkkuus on tiedostettava eli kokonaistaloudelliset tulokset ovat suuntaa-antavia arvioita. Herkkyystarkastelun tavoitteena on arvioida sitä, missä määrin tärkeimmät tulokset muuttuvat, kun tiettyjä oleelliseksi havaittujen muuttujien arvoja ja tekijöitä muutetaan. Herkkyystarkastelun tavoitteena siis on tulosten luotettavuuden parantaminen.

Tulosten tulkinnassa täytyy myös tiedostaa, mitä eri muuttujat käytännössä mitaavat. Esimerkiksi bruttokansantuotteen määrä (sen muutos) ei ole hyvinvointimittari, vaan näissä mallilaskelmissa parempi hyvinvoinnin muutoksen mittari on kotitalouksien kulutuksen muutos (Kemppi ja Pohjola, 2000).

Laskelmat sisältävät energiajärjestelmämallilla lasketut energian tuotannon ja käytön lisäkustannukset sekä kokonaistaloudellisella mallilla lasketut kokonaistaloudelliset kustannukset. Sen sijaan laskelmat eivät sisällä muita taloudellisia kustannuksia tai ei-taloudellisia kustannuksia. Suomen ympäristökeskus arvioi ohjelmavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuvat ympäristövaikutukset.

Mallilaskelmien tuloksia ei tule tulkita ohjelmavaihtoehtojen vaikutusten tarkoiksi ennusteiksi, koska ilmastopolitiikka väistämättä vaikuttaa laskelmissa vaikuttaviin tekijöihin tavalla, jota ei voida vielä tietää. Tuloksia tulee pikemminkin tulkita signaaleiksi siitä, miten ja mihin toimenpiteitä ja ohjauskeinoja tulee suunnata. Lisäksi toteutuvaan tulevaisuuteen voidaan vielä politiikalla vaikuttaa.

Kun toimenpiteet ja ohjauskeinot asetetaan paremmuusjärjestykseen eri kriteereiden suhteen, edullisimmat ja heikoimmat ohjauskeinot ja toimenpiteet tulevat esiin. Tarkastelukriteereihin lisätään ohjuskeinojen ja toimenpiteiden suhteellisen tehokkuuden pysyvyys ulkoisten tekijöiden muuttuessa. Tämä tieto saadaan herkkyystarkastelulla. Toinen lisättävä kriteeri on vaikutusten ajallinen peruutettavuus ja pysyvyys. Ohjauskeinojen ja toimenpiteiden paremmuusjärjestys on luonnollisesti suuntaa-antava, koska useimmiten sekä ohjauskeinojen että toimenpiteiden vaikutukset (aiheutuvat) kustannukset voidaan esittää vain tietyllä tarkkuudella.

Kyseinen paremmuusjärjestys on siis suuntaa antava, sillä useimpien ohjauskeinojen ja toimenpiteiden kustannukset sekä niistä seuraavat kasvihuonekaasupäästöjen vähennysmäärät on määritelty tietyllä vaihteluvälillä.

Ohjelmavaihtoehdot arvioidaan myös yhteiskuntataloudellisten kokonaiskustannusten, yleisen kustannustehokkuuden, tulonjakovaikutusten ja muiden vaikutusten perusteella. Kokonaisuutta arvioidaan monikriteerianalyysillä (multi criteria analysis eli MCA), jossa erilaisten intressipiirien edustajat asettavat eri vaikutuksille erilaisia painoja.

2.5 Pääkriteerit ja tärkeimmät arvioinnissa käytettävät muuttujat

2.5.1 Kokonaistaloudelliset kustannukset

Tässä luvussa kootaan yhteen arvioinnissa käytettävien mallien päätulokset ja perustellaan juuri näiden tulostietojen valintaa.

Koska työn pääasiallisena tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen kokonaistaloudellisten vaikutusten arviointi, tärkeimmät kokonaistaloudellisia kustannuksia kuvaavat muuttujat ovat

1. Kasvihuonekaasupäästöjen taso.
2. Bruttokansantuotteen volyymin ero perusuraan verrattuna.
3. Yksityisen kulutuksen volyymin ero perusuraan verrattuna.
4. Kokonaistyöllisyyden muutos perusuraan verrattuna.

Yllä olevilla muuttujilla voidaan kuvata aiheutuvat kokonaistaloudelliset kustannukset kokonaistuotannolla ja kulutuksella mitattuina. Ensiksi mainittu kriteeri eli kasvihuonekaasupäästöt ovat kaikissa keskeisissä ohjelmavaihtoehdoissa sama.

Yllä esitettyjen tyypillisten kokonaistaloudellisten mittareiden lisäksi usein kiinnostuksen kohteena on politiikan vaikutus talouden ulkoiseen tasapainoon sekä aiheutuvien kustannusten toimialoittainen jakautuminen. Näitä mitataan tyypillisesti:

5. Tuonnin ja viennin volyymin muutokset perusuraan verrattuna.
6. Toimialoittaiset tuotanto- ja työllisyysvaikutukset (erot perusskenaarioon verrattuna).

Energiajärjestelmän kustannustehokkuutta ja kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen kustannustehokkuutta erikseen voidaan osittain arvioida tarkastelemalla, kuinka eri ei-fossiilisten energialähteiden markkinaosuus kehittyy ja mikä on kasvihuonekaasujen rajoittamisen yksikkökustannus, kun se lasketaan kokonaistaloudellisten kustannusten perusteella. Energian kuluttajahintojen muutos, joka voi siis olla erilainen eri kuluttajille, ilmaisee, kuinka koko taloutta koskevan kasvihuonekaasupäästörajoitteen toteutuminen heijastuu energian kuluttajaintoihin. Kasvihuonekaasupäästörajoitteen vuoksi etenkin hiilidioksidipäästöistä tulee niukka resurssi, jolloin energian hinta väistämättä kohoaa, mutta kyseinen niukkuus voi välittyä eri ohjelmavaihtoehdoissa eri tavoilla eri taloudenpitäjille.

Edellä mainittuja seikkoja kuvaavia muuttujia ovat:

7. Biomassan, vesivoiman, muiden uusiutuvien energialähteiden ja ydinvoiman osuus primääripolttoaineiden käytössä, kuten myös sähkön osuus.
8. Toimialoittaisen energiaintensiivisyyden (energian käyttö energiayksiköissä/reaalinen arvonlisä) muutos.
9. Kustannukset vähentynyttä CO₂-ekvivalenttia tonnia kohden kunakin vuonna.
10. Teollisuuden, palvelujen ja kotitalouksien käyttämän sähkön, kaukolämmön, hiilen, maakaasun ja lämmitysöljyn hinnan muutokset megawattituntia kohden (mahdollisesti myös hinnan muutoksen jaottelu energiaveroihin, käyttö- ja polttoainekustannuksiin sekä lisäinvestointeihin).

Energiajärjestelmämallin tuottamat kustannukset johtuvat ohjelmavaihtoehtoihin sisältyvien ohjauskeinojen ja toimenpiteiden toteuttamisesta. Ne on energiajärjestelmämallilla laskettuja välittömiä kustannuksia eli energiankäyttäjien energiameijeröjen (energiälaskun) muutoksia (välittömät kustannukset = energiajärjestelmämallin suorat kustannukset + energiaverot), jotka siis edeltävät kokonaistaloudellista mallia.⁶ Toisaalta kokonaistaloudellisella mallilla saatavat kokonaistaloudelliset vaikutukset ilmaisevat, kuinka nämä välittömät kustannukset

⁶ Muissa yhteyksissä suorista kustannuksista on käytetty nimitystä suorat teknisten toimien kustannukset.

vaikuttavat talouden 'läpäistessään' talouden tasapainoon, mukaan lukien vaikutukset tuontiin ja vientiin. Tyypillisesti kokonaistaloudellista mallia edeltävien välittömien kustannusten ja kokonaistaloudellisten kustannusten välillä on ero ja ero voi myös vaihdella ajassa riippuen kustannusten toimialoittaisesta jakautumisesta ja kustannusten rakenteesta, kuten energiaverojen ja suorien kustannusten osuuksista. Laskelmissa käytetyn mallin ominaisuuksien perusteella voidaan etukäteen arvioida, että kokonaistaloudelliset kustannukset ovat jossain määrin suuremmat kuin energiajärjestelmämallin suorat kustannukset (välittömät kustannukset vähennettyinä energiaveroilla).

Tutkimuksessa käytettäviä tärkeitä kustannuskäsitteitä ovat siis

- *suorat kustannukset* eli teknisistä toimista aiheutuvat kustannukset energiajärjestelmässä.
- *välittömät kokonaistaloudellista mallia edeltävät kustannukset*, jotka ovat suorien kustannusten ja nettoenergiaverojen (energiaverot - energiatuet) summa. Välittömät kustannukset siis kuvaavat ilmasto-ohjelman kustannuksia energiankäyttäjän kannalta.
- *kokonaistaloudelliset kustannukset*, jotka saadaan mallilaskelmien tuloksena (kustannusmittareita on useita), kun edellä mainitut välittömät kustannukset kokonaisuudessa syötetään kokonaistaloudelliseen malliin ja kyseisistä kustannuksista energiaverojen osuus kierrätetään takaisin taloudenpitäjille muiden verojen alennuksina.

2.5.2 Kustannusten jakaantuminen taloudenpitäjien kesken

Kokonaiskustannusten lisäksi päätöksentekijöitä yleensä kiinnostaa myös kustannusten ja hyötyjen jakautuminen taloudenpitäjien välillä. Kustannusten jakautuminen voi koskea sektoreiden välistä kustannusten jakautumista, kuten palveluiden ja teollisuuden välistä kustannusten jakautumista, tai se voi koskea kotitalouksien välistä tulonjakoa.

Kiinnostuksen syynä voivat olla oikeudenmukaisuutta koskevat periaatteet, esimerkiksi periaatteena voi olla, ettei millekään sektorille ml. kotitalouksille saa kohdentaa suhteettoman suurta osaa kustannuksista. Kuitenkin on myös mahdollista, että päätöksentekijät ovat erityisen huolissaan tietyille sektoreille koituvista kustannuksista ja niiden vaikutuksista. Esimerkiksi päätöksentekijät ovat usein huolissaan vientiteollisuuden hintakilpailukyvystä. Lienee selvää, että kustannustenjakoa koskevat etukäteen asetettavat rajoitteet voivat lisätä ja usein lisäävätkin kokonaiskustannuksia.

Tässä tutkimuksessa ei ole erikseen asetettu rajoja sektori tai toimialakohtaisille kustannuksille. Tällöin välittömien kustannusten jakautuminen määräytyy sekä

ohjelmavaihtoehtojen ominaisuuksien että energiajärjestelmämallin ominaisuuksien perusteella. Kokonaistaloudellisten kustannusten jakautumiseen vaikuttaa tämän lisäksi kokonaistaloudellisen mallin ominaisuudet ja myös eksogeenisesti asetettavat tekijät, kuten se, kuinka energiaverokertymä palautetaan takaisin talouteen.

Monikriteerianalyysissä käytetään hyväksi sitä tietoa, jota on saatu asianosaisten kanssa käydyissä keskusteluissa. Monikriteerianalyysillä voidaan tietyin oletuksin arvioida ohjelmavaihtoehtojen kokonaisvaikutusta siten, eri tekijöiden, kuten kustannusten jakaantumisen vaikutus, lopulliseen arvioon ilmenee selkeästi (luku 6).

Luvussa 5.3.1. esitellään sektorikohtaisten kustannusten jakautuminen ja luvussa 5.3.2. tarkastellaan kustannusten kohdistumista kotitalouksissa (kotitaloustyypeittäin).

2.5.3 Tulosten epävarmuus ja herkkyys

Epävarmuudella tarkoitetaan sitä, että tuloksiin vaikuttavien eksogeenisten muuttujien todellinen kehitys poikkeaa niistä oletetuista arvoista, joita on käytetty perusskenaariossa ja ohjelmavaihtoehtoissa (KIO1 ja KIO2 sekä niiden vaihtoehdot⁷).

Tulosten pysyvyydellä tarkoitetaan sitä, missä määrin tulokset ja myös harjoitettava ilmastopoliittikka muuttuu, kun tietyissä tekijöissä tapahtuu muutoksia. Ohjelmavaihtoehdot itse asiassa jo sisältävät yhden tällaisen pysyvyyden tai herkkyyden testauksen, koska toinen ohjelmavaihtoehto sisältää lisäydinvoimavaihtoehdon ja toinen ei tätä sisällä.

Seuraavia muuttujia koskeva epävarmuus vaikuttaa ilmastopoliittisten ohjelmavaihtoehtojen toteutumiseen ja aiheutuviin kustannuksiin:

1. Taloudellinen kasvu.
2. Väestön kasvu.
3. Erillistä sähköntuotantoa ja sähkön tuontia koskevat rajoitukset (esimerkiksi hiilen käyttökielto, ydinvoiman lisärakentamista koskeva rajoite, sähkön tuontimahdollisuudet).
4. Tekninen kehitys (lähinnä energian käytön tehokkuudessa ja energiansäästötekniikoissa).

⁷ Luvussa 4 esitellään tarkemmin ilmastopoliittiset ohjelmavaihtoehdot.

5. Kansainvälinen kilpailukyky (suhteelliset vienti- ja tuontihinnat, muiden maiden ilmastopolitiikan vaikutus vienti- ja tuontihintoihin).
6. Reaalikorko/pääoman vaihtoehtoiskustannus (IRR).
7. Kansainvälisen ilmastopolitiikan kehitys:
 - Joustavuusmekanismien käyttöönotto (mm. päästöoikeuksien kauppa).
 - Kiristyvät tavoitteet tulevilla seurantajaksoilla.

Kohdissa 1, 3, 6 ja 7 mainittuja tekijöiden vaikutusta tarkastellaan herkkyyksanalyysissä (luku 5.4). Väestön kasvu (2) voi olla suurempi kuin perusskenaariossa esimerkiksi oletettua suuremman maahanmuuton vuoksi (suurten ikäluokkien eläkkeelle siirtymisen aiheuttaman työvoimapulan torjumiseksi). Väestön kasvusta ei kuitenkaan ole tehty vaihtoehtoista skenaariota, koska sellaisen tekeminen edellyttäisi myös muun muassa alueellisten ja taloudellista kasvua koskevien oletusten muuttamista samanaikaisesti.

Kuten jo todettiin osa kohdan kolme tekijöistä otetaan huomioon jo KIO1:sen ja KIO2:sen välisessä erossa, joka on siis lisädinvoima. Herkkyystarkastelussa arvioidaan lisäksi sähköntuontimahdollisuuksien vaikutusta tuloksiin.

Periaatteessa teknisen kehityksen muutos (kohta 4) voitaisiin tämän tyyppisen tutkimuksen yhteydessä ottaa huomioon 'yksinkertaisesti' muuttamalla energiansäästön ja tiettyjen energiantuotantotekniikan kustannuksia, jolloin kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen rajakustannukset muuttuvat. Käytössä ei kuitenkaan ole mallia, joka kuvaisi tutkimus- ja tuotekehittelyn panostuksen ja em. kustannusten muutoksen välisen suhteen.

Kilpailukyvyistä (kohta 5) voidaan olettaa, etteivät merkittävät poikkeamat perusskenaariosta oletuksista ole todennäköisiä. Mikäli kilpailukyky muuttuisi, tämä tuskin vaikuttaisi ohjelmavaihtoehtojen välisiin eroihin edellyttäen, että poikkeamat eivät riipu muiden maiden ilmastopolitiikasta.

2.6 Tuloksia koskevia varauksia

Kuten on käynyt ilmi luvuissa 2.2. ja 2.3. malleilla on aina rajoituksensa. Erityisesti laskelmissa ei oteta huomioon kehityskulkuja, jotka voimistuvat ja todennäköisesti alkavat, kun useat teollisuusmaat alkavat samanaikaisesti harjoittaa kasvihuonekaasupäästöjensä rajoittamiseen tähtäävä politiikkaa. Kyseinen politiikka sisältää merkittäviä panostuksia sekä energiantuotannon että energian käytön tekniikoiden kehittämisen ja käyttöönottoon. Tutkimukset, joissa on kehitetty tämän tyyppisen tekijöiden vaikutusta osoittavat, että hyvin huomattavat kustannusten alentumiset ovat mahdollisia. (Buonanno et al. 1999; Seebregts et

al. 1999; IEA 2000). Näin ollen uuden tekniikan kehitys ja erityisesti käyttöön-
oton ajoitus on todennäköisesti aliarvioitu perusskenaariossa (BaU) ja ilmasto-
ohjelmassa.

Asiaa käsittelevissä tutkimuksissa keskitytään pääsääntöisesti ympäristötekni-
koiden ja niiden markkinasovellusten nopeutuvaan kehitykseen ja käyttöönot-
toon. Sen sijaan niissä ei tarkastella yhteiskunnallisia ja taloudellisia olosuhteita,
jotka edistävät tai ehkäisevät edellä mainittua nopeutuvaa kehitystä.

Ilmasto-ohjelmaa ei ole suunniteltu hyödyntämään täysimääräisesti kaikkia me-
kanismeja, joilla edellä mainittuja kehityskulkuja voidaan edistää. Ilmasto-
ohjelman lähestymistapa on ollut pikemminkin pragmaattinen. Tällöin on pyritty
takaamaan jo tunnettujen energiansäästö- ja päästöjenvähennysmahdollisuuksien
hyödyntäminen siten, ettei politiikasta seuraa esimerkiksi merkittäviä muutoksia
talouden rakenteeseen.

Seuraavia taloudellisia vaikutuksia ei ole juurikaan voitu ottaa huomioon ar-
vioinnissa (suluissa – viittaa odotettavissa olevaan negatiiviseen taloudelliseen
vaikutukseen ja + viittaa odotettavissa olevaan positiiviseen taloudelliseen vai-
kutukseen):

- vientikilpailukyky, esimerkiksi ilmastopolitiikan vuoksi (+/-).
- energiatekniikoiden vientimahdollisuudet, jotka ylittävät perusuran kasvu-
oletukset (+).
- tutkimuksen ja tuotekehityksen sekä oppimisen vaikutukset, kuten yllä on
selitetty (+).
- rahoitus- ja pääomakustannusten määrittely (+/-).

Vientisektorien oletetaan sopeutuvan kansainväliseen hintatasoon ja vientihinnat
eivät muutu eli ne ovat perusskenaariion mukaiset (luku 2.3). On kuitenkin mah-
dollista ja jopa todennäköistä, että joidenkin toimialojen vientihinnat voivat
nousta, mikä johtuu suomalaisten viejien suuresta markkinaosuudesta ja näin ol-
len suuresta markkinavoimasta. Myös tuontihinnat voivat nousta muiden maiden
toimenpiteiden vuoksi. Hyödykkeiden luonteesta riippuu onko tämä kokonaista-
louden kannalta edullista (esimerkiksi puunjalostusteollisuuden vienti) tai haital-
lista (esimerkiksi elintarvikkeiden vienti).

Tilastokeskuksen tutkimuksen (Tilastokeskus, 2000) mukaan ympäristötekni-
koiden tuotanto on jo merkittävä toimiala Suomessa. Energiansäästötekniikoiden,
uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistekniikoiden ja päästöjenrajoittamis-
tekniikoiden vienti on jo 5 miljardia markkaa vuodessa ja toimialan viennin kas-
vunäkymät ovat hyvät. Toimialan kasvunäkymät todennäköisesti edelleen

paranevat teollisuusmaiden harjoittaman ilmastopolitiikan vuoksi. Näitä vaikutuksia ei ole otettu huomioon perusskenaariossa eikä ohjelmavaihtoehtoissa.

Ilmastomuutoksesta itsestään aiheutuvia kustannuksia tai hyötyjä ei ole otettu kustannuslaskelmissa huomioon. Tutkimuksessa siis oletetaan, että mikäli ilmastopolitiikkaa ei toteuteta (perusskenaario), ilmastonmuutoksesta ei aiheudu kielteisiä tai myönteisiä taloudellisia vaikutuksia. Kaiken kaikkiaan tämä voi pitää paikkansa ensimmäiset 15 vuotta (eikä sekään ole varmaan), mutta pidemmällä aikavälillä ilmastonmuutoksella on taloudellisia vaikutuksia.

Tosi asiassa pitkän aikavälin vaikutukset, joiden tasapainossa oletetaan olevan positiivisia (ilmaston muutoksen torjunnasta seuraavia hyötyjä), pitäisi vastata lyhyen ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikasta eli kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisesta aiheutuvia kustannuksia.

Lyhyellä ja keskipitkällä tähtäimellä toimenpiteiden myöhentäminen voi vaikuttaa houkuttelevalta, etenkin mikäli uusien tekniikoiden investointi- ja käyttökustannusten oletetaan merkittävästi alenevan ajan myötä. Mikäli useat maat kuitenkin viivästyttävät toimiaan, tästä voi aiheutua vakavia ekologisia vaikutuksia (nopeampi keskilämpötilan nousu ja siitä johtuva voimakkaammat vaikutukset). Ilmeisestikin ilmastopolitiikkaan liittyvä oleellinen tekijä on toimenpiteiden ajoitus, jossa epälineaariset päästöjen vähentämiskustannukset yritetään saada vastaamaan kasvavia epälineaarisia ilmaston muutoksen kustannuksia. Maat tai osapuolet voivat yrittää odottaa, kuka aloittaa toimenpiteet, mutta tästä seuraava vangan dilemma-tilanne voi johtaa tilanteeseen, jossa kaikki osapuolet häviävät. Syvällisemmät tutkimukset aiheesta ovat vasta käynnistyneet (esim. Parry et al., 2000), minkä vuoksi luotettavia taloudellisia arvioita ei ole saatavilla.

Joustavuusmekanismien hyväksikäytön vaikutuksia ei ole arvioita ilmasto-ohjelman laadinnan eikä niiden taloudellisten vaikutusten arvioinnin yhteydessä. Tässä vaiheessa ne eivät kuulu kotimaiseen ilmastopoliittiseen ohjelmaan, mutta niiden hyödyntäminen vaikuttanee merkittävästi Suomessa toteutettavien ohjauskeinojen ja toimenpiteiden tehokkuuteen. Herkkyysanalyysissä (kohta 5.3.) tarkastellaan yksinkertaistetun version avulla joustavuusmekanismien hyödyntämisen vaikutuksia kustannuksiin.

3 Perusskenaarion tärkeimmät oletukset

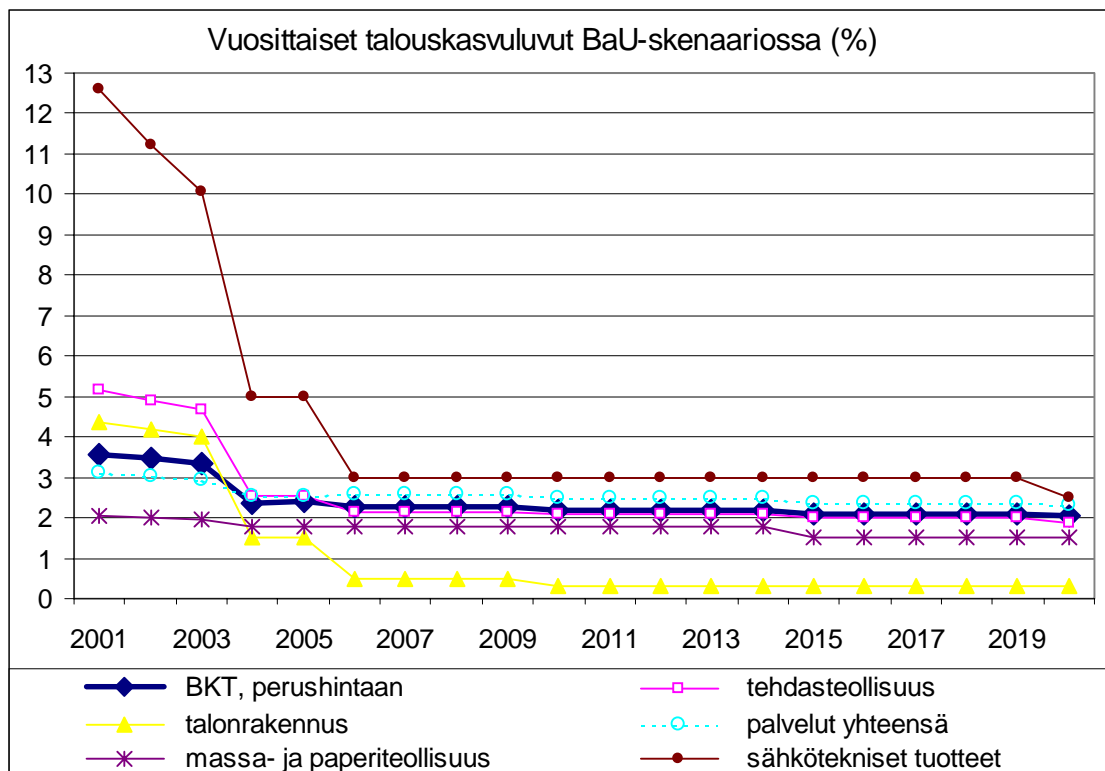
Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä valmisteli kansantalouden kehitystä kuvaavan ns. perusskenaarion ('Business-as-Usual skenaarion). Keskimääräinen talouskasvu vuosina 2000-2020 on 2,3 % vuodessa. Aluksi talouskasvu on nopeampaa ja vuoteen 2010 mennessä talouskasvu hidastuu hieman yli kahteen prosenttiin vuodessa. Perusskenaarion laadinnassa on oletettu, että vuoden 2003 jälkeen talouskasvu hidastuu suhteellisen paljon, koska elektroniikkateollisuuden kasvuvauhti puolittuu. Kyseinen toimialan kasvuvauhdin puolittuminen johtuu koulutetun työvoiman saatavuuden heikentymisestä.⁸

Perusskenaariossa paperin- ja kartongin tuotannon ennustetaan kasvavan 16 miljoonaan tonniin vuoteen 2010 mennessä. Teräksen tuotannon ennustetaan kasvavan miljoonalla tonnilla vuoteen 2010 mennessä.

Perusskenaarion mukainen talouskasvu merkitsee bruttokansantuotteen määrän olevan 35 % korkeampi vuonna 2010 vuoden 2000 bruttokansantuotteeseen verrattuna. Toisin sanoen kyseisenä ajanjaksona talouskasvu henkeä kohti on noin 33 % ja noin 29 % kotitaloutta kohti (kotitalouksien määrä kasvaa nopeammin kuin väestö). Vuonna 2020 reaalin bruttokansantuote on noin 66 % suurempi kuin mitä oli vuoden 2000 bruttokansantuote.

Perusskenaarion väestökehitys on Tilastokeskuksen vuoden 1999 väestöennusteen mukainen. Väestökasvu on suhteellisen hidasta, väestö kasvaa 5,19 miljoonasta 5,26 miljoonan vuoteen 2010 ja 5,29 miljoonaan vuoteen 2020 mennessä. Kotitalouksien lukumäärän oletetaan kasvavan 2,27 miljoonasta 2,42 miljoonaan vuoteen 2010 mennessä ja 2,43 miljoonaan vuoteen 2020 mennessä. Maahanmuuton lisääntyminen luonnollisesti muuttaisi väestönkasvu ennusteita (katso myös alaviitettä 8).

⁸ Koulutetun työvoiman saatavuuden heikentyminen voi vaikuttaa taloudessa myös muulla tavalla kuin mitä perusskenaariossa on oletettu. Esimerkiksi voidaan olettaa, että koulutetun työvoiman liikakysyntä johtaa toimialojen väliseen kilpailuun koulutetusta työvoimasta ja tätä kautta palkkojen nousuun. Tällöinkin talouskasvu hidastuu korkeampien palkkakustannusten vuoksi, mutta kasvun rakenne on erilainen kuin perusskenaariossa. Mikäli työvoiman niukkeneminen tiedostetaan jo nyt tilanteeseen voidaan yrittää varautua tuottavuutta kohottamalla. Luonnollisesti yksi vaihtoehto on maahanmuuton lisääminen.



Kuvio 3.1. Kasvuluvut sektoreittain aikavälillä 2000-2020 (Lähde: KTM)

Muita oleellisia perusskenaarion oletuksia ovat:

- Raakaöljyn hinta vakautuu hintatasolle \$ 25/barreli vuoteen 2010 mennessä ja hinta nousee asteittain \$30/barreli vuoteen 2020 mennessä.
- Maakaasun hinta nousee 20 % vuoteen 2010 mennessä ja 48 % vuoteen 2020 vuoden mennessä vuoden 2000 hintatason verrattuna⁹.
- Vuosittainen sähkön (netto)tuonti vähenee vuoteen 2010 mennessä kuuteen terawattituntiin.
- Maakaasuverkko laajennetaan Lounais-Suomeen, mutta yhteyttä Länsi-Euroopan maakaasuverkkoon ei rakenneta (katso myös alaviitettä 17).
- Ns. viiden litran uudet henkilöautot otetaan käyttöön viimeistään vuoteen 2008 mennessä, koska toimenpide toteutetaan Euroopan unionin tasolla ja koska siitä on jo sovittu autoteollisuuden kanssa¹⁰.
- Vaihtosuhte eli suhteelliset tuonti ja vientihinnat eivät muutu.

⁹ Kaasumarkkinoiden kehitys todennäköisesti riippuu ilmastopolitiikasta. Mikäli lisäydinvoimaa ei rakenneta läntisen maakaasuyhteyden rakentamisen kannattavuus paranee. Kilpailutilanteen syntyminen todennäköisesti alentaisi maakaasun hinnan nousu paineita.

¹⁰ Euroopan unioni ja Euroopan Autoteollisuusliitto solmivat ko. tavoitetta koskevan vapaaehtoisen sopimuksen. Lisäksi, Euroopan unioni solmi samantyyppisen joidenkin Euroopan ulkopuolisten henkilöauton valmistajien kanssa. Sopimus ei kuitenkaan kata kaikkia maailman henkilöautovalmistajia. Lisäksi koska kyseessä on vapaaehtoinen sopimus, se ei sisällä sanktioita sopimuksen tavoitteiden saavuttamattomuuden varalta.

Autonomisen energiankäytön tehokkuuden kehitys on perusskenaarion mukaista (liite 2).

Kioton ilmastopimus koskee kuutta kasvihuonekaasua. Näistä hiilidioksidi on tärkein kasvihuonekaasu, jonka osuus Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä on noin 84 %. Muut kasvihuonekaasut ovat metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂O) ja lisäksi ns. 'uudet kaasut' HFC, PFC, SF₆. Metaani- ja dityppioksidipäästöt muodostavat vastaavasti noin kuusi ja yhdeksän prosenttia Suomen kokonaispäästöistä.

Suomen kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoite perustuu Kioton sopimukseen ja Euroopan unionin sopimaan EU-maiden väliseen taakanjakoon. Sopimuksen mukaan päästöjen keskiarvotaso aikavälillä 2008-2012 ei saa ylittää vuoden 1990 tasoa. Perusskenaariossa energiajärjestelmämallin mukaiset Suomen kasvihuonekaasupäästöt kasvavat noin 91,2 miljoonaan tonniin vuoteen 2010 mennessä ja vuoden 1990 kasvihuonekaasupäästöt olivat 75,2 miljoonaa tonnia. Kasvihuonekaasupäästöjä tulee siis vähentää noin 16 miljoonaa tonnia.

4 Ilmasto-ohjelman kuvaus

4.1 Katsaus ohjauskeinoihin ja niiden aiottuihin vaikutuksiin

Ilmasto-ohjelma koottiin kolmen eri ministeriön sektoriohjelmista, joita laativat Liikenne- ja Viestintäministeriö (LVM, 2000), Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM 2000a, 2000b, 2000c), Metsä ja maatalousministeriö (MMM; 2000) ja Ympäristöministeriö (YM, 2000). Kauppa- ja teollisuusministeriön ohjelma koostuu energiansäästöohjelmasta, uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmasta sekä erityisistä (erillisistä) ilmastopolitiikkaan liittyvistä ohjauskeinoista ja toimenpiteistä. Sektoriohjelmat ja erillisselvitykset koottiin ilmastopoliittisiksi ohjelmavaihtoehdoiksi Kioto-yhdysverkossa Kioto-ministerityöryhmän johdolla.

Ohjelmavaihtoehdot eivät sisällä metsiin liittyviä toimenpiteitä ja ohjauskeinoja, koska kansainvälisellä tasolla ei vielä ole päätetty sitä, kuinka ns. nielut otetaan huomioon ilmastonmuutoksen torjunnassa. Ilmasto-ohjelmavaihtoehtoja kuvataan hieman myöhemmin.

Taulukossa 4.1. on esitetty yleiskuva ohjauskeinoista ja eri tavoista, joilla ne vaikuttavat kasvihuonekaasupäästöjen vähentymiseen. Energiantuotantoon voidaan kohdistaa ohjauskeinoja, kuten veroja tai normeja, jotka nostavat hiilipitoisten polttoaineiden hintoja ja tekevät näin siirtymisen vähemmän hiiltä sisältäviin tai hiilivapaisiin polttoaineisiin taloudellisesti kannattavammaksi. Vastaavanlaisia vaikutuksia voidaan toteuttaa uusiutuvien luonnonvarojen tuilla, koska tällöin fossiilisia polttoaineita kannattaa korvata hiilidioksidipäästövapailla uusiutuvilla polttoaineilla.

Muiden kasvihuonekaasupäästöjen kuin hiilidioksidipäästöjen vähentäminen on selkeästi erityyppinen ongelma kuin hiilidioksidipäästöjen vähentäminen. Kyseisiä päästöjä ovat mm. maatalouden ja jätehuollon metaanipäästöt. Näiden päästöjen vähentäminen tiettyyn rajaan saakka on kustannustehokasta, jolloin, koska päästötavoite koskee yhteenlaskettuja kasvihuonekaasupäästöjä, hiilidioksidipäästöjen kiintiö voi kasvaa.¹¹ Jotkut näistä vaihtoehdoista ovat siis melko kustannustehokkaita ja suhteellisen yksinkertaisia toteuttaa, koska toimijoita on suhteellisen vähän.

Päästöoikeuksien kauppa ja muiden ns. joustavuusmekanismien hyväksikäyttö on tyypillisesti kansainvälinen väline. Tässä vaiheessa niiden hyödyntämisen periaatteet ovat kansainvälisellä tasolla päättämättä ja ne eivät sisälly ohjelmavaihtoehtoihin. Kyseiset menettelyt voivat kuitenkin tulla mahdollisiksi ja ne

¹¹ Ilmastopoliittisen ohjelman mukaisessa tilanteessa hiilidioksidipäästöt voivat olla noin viisi prosenttia suuremmat kuin vuoden 1990 hiilidioksidipäästöt, koska muiden kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen on suhteellisen kustannustehokasta.

vaikuttavat merkittävästi ohjauskeinojen järjestykseen ja kokonaistaloudellisiin kustannustasoon.

Mikäli ilmasto-ohjelmaa laadittaessa oletetaan, että kansainvälinen ilmastonmuutoksen torjunta on vasta alkutaipaleellaan, päästöjen vähennystoimista tulee pysyviä ja laajentuvia menettelyitä. Tällöin kustannusten alentaminen, uusiutuvien luonnonvarojen käyttötekniikoiden ja energiansäästötekniikoiden potentiaalinen kasvu ovat tärkeitä vaihtoehtoja keskipitkällä ja pitkällä tähtäimellä. Tutkimus- ja kehitystoiminnan tuella sekä demonstraatioprojekteilla pyritään juuri tähän.

Epäsuorasti markkinoilla käyttöön otetut kehittyneemmät tekniikat vaikuttavat sekä tarjontaan että kysyntään (taulukon 4.1. kaksi ensimmäistä vaikutussaraketta).

Pidemmällä aikavälillä kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen seurauksena sekä tuotanto että kulutus muuttuvat. Tuotannossa otetaan käyttöön uusia prosesseja ja tuotteita. Kulutuksessa omaksutaan uusia kulutustottumuksia, jotka ohjaavat taloudellista kehitystä. Epäsuorasti nämä muutokset edistävät uusiutuvien energialähteiden markkinoille tuloa. Ilmastopolitiikkaan liittyvillä tutkimus- ja tuotekehitysohjelmilla aikaansaadut innovaatiot voivat pidemmällä aikavälillä vaikuttaa merkittävästi talouden rakenteisiin ja tiettyjen toimialojen kasvuun. Energiansäästötekniikoita, uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistekniikoita ja päästöjen rajoittamistekniikoita valmistavien (ml. palvelut) yritysten tuottama arvonlisä on jo noin viisi miljardia ja toimialan viennin kasvunäkymät ovat hyvät. Toimialan kasvumahdollisuudet ovat erinomaiset ja viennin osuus yli 50 %. Voitaneen olettaa, että ilmastopolitiikka sekä Suomessa että ulkomailla parantaa edelleen kyseisten toimialojen kasvunäkymiä. Kuten luvussa 2 on mainittu, näitä hyödyllisiä vaikutuksia ei oteta huomioon kokonaistaloudellisissa laskelmissa.

**Taulukko 4.1. Ministeriöiden laatimien ilmastopoliittisten ohjelmien ohjauskei-
not ja niiden vaikutusten luokittelu**

<i>Ehdotukset</i>	<i>Sektorit</i>	<i>Energia lähteiden hinnat</i> -> hiilettömät energialähteet	<i>Energian loppukäytön kustannukset</i> -> energiansäästö	<i>Kompensointi /vaihto</i> -> päästöjen (netto)tavoite (-> energialähteet)	<i>Päästö-kauppa markkinoiden luonti</i> -> päästöjen (netto)tavoite (-> lähteet ja energiasäästö)	<i>Uusien tehokkaampien energiatekniikoiden käyttöönoton nopeutuminen</i> -> hiilettömät energialähteet -> energiasäästö	<i>Kuluttajien ja yrittäjien mieltymykset</i> -> tuotanto/ elämäntapa -> hiilettömät energia lähteet ja energiasäästö
Muut kaasut/jätehuolto	Maatalous Jätehuolto Teollisuus	X X		XX XX			
Työkoneet	Maatalous Rakentaminen Liikenne/tukkukaupat Teollisuus		XX XX XX XX				
Energiaverot + verokierrätys	Kaikki sektorit	XX	(XX)			(X)	(X)
Energiatuotantotekniikoita koskevat rajoitukset (hiili, ydin, tuonti)	Sähkö ja kaukolämpö Perusteollisuus	XX XX	(X) (X)				
Uusiutuvat energialähteet – niiden käytön tuet (myös T&K tuet)	Sähkö ja kaukolämpö Metsä- ja maatalous Rakentaminen Palvelut Kotitaloudet	XX				X X	X
Uusien rakennusten e-tehokkuus *	Rakentaminen Palvelut Kotitaloudet	(X)	XX XX XX				
Vanhojen rakennusten e-tehokkuus	Rakentaminen Palvelut Kotitaloudet	(X)	XX XX XX				
Alue- ja yhdyskuntarakenne	Rakentaminen Kunnat	(X) (X)	(X) (X)				X X
'5 litran auto' + autovero	Kotitaloudet Palvelut		XX XX				
Taloudellinen ajotapa *	Kotitaloudet Palvelut Liikennepalvelut		X X XX				X X
Joukkoliikenteen edistäminen *	Liikennepalvelut Kotitaloudet		X X				(X) (X)
Pyöräilyn, jne. edistäminen *	Kotitaloudet Kunnat		X X				(X) (X)
Diesel ja bensinivero *	Kotitaloudet Palvelut		XX XX				
Energiakatselmukset *	Teollisuus Palvelut Liikennepalvelut	X	X X X				X X X
Tutkimus & kehitystuet *	Sähkö ja kaukolämpö Teollisuus Liikennepalvelut					XX XX XX	
Vapaaehtoiset sopimukset * (sisältää yllämainitut vaihtoehdot)	Teollisuus Palvelut	X X	X X	X X	? ?	X X	X X
Joustavuusmekanismit	Sähkö ja kaukolämpö Teollisuus Valtio	(XX) (XX) (XX)	(XX) (XX) (XX)		XX XX XX	(X) (X)	

Ohjelmavaihtoehdot koostuvat viidestä tärkeästä elementistä:

- Muiden kasvihuonekaasujen kuin hiilidioksidin rajoittamiseen tähtäävät toimet ja ohjauskeinot. Muita kasvihuonekaasuja ovat metaani, N₂O, HFC, PFC, SF₆. Suomen ilmastopolitiikan kannalta ainoastaan metaani ja dityppioksidi voivat merkittävästi (ml. kustannustehokkuus) vaikuttaa päästötavoitteen saavuttamiseen.
- Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma (UEO), jolla pyritään erityisesti biomassan energiakäytön lisäämiseen.
- Energiainsäästöohjelma (ESO), joka sisältää asumiseen, rakentamiseen, kuljetuksiin ja teollisuuteen kohdistuvia ohjauskeinoja ja toimenpiteitä.
- Hiilenkäyttökielto KIO1-vaihtoehdossa ja yhden uuden 1300 MW ydinvoimalan rakentaminen KIO2-vaihtoehdossa.
- Kotitalouksien ja yritysten energia- ja sähköverojen asteittainen korottaminen.

Muiden kasvihuonekaasujen kuin hiilidioksidin päästöjen vähennyksiä voidaan pitää pitkälti eksogeenisena. Toisin sanoen muiden kasvihuonekaasupäästöjen kustannustehokas vähennys ei juurikaan vaihtelee sen mukaan, mikä ohjelmavaihtoehto on kyseessä. Ohjelmavaihtoehdot on laadittu siten, että ne eroavat toisistaan hiilidioksidipäästöjen rajoittamiseen tähtäävissä ohjauskeinoissa ja toimenpiteissä. Kuitenkin näiden muiden kasvihuonekaasujen vähentäminen kustannustehokkaasti edesauttaa merkittävästi kasvihuonekaasupäästötavoitteen saavuttamista kaikissa vaihtoehdoissa. Tämä ilmenee siten, että tavoitteen mukaisella kasvihuonekaasupäästötasolla vuonna 2010 hiilidioksidipäästöt voivat olla noin kolme miljoona tonnia korkeammat kuin vuoden 1990 hiilidioksidipäästöt.

Aluksi ohjelmavaihtoehtoja laadittiin neljä: KIO1 (ei lisäydinvoimaa, hiilen käyttökielto ja liikennepolttonesteiden verojen korotus), KIO2 (lisäydinvoimaa ja liikennepolttonesteiden verojen korotus), KIO1-NONLV (ei lisäydinvoimaa, hiilen käyttökielto, ei liikennepolttonesteiden verojen korotusta) ja KIO2-NONLV (lisäydinvoimaa, ei liikennepolttonesteiden verojen korotusta). Energiajärjestelmämallilla tehdyissä laskelmissa osoittautui, että kolmessa ohjelmavaihtoehdoissa, nimittäin KIO1:ssä, KIO2:ssä ja KIO2-NONLV:ssä päästötavoite alittui. Sen sijaan KIO1-NONLV:ssä päästötavoite toteutui. Toteutuvien päästötasojen ero oli luonnollinen seuraus siitä, että kukin ohjelmavaihtoehto oli laadittu erillisten sektoriohjelmien perusteella. Lisäksi ohjelmavaihtoehdot poikkesivat toisistaan vain lisäydinvoimassa ja liikennepolttonesteiden lisäverotuksessa. Kaiken kaikkiaan tästä seurasi se, että ohjelmavaihtoehdot eivät olleet kasvihuonekaasupäästöjen suhteen vertailukelpoisia.

Tämän jälkeen laadittiin päästöjen suhteen vertailukelpoiset ohjelmavaihtoehdot muuttamalla energiaverotuksen perusteita. Toisin sanoen päästötavoitteen alittavissa kolmessa vaihtoehdoissa energiaverojen perusteita alennetaan siten, että päästötavoite riittävällä tarkkuudella toteutuu. Näitä päästötavoitteen tarkalleen toteuttavia ohjelmavaihtoehtoja nimitetään KIO1*, KIO2* ja KIO2-NONLV*. Kuten jo todettiin KIO1-NONLV toteuttaa päästötavoitteen, jolloin se on myös KIO1-NONLV*.

Ohjelmavaihtoehtojen laadinnan yhteydessä tiedostettiin se seikka, että jotta kasvihuonekaasupäästötavoite toteutuu tarkalleen energiaverojen perusteet eivät voi olla tarkalleen samat eri ydinvoimavaihtoehtojen välillä. Energiaverotuksen veroaste-erojen vuoksi lisäydinvoimavaihtoehtoissa on jonkin verran vähemmän sekä energiansäästöä että uusiutuvien energialähteiden käyttöä (verrattuna vastaaviin ohjelmavaihtoehtoihin ilman lisäydinvoimaa).

Kolmas ohjelmavaihtoehtojen ryhmä sisältää ohjelmavaihtoehdot, joissa päästöjen rajoittaminen toteutetaan ilman energiaverojen lisäyksiä tuilla ja normeilla. Kyseisiä vaihtoehtoja on kaksi KIO1-NONEV ja KIO2-NONEV, jotka kummatkin toteuttavat tarkalleen päästörajoitteen.¹²

Perusskenaarioon sisältyy liikenteen hiilidioksidipäästöjen rajoittamiseksi suhteellisen voimakkaita EU-tasolla toteutettavia toimenpiteitä. Tärkein näistä on keskimäärin viisi litraa sadalla kilometrillä kuluttavien henkilöautojen markkinoille tulo vuoteen 2008 mennessä. Kyseisen henkilöautoja koskevan toimenpiteen on oletettu toteutuvan autonvalmistajien kanssa tehdyillä vapaaehtoisilla sopimuksilla ja lisäkustannuksitta.¹³ Koska tällainen kehitys sisältyy jo perusskenaarioon, polttoaineiden verojen noston vaikutus polttoaineen kysyntään ja tätä kautta aiheutettuihin hiilidioksidipäästöihin arvioitiin ohjelmavaihtoehtojen vaikutusten laskennassa suhteellisen pieneksi.

Yhteenvedon voidaan esittää kaikki ohjelmavaihtoehdot, joita on kaiken kaikkiaan siis kymmenen kappaletta:

- KIO1: sektorikohtaisten ohjelmien perusteella laadittu vaihtoehto ilman lisäydinvoimaa.

¹² Lisäksi on laskettu teoreettiseen hiilidioksidiveroon perustuvat tulokset, jotka julkaistaan erillisenä raporttina.

¹³ Ensinnäkin oletus siitä, etteivät kyseiseen keskikulutukseen johtavat toimenpiteet vaikuta lainkaan henkilöautojen valmistuskustannuksiin, on varsin voimakas. Toiseksi vaikka teknisesti autonvalmistajat kykenisivät toteuttamaan ko. tavoitteen, tarvitaan todennäköisesti julkisen sektorin lisätoimenpiteitä sen takaamiseksi, että ostettujen autojen keskikulutus vastaa tavoitetta. Kolmanneksi mikäli kyseinen tavoite saavutetaan, tällä on merkittäviä vaikutuksia käytettyjen henkilöautojen markkinoilla. Neljänneksi ei ole toistaiseksi selvityksiä siitä, missä määrin kyseinen tavoite toteutetaan lisäämällä dieselöljykäyttöisten henkilöautojen markkinaosuutta. Lisäksi henkilöauton hankintaan ja käyttöön vaikuttavat muut liikenteeseen kohdistetut ohjaukset ja toimenpiteet.

- KIO2: sektorikohtaisten ohjelmien perusteella laadittu ilmastopoliittinen ohjelma lisäydinvoimalla.
- KIO1-NONLV: kuten KIO1, mutta ilman liikennepolttoaineverojen korotuksia.
- KIO2-NONLV: kuten KIO2, mutta ilman liikennepolttoaineverojen korotuksia.
- KIO1*: kuten KIO1, mutta energiaveroja muutettu, jotta päästötavoite saavutetaan tarkalleen (liikennepolttoaineiden verotuksen perusteet samat kuin KIO1:ssa).
- KIO2*: kuten KIO2, mutta energiaveroja on muutettu, jotta päästötavoite saavutetaan tarkalleen (liikennepolttoaineiden verotuksen perusteet samat kuin KIO1:ssa ja KIO2:ssa).
- KIO1-NONLV*, joka on sama kuin KIO1-NONLV.
- KIO2-NONLV*: kuten KIO2-NONLV, mutta energiaveroja muutettu, jotta päästötavoite saavutetaan tarkalleen.
- KIO1-NONEV: kuten KIO1, mutta ilman energiaverojen korotuksia, sen sijaan tukien ja muiden toimien määrää on lisätty.
- KIO2-NONEV: kuten KIO2, mutta ilman energiaverojen korotuksia, sen sijaan tukien ja muiden toimenpiteiden määrää on lisätty.

Kuten jo todettiin, koska KIO1-NONLV toteuttaa päästötavoitteen, KIO1-NONLV*-ohjelmavaihtoehtoa ei ole erikseen tehty. Vertailun helpottamiseksi tämä vaihtoehto on toisinaan merkitty KIO1-NONLV*. Lyhennetään tarkalleen päästötavoitteen toteuttavat energiaverovaihtoehdot seuraavasti:

- Energiaverovaihtoehto 1: sisältää liikennepolttoaineverojen korotukset (KIO1* ja KIO2*).
- Energiaverovaihtoehto 2: ei sisällä liikennepolttoaineverojen korotuksia (KIO1-NONLV* ja KIO2-NONLV*).
- Energiaverovaihtoehto 3: ei sisällä lainkaan energiaverojen korotuksia (KIO1-NONEV ja KIO2-NONEV).

Tällöin päästörajoitteen tarkalleen toteuttavista ohjelmavaihtoehdoista saadaan seuraava taulukko, josta ilmenevät käytetyt lyhenteet eli ko. ohjelmavaihtoehdon nimi:

Ministeriöiden keskeiset vaihtoehdot	Ei lisädinvoimaa, sähköntuotantovaihtoehto 1	Lisädinvoimaa, sähköntuotantovaihtoehto 2
Energiaverovaihtoehto 1	KIO1*	KIO2*
Energiaverovaihtoehto 2	KIO1-NONLV*	KIO2*-NONLV*
Energiaverovaihtoehto 3	KIO1-NONEV	KIO2-NONEV

Yhdyskuntarakenteen tiivistäminen jätettiin ilmasto-ohjelman laadinnassa ohjelmavaihtoehtojen ulkopuolelle. Kyseinen toimenpide sisältyy ympäristöministeriön sektoriohjelmaan. Kyseisen toimenpiteen joitakin vaikutuksia on arvioitu energijärjestelmämallilla. Toimenpiteellä voidaan saavuttaa 0,8 miljoonan tonnin kasvihuonekaasupäästöjen vähennys. Tulos perustuu kuitenkin energijärjestelmän muuttamisen kustannusten aliarvioimiseen. Yhdyskuntarakenteen tiivistäminen johtaa yleensä korkeampiin maan hintoihin, mikä vaikeuttaa ohjelman täydellistä toteuttamista. Mikäli yhdyskuntarakenteen tiivistäminen onnistuu hallinnollisella ohjauksella voitaneen arvioida, että noin kolmannes sektoriohjelman päästöjen vähennyksestä voisi toteutua. Yhdyskuntarakenteen tiivistäminen on pitkällä aikavälillä toteutettava toimenpide, jonka kumuloituvat vaikutukset voivat olla pitkällä aikavälillä huomattavat.

Alun pitäen energiaverokertymän takaisinkierrätyksessä oli useita vaihtoehtoja:

- 50 %/50 % eli puolet kertymästä kierrätetään takaisin kotitalouksien tuloverolla alennuksena ja puolet työnantajien sosiaalivakuutusmaksuilla.
- 100 % eli takaisinkierrätys perustuu vain kotitalouksien tuloveroon.
- ALV alennus eli takaisinkierrätys perustuu arvonlisäveroperusteiden alentamiseen (ETLAn mallilla kokeiltu vaihtoehto, Honkatukia ja Forsström, 2001).

Taulukossa 4.2 on esitetty yleiskuvaus ilmasto-ohjelmaan sisältyvien ohjauskeinojen ja toimenpiteiden muuntamisesta energijärjestelmämallin syöttötiedoiksi. Taulukossa 4.2 erotellaan ohjauskeinot ja toimenpiteet: (1) energialähteiden ja käytön (sähkövero) hintaan vaikuttaviin vero-ohjauskeinoihin, (2) energiankäytön tehokkuuteen (energiansäästöön) vaikuttavat vero/tuki ohjauskeinot, (3) energiantuotantoon kohdistuvat normit sekä (4) energiansäästöön kohdistuvat normit.

Taulukko 4.2. Ilmasto-ohjelmaan sisältyvien ohjauskeinojen ja toimenpiteiden muuntaminen energiajärjestelmämallin syöttötiedoiksi

		Energiajärjestelmämallin syöttötieto	
<i>Ehdotettu ohjauskeino/toimenpide</i>	Sektorit	<i>Energialähteiden hintataso ja energiansäästömahdollisuudet</i>	<i>Pääomakanta energiatyypeittäin, ikärakenteittain ja tehokkuuden tason mukaan</i>
Muut kaasut	Maatalous	Tuet biokaasun hyödyksi- käyttö investointeihin	Eläintuotannon metaani- päästöt; informaatio ja tuet
	Jätteiden käsittely	Direktiivien mukaiset toi- menpiteet	Metaanin poistamisen käyttöönotto
	Teollisuus		N ₂ O päästöjen vähennys
Konekanta	Maatalous		Kaluston uusiminen energia- tehokkaammalla. Uusien mallien esittely
	Rakentaminen Kuljetus /varastointi Teollisuus		
Energiaverotus (ml. sähkövero)	Kaikki sektorit kahdessa ohjel- massa (NONLV) ei liikennepoltto- aineiden verojen korotuksia. Hie- man alhaisemmat energiaverojen tasot KIO*:ssä	Veroasteiden nosto asteit- tain KIO1:ssä 70 % vuoteen 2010, 90 % vuoteen 2015 ja 110 % vuoteen 2020. Ilman liikennepolttoaineiden lisä- veroa vero taso on n. 20 % alhaisempi KIO2:ssa	
Energiantuotan- toon kohdistuvat rajoitukset	Sähköntuotanto ja Kaukolämmön- tuotanto, raskas teollisuus		KIO1:ssä: ei lisäydinvoi- maa ja lähes täydellinen hiilen käytön rajoitus (ei koske koksia) v.2010 jäl- keen
Uusiutuvat ener- gialähteet	Sähkövoima ja Kaukolämpö Teollisuus Kaikki muut sek- torit	Tuet ovat perusskenaarion mukaiset, mutta käyttö kas- vaa	
Uusien rakennus- ten energiatehok- kuus*	Rakentaminen		Uusia rakennuksia koskevat energiatehokkuusnormit (30 % pienempi kulutus vuonna 2004)
	Palvelut Kotitaloudet		

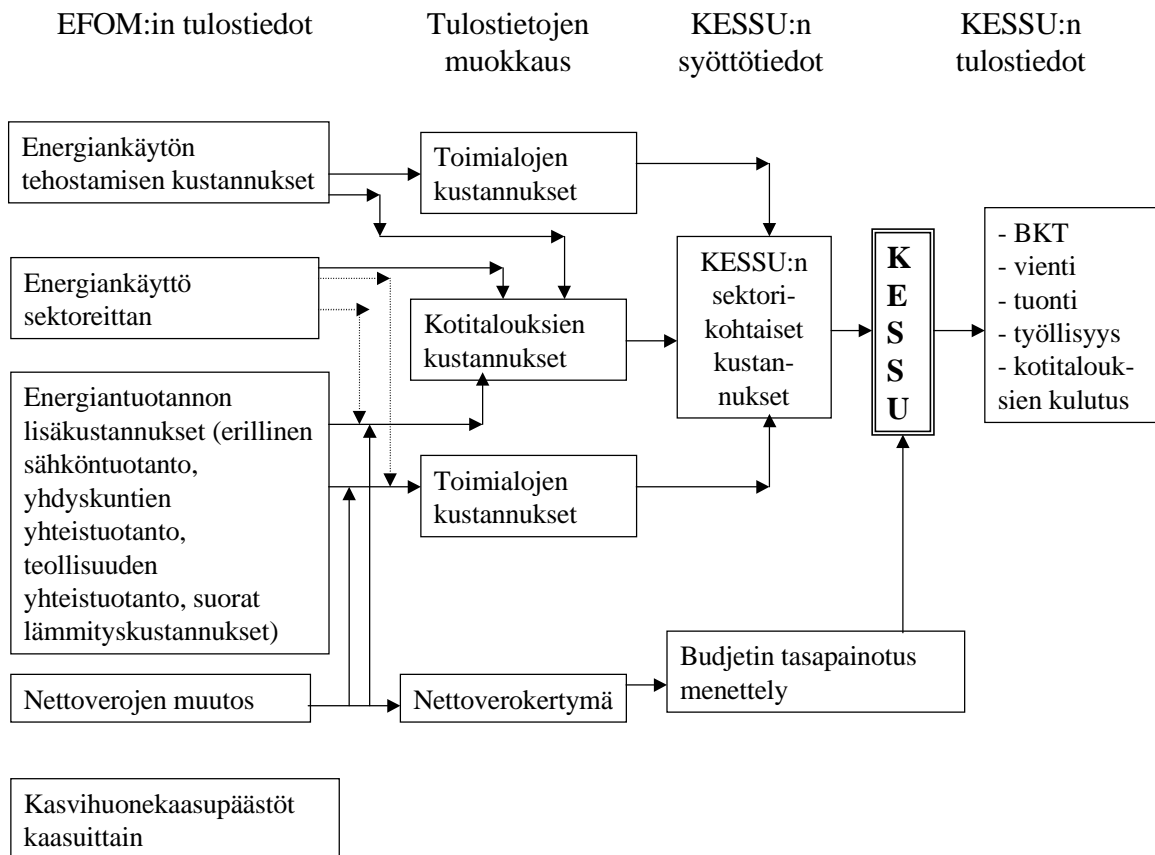
Vanhojen rakennusten energiatehokkuus*	Rakentaminen Palvelut Kotitaloudet	30 % tuki energian säästösaneeraukseen KIO1:ssä, alhaisempi määrä KIO2:ssa	Vanhoja rakennuksia koskevat energiatehokkuusnormit (30 % pienempi kulutus vuonna 2004)
/Yhdyskuntarakenne/	Rakentaminen Kunnat	Ei ole otettu käyttöön KIO1-simuloinneissa, koska ei sopinut teknisesti yhteen lämmitysjärjestelmien valinnan kanssa, testattiin eri ajoissa. Tavoitteen toteuttavat ohjauskeinot ja toimenpiteet puuttuvat sektoriohjelmasta, jonka vuoksi vain ehkä 25 prosenttia sektoriohjelman tavoitteesta toteutuu	
Keskimäärin viisi litraa kuluttavat henkilöautot + uusien autojen vero	Kotitaloudet Palvelut	Periaatteessa autoverouudistuksella taataan, että EU:n tavoitteen mukainen henkilöauto ei ole kalliimpi kuin muuten olisi (uudistus tulee toteuttaa budjetti neutraalisti, ks. KESSU-syöttötiedot	Asteittain (2004-2008) otetaan käyttöön uudet vähemmän kuluttavat henkilöautot. Keskkulutuksen muutoksen vaikutus liikennepolttoaineverojen kertymään on laskelmissa otettu huomioon
Taloudellinen ajo*	Kotitaloudet Palvelut Kuljetuspalvelut		Vuoteen 2010 mennessä yhteensä 25 % yksityisautoilijoista ja 50 % rekka-autoilijoista on käynyt kurssin. Vaikutukseksi arvioidaan 4 % vähennys henkilö- ja kuorma-autojen polttoaineen kulutuksessa.
Joukkoliikenteen edistäminen	Kuljetuspalvelut Kotitaloudet		Pienet lisäykset joukkoliikenteen osuudessa, kuten LVM ohjelmassa
Kevyen liikenteen edistäminen	Kotitaloudet Kunnat	Vaikutuksia ei ole otettu mukaan EFOM:iin, koska hyvin pienet vaikutukset. Vaikutukset terveyteen, ruuhkiin ja kotitalouksien menoihin (kustannussäästöt) voivat olla tärkeämpiä.	
Moottoriajoneuvojen polttoainevero (myös ohjelmavaihtoehdot ilman tätä – NONLV	Kotitaloudet Palvelut	Bensiiniveron lisäys 2 % vuodessa ja dieselveron lisäys 2,3 % vuodessa, (ei NONLV vaihtoehdoissa)	

Työmatkojen verovähennyksen rajoittaminen	Kotitaloudet	Verovähennyksen poistaminen henkilöautolla kuljetusta työmatka liikenteestä, vaikutus arvioidaan 0,35 % vähemmän ajettuja henkilöautokilometrejä ja 0,5 % enemmän joukko-liikenteen henkilökilometrejä	
Energiankäytön seuranta *	Teollisuus Palvelut	Vaikutus on otettu huomioon sektorikohtaisissa energiansäästöavoitteissa, kuten sovittu vapaaehtoisissa sopimuksissa (ks. VS kohta)	
	Kuljetuspalvelut		
Tutkimus- ja kehitystuet	Periaatteessa kaikki sektorit	Vaikutuksia ei ole otettu mukaan (katsoo Luvussa 2) ESO sisältää kuitenkin T&K-tuet	
Vapaaehtoiset sopimukset (VS)* (sisältää joukon aiempia toimenpiteitä)	Teollisuus		Sektorikohtaiset energiankäytön tehokkuuden parannukset ja päästövähennykset kuten määriteltä VA:ssa (ks. ESO taulu3)
	Palvelut Kuljetus		

*) ehdotuksia, jotka ovat yleensä osa vapaaehtoisia sopimuksia

Energiajärjestelmämallin (EFOM) tulokset sisältävät mm. primääri- ja loppuenergian käytön sektoreittain ja energialähteittäin sekä vuotuiset sektorikohtaiset kustannukset jaoteltuina energian tuotantokapasiteetti-investointien vuotuis-kustannuksiin, energiansäästöinvestointien vuotuis-kustannuksiin, polttoainekustannuksiin ja muihin kustannuksiin (esimerkiksi korkeammat käyttökustannukset). Energiajärjestelmämallin tuloksiin sisältyy myös energiaverot ja tuet sektoreittain sekä tärkeimpien kasvihuonekaasujen päästöt.

Energiajärjestelmällä mallilla laskettuja kokonaiskustannuksia, kuten myös kyseisiä kustannuksia sektoreille kohdistettuina kutsutaan, kuten jo aikaisemmin määriteltiin välittömiksi energiankäytön lisäkustannuksiksi. Välittömät kustannukset ovat siis energiajärjestelmämallilla laskettujen nettoverojen (energiaverot - maksetut tuet) ja suorien kustannusten summa. Kun näihin kustannuksiin lisätään laskennallinen arvonlisävero, kyseiset kustannukset siirretään tiettyjen muokkausten jälkeen kokonaistaloudelliseen malliin. Välittömät kustannukset, joista suuri osa on kokonaistaloudellisessa mallissa takaisinkierrätettäviä veroja, eivät siis ole lopullisia kokonaistaloudellisia kustannuksia. Nämä lasketaan kokonaistaloudellisella mallilla.



Kuvio 4.1. EFOM tulosten muuntaminen KESSU-syöttötiedoiksi

Kuviossa 4.1 on esitetty, kuinka energiajärjestelmämallin (EFOM) kustannukset siirretään kokonaistaloudelliseen malliin (KESSU).

Joissakin ohjelmavaihtoehtoissa nettoenergiaverokertymä on pienempi kuin perusskenaariossa. Tällöin kokonaistaloudellisessa mallissa korotetaan kotitalouksien tuloveroa. Laskennassa käytetään useimmiten verojen takaisinkierätyksessä vaihtoehtoa 50 %/50 % eli takaisinkierätys toteutetaan 50 % kotitalouksien tuloveroilla ja 50 % työnantajien sosiaaliturvamaksuilla.

Koska kokonaistaloudellisen mallin sektorijako ei vastaa energiajärjestelmämallin sektorijakoa, kustannusten siirtämisessä käytettiin pääasiassa energiakäytöllä painotettuja muunnoskertoimia. Jotkin kustannukset voidaan siirtää suhteellisen suoraviivaisesti sektorilta sektorille, kuten kotitalouksien energiasäästöinvestointien vuotuiset kustannukset energiajärjestelmämallista kokonaistaloudellisen mallin kotitaloussektorille.

Tasapainotetun budjetin periaatteen vuoksi kierrätettävien energiaverojen määrä on oleellinen tekijä. Kierrätettävien verotulojen määrään on tehty pieni tasokorjaus, koska energiansäästön ja tuotannon tuet oletetaan suuremmiksi kuin alkuperäisissä ilmastopoliittisissa ohjelmissa. Kokonaistaloudelliset laskelmat perustuvat joustaviin reaalipalkkoihin, jolloin palkkojen ostovoimaa ei korjata energian hinnan muutoksen kustannusmuutosten vuoksi. Sen sijaan kokonaistaloudellisissa laskelmissa budjettitasapaino heikkenee, koska sosiaaliturvajärjestelmään sisältyy tiettyjä hintatasoon sidottuja (automaattisia) kompensatioita.

Laskelmissa käytettävä kokonaistaloudellinen malli tuottaa useita tuloksia, mutta kokonaistaloudellisten vaikutusten arvioinnissa keskitytään muutamaan oleelliseen; reaalisen bruttokansantuotteen muutokseen, yksityisen kulutuksen määrän muutokseen, investointien viennin, tuonnin ja työllisyyden muutoksiin sekä toimialojen tuotannon muutoksiin. Koska energiajärjestelmämallista tulevat kustannussysäykset ja etenkin ilmastopoliittinen ohjelmien erot tässä suhteessa ovat pieniä suhteessa koko talouteen, kokonaistaloudellisten tulosten tulkinnassa on syytä olla varovainen.

5 Mallisimulointien tulokset

5.1 Energiantuotannon rakenne ja kasvihuonekaasupäästöt

Taulukossa 5.1 esitetään energiajärjestelmämallin tulosten mukainen energiantarjonnan rakenne perusskenaariossa ja ohjelmavaihtoehdoissa. Primäärienergian käyttö kasvaa sekä KIO1*:ssä että KIO2*:ssa hitaammin kuin perusskenaariossa. Perusskenaarion ja ohjelmavaihtoehtojen välinen ero primäärienergian kulutuksessa johtuu pääasiassa energiansäästöistä.¹⁴ Koska energian hinta on hieman alempi KIO2*:ssa kuin KIO1*:ssa, kannustin energiansäästöön on myös jonkin verran vähäisempi KIO2*:ssa, mikä ilmenee suurempana primäärienergian kulutuksena. Lisäydinvoimalla (KIO2*) myös puun energiakäyttö on hieman pienempää kuin ilman lisäydinvoimaa (KIO1*).

Perusskenaariossa hiilen käyttö kasvaa vuoteen 2015 mennessä noin 60 % vuoden 2000 käyttöön verrattuna. Ohjelmavaihtoehdossa ilman lisäydinvoimaa hiiltä korvataan maakaasulla, jonka käyttö kasvaa vuoteen 2015 mennessä perusskenaarioon verrattuna reilun kolmanneksen. Myös lisäydinvoimaskenaariossa maakaasun käyttö kasvaa, tosin huomattavasti vähemmän kuin ilman lisäydinvoimaa (kasvu on vain reilut kolme prosenttia). Tulos on luonnollinen, koska edellä mainitut ohjelmavaihtoehdot poikkeavat toisistaan nimenomaan erillisen sähköntuotannon tuotantomuodoissa. Ilman lisäydinvoimaa vaihtoehdossa erillisessä sähköntuotannossa korvataan hiiltä maakaasulla ja lisäydinvoimavaihtoehdossa taas hiiltä korvataan ydinvoimalla.

Koska muissakin Euroopan maissa kivihiiltä korvataan maakaasulla, maakaasun kysyntä Euroopassa kasvaa, jolloin sen hinta todennäköisesti nousee. Maakaasun hinnan nousu sisältyykin jo perusskenaarioon.

Öljyn käyttö vähenee KIO2*:ssa ja lisääntyy KIO1*:ssä. Kuitenkin KIO1*:ssa öljyn käytön lisäys on väliaikaista ja johtuu kaukolämmöntuotannon lisääntyneestä öljyn käytöstä. Liikennesektorilla oletetaan dieselöljyn korvaavan bensiiniä.¹⁵

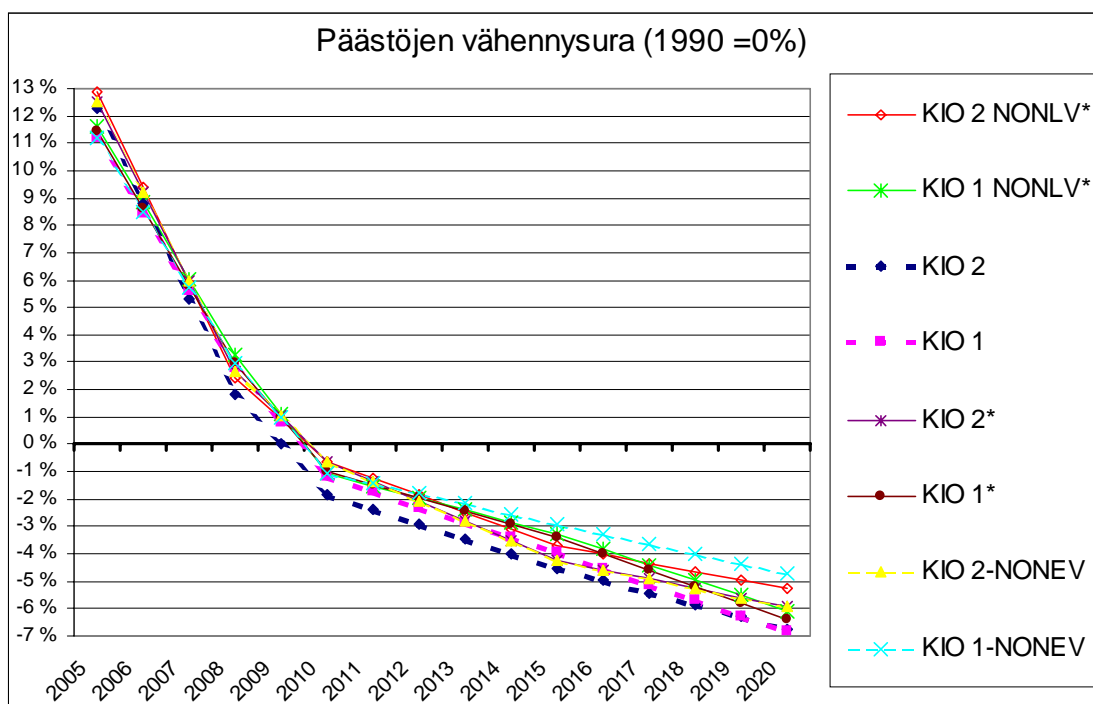
¹⁴ Primäärienergian määrään eri ohjelmavaihtoehdoissa vaikuttaa myös jossakin määrin se, että vesi- ja tuulivoimalla sekä ydinenergialla tuotettu sähkö täytyy tietyillä kertoimilla muuntaa primäärienergiaksi.

¹⁵ Liikennepolttonesteiden kulutuksen kehitys perustuu VTT:n Liisa mallin tuloksiin.

Taulukko 5.1. Primäärienergian kulutus perusskenaariossa ja ohjelmavaihtoehdoissa KIO1* ja KIO2* (Yksikkönä on PJ)

Sektorit	2000	Perus.			KIO1*			KIO2*		
		2005	2010	2015	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Sähkön nettotuonti	32	26	20	20	26	22	22	26	20	20
Vesi- ja tuulivoima	49	48	48	49	49	52	57	49	52	57
Ydinvoima	233	233	233	231	233	233	231	233	339	350
Puun energiakäyttö	117	128	138	151	134	150	172	135	147	167
Jäteliemet	140	146	153	158	146	153	158	146	153	158
Reaktiolämpö	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Öljy	363	381	371	356	374	379	357	375	355	341
Maakaasu	144	167	189	199	188	241	255	182	184	197
Turve	80	75	75	75	75	75	75	75	75	69
Hiili	162	215	239	260	165	55	49	175	113	99
Muut	36	35	40	43	38	62	66	36	53	59
Yhteensä	1357	1460	1513	1550	1434	1429	1448	1438	1497	1523
CO ₂ vap. % osuus #	44,0	41,0	40,4	40,6	42,3	45,3	46,9	42,2	49,7	51,7

#) Hiilidioksidipäästövapaiksi primäärienergianlähteiksi on määritelty sähkön tuonti, tuuli- ja vesivoima, ydinvoima, puun energiakäyttö, jäteliemet, reaktiolämpö ja 25 % - 50 % muista primäärienergianlähteistä (osuus kasvaa ajan myötä)



Kuvio 5.1. Ohjelmavaihtoehtojen tuottamat kasvihuonekaasupäästöjen vähennysurat

Kuviossa 5.1 esitetään kasvihuonekaasupäästöjen vähennysurat eri ohjelmavaihtoehtoisissa. Alkuperäiset ohjelmavaihtoehtot (KIO1 ja KIO2) ovat mukana, jotta ilmenee, kuinka ne alittavat päästötavoitteen (siis kasvihuonekaasupäästöt ovat alhaisemmat kuin mikä on tavoite). KIO1-ohjelmavaihtoehto alittaa lievästi (0,2 miljoonaa tonnia) vuosien 2008-2012 keskimääräisen päästötavoitteen, mutta ohjelmavaihtoehtossa KIO2 tavoite alittuu 0,7 miljoonalla tonnilla. Ilman liikennepolttonesteiden lisäveroja ja ilman lisäydinvoimaa (KIO1-NONLV) tavoite toteutuu tarkalleen. Siksi KIO1-NONLV* ohjelmavaihtoehtoa ei tarvitse erikseen laskea. Sen sijaan lisäydinvoima ilman liikennepolttonesteiden lisäveroja (KIO2-NONLV) tavoite alittuu edelleen (noin 0,3 miljoonalla tonnilla). Siksi tarvitaan erillinen tarkalleen päästötavoitteen toteuttava ohjelmavaihtoehto (KIO2-NONLV*). Kuvion 5.1 perusteella havaitaan, että keskeisimmät ohjelmavaihtoehtot eli päästötavoitteen tarkalleen toteuttavat ohjelmavaihtoehtot tuottavat hyvin samantyyppisen päästöuran pitkälle 2010-luvulle. Prosenttiyksikön ero kuvion 5.1 päästöuralla on noin 0,7 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä.

5.2 Energiajärjestelmämallilla arvioidut kustannusmuutokset

Arvolisävero (ALV) ei sisälly EFOM veroihin ja kyseinen veroerä lasketaan EFOM:in tulosten perusteella ennen kuin välittömät kustannukset siirretään kokonaistaloudelliseen malliin. Ohjelmavaihtoehtojen välittömät kustannukset vuonna 2010 (suorat kustannukset ja energiaverot) ovat KIO2*:ssa 5,49 miljardia markkaa ja KIO1*:ssa 7,46 miljardia markkaa. Ohjelmavaihtoehtossa ilman liikennepolttoaineiden lisäveroja kokonaiskustannukset ovat lisäydinvoimavaihtoehtossa (KIO2-NONLV*) noin 2,28 miljardia markkaa alemmat kuin KIO2*:ssä. Ilman lisäydinvoimaa ero on 1,38 miljardia markkaa (KIO1* vastaan KIO1-NONLV*). Vaihtoehtoisissa, joissa energiaverot ei koroteta energiaverokertymä alenee hieman perusskenaarioon verrattuna.

Kokonaiskustannukset kasvavat vuoden 2010 jälkeen. Ei-lisäydinvoimaa vaihtoehtossa välittömät kustannukset kasvavat vuoteen 2010 asti nopeammin kuin lisäydinvoimavaihtoehtossa. Vuoden 2010 jälkeen lisäydinvoimalla välittömien kustannusten lisäys on suurempi kuin ei-lisäydinvoimaa vaihtoehtossa. Ohjelmavaihtoehtossa, joka ei sisällä energiaverojen korotuksia, välittömien kustannusten muutokset ovat lisäydinvoimalla pienemmät kuin ilman lisäydinvoimaa. KIO1:en investointien rakenne poikkeaa KIO2:en investointirakenteesta, jolla on vaikutusta vuotuisiin kustannuksiin.

Perusskenaarioon sisältyy henkilöliikenteessä viiden litran keskipolttuksen henkilöautojen käyttöönotto (EU politiikan vuoksi), minkä vuoksi henkilöautoliikenteen suorat kustannukset voidaan olettaa ohjelmavaihtoehtoisissa suhteellisen vähäisiksi. Lisäksi perusskenaarion oletusten vuoksi henkilöautoliikenteen poltonesteen kulutuksen muutos poltonesteen hinnan muuttuessa voidaan olettaa

varsin alhaiseksi. Ilman liikennepolttonesteiden veronkorotuksia perusskenaariossa liikennepolttonesteiden verojen tuotto alenee hieman. Energiajärjestelmän kokonaiskustannukset eivät juurikaan muutu. Lisäydinvoimavaihtoehdossa tämä merkitsee sitä, että suuremmat investointikustannukset kompensoituvat alhaisemmilla polttoainekustannuksilla. Ei-lisäydinvoimaa vaihtoehdossa energiasäästöinvestoinnit vähentävät energiantuotannon investointeja, joten korkeampia polttoainekustannuksia kompensoi alhaisemmat investointikustannukset. Tuotetut energiamäärät muuttuvat enemmän ei-lisäydinvoimavaihtoehdossa kuin lisäydinvoimalla.

Taulukko 5.2. Suorat kustannukset ja energiaverot (miljardia markkaa)

	KIO2*			KIO1*		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Suorat kustannukset	2,13	3,59	4,22	2,63	4,20	4,76
Energiaverot (ml. sähkövero)	0,15	1,49	1,99	0,30	2,76	3,14
<i>Yhteensä</i>	<i>2,3</i>	<i>5,1</i>	<i>6,2</i>	<i>2,9</i>	<i>7,0</i>	<i>7,9</i>
Arvonlisävero		0,41			0,50	
<i>Yhteensä</i>		<i>5,49</i>			<i>7,46</i>	
	KIO2-NONLV*			KIO1-NONLV*		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Suorat kustannukset	0,48	1,91	2,37	0,69	3,24	3,61
Energiaverot (ml. sähkövero)	0,82	1,15	1,40	2,09	2,64	2,84
<i>Yhteensä</i>	<i>1,3</i>	<i>3,1</i>	<i>3,8</i>	<i>2,8</i>	<i>5,9</i>	<i>6,5</i>
Arvonlisävero		0,15			0,26	
<i>Yhteensä</i>		<i>3,21</i>			<i>6,14</i>	
	KIO2-NONEV			KIO1-NONEV		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Suorat kustannukset	0,47	2,06	2,28	0,62	3,33	3,63
Energiaverot (ml. sähkövero)	-0,18	-0,68	-0,81	-0,18	-0,77	-1,00
<i>Yhteensä</i>	<i>0,3</i>	<i>1,4</i>	<i>1,5</i>	<i>0,4</i>	<i>2,6</i>	<i>2,6</i>
Arvonlisävero		-0,6			-0,6	
<i>Yhteensä</i>		<i>0,86</i>			<i>2,13</i>	

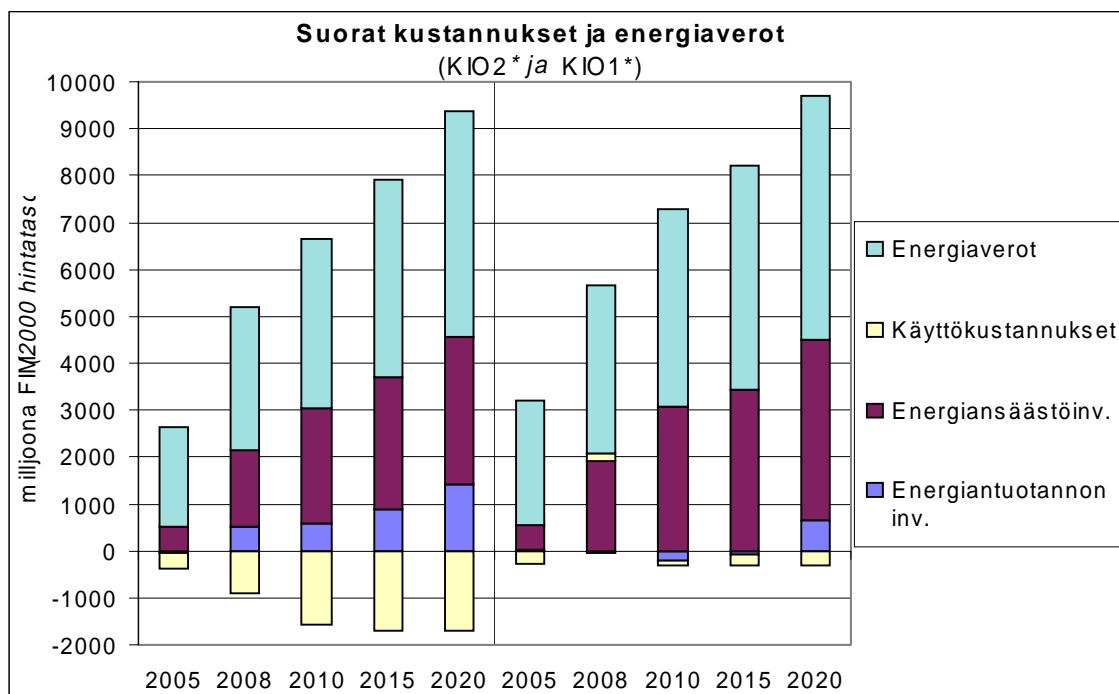
Energiaverokertymän muutokseen (ajassa) vaikuttaa kaksi tekijää. Toisaalta ohjelmavaihtoehdoissa energiaverotuksen perusteita kohotetaan jatkuvasti, mikä muiden tekijöiden ollessa vakioita lisää energiaverokertymää. Toisaalta energiaverotus vaikuttaa energiantuotannon polttoainerakenteeseen ja energiansäästöön. Kummassakin tapauksessa muiden tekijöiden ollessa vakioita energiaverokertymä alenee. Näiden kahden vastakkaisen tekijän yhteisvaikutus on sellainen, että energiaverokertymä tai pikemminkin energiaverokertymän muutos perusskenaarioon verrattuna kasvaa ajassa, mutta kasvu hidastuu.

Kuten jo todettiin, päästörajoitteen tarkalleen toteuttavissa ohjelmavaihtoehdoissa energiaverojen tasoja (yksikköveroja, kuten penniä/kwh) muutetaan siten, että

päästörajoite toteutuu. Kun päästötavoitteen tarkalleen toteutettavia ohjelmavaihtoehtoja verrataan vastaavaan päästötavoitteen alittavaan ohjelmavaihtoehtoon havaitaan, että energiaverokertymän muutos on suhteellisen suuri, kun sitä verrataan päästöjen suhteelliseen muutokseen. Tästä voidaan epäsuorasti päätellä, että ohjelmakohtainen päästöjen rajoittamisen rajakustannusrelaatio on suhteellisen jyrkkä. Toisin sanoen tarvitaan suhteellisen suuria yksikkökustannusten muutoksia, jotta suhteellisen pieni päästövähennys toteutuu.

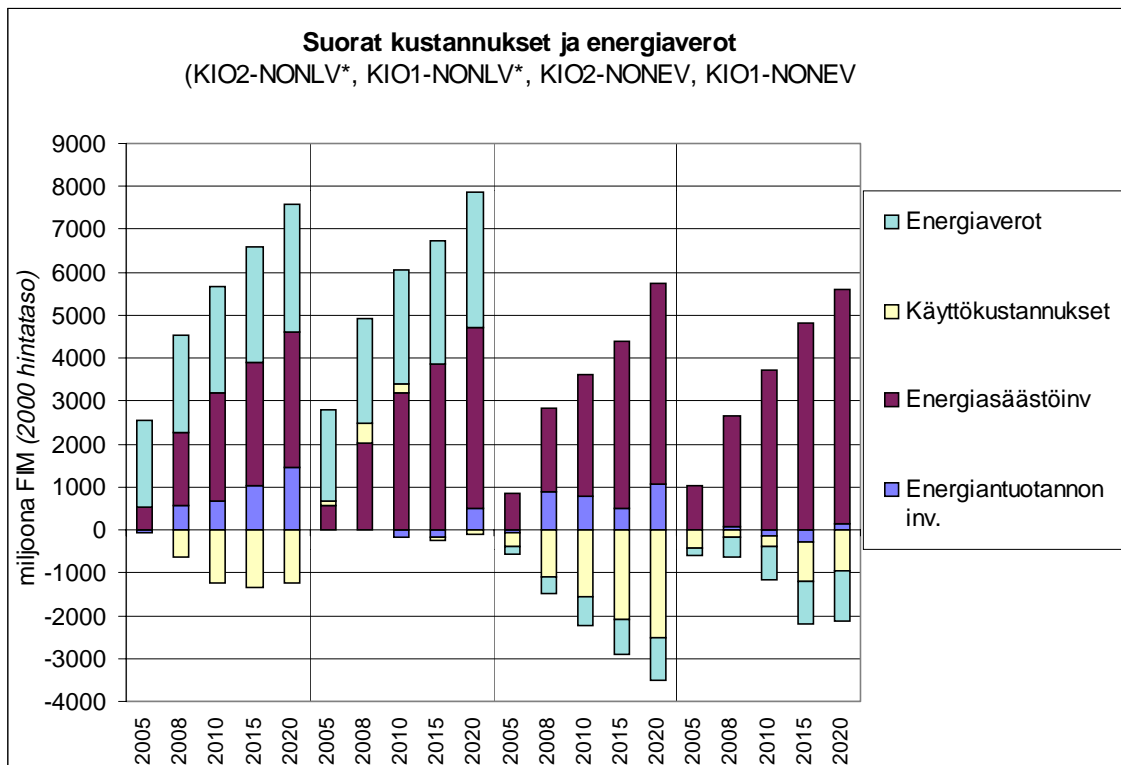
Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen rajakustannusrelaatio on ohjelmakohtainen, koska ohjelmavaihtoehtoihin sisältyy tiettyjä rajoitteita (hiilen käyttökielto, energiasäästönormit yms.), joiden vuoksi rajakustannukset eroavat toisistaan. Mikäli esimerkiksi lisäydinvoima ja ei-lisäydinvoima vaihtoehdot laskettaisiin eri rajoitteilla (kuten KIO1 ilman hiilenkäytön täyskieltoa) tulokset olisivat jossakin määrin erilaisia. Tämän vuoksi alkuperäisten ohjelmavaihtoehtojen ja päästötavoitteen tarkalleen toteuttavien ohjelmavaihtoehtojen väliseen kustannusten eroon on suhtauduttava varauksella.

Lisäksi, koska energiaverot kierrätetään takaisin, erot suorien kustannusten määrässä sekä niiden koostumuksessa (energiansäästöinvestoinnit, energiantuotantoinvestoinnit yms.) ovat suhteessa varsin oleellisia ohjelmavaihtoehtojen kokonaistaloudellisten vaikutusten kannalta.



Kuvio 5.2a. Välittömät kustannukset kustannuslajeittain (ml. liikennepolttoaineiden lisäverot)

Kuvioista 5.2a ja 5.2b ilmenee energiajärjestelmän kokonaiskustannukset ja niiden jakaantuminen energian lisäveroihin, energiantuotannon lisäinvestointikustannuksiin, energiansäästön kustannuksiin sekä energiantuotannon käyttökustannuksiin (polttoaine ja kunnossapito). Kaikissa ohjelmavaihtoehdoissa kustannukset kasvavat ajassa ja ohjelmavaihtoehtojen välillä on selvä tasoero lisäydinvoimavaihtoehdon eduksi. Luonnollisesti lisäydinvoiman tapauksessa suuri osa energiantuotannon lisäkustannuksista selittyy lisäydinvoiman rakentamiskustannuksilla. Vastaavasti ilman lisäydinvoimaa suurempi osa nettokustannuksista¹⁶ on energiansäästöinvestointien kustannuksia.

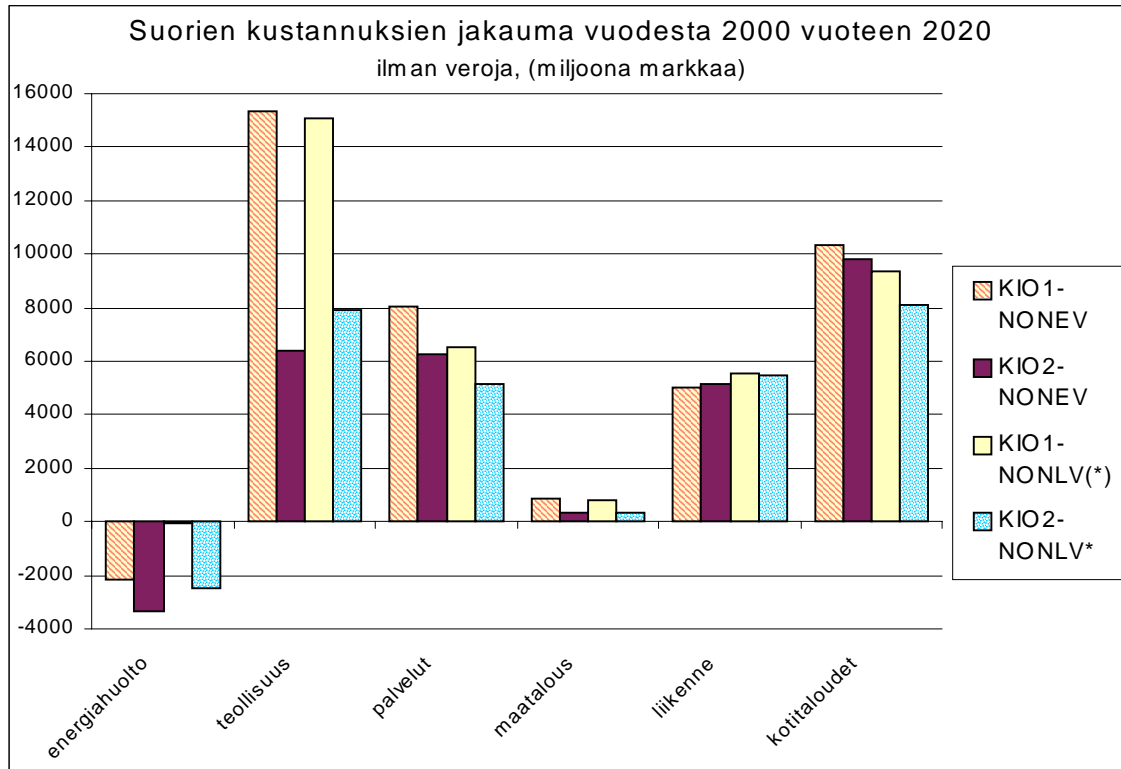


Kuvio 5.2b. Välittömät kustannukset kustannuslajeittain (ilman liikennepolttoaineiden lisäveroja)

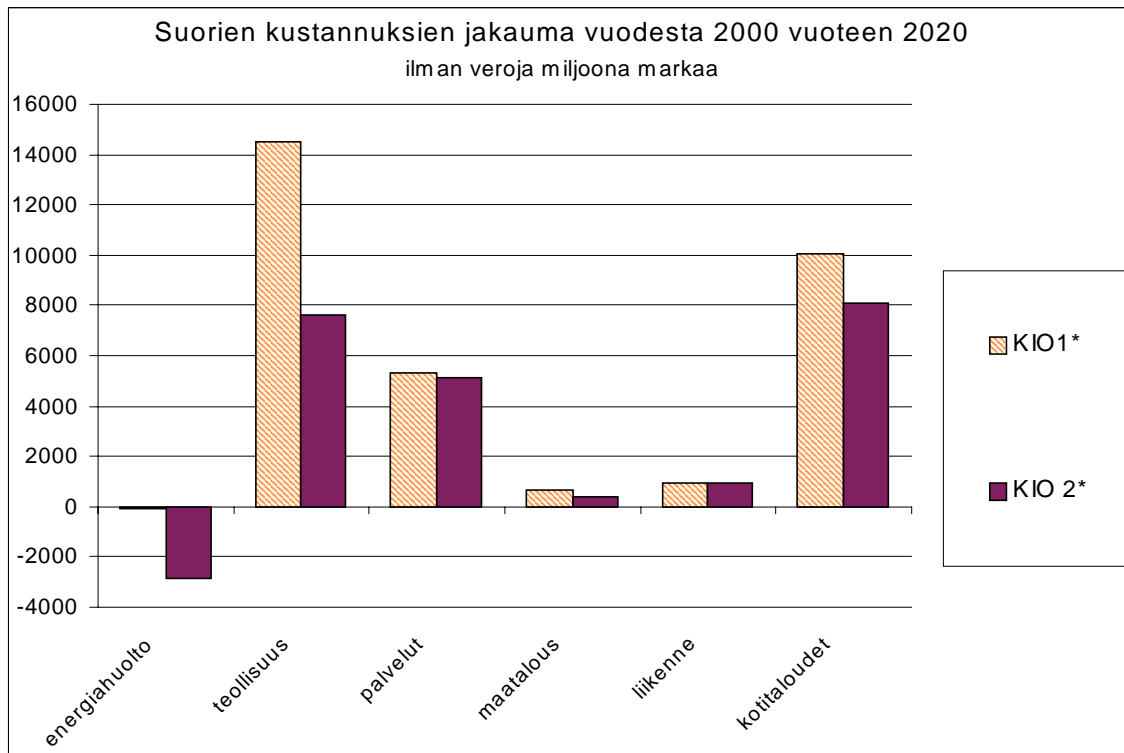
Ohjelmavaihtoehdot poikkeavat toisistaan myös siinä, kuinka kustannukset kohdistuvat eri sektoreille energiajärjestelmämallissa. Kuviossa 5.3 esitetään suorien kustannusten summan nykyarvo (viiden prosentin diskonttauskorolla laskettuna). Kuvion 5.3 perusteella lisäydinvoimasta hyötty suhteessa etenkin teollisuus. Tulosten tulkinnassa tulee muistaa, että erityisesti KIO1:ssa suoriin kustannuksiin vaikuttaa myös energiantuotantomäärien alentumisen kustannuksia alentava vaikutus.

¹⁶ Luokissa käyttökustannukset ja energiantuotannon investoinnit kustannukset sekä kasvavat että vähenvät, jonka vuoksi käytetään termiä nettokustannus.

Ohjelmavaihtoehdot, jotka toteutetaan ilman energiaverojen lisäyksiä kotitalouksien ja palveluiden kustannukset erityisesti KIO1-NONEV:ssä ovat korkeammat kuin muissa vaihtoehdoissa. Lisäksi tässä ohjelmavaihtoehdoissa energiantuotannon investoinnit ovat alemmat kuin perusskenaariossa. Tämä johtuu kyseisten ohjelmavaihtoehdon sisältämästä suhteellisen voimakkaasta energiansäästön painotuksesta. Kuvioiden 5.3a ja 5.3b liikenteen kustannukset kohdistuvat käytännössä kotitalouksiin ja kuljetuksiin.



Kuvio 5.3a. Sektorikohtainen suorien kustannusten jakaantuminen 2000-2020



Kuvio 5.3b. Sektorikohtainen suorien kustannusten jakaantuminen 2000-2020

5.3 Taloudelliset vaikutukset

5.3.1 Kokonaistaloudelliset vaikutukset

Luvussa 5.1 esitetyt kustannusten muutokset syötetään kokonaistaloudelliseen malliin ja energiaverojen tuotot kierrätetään takaisin talouteen. Kokonaistaloudellisten muuttujien muutokset taulukossa 5.3 ovat tasomuutoksina hieman suurempia kuin mitä ovat talouden kustannusshokkiin sisältyvät välittömät kustannukset. Tulosten (teknistä) tulkintaa yksinkertaista se seikka, että 0,1 % vuoden 2010 arvioidusta bruttokansantuotteesta on noin miljardi markkaa, kun taas 0,1 % kotitalouksien kulutusmenoista on noin 450 miljoonaa markkaa. KIO1:n ja KIO2:n ohjelmavaihtoehtojen välinen ero bruttokansantuotteen muutoksella mitattuna on hieman suurempi kuin mikä on shokissa vaikuttavien välittömien kustannusten ero. Vaikutuskerroin vaihtelee 1,5 - 2 välillä ohjelmavaihtoehdosta riippuen.

Takaisinkierrätys alentaa kustannusshokin vaikutusta, mutta ei palauta talouden tilannetta perusskenaarion mukaiseksi. Tämä johtuu kahdesta seikasta. Ensinnäkin osa kustannuksista ei ole takaisinkierrätettäviä kustannuksia. Toiseksi energiaverojen kohtaanto ja verojen takaisinkierrätyksen kohtaanto voivat jossakin määrin poiketa toisistaan, jolloin tapahtuu toimialakohtaisia muutoksia.

Taulukossa 5.3 esitettävät tulokset perustuvat nettoenergiaverokertymän takaisinkierätykseen, jossa puolet veroista kierrätetään takaisin työntajien sosiaaliturvamaksuilla ja puolet kotitalouksien tuloverolla.¹⁷ Mikäli vertailtaisiin ääripäitä eli kaikkien takaisinkierätettävien verojen kohdistamista työntajien sosiaalivakuutusmaksuihin, vientikehitys olisi jossakin määrin positiivisempaa, samoin teollisuuden tuotanto olisi jossakin määrin suurempi. Kotitalouksien kulutus olisi jonkin verran pienempi.

Vastaavasti mikäli kaikki takaisinkierätettävät verot kohdistettaisiin kotitalouksien tuloveroon, vientikehitys olisi jossakin määrin heikompaa. Samoin teollisuuden tuotanto olisi hieman alempi. Kotitalouksien kulutus ja palveluiden tuotanto olisivat hieman suurempia (0,1-0,2 %). Kokonaisvaikutus bruttokansantuotteeseen (0,1 % korkeampi taso) ja työllisyyteen olisi vähäinen.

Verojen takaisinkierätys vaihtoehtojen väliset erot, edes ääripäiden välillä, eivät ole kovin suuria. Tämä johtuu luonnollisesti siitä, että miljardin verokertymä vastaa vain noin 0,25 % vuoden 2010 koko verokertymästä, jolloin aidosti takaisin kierrätettävien verojen määrä on korkeintaan noin puoli prosenttia koko verokertymästä. Toisin sanoen kierrätettävien verojen määrällä kyseessä ovat marginaaliset 'veroreformit'.

Selvästi suurin verokertymä on ohjelmavaihtoehtoissa, joissa kiristetään liikennepolttonesteiden verotusta. Liikenteen mallitus on hankalaa sekä käytettävissä energijärjestelmämallissa että käytettävissä kokonaistaloudellisessa mallissa. Siksi verotuksen hyvinvointivaikutuksia tältä osin ei voida pitää kovinkaan luotettavana. Lisäksi liikennepolttonesteiden lisäverot vaikuttavat hyvin paljon ohjelman tulonjakovaikutuksiin (luku 5.3.2).

¹⁷ Koska kustannusshokin vuoksi talouden tasapaino heikkenee, myös julkisen sektorin budjettitasapaino heikkenee. Tällöin osa energiaveron lisäkertymästä käytetään korvamaan aiheutuvan budjettivajeen, siksi vain osa alkuperäisestä energiaverokertymän muutoksesta voidaan 'oikeasti' kierrättää takaisin. Lisäksi, kuten jo todettiin, julkisen sektorin tasapaino heikkenee tiettyjen hintatasoon sidottujen kompensatioiden vuoksi.

Taulukko 5.3. Kokonaistaloudelliset kustannukset prosenttieroina perusskenarioon verrattuna. Tulokset perustuvat 50%50 takaisinkierrätykseen

<i>Indikaattorit</i>	KIO1*	KIO2*	KIO1- NONLV*	KIO2- NONLV*	KIO1- NONEV	KIO2- NONEV
Bruttokansantuote	-0,5	-0,4	-0,5	-0,3	-0,6	-0,5
Yksityinen kulutus	-0,9	-0,8	-0,8	-0,6	-1,2	-1,0
Investoinnit	-0,5	-0,4	-0,6	-0,5	-0,9	-0,7
Vienti	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,1
Tuonti	-0,2	-0,2	-0,3	-0,2	-0,3	-0,2
Työllisyys(henkilöä)	-9000	-7000	-8000	-6000	-11000	-9000
Toimialoittaiset tuotannon muutokset	KIO1*	KIO2*	KIO1- NONLV*	KIO2_N ONLV*	KIO1- NONEV	KIO2- NONEV
Maatalous	-0,47 %	-0,29 %	-0,47 %	-0,33 %	-0,54 %	-0,40 %
Sellu ja paperi	-0,40 %	-0,20 %	-0,40 %	-0,20 %	-0,30 %	-0,10 %
Metallien perusteollisuus	-0,20 %	-0,10 %	-0,20 %	-0,10 %	-0,10 %	0,00 %
Kemikaalien valmistus	-0,40 %	-0,20 %	-0,40 %	-0,30 %	-0,30 %	-0,20 %
Muu teollisuus	-0,18 %	-0,14 %	-0,23 %	-0,14 %	-0,15 %	-0,14 %
Energiantuotanto	-1,90 %	-1,50 %	-1,90 %	-1,60 %	-2,00 %	-1,70 %
Yksityiset palvelut	-0,47 %	-0,42 %	-0,38 %	-0,31 %	-0,59 %	-0,48 %
Yhteiskunnalliset palv.	-0,50 %	-0,40 %	-0,70 %	-0,50 %	-1,10 %	-0,90 %

Ohjelmavaihtoehdot, joissa kasvihuonekaasupäästötavoite toteutetaan ilman energiaveroja tuottaa huonoimman tuloksen. Tämä johtuu kahdesta seikasta. Ensinnäkin jo energiajärjestelmämallissa toimenpiteitä, niistä aiheutuvia kustannuksia ja niiden kohdistumista eri sektoreille joudutaan muuttamaan veroratkaisuun verrattuna. Veroratkaisuun verrattuna rajoituskustannuksia on siirretty palveluille ja kotitalouksille. Toiseksi, koska energiaverottomissa (ilman energiaverojen lisäyksiä) ohjelmavaihtoehdoissa energiaverokertymä alentuu, muun muassa sen takia, että tukia joudutaan lisäämään, muuta verotusta on kiristettävä, jolla on luonnollisesti kokonaistaloutta heikentävä vaikutus.

Ohjelmavaihtoehdojen vaikutukset työllisyyteen ovat varsin lieviä. Työllisyysvaikutusten arvio ei kuitenkaan välttämättä ole kovin luotettava. KIO1:n ja KIO2:n vaihtojen välistä parin tuhannen työllisen eroa voitaneen juuri ja juuri pitää selkeänä tuloksena.

Tulosten tulkintaa

Lisäydinvoiman sisältävässä ohjelmavaihtoehdoissa kokonaistaloudelliset vaikutukset ovat lievemmät kuin ilman lisäydinvoimaa. Ero selittyy suurelta osin teollisuuden ja palveluiden alhaisemmilla kustannuksilla. Sen sijaan kotitalouksien kulutuksella mitattuna ero on huomattavasti pienempi. Lisäydinvoiman

kustannuksia alentava vaikutus vaihtelee 270-420 markkaan kotitaloutta kohden vuonna 2010¹⁸. Lisäydinvoimalla suurin vaikutus kustannuksiin on NONEV-vaihtoehtoissa. Erot kotitaloustyyppien välillä ovat huomattavat (luku 5.3.2). Osa kokonaistaloudellisista erosta selittyy energian hinnan erolla. Lisäydinvoimalla kustannukset kasvavat hitaammin kuin ilman lisäydinvoimaa. Ilman lisäydinvoimaa kustannukset kasvavat suhteessa nopeasti tarkasteluajanjaksolla. Tuloksiin vaikuttaa myös jossakin määrin, että kustannukset on muutettu vuosikustannuksiksi, joina ne myös viedään kokonaistaloudelliseen malliin. Tällöin ydinvoiman pitkän käyttöajan vuoksi tarkasteluperiodin vuosikustannukset ovat alemmat KIO2:ssa kuin KIO1:ssa, jossa suhteessa suurempi osa investoinneista on lyhytaikaisempia (liite 4).

Palveluiden tuotannon muutos on suurin piirtein samaa luokkaa kuin teollisuudenkin, mikä voi vaikuttaa yllättävältä tulokselta. Ensinnäkin kotitalouksien ja palveluiden energian käytön kokonaiskustannukset (energian hinta ja energian säästön kustannukset) eivät kovin paljoa vaihtele ydinvoimavaihtoehdon mukaisesti. Lisäydinvoima vaikuttaa erityisesti teollisuuden kustannuksia alentavasti.

Toiseksi takaisinkierättävien verojen määrä, joka vaihtelee vaihtoehtoista toiseen, vaikuttaa suhteessa enemmän palveluihin ja kotitalouksien kulutukseen kuin teollisuuteen.¹⁹ Vientiteollisuuden tuotantoon vaikuttaa pääasiassa takaisinkierätyksen työnantajamaksuosa ja tämäkin vaikutus on mallitettu hyvin heikoksi.²⁰ Sen sijaan kotitalouksien tuloverojen takaisinkierätyksellä on suhteessa suurempi vaikutus kotitalouksien kulutukseen ja palveluiden tuotantoon. Lisäydinvoimalla palveluiden suhteessa heikko tilanne (verrattuna ilman lisäydinvoimaa) selittyy myös sillä, että lisäydinvoimavaihtoehdossa kierrätettäviä veroja on vähemmän. Taulukossa 5.3 ei kuitenkaan ole suurta ero palveluidenkaan tuotannossa. Mikäli takaisinkierätyksessä perustuu 100 % kotitalouksien tuloveroon kotitalouksien kulutus, kevyen teollisuuden ja palveluiden tuotannon alennus on jonkin verran pienempi (0,1-0,2 prosenttiyksikköä) ja näiden toimialojen suhteellinen asema on parempi ilman lisäydinvoimaa, koska kierrätettäviä veroja on enemmän.

Lisäydinvoiman vaikutus palveluihin kokonaisuudessaan on hyvin vähäinen. Lisäydinvoimalla palvelutuotanto on hieman suurempi, koska kustannukset myös palveluissa ovat alhaisemmat. Lisäksi suurempi teollisuustuotanto merkitsee

¹⁸ Kun energiaverojen takaisinkierätyksessä perustuu 100 % kotitalouksien tuloveroon, KIO* vaihtoehtoissa ydinvoiman ja lisäydinvoima-ero on 190 markkaa kotitaloutta kohden vuonna 2010.

¹⁹ Liikennepolttonesteiden verotuksen sisältävissä ohjelmavaihtoehtoissa takaisinkierättävissä olevia veroja on enemmän kuin ilman liikennepolttonesteiden lisäverotusta. Päästörajoitteen tarkalleen toteuttavissa ohjelmavaihtoehtoissa takaisinkierättävää on vähemmän, koska päästötavoite saavutetaan energiaverojen tasoja muuttamalla. Lisäksi KIO1:ssä takaisinkierättävää on enemmän kuin KIO2:ssa.

²⁰ Vaikutus perustuu kahteen seikkaan ensinnäkin siihen, missä määrin työntäjän sosiaalivakuutusmaksun muutos muuttaa työn hintaa. Toiseksi missä määrin työn suhteellisen hinnan muutos vaikuttaa työllisyyteen, tuotantoon ja investointeihin.

myös välillisten vaikutusten kautta suurempaa yksityisten palveluiden tuotantoa. Koska vaikutus kotitaloussektoriin on suurin piirtein sama, kotitalouksien kysyntäjohdannaiset palvelut ovat samat. Ilman lisäydinvoimaa pienempi teollisuustuotanto merkitsee alhaisempaa palveluiden kysyntää, mutta toisaalta suurempi takaisinkierrätys ilman lisäydinvoimaa toisaalta tukee kotitalouksien palvelukysyntää ja tätä kautta myös palveluiden tuotantoa.

Laskelmissa käytetty kokonaistaloudellinen malli voi johtaa kustannusten aliarvioimiseen, koska mallissa käytössä oleva toimialajako on suhteellisen ylimalkainen. Erityisesti metallien perusteellisuuden tuotantovaikutukset voidaan aliarvioida. Esimerkiksi ETLA/VTT mallilla saadaan suuremmat erot toimialakoh- taisten tuotantojen muutoksissa.²¹ Teollisuuden raskaiden toimialojen tuotannon alentumisen aliarviointi vaikuttaa kokonaistalouden tasolla pääasiassa vientiin. Sen sijaan esimerkiksi työllisyyden ja bruttokansantuotteen muutokset edellyttäisivät varsin suuria muutoksia energiaintensiivisten toimialojen tuotannossa ja tietysti suhteessa varsin suurta kustannusvaikutusten aliarviointia. Toisaalta energiaintensiivisen teollisuuden kustannuksiin vaikuttaa teollisuuden energiave- rojen palautusjärjestelmä, jonka vaikutus kustannuksiin on otettu huomioon jo energiajärjestelmämallissa.

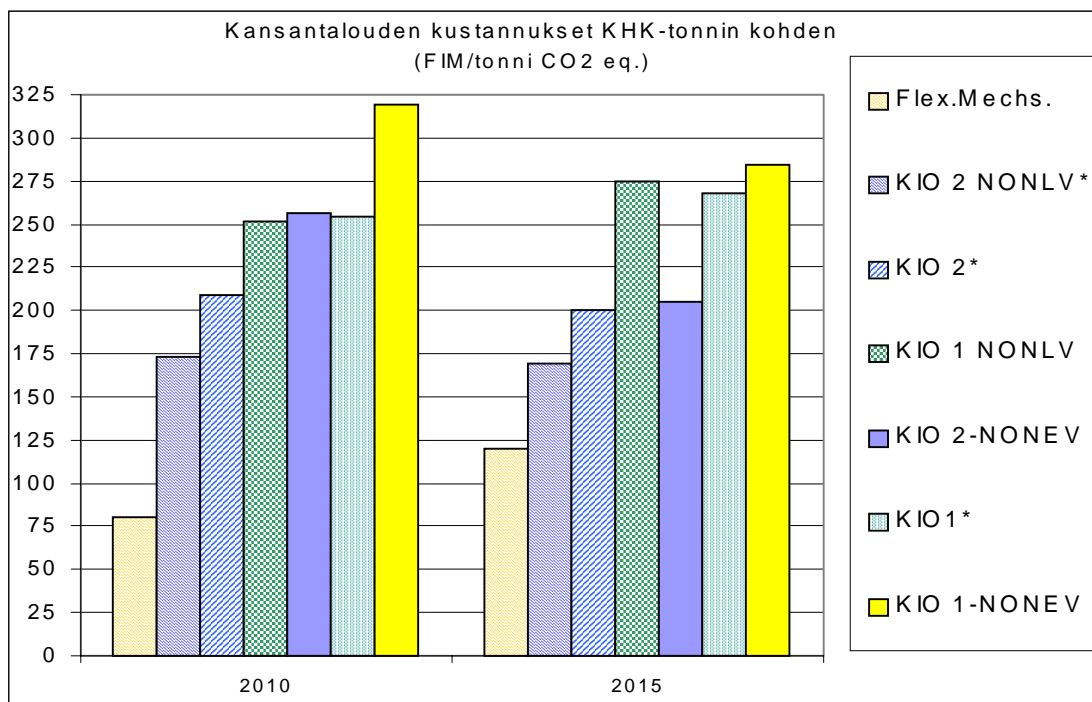
Kokonaistaloudellisiin kustannuksiin ja kustannusten jakaantumiseen vaikuttaa sähkönmarkkinahinnat. Periaatteessa sähkömarkkinoilla sähkön tuotantokustan- nusten muutosta (verot ml.) siirretään suhteessa enemmän niille sähkön käyttä- jille, joiden hintajousto on (suhteessa) alhaisempi. Mikäli palveluiden ja kotitaloussähkön käyttö on suhteessa hintajoustamattomampaa niille siirtyisi suhteessa suurempi osa sähkön käytön kustannusten muutoksesta kuin energian- intensiiviselle teollisuudelle.²² Tämän tutkimuksen laskelmat perustuvat siihen, että kustannuksia siirretään pääasiassa sektoreiden energian käytön mukaisesti ja siihen, että sähkön hinta muuttuu sähköntuotannon keskimääräisten tuotantokus- tannusten muutoksen mukaisesti.

Toisaalta on tekijöitä, jotka voivat johtaa kokonaistaloudellisten kustannusten yliarvioimiseen. Laskelmissa käytettävä kokonaistaloudellinen malli ei esimer- kiksi ota huomioon sitä, että todellisuudessa taloudenpitäjät ottavat toimissaan jo ennakkoon huomioon tulevat hintojen muutokset, jolloin todelliset kustannukset jäävät alemmiksi. Esimerkiksi tuotannon rakennetta voidaan toimialan sisällä muuntaa vähemmän energiavaltaiseksi. Tällöin itse asiassa vientimarkkinoiden asiakkaat maksavat osan ilmasto-ohjelman kustannuksista. Tosin sama pätee myös muihin maihin, jolloin nettovaikutusta Suomen talouteen on vaikea arvioi- da.

²¹ Honkatukia ja Forsström, 2001

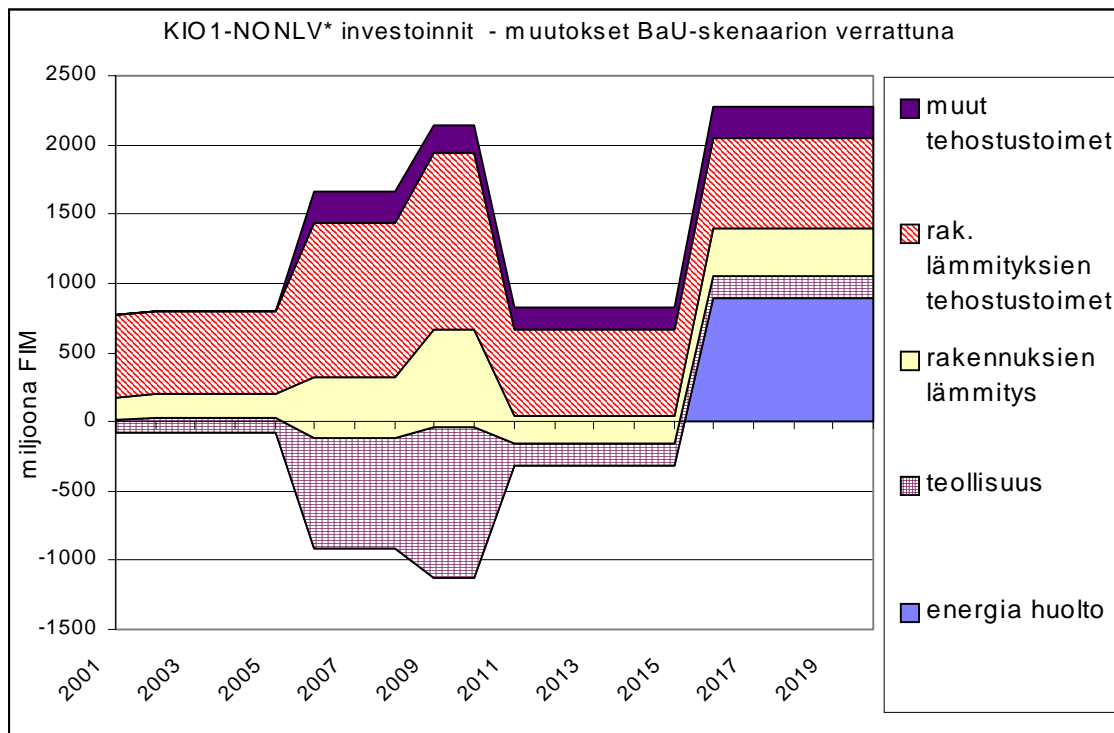
²² Käytettävien resurssien puitteissa ei ollut mahdollista kehittää sähkömarkkinoita kuvaavaa mallia, jota olisi voitu käyttää ohjelmavaihtoehtojen kokonaistaloudellisten vaikutusten arvioinnin yhteydessä. Erilli- sessä tutkimuksessa VTT Energia kuitenkin tarkasteli tuontisähkön määrää ja hintaa. (LIITE 2).

Kokonaistaloudelliset tulokset eivät myöskään ota huomioon uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistekniikoiden ja energiansäästöttekniikoiden suuremman vientikysynnän mahdollisia positiivisia kokonaistaloudellisia vaikutuksia Euroopassa harjoitettavan ilmastopolitiikan vuoksi. Myöskin päästöjen rajoittamistekniikoiden kustannukset alenevat, koska markkinoiden kasvu johtaa skaalatuottoihin ko. tekniikoiden tuotannossa. Myöskin energiasäästöinvestointien kustannusten laskennassa käytetty suhteellisen korkea korkoa voi johtaa kokonaistaloudellisten kustannusten yliarvioimiseen (liite 4).



Kuvio 5.4. Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen keskimääräiset kokonaistaloudelliset kustannukset eri ohjelmavaihtoehdoissa

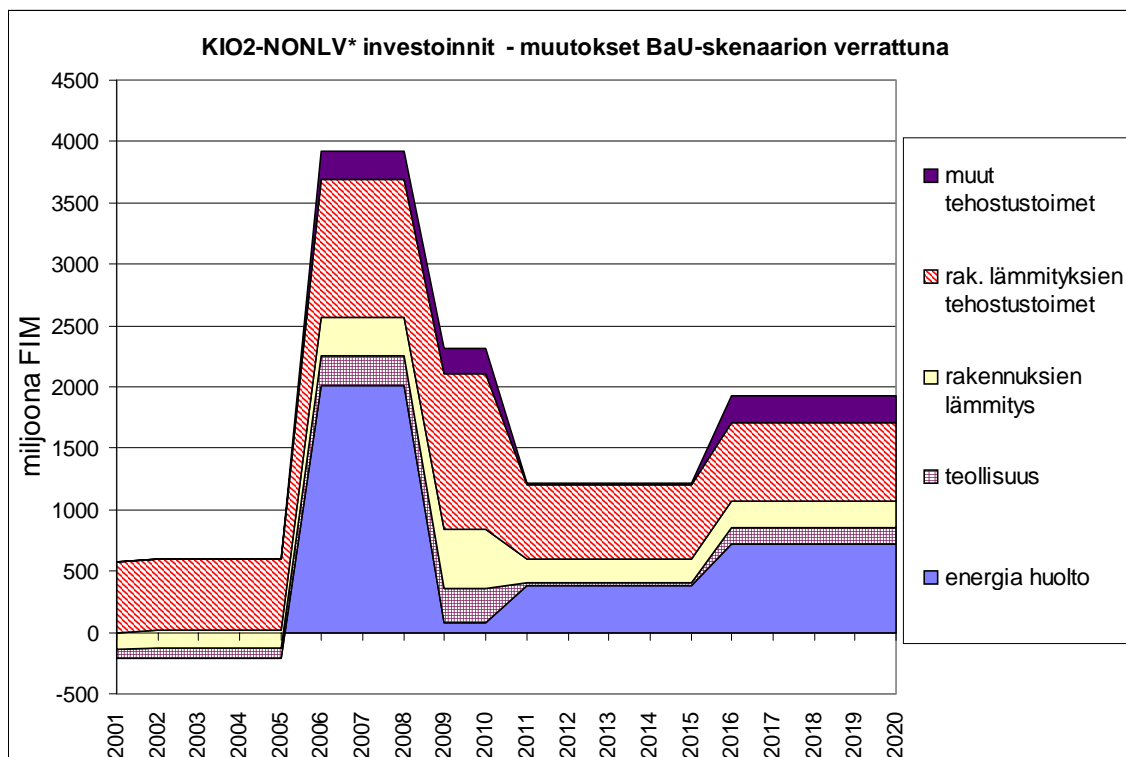
Yksi menettely, jolla ohjelmavaihtoehtojen kustannustehokkuutta voidaan verrata, on laskea keskimääräiset kokonaistaloudelliset rajoittamiskustannukset. Kuviossa 5.4 niitä mitataan bruttokansantuotteen muutoksella tonnia kohden. Keskimääräinen kokonaistaloudellinen kustannus pysyy KIO2:ssa suurin piirtein vakiona (ajassa), mutta kasvaa KIO1:ssa. Verottomien vaihtoehtojen kustannukset lähenevät vastaavia KIO1:sen ja KIO2:sen kustannuksia. Tämä johtuu siitä, että viimeksi mainituissa verojen osuus kustannuksista alenee ja suorien kustannusten osuus kasvaa ajassa. Lisäksi energiaveroilla saavutettava energiansäästö vaikuttaa KIO1:ssa ja KIO2:ssa suhteessa enemmän myöhemmin. Kuitenkin kokonaistaloudelliset kustannukset jatkavat nousuaan, koska kasvihuonekaasupäästöjen vähennys kasvaa ajassa.



Kuvio 5.5a. Investointien muutoksen rakenne KIO1-NONLV:ssa

Lisäinvestointien (joissakin tapauksissa investoinnit vähenevät) aikaura ilmaisee milloin tietyt toimenpiteet aloitetaan. Kuvioissa 5.5a ja 5.5b esitetään ohjelmavaihtoehtojen KIO1-NONLV* ja KIO2-NONLV* lisäinvestoinnit sektoreittain ja käyttötarkoituksen mukaan. KIO1:ssa vuoteen 2015 mennessä investoinnit sekä lisääntyvät että kasvavat. Vuosien 2011-2015 välillä energiajärjestelmän investoinnit alentuvat ja vuoden 2015 jälkeen investoinnit kasvavat voimakkaasti. KIO2-NONLV*:ssä investoinnit ovat huipussaan vuoteen 2008 saakka lisäydinvoiman rakentamisen vuoksi. Vuoden 2010 jälkeen lisäinvestoinnit vähenevät, mutta tässä ohjelmavaihtoehdossa investoinnit eivät alene perusuran alapuolelle ja vuoden 2015 jälkeen investointien kasvu on pienempi kuin KIO1:ssa.²³

²³ Kuten on jo aikaisemmin todettu talouden endogeisesti määrittyviin investointeihin ei tehdä erikseen mitään korjauksia. Tällöin energiajärjestelmämallin investointien rakenne ja ajoittuminen eivät investointien vuotuiskestävyyksiä lukuun ottamatta vaikuta kokonaistaloudellisen mallin tuloksiin.



Kuvio 5.5b. Investointien muutoksen rakenne KIO2-NONLV*:ssa

5.3.2 Energiakustannusten muutoksen tulojakovaikutukset

5.3.2.1 Johdanto

Energiajärjestelmämallilla lasketaan kotitaloussektorille (suoraan) aiheutuva lisäkustannus eri ohjelmavaihtoehdoissa. Näin saadaan keskimääräinen (brutto)kustannus eri vaihtoehdoissa. Verojen vaikutus kotitalouksille aiheutuvaan lisäkustannukseen voidaan ottaa huomioon siirtämällä kotitalouksille kokonaistaloudellisen mallin tulosten mukaiset takaisinkierrätettävät verot. Esimerkiksi KIO2-NONLV*:ssä keskimääräinen kierrätyksen jälkeinen kotitalouskohtainen kustannus on noin 1200 markkaa vuodessa ja KIO1-NONLV*:ssä vastaava kustannus on noin 1600 markkaa vuodessa.

Keskimääräinen kustannus kotitaloutta kohden ei ilmaise kovinkaan hyvin ohjelmavaihtoehtojen tulojakovaikutuksia, koska ohjelmavaihtoehdon vaikutus yksittäisen kotitalouden kustannuksiin riippuu merkittävästi muun muassa:

- asunnontyypistä, koosta sekä muista ominaisuuksista (lämmöneristys, sijainti yms.).
- lämmitysmuodosta (sähkö, kaukolämpö, öljy yms.).
- henkilöauton omistamisesta.

Asunnon energiankulutus ja henkilöauton omistaminen korreloivat kotitalouksien tulojen kanssa, mutta korrelaatio ei ole täydellinen. Tilannetta voidaan tarkastella laskemalla, mitkä ovat kustannukset yllä esitetyn luettelon vaihtoehtojen eri yhdistelmillä. Tämän jälkeen voidaan tarkastella, kuinka monta kotitaloutta kuhunkin yhdistelmään sijoittuu ja mitkä ovat kuhunkin yhdistelmään sijoittuvien kotitalouksien keskimääräiset tulot.

Kotitalouksien elinkustannukset kohoavat ohjelmavaihtoehtojen toteuttamisen vuoksi, koska

- välitön energian käyttö kallistuu energiaverojen ja korkeampien tuotantokustannusten vuoksi.
- asuminen kallistuu korkeampien asuntojen hintojen vuoksi, koska rakennusten energiatehokkuutta parannetaan ja lämmitysjärjestelmiä muutetaan.
- liikennepolttonesteiden lisäverojen vuoksi henkilöauton ja muiden liikennevälineiden käyttö kallistuu.
- välillisen energian kulutuksen kautta hyödykkeiden ja palveluiden hinnat kohoavat, koska niiden tuotantokustannukset ovat korkeammat.

Viimeksi mainitun eli kotitalouksien välillisestä energiankäytöstä aiheutuvat kustannukset voidaan arvioida vain hyvin karkealla tasolla. Kyseinen välillinen kustannusvaikutus voidaan arvioida 0-0,3 prosentiksi eli noin 300 markaksi kotitaloutta kohden vuodessa vuoden 2010 tilanteen mukaan arvioituna.

5.3.2.2 Kustannusten jakaantuminen kotitaloustyypeittäin

Kotitalouksien energiankäyttöä ja ohjelmavaihtoehtoista aiheutuvia kustannuksia voidaan simuloida mallilla, jossa kotitaloustyyppin vaikutus energiankäyttöön on otettu huomioon. Energian hinnan muutos saadaan energijärjestelmämallista. Muiden kuin asumisen energian ja henkilöauton käytön vaikutukset kotitalouksien välisiin kustannuseroihin ovat suhteellisen pienet. Tämän vuoksi ensinnäkin asumiseen liittyviä kustannuksia arvioidaan seuraavissa luokissa

- Asunnontyyppi: omakotitalo/kerrostalo
- Lattiapinta-ala
- Rakennusvuosi ennen/jälkeen 1975
- Lämmitysjärjestelmä: sähkö/kaukolämpö/öljy/puu
- Lasten lukumäärä 0/2.

Arviossa oletetaan, että kotitaloudessa on aina kaksi aikuista. Henkilöiden lukumäärä kotitaloudessa vaikuttaa lähinnä kotitalouden sähkön käyttöön. Rakennusvuosi toimii rakennuksen energiatehokkuuden indikaattorina.

Toiseksi henkilöauton käyttöön liittyviä kustannuksia tarkastellaan viiden eri luokan avulla:

- kotitaloudella ei ole käytössä henkilöautoa.
- käytössä on vanha (ei viiden litran henkilöauto) ja vuosittaiset ajokilometrit ovat 12000.
- käytössä on uusi viiden litran henkilöauto ja vuosittaiset ajokilometrit ovat 12000.
- käytössä on vanha (ei viiden litran henkilöauto) ja vuosittaiset ajokilometrit ovat 20000.
- käytössä on uusi viiden litran henkilöauto ja vuosittaiset ajokilometrit ovat 20000.

Keskimääräinen ajomatka on 19000 kilometriä vuodessa. Keskimääräiset ajokilometrit poikkeavat huomattavasti kotitalouksien välillä. Henkilöautoaan työssä käyttävät ajavat huomattavasti enemmän, kun taas useiden kotitalouksien keskimääräinen vuosittainen ajomatka jää alle 15000 kilometrin. Kun kotitaloustyyppien energiankulutukset yhdistetään energiajärjestelmämallilla saataviin arvioihin energiankäytön kustannuksista (liikennepolttoaineet, kaukolämpö, lämmitysöljy, yms.), saadaan taulukon 5.4 mukainen tilanne.

Taulukon 5.4 tilanne kuvaa kustannuksia ilman lisäydinvoimaa. Lisäydinvoimalla nämä kotitalouden energiakustannukset ovat 100-200 markkaa alhaisemat. Kustannusetu riippuu pääasiassa asunnon koosta ja lämmitysmuodosta.

Luonnollisesti henkilöauton omistus, henkilöauton ikä ja sen käyttömäärä vuodessa vaikuttaa merkittävästi kustannuksiin. Vuonna 1998 65 % kotitalouksista omisti ainakin yhden henkilöauton ja 19 % kotitalouksista oli käytössään kaksi autoa tai useampi auto. Kustannusten vaihteluväli on 1700 markkaa. Mikäli ei oteta huomioon puulämmityksen vaikutusta vaihteluväliin, vaihteluväli supistuu 1200 markkaan. Keskimäärin kustannukset kotitaloutta ovat noin 1400 markkaa lisäydinvoimalla ja 1250 markkaa lisäydinvoimatta.

Taulukko 5.4 Kotitaloustyyppikohtaiset kustannukset markkaa kotitaloutta kohden. Ei sisällä energiaverojen takaisinkierrätystä

KIO1*				12000k	12000k	20000k	20000k	2 autoa	
				m	m	m	m		
Asuin- tyyppi	Pinta-ala	Raken- nusvuosi	Lämmi- tysmuoto	Vanha auto	5-ltr auto	Vanha auto	5-ltr auto	Vanha + 5ltr	ei au- toa
Kerrostalo	80	>1975	Kaukol.	1140	1010	1520	1300	1870	580
Kerrostalo	80	>1975	Sähköl.	1190	1070	1570	1360	1920	630
Kerrostalo	80	>1975	Öljyl.	1140	1020	1520	1310	1870	580
Kerrostalo	80	>1975	Puul.	670	550	1050	840	1400	110
Kerrostalo	80	<1975	Kaukol.	1260	1140	1640	1430	1990	700
Kerrostalo	80	<1975	Sähköl.	1360	1230	1730	1520	2080	790
Kerrostalo	80	<1975	Öljyl.	1230	1100	1600	1390	1950	670
Kerrostalo	80	<1975	Puul.	670	550	1050	840	1400	110
Omakotit.	120	>1975	Kaukol.	1140	1010	1520	1300	1870	580
Omakotit.	120	>1975	Sähköl.	1310	1190	1690	1480	2040	750
Omakotit.	120	>1975	Öljyl.	1140	1010	1520	1300	1870	580
Omakotit.	120	>1975	Puul.	690	570	1070	860	1420	130
Omakotit.	120	<1975	Kaukol.	1440	1310	1810	1600	2160	880
Omakotit.	120	<1975	Sähköl.	1500	1380	1880	1670	2230	940
Omakotit.	120	<1975	Öljyl.	1290	1160	1660	1450	2010	730
Omakotit.	120	<1975	Puul.	690	570	1070	860	1420	130

Energiajärjestelmämallin arvioimia kotitalouksien energiansäästöinvestointeja ja niiden kustannuksia sekä energiansäästön kustannuksia alentavaa vaikutusta on käytännössä mahdotonta jakaa yllä mainituille kotitaloustyypeille. Tällöin energiansäästön vaikutus kustannuksiin täytyy arvioida aggregaattitasolla. Liitteessä 2 on esitetty energiansäästön kustannukset kotitaloutta kohden eri vuosina eri ohjelmavaihtoehdoissa. Ohjelmavaihtoehdojen väliset erot ovat pieniä, koska kyseinen osa energiansäästöohjelmasta pidetään suurin piirtein saman kaikissa ohjelmavaihtoehdoissa.

Julkisen liikenteen kallistumisesta aiheutuvat kustannukset kotitaloutta kohden arvioidaan noin sadaksi markaksi vuodessa. Lopullista kustannusten muutosta ei voida arvioida, koska ilmasto-ohjelmalla pyritään edistämään joukkoliikenteen käyttöä. Esimerkiksi tukien yms. vuoksi kuluttajahintojen muutos ei siis välttämättä ole ko. sata markkaa.

Välillisen energiakulutuksen aiheuttama hyödykkeiden hintojen muutos on otettu huomioon (taulukko liitteessä 2). Sinänsä ilmastopoliittiset ohjelmat nostavat energian hinnan nousun vuoksi muun kulutuksen hintaa prosenteissa hyvin vähän, mutta koska hinnan nousu kohdistuu koko kulutukseen, kotitalouskohtainen summa kohoaa useisiin satoihin markkoihin.

Tilastokeskuksen tietojen perusteella taulukon 5.4 mukaisiin kotitaloustyyppeihin oli mahdollista liittää myös tiedot käytettävistä tuloista kotitaloutta kohden. Kun energiaverojen takaisinkierrätyksen vaikutus otetaan huomioon, saadaan taulukon 5.5 mukainen tilanne. Tilanne on laskettu KIO1*:ⁿ mukaan. Väestö rakenne ja kotitaloustyyppi jakauma perustuu vuoden 1998 tilanteeseen. Kotitalouksien käytettävissä olevia tuloja on korjattu talouskasvun mukaisesti, mutta henkilöautojen omistus on vuoden 1998 tilanteen mukainen. Todennäköisesti vuonna 2010 vähintään yhden henkilöauton omistavien kotitalouksien osuus on 5 - 7 prosenttisyksikkö suurempi kuin vuonna 1998.

Taulukko 5.5. Elinkustannusten muutos kotitaloustyypeittäin vuoden 2010 tilanteen mukaan arvioituna

KIO1* takaisinkierrätyksen vaikutus ml.					% ostovoiman alennus		Kustannukset markeissa	
Asuintyyppi	Pinta-ala	Rak. Vuosi	Läm. Muoto	Kotitalouksien lm.	Eläk./opiskelija	Työllinen	Eläk/opiskelija	Työllinen
Kerrostalo	80	>1975	Kaukol.	131000	0,59 %	1,18 %	536	796
Kerrostalo	80	>1975	Sähköl.	3000	0,69 %	1,29 %	609	852
Kerrostalo	80	>1975	Öljyl.	78000	0,68 %	1,27 %	533	841
Kerrostalo	80	>1975	Puul.	100	0,02 %	0,64 %	19	377
Kerrostalo	80	<1975	Kaukol.	661000	0,73 %	0,65 %	670	1070
Kerrostalo	80	<1975	Sähköl.	10000	0,94 %	0,76 %	773	1209
Kerrostalo	80	<1975	Öljyl.	105000	0,77 %	0,74 %	636	1087
Kerrostalo	80	<1975	Puul.	4000	0,13 %	0,38 %	94	475
Omakotitalo	120	>1975	Kaukol.	5000	0,50 %	0,78 %	910	1151
Omakotitalo	120	>1975	Sähköl.	39000	0,77 %	0,98 %	1078	1407
Omakotitalo	120	>1975	Öljyl.	17000	0,62 %	0,83 %	947	1257
Omakotitalo	120	>1975	Sähköl.	14000	0,39 %	0,61 %	464	831
Omakotitalo	120	<1975	Kaukol.	38000	0,63 %	0,54 %	1112	1543
Omakotitalo	120	<1975	Sähköl.	313000	1,03 %	0,67 %	1141	1667
Omakotitalo	120	<1975	Öljyl.	234000	0,76 %	0,58 %	1000	1465
Omakotitalo	120	<1975	Puul.	214000	0,32 %	0,46 %	295	891

Omakotitaloissa asuvien työllisten kotitalouksien absoluuttiset kustannukset ovat suurimmat. Sen sijaan kerrostaloissa asuvien kotitalouksien suhteelliset kustannukset ovat suurimmat, mikä selittyy pitkälti eri talotyypeissä asuvien kotitalouksien keskimääräisten käytettävissä olevien tulojen erolla. Lisäksi kerrostaloissa asuvien kotitalouksien autojen omistus on suurin piirtein keskiarvon mukaista, jolloin liikennepolttonesteiden lisäverojen suhteellinen vaikutus kerrostaloissa asuville on suuri. Noin yhdeksällä prosentilla kotitalouksista ostovoiman heikke-

neminen on enemmän kuin yhden prosentin.²⁴ Laskelmissa ei ole oteta huomioon (automaattisen) asumistuen korotuksen vaikutuksia asumistukea saavien (köyhempiin) kotitalouksien elinkustannuksiin.

5.4 Taloudellisten vaikutusten herkkyytarkastelu

5.4.1 Herkkyytarkastelun vaihtoehdot

Herkkyytarkastelun tarkoitus selvitettiin luvussa 2.4 ja luvussa 2.5.3. Tässä luvussa tarkastellaan neljää herkkyysoanalyysin tilannetta.

Tutkimuksen aikaisemmassa vaiheessa suoritettiin herkkyytarkastelua mm. seuraavien tekijöiden suhteen:

- vuoden 2020 (tiukemman) päästötavoitteen huomioonottaminen.
- sähkön tuontimahdollisuuksien huomioonottaminen.
- korkeammat pääomakustannukset.
- ilmasto-ohjelman tiettyjen osioiden epätäydellisyys.
- joustavuusmekanismien hyväksikäyttö.

Ilmasto-ohjelman tiettyjen osioiden epätäydellisyyden ja korkeampien pääomakustannusten vaihteluiden vaikutukset energiajärjestelmämallin tuloksiin havaittiin varsin pieneksi. Siksi näitä vaihtoehtoja ei sisällytetä herkkyytarkasteluun.²⁵ Toisaalta herkkyytarkasteluun sisältyy myös talouden vaihtoehtoisen kasvu-uran vaikutus energiajärjestelmän kustannuksiin.

Herkkyytarkastelu voitaisiin suorittaa usean ohjelmavaihtoehdon suhteen. Jotta tuloksien tulkinta on yksinkertaisempaa herkkyytarkastelu suoritetaan vain KIO1-NONLV* ja KIO2-NONLV* suhteen. Poikkeuksellisesti talouskasvun vaihtoehtoisen uran vaikutus arvioidaan liikennepolttoaineiden lisäverot sisältävällä ohjelmavaihtoehdolla. Todennäköisesti tuloksia voidaan varsin hyvin yleistää koskemaan myös muita ohjelmavaihtoehtoja (NONEV vaihtoehtoja lukuun ottamatta). Herkkyytarkastelu koskee energiajärjestelmämallin tuloksia, koska herkkyysoanalyysin tavoitteena on kuvata kvalitatiivisesti kuinka tulokset muuttuvat, kun joidenkin perusskenaarion oleellisten muutoksien arvoa muutetaan. Energiajärjestelmämallin tulosten perusteella on kuitenkin mahdollista tehdä kvalitatiivisia johtopäätöksiä myös kokonaistaloudellisista vaikutuksista.

²⁴ Taulukon 5.5 kotitalouskohtainen keskimääräinen ostovoiman muutos ei ole sama kuin kokonaistaloudellisella mallilla laskettava keskimääräinen kulutuksen muutos kotitaloutta kohden. Tähän on useita syitä. Taulukkojen 5.4 ja 5.5 tarkoitus on tuoda esille kotitaloustyyppikohtaisia eroja kustannuksissa.

²⁵ Pääomakustannusten määrittämisen vaikutusta energiasäästöinvestointien kustannuksiin on tarkasteltu liitteessä 4.

Herkkyystarkastelu koostuu neljästä vaihtoehdosta. Vaihtoehto, joka on lyhennetty SEF:ksi, koostuu sekä sähkön tuontimahdollisuudesta että mahdollisuudesta hyödyntää kansainvälistä päästöoikeuksien kauppaa ja yhteistoteutusta. Vaihtoehdossa SR vuosien 2008-2012 päästötavoitteen lisäksi vuotta 2020 koskee 15 prosentin vähennystavoite (vuoden 1990 päästötasoon verrattuna). Kolmannessa vaihtoehdossa (SREF) yhdistetään em. vaihtoehdot; sähkön tuontimahdollisuus, joustavuusmekanismien hyväksikäyttö ja vuoden 2020 päästötavoite. Neljännessä vaihtoehdossa (SG) talouden kasvu-ura poikkeaa perusskenaarion urasta. Poikkeama koskee talouskasvun ajoitusta eli päätevuonna (vuosi 2025) bruttokansantuotteen taso on sama kuin perusskenaariossa, mutta kasvu on alussa (vuoteen 2010) nopeampaa kuin perusskenaariossa ja tämän jälkeen kasvu on hitaampaa. Vuonna 2010 bruttokansantuote on noin neljä prosenttia korkeampi kuin perusskenaariossa ja vuonna 2020 se on suurin piirtein sama kuin perusskenaariossa. Tällöin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen määrä kasvaa 16 miljoonasta tonnista 18 miljoonaan tonniin vuodessa 2010.

Taulukko 5.6. Yleiskuva herkkyystarkastelun suorittamisesta

Herkkyystarkastelun vaihtoehto	Herkkyyksianalyysin vertailuvaihtoehdot ja suoritettut analyysit (X)							
	KIO 1 -SEF	KIO 2 -SEF	KIO 1 -SR	KIO 2 -SR	KIO 1 SREF	KIO 2 SREF	KIO 1 -SG	KIO 2 -SG
Tiukempi päästötavoite (-15% vuonna 2020)			X	X	X	X		
Sähkön tuonti Maksimissa 15TWh	X	X			X	X		
Kasvun ajoitus							X	X
Joustavuusmekanismit	X	X			X	X		

Joustavuusmekanismien hyväksikäytön on oletettu tapahtuvan seuraavasti. Vuonna 2008 Suomen valtio ostaa kaksi miljoonaa tonnia ja vuonna 2010 neljä miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalentti päästöoikeuksia hintaan 80 markkaa tonnia kohden. Lisäksi yhteistoteutuksesta saadaan päästöoikeuksia samaan hintaan puoli miljoonaa tonnia vuoteen 2005 mennessä ja miljoona tonnia vuoteen 2010 mennessä.

Vuosina 2015 ja 2020 päästöoikeuksien määrä on viisi miljoonaa tonnia ja hinta on 120 markkaa tonnia kohden. Vuonna 2015 yhteistoteutuksella saatavat päästöoikeudet ovat miljoonaa tonnia ja vuonna 2020 kaksi miljoonaa tonnia. Yhteistoteutuksella saatavien hiilidioksidiekvivalenttien hinnat ovat samat kuin päästöoikeuksien hinnat.

Päästöoikeuksien hankinta itse asiassa vähentää Suomen päästötavoitetta päästöoikeuksien määrällä. Herkkyystarkastelussa ilmasto-ohjelman taloudellisia vaikutuksia ei kuitenkaan lasketa tällä tavoin päästötavoitetta suoraviivaisesti helpottamalla. Sen sijaan, jotta uusiutuvien edistämishojelman ja energiansäästöohjelman tavoitteet eivät vaarantuisi, joustavuusmekanismien hyväksikäyttö mallitetaan seuraavasti:

1. Energiaverokertymää muutetaan siten, että energiaverokertymän tulee olla suurempi tai yhtä suuri kuin mikä on perusskenaarion mukaisen energiaverokertymän ja päästöoikeuksien hankinnan kustannusten summa.
2. Mikäli toteutuva päästöjen (kokonais)vähennys on suurempi kuin 17 miljoonaa tonnia (ja kohdan yksi kokonaiskertymää koskeva rajoite on voimassa) uusiutuvien energialähteiden ja energiansäästön edistämishojelmien investointivaroja vähennetään korkeintaan kymmenellä prosentilla.

Liitteessä kaksi esitetään herkkyystarkastelun veroperusteet KIO1-NONLV*:n tapauksessa.

5.4.2 Herkkyystarkastelun tulokset

Vuoden 2020 päästötavoite (herkkyystarkastelun vaihtoehto SR) ei vielä vuonna 2010 vaikuta tuloksiin kovinkaan merkittävästi eli ko. vuoden osalta tulokset ovat samanlaisia kuin vertailuvaihtoehtojen tulokset (KIO1-NONLV* ja KIO2-NONLV*). Sen sijaan vuoden 2020 tilanne on erilainen eli tiukemman päästötavoitteen vaihtoehdossa uusiutuvien energialähteiden käyttö ja energiansäästö ovat suuremmat kuin vertailuvaihtoehdoissa.

Herkkyystarkastelun vaihtoehdossa SREF, joissa käytettävissä ovat sekä sähkön tuonti että joustavuusmekanismit, mutta päästörajoite on tiukempi, sähkön tuonti alentaa kustannuksia ilman lisäydinvoimaa. Siis jo vuonna 2010. Sen sijaan lisäydinvoimalla sähkön tuontimahdollisuudella on vähäinen merkitys. Maakaasun ja biopolttoaineiden käyttö kasvaa tässä vaihtoehdossa hitaammin kuin alkupe-
räisissä ilmasto-ohjelmassa. Tässä tapauksessa hiilen täydellistä käyttökieltoa ei tarvita. Primäärienergian kulutus on suurempi kuin KIO-NONLV* vaihtoehdot.

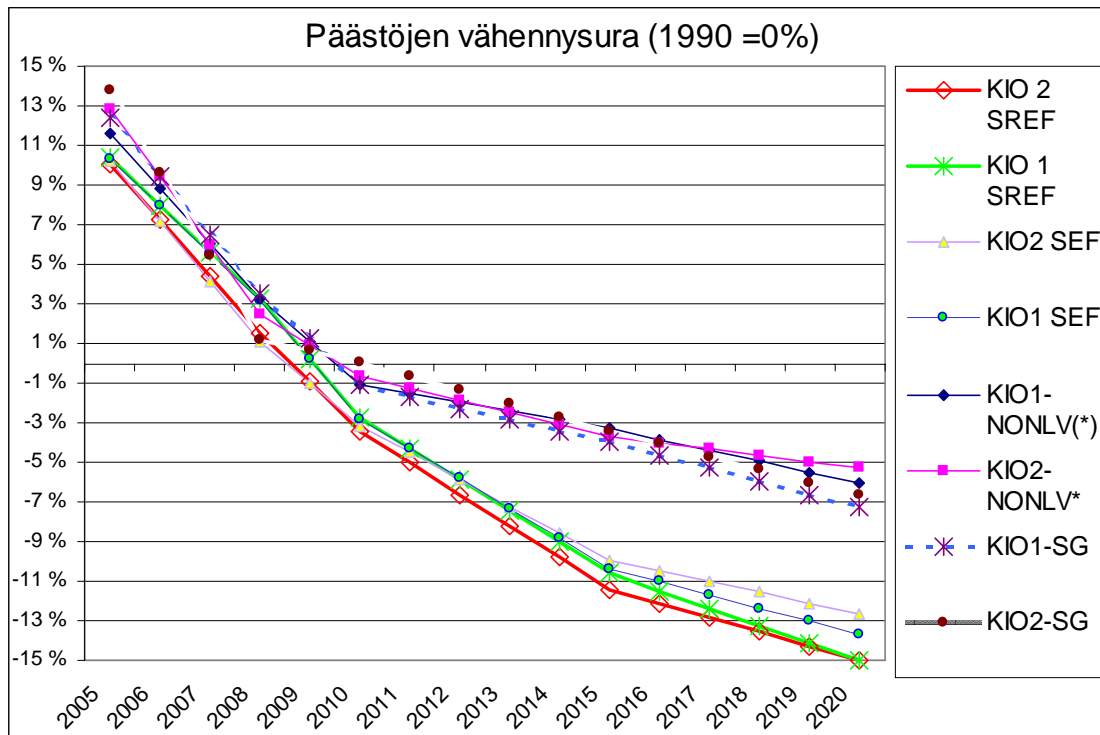
Herkkyystarkastelun vaihtoehdossa SEF, jossa voimassa on vain sähkön tuontimahdollisuudet ja joustavuusmekanismien hyväksikäyttö, energiatuotannon rakenne on suurin piirtein sama kuin yllä selostetussa vaihtoehdossa (SREF)

Taulukko 5.7. *Primäärienergian kulutus eri herkkyytarkastelun vaihtoehdoissa*

Sektorit	KIO1	KIO2	KIO1-SR		KIO2-SR		KIO1-SREF		KIO2-SREF	
	2010	2010	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Sähkön nettotuonti	22	20	22	22	20	22	29	38	20	20
Vesi- ja tuulivoima	52	52	52	66	52	66	52	66	52	66
Ydinvoima	233	342	234	228	347	346	233	228	332	346
Puun energiakäyttö	155	147	151	195	147	190	141	168	126	166
Jäteliemet	153	153	153	163	153	163	153	163	153	163
Reaktiolämpö	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Öljy	380	361	386	325	362	322	373	344	364	333
Maakaasu	241	186	231	213	182	203	200	241	187	202
Turve	75	75	75	62	75	62	75	75	75	73
Hiili	54	108	57	32	108	41	126	51	134	87
Muut	62	53	61	81	54	72	54	74	52	67
Yhteensä	1434	1503	1428	1394	1506	1494	1443	1455	1501	1531
CO ₂ –vapaiden osuus #	45,5	49,7	45,5	51,8	50,0	55,6	44,5	48,6	47,7	52,4

#) Hiilidioksidipäästövapaiksi primäärienergiälähteiksi on määritelty sähkön tuonti, tuuli- ja vesivoima, ydinvoima, puun energiakäyttö, jäteliemet, reaktiolämpö ja 25% - 50% muista primäärienergiälähteistä (osuus kasvaa ajan myötä)

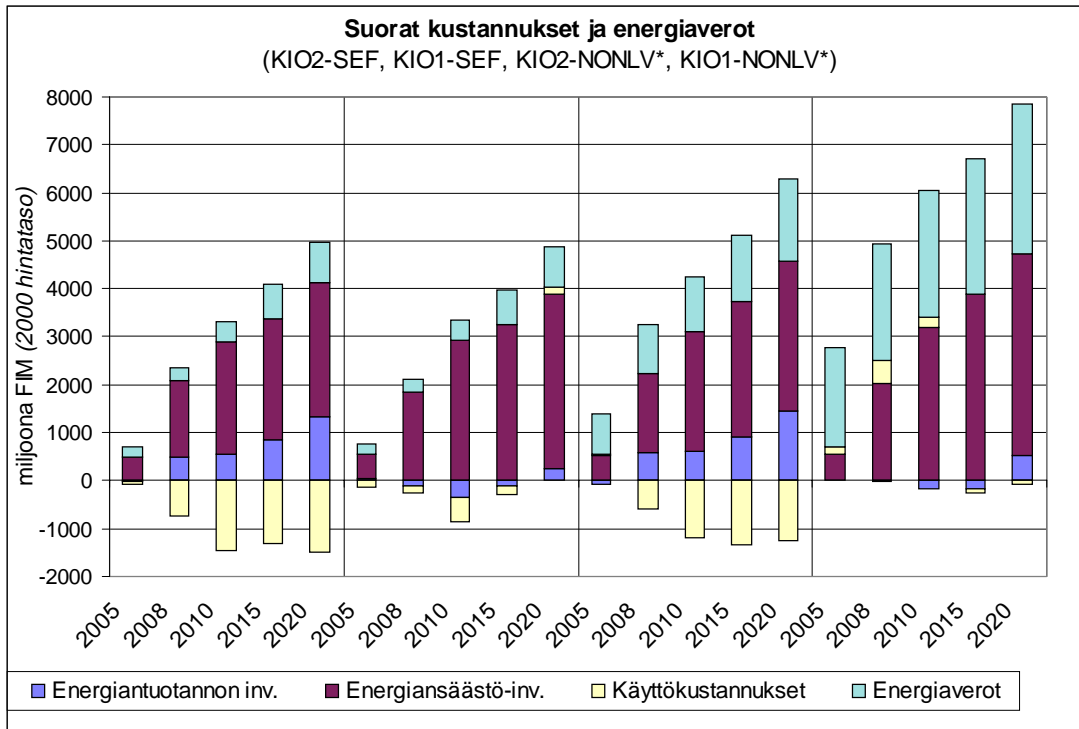
Päästöjen rajoittamisen aikaura riippuu luonnollisesti sekä päästötavoitteista että joustavuusmekanismien hyväksikäytön ajoituksesta. Sähkön tuonin ja joustavuusmekanismien hyväksikäytön sisältävässä herkkyysvaihtoehdossa (SEF) voimassa on alkuperäinen vuosien 2008-2012 päästötavoite, mutta tästä huolimatta toteutuva päästöjen vähennys vuonna 2020 on hyvin lähellä päästörajoitteen sisältävän herkkyysvaihtoehdon päästöjä (SREF). Tämä johtuu siitä, että joustavuusmekanismien vaikutusta Suomessa tapahtuviin päästöjen vähennyksiin on ko. ilmasto-ohjelmissa rajoitettu. Vaihtoehto SG ei ole täysin vertailukelpoinen muiden vaihtoehtojen kanssa, koska siinä vuoden 2010 perusskenaarion päästöt ovat noin kaksi miljoonaa tonnia korkeammat kuin muissa vertailuskenaarioissa, nopeamman talouskasvun vuoksi. Sen takia kasvihuonekaasupäästöjä tulee (kun siis verrataan vuoden 1990 tasoon) vähentää prosentteissa enemmän ennen vuotta 2010, jonka jälkeen vähennysten uran loivenee (erityisesti lisäydinvoiman tapauksessa).



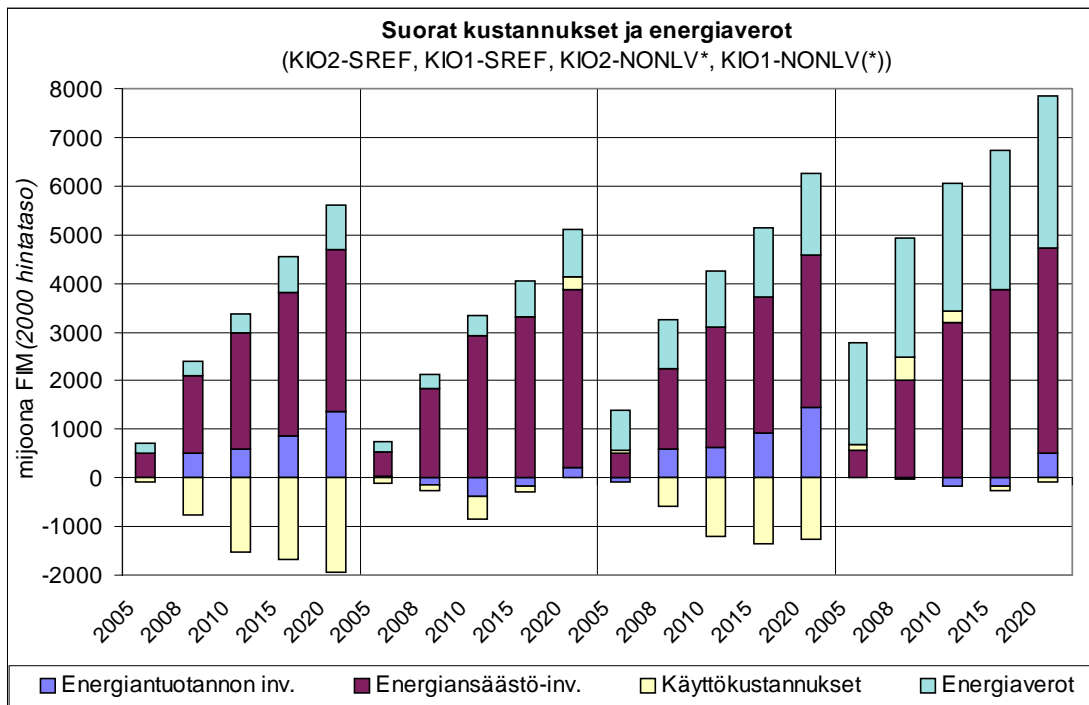
Kuvio 5.7. Herkkyystarkastelun vaihtoehtojen ja vertailuohjelmien kasvihuonekaasupäästöjen vähennysurat

Kuvioissa 5.8-5.9 verrataan toisiinsa herkkyystarkastelussa käytettyjen herkkyysvaihtojen SEF ja SREF tuloksia ohjelman-vaihtoehtojen KIO1-NONLV* ja KIO2-NONLV* tuloksiin. Ensinnäkin havaitaan, että lisädinvoima vähentää herkkyystarkastelussa vaikuttavien tekijöiden vaikutusta. Toisin sanoen ilman lisädinvoimaa tulokset muuttuvat suhteessa enemmän. Vaihtoehdossa SREF muutokset ovat suuria myös lisädinvoimavaihtoehdossa. Kaikissa herkkyystarkastelun vaihtoehdossa välittömät kustannukset ovat pienemmät kuin vertailuvaihtoehdoissa (KIO1-NONLV* ja KIO2-NONLV*). Tähän on kaksi selitystä. Ensinnäkin joustavuusmekanismeja hyödyntämällä voidaan korvata toimenpiteitä, jotka muuten toteutettaisiin energiaveroilla. Toiseksi tiukemman päästörajoitteen herkkyystarkastelun vaihtoehdossa (KIO1-SREF) ja myöskin herkkyystarkastelun vaihtoehdoissa KIO1-SEF ja KIO2-SEF suorat kustannukset ovat vertailuvaihtoehtoja alhaisemmat.

Energiajärjestelmämallin tulosten perusteella voidaan päätellä, että joustavuusmekanismien hyödyntämisen tapauksessa (SEF) sekä niihin yhdistetyn tiukemman päästötavoitteen tapauksessa (SREF) ilman lisädinvoimaa kokonaistaloudelliset kustannukset ovat hieman alhaisemmat kuin vertailuvaihtoehdossa (KIO1-NONLV*). Lisädinvoimalla kyseisten vaihtoehtojen kokonaistaloudelliset vaikutukset eivät juurikaan poikkea vastaavan vertailuvaihtoehdon (KIO2-NONLV*) taloudellisista vaikutuksista.

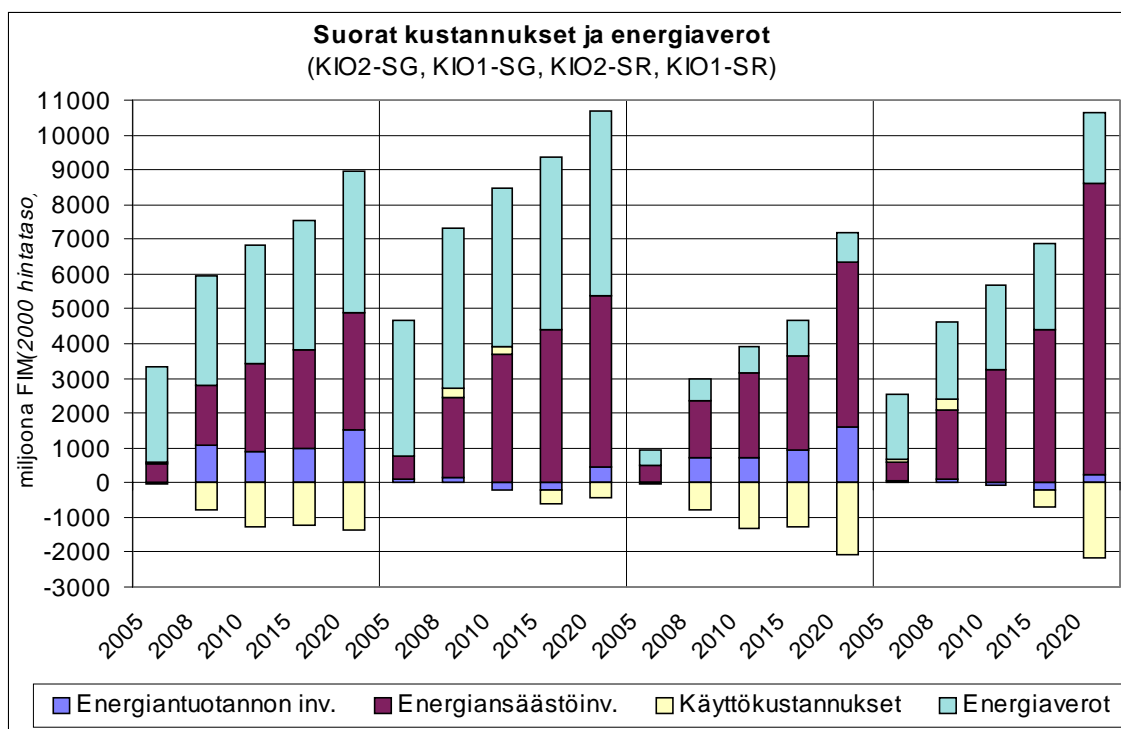


Kuvio 5.8. Välittömät kustannukset kustannuslajeittain herkkyystarkasteluvaihtoehdossa SEF. Vertailuvaihtoehtona ovat KIO1-NONLV* ja KIO2-NONLV*



Kuvio 5.9. Välittömät kustannukset kustannuslajeittain herkkyystarkasteluvaihtoehdossa SREF. Vertailuvaihtoehtona ovat KIO1-NONLV* ja KIO2-NONLV*

Kuviossa 5.10 esitetään tiukemman päästötavoitteen (SR) ja talouden erilaisen kasvu-uran vaikutukset (SG) kustannuksiin. Vuodesta 2015 eteenpäin tiukempi päästötavoite aiheuttanee jonkin verran suurempi muutoksia bruttokansantuotteen ja kotitalouksien kulutukseen. Ennen vuotta 2015 ko. herkkyystarkastelun vaihtoehdon (SR) ero vertailuohjelmaan on pieni. Tästä voitaneen vetää se johtopäätös, että kyseistä päästötavoitetta ei juurikaan kannata ottaa huomioon ennen vuotta 2015. Kuitenkin vuoden 2015 jälkeen välittömät kustannukset kasvavat nopeasti. Ilman lisäydinvoimaa energiansäästöinvestoinnit ovat noin kaksinkertaiset vertailuohjelmaan verrattuna (KIO1-SR vs. KIO1-NONLV*) ja lisäydinvoimavaihtoehdossakin ne ovat noin 60 % suuremmat tiukemman päästötavoitteen tapauksessa kuin vertailuohjelmassa (KIO2-SR vs. KIO2-NONLV*).



Kuvio 5.10. Välittömät kustannukset kustannuslajeittain herkkyystarkastelun vaihtoehdoissa SR ja SG

Taloukasvun ajoittumisen tapauksessa (SG) välittömät kustannukset ovat suuremmat koko tarkasteluajanjaksolla. Nopeampi taloukasvu vuoteen 2010 mennessä merkitsee ilman lisäydinvoimaa suurempia energiansäästöinvestointeja ja lisäydinvoimalla suurempia investointeja energiantuotantokapasiteettiin. Nopeamman taloukasvun vuoksi energiaverokertymä on noin 2,5 miljardia suurempi vuonna 2010 kuin vertailuvaihtoehdoissa, koska energiaverotuksen veroasteita korotetaan. Tästä huolimatta vuoden 2010 jälkeen energiansäästöin-

vestoinnit ovat vain hieman suuremmat kuin vertailuohjelmissa, koska talouskasvu on vuoden 2010 jälkeen hitaampaa.²⁶

Vuotta 2020 koskeva tiukempi päästötavoite lisää kustannuksia mikäli se toteutetaan pelkästään kotimaisilla toimenpiteillä. Joustavuusmekanismien ja sähkön tuonnin käyttömahdollisuudet muuttavat tilannetta. Herkkyystarkastelun tuloksena on, että joustavuusmekanismien hyödyntäminen vaikuttaa merkittävästi kustannuksia alentavasti etenkin pitkällä aikavälillä, vaikka tarkastelluissa ilmasto-ohjelmassa ko. vaikutusta kustannuksiin on itse asiassa rajoitettu.

Mikäli teollisuusmaita koskeva päästötavoite tiukentuu myöhemmin, kaikissa vaihtoehdoissa kannattaa investoida tutkimus- ja tuotekehittelyyn. Näin saadaan energiasäästetekniikoiden kustannuksia alennettua. Mikäli useimmat teollisuusmaat kohtaavat samat haasteet, energiansäästetekniikoille syntyy kilpailulliset, mutta suuret markkinat.

Joustavuusmekanismien hyödyntämistä ja tiukempaa päästötavoitetta koskevat tulokset merkitsevät, että joustavuusmekanismien hyödyntäminen ja Suomessa toteutettavat toimenpiteet eivät kilpaile keskenään, vaan ne pikemminkin täydentävät toisiaan. Todennäköisesti nimittäin joustavuusmekanismien hyödyntämismahdollisuus toteutuu tiukentuvien päästötavoitteiden yhteydessä. Joustavuusmekanismien hyväksikäytöstä pidättäytyminen merkitsisi mahdollisesti korkeampia rajoittamiskustannuksia. Mikäli korkeammat rajoittamiskustannukset johtavat talouskasvun hidastumiseen ja tätä kautta myös tutkimus- ja tuotekehittelyssä pienempiin resursseihin, kyseisten tekniikoiden kysyntä olisi pienempi kuin se muuten olisi.

Vaikka joustavuusmekanismeja ja Suomessa toteutettavia toimenpiteitä koordinoitiin herkkyystarkastelun yhteydessä hyvin yksinkertaisesti (energiaverojen nousuvauhtia hidastetaan ja kaikkien kalliimmista toimenpiteistä pidättäydytään), pidemmällä aikavälillä kustannuksia voidaan alentaa joustavuusmekanismeja hyödyntämällä. Ilmeisesti olisi tarpeen koordinoida tarkemmin joustavuusmekanismien hyödyntämistä ja Suomessa toteutettavia toimenpiteitä.

Lopuksi voitaneen todeta, että ensimmäisen sitoutumisajanjakson taloudelliset ja teknologiset vaikutukset eivät ole kovin merkittäviä. Ensimmäisen sitoutumisajanjakson merkitys lienee siinä, että sen avulla kansainvälinen ja tietysti myös Suomen ilmastopolitiikka lähtee liikkeelle.

²⁶ Periaatteessa talouskasvun ajoittamisvaihtoehdossa myös energialähteiden hinnat poikkeavat peruskeenaarion kehityksestä, mikäli Suomen talouskasvun ero johtuu maailmantalouden kasvun erosta.

6 Ohjelmavaihtoehtojen vaikutusten yleisarviointi

6.1 Johdanto

Kuten luvussa 2.4 todettiin mallilaskelmien tuloksia ei arvioida pelkästään yksinkertaisesti kertomalla, mikä on kunkin ohjelmavaihtoehdon vaikutus bruttokansantuotteeseen tai kotitalouksien kulutukseen. Tätä tutkimusta ei ole erityisesti suunniteltu arvioimaan kokonaisvaltaisesti ohjelmavaihtoehtojen taloudellisia vaikutuksia. Tästä huolimatta tässä luvussa pyritään kokonaisvaltaisempaan arvioon kuin pelkkien vaikutusta kuvaavien lukujen esittämiseen. Luonnollisesti kyseiseen arvioon sisältyy vain tässä tutkimuksessa esille tulevat taloudelliset arvot ja niiden taustalla olevat arvostukset. Muita taloudellisia vaikutuksia ja ei-taloudellisia vaikutuksia ei ole tarkemmin tämän tutkimuksen yhteydessä tutkittu. Tosin esimerkiksi Suomen ympäristökeskuksen tekemään arvioon sisältyy päästöjen terveysvaikutukset ja lisäksi Suomen ympäristökeskus teki kyselyn, jossa selvitettiin eri toimijoiden mielipiteitä ohjelmavaihtoehtojen arviointikriteereistä (liite 5). Tässä luvussa esitetään, kuinka ohjelmavaihtoehtojen paremmuusjärjestys vaihtelee arvostusten eli arviointikriteereille annettujen painojen muutoksen mukaan.

Aluksi tarkastellaan taloudellisten vaikutusarviointien tuloksia ja kuinka tuloksia voidaan arvioida yleisemmällä tasolla. Suurelta osin tämä arviointi perustuu havaintoihin, jotka on jo esitetty aikaisemmissa luvuissa.

Tässä luvussa myös esitetään mitä yleisarviointi voi sisältää ja mikä on yleisarvioinnin käyttötarkoitus.

6.2 Tulosten tulkintaa - mikä on lukujen arvo?

Tutkimuksen luonne – mikä on merkitsevä ero?

Tutkimuksen tarkoitus, vaikka tutkimus sisältääkin joitakin yhteiskuntataloudellisen kustannus-hyötyanalyysin piirteitä, on kuitenkin kokonaistaloudellisten vaikutusten arviointi. Tällöin, vaikka ohjelmavaihtoehtojen vaikutukset ja ohjelmavaihtoehtojen erot esitetään absoluuttisina lukuina pääpaino tulkinnessa on kuitenkin prosentuaalisissa eroissa. Prosentuaaliset erot ilmaisevat, kuinka ohjelmavaihtoehto muuttaa koko talouden uraa perusskenaarion uraan verrattuna. Siis suhteessa perusskenarioon, joka ikään kuin jo alun pitäen on valittu 'mittatikuksi'.

Ekonomistit käyttävät tulosten tulkinnessa hyväksi pääasiassa prosentuaalisia muutoksia ja tätä taipumusta voitaneen perustella sillä itsestään selvällä seikalla, että prosenttimuutokset suhteuttavat kustannukset automaattisesti taloudenpitäjän

tai koko talouden kantokykyyn. Absoluuttiset luvut eivät tätä ilmaise ilman lisätulkintoja.

Arvioinnin tuloksena voidaankin todeta, että kun Suomen talouden kehitystä mitataan bruttokansantuotteella ja siihen sidotulla indeksillä (vuoden 2000 taso on 100), perusskenaariossa (BaU) ko. indeksin arvo on 135,0 ja ohjelmavaihtoehtojen vaihteluväli on 134,2 (KIO1-NONEV) ja 134,6 (KIO2-NONLV).*

Vastaavanlainen vaikutusten indeksointi voidaan suorittaa kotitalouksien kulutuksen muutokselle. Kotitalouksien kulutuksen muutos on näissä mallilaskelmissa paras kotitalouksien hyvinvoinnin muutoksen mittari. Näin arvioiden voitaneen todeta, että ohjelmavaihtoehtojen väliset erot kokonaistaloudellisilla mittareilla arvioituna ovat varsin pienet. Erot eivät pienuudestaan huolimatta ole merkityksettömiä, mutta toisaalta ne eivät välttämättä ole ratkaisevia (johda automaattisesti tiettyjen ohjelmavaihtoehtojen paremmuuteen), kun ne sisällytetään laajempaan (mm. ei taloudellisia tekijöitä sisältävään) arviointikehikkoon.

Merkitsekö tämä sitä, että 800 miljoonan markan tai kahden miljardin markan ero ei pidetä lainkaan kiinnostavana? Ei tietenkään, mutta niiden oikean arvon esittäminen esimerkiksi kustannus-hyötyanalyysillä edellyttää myös muita arviointimenetelmiä, kuten tärkeitä sektoreita kuvaavien markkinamallien hyväksikäyttöä, tärkeimpiin sektoreihin kohdistuvien toimenpiteiden yksityiskohtaisempaa spesifiointia (energiantuotanto, raskas teollisuus ja rakentaminen).²⁷

Tulosten herkkyys ulkoisten olosuhteiden muutoksille ja tuloksia koskeva epävarmuus

Ensinnäkin perusskenaariossa käytettyihin oletuksiin liittyy epävarmuutta. Epävarmuutta käsitellään joiltakin osin herkkyystarkastelussa. Joistakin tekijöistä kuten energiankäytön tehokkuuden kehittymisestä (paranemisesta), primäärienergian hinnoista ja maakaasuverkon kehityksestä Suomessa ja Pohjois-Euroopassa on laadittu vain yksi vaihtoehto.

Toiseksi sekä ohjelmavaihtoehtojen operationalisointi ja mallit sinänsä merkitsevät sitä, että arvioinnin tulokset ovat aina epävarmoja. Erityisesti kokonaistaloudellinen malli vaikuttaa mallien käytön vuoksi syntyvään epävarmuuteen. Tällöin

²⁷ Sektoriohjelmien laadinnassa eri ministeriöt ovat todennäköisesti hyödyntäneet joidenkin toimenpiteiden ja ohjauskeinojen valinnassa kustannus-hyötyanalyysityyppisiä menetelmiä, mutta yksittäisesti ja ilman syntyvien markkinavaikutusten huomioonottamista. Haasteena onkin ottaa arvioinnissa huomioon markkinavaikutukset ja toimenpiteiden välinen vuorovaikutus. Energiajärjestelmämalli ottaa huomioon ohjauskeinojen ja toimenpiteiden välisen vuorovaikutuksen energiajärjestelmässä ja kokonaistaloudellinen malli ottaa huomioon joitakin markkinavaikutuksia. Etenkin kokonaistaloudellisen mallin kohdalla tilanne on kuitenkin epätydyttävä.

0,1 % eroa jossakin muuttujassa ohjelmavaihtoehtojen välillä ei voida pitää merkitsevänä ja 0,2 % eroa voitaneen pitää juuri ja juuri merkitsevänä erona. Tämäkin on yksi syy siihen, että ohjelmavaihtoehtoja kannattaa arvioida laajemmalla arviointikehikolla.

Kolmas epävarmuuteen liittyvä tekijä on se, että ilmastopolitiikka väistämättä vaikuttaa tulevaisuuden kehityskulkuihin. Ensinnäkin energiansäästökäytön ja uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistekniikoille syntyy ilmastopolitiikan vuoksi kysyntää sekä Suomessa että maailmanlaajuisesti. Toisaalta muiden maiden ilmastopolitiikka voi alentaa suomalaisten vientihyödykkeiden kysyntää. Lisäksi ilmastopolitiikka voi johtaa tuki ja veroalennuspolitiikkaan, jolla houkutellaan ulkomaisia investointeja (maiden välinen kilpailu, jonka lopputulos voi olla Suomelle haitallinen).

Yksi epävarmuustekijä on se, kuinka herkkiä ohjelmavaihtoehdot ovat ulkoisen toimintaympäristön muutoksille:

- (1) riski, joka johtuu siitä, että tulevat kustannukset aliarvioidaan riittämättömän ennakkoinnin vuoksi. Esimerkiksi tulevat kasvihuonekaasupäästöjen vähennykset (seuraavista ilmastopöytäkirjoista johtuvat tavoitteet) aliarvioidaan tai uusien tekniikoiden kustannusten alentuminen yliarvioidaan
- (2) riski, joka johtuu siitä, ohjelmavaihtoehtojen joustamattomuuden vuoksi kustannukset ovat liian suuret. Toisin sanoen ns. 'lukkiintumis' vaikutuksen vuoksi muita edullisemmaksi osoittautuneita vaihtoehtoja ei ainakaan väliaikaisesti voida ottaa käyttöön. Lukkiintumisvaikutukset voivat johtua tekniikoiden ominaisuuksista, mutta myös hallinnollisesta jäykkyydestä, kuten tukien määräytyminen ko. hallinnonalan budjetista.

Herkkyystarkastelun tuloksien perusteella voidaan päätellä, että tiukempi päätavoite myöhemmin merkitsee merkittävästi suurempia kustannuksia pitkällä aikavälillä, mutta suhteellisen pieniä kustannuksia lyhyellä aikavälillä (vuoteen 2012 mennessä). Mikäli käytettävissä olevien keinojen joukko on laajempi (päästöoikeuksien kauppa, tutkimus- ja tuotekehittely, tekniikoiden käyttöönto edesauttavat ohjelmat) kuin joiden vaikutuksia on arvioitu tässä tutkimuksessa kustannukset ovat pidemmälläkin aikavälillä pienet ja ensimmäisellä sopimuskaudella (vuoteen 2012) alhaisemmat kuin nykyisten ohjelmavaihtoehtojen kustannukset.²⁸ Johtopäätöksenä on, että ohjelmavaihtoehtojen ei tulisi sisältää elementtejä, jotka merkitsevät joustavuuden menettämistä keskipitkällä aikavälillä eli noin kymmenen vuoden tähtäimellä.

²⁸ Energiansäästöohjelma sisältää joitakin tutkimukseen ja tuotekehittelyyn sekä uusien tekniikoiden markkinoille tulon edistämiseen tarkoitettuja ohjauskeinoja ja toimenpiteitä.

Joitakin vaikutuksia ja kriteereitä ei ole lainkaan käsitelty tässä arvioinnissa. Näitä ovat muun muassa terveystaloudelliset ja huoltovarmuus. Suomen ympäristökeskuksen tekemän arvion mukaan ohjelmavaihtoehdot eivät juurikaan eroa toisistaan happamoittavissa ja terveydelle haitallisissa päästöissä. Energiajärjestelmämallin tuloksista saadaan tietoa huoltovarmuuteen liittyvistä tekijöistä ja huoltovarmuuden merkitystä käsitellään luvussa 6.4.

Lisäksi, kuten jo luvussa 2.6 kerrottiin, joitakin merkittäviä sivukustannuksia ja sivuhyötyjä ei sisälly arviointiin.

Kaiken kaikkiaan tuloksiin ja niiden tulkintaan vaikuttaa neljä eri tyyppistä epävarmuutta:

1. Ohjelmavaihtoehtojen operationalisointiin liittyvä epävarmuus ja tästä johtuva mallien syöttötietojen epätasaisuus.
2. Analyttinen epävarmuus ja epätarkkuus (syöttötietojen käsittely ja käytettävien mallien ominaisuudet).
3. Arvioinnin ulkopuolelle jääneet vaikutukset.
4. Ohjelmavaihtoehtojen vaikutusten herkkyys ulkoisten tekijöiden muutokselle.

Edellä esitetystä seuraa

- joissakin tapauksissa mahdollisesti kaikkien ohjelmavaihtoehtojen kustannukset yli- tai aliarvioidaan (systemaattinen kaikkia ohjelmavaihtoehtoja koskeva virhe).
- lisäydinvoimavaihtojen ja ilman lisäydinvoimavaihtoehtojen välinen ero bruttokansantuotteella ja kotitalouksien kulutuksella mitattuna on yleisesti merkitsevä, mutta juuri ja juuri merkitsevä.
- tiettyjen toimialojen todelliset kustannukset, erityisesti raskaan teollisuuden, ovat todennäköisesti suuremmat kuin tässä tutkimuksessa on arvioitu.

6.3 Yksittäiset ohjauskeinot ja toimenpiteet

Ohjelmavaihtoehdot sisältävät koko joukon ohjauskeinoja ja toimenpiteitä, joista osaa muutetaan hyvin vähän ja joitakin enemmän ohjelmavaihtoehdoissa (luku 4). Toimenpiteiden kustannukset vähennettyä kasvihuonekaasutonnia kohden vaihtelevat, jolloin toimenpiteiden mitoituksen ja määrän vaihtelu tuottaa ohjelmavaihtoehtojen välisiä kustannuseroja. Tämän lisäksi toimenpiteet ja ohjauskeinot vaikuttavat toistensa (taloudelliseen) tehokkuuteen, mikä edelleen lisää ohjelmavaihtoehtojen välisiä kustannuseroja. Kokonaistalouden tasolla em. lisäk-

si kierrätettävien energiaverojen määrä vaikuttaa ohjelmavaihtoehtojen kokonaistaloudellisiin kustannuksiin. Luvussa 5 esitettiin useita selityksiä ohjelmavaihtoehtojen välisille kokonaistaloudellisten kustannusten erolle. Tässä luvussa tarkastellaan yksittäisten toimenpiteiden vaikutuksia ja toimenpiteiden välistä vuorovaikutusta kuvaillaan joiltakin osin.

Taulukossa 6.1 on esitetty yleiskatsaus useimmista ohjelmavaihtoehtoihin sisältyvistä ohjauskeinoista ja toimenpiteistä. Taulukkoon on lisätty ko. ohjelmiin kuulumaton joustavuusmekanismien hyväksikäyttö. Energiankäytön tehokkuuden parantamiseen tähtäävät ohjauskeinot ja toimenpiteet ovat tummennetuilla vaaka-riveillä. Energiaverotus vaikuttaa myös energiankäytön tehokkuuteen, mutta vaikutus on epävarma ja riippuu muiden toimenpiteiden määrästä ja hinnasta. Yhteiskuntataloudellinen kustannus vähennettyä tonnia kohden lienee kustannusten yläraja niissä olosuhteissa, jotka ohjelmavaihtoehdot synnyttävät. Keskimääräinen kustannus vähennettyä tonnia kohden on usein alhaisempi. Esimerkiksi lisäydinvoiman ja vapaaehtoisten sopimusten todelliset yksikkökustannukset voivat olla alhaisemmat kuin mitä taulukossa 6.1 on esitetty. Vapaaehtoisten sopimusten vaikutukset menevät lomittain verotuksen vaikutusten kanssa. Koska vapaaehtoisia sopimuksia pidetään edullisimpina niiden kustannusten ylärajan tulisi olla aina alhaisempi kuin energiavero (kustannuksia mitataan päästöjen vähentämisen yksikkökustannuksina. Uusien rakennusten energiakäytön tehokkuuden kohentaminen ei välttämättä ole kallista.

Vaikka toimenpiteiden kustannusten keskiarvo poikkeaa, useimmissa toimenpiteissä on kustannustehokas potentiaali, joka voidaan ainakin osittain hyödyntää. Ohjelmavaihtoehtojen olosuhteissa liikennepolttonesteiden verojen korotusta, hiilen käyttökieltoa ja osaa yhdyskuntarakenteen tiivistämishohjelmasta voidaan pitää kalliina. Yhdyskuntarakenteen tiivistäminen ei ole välttämättä kallista, mutta kalleus riippuu muun muassa ohjelman vaikutuksesta energiajärjestelmään ja maanhintoihin. Ko. ohjelmalla on lisäksi mielenkiintoisia sivuhyötyjä ja pysyviä pitkäkestoisia rakenteellisia hyötyjä (ks. taulukko 6.1). Hiilen käytön kieltäminen ei vaikuta kovin kalliilta toimenpiteeltä, mutta mallilaskelmien perusteella se ei ole täysin välttämätön toimenpide. Hiilen käyttökiellosta luopuminen alentaisi kustannuksia jonkin verran (KIO1-vaihtoehdot) ja lisäksi ei tarvittaisi hiilivoimaan liittyvien ns. uponneiden kustannusten korvaamista voimalaitosten omistajille.

Toimenpiteen toteuttamisen ajankohta riippuu sekä valmisteluajanjakson kestosta (esimerkiksi tarvittavien lakien säätäminen ja toimeenpano) että taloudenpitäjien reagointiajasta. Joissakin tapauksissa, kuten päästöoikeuksien kaupassa, valmistelutyön määrä on mittava sekä lisäksi riskinä on viivästyminen ja tehokkuuden alentuminen. Muissa tapauksissa, kuten taloudellisen ajotavan omaksumisen ja uusien rakennusten energiankäytön tehostamisen tapauksissa, toimenpiteiden toteuttamisnopeudella on luonnollinen yläraja (kohorttivaikutus ja investointien talouden perustekijöiden määräävä ura).

Taulukko 6.1. Ohjauskeinojen ja toimenpiteiden tärkeimmät ominaisuudet

Ohjauskeino/toimenpide/kohde	Päästö- vähennys- potentiaali	Yhteiskun- tataloudel- linen- kustannus mk/tonni	Toteu- tumis- nopeus	Osallistu- jien Lukumää- rä	Peruuntu- vuus Riski	Sivuvaikutukset	
						Muut päästöt ja terveys	Maan- käyttö
Työkoneet	+	<50	++	Suuri	+	+	0
Taloudellinen ajo	+	<50	++	Suuri	+++	+	0
Lisäydinvoima	+++	<50	++ ¹	Pieni	0/+	+ ²	0
Jätehuolto/muut kaasut	+++	<80	+++	Keskimää- räinen	+	+	+
Joustavuusmekani- smit	+++	<120	++ ¹	Keskimää- räinen /pieni	+	0/-	0
Uusiutuvien ener- gialähteiden edis- täminen	+++	<150	++	Keskimää- räinen	+	?	?
Energiaverotus	++/+++ ³	<250	+++	Suuri	++	+ ³	0
Vapaaehtoiset so- pimukset	++	<250	++	Keskimää- räinen	++	+	0
Uusien rakennusten energiatehokkuus- normit	++	<300	++	Suuri	+	+	0
Vanhojen raken- nusten energiate- hokkuus	++	<450	+	Suuri	+	+	0
Hiilen käyttökielto 2010 jälkeen	+	<150	+	Pieni	0	+/ ³	0
Yhdyskuntaraken- teen tiivistäminen	+	<600	+	Keskimää- räinen	?	+	+
Liikennepolttoai- neiden verot	+	<800	+++	Suuri	++	+	0

Selitys: + alhainen ++ keskimääräinen +++ suuri; ? epäselvä/vaihtelee

1) Joustavuusmekanismien hyödyntäminen ja lisäydinvoima edellyttävät mittavaa valmistelua, mutta valmistelutyön jälkeen tuloksia syntyy nopeasti.

2) Ydinvoima vähentää pienhiukkasia ja happamoittavia päästöjä. Kuitenkin ydinvoiman kokonais-
polttoainesykliin liittyy useita seikkoja, jotka ovat esillä kansallisessa ja kansainvälisessä keskustelussa.
Tässä tutkimuksessa näiden vaikutusta ei ole otettu huomioon.

3) Hiiltä sisältävien energialähteiden verotus alentaa kasvihuonekaasupäästöjä ja muita päästöjä. Verotuk-
sen vaikutus riippuu kuitenkin myös muista käytetyistä toimenpiteistä ja ohjauskeinoista.

Toimenpiteen kasvihuonekaasupäästöjä vähentävän vaikutuksen peruuntuvuus (riski) liittyy ensinnäkin siihen, että toimenpiteen teho katoaa ajassa. Toiseksi sillä voidaan tarkoittaa toimenpiteen herkkyyttä ulkoisten olosuhteiden (taloudellinen/fyysinen ympäristö) muutokselle. Ensiksi mainitusta peruuntuvuudesta käy esimerkiksi taloudellisen ajontavan omaksuminen, jonka on havaittu katoavan aikaa myöten. Tällöin tarvitaan uusintaopetusta. Kaikkien taloudellisten ohjauskeinojen, kuten energiaverojen ja tukien vaikuttavuus riippuu ulkoisista olosuhteista. Esimerkiksi energian markkinahintojen alentuminen (odotettuun

verrattuna) täytyy kompensoida vastaavilla energiaverojen korotuksilla. Peruuntuvuusriskiä voidaan hallia valvonnalla ja luomalla automaattisia päivitys ja kompensatiojärjestelmiä (kuten dynaaminen rakennusten energiatehokkuuden seuranta ja energian reaalihinnan kehityksen takaava verotusjärjestelmä).

Sivuvaikutusten suunta on useimmiten sama. Päästöoikeuksien kaupan vuoksi muut kotimaiset päästöt ovat korkeammalla tasolla. Hakkuujätteidien laajamittainen hyväksikäyttö voi vaikuttaa haitallisesti biodiversiteettiin. Laajamittainen tuulivoimaloiden rakentaminen voi vaikuttaa haitallisesti maisemaan.

Osallistujien lukumäärä vaikuttaa millä tavoin ohjauskeinon/toimenpiteen hallinnointi toteutetaan. Hallinnointimenettely vaikuttaa muun muassa aiheutuviin hallinnollisiin kustannuksiin ja prosessiin hallittavuuteen. Mikäli osallistujia on useita, kuten on usein verotuksessa, säännösten tulisi olla yksinkertaisia, jotta hallinnointikustannukset eivät kasva liikaa. Monimutkainen verotus ei aiheuta vain hallinnollisia kustannuksia, vaan myös taloudenpitäjien kustannukset kasvavat. Periaatteessa verotus on kuitenkin tehokas ohjauskeino, etenkin jos sitä voidaan käyttää hyväksi nykyisen verohallinnon rakenteella ja menettelytavoilla. Suhteessa suurimmat kustannukset aiheutuvat silloin, kun osallistujien lukumäärä on keskimääräinen (noin neljästäkymmenestä muutamaan sataan). Tällöin tarvitaan normeja, regulaatiota ja neuvotteluita.²⁹ Regulaatio ja neuvotteluprosessit täytyy suunnitella hyvin. Tässä auttavat oikea hallinnointimuoto ja selkeä auktorisointi.

Toimenpiteiden välisessä vuorovaikutuksessa tärkeimmät osa-alueet ovat:

- Energiasäästönormit (teollisuus ja rakennukset) ja energiaverot vaikuttavat samanaikaisesti energiankäytön tehokkuuteen.
- Lisäydinvoiman ja energiasäästön välinen vuorovaikutus: lisäydinvoima lisää normeilla saavutettavan energiasäästön kustannuksia (takaisinmaksuaika pitenee)³⁰.
- Euroopan unionin viiden litran henkilöauton (ilman kuluttajille koituvia lisäkustannuksia) ja liikennepolttoaineiden verotuksen välinen vuorovaikutus (ko. politiikka vähentää verotuksen vaikutusta liikennepolttonesteiden kuluun ja tätä kautta päästöihin).

²⁹ Tämä voi vaikuttaa oudolta, kun otetaan huomioon vapaaehtoisten sopimusten suosio ja niiden käyttöön liittyvät väitetyt edut (Perrels 2000). Toisaalta tämä osittain selittää miksi vapaaehtoisten sopimusten tavoitteet ovat suhteellisen vaatimattomia. Tällöin neuvotteluprosessi on yksinkertainen eli hallinnolliset kustannukset ovat alhaiset, mutta toisaalta saavutettavat tulokset eivät välttämättä ole merkittäviä. Laajat ja tavoitteeltaan kunnianhimoiset vapaaehtoiset sopimukset voivat olla tehokkaita, mutta ne edellyttävät tehokkaita neuvottelumenettelyitä, jotka useimmiten voidaan järjestää toimialan yrityksiä varten luoduilla kvasimarkkinoilla.

³⁰ Lisäydinvoiman vaikutus energiasäästön kustannustehokkuuteen olisi vähemmän ongelmallinen mikäli lisäydinvoimaa rakennettaisiin myöhemmin lisää (lisäydinvoimalla myös 2010-luvulla).

Kaiken kaikkiaan lähes kaikki valitut ohjauskeinot ja toimenpiteet vaikuttavat järkeviltä. Sen sijaan ohjauskeino- ja toimenpideyhdistelmät eivät välttämättä ole taloudellisesti tehokkaimpia mahdollisia.

6.4 Ilmasto-ohjelman yleisarviointi

Periaatteessa parhaimmassa tapauksessa kaikkia luvussa 6.3 mainittuja kriteereitä voitaisiin käyttää hyväksi monikriteerianalyyseissä. Ohjelmavaihtoehdot eivät kuitenkaan poikkea kovinkaan paljon toisistaan ei-taloudellisissa vaikutuksissa (SYKE 2001). Lähes kaikissa ohjelmavaihtoehdoissa on käytössä kaikki ohjauskeinot ja toimenpiteet, jolloin jotta ohjelmavaihtoehtojen taloudelliset vaikutukset eroaisivat toisistaan ohjauskeinojen ja toimenpiteiden mitoituksen tulisi poiketa huomattavasti ohjelmavaihtoehdosta toiseen. Ohjelmavaihtoehdoilla ilman energiaverotusta (NONEV) on alhaisempi peruuntuvuusriski ja ehkä enemmän hyödyllisiä sivuvaikutuksia. Näitä ei kuitenkaan voida yksityiskohtaisesti todistaa sillä tietämyksellä mitä ko. ohjelmavaihtoehdoista on saatavilla.

Ohjelmavaihtoehtojen yleisarviointi perustuu laskettuihin taloutta ja energiajärjestelmää kuvaaviin mittareihin. Lisäkriteereiden valinta perustuu kyselyllä saatuihin tietoihin asianosaisten arvostuksista (liite 5). Näin on luotu arvostusvaihtoehtoja, jotka kokonaistaloudelliset vaikutusten lisäksi ottavat huomioon kestävä kehityksen toteutumista, päästöjen vähentämisen tehokkuutta ja kustannusten jakoa taloudenpitäjien kesken (teollisuus ja kotitaloudet). Arviointi perustuu seuraaviin kriteereihin. Suluissa mainitaan kriteerin mukainen indikaattori mikäli sellainen tarvitaan.

- bruttokansantuotteen määrä (prosenttiero perusskenaarioon verrattuna).
- päästöjen vähentämisen yksikkökustannus.
- kotitalouksien kulutus (prosenttiero perusskenaarioon verrattuna).
- teollisuuden raskaiden toimialojen tuotanto (ero prosenteissa perusskenaarioon verrattuna).
- kotitalouksien kustannustaakan jakaantuminen (asumismuodon vaikutus kotitalouksien kustannukseen, mitataan asumismuotojen kustannusten keskihajonnalla).
- työllisyys (muutos perusskenaarioon verrattuna).
- uusiutuvat energialähteet (osuus primäärienergiälähteistä).
- energiansäästö (ohjelmavaihtoehdon ja perusskenaarion välinen ero primäärienergian kulutuksessa).

- huoltovarmuus A (tuontiriippuvuus A; tuontienergian osuus primäärienergian käytöstä, tuontienergiaa ovat öljy, hiili, maakaasu ja sähkön nettotuonti).
- Huoltovarmuus B (tuontiriippuvuus B; kuin A, mutta myös ydinvoima on määritelty tuontienergiaksi).
- Energiansäästöinvestointien taloudellinen tehokkuus.

Kuhunkin kriteeriin liittyvä indikaattori eli mittari on laadittu siten, että se mittaa tai arvottaa ko. tekijää markoissa ja kaikki vaikutukset ovat arvossa mitattuna samalla tasolla. Monikriteerianalyysissä tarvittavat eri mittareille annettavat painot on asetettu kuvaamaan tyypillisten asianosaisten 'profiilia'. Esimerkiksi tietty asianosainen painottaa suhteessa enemmän kokonaistaloudellisia ja teollisuuden kustannuksia, tietty taas uusiutuvien energialähteiden käytön edistymistä, tietty taas kotitalouksille koituvaa taakkaa (kulutus ja kustannusten hajonta asumismuodon mukaan).

Monikriteerianalyysillä saadut arviot ohjelmavaihtoehtojen paremmuudesta perustuvat ehkä hieman kärjistämällä saatuihin profiileihin. Intressiryhmien edustajilla on tietystä mielessä kuitenkin vastaavia piirteitä. Todellisuudessa minkään intressipiirin edustajan mieltymykset ja arvostukset eivät tietenkään ole näin pelkistettyjä ja yksinkertaisia kuin monikriteerianalyysissä oletetaan. Tällöin arvioinnin tulosta ei tule tulkita intressiryhmien ohjelmavaihtoehtojen vaikutuksia koskeviksi kannanotoiksi. Tarkoituksena on selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat suhteellisen paljon lopulliseen tulokseen, kun lähtötilanne eli tulokset ovat tiedossa. Toinen tulkinta tuloksille voisi olla, mitä tapahtuu ohjelmavaihtoehtojen paremmuusjärjestykselle mikäli asianosaisten prioriteetit muuttuvat.

Arviointi perustuu varsin yksinkertaiseen hyötyfunktioon (additiivinen hyötyfunktio). Yksityiskohtia selitetään tarkemmin liitteessä 6. Taulukossa 6.2 on esitetty kunkin asianosaisten (kolme 'profiilia') painojärjestelmä. Stilisoituja intressiryhmien edustajia on kolme: taloudellisia vaikutuksia painottava, kotitalouksien kustannuksia painottava ja kestävän kehityksen toteutumista painottava. Kuten jo todettiin kyseiset painotuserot ilmenevät myös käytävässä keskustelussa, vaikka eivät tietysti näin yksinkertaistettuina tapauksina.

Taulukko 6.2. Kolmen stilisoidun intressiryhmän edustajan painotusjärjestelmät

Kriteerit	Kriteereiden painotusjärjestelmät		
	Taloudelliset vaikutukset	Kotitalouksien tilanne	Kestävän kehityksen toteutuminen
Bruttokansantuotteen määrä	0,40	0,20	0,15
Päästöjen vähentämisen yksikkökustannus	0,06	0,02	0,00
Kotitalouksien kulutus	0,10	0,28	0,20
Teollisuuden raskaiden toimialojen tuotanto	0,25	0,03	0,01
Kotitalouksien kustannustaakan jakaantuminen	0,00	0,12	0,07
Työllisyys	0,03	0,20	0,20
Uusiutuvat energianlähteet	0,03	0,03	0,12
Energiansäästö	0,03	0,05	0,12
Huoltovarmuus A	0,04	0,02	0,03
Huoltovarmuus B	0,04	0,02	0,03
Energiansäästöinvestointien taloudellinen tehokkuus	0,06	0,05	0,10

Tulokset on arvioitu neljällä eri painotuksella. Yhdessä painotuksessa jokaisella taulukossa 6.2 esitetyllä edustajalla on sama paino eli 33,33 %. Kolme muuta painotusta on luotu siten, että yhdellä edustajalla (profiililla) on aina 90 % paino ja kahdella muulla edustajalla on viiden prosentin paino kummallakin. Taulukossa 6.3. on esitetty näiden neljän painotuksen ja kokonaistaloudellisen mallin mukaiset ohjelmavaihtoehtojen paremmuusjärjestykset. Vaihtoehdossa A (tuontienergian osuus A) ydinvoima ei ole tuontienergian lähde ja vaihtoehdossa B se on tuontienergiaa. Tarkemmat luvut on esitetty liitteessä 6.

Ei-taloudellisten kriteereiden lisääminen arviointiin vaikuttaa parantavan KIO1:en asemaa. Taloudelliset arvot, sekä kokonaistaloudellisilla kriteereillä että kotitalouksien kulutuksella arvioituna, vaikuttavat puolestaan parantavan KIO2:n asemaa. Mikäli tavoitteena on kestävän kehityksen toteuttaminen KIO1:en asemaa parane. Kuitenkin tietyt seikat ovat suhteellisen pysyviä eli ne eivät juurikaan vaihtelee painojen mukaan. Ensinnäkin ohjelmavaihtoehdot ilmanliikennepolttonesteiden verojen korotuksia rankataan suhteellisen usein parhaimmiksi. Toisaalta ohjelmavaihtoehdot ilman energiaverojen korotuksia rankataan suhteellisen usein huonoimmiksi vaihtoehdoiksi. Taulukossa 6.3 esitetään vain kuuden ohjelmavaihtoehdon keskinäinen paremmuus.

Huoltovarmuus ja sen tulkinta vaikuttaa suhteellisen paljon ohjelmavaihtoehtojen paremmuusjärjestykseen, kun tilannetta verrataan pelkästään taloudellisilla kri-

teereillä saatavaan järjestykseen.³¹ Energiansäästön vaikutus on pienempi. Kun tavoitteet on saavutettu, ei ole erityisen tärkeää, kuinka ne saavutetaan. Tämä seikka on otettu huomioon hyötyfunktion ja painojärjestelmien laadinnassa. Mikäli kestävä kehityksen toteutumisessa itse prosessi on tärkeää kestävä kehityksen kriteeri alkaa vaikuttaa tuloksiin.

Tulokset ovat jo laskettuja eivätkä enää muutu, koska taustalla olevat ohjelmavaihtoehdot ovat myös muuttumattomia. Tällöin tulosten tulkinnan merkitys kasvaa. Tässä luvussa tehdyllä esimerkillä voidaan osoittaa, että ensinnäkin huoltovarmuus eli tuontien energian määrä ja kestävä kehityksen toteutuminen ovat tärkeitä näkökulmia tulosten tulkintaan.

Sija	Samat painot WA	Taloudelliset kustannukset WA	KESSU	Kotitalouksien kustannukset WA	Kestävän kehi- tyksen toteutu- minen WA
6	KIO1-NONEV	KIO1-NONEV	KIO1-NONEV	KIO1-NONEV	KIO2-NONEV
5	KIO2-NONEV	KIO1*	KIO1*	KIO2-NONEV	KIO1-NONEV
4	KIO1*	KIO2-NONEV	KIO2-NONEV	KIO1*	KIO2*
3	KIO2*	KIO1-NONLV*	KIO1-NONLV*	KIO2*	KIO1*
2	KIO1-NONLV*	KIO2*	KIO2*	KIO1-NONLV*	KIO2-NONLV*
1	KIO2-NONLV*	KIO2-NONLV*	KIO2-NONLV*	KIO2-NONLV*	KIO1-NONLV*

Sija	Samat painot WB	Taloudelliset kustannukset WB	KESSU	Kotitalouksien kustannukset WB	Kestävän kehi- tyksen toteutu- minen WB
6	KIO1-NONEV	KIO1-NONEV	KIO1-NONEV	KIO1-NONEV	KIO1-NONEV
5	KIO2-NONEV	KIO2-NONEV	KIO1*	KIO2-NONEV	KIO2-NONEV
4	KIO1*	KIO1*	KIO2-NONEV	KIO1*	KIO2*
3	KIO2*	KIO2*	KIO1-NONLV*	KIO2*	KIO2-NONLV*
2	KIO2-NONLV*	KIO1-NONLV*	KIO2*	KIO1-NONLV*	KIO1*
1	KIO1-NONLV*	KIO2-NONLV*	KIO2-NONLV*	KIO2-NONLV*	KIO1-NONLV*

³¹ Periaatteessa huoltovarmuutta voidaan tarkastella riskianalysillä. Tällöin pyritään laskemaan riskin vähentämisen kustannukset (kun huoltovarmuuden vakuutusmaksu) ja arvioimaan energiahuollon häiriöiden kustannuksia.

7 Johtopäätökset

Tärkeimmät johtopäätökset ovat seuraavat:

- Ilmasto-ohjelman (KIO) toteuttamisen taloudelliset vaikutukset bruttokansantuotteen määrällä ja kotitalouksien kulutuksella mitattuna ovat negatiiviset, mutta suhteellisen pienet.
- Vuoden 2010 tilanteen mukaan arvioituna bruttokansantuotteen määrä on ilmasto-ohjelman vuoksi 0,3 % - 0,6 % alhaisempi kuin perusskenaariossa ja kotitalouksien kulutus on 0,6 % - 0,9 % alhaisempi kuin perusskenaariossa (ilman ohjelmaa).
- Yllä esitetyt tulokset perustuvat laskelmiin, joissa energiaveron nettokertymän muutos palautetaan kotitalouksien tuloverojen alennuksina ja työnantajien sosiaalivakuutusmaksujen alennuksina. Laskelmat siis perustuvat tasapainotettuun budjettiin. Näiden lisäksi energiaverojen nettokertymä voidaan palauttaa taloudenpitäjille alentamalla arvonnäköverotusta.
- Energiaverotus yhdistettynä energiaverokertymän takaisinkierrätykseen on kokonaistaloudellisten kustannusten kannalta suhteellisen tehokas ohjauskeino. Takaisinkierrätys selkeästi vähentää energiaverojen kokonaistaloudellista kustannusta.
- Ohjelmavaihtoehdot, joissa ei toteuteta energiaverojen korotuksia aiheuttavat kotitalouksille suuremmat kustannukset kuin energiaverojen korotukset sisältävät ohjelmavaihtoehdot. Ilman energiaverojen korotuksia kotitalouksien kulutus alenee 1 % - 1,2 %. Näissä ohjelmavaihtoehdoissa energiaverojen kiristämisen hiilidioksidipäästöjä alentava vaikutus kompensoidaan muita toimenpiteitä ja tukia lisäämällä. Tyypillisesti energiaverotusta korvaavat toimet ovat kalliimpia kuin energiaverojen korotus. Koska näissä ohjelmavaihtoehdoissa energiaverojen nettokertymä alenee, julkisen sektorin budjettitasapainon ylläpitämisen vuoksi kotitalouksien tuloverotusta kiristetään.
- Lisäydinvoima vaikuttaa kotitalouksien kulutuksella ja bruttokansantuotteella mitattuna 0,1 % - 0,2 % kustannuksia alentavasti. Lisäydinvoiman kustannusetu riippuu ohjelmavaihtoehdosta ja energiaverojen takaisinkierrätysmenetelystä. Kustannuseroa, joka on 0,1 % tai pienempi ei voida pitää näiden mallilaskelmien tulosten tulkinnassa merkitsevänä erona.
- Raskaan teollisuuden tuotannon alennus perusskenaarioon verrattuna vuonna 2010 vaihtelee välillä 0,1 % - 0,4 % ja vastaavasti kevyen teollisuuden tuotannon alentumisen vaihteluväli on 0,15 % - 0,25 %. Maatalouden ja yksityisten palveluiden tuotanto alenee 0,3 % - 0,6 %.

- Lisäydinvoima puolittaa raskaan teollisuuden kustannukset (tuotannon muu- toksella mitattuna). Kevyen teollisuuden ja palveluiden kustannuksiin lisä- ydinvoima vaikuttaa suhteellisen vähän.
- Energiaverokertymän palautusmenettely vaikuttaa jossakin määrin ko. vero- kertymillä kokonaistaloudellisiin tuloksiin. Yksityiset palvelut ja kevyt teolli- suus hyötyvät, kun energiaverojen kertymän takaisinkierrätys kohdistetaan kotitalouksien tuloverojen alentamiseen.
- Keskimääräinen kustannus kotitaloutta kohden energiaverojen takaisinkier- rätysten jälkeen vaihtelee 1200 markasta 1800 markkaan vuodessa vuoden 2010 tilanteen mukaan arvioituna. Vaihtoehtoisissa ilman energiaverojen ko- rotuksia keskimääräinen kustannus kotitaloutta kohden vaihtelee 2000 mar- kasta 2400 markkaan. Lisäydinvoima alentaa kotitalouksien keskimääräistä kustannusta 270-420 markkaa. Lisäydinvoima pienentää hieman kotitalous- tyyppien välistä kustannusten hajontaa.
- Ohjelmavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuvat kustannukset kotitaloutta kohden riippuvat merkittävästi kotitalouden asunontyyppistä ja lämmitysjär- jestelmästä. Liikennepolttoaineiden lisäverojen sisällyttäminen ohjelmavaih- toehtoon lisää kotitalouksien välisiä kustannuseroja, koska henkilöautojen omistus ja vuotuiset ajokilometrit vaihtelevat suhteellisen paljon kotitalou- desta toiseen.
- Ohjelmavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuva elinkustannusten suhteellinen muutos eli kustannusten muutos suhteutettuna käytettävissä oleviin tuloihin riippuu edellä esitetyistä tekijöistä ja kotitalouksien tuloista. Kotitaloustyypp- pikohtaisesti laskettuna erot suhteellisessa muutoksessa ovat varsin pieniä. Joissakin kotitaloustyypeissä kustannukset kohoavat hieman yli yhteen pro- senttiin käytettävistä olevista tuloista ja näihin kotitaloustyypeihin kuuluu noin yhdeksän prosenttia kotitalouksista. Yksittäisten kotitalouksien suhteelli- set kustannukset voivat olla tätäkin suuremmat. Vastaavasti myös tietyillä yk- sittäisillä yrityksillä kustannukset voivat olla huomattavasti keskiarvoa suuremmat.
- Vuoden 2010 jälkeen lisäydinvoiman sisältävien ohjelmavaihtoehtojen kus- tannukset kasvavat hitaammin kuin ohjelmavaihtoehtojen, joissa ei oleteta li- säydinvoimaa.
- Tulosten epävarmuudesta ja herkkyydestä ulkoisten olosuhteiden muutokseen kannattaa todeta kolme seikkaa:
 - mikäli kansainvälisellä tasolla hyödynnetään joustavuusmekanismeja (päästöoikeuksien kauppa ja yhteistoteutus) kotimaisiin ilmasto-ohjelmaan

kohdistuu todennäköisesti muospaineita, koska ko. ohjelma mahdollistaa suhteellisen merkittävän kustannussäästön toteuttamisen.

- Perusskenaarion oletus Pohjoismaisten sähkömarkkinoiden kehittymisestä eli sähkön tuonnin lakkaaminen muista pohjoismaista sähkön korkean markkinahinnan vuoksi, lienee varsin realistinen. Toisaalta on mahdollista, että sähkön tuonti säilyy tiettyyn määrään saakka kilpailukykyisenä vaihtoehtona. Ilman lisäydinvoimaa sähkön tuontimahdollisuus alentaa kustannuksia, mutta lisäydinvoimavaihtoehtoissa sähkön tuonnilla on hyvin vähäinen vaikutus kustannuksiin.
- EU:n tasolla toteuttavan ja jo perusskenaarioon sisältyvän viiden litran henkilöauton käyttöönoton onnistumista voidaan epäillä. Kyseisen toimenpiteen kustannuksettomuus ja ulkopuolisista olosuhteista riippuminen tekee siitä houkuttelevan toimenpiteen, mutta tarkemmin analysoituna ko. politiikan toteuttaminen on epävarmaa. Mikäli ko. politiikka epäonnistuu ei ole itsestään selvää, että päästövähennysvajeen edellyttämät toimenpiteet toteutetaan liikennesektorilla.
- Laajemmalla arviointikehikolla tarkasteltuna (sisältää muitakin vaikutuksia kuin kokonaistaloudelliset kustannukset) osoittautuu, että ohjelmavaihtoehtojen keskinäinen paremmuusjärjestys useimmiten muistuttaa puhtaasti taloudellisilla muuttujilla saatavaa järjestystä. Ohjelmaluonnosten paremmuusjärjestys muuttuu vain mikäli muille kuin taloudellisille tuloksille annetaan merkittävästi enemmän painoa. Luonnollisesti ohjelmavaihtoehtojen keskinäiseen järjestykseen vaikuttaa aikajänne, jolla vaikutuksia tarkastellaan. Ohjelmavaihtoehtojen tavoitteena on ensimmäisen sopimuskauden velvoitteiden toteuttaminen, mutta todennäköisesti nyt aloitettava ilmastopolitiikka on osa huomattavasti pidempikestoista prosessia.

Suosituks

- Ohjelmavaihtoehtoihin liittyviin joihinkin ohjauskeinoihin tulisi liittää automaattinen päivitysjärjestelmä. Esimerkiksi energiaverojen tasojen tulisi riippua tuontienergian hinnasta.
- Kansainvälisen päästöoikeuksien kaupan tapauksessa on suositeltavaa, että kotimaisten ja ulkomaisten toimien hyväksikäyttö koordinoidaan huolellisesti mukaan lukien yhteistoteutukseen ja kestäväen kehityksen mekanismiin liittyvät toimet. Joustavuusmekanismien hyväksikäytöllä voidaan vähentää ilmastopolitiikan taloudellista kasvua hidastavaa vaikutusta ja alentaa kotimaisten toimien kustannuksia.
- Kotitalouksien kustannukset ovat suhteellisen alhaiset. Kuitenkin suurimmat ehkä epäoikeudenmukaiseksi koetut kustannukset riippuvat pitkälti paikalli-

sista olosuhteista. Tällöin mahdolliset kustannusten nousun kompensointi tulee toteuttaa pikemminkin paikallisella kuin kansallisella tasolla.

Lähteet

- Buonanno, P. - C. Carraro - E. Castelnuovo - M. Galeotti (1999): *Efficiency and Equity of Emission Trading with Endogenous Environmental Change*, paper at IEA/EAD Conference on Energy Modelling, Paris, June 1999.
- Hetemäki, M. - E.-L. Kaski (1992): *KESSU IV- An Econometric model of the Finnish economy*, Ministry of Finance, Helsinki.
- IEA (2000): *Experience Curves for Energy Technology Policy*, Paris.
- Kauppa- ja teollisuusministeriö KTM (1999): *Uusiutuva energia ohjelma*, Helsinki.
- Kauppa- ja teollisuusministeriö KTM (2000): *Energiasäästö-ohjelma (ESO)*, Helsinki.
- Kauppa- ja teollisuusministeriö KTM (2001): *Kasvihuonekaasujen vähentämistarpeet ja –mahdollisuudet Suomessa – Kansallisen ilmasto-ohjelman taustaselvitys*, Helsinki.
- Kemppi, H. - A. Perrels - J. Pohjola (2001): *Kasvihuonekaasupäästöjen alentamisen taloudelliset vaikutukset Suomessa – Vaiheen 1 loppuraportti, VATT-tutkimuksia 73*.
- Kemppi, H. - J. Pohjola (2000): *'Hiilidioksidipäästöjen rajoittamisen kustannusten arvioinnissa käytetyt käsitteet ja mittarit'*, VATT discussion paper 238, Helsinki.
- Liikenne- ja viestintäministeriö LVM (2000): *Kohden kansallista ilmasto-ohjelmaa - liikenteen kasvihuonekaasujen päästöt, vähentäminen ja vaikutukset - Luonnos 19.9.2000*, Helsinki.
- Maa- ja metsätalousministeriö MMM (2000): *Metsät ilmastopöytäkirjassa ja Kioton pöytäkirjassa*, MMM:n julkaisu 1/2000, Helsinki.
- OECD (2000a): *Greening tax Mixes in OECD Countries: a preliminary assessment*, OECD, COM/ENV/EPOC/DAFFE/CFA(99)112 Final, Paris.
- OECD (2000b): *Ancillary Benefits and Costs of Greenhouse Gas Mitigation*, Paris.
- Parry, M.L. (ed.) (2000): *Assessment of Potential Effects and Adaptations for Climate Change in Europe: The European ACACIA project*, University of East-Anglia, Norwich, UK.
- Perrels, A.H. (2000): *Selecting Instruments for a Greenhouse gas Reduction Policy in Finland*, VATT research reports 69, Helsinki.

Seebregts, A.J - T. Kram - G.J. Schaeffer - A. Stoffer - S. Kypreos - L. Barreto - S. Messner - L. Schrattenholzer (1999): *Endogenous Technological Change in Energy System Models – synthesis experience with ERIS, MARKAL and MESSAGE*, ECN/PSI/IIASA, ECN-C-99-025.

Tilastokeskus (Statistics Finland) (2000): *Ympäristöala Suomessa, Katsaus 7/2000*, Helsinki.

Ympäristöministeriö YM (2000): *Kansallinen ilmasto-ohjelma - ympäristöministeriön sektoriselvitys*, Helsinki.

LIITE 1 - SANASTO

Yksiköt

Kilo (k)	1000	Mega (M)	1000.000
Giga (G)	1000.000.000	Tera (T)	1000.000.000.000
Peta (P)	1000.000.000.000.000	Exa (E)	1000.000.000.000.000.000

	TOE	MWh	GigaJoule
TOE	1	11,630	41,868
MWh	0,0856	1	3,6
GigaJoule	0,0239	0,2778	1

ILMASTOPOLIITTISIA TERMEJÄ

Ilmastopolitiikka:

Politiikka, jonka tavoitteen on ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuden alentaminen. Ilmastopolitiikka sisältää toimenpiteet kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseksi, kuten hiilidioksidipäästövapaiden energiamuotojen laajemman käytön, sekä ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksien alentamisen hiilen nieluja lisäämällä.

Kioton pöytäkirja:

Ensimmäinen kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseen tähtäävä kansainvälinen sopimus. Sopimuksen mukaan ensimmäisellä sopimuskaudella 2008-2012 tietyt teollisuusmaat vähentävät kasvihuonekaasupäästöjään vuoden 1990 tasoon verrattuna. Sopimuksessa Euroopan yhteisön tavoite on kahdeksan prosentin vähennys päästöissä, Yhdysvaltojen seitsemän prosentin ja Japanin tavoite on kuuden prosentin vähennys vuoden 1990 kasvihuonekaasupäästötasoon verrattuna.

Annex B/Annex 1 maat:

Maat joita Kioton pöytäkirjan sopimus koskee. Periaatteissa päästökauppa näiden maiden välillä on mahdollista, koska kaikilla on kasvihuonekaasupäästökauppi.

Joustavuusmekanismit:

Kioton pöytäkirjassa mainittuja menettelyjä päästötavoitteen toteuttamiseksi. Joustavuusmekanismeja ovat päästöoikeuksien kauppa, yhteistoteutus ja puhtaan kehityksen mekanismi. Kaksi viimeksi mainittua ovat projektikohtaisia menettelyitä, kun päästöoikeuksien kauppa sallii laajamittaisen päästöoikeuksien siirron maiden ja/tai yritysten välillä. Päästöoikeuksien markkinat toimivat periaatteessa kuin mitkä tahansa markkinat.

Kasvihuonekaasupäästörajoite:

Talouden kasvihuonekaasupäästöjä koskeva päästökatto eli suurimmat sallitut kasvihuonekaasupäästöt. Päästökatto koskee tiettyjen tulevien vuosien kasvihuonekaasupäästöjä, jolloin oleellista on mitkä olisivat kyseisten vuosien kasvihuonekaasupäästöt perusskenaariossa (ilman kasvihuonekaasupäästörajoitetta). Perusskenaarion kasvihuonepäästöjen ja kasvihuonekaasupäästökaton välinen päästökuilu ilmaisee kuinka paljon kasvihuonekaasupäästöjä on vähennettävä. Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen taloudelliset vaikutukset riippuvat muun muassa siitä, kuinka suuri päästökuilu on.

TALOUDELLISIA TERMEJÄ

Päästöjen rajoittamisen rajakustannus:

Ilmaisee yhden päästöyksikön vähentämisen aiheuttaman kustannuksen muutoksen. Rajakustannus viittaa usein viimeiseen juuri päästötavoitteen toteuttavan päästöyksikön vähentämisen aiheuttamaan kustannusten muutokseen. Rajakustannuksella voidaan tarkoittaa joko tietyn toimenpiteen erillistä rajakustannusta tai esimerkiksi koko energiajärjestelmän rajakustannusta. Tuotannon rajakustannus määritellään samalla tavoin yhden hyödykkeen tuottamisen aiheuttamaksi kustannusten muutokseksi.

Tuotannon yksikkökustannus:

Yhden hyödykkeen tuottamisen keskimääräinen kustannus (kokonaiskustannukset jaettuna tuotannon määrällä) ja päästöjen rajoittamisen yhteydessä päästöjen rajoittamisen keskimääräiset kustannukset (kokonaiskustannukset jaettuna vähennettyjen päästöjen määrällä). Keskimääräiset kustannukset eli yksikkökustannukset ovat useimmiten alhaisemmat kuin rajakustannukset. Vastaavasti määritellään päästöjen rajoittamisen yksikkökustannus.

Vaihtoehtois kustannus:

Tulo tai tuotto joka menetetään valitsemalla tietty investointikohde toisen investointikohteen sijaan. Vaihtoehtois kustannuslaskennassa, kuten kustannushyöty-analyysissä oletetaan tietty vaihtoehtois kustannus, kuten esimerkiksi viiden prosentin korko.

Joustavat reaali palkat:

Palkkakustannusten oletetaan joustavan siten, että taloudessa säilyy täystyöllisyys. Esimerkiksi öljyn hinnan nousu ei aiheuta joustavien reaali palkkojen tapauksessa nimellispalkkojen kompensatiota.

Kiinteät reaali palkat:

Palkkojen reaali n ostovoima on kiinnitetty, jolloin taloutta kohtaava hinta-shokki, kuten öljynhinnan nousu, aiheuttaa nimellispalkkojen nousun. Koska taloutta kohdannut shokki johtaa työn tuottavuuden alentumiseen (työnantajien näkökulmasta), kiinteiden reaali palkkojen vallitessa taloutta kohdannut shokki johtaa työllisyyden heikentymiseen.

Välittömät kustannukset:

Tässä tutkimuksessa välittömät kustannukset ovat energiajärjestelmällin suorien teknisten toimien kustannusten ja energiaverojen summa.

Kokonaistaloudelliset kustannukset

Tässä tutkimuksessa aiheutuvat kokonaistaloudelliset kustannukset, kun välittömät kustannukset kokonaisuudessa syötetään kokonaistaloudelliseen malliin ja kyseisistä kustannuksista energiaverojen osuus kierrätetään takaisin taloudenpitäjille muiden verojen alennuksina. Kokonaistaloudellisiin kustannuksiin siis vaikuttaa välittömien kustannusten määrän ja kohtaannon lisäksi myös se, kuinka energiaverojen takaisinkierrätys toteutetaan kokonaistaloudellisessa mallissa. Kokonaistaloudellisiä kustannuksia mitataan useilla mittareilla, kuten bruttokansantuotteen ja kotitalouksien kulutuksen muutoksella.

Bruttokansantuote

Toisaalta se on talouden pääomatulojen ja työtulojen summa, ja toisaalta se on talouden kulutuksen ja investointien summa. Bruttokansantuotteen mukaiset tulot on käytettävissä kulutukseen, pääoman kulumisen korvaamiseen ja investointeihin.

Tasapainotettu budjetti

Kokonaistaloudellisissa mallilaskelmissa oletettu rajoite, jonka mukaan julkisen sektorin (vero)tulot vastaavat julkisen sektorin menoja. Johtaa mallilaskelmissa siihen, että tietyn veron nosto/lasku täytyy kompensoida jonkin muun veron laskulla/nostolla (eli *veroja kierrätetään takaisin*). Mallilaskelmissa sosiaaliturvamaksumat tulkitaan veroksi, jolloin myös niitä voidaan käyttää takaisinkierätykseen. Tasapainotetun budjetin oletus yksinkertaistaa laskelmien tulosten tulkintaa, koska talouden tasapainon muutos ei tasapainotetun budjetin tapauksessa johdu julkisen sektorin koon muutoksesta. Tasapainotettu budjetti on myös periaatteellinen kannanotto, koska esimerkiksi ilmasto-politiikan tavoitteena ei ole julkisen sektorin koon muuttaminen.

Kohtaanto

Tarkoitetaan veron/tuen lopullista maksajaa/hyötyjää. Taloustieteessä kohtaanto sisältää usein sekä määrien että hintojen muutoksen vaikutuksen. Esimerkiksi työvoimaveron vaikutus sekä työn hintaan että työllisyyteen, jolloin verotuksen kohtaanto työvoiman näkökulmasta riippuu näiden kahden tekijän yhteisvaikutuksesta. Useimmiten esimerkiksi työvoimaveron korotuksen maksavat sekä työnantajat että työntekijät. Samoin toimivat useimmat energiamarkkinat.

Hyvinvointi l. hyöty

Taloudellisissa laskelmissa joko kulutuksesta tai kulutuksesta ja vapaa-ajasta kuluttajille koituva hyöty. Käytännössä hyvinvointia l. hyötyä ei voida tarkasti mitata. Taloudelliseen hyvinvointiin vaikuttavat myös useat vaikeammin mitattavat asiat, kuten ympäristön laatu sekä tuotteiden ja palveluiden laadun paraneminen. Bruttokansantuote ei mittaa hyvinvointia. Usein taloudellisen hyvinvoinnin muutosta mitataan kotitalouksien kulutuksen muutoksella.

Tekninen kehitys

Taloustieteessä tällä tarkoitetaan teknisistä innovaatioista seuraava tuottavuuden kasvu. Esimerkiksi prosessiteollisuudessa on tapahtunut voimakas työtä säästävä tekninen kehitys. Tekninen kehitys voi johtaa työn tuottavuuden kasvun lisäksi pääoman säästöön, energian säästöön ja materiaalien säästöön. Kuluttajien kannalta positiivinen tekninen kehitys ilmenee tuotteiden hintojen alentumisena (reaalinen ostovoima kasvaa) ja/tai tuotteiden laadun paranemisena. Käytännön esimerkki tällaisesta kehityksestä ovat tietokoneet ja matkapuhelimet.

TEKNISTÄ SANASTOA

Primäärienergia:

Energiamuodot, joita hyödynnetään energiantuotannossa. Primäärienergianlähteitä ovat muun muassa öljy, uraani, maakaasu, kivihiili, turve, hake, vesivoima, tuulivoima ja sähkön tuonti.

Energiankantaja: energian muoto, jolla energiantuotannon energiahyödyke toimitetaan kuluttajille. Muun muassa sähkö, kaukolämpö ja nestemäiset polttoaineet ovat energiankantajia.

Energian loppukäyttö tai energian laatu

Energianloppukäytöllä voidaan tarkoittaa energiankuluttajan käyttämää energiankantajan määrää (kuten sähkön määrää) tai energian laatua eli lopullisen hyötyenergian määrää (kuten valaistustehoa). Esimerkiksi sähkölampussa energian loppukäyttö voi 100 wattia (tehona ilmaistuna), mutta vain 5 % sähköstä käytetään valon tuotantoon. Energiankäytön tehokkuudella pyritään nimenomaan parantamaan energian laadun eli lopullisen hyötyenergian ja energiankantajan määrän välistä suhdetta.

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto

Suomessa yleinen sähkön ja lämmön tuotantomuoto sekä yhdyskunnissa että teollisuudessa.

Vastapainevoimalassa kehitetään polttoaineella höyrykattilassa höyryä, joka johdetaan höyryturbiiniin, jonka akselille on sijoitettu sähkögeneraattori. Höyryturbiinin hukkalämpö käytetään joko kaukolämmön ja/tai prosessihöyryn tuotantoon. Tyypillisesti vastapainevoimalassa tuotetaan kahta lämpöyksikköä kohden yksi yksikkö sähköä. Yhdistyn tuotannon *maakaasu-kombivoimalassa* kaasua poltetaan ensiksi kaasuturbiinissa, jonka akselille on sijoitettu 1. sähkögeneraattori. Kaasuturbiinin jätelämmöllä tuotetaan höyrykattilassa höyryä, joka johdetaan höyryturbiiniin, jonka akselilla on 2. sähkögeneraattori. Höyryturbiinin jätelämmöllä tuotetaan joko kaukolämpöä ja/tai prosessilämpöä. Maakaasu-kombivoimalassa tyypillisesti tuotetaan yksi yksikkö sähköä yhtä tuotettua lämpöyksikköä kohden. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa sähkön tuotannon hyötysuhde on jonkin verran alhaisempi kuin lauhdevoimalla tuotetussa sähkön- tuotannossa, mutta kokonaisuutena prosessi säästää huomattavasti polttoainetta erillisiin tuotantoihin verrattuna. Kyseinen polttoaineen säästöstä aiheutuva kustannusetu voidaan jakaa useilla tavoilla sähkölle ja lämmölle.

Lauhdesähkön tuotanto

Erillisen sähköntuotannon tuotantomuoto, jossa jätelämpö johdetaan joko ilmaan (lauhdetornien kautta) tai veteen (Suomessa käytössä). Lauhdesähköä tuotetaan Suomessa ydinvoimaloissa ja kivihiihivoimaloissa. Myös maakaasu voi olla lauhdetuotannon polttoaine, jolloin prosessiin yhdistetään sekä kaasuturbiini että höyryturbiini eli kyseessä maakaasu-kombivoimalaitos. Lauhdutus tehostaa sähköntuotannon hyötysuhdetta yhteistuotannolla tuotettuun sähkön verrattuna, mutta prosessissa syntyvää jätelämpöä ei hyödynnetä.

Hiilidioksidipäästövapaa energialähde

Energialähde, jonka hyödyntämisessä ei vapaudu hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidipäästövapaita energialähteitä ovat muun muassa tuulivoima, ydinvoima, vesivoima ja geoterminen energia. *Biopolttoaineiden* käytöstä vapautuu hiilidioksidi ilmakehään, mutta ilmastopöytäkirjoissa näitä hiilidioksidipäästöjä ei lueta rajoitettaviin kasvihuonekaasupäästöihin, koska hiilenkierron vuoksi sama määrä hiiltä sitoutuu takaisin kasvillisuuteen ajan myötä (standardisoidun 100 vuoden tarkasteluajanjakson kuluessa).

Uusiutuvat energialähteet

Uusiutuvat energialähteet perustuvat pääasiassa aurinkoenergian tuottamaan energiavirtaan. Näitä ovat vesivoima, tuulienergia, aurinkoenergia, pintamaalämpö ja bioenergia. Muilla luonnon prosesseilla uusiutuvia energialähteitä ovat geoterminen energia ja syvämaalämpö.

LIITE 2 - Mallien syöttötiedot, muokkaukset ja tulokset

Primäärienergian kysyntä

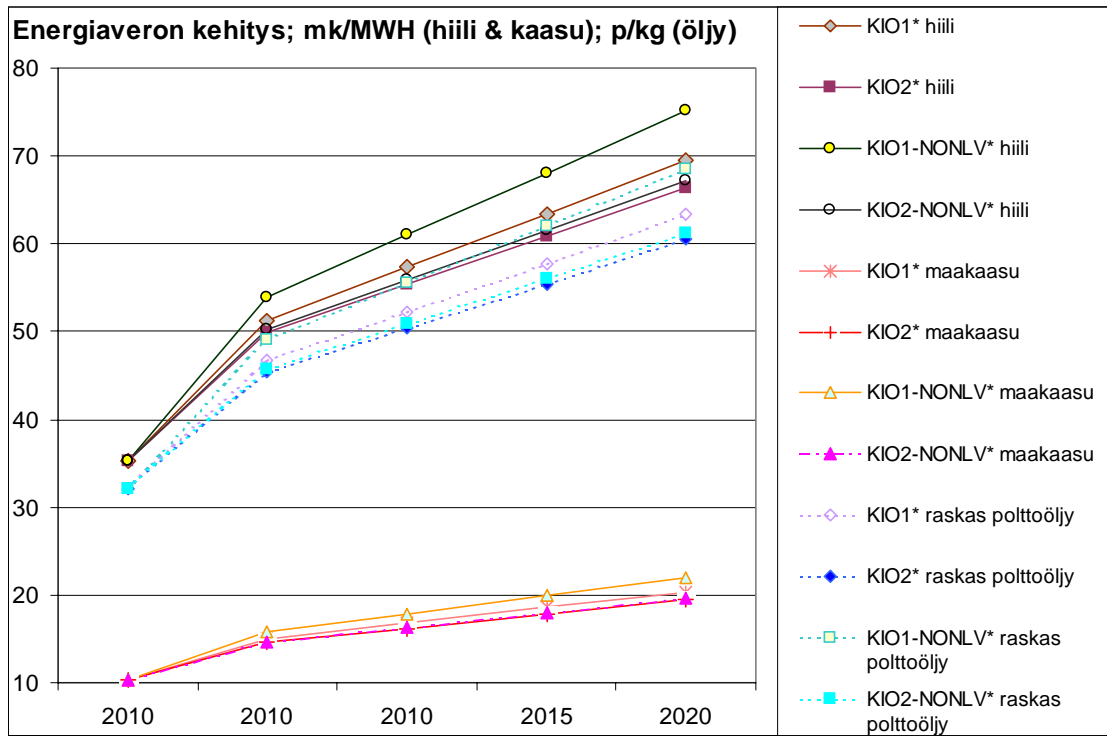
Taulukko 2A.1.

Sektorit	2000	Perusskenaario			KIO1-NONLV			KIO2-NONLV		
		2005	2010	2015	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Sähkön nettotuonti	32	26	20	20	26	22	22	26	20	20
Tuuli- ja vesivoima	49	48	48	49	49	52	57	49	52	57
Ydinvoima	233	233	233	231	233	233	231	233	345	350
Puun energiakäyttö	117	128	138	151	136	155	172	137	147	167
Jäteliemet	140	146	153	158	146	153	158	146	153	158
Reaktiolämpö	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Öljy	363	381	371	356	376	380	357	380	359	341
Maakaasu	144	167	189	199	192	241	255	182	188	206
Turve	80	75	75	75	75	75	75	75	75	73
Hiili	162	215	239	260	165	54	49	175	103	92
Muut	36	35	40	43	38	62	66	36	53	58
Yhteensä	1357	1460	1513	1550	1443	1434	1448	1445	1503	1529
CO ₂ vapaiden % osuus	44,0	41,0	40,4	40,6	42,3	45,3	46,9	42,2	49,7	51,7
Sektorit	2000	Perusskenaario			KIO1-NONLV(*)			KIO2-NONLV*		
		2005	2010	2015	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Sähkön nettotuonti	32	26	20	20	26	22	22	26	20	20
Vesi- ja tuulivoima	49	48	48	49	49	52	57	49	52	57
Ydinvoima	233	233	233	231	233	233	231	233	342	350
Puun energiakäyttö	117	128	138	151	136	155	172	135	147	168
Jäteliemet	140	146	153	158	146	153	158	146	153	158
Reaktiolämpö	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Öljy	363	381	371	356	376	380	357	382	361	347
Maakaasu	144	167	189	199	192	241	255	182	186	198
Turve	80	75	75	75	75	75	75	75	75	70
Hiili	162	215	239	260	165	54	49	175	108	96
Muut	36	35	40	43	38	62	66	36	53	59
Yhteensä	1357	1460	1513	1550	1443	1434	1448	1445	1503	1529
CO ₂ vapaiden % osuus	44,0	41,0	40,4	40,6	42,3	45,3	46,9	42,2	49,7	51,7

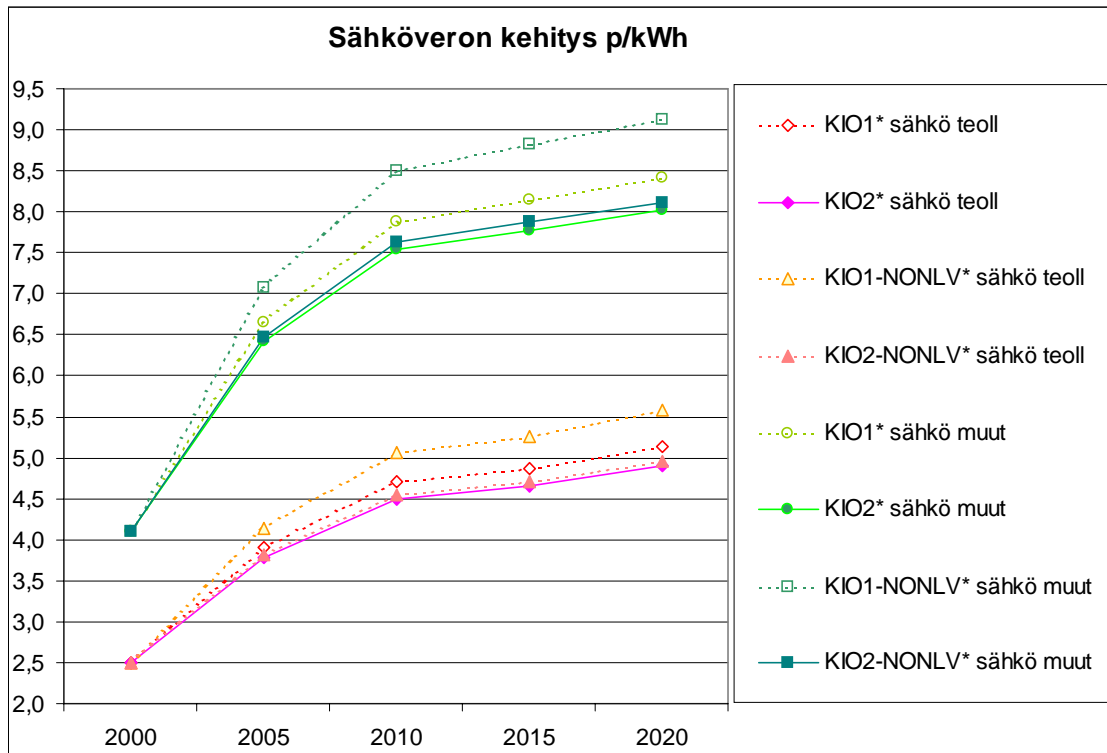
Sektorit	2000	Perusskenaario			KIO1-NONEV			KIO2-NONEV		
		2005	2010	2015	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Sähkön nettotuonti	32	26	20	20	26	22	22	26	20	20
Vesi- ja tuulivoima	49	48	48	49	49	54	62	49	54	57
Ydinvoima	233	233	233	231	233	233	231	233	346	350
Puun energiakäyttö	117	128	138	151	122	140	143	126	124	127
Jäteliemet	140	146	153	158	146	153	158	146	153	158
Reaktiolämpö	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Öljy	363	381	371	356	382	388	368	382	371	358
Maakaasu	144	167	189	199	194	236	247	182	182	198
Turve	80	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Hiili	162	215	239	260	155	53	49	175	105	99
Muut	36	35	40	43	35	59	64	35	56	59
Yhteensä	1357	1460	1513	1550	1423	1419	1425	1435	1493	1508
CO ₂ vapaiden % osuus	44,0	41,0	40,4	40,6	42,3	45,3	46,9	42,2	49,7	51,7

Sektorit	2000	Perusskenaario			KIO1			KIO2		
		2005	2010	2015	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Sähkön nettotuonti	32	26	20	20	26	22	22	26	20	20
Vesi ja tuulivoima	49	48	48	49	49	52	57	49	52	57
Ydinvoima	233	233	233	231	233	233	231	233	345	350
Puun energiakäyttö	117	128	138	151	136	150	172	137	147	167
Jäteliemet	140	146	153	158	146	153	158	146	153	158
Reaktio lämpö	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Öljy	363	381	371	356	370	378	351	374	353	335
Maakaasu	144	167	189	199	191	241	255	182	188	206
Turve	80	75	75	75	75	75	75	75	75	73
Hiili	162	215	239	260	165	54	49	175	103	92
Muut	36	35	40	43	38	62	66	36	53	58
Yhteensä	1357	1460	1513	1550	1436	1427	1442	1439	1496	1522
CO ₂ vapaiden & osuus [#]	44,0	41,0	40,4	40,6	42,3	45,3	46,9	42,2	49,7	51,7

Energiaverojen ura ohjelman vaihtoehdoissa

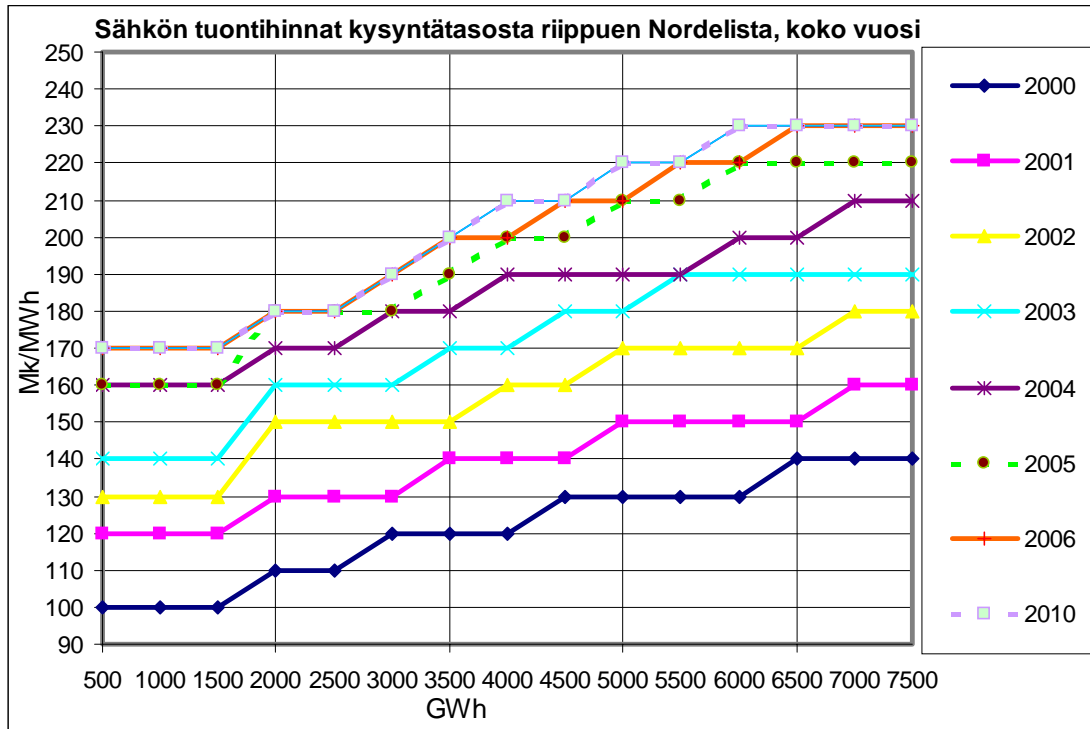


Kuvio 2A.3.

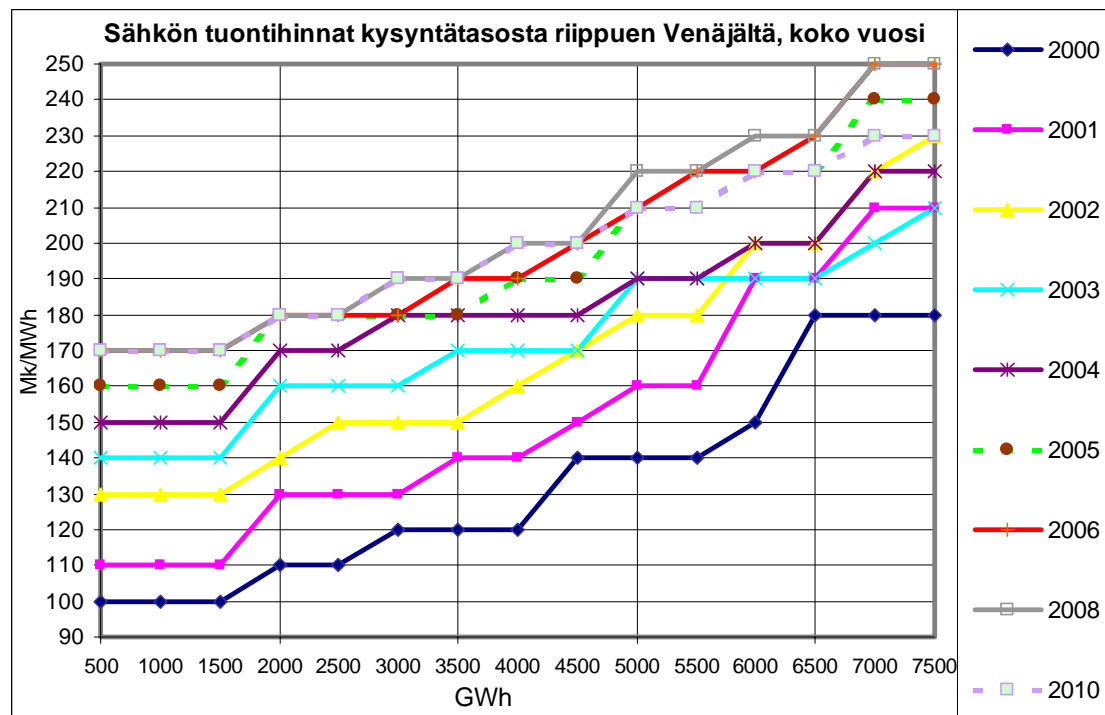


Kuvio 2A.4.

Tuontisähkön hinnat (Lähde VTT Energia)



Kuvio 2A.5. Vuosien 2007-2009 kaaret ovat samat kun vuoden 2010 kaari



Kuvio 2A.6. Vuoden 2007 kaari on sama kun vuoden 2008 ja vuoden 2009 kaari on sama kun vuoden 2010 kaari

Välittömät kustannukset

Taulukko 2A.3.

	KIO2 Verot			KIO1 Verot		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Energiantuotanto	0,15	0,09	0,01	0,07	0,12	0,08
Teollisuus	0,76	1,22	1,48	0,77	1,23	1,43
Palvelut	0,45	0,62	0,72	0,45	0,62	0,68
Kotitaloudet	0,69	0,91	0,94	0,69	0,90	0,89
Liikenne	1,38	2,21	2,53	1,38	2,21	2,53
<i>Yhteensä</i>	3,43	5,05	5,68	3,37	5,08	5,61
	Suorat kustannukset			Suorat kustannukset		
Energiantuotanto	-0,13	-0,35	-0,15	0,01	0,05	-0,23
Teollisuus	0,23	0,58	0,85	0,30	1,30	1,50
Palvelut	0,11	0,43	0,52	0,11	0,43	0,77
Kotitaloudet	0,18	0,72	0,75	0,21	0,77	0,97
Liikenne	-0,26	0,23	0,23	-0,28	0,26	0,24
<i>Yhteensä</i>	0,13	1,61	2,21	0,36	2,83	3,26
<i>Yhteensä = Energiaverot + suorat kustannukset</i>	3,6	6,7	7,9	3,7	7,9	8,9

	KIO2-NONLV Verot			KIO1-NONLV Verot		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Energiantuotanto	0,15	0,09	0,01	0,08	0,14	0,10
Teollisuus	0,76	1,22	1,48	0,84	1,28	1,52
Palvelut	0,45	0,62	0,72	0,48	0,65	0,72
Kotitaloudet	0,69	0,91	0,94	0,73	0,95	0,94
Liikenne	-0,05	-0,38	-0,44	-0,05	-0,38	-0,43
<i>Yhteensä</i>	2,00	2,47	2,71	2,09	2,64	2,84
	Suorat kustannukset			Suorat kustannukset		
Energiantuotanto	-0,13	-0,35	-0,15	0,02	0,07	-0,25
Teollisuus	0,23	0,58	0,85	0,30	1,36	1,52
Palvelut	0,11	0,43	0,52	0,11	0,43	0,77
Kotitaloudet	0,18	0,72	0,75	0,21	0,77	0,97
Liikenne	0,07	0,58	0,59	0,05	0,62	0,60
<i>Yhteensä</i>	0,47	1,96	2,56	0,69	3,24	3,61
<i>Yhteensä = Energiaverot + suorat kustannukset</i>	2,5	4,4	5,3	2,8	5,9	6,5

Kokonaistaloudelliset tulokset vuodelle 2010**Taulukko 2A.4.**

<i>Kustannusmittarit</i>	KIO1* 100% kt. Tulovero	KIO2* 100% kt. tulovero	KIO1 50/50	KIO2 50/50	KIO1 100% kt. tulovero	KIO2 100% kt. tulovero
Bruttokansantuote	-0,4	-0,4	-0,5	-0,3	-0,4	-0,3
Yksityinen kulutus	-0,8	-0,7	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6
Investoinnit	-0,5	-0,4	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5
Vienti	-0,1	0,0	-0,1	0,0	-0,2	-0,1
Tuonti	-0,2	-0,1	-0,3	-0,2	-0,3	-0,2
Työllisyys	-8000	-7000	-9000	-6000	-8000	-6000

Kotitalouden tulonjakovaikutuksen taustainformaatio

Taulukko 2A.5. *Energiansäästöinvestointien kustannukset ja muut ohjelmasta seuraavat kustannukset kotitaloutta kohti vuodessa (markka/kotitalous)*

Vuosi	KIO1	KIO2	KIO1*	KIO2*	KIO1-NONLV	KIO2-NONLV
2005	70	70	70	60	70	70
2008	180	190	170	180	180	190
2010	280	280	280	260	290	280
2015	400	360	380	340	400	370
2020	440	440	430	400	444	440

Taulukko 2A.6. *Välillisestä energiankulutuksesta aiheutuva kotitalouksien elinkustannusten muutos eri ohjelmavaihtoehtoissa*

Välillisen energia- kulutuksen vaikutus elinkustannuksiin	KIO1*	KIO1-NONLV KIO1-NONEV	KIO2-NONLV* KIO2* KIO2-NONEV
Työllinen	400	370	300
Eläkeläinen/ Opiskelija	230	210	170

LIITE 3 - Tulosten siirtäminen EFOM:sta KESSU:un

Energiajärjestelmämallista (EFOM) viedään kokonaistaloudelliseen malliin (KESSU):

- (1) välittömät kustannukset,
- (2) nettoenergiaverot (energiaverot – energiatuet) ja
- (3) laskennallinen ALV (lasketetaan erikseen energiajärjestelmämallin tietojen perusteella).

Lisäksi veronpalautuksiin tehdään korjauksia. Esimerkiksi verojen takaisinkierätyistä alennetaan niiden toimialojen kustannuksilla, joita ei voida järkevästi viedä kokonaistaloudelliseen malliin, siis tietyille toimialoille. Kyseinen korjaus on vain muutama prosentti kokonaiskustannuksista. Toinen korjaus tehdään takaisinkierärettävien verojen määrään, jota alennetaan hieman, koska oletuksena on, että ministeriöiden ohjelmiin sisältyvät tuet on aliarvioitu. Tämäkin korjaus on hyvin pieni suhteessa energiaverokertymään.

Energiajärjestelmämallissa on kolme energiantuotantosektoria: erillinen sähkön tuotanto, yhdyskuntien sähkön ja lämmön yhteistuotanto sekä teollisuuden sähkön ja lämmön yhteistuotanto. Muut energiajärjestelmämallin sektorit ovat teollisuuden toimialoja (metsä, perusmetalli, kemia ja muu teollisuus), palvelusektori (palvelurakennusten lämmitys ja palvelut), kotitaloussektori (asuinrakennusten lämmitys ja kotitaloudet), maa- ja metsätalous, rakentaminen sekä liikenne (henkilöliikenne ja tavaraliikenne).

Osa energiajärjestelmän sektorikohtaisista kustannuksista voidaan varsin suoraan viedä kokonaistaloudellisen mallin sektoreille. Esimerkiksi palveluiden kustannukset viedään kolmelle valituille kokonaistaloudellisen mallin palvelutoimialalle. Nämä kustannukset kohdennetaan toimialojen bruttotuotoksen eikä energian käytön mukaan. Vastaavasti muun teollisuuden kustannukset viedään teollisuuden toimialoille niiden sähkön käytön (vuoden 1998 mukainen tilanne) mukaisesti. Luonnollisesti kolmen raskaan teollisuuden toimialan kustannukset voidaan viedä suoraan ko. toimialoille kokonaistaloudellisessa mallissa.

Periaatteessa energiantuotannon kustannukset voidaan viedä kokonaistaloudelliseen malliin ko. toimialan kustannuksina. Toisin sanoen tällöin kokonaistaloudellisessa mallissa muutetaan eksogeenisesti sähkö-, lämpö- ja vesihuollon hintaa, jolloin kustannukset siirtyvät muille toimialoille panostuotosrakenteen mukaisesti.

Tässä yhteydessä ei päädytty tähän ratkaisuun, koska sitä pidettiin epätarkkana (esimerkiksi em. toimiala sisältää muutakin tuotantoa kuin energiantuotantoa). Lisäksi ongelmana on, kuinka energiankäytön tehostamisinvestointien kusan-

nuksia käsitellään. Joka tapauksessa ne pitää viedä suoraan toimialoille. Tällöin päädyttiin ratkaisuun, jossa kaikki kustannukset sekä energiankäytön tehostamistoimien kustannukset että energiantuotannon kustannukset siirretään suoraan toimialoille.

Osa teollisuuden ja yhdyskuntien yhteistuotannon kustannuksista on suhteellisen yksinkertaista siirtää toimialoille niiden lämmön kulutuksen suhteessa. Sen sijaan sähköntuotannon kustannusten siirtäminen on hieman hankalampaa, koska sähköä tuotetaan erillisessä tuotannossa ja kahdella yhteistuotantosektorilla. Lisäksi yhteistuotannossa kustannusten muutokset pitää jakaa sähkölle ja lämmölle. Tässä tutkimuksessa jakoperusteena on arvoilla painotetut energiamäärät. Sähkön arvo oletetaan kaksinkertaiseksi lämpöön verrattuna.

Oikeiden sähkömarkkinoiden mallittaminen ei tullut kyseeseen ja jouduttiin käyttämään yksinkertaisempia ratkaisuja. Sähköntuotannon lisäkustannuksia voidaan jakaa eri tavoilla eri sektoreille. Jollakin laskentamenettelyillä voidaan yrittää jäljitellä sellaista sähkömarkkinoiden toimintaa, jossa kustannuksia jaetaan sähkön tuottajien ja kysyjien välillä riippumatta sähkön tuotantomuodosta ja tuottajasta. Tällöin kustannukset riippuvat suuremmissa määrin käytetyn sähkön määrästä, jolloin kustannusten jako muistuttaa suhteessa esimerkiksi hiilidioksidiveron mukaista kustannusten jakoa. Eräät laskentamenettelyt taas tuottavat tuloksia, jotka jäljittelevät tilanteita, joissa kohonneita tuotantokustannuksia ml. verot siirretään sähkömarkkinoilla suhteessa vähemmän teollisuuteen ja enemmän kotitalouksille ja palveluille. Arvioinnissa käytetään usean eri kustannusten jakomenettelyn tuottamaa keskiarvoa energiajärjestelmämallin laskemien lisäkustannusten jakamisessa talouden eri sektoreille eli keskiarvon mukaiset sektoriokohtaiset kustannukset siirretään kokonaistaloudelliseen malliin. Toisin sanoen menettelyt eroavat jossakin määrin vain kustannusten jakautumisessa eivät lisäkustannusten kokonaistasossa.

Laskennassa käytetään hyväksi energiajärjestelmämallin tuloksista kustannuseroja eikä kustannustasoja. Mallin tuloksien avulla voidaan tietyin oletuksin arvioida sähkön ja lämmön keskimääräisten tuotantokustannusten nousua taloudessa. Hinnan muutokset siis perustuvat esimerkiksi sähkön tuotantokustannusten keskimääräiseen muutokseen eikä sähköntuotannon rajakustannusten muutokseen.³² Rajakustannushinnoittelun mallittaminen on kaiken kaikkiaan hankalaa ja se edellyttää mm. sähkön tuontimahdollisuuksien huomioonottamista analyysissä, koska rajakustannushinnoittelu on kiinteästi yhteydessä sähkömarkkinoihin ja hinnanmuodostukseen ko. olosuhteissa.

³² Sähköntuotannossa tyypillisesti tuotannon rajakustannus eli viimeisen tuotantoon ryhtyneen laitoksen tuotannon yksikkökustannus on suurempi kuin sähköntuotannon keskimääräinen kustannus. Rajakustannus on siis suurempi kuin sähköntuotannon keskimääräisen kustannuksen muutos.

Rajakustannushinnoittelun huomioonottaminen merkitsisi esimerkiksi sitä, että kustannuksia ei siirretä sähkön kuluttajille suoraan sähkön käytön mukaisesti, vaan taloudenpitäjän reaktio vaikuttaa kustannusten siirtoon. Esimerkiksi mikäli palveluiden ja kotitalouksien sähkön kysyntä on vähemmän herkkää hinnanmuutokselle kuin teollisuuden sähkön kysyntä, kustannusten muutoksesta (ml. verot) viedään ensiksi mainituille suurempi osa kuin pelkkään sähkön kulutukseen perustuvalla menettelyllä. Vastaavasti teollisuuden osuus kustannusten muutoksesta olisi pienempi kuin sähkön käytön mukainen osuus. Rajakustannushinnoittelun huomioonottaminen olisi edellyttänyt myös monimutkaisen hinnoittelumallin rakentamista, mikä ei ollut tämän projektin resursseilla mahdollista.

Energiajärjestelmämallista saadaan tietoja vuosilta 2005, 2008, 2010, 2015 ja 2020. Käytettävällä kokonaistaloudellisella mallilla voidaan laskea järkevästi vuoteen 2015 saakka (teknisesti vuoteen 2020 saakka). Arvioinnissa päädyttiin ratkaisuun, jossa energiajärjestelmämallin arvioimista lisäkustannuksista (ml. verot) lasketaan kolmen vuoden (2005, 2008 ja 2010) tulosten keskiarvo ja ko. lisäkustannus viedään vuodesta 2005 alkaen tasomuutoksena kokonaistaloudelliseen malliin. Vuosien 2010-2015 välillä veronpalautuksia/veronkorotuksia muutetaan energiajärjestelmämallin tulosten mukaan, mutta muuten arviointi perustuu vuosien 2005, 2008 ja 2010 tuloksiin. Arvioinnissa siis selviää, kuinka talouden ura poikkeaa perusurasta vuosina 2005-2015. Koska malli on suhteellisen hidas reagoimaan kustannustason muutoksiin, vuoden 2015 tietojen mukaan ottaminen (keskiarvoisesti) ei muuttaisi kovinkaan paljon tuloksia.

Kustannukset jaetaan kokonaistaloudellisissa mallissa talouden toimialoille pääasiassa niiden energiankäytön mukaisesti. Ostosähkön alkuperä (erillinen, teollisuuden yhteistuotanto vai yhdyskuntien yhteistuotanto) vaikuttaa jossakin määrin sähkön ja lämmön tuotannon kustannusten osalta kustannusten jakaantumiseen toimialoille.³³

Mallien käytössä oli varauduttu siihen, että mikäli kokonaistaloudellisella mallilla laskettu talouden tasapaino olisi merkittävästi poikennut perusskenaarion mukaisesta kehityksestä, kokonaistaloudellisen mallin tulokset olisi syötetty takaisin energiajärjestelmämalliin. Energiajärjestelmämallilla olisi laskettu uudelleen kustannukset yms. ja tulokset olisi syötetty uudestaan kokonaistaloudelliseen malliin. Koska kokonaistaloudellisen mallin tilanne muuttui kaikissa ohjelmavaihtoehdoissa hyvin vähän tällaista mallien välistä iterointia ei tarvittu.

³³ Ostosähköllä tarkoitetaan sähkön kulutuksen ja oman tuotannon erotusta. Tällöin luonnollisesti kaikki palveluiden ja kotitalouksien käyttämä sähkö on ostosähköä. Joillakin raskaan teollisuuden toimialoilla sähkön käyttö koostuu sekä omasta tuotannosta että ostosähköstä.

Energiaverotuksen ja tukien kohtaanto ratkaistaan siinä vaiheessa, kun tuloksia viedään mallista toiseen. Verotuksen ja tukien kohtaanto ratkaistaan suoraviivaisesti viemällä kaikki verot suoraan kuluttajahintoihin ja alentamalla kuluttajahintoja tukien määrällä. Tämä tehdään jo energiajärjestelmämallissa. Joissakin malleissa, joissa energian kysyntä ja tarjonta määräävät energian markkinatasapainon verojen ja tukien kohtaanto ratkeaa kysynnän ja tarjonnan ominaisuuksien (hintajoustojen) perusteella. Edellä mainittua kohtaanto ratkaisua voidaan pitää energiemarkkinamallin ääritapauksena.

KESSU-mallissa ei ole mallitettu täydellisesti työmarkkinoita, joten myös veronpalautusten eli energiaverojen muutoksen takaisinkierrätyksen kohtaanto ratkeaa eri tavalla kuin muissa vastaavissa laskelmissa käytetyissä malleissa. Koska toimialakohtaiset kustannukset viedään markkoina energiajärjestelmämallista kokonaistaloudelliseen malliin, verotulojen kierrätys voidaan periaatteessa ottaa huomioon jo ennen kokonaistaloudellista mallia. Tällöin energiakustannusten ja veronpalautusten erotus viedään toimialojen kustannusmuutokseksi. Tässä vaihtoehdossa veronpalausten kohtaanto perustuu toimialojen palkkojen ja työnantajien sosiaaliturvamaksujen jakaumaan. Toinen vaihtoehto on alentaa kokonaistaloudellisessa mallissa joko kotitalouksien tuloverotusta tai työnantajien sosiaaliturvamaksua. Laskelmissa on päädytty siihen, että verojen palautus tapahtuu kokonaistaloudellisessa mallissa.

Joissakin muissa vastaavatyypisissä arvioissa käytetyissä malleissa työvoimaverojen kohtaanto ratkaistaan työn kysynnän ja tarjonnan ominaisuuksien (hintajoustojen) avulla. Käytettävässä kokonaistaloudellisessa mallissa työvoimaverojen muutoksen vaikutukset talouden tasapainoon ovat näin ollen erilaiset kuin muissa käytetyissä mallityypeissä.

Nettoenergiaverot (alv ml.) siis viedään kokonaistaloudelliseen malliin suoraan toimialojen kustannuksina. Tämä oli käytännössä ainoa mahdollisuus, koska käytettävässä kokonaistaloudellisessa mallissa ei ollut sähköveroa eikä lämmöntuotannon polttoaineiden veroja. Luonnollisesti siinä ei ollut myöskään muuttujia, joilla energiantuotannon ja käytön tuet olisi voitu kohdistaa toimialoille. Ainoat verot, jotka voitiin viedä suoraan veromuuttujilla kokonaistaloudelliseen malliin olivat liikennepolttoaineiden lisäverot.

Mallilaskelmissa edellä esitetty verojen käsittely otetaan huomioon siten, että ensinnäkin kierrätettävien verojen bruttomäärä eli energiaverojen nettoverokertymä tiedetään energiajärjestelmämallin ja tietojen muokkausperiaatteiden ansiosta. Tämä on siis se verokustannus, joka toimialoille siirretään. Koska aiheutetun kustannusshokin vuoksi talouden tasapaino heikkenee, myös julkisen sektorin budjettitasapaino heikkenee. Tällöin osa energiaveron lisäkertymästä 'kuluu' jo aiheutuvan budjettivajeen paikkaamiseen. Tällöin vain osa alkuperäisestä energiaverokertymän muutoksesta voidaan 'oikeasti' kierrättää takaisin. Toisin sanoen toisella iteraatiokierroksella takaisin kierrätetään vain alkuperäisen

nettoverokertymän ja ensimmäisellä iteraatiokierroksella tapahtuneen julkisen talouden heikkenemisen erotus. Joissakin tapauksissa tarvitaan (sattumalta) vain yksi iteraatiokierros.

Välittömien kustannusten siirto kokonaistaloudelliseen malliin perustuu yksikkökustannusajatteluun. Energiajärjestelmämallin lisäkustannuksilla kohotetaan teollisuuden ja palveluiden yksikkökustannuksia. Teollisuudessa ko. kustannukset muuttavat ko. toimiala arvonlisän hintaa ja tätä kautta kannattavuutta. Kannattavuuden alentumisesta seuraa tuotannon, investointien ja työllisyyden heikentyminen ko. toimialalla ja välillisten vaikutusten vuoksi muuallakin taloudessa. Palveluissa kustannusten perusteella kohotetaan ko. toimialan hintaa ja hinnan muutoksen positiivinen vaikutus kotitalouksien tuloihin kumotaan, jolloin jäljelle jää hinnan muutoksen kysyntää alentava vaikutus. Kokonaistaloudellisissa mallissa kotitalouksien energian hintaa nostetaan niin että, tuloksena on sama energiankulutuksen muutos kuin mitä energiajärjestelmämalli tuottaa tulokseksi.

Mallilaskelmien tuloksissa niiden ajallisen kehityksen yksityiskohtiin ei kannata kiinnittää kovinkaan paljoa huomiota, koska kustannuksia on kuten jo todettiin keskiarvoistettu. Lisäksi käytetyssä kokonaistaloudellisessa mallissa osa vaikutuksista suhteellisesti heikkenee ajassa ja osa taas kumuloituu. Tällöin kokonaistaloudellisissa tuloksissa on oleellista relevanttien kokonaistaloudellisten muuttujien tasoerot vuosina 2010 ja 2015, tai pikemminkin ko. vuosien tuloksien keskiarvo.

Kokonaistaloudellisella mallilla kokeiltiin erikseen ilmasto-ohjelman liikennepoltonesteiden verojen korotuksen vaikutuksia. Takaisinkieppäys perustui kotitalouksien tuloveroihin. Kokeilulla reformilla ei ollut kokonaistaloudellisia vaikutuksia. Öljynjalostus ja autokauppa alenivat, mutta esimerkiksi työllisyys ei muuttunut Tästä voidaan päätellä kaksi seikkaa. Ensinnäkin polttoaineiden lisäveroilla on kokonaistaloudellisia vaikutuksia mikäli polttoaineiden lisävero vaikuttavat merkittävästi energiajärjestelmämallissa ei-liikenne osan kustannuksiin (niitä alentavasti). Tämä vaikutus taas riippuu siitä mitä rajoitteita energiajärjestelmämalliin on asetettu. Toiseksi analyysin kannalta on hedelmällistä pitää erillään ilmastopolitiikka ja veropolitiikka. Esimerkiksi bensiinin verotuksen nostaminen ja takaisinkieppätyksen kohdistaminen työnantajien sosiaalivakuutusmaksuihin on jo enemmänkin veropolitiikkaa kuin ilmastopolitiikkaa.

LIITE 4 - Pääomakustannusten vaikutusten arviointi

Kokonaistaloudellisissa laskelmissa energiantuotantoon ja käyttöön liittyvien investointien valinta ml. niiden määrä (kuten energiankäytön tehostamisinvestoinnit eri sektoreilla) ja kyseisten investointien kustannuslaskenta tehdään energiajärjestelmämallissa. Kokonaistaloudelliseen malliin siirtyvät investointien vuotuis kustannukset on siis laskettu annuiteettiperiaatteilla energiajärjestelmämallissa. Kyseiset laskelmat perustuvat empiirisesti arvioituihin energiansäästöinvestointien tuottovaatimuksiin. Tällöin pääomalta vaadittu tuotto eli laskentakorko on useimmiten varsin korkea.

Yritysten pääomantuottovaatimus voi olla näinkin korkea. Tällöin pääomantuottovaatimuksen tulee olla pääomamarkkinoiden valintamekanismin mukainen ja vastata todellisia pääoman tuottoasteita. Yksi mahdollinen syy energiansäästöinvestointien muita investointeja korkeammalle tuottovaatimukselle on niihin liittyvä suurempi riski. Suurempi riski voi johtua esimerkiksi siitä, että energiansäästöinvestoinnit eivät ole ko. yrityksen ydinosaamiseen liittyviä investointeja. Suuremman riskin vuoksi tuottovaatimus on suurempi. Ydinosaamiseen liittyvillä investoinneilla pääoman tuottovaatimus (esimerkiksi investoinnin sisäisellä korolla mitattuna) voi olla esimerkiksi 12 % - 15 %, kun se energiansäästöinvestoinneissa on korkeampi 15 % - 20 %.

Kotitalouksien korkeaa tuottovaatimusta voidaan perustella empiirisellä tiedolla kotitalouksien korkeasta aikapreferenssin asteesta. Esimerkiksi energiansäästölamppujen ostosta pidättäytyminen osoittaa, että kotitalouksien energiansäästön tuottovaatimus tässä nimenomaisessa esimerkkitapauksessa on useita kymmeniä prosentteja.

Pääomantuottoaste (investoinnin sisäinen korko) on vertailutuottotaso, jonka perusteella investointeja valitaan. Se on vertailu eli tavoitetuottotaso, joka vaaditaan esimerkiksi yrityksen omalta pääomalta. Pääomantuottoaste ei kuitenkaan välttämättä kuvaa investoinnin toteuttamisen rahoituskustannuksia eli esimerkiksi vaihtoehtolaskentaan perustuvia rahoituskustannuksia. Laskelmissa käytettävässä mallijärjestelmässä ei kuitenkaan voida laskea tehtyjen investointien todellisia rahoituskustannuksia. Tällöin käytetään joko investoinnin sisäistä tuottovaatimusta tai vaikkapa viiden prosentin korkoa kustannusten laskennan perusteena.

Investoinnin rahoituskustannus riippuu luonnollisesti investoinnin rahoitustavasta. Mikäli rahoitus perustuu pankkiluotolle antolainauksen kustannuksia (antolainauskorkoa) voidaan käyttää hyväksi. Tällöin ei oteta huomioon yrityksen pääomarakenteen vaikutusta sen rahoituskustannukseen. Pankkilainoitukseen

perustuvan investoinnin korkokustannus voisi olla vaikkapa: 3 % reaalikorko + 2 % inflaatio + 1 % - 2 % yrityksestä riippuvaa riskipreemiota eli noin 6 % - 7 %.

Mikäli rahoitus perustuu oman pääoman käyttöön, kuten yrityksen voittoihin, investoinnin tuottovaatimus perustuu vaihtoehtoiskustannuksiin. Vaihtoehtoiskustannus on investoinnin kanssa kilpailevan investoinnin tuotto. Vaihtoehtoiskustannus on alhaisempi kuin pääoman vertailutuottoaste (sisäisellä korolla mitattuna, IRR), koska kaikki investoinnit, jotka tuottavat ko. tuoton valitaan joka tapauksessa. Toisaalta vaihtoehtoiskustannus on vähintään raportoidun eli toteutuneen sijoitetun oman pääoman tuoton suuruinen (ROC). Investoinneillahan pyritään toteuttamaan vertailutuotto, joka yleensä ylittää toteutuneen pääoman tuoton, jolloin olisi epäloogista toteuttaa investointi, joka ei tuota edes toteutunutta pääoman tuottoa. Havaitsematon todellinen vaihtoehtoiskustannus on viimeisen toteuttamattoman investoinnin tuotto. Raskaassa teollisuudessa vaihtoehtoiskustannus voisi olla 12 % - 15%. Euroopassa energiantuotannossa oman pääoman tuottoaste on yleensä suhteellisen vaatimaton noin 10 %. Tavoitteena on tälläkin toimialalla kohottaa pääoman tuottoastetta.

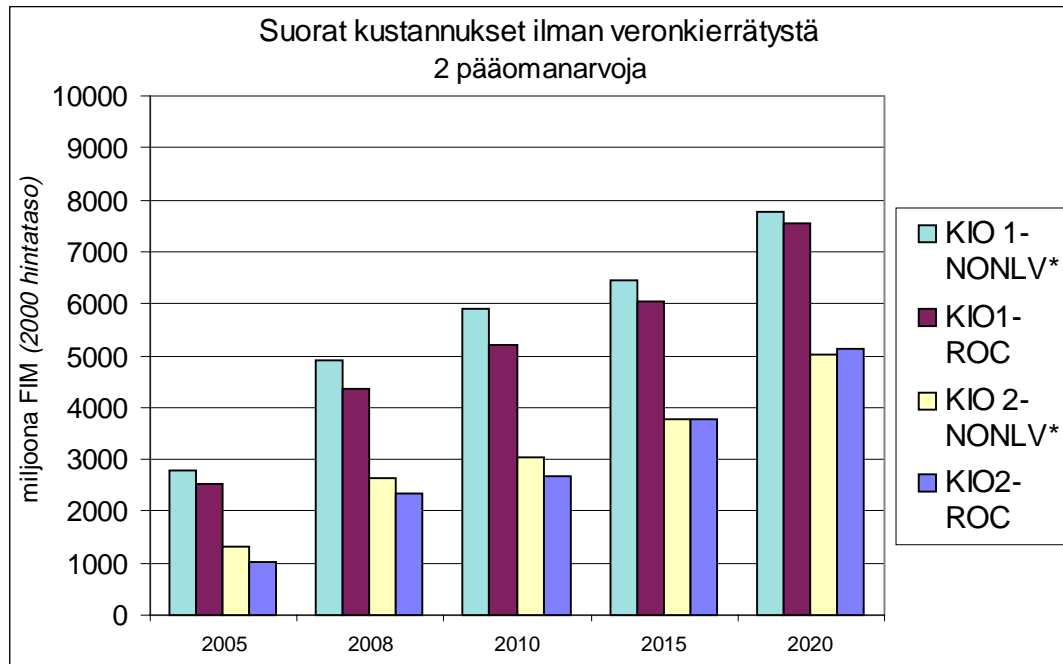
Kustannushyötyanalyysissä, jossa arvioidaan tyypillisesti julkisten investointien yhteiskuntataloudellista tuottoa, käytetään usein pääoman vaihtoehtoiskustannuksena viiden prosentin tuottoa. Projektikohtaisesti kuitenkin vaihtoehtoiskustannus on välillä 4% - 10 %.

Periaatteessa kaikki yksityistaloudelliset investoinnit tulisi arvottaa eli niiden kustannukset tulisi laskea investointien yksityisillä vaihtoehtoiskustannuksilla. Tällöin voidaan olettaa osan rahoituksesta olevan pankkilainoitusta ja osan oman pääoman käyttöä. Kaiken kaikkiaan kuitenkin mallilaskelmissa kotitalouksien ja rakennuksiin liittyvien investointien vaihtoehtoiskustannukset ovat liian korkeita. Energiantuotantoon liittyvien investointien vaihtoehtoiskustannukset puolestaan ovat liian alhaiset.

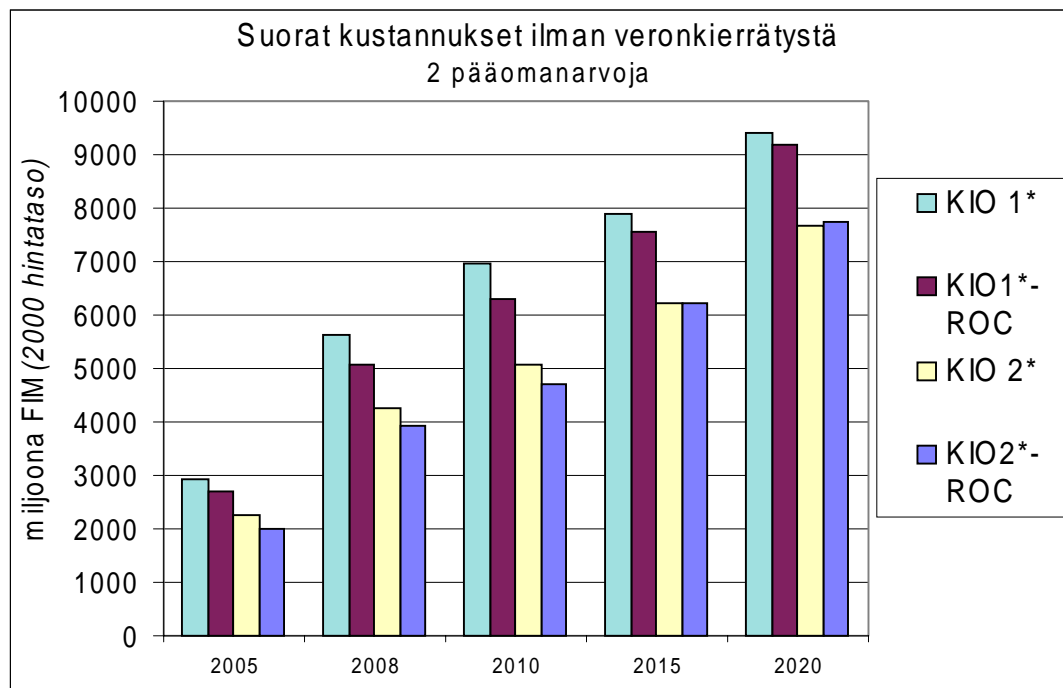
Mallilaskelmat perustuvat energiajärjestelmämallissa yleisesti käytettyihin vaihtoehtoiskustannusarvioihin. Mallilaskelmissa ei voitu ottaa huomioon edellä mainittuja seikkoja vaihtoehtoiskustannuksissa. Korjattujen vaihtoehtoiskustannusten vaikutusta tuloksiin arvioitiin likimääräisesti laskemalla energiajärjestelmämallin investointien kustannukset korjatuilla vaihtoehtoiskustannuksilla. Alla olevassa taulukossa on esitetty energiajärjestelmämallin alkuperäiset ja korjatut vaihtoehtoiskustannukset.

Sektorit	Korjattu pääoman vaihtoehtoiskustannus	EFOM:ssa käytettävä vaihtoehtoiskustannus (laskentakorko)
Erillinen sähköntuotanto	9 %	5 %
Kaukolämpö	9 %	5 %
Teollisuuden yhteistuotanto	13 %	5 %
Kotitalouksien rakennusten lämmitys	10 %	7 %
Palvelurakennusten lämmitys	10 %	7 %
Paperiteollisuuden energiankäytön tehostaminen	13 %	13 %
Kemianteollisuuden energiankäytön tehostaminen	13 %	14 %
Metallin perusteollisuuden energiankäytön tehostaminen	13 %	14 %
Muun teollisuuden energiankäytön tehostaminen	20 %	20 %
Kotitalouksien rakennusten energiankäytön tehostaminen	10 %	25 %
Palvelurakennusten energiankäytön tehostaminen	10 %	25 %
Kotitalouksien energiankäytön tehostaminen	10 %	25 %
Palveluiden energiankäytön tehostaminen	20 %	25 %

Kuviossa 4A.1 ja 4A.2 esitetään tulokset vaihtoehtoiskustannusten korjauksesta. Sekä lisäydinvoiman että ilmanlisäydinvoimaa vaihtoehdon kustannukset alentuvat. Korjauksen kustannuksia alentava vaikutus on pienempi lisäydinvoimavaihtoehdossa. Korjausten maksimivaikutus osuu vuoteen 2010, jolloin KIO1 vaihtoehdoissa kustannukset olisivat noin 670 miljoonaa markkaa alemmat ja KIO2 vaihtoehdoissa 390 noin miljoonaa markkaa alemmat. Koska kyseessä ovat suorat kustannukset kokonaistaloudellisten kustannusten voidaan olettaa alentuvan jossakin määrin. Mikäli suorien kustannusten vaikutuskertoimeksi oletetaan 1,5 niin bruttokansantuotevaikutusta alentava vaikutus olisi KIO1:ssä noin 0,1 % ja KIO2:ssä noin 0,06 %.



Kuvio 4A.1.



Kuvio 4A.2.

LIITE 5 - Arvioinnin kyselyn ja keskustelun yhteenveto³⁴

Suomen kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisvelvoitteen toteuttaminen toimenpiteiden arviointiseminaari

Tilaisuus pidäty 30-11-2000, Tieteiden Talo

Yhteenveto ryhmätöistä ja käydystä keskustelusta

Työryhmä 1

Mihin ilmasto-ohjelman toimenpiteiden kohdentumisessa tulisi pyrkiä?

- Toimenpiteiden jakauduttava kaikille sektoreille
- Kaikki toteuttamiskelpoiset toimenpiteet otettava harkintaan
- Vaikutusta tulojakoon ja aluekehitykseen tarkasteltava erikseen
- Kustannusjakoa ei mielekästä tehdä tässä vaiheessa

Mitkä ominaisuudet ovat tärkeimpiä toimenpiteiden valinnassa?

- Varmuus, toteutettavuus, vaikutusten pysyvyys
- Energian saannin varmistaminen kilpailukykyiseen hintaan

Mitä tavoitteita tulisi painottaa kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteen lisäksi?

- Terveys ja turvallisuus
- Uuden energiateknologian kehittäminen
- Energian saannin varmistaminen
- Globaali solidaarisuus
- Toimenpiteiden toteutettavuus ja yleiset demokratian lähtökohdat
- ”Megatrendien” huomioiminen

Työryhmä 2

Keskustelua ilmasto-ohjelman keinoista ja erilaisten keinojen valinnan kriteereistä

- Mitä on kustannustehokkuus ja koska sitä käytetään kriteerinä?

³⁴ Marja Hiltunen (SYKE) on kirjoittanut yhteenvedon.

- Kulutusrakenteen muutos on tärkeä kriteeri useille tahoille. Tuotantorakenteen muutos ja kulutusrakenteen muutos erillisiä kysymyksiä.
- Voisivatko kriteerit olla myös muita kuin teknis-taloudellisia? Voiko muita kuin teknis-taloudellisia kriteerejä operationalisoida (mm. elämän laatu kriteerinä)?
- Globaali oikeudenmukaisuus noussut useilla foorumeilla (mm. Haag) tärkeäksi kriteeriksi.

Miten toimenpiteiden tulisi jakautua eri sektoreiden välillä?

- Ehdotus 1: Välittömien suorien kustannusten tulisi jakautua sektoreiden välillä mahdollisimman tarkasti samassa suhteessa kuin kasvihuonekaasupäästöt. Jos rasite näyttäisi nousevan jollain sektorilla aivan kohtuuttomaksi, sektorin osuutta voisi pienentää.
- Ehdotus 2: Kotitalouksille pitäisi kohdentaa omaa osuuttaan hieman suurempi rasite, jotta voitaisiin muuttaa kulutuskysynnän rakennetta. Tähän pitäisi liittää myös kompensointi alimmille tuloluokille, jotteivät ne kärsi kohtuuttomasti.

Mitä tavoitteita tulisi painottaa kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteen lisäksi?

- Kestävä kulutus rakenne
- Globaali oikeudenmukaisuus
- Sosiaalinen kestävyys/elämänlaatu
- Pitkän tähtäimen visioiden painottaminen (innovoinnin, uusien ratkaisujen edistäminen)
- Muiden haitallisten ympäristövaikutusten minimointi

Yleinen keskustelu

- Pitäisikö ilmastopolitiikan perustua markkinaperusteisiin ja omaehtoiseen keinoihin vai voimakkaaseen yhteiskunnalliseen ohjaukseen (esim. teollisuustuotannon muuttaminen vähemmän energiantensiiviseksi)?
- Kannattaako energiapolitiikassa olla edelläkävijä? Mitä riskejä ja toisaalta mahdollisuuksia siihen sisältyy? ”Marginaalisten muutosten politiikka” tuntuu varmimmalta, toisaalta myös liian konservatiivinen (nothing risked, nothing gained) politiikka voi johtaa huonoihin/kalliisiin lopputulemiin.
- Kannattaisiko aloittaa halvoista ja epävarmoista keinoista, ja siirtyä niistä kalliimpiin ja varmempiin, jos tavoitteita ei näytetä saavutettavan?

- Pitäisi kiinnittää huomiota siihen, että Kioton sopimus on vasta ensimmäinen askel pitkässä prosessissa – miten tulevat, kovemmat päästövähennystavoitteet saavutetaan? Esim. vuodesta 2020 eteenpäin?
- Mikä on energian hinnan vaikutus kuluttajien energian säästön kannustimiin ja sitä kautta kulutusrakenteeseen?
- Mikä on ilmasto-ohjelman rooli – pragmaattinen vai visionäärinen? Ilmasto-ohjelman aikataulu kireä – virkamiehillä ei aikaa/resursseja visioille ja syvällisemmille analyyseille – niitä kuitenkin tarvitaan, koska ilmasto-ongelma on myös tulevaisuudessa haaste, ja ilmastopolitiikan tavoitteet tulevat tulevaisuudessa kiristymään. Millä foorumilla eri intressiryhmät voisivat visioda ilmastopolitiikkaa? Esim. globaalimuutoksen tutkimusohjelma FIGARE?

LIITE 6 - MCA-käsittelyn tausta

MCA muodostetaan yksikertaisella hyötyfunktiolla, jossa on 10 muuttajaa. Yhdellä muuttajalla (energiatuonnin riippuvuus) on kaksi panosvaihtoehtoa, tuontienergian tulkinnasta riippuen.

Funktio spesifioidaan seuraavalla tavalla:

Tulos R_n ohjelman-vaihtoehdosta n määritellään seuraavasti:

$$R_n = \sum_i \{f_i(C_{ni})\}$$

$$i = 1 \dots 10$$

$n = 1..6$ (jossa 1 edistää KIO1-NONLV*, ...,6 edistää KIO2-NONEV)

	<u>Kriteeri (C_{ni})</u>	<u>Funktionosa (f_i)</u>
C_1	BKT vaikutus	+1. C_1
C_2	Päästövähennyskustannukset Tonnia kohden	$-\sqrt{C_2}$
C_3	Kotitalouden kustannusten vaikutus }	+1. $C_3 \cdot \sqrt{C_4}$
C_4	Kotitalouden kustannusten hajonta }	
C_5	Tuotannon vaikutus raskas teollisuus	+1. C_5
C_6	Työllisyys	$-1 / 1.5^{C_6/100}$
C_7	Uusiutuvan energian osa	+1. C_7
C_8	Energiansäästön vaikutus	+1. C_8
C_{9A}	Energiantuonnin riippuvuus A	+1. C_{9A}
C_{9B}	Energiantuonnin riippuvuus B	+1. C_{9B}
C_{10}	Energiansäästön investointien tehokkuus	$-\sqrt{C_{10}}$

Ohjelman vaihtoehto	Kriteeri	Kriteerin lähteen arvo	Skaalaus	Panos arvo
1 KIO1-NONLV*	BKT vaikutus	-4200	0,01	-21,0
	Päästövähennyskustannukset/tonnia	251	0,10	25,1
	Kotitalouden kustannusten vaikutus	-1600	0,01	-16,0
	Tuotannon vaikutus raskas teollisuus	-0,42	10,00	-4,2
	Kotitalouden kustannusten hajonta	280	0,01	2,8
	Työllisyys	-8000	0,01	-80,0
	Uusiutuvan energian osa	26,2 %	100,00	26,2
	Energiansäästön vaikutus	-5 %	-100,00	5,25
	Energiantuonnin riippuvuus A	-6 %	-100,00	5,5
	Energiantuonnin riippuvuus B	-5 %	-100,00	4,7
	Energiansäästön investointien tehokkuus.	542	0,10	54,2
2 KIO2-NONLV*	BKT vaikutus	-2900	0,01	-14,5
	Päästövähennyskustannukset/tonnia	173	0,10	17,3
	Kotitalouden kustannusten vaikutus	-1200	0,01	-12,0
	Tuotannon vaikutus raskas teollisuus	-0,27	10,00	-2,7
	Kotitalouden kustannusten hajonta	225	0,01	2,3
	Työllisyys	-6000	0,01	-60,0
	Uusiutuvan energian osa	24,3 %	100,00	24,3
	Energiansäästön vaikutus	-0,70 %	-100,00	0,70
	Energiantuonnin riippuvuus A	-9 %	-100,00	9,3
	Energiantuonnin riippuvuus B	-2 %	-100,00	2,0
	Energiansäästön investointien tehokkuus.	3171	0,10	317,1
3 KIO1*	BKT vaikutus	-4300	0,01	-21,5
	Päästövähennyskustannukset/tonnia	254	0,10	25,4
	Kotitalouden kustannusten vaikutus	-1800	0,01	-18,0
	Tuotannon vaikutus raskas teollisuus	-0,62	10,00	-6,2
	Kotitalouden kustannusten hajonta	360	0,01	3,6
	Työllisyys	-9000	0,01	-90,0
	Uusiutuvan energian osa	25,9 %	100,00	25,9
	Energiansäästön vaikutus	-6 %	-100,00	5,61
	Energiantuonnin riippuvuus A	-5 %	-100,00	5,4
	Energiantuonnin riippuvuus B	-4 %	-100,00	4,5
	Energiansäästön investointien tehokkuus.	491	0,10	49,1

4 KIO2*	BKT vaikutus	-3500	0,01	-17,5
	Päästövähennyskustannukset/tonnia	209	0,10	20,9
	Kotitalouden kustannusten vaikutus	-1500	0,01	-15,0
	Tuotannon vaikutus raskas teollisuus	-0,27	10,00	-2,7
	Kotitalouden kustannusten hajonta	300	0,01	3,0
	Työllisyys	-7000	0,01	-70,0
	Uusiutuvan energian osa	24,4 %	100,00	24,4
	Energiansäästön vaikutus	-1,14 %	-100,00	1,14
	Energiantuonnin riippuvuus A	-9 %	-100,00	9,3
	Energiantuonnin riippuvuus B	-2 %	-100,00	2,1
	Energiansäästön investointien tehokkuus.	1941	0,10	194,1
5 KIO1-NONEV	BKT vaikutus	-5400	0,01	-27,0
	Päästövähennyskustannukset/tonnia	319	0,10	31,9
	Kotitalouden kustannusten vaikutus	-2400	0,01	-24,0
	Tuotannon vaikutus raskas teollisuus	-0,38	10,00	-3,8
	Kotitalouden kustannusten hajonta	300	0,01	3,0
	Työllisyys	-11000	0,01	-110,0
	Uusiutuvan energian osa	25,5 %	100,00	25,5
	Energiansäästön vaikutus	-6,2 %	-100,00	6,2
	Energiantuonnin riippuvuus A	-5,0 %	-100,00	5,0
	Energiantuonnin riippuvuus B	-3,9 %	-100,00	3,9
	Energiansäästön investointien tehokkuus.	529	0,10	52,9
6 KIO2-NONEV	BKT vaikutus	-4200	0,01	-21,0
	Päästövähennyskustannukset/tonnia	257	0,10	25,7
	Kotitalouden kustannusten vaikutus	-2000	0,01	-20,0
	Tuotannon vaikutus raskas teollisuus	-0,23	10,00	-2,3
	Kotitalouden kustannusten hajonta	250	0,01	2,5
	Työllisyys	-9000	0,01	-90,0
	Uusiutuvan energian osa	23,1 %	100,00	23,1
	Energiansäästön vaikutus	-1,4 %	-100,00	1,4
	Energiantuonnin riippuvuus A	-8,7 %	-100,00	8,7
	Energiantuonnin riippuvuus B	-1,0 %	-100,00	1,0
	Energiansäästön investointien tehokkuus.	1718	0,10	171,8

Ranking: tasaiset painokset

Ohjelma	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B
KIO1-NONLV	-28,8	-29,6
KIO1*	-38,4	-39,3
KIO2*	-31,1	-38,3
KIO2-NONLV*	-24,1	-31,4
KIO1-NONEV	-50,2	-51,2
KIO2-NONEV	-41,3	-49,0

Ranking: vahvat yritysten painokset

Ohjelma	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B
KIO1-NONLV	-37,9	-39,1
KIO1*	-44,9	-46,0
KIO2*	-32,7	-42,0
KIO2-NONLV*	-29,7	-39,1
KIO1-NONEV	-51,0	-52,3
KIO2-NONEV	-39,8	-49,8

Ranking: Vahvat kotitalouksien ostosvoiman ja tulonjaon painokset

Ohjelma	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B
KIO1-NONLV*	-57,5	-58,1
KIO1*	-72,0	-72,6
KIO2*	-59,3	-64,4
KIO2-NONLV*	-45,5	-50,7
KIO1-NONEV	-90,2	-90,9
KIO2-NONEV	-73,2	-78,8

Ranking: Vahvat kestävän kehityksen painokset

Ohjelma	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B
KIO1-NONLV*	7,1	6,2
KIO1*	-1,3	-2,2
KIO2*	-3,2	-10,4
KIO2-NONLV*	2,1	-5,2
KIO1-NONEV	-13,3	-14,3
KIO2-NONEV	-13,4	-21,1

VATT-TUTKIMUKSIA -SARJASSA ILMESTYNEITÄ

PUBLISHED VATT-RESEARCH REPORTS

43. Lehtinen Teemu: The Distribution and Redistribution of Income in Finland 1990-1993. Helsinki 1998.
44. Rantala Juha: Työvoimapolitiikan rooli ja työttömien työllistyminen. Helsinki 1998.
45. Laurila Hannu: Suomalaisen kaupunkipolitiikan taloudelliset lähtökohdat. Helsinki 1998.
46. Tuomala Juha: Pitkäaikaistyöttömyys ja työttömien riski syrjäytyä avoimilta työmarkkinoilta. Helsinki 1998.
47. Tossavainen Pekka: Panosverot ja toimialoittainen työllisyys. Helsinki 1998.
48. Holm Pasi – Kiander Jaakko – Tuomala Juha – Valppu Pirkko: Työttömyysvakuutusmaksujen työttömyysriskin mukainen porrastus ja omavastuu. Helsinki 1998.
49. Kari Seppo – Kröger Outi – Rauhanen Timo: Henkilöyhtiöiden verotuksen investointi- ja työllistämiskannustimet. Helsinki 1998.
50. Kajanoja Jouko: Lasten päivähoito investointina. Helsinki 1999.
51. Kari Seppo: Dynamic Behaviour of the Firm Under Dual Income Taxation. Helsinki 1999.
52. Holm Pasi – Sinko Pekka – Tossavainen Pekka: Työpaikkojen syntyminen ja päättyminen ja rakenteellinen työttömyys. Helsinki 1999.
53. Mäkelä Pekka (toim.): EU:n kauppapolitiikkaa itälaajenemisen kynnyksellä. Helsinki 1999.
54. Sinko Pekka: Taxation, Employment and the Environment – General Equilibrium Analysis with Unionised Labour Markets. Helsinki 1999.
55. Rantala Anssi: Finanssikriisit, yritysten nettovarallisuus ja makrotaloudellinen vakaus. Helsinki 1999.
56. Kyyrä Tomi: Post-Unemployment Wages and Economic Incentives to Exit from Unemployment. Helsinki 1999.
57. Korkeamäki Ossi: Yksityisen ja julkisen sektorin palkkoihin vaikuttavat tekijät. Ekonometrisen tutkimus 1987 - 1994. Helsinki 1999.
58. Venetoklis Takis: Process Evaluation of Business Subsidies in Finland. A Quantitative Approach. Helsinki 1999.
59. Kuusi Osmo: Expertise in the Future Use of Generic Technologies – Epistemic and Methodological Considerations Concerning Delphi Studies. Helsinki 1999.
60. Hakola Tuulia: Race for Retirement. Helsinki 1999.
61. Korkeamäki Ossi: Valtion palkat yleisiin työmarkkinoihin verrattuna: vuodet 1989 - 1997. Helsinki 2000.

62. Uusitalo Roope: Paikallinen sopiminen ja yritysten työvoiman kysyntä. Helsinki 2000.
63. Milne David – Niskanen Esko – Verhoef Erik: Operationalisation of Marginal Cost Pricing within Urban Transport. Helsinki 2000.
64. Vaittinen Risto: Eastern Enlargement of the European Union. Transition in applicant countries and evaluation of the economic prospects with a dynamic CGE-model. Helsinki 2000.
65. Häkkinen Iida: Muuttopäätös ja aluevalinta Suomen sisäisessä muuttooliikkeessä. Helsinki 2000.
66. Pyy-Martikainen Marjo: Työhön vai eläkkeelle? Ikääntyvien työttömien valinnat työmarkkinoilla. Helsinki 2000.
67. Kyllönen Lauri - Rätty Tarmo: Asuntojen hinta-laatusuhde Joensuussa, semiparametrinen estimointi. Helsinki 2000.
68. Kyyrä Tomi: Welfare Differentials and Inequality in the Finnish Labour Market Over the 1990s Recession. Helsinki 2000.
69. Perrels Adriaan: Selecting Instruments for a Greenhouse Gas Reduction Policy in Finland. Helsinki 2000.
70. Kröger Outi: Osakeyhtiöiden verotuksen investointikannustimet. Helsinki 2000.
71. Fridstrøm Lasse – Minken Harald – Moilanen Paavo – Shepherd Simon – Vold Arild: Economic and Equity Effects of Marginal Cost Pricing in Transport. Helsinki 2000.
72. Schade Jens – Schlag Bernhard: Acceptability of Urban Transport Pricing. Helsinki 2000.
73. Kemppe Heikki – Perrels Adriaan – Pohjola Johanna: Kasvihuonekaasupäästöjen alentamisen taloudelliset vaikutukset Suomessa. Vaiheen 1 Loppuraportti. Helsinki 2000.
74. Laine Veli – Uusitalo Roope: Kannustinloukku-uudistuksen vaikutukset työvoiman tarjontaan. Helsinki 2001.