

# ETLA

**ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS**

THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY  
Lönnrotinkatu 4 B 00120 Helsinki Finland Tel. 358-9-609 900  
Telefax 358-9-601 753 World Wide Web: <http://www.etla.fi/>

## **Keskusteluaiheita – Discussion papers**

No. 1169

Olavi Rantala

### **ILMASTOPOLITIIKAN TALOUSVAIKUTUSTEN ENNAKOINTI**

Tutkimuksen on rahoittanut TT-säätiö

**RANTALA, Olavi, ILMASTOPOLITIIKAN TALOUSVAIKUTUSTEN ENNAKOINTI.** Helsinki, ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2008, 24 s. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 1169)

**TIIVISTELMÄ:** EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutusten arviointiin on kehitetty ennustejärjestelmä, jota voidaan käyttää energian kulutuksen, kasvihuonekaasupäästöjen, päästöoikeuden hinnan ja sähkön hinnan ennustamiseen sekä päästörajoituspolitiikan taloudellisten vaikutusten arviointiin. Aiempaa malliversiota on parannettu laajentamalla ennustejärjestelmä kattamaan koko EU-alue ja rakentamalla Suomelle toimialatason ennustemalli. EU-tason tarkastelukulma talouden sekä energian kysynnän ja tarjonnan kehitykseen on ilmastopolitiikan vaikutusarvioissa välttämätön, koska päästöoikeuksien kysyntä ja hinta määräytyvät EU:n laajuisen päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöjen kehityksestä ja päästöoikeuksien tarpeesta. Keskeinen tulos Kioto-kautta 2008-2012 koskevista vaikutusarvioista on, että kylmästä ilmastosta johtuvan energiatarpeen, talouden vientivaltaisuuden ja teollisuuden energiaintensiivisyyden takia Suomi maksaa päästökauppajärjestelmällä toteutettavasta ilmastopolitiikasta kovempaa hintaa tuotanto- ja työllisyysmenetyksinä kuin EU-maat keskimäärin. Toimialamallin mukaan ilmastopolitiikka heikentää Suomessa eniten päästökauppasektoriin kuuluvien energiavaltaisten teollisuustoimialojen kilpailukykyä, vientiä ja tuotantoa.

**ASIASANAT:** Kasvihuonekaasupäästöt, päästörajoitusten taloudelliset vaikutukset

**JEL-koodit:** C5, E3, Q4, Q5

**RANTALA, Olavi, FORECASTING THE ECONOMIC IMPACTS OF CLIMATE POLICY.** Helsinki, ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2008, 24 p. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 1169)

**ABSTRACT:** This paper describes the main features of a model developed for forecasting economic developments, energy demand and greenhouse gas emissions in the EU area and Finland as well as for simulating the economic impacts of EU climate policy. Climate policy analysis necessitates a model of the whole EU area, because CO<sub>2</sub> emissions of the EU area emission trading sector determine the demand and price of emission allowances. The main conclusion from model simulations is that output and employment losses induced by EU climate policy in 2008-2012 will be more severe in a small open energy intensive economy like Finland than in the rest of the EU area. The negative impacts of EU climate policy on export competitiveness, exports and output volume in Finland will be strongest in the energy intensive industrial sectors which belong to the EU emission trading sector.

**KEY WORDS:** Greenhouse gas emissions, economic impacts of emission reduction

**JEL-codes:** C5, E3, Q4, Q5

<b>Sisältö</b>	sivu
1 Johdanto	1
2 Hiilidioksidipäästöihin vaikuttavat tekijät	2
3 Energian kysyntään ja tarjontaan vaikuttavat tekijät	5
4 Sähkömarkkinat ilmastopolitiikan vaikutuskanavana	8
5 Päästökauppasektorin sopeutuminen päästörajoihin	10
6 Päästöoikeuden hinnan ja sähkön hinnan kilpailukykyvaikutukset	13
7 Makrotalouden sopeutuminen ilmastopolitiikkaan	15
8 Ilmastopolitiikan toimialavaikutukset	19
9 Säätilan muutokset	22
Viitteet	24

## 1 Johdanto

EU tavoittelee ilmastopolitiikallaan kasvihuonekaasupäästöjensä vähentämistä Kioto-kaudella 2008-2012 8 prosenttia vuoden 1990 tasosta. Päästörajoituspolitiikka jarruttaa talouskasvua ja vaikuttaa siten talousennusteisiin. Tästä syystä Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksessa on rakennettu ilmastopolitiikan taloudellisten vaikutusten arviointiin soveltuvaa ennustejärjestelmää. Mallia voidaan käyttää energian kulutuksen, kasvihuonekaasupäästöjen, päästöoikeuden hinnan ja sähkön hinnan ennustamiseen sekä päästörajoituspolitiikan kokonaistaloudellisten vaikutusten arviointiin. Ennusteita tehdään säännöllisesti ETLAn kansainvälisen talouden ennusteiden pohjalta ja julkaisetaan muun muassa ilmastopolitiikan talousvaikutuksia arvioivassa erityisraportissa (Rantala ja Suni 2007a, b, 2008a, b).

Keväällä 2007 käyttöön otettua ennustemallin ensimmäistä versiota on ollut tarpeen parantaa muun muassa laajentamalla se kattamaan koko EU-alue ja kehittämällä Suomelle yksityiskohtaisempi toimialapohjainen ennustejärjestelmä. Seuraavassa kuvataan uuden ennustejärjestelmän pääpiirteitä.

EU:n ilmastopolitiikan keskeinen väline on päästökauppasektorin päästöjen rajoittaminen. Päästökauppasektoriin kuuluu energiatuotannon ja energiavaltaisen teollisuuden yrityksiä. Päästökaupan kehityksen arvioinnissa on välttämätöntä ottaa EU-tason tarkastelukulma talouden sekä energian kysynnän ja tarjonnan kehityksen ennustamiseen. Näin on sen takia, että päästöoikeuksien kysyntä ja hinta määräytyvät EU:n laajuisen päästökauppasektorin päästökaupasta ja päästöoikeuksien tarpeesta.

Vuoden 2007 malliversiossa oli Suomen ohella mukana viisi suurinta EU-maata, eli Saksa, Ranska, Englanti, Italia ja Espanja (Rantala 2007b). Näiden maiden yhteenlasketut päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöt kattavat noin 60 prosenttia koko EU-alueen päästökauppasektorin päästöistä. Aiemmin EU:n laajuista päästöoikeuksien kysyntää arvioitiin mainittujen viiden suurimman maan kehityksen pohjalta (Rantala ja Suni 2007a, b). Uuteen ennustejärjestelmään on rakennettu koko EU-aluetta kuvaava malli, jolloin EU-alueen talouskehitykseen, energian kysyntään ja tarjontaan sekä päästökauppaan ja päästöoikeuksien kysyntään saadaan aiempaa parempi ote.

Toinen keskeinen uudistus on se, että mallin kuvaamaa makrotaloudellista sopeutumista päästöoikeuksien hinnan ja sähkön hinnan nousuun on täsmennetty. Aiemmassa mallissa sähkön hinnan nousu vaikutti teollisuuden tuotantokustannusten lisääntymiseen ja viennin kustannuskilpailukykyyn heikkenemiseen kautta vientiin, teollisuustuotantoon ja kokonaistuotantoon. Uudessa mallissa otetaan lisäksi huomioon sähkön hinnan nousun vaikutus kuluttajahintojen nousun kautta kotitalouksien ostovoiman ja kulutuskysynnän heikkenemiseen.

Kolmas kehityskohde on ollut Suomea kuvaavan mallin laajentaminen yksityiskohtaiselle toimialajajolle. Suomen ja muiden EU-maiden kansantaloudet jaettiin vuoden 2007 malliversiossa neljään sektoriin, eli teollisuuteen, liikenteeseen, kotitaloussektoriin ja muuhun kansantalouteen. Ilmastopolitiikan vaikutusten tarkempi arviointi edellyttää Suomen taloutta kuvaavaa yksityiskohtaisempaa toimialamallia, jolla toimialakohtaisia vaikutuksia voidaan tarkastella 15 teollisuustoimialan ja 15 muun toimialan tasolla samaan tapaan kuin toimialakehitystä arvioidaan ETLAn suhdanneennusteissa.

## 2 Hiilidioksidipäästöihin vaikuttavat tekijät

Kaksi keskeistä fossiilisten polttoaineiden kulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin vaikuttavaa tekijää ovat talouskehitys ja säätilan muutokset. Talouden suhdanteiden välittymisessä energian kysyntään ja hiilidioksidipäästöihin on keskeisellä sijalla toimialojen tuotannon kehitys. Säätila vaikuttaa yhtäältä ilman lämpötilan kautta lämmitysenergian kulutukseen ja toisaalta sateisuuden kautta sähköenergian vesivoimatuotantoon.

Energian kulutuksen ennusteissa on arvioitava tuotannon kehitystä talouden eri sektoreilla, koska niiden energian kulutusintensiteeteissä ja kulutusjakaumissa esimerkiksi sähkön ja öljyn välillä on suuria eroja. Tästä syystä EU-alueen ja Suomen taloudet jaetaan mallissa neljään sektoriin, eli teollisuuteen, kuljetuksiin, kotitaloussektoriin sekä muuhun kansantalouteen.

Sektoreiden tuotannon volyyymi määräytyy EU-alueen ja Suomen panos- tuotomalleista. Ennustemallin syöteaineistona käytetään ETLAn suhdanne-ennusteissa laadittuja EU-alueen ja Suomen kotimaisen kysynnän ja viennin ennusteita. Viennin kehitystä määrittää mallissa maailmantalous, joka jaetaan kahdeksaan alueeseen. EU-alueen ohella mallissa on maailmantalouden osa-alueina Yhdysvallat, Venäjä, Japani, Kiina, NIC-maat, OPEC-maat ja muu maailma. Kotimainen kysyntä eritellään yksityiseen kulutukseen, julkiseen kulutukseen ja investointeihin. Panos- tuotomalli laskee sektoreiden tuotannon volyymin viennin, kulutuksen ja investointien kehityksen perusteella.

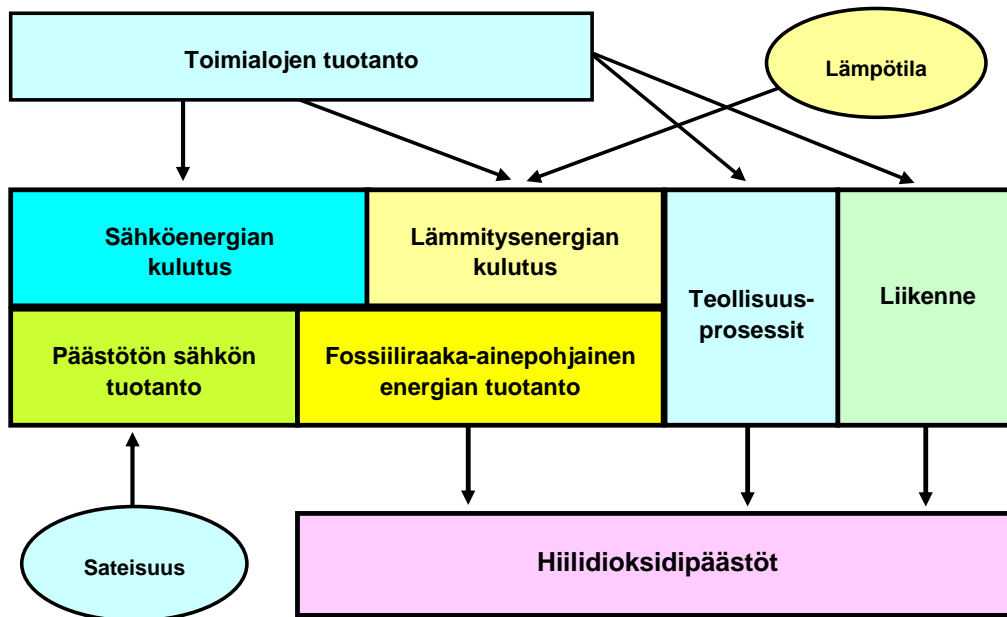
Sektoreiden tuotanto määrittää mallissa sähköenergian kulutusta ja liikenteen kehitys öljytuotteiden kulutusta. Öljyn kulutukseen vaikuttaa yksityisajoneuvoliikenteen ja asumisen kautta myös yksityinen kulutus. Mallilla laskettavassa perusskenaariossa hiilidioksidipäästöihin vaikuttaa hiilen, öljyn ja kaasun käyttö sähköenergian ja lämmitysenergian tuotannossa, teollisuuden prosesseissa ja liikenteessä. Perusskenaario tarkoittaa sellaista päästökehitystä, johon päädyttäisiin ilman päästörajoitustoimenpiteiden vaikutusta. Poliittikkaskenaariossa otetaan huomioon EU:n laajusten päästörajoitusten vaikutukset.

EU-alueen ja yksittäisten maiden energiataseet koostuvat kaavion 2.1 esittämällä tavalla sähkö- ja lämmitysenergian kysynnän ja tuotannon, teollisuusprosessien ja liikenteen muodostamasta kokonaisuudesta. Energiatuotannon toimialan kehitystä määrittää sähköenergian ja lämmitysenergian kulutus. Energiatuotannon toimialan tarjonta koostuu päästöttömästä energian tuotannosta sekä fossiilisin polttoainein tuotetusta sähkö- ja lämpöenergiasta. Päästöttömään sähkön tarjontaan kuuluvat ydinvoima, vesivoima, tuulivoima, biopolttoainein tuotettu sähkö, geoterminen sähkön tuotanto sekä sähkön nettotuonti, eli se sähköenergian tarjonta, jota eli tuoteta fossiilisin polttoainein. Energian tuotannon ja teollisuusprosessien ohella hiilidioksidipäästöihin vaikuttaa liikenteen ja kotitalouksien käyttämien fossiilisten polttoaineiden kulutus.

Ennustejärjestelmällä tuotetaan kehitysarviot EU-alueen ja Suomen kasvihuonekaasupäästöille. Käytännössä mallin keskeisimpinä ennustettavina muuttujina ovat EU-alueen ja Suomen hiilidioksidipäästöt. Lisäksi ennusteissa otetaan huomioon muiden kasvihuonekaasupäästöjen trendikehitys.

Hiilidioksidipäästöjen kehitystä määrittää mallissa hiilen, öljyn ja kaasun käyttö sähkön ja lämmön tuotannossa, teollisuuden prosesseissa ja liikenteessä. Hiilidioksidipäästöjen ennustemalli voitaisiin rakentaa siten, että kunkin kolmen fossiilisen energiaraaka-aineen kulutus kullakin käyttöalueella mallinnettaisiin kulutukseen vaikuttavien tekijöiden perusteella. Käytännössä riittää, että fossiilisten polttoaineiden käytön hiilidioksidipäästöt jaetaan sähkön tuotannossa syntyviin päästöihin ja muihin fossiilisten energiaraaka-aineiden käytöstä syntyviin päästöihin. Tätä kahtiajakoa havainnollistavat Suomen ja EU-alueen osalta kuviot 2.2 ja 2.3. Kuvioissa esitetyt perusskenaariot ovat marraskuulta 2008 (Rantala ja Suni 2008b).

**Kuvio 2.1 Päästökehitys perusskenaariossa**



Suomen tapauksessa vuoden 2005 kohdalla näkyy säätekijöiden ja paperiteollisuuden tuotantoseisokin vaikutus päästöjen vähenemiseen ja vastavaikutus vuonna 2006. Vuoden 2012 kohdalla nähdään uuden ydinvoimalan käyttöönotolla aikaansaatu sähkön tuotannon päästöjen väheneminen.

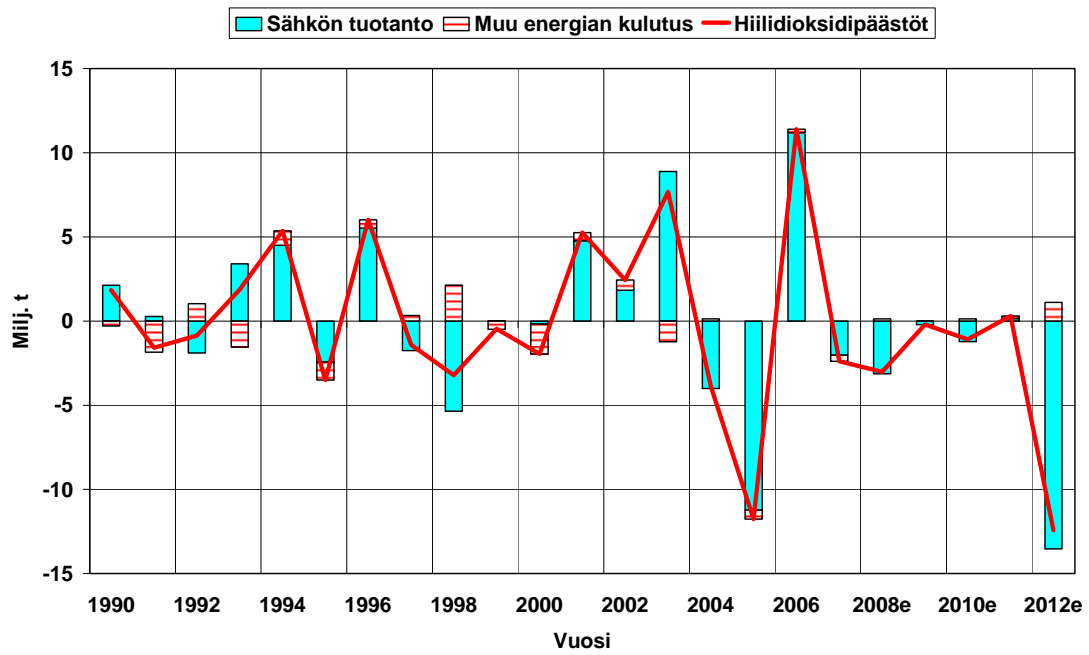
Sähkön tuotannon hiilidioksidipäästöihin vaikuttaa se osa sähköenergian tarjonnasta, joka joudutaan tuottamaan fossiilisin polttoainein. Tämä osuus sähkön tarjonnasta määräytyy sähköenergian kokonaiskysynnän ja päästöttömän sähkön tarjonnan erotuksena.

Ennustejärjestelmässä hiilidioksidipäästöt  $M$  määräytyvät hiilen kulutuksen  $C$ , öljyn kulutuksen  $O$  ja kaasun kulutuksen  $G$  perusteella näiden polttoaineiden ominaispäästökertoimin  $\mu_C$ ,  $\mu_O$  ja  $\mu_G$  siten, että

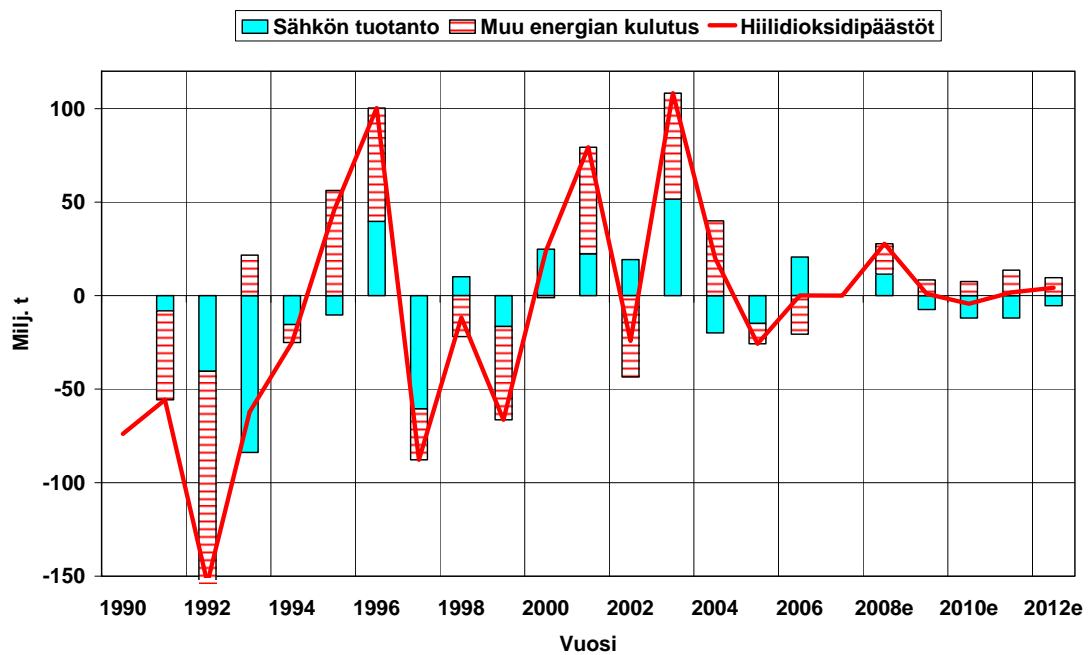
$$(2.1) \quad M = \mu_C C + \mu_O O + \mu_G G.$$

Ominaispäästökertoimina käytetään kivihiilen ja maakaasun osalta kertoimia 95 ja 55 g CO<sub>2</sub> / MJ (Tilastokeskus 2008). Öljytuotteiden osalta sovelletaan kerrointa 75 g CO<sub>2</sub> / MJ, joka on eri öljytuotteiden päästökertoimien haarukassa.

**Kuvio 2.2 Suomen hiilidioksidipäästöjen kasvu**



**Kuvio 2.3 EU-alueen hiilidioksidipäästöjen kasvu**



### 3 Energian kysyntään ja tarjontaan vaikuttavat tekijät

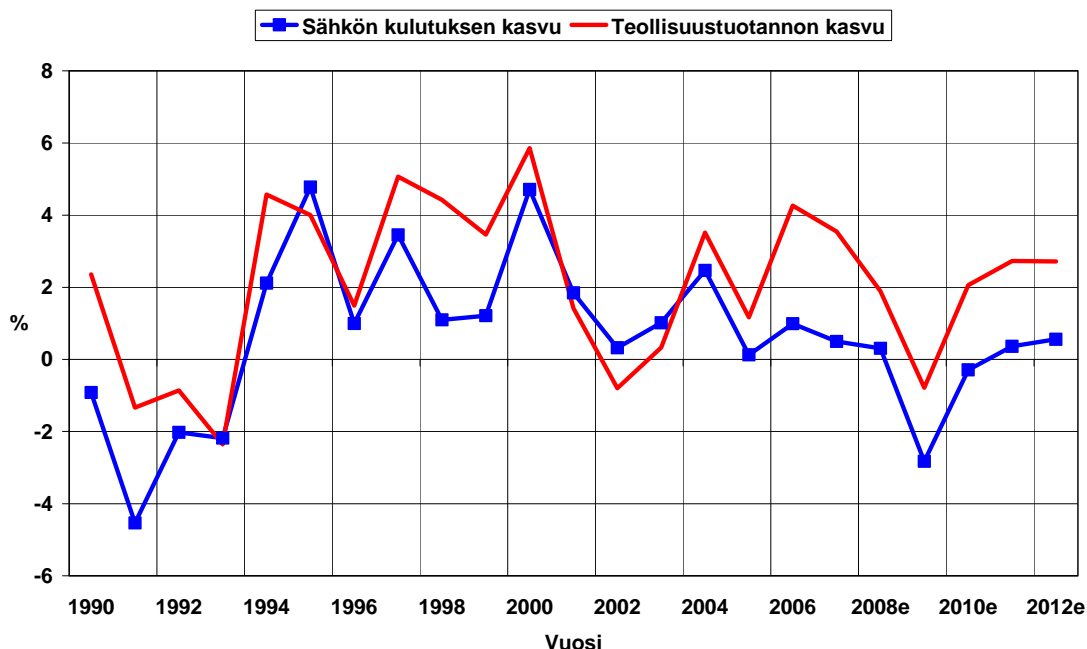
Ennustejärjestelmässä sähköenergian kulutus jaetaan teollisuuden, kotitalouksien ja muun talouden sähkön kulutukseen (Rantala 2007b). Energian kulutus mallinnetaan aikasarja-aineistosta estimoitavilla malleilla. Sähkön ja muun energian kysyntäfunktioiden perustäsmennys on muotoa

$$(3.1) \quad \ln E = \varepsilon_1 \ln Y - \varepsilon_2 \ln(P^E/P) - \varepsilon_3 \text{TMP} + \varepsilon_4.$$

Sähkön kulutusta  $E$  määrittää sektorikohtainen tuotannon volyyymi  $Y$  ja sähkön hinta  $P^E$  suhteessa tuotannon hintaan  $P$ . Lämmitysenergian kysyntään vaikuttaa myös lämpötilan  $\text{TMP}$  kehitys. Logaritmisessa mallissa energiaintensiteetin pieneneminen näkyy tuotantomuuttujan  $Y$  joustoparametrille estimoidussa arvossa siten, että  $0 < \varepsilon_1 < 1$ . Sähkön ja öljyn kulutuksen ennustemalleissa otetaan pitkän ajan riippuvuuden (3.1) ohella huomioon lyhyen ajan dynamiikka ekonometrista virheenkorjausmallia vastaavilla täsmennyksillä (Rantala 2007b, Rantala ja Suni 2007b).

Teollisuuden sähkön kulutus määräytyy teollisuuden tuotannon ja sähkön hinnan perusteella. Kuvio 3.1 havaitaan, että EU-alueen teollisuuden sähkön kulutuksen kasvu kytkeytyy teollisuustuotannon kasvuun, vaikka koko teollisuuden tasolla riippuvuus vaihtelee jonkin verran toimialojen kasvuerojen takia. Toimialatasolla sähkön kulutuksen yhteys tuotannon volyyymiin on kuvion esittämää koko teollisuuden sähkön kulutuksen kehitystä tiiviimpi.

**Kuvio 3.1 EU-alueen teollisuuden sähkön kulutuksen kasvu**



Kotitalouksien sähkön kulutus mallinnetaan asuntojen omistustoimialan tuotoksen, kotitalouksien sähkön hinnan, kuluttajahintojen ja vuosilämpötilan perusteella. Kuvio

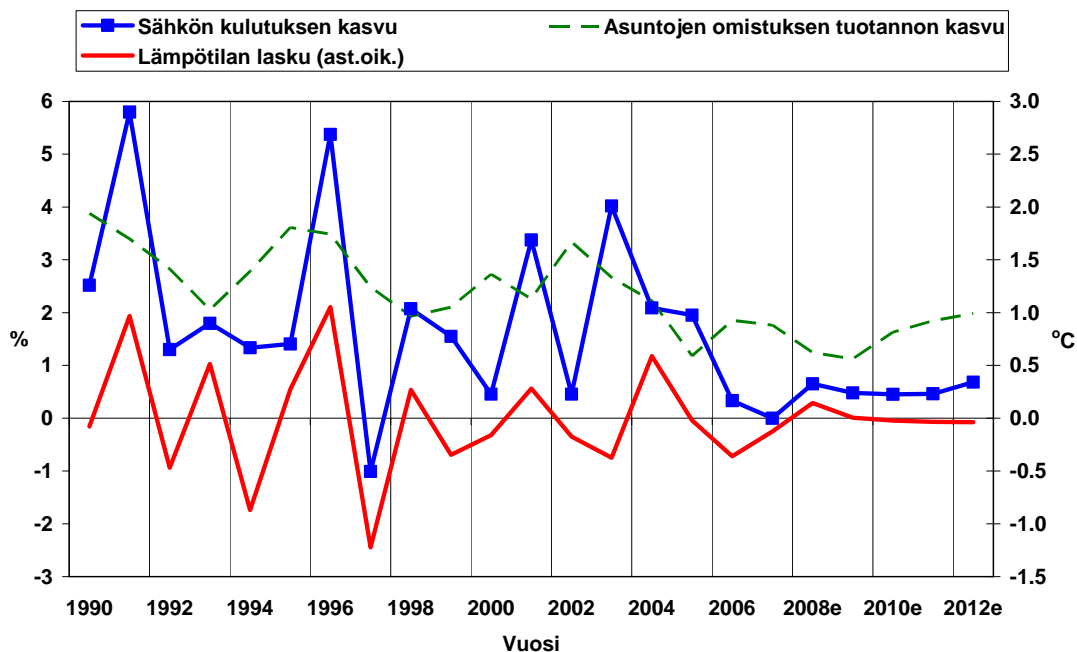


3.2 osoittaa, kuinka selvästi lämpötilan muutokset heijastuvat EU-alueen kotitalouksien sähkön kulutuksen muutoksiin<sup>1</sup>.

Asuntojen omistustoimialan tuotos vastaa kotitalouksien asumispalveluiden kysyntää ja toimii mallissa kotitalouksien sähkön kulutusta määrittävänä skaalamuuttujana. Lämpötilamuuttuja ottaa huomioon lämmitystarpeen vaikutuksen kotitalouksien sähkön kulutukseen. Pohjois- ja Keski-Euroopan maissa lämpötila vaikuttaa negatiivisesti sähkön kulutukseen, eli sähköä käytetään lähinnä lämmitykseen. Etelä-Euroopan maissa vaikutus on positiivinen, eli näissä maissa sähköä käytetään paljolti jäähdytykseen.

Sähkön reaalihintaa otetaan huomioon kotitalouksien sähkön kulutuksen pitkän ajan riippuvuudessa. Ekonometrisesti estimoiduissa sähkön kulutuksen malleissa kotitalouksien sähkön kulutuksen hintajousto on luokkaa -0.25 ja suunnilleen kaksinkertainen teollisuuden sähkön kulutuksen hintajoukseen verrattuna (Rantala 2007b, Rantala ja Suni 2007b).

**Kuvio 3.2 EU-alueen kotitalouksien sähkön kulutuksen kasvu**



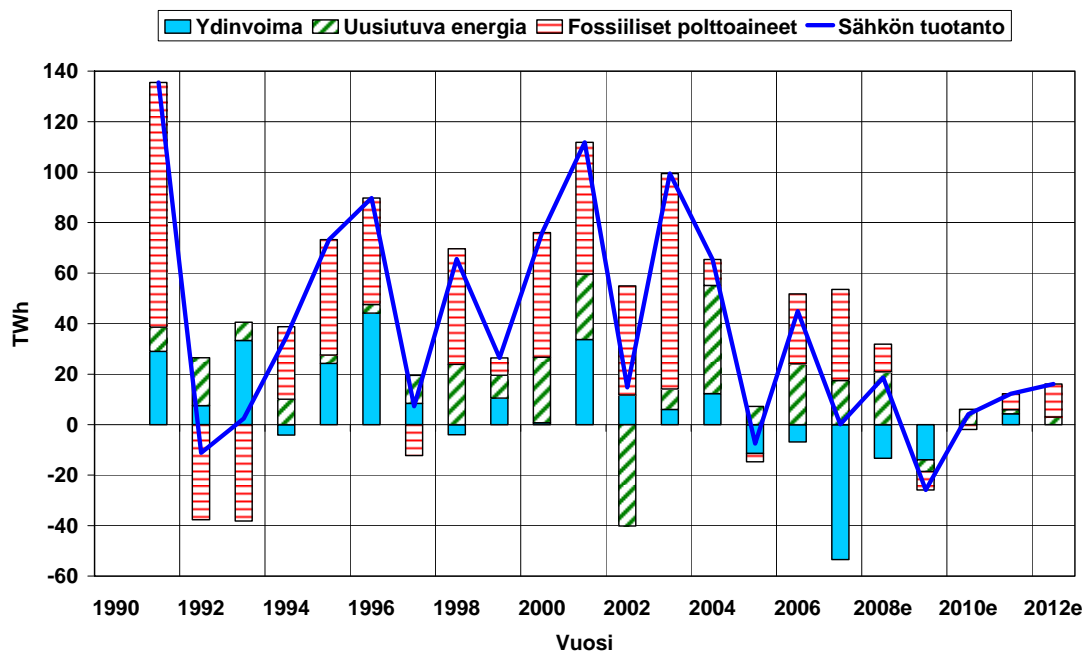
Muussa energian kulutuksessa kuin sähkön tuotannossa on hallitsevana öljytuotteiden käyttö liikenteessä ja lämmityksessä. Öljyn kulutus mallinnetaan liikenteen tuotosvolyymien, yksityisen kulutuksen volyymin, öljyn hinnan, kuluttajahintojen ja vuosilämpötilan perusteella (Rantala 2007b).

Hiilidioksidipäästöjen ennustamiseen liittyy huomattavaa epävarmuutta, koska ennuste on herkkä yhtäältä edellä kuvatun energian kysynnän ja sen taustalla olevan EU-

<sup>1</sup> EU-alueen lämpötilaa kuvataan Saksan, Ranskan, Englannin, Italian, Espanjan ja Ruotsin kotitalouksien vuosien 2000-2006 sähkön kulutuksella painotetulla keskimääräisellä lämpötilalla. Näillä mailla oli yhteensä 73 prosentin osuus EU-alueen kotitalouksien sähkön kulutuksesta vuosina 2000-2006.

alueen talouskehityksen ennusteen suhteen ja toisaalta päästöttömän sähkön tuotannon ennusteen suhteen. Suurin osa EU-alueen päästöttömästä sähkön tuotannosta ja lähes kolmannes sähkön nettotuotannosta EU-alueella on ydinvoimaa. Ydinvoimatuotanto on viime vuosina vähentynyt, mutta ennusteissa laskusuuntauksen on oletettu pysähtyvän. Uusiutuvaan energiaan – lähinnä tuulivoimaan ja biopolttoaineisiin - perustuva sähkön tuotanto on viime vuosina lisääntynyt tuntuvasti. Tuoreimmassa ennusteessa kasvun oletetaan pysähtyvän lähivuosina, koska finanssikriisin arvioidaan jarruttavan muun investointiaktiviteetin ohella energiahuollon investointeja (Rantala ja Suni 2008b). Sähkön kulutuksen ja päästöttömän sähkön tuotannon erotuksena määräytyvä fossiilisiin polttoaineisiin perustuva sähkön tuotanto kasvaa vuosien 2008-2012 perusskenaarion mukaan selvästi hitaammin kuin vielä kuluvan vuosikymmenen alkupuolella (kuvio 3.3).

**Kuvio 3.3 EU-alueen sähkön tuotannon kasvu**

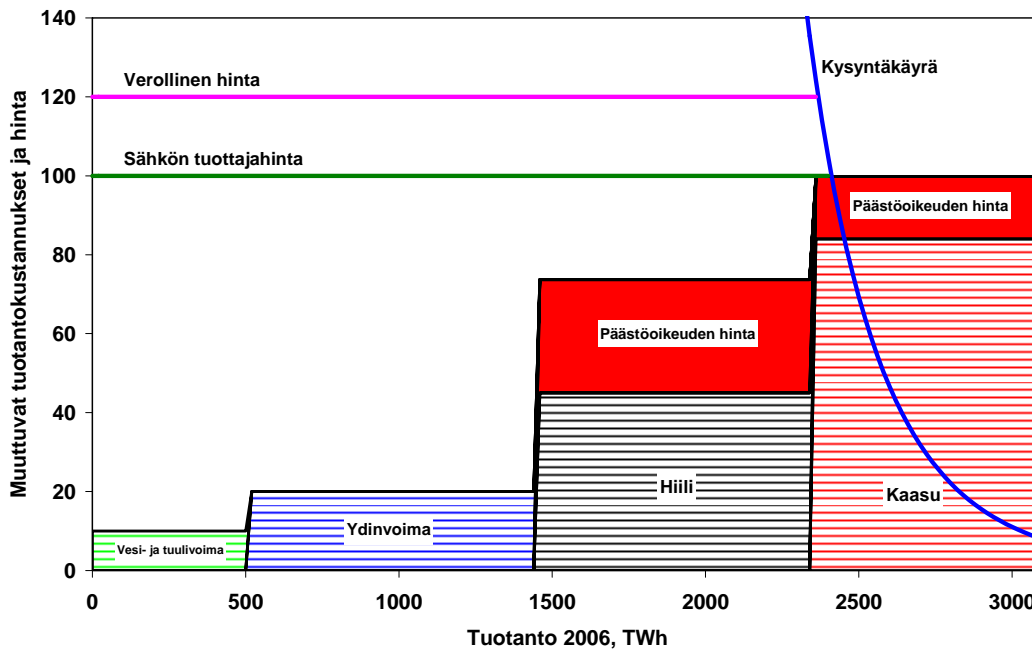


#### 4 Sähkötarkkinat ilmastopolitiikan vaikutuskanavana

EU:n ilmastopolitiikan keskeinen väline on päästökauppasektorin päästöjen rajoittaminen. Päästökaupan oloissa keskeinen kysymys ilmastopolitiikan taloudellisten vaikutusten ennakoinnissa on päästöoikeuden hinnan nousun vaikutus teollisuuden ja kotitalouksien sähkön hintaan. Sähkön hinnan nousu on keskeisin tekijä, joka välittää ilmastopolitiikan vaikutuksia talouteen ja energian kulutukseen sekä siten viime kädessä myös hiilidioksidipäästöjen vähenemiseen.

Kuvio 4.1 havainnollistaa primäärienergian hintojen ja päästöoikeuden hinnan vaikutusta sähkön hinnanmuodostukseen. Lähtökohtana on nykyisen kaltainen EU-alueen sähköenergian tarjontarakenne. Sähköenergian kokonaistarjonta jakaantuu kuvion esittämällä tavalla vesi- ja tuulivoimaan, ydinvoimaan sekä hiilellä ja kaasulla tuotettuun sähkseen. Muiden sähkön tuotantomuotojen osuudet ovat niin pieniä, että ne on jätetty pois kuviosta. Sähköenergian tuotantokustannukset ja päästöoikeuden hinta on asetelmassa kuvattu niin, että primäärienergian hintasuhteet vastaavat karkeasti viime vuosien tilannetta. Sähköenergian kysyntäkäyrän kulmakerroin perustuu mallissa käytettyihin sähkön kulutuksen hintajoustopon ekonometrisiin arvioihin.

**Kuvio 4.1 EU-alueen sähkömarkkinoiden tarjonta ja kysyntä**



Sähkön hinnan ratkaisee sen primäärienergiälähteen kustannustaso, jolla marginaalisähkö tuotetaan. Viimeisenä otetaan käyttöön kallein tuotantomuoto ja käytännössä säätövoima joudutaan tuottamaan fossiilisin polttoainein. Koska päästökauppajärjestelmässä fossiilisten energiaraaka-aineiden käyttöä rasietaan päästöoikeuden hinnalla, sähköenergian hinta määräytyy fossiilisten polttoaineiden hinnan, päästöoikeuden hinnan ja energiaverojen perusteella. Ongelmana päästörajoihin sopeutumisessa on sähkön kulutuksen verrattain vähäinen hintajousto, eli kaaviossa 4.1 hahmotellun kysyntäkäyrän jyrkkyys. Vähäisen hintajoustopon takia sähkön kulutuksen pienentäminen

edellyttää suurta sähkön hinnan nousua ja tämä siirtää huomattavan osan energian kulutuksen vähentämistä makrotaloudellisen sopeutumisen varaan.

Ennustemallissa sähkön tuottajahinnan määräytymisen perusteena on sähkön tuotannon rajakustannus, joka tarkoittaa käytännössä fossiilipolttoainein tuotetun lauhdesähkön tuotantokustannusta. Suurin osa siitä on kivihiilipohjaista sähkön tuotantoa, jonka rajakustannuksen määräytymistä voidaan kuvata kaavalla

$$(4.1) \quad MC = ((P^C + \mu_C P^M)/\gamma_C)/\delta_C.$$

Muuttuja  $MC$  tarkoittaa kivihiilipohjaisen sähkön tuotannon rajakustannusta (€/MWh),  $P^C$  kivihiilen hintaa (€/t) ja  $P^M$  päästöoikeuden hintaa (€/tCO<sub>2</sub>). Kerroin  $\mu_C$  tarkoittaa kivihiilen ominaispäästökerrointa,  $\gamma_C$  tehollista lämpöarvoa ja  $\delta_C$  sähkön tuotannon hyötysuhdetta. Kivihiilen ominaispäästökerroin  $\mu_C$  on 94.6 gCO<sub>2</sub>/MJ, eli 2.4 tonnia hiilidioksidia kivihiilitonnia kohden ja tehollinen lämpöarvo  $\gamma_C$  on 25.5 GJ, eli 7.08 MWh kivihiilitonnia kohden (Tilastokeskus 2008). Kivihiilen polton hyötysuhde sähkön tuotannossa  $\delta_C$  on laskettu EU-alueen vuosien 2000-2006 keskiarvona, jolloin estimaatiksi saadaan 0.32.

Ennustemallissa sähkön tuotannon rajakustannuksen ja tuottajahinnan väliin tulee ekonometrisesti estimoitu pitkän ajan keskimääräinen mark-up -kerroin. Sähkön tuottajahinta sopeutuu asteittain tällä kertoimella sähkön tuotannon rajakustannuksesta määräytyvään hintapaineeseen. Sähkön kuluttajahinnat määräytyvät tuottajahinnan ja sähkön kulutukseen kohdistuvien verojen perusteella.

Vaikka sähkön tuotannon rajakustannukset voidaan periaatteessa määrittellä täsmällisesti kaavan (4.1) tapaan, sähkön hinnan ennustemallin rakentaminen on käytännössä monin tavoin ongelmallista. Sähkömarkkinat poikkeavat tavallisista hyödykemarkkinoista, koska ne ovat verkkosidonnaisuuden takia aina luonteeltaan paikallismarkkinat. Lisäksi sähkön tuottajien ja loppukäyttäjien välillä on moniportainen aluekohtainen sähkön tukku- ja vähittäiskauppajakeluverkko, jolloin sähkön kuluttaja- ja tuottajahintojen välille syntyy usein suuria alueellisia eroja. Näin ollen myös päästöoikeuden hinnan vaikutus sähkön kuluttajahintoihin voi olla hyvin erilainen eri maissa ja maiden sisällä eri alueilla.

EU:n päästökauppa on ollut vielä niin vähän aikaa käynnissä, että empiiristä havaintoaineistoa päästöoikeuden hinnan vaikutuksesta sähkön hintaan on vain vähän. Tämä luonnollisesti hankaloittaa päästörajoitusten taloudellisten vaikutusten ennakoimista. Tähänastisten kokemusten perusteella näyttää siltä, että päästöoikeuden hinnan nousu on useimmissa EU-maissa heijastunut teollisuuden ja kotitalouksien sähkön hintaan. Merkittäviä poikkeuksia on muun muassa Ranska, jossa sähkön kuluttajahinnat on pidetty kutakuinkin ennallaan päästöoikeuksien hinnan muutoksista riippumatta.

Koska suurin osa EU-alueen fossiilisten polttoaineiden käyttöön pohjautuvasta sähkön tuotannosta perustuu kivihiilen käyttöön, ennusteissa EU-maiden sähkön tuottajahintojen kehitysarvio lähtee paljolti kivihiilen hinnan ennusteesta. Poliittikkaskenaarioissa primäärienergian kustannuksen päälle tulee päästöoikeuden hinnan nousun aiheuttama sähkön tuotannon lisäkustannus. Sähkön tuottaja- ja kuluttajahinnat sopeutuvat asteittain sähkön tuotannon rajakustannuksen muutokseen.

## 5 Päästökauppasektorin sopeutuminen päästörajoihin

EU:n ilmastopolitiikan vaikutuksia ohjaava hintamekanismi toimii päästökaupan ja sähkömarkkinoiden välityksellä. Päästöoikeuden hinnan noususta johtuva sähkön hinnan nousu vähentää teollisuuden ja kotitalouksien sähkön kulutusta ja vaikuttaa myös teollisuustuotannon ja kotimaisen kysynnän kasvun hidastumisen kautta sähkön kulutukseen. Makrotaloudellinen sopeutuminen johtaa sähkön hinnan nousun suoran sähkön kulutusta vähentävän vaikutuksen ohella energian kulutuksen ja päästöjen vähenemiseen. Lyhyellä ajalla fossiilisten polttoaineiden käyttöä ei voida päästöttömän energian tarjonnan joustamattomuuden takia korvata, jolloin päästörajoihin voidaan sopeutua lähinnä vain energian kulutusta vähentämällä. Energian kulutus vähenee sähkön hinnan noususta seuraavan energiatehokkuuden paranemisen ja energian säästämisen sekä talouden kasvun hidastumisen seurauksena.

EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutusten arvioinnin kannalta keskeistä on EU-alueen päästökauppasektorin sopeutuminen päästörajoitukseen. Kysymys on ennen kaikkea siitä, millaista päästöoikeuden hinnan nousua ja sähkön hinnan nousua sopeutuminen edellyttää ja millaisia kustannusvaikutuksia tästä seuraa EU-alueen teollisuudelle ja kotitalouksille.

Koska päästökauppasektorin sopeutumiseen liittyy Kioto-joustomekanismien takia huomattavaa epävarmuutta, vaikutusarviot on tarpeen tehdä laajalla vaihtoehtoilaskelmien skaalalla. Poliittikkaskenaarioissa on paikallaan hahmotella sekä mahdollisten sopeutumisurien ääriajoja että niiden väliin asettuvaa todennäköistä kehitystä edustavaa ennustetta. Ennusteraporttien lähestymistapana on ollut kuvata ilmastopolitiikan vaikutuksia kolmella vaihtoehtoilaskelmalla, eli maksimivaikutusten ja minimivaikutusten laskelmilla sekä näiden ääri vaihtoehtojen väliin asettuvalla ennustelaskelmalla. Seuraava tarkastelu perustuu marraskuun 2008 ennusteeseen (Rantala ja Suni 2008b).

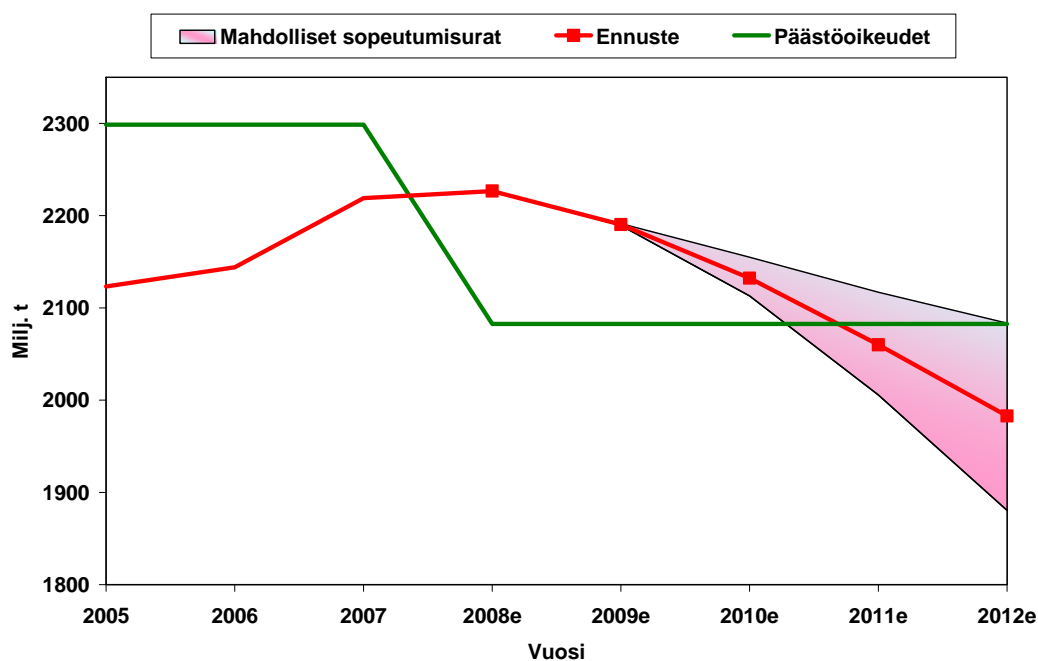
Kioto-kaudella 2008-2012 EU-alueen päästökauppasektorin päästöoikeuksia on leikattu noin 10 prosenttia verrattuna päästökauppajakson 2005-2007 päästöoikeuksiin. Poliittikkaskenaarioiden maksimivaikutuslaskelmassa oletetaan, että EU-alueen päästökauppasektori joutuu rajoittamaan päästöjään niin, että vuosien 2008-2012 keskimääräiset hiilidioksidipäästöt vähenevät täsmälleen päästöoikeuksien tasolle. Päästökauppasektorin kehityksen toista laitaa edustaa minimivaikutuslaskelma, jossa päästöoikeuksien tarjonta joustaa EU-alueen ulkopuolelta ja päästökauppa määräytyy pääosin perusskenaarion mukaisen energian kysynnän ja tarjonnan perusteella.

Kioto-mekanismit tuovat päästöjen rajoittamiseen joustomahdollisuuksia, joiden merkitystä on vaikea ennakoita. Epävarmuus johtuu siitä, että CDM- (Clean Development) ja JI- (Joint Implementation) hankkeista EU-alueen ulkopuolelta tulevaa päästövähennyksyksiköiden tarjontaa on vaikea arvioida muun muassa sen takia, että meillä oleva finanssikriisi voi lähivuosina jarruttaa energia-alan investointeja kehittyvissä maissa. Suurin osa potentiaalisista päästövähennyksistä on CDM-hankkeita ja yli puolet niistä on Kiinan tarjontaa. Epäselvää on, paljonko mahdollisista päästövähennyksiin johtavista hankkeista voidaan toteuttaa vuoteen 2012 mennessä.

EU-alueen päästökauppasektorin päästöille ennustettujen mahdollisten sopeutumisurien lievintä vaihtoehtoa kuvaa ilmastopolitiikan minimivaikutusarvio, jossa Kioto-mekanismien oletetaan johtavan täysin joustavaan päästöyksiköiden tarjontaan CDM- ja JI-hankkeiden tuottamien päästöyksiköiden hinnoin ja johtavan päästövähennyksen

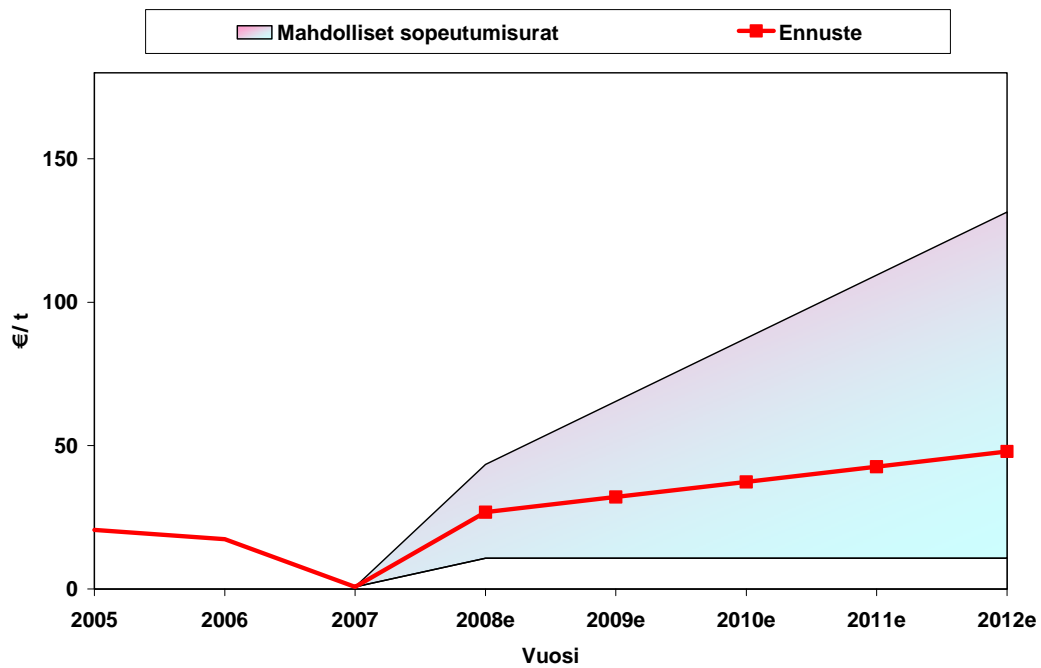
suuntautumiseen EU-alueen ulkopuolelle. Toisena ääritapauksena oletetaan, ettei CDM- ja JI-mekanismeista tule lainkaan joustoa, vaan EU-alueen päästökauppasektori joutuu rajoittamaan päästöjään niin, että vuosien 2008-2012 keskimääräiset hiilidioksidipäästöt vähenevät päästöoikeuksien tasolle ja päästöura leikkaa päästöoikeuksien tason vuoden 2010 kohdalla. Kuviossa 5.1 ennusteeksi nimetty politiikkaskenaario on sellainen sopeutumisura, jolla EU-alueen päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöt asettuvat vuonna 2012 äärivaihtoehtojen keskiarvoon.

**Kuvio 5.1 EU-alueen päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöt**



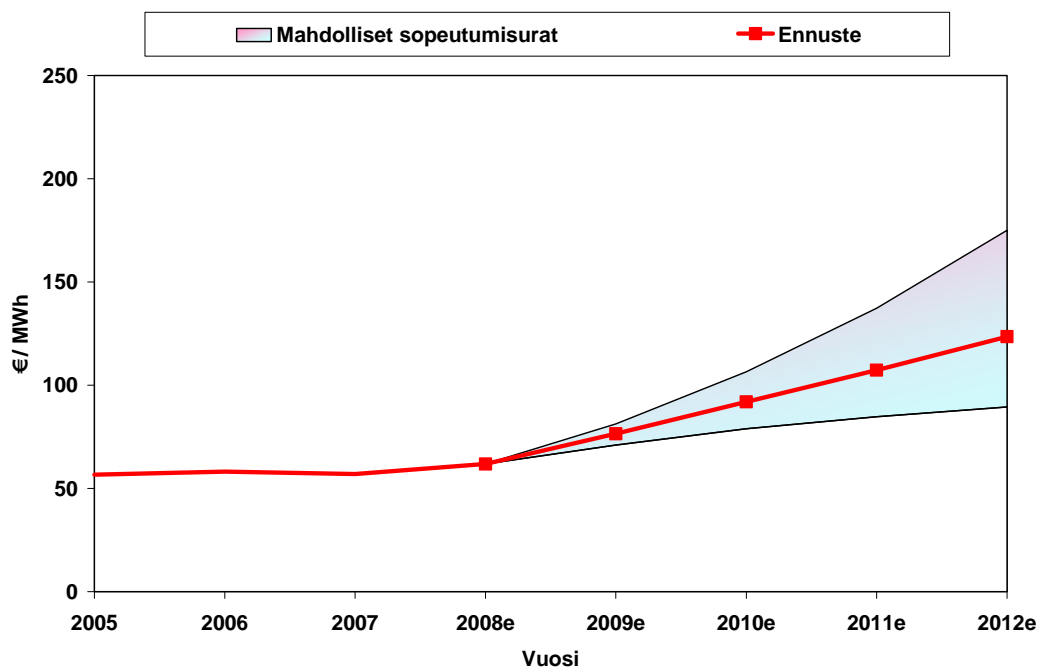
Päästöjen sopeutuminen alaspäin perusskenaarioon verrattuna voi toteutua vain päästöoikeuden hinnan nousun kautta. Ennustejärjestelmässä päästöoikeusmarkkinat tasa-painottuvat siten, että päästöoikeuden hinnalle haetaan sellainen nousu-ura, jolla EU-alueen päästökauppasektorin päästöt vähenevät oletettua sopeutumistarvetta vastaavasti. Ilmastopolitiikan minimivaikutusarviossa oletetaan, että päästövähennykset toteutuvat pääosin EU-alueen ulkopuolella CDM- ja JI-hankkeiden tuottamien päästöyksiköiden hinnoin. Tällöin CDM- ja JI-päästöyksiköiden hinta määrittää päästöoikeuksien hinnan EU:n päästökauppajärjestelmässä. Ennustelaskelmassa tämä päästöoikeuden hinnan minimitaso on kiinnitetty 10 euroon tonnilta. Tämä vastaa osapuulleen Kiinan päästöyksiköille asettamaa minimihintaa (World Bank 2007). Toisessa ääritapauksessa päästöjen rajuin määrällinen vähentäminen edellyttää päästöoikeuden hinnan jyrkkää nousua (kuvio 5.2).

**Kuvio 5.2 Päästöoikeuden hinta**



Päästöoikeuden hinnan nousu heijastuu asteittain teollisuuden ja kotitalouksien sähkön hintaan jaksossa 4 kuvatulla tavalla. Poliittikkaskenaarioiden vaihtoehdotiset päästöoikeuden hintaurat johtavat ennustemallissa vastaaviin vaihtoehtoisii ennusteurii sähkön hinnoille.

**Kuvio 5.3 Suomen teollisuuden sähkön hinta**



## 6 Päästöoikeuden hinnan ja sähkön hinnan kilpailukykyvaikutukset

EU:n päästökauppasektoriin kuuluvat teollisuusyritykset tarvitsevat päästöoikeuksia tuotannossa syntyviä hiilidioksidipäästöjä varten. Päästöoikeuden hinta vaikuttaa yritysten kustannuskilpailukykyyn suoraan ja välillisesti sähkön hinnan kautta. Päästöoikeuden hinnan nousu ja sähkön hinnan nousu johtavat teollisuuden kilpailukyvyn, tuotannon ja päästöjen vähenemiseen.

Tarkastellaan EU:n päästökauppasektoriin kuuluvaa teollisuusyritystä, jonka sähkön kulutus on sidoksissa tuotannon volyyymiin  $Y$  kertoimella  $\varepsilon$  ja muut tuotantopanokset kertoimella  $\rho$ . Oletetaan lisäksi, että hiilidioksidipäästöt ovat fossiilisten energiaraaka-aineiden käytön kautta sidoksissa tuotannon volyyymiin kertoimella  $\mu$ . Kuvataan sähkön hintaa muuttujalla  $P^E$ , muiden tuotantopanosten hintaa muuttujalla  $P^R$  ja päästöoikeuden hintaa muuttujalla  $P^M$ . Tällöin tuotannon rajakustannukset ovat

$$(6.1) \quad MC = \varepsilon P^E + \rho P^R + \mu P^M.$$

Oletetaan, että yritys saa ilmaisia päästöoikeuksia määrän  $Q$ . Kuvataan tuotannon hintaa muuttujalla  $P$ . Tällöin yrityksen voittofunktio on

$$(6.2) \quad \Pi = (P - MC)Y + P^M Q.$$

Tarkastellaan tilannetta, jossa edellä kuvattu EU-alueella toimiva yritys kilpailee EU-alueen ulkopuolella toimivan yrityksen kanssa. Oletetaan, että EU-alueen ulkopuolella toimiva yritys tuottaa samaa tuotetta samanlaisin panoskertoimin  $\varepsilon$  ja  $\rho$ , samalla tuotantopanoshinnalla  $P^R$  ja myy tuotetta kansainvälisille markkinoille samaan hintaan  $P$ . EU-alueen ulkopuolella toimiva yritys ei kuitenkaan tarvitse päästöoikeuksia, vaan sen kohdalla  $\mu=0$  ja  $Q=0$ . Lisäksi EU-alueen ulkopuolella sähkön hinta on alhaisempi kuin EU-alueella, koska päästöoikeuden hinnasta ei siellä tule lisäkustannusta sähkön tuottajille.

Yhtälöitä (6.1) ja (6.2) vastaavat EU-alueen ulkopuolella toimivan yrityksen rajakustannukset ja voittofunktio ovat

$$(6.3) \quad MC^* = \varepsilon P^{E*} + \rho P^R,$$

$$(6.4) \quad \Pi^* = (P - MC^*)Y^*,$$

missä muuttuja  $Y^*$  tarkoittaa EU-alueen ulkopuolella toimivan yrityksen tuotannon volyyymia,  $P^{E*}$  sähkön hintaa ja  $MC^*$  tuotannon rajakustannuksia.

Yritysten käyttäytymisen perusteorian mukaan yritys maksimoi voittoa siten, että  $d\Pi/dY=0$ . Lisäksi yrityksen täytyy ottaa huomioon markkinatilanne, eli tuotteen markkinahinnan muutos tarjonnan muutoksen suhteen  $dP/d(Y+Y^*)$  sekä kilpailijan tuotannon mahdollinen reaktio oman tuotannon muutoksen suhteen  $dY^*/dY$  (Rantala 2007a, liite 3).

Markkinoiden kilpailullisuuden ääritapauksina ovat monopoli ja täydellinen kilpailu. Monopolilla ei ole kilpailijoita eikä sen tarvitse välittää kilpailijoiden reaktioista, joten se ottaa voittoa maksimoidessaan huomioon vain kysynnän hintajouston. Täydellisen



kilpailun tilanteessa taas yksittäisellä yrityksellä ei ole vaikutusta tuotteen hintaan, vaan hinta otetaan markkinoilta annettuna. Epätäydellisen kilpailun vallitessa kilpaillevien yritysten rajakustannukset vaikuttavat tuotteen hintaan ja menekkiin, eli  $P=P(MC,MC^*)$ ,  $Y=Y(MC,MC^*)$  ja  $Y^*=Y^*(MC,MC^*)$ .

Yrityksen teorian keskeinen sanoma on, että yrityksen tuotantopäätöksiin vaikuttava kilpailukyky määräytyy tuotannon rajakustannusten eli tuotannon volyyymiin sidoksissa olevien muuttuvien kustannusten perusteella. EU-alueella toimivan yrityksen kilpailukykyä suhteessa EU-alueen ulkopuolella toimivaan yritykseen määrittävät siis kustannustekijät  $MC$  ja  $MC^*$ . Ilmaiset päästöoikeudet eivät vaikuta rajakustannuksiin ja kilpailukykyyn, koska niiden määrä  $Q$  ei riipu tuotannosta  $Y$ . Ilmaiset päästöoikeudet vaikuttavat kuitenkin yrityksen kannattavuuteen kaavan (6.2) mukaisesti.

Ennustemallin vientiyhtälöissä EU-alueen yritysten kilpailukykyä suhteessa EU-alueen ulkopuolisiin yrityksiin mitataan tuotannon suhteellisilla yksikkökustannuksilla  $MC^*/MC=(\varepsilon P^{E*}+\rho P^R)/(\varepsilon P^E+\rho P^R+\mu P^M)$ . Ilmastopolitiikan EU-alueen teollisuudelle aiheuttama kilpailukykyhaitta syntyy siis sähkön hintaerosta  $P^E>P^{E*}$  ja päästökauppasektorilla myös päästökustannuksista  $\mu P^M$ .

Taulukko 6.1 kuvaa jaksossa 8 esiteltävän Suomen toimialamallin aineistosta laskettua sähkön kulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen suhdetta teollisuustoimialojen tuotokseen ja liikevaihtoon vuonna 2006. Mallissa sähköenergian kustannukset lasketaan ostetun sähkön perusteella<sup>2</sup>. Sähköenergiaintensiivisyys on suurin paperiteollisuudessa. Päästökauppasektoriin kuuluvien yritysten hiilidioksidipäästöt suhteessa tuotokseen ovat suurimmat rakennusaineteollisuudessa ja metallinjalostusteollisuudessa.

**Taulukko 6.1 Suomen teollisuuden sähkön käyttö ja hiilidioksidipäästöt suhteessa tuotokseen vuonna 2006**

	Ostettu sähkö / tuotos, kWh / € $\varepsilon$	CO <sub>2</sub> -päästöt / tuotos, kg / € $\mu$
Elintarviketeollisuus	0.15	
Tevanake-teollisuus	0.17	
Puutavateollisuus	0.23	
Paperiteollisuus	0.88	0.27
Graafinen teollisuus	0.09	
Öljynjalostusteollisuus	0.13	0.41
Kemikaaliteollisuus	0.38	
Muovi- ja kumiteollisuus	0.26	
Rakennusaineteollisuus	0.31	0.65
Metallinjalostusteollisuus	0.31	0.57
Metallituoteteollisuus	0.11	
Koneteollisuus	0.05	
Elektroniikkateollisuus	0.04	
Kulkuneuvoteollisuus	0.07	
Muu teollisuus	0.13	
Koko teollisuus	0.23	0.13

<sup>2</sup> Tuotos ja sähkön käyttö on laskettu Tilastokeskuksen tiedoista ja päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöt Carbon Market Datan tiedoista.

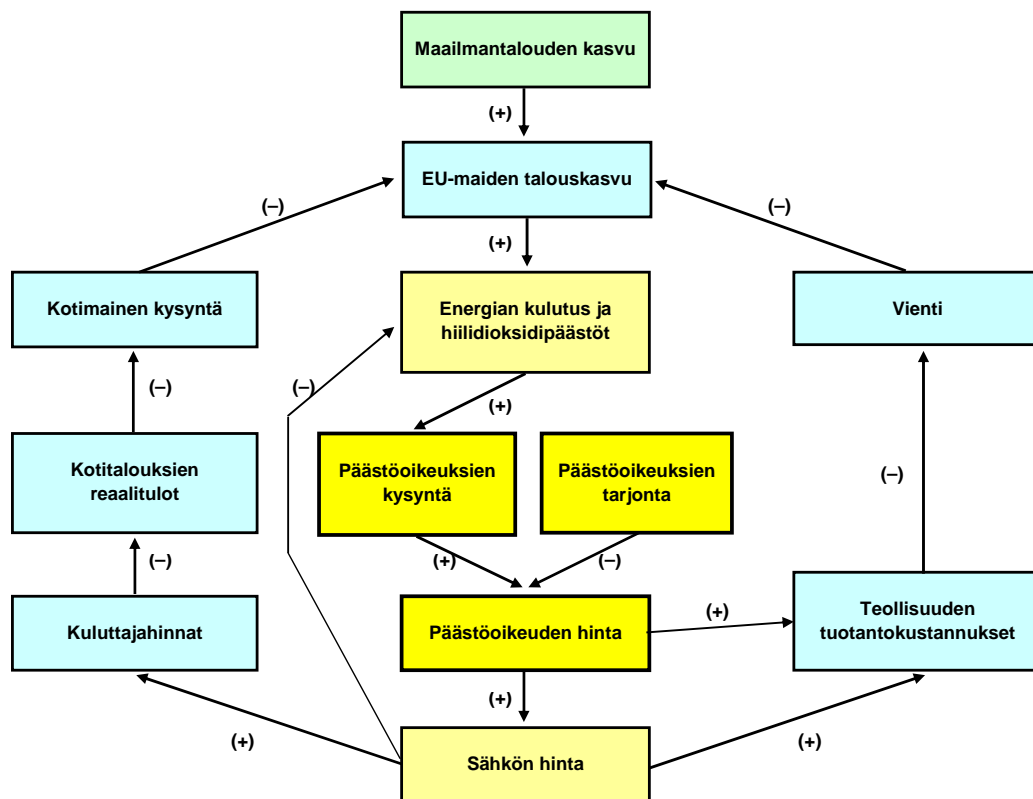
## 7 Makrotalouden sopeutuminen ilmastopolitiikkaan

Keskeinen linkki päästörajoitusten vaikutuksissa energian kulutukseen ja talouden kehitykseen on päästöoikeuden hinnan nousun vaikutus sähkön hintaan sekä teollisuuden sähköenergiakustannusten kautta kilpailukyyn ja vientiin ynnä kotitalouksiin sähköenergiakulujen kautta kuluttajahintoihin, reaalitytuloihin ja kulutuskysyntään. Tätä makrotaloudellista sopeutumista hahmotellaan kaaviossa 7.1.

Päästöjä rajoittava hintamekanismi toimii päästöoikeuden hinnan ja sähkömarkkinoiden välityksellä. Sähkön hinnan nousu vähentää teollisuuden ja kotitalouksien sähkön kulutusta. Energian kulutuksen reaktio energian hinnan nousuun ja tästä seuraava energiatuotannon hiilidioksidipäästöjen väheneminen on osa sitä sopeutumista, jonka tuloksena päästöt vähenevät ilmastopolitiikassa asetettuihin rajoihin.

Ilmastopolitiikka johtaa myös makrotaloudelliseen sopeutumiseen sähkön hinnan nousun välityksellä. Päästöoikeuden hinnan nousu ja sähkön hinnan nousu lisäävät teollisuuden tuotantokustannuksia heikentäen näin viennin kustannuskilpailukykyä ja teollisuuden vientimenestystä EU-alueen ulkopuolisilla vientimarkkinoilla. Lisäksi sähkön hinnan nousu heijastuu kuluttajahintoihin hidastaen kotitalouksien reaalitytulojen ja kulutuksen kasvua. Nämä makrotaloudelliset vaikutukset johtavat sähkön hinnan nousun suorien vaikutusten ohella energian kysynnän ja päästöjen vähenemiseen.

**Kuvio 7.1 EU-maiden makrotaloudellinen sopeutuminen ilmastopolitiikkaan**



EU-alueen ja Suomen taloudet jaetaan ilmastopolitiikan makrotaloudellisia vaikutuksia arvioivassa mallissa neljään sektoriin, eli teollisuuteen, liikenteeseen, kotitaloussektoriin ja muuhun kansantalouteen. EU-alueen energian kulutuksen ennustamiseen tarvittava sektoreiden tuotannon ennustejärjestelmä on rakennettu panos-tuotostmallin pohjalle siten, että sektoreiden tuotannon volyyymi kytkeytyy kansainvälisen talouden ennusteissa arvioitavaan EU-alueen vientiin ja kotimaiseen kysyntään. EU-alueen ja Suomen panos-tuotostmallit muuntavat vientiin ja kotimaiseen kysyntään kohdistuvat ilmastopolitiikan vaikutukset sektorikohtaisiksi tuotantovaikutuksiksi siten, että mallisimuloinneissa tulee otettua huomioon sektoreiden keskinäisen välituotekaupan vaikutus.

EU-maiden vienti jaetaan mallissa vientiin EU-alueelle ja vientiin muualle maailmaan. Perusskenaariossa mallin vientiennusteen lähtökohtana ovat ETLAn kansainvälisen talouden ennusteet EU-maille ja muulle maailmantaloudelle.

Teollisuuden tuotantokustannusten kasvu heikentää viennin kilpailukykyä EU-alueen ulkopuolella. Ilmastopolitiikan vaikutuksia kuvaavissa politiikkaskenaarioissa vienti-kehitystä määrittää päästöoikeuden hinnan noususta ja sähkön hinnan noususta aiheutuva teollisuuden tuotantokustannusten kasvu ja kilpailukyvyyn heikkeneminen, joka otetaan huomioon EU-alueen ulkopuolelle suuntautuvan viennin hintajoustoparametrilla. EU-alueen sisäiseen kauppaan heijastuu EU-alueen talouskasvun hidastuminen ja tästä johtuva tuontikysynnän heikkeneminen.

Sähkön hinnan nousu lisää Suomessa teollisuuden tuotantokustannuksia enemmän kuin EU-alueella keskimäärin, mikä johtuu Suomen teollisuuden energiaintensiivisyydestä. Tuotantokustannuksiin sisältyvät mallissa työvoimakustannukset ja välituotepanoskustannukset.

Myös kotitalouksien sähkön kulutus on Suomessa suurempaa kuin EU-alueella keskimäärin. Suomessa kotitalouksien sähkölasku on noin 2.5 prosenttia ja EU-maissa keskimäärin vajaat 2 prosenttia kansantalouden tilinpidossa lasketuista kulutusmenoista. Tästä syystä sähkön hinnan nousu johtaa Suomessa suurempaan kuluttajahintojen nousuvaikutukseen kuin EU-maissa keskimäärin (Rantala ja Suni 2008b).

Mallissa palkkataso määräytyy työn tuottavuuden ja kuluttajahintainflaation perusteella. Palkkasumma määräytyy puolestaan palkkatason ja työllisyyden perusteella. Sähkön kallistumisesta johtuva kuluttajahintojen nousu heijastuu ansiotasokehitykseen, mutta reaalitylokehitystä dominoi kuluttajahintojen nousun ostovoimaa vähentävä vaikutus. Sähkön hinnan nousu johtaa kotitalouksien reaalitylokehityksen heikkeneemiseen, joka hidastaa yksityisen kulutuksen ja kotimaisen kysynnän kasvua. Kulutuksen kasvun hidastuminen heijastuu edelleen tuotannon ja työllisyyden kehitykseen.

Työllisyys jaetaan mallissa kolmeen sektoriin, eli teollisuuden, kuljetusten ja muun talouden työllisyyteen. Sektoreiden tuotannon kehitys määrittää työllisyyden kehitystä siten, että tuotantosokkien välittömien työllisyysvaikutusten ohella ekonometrisesti mallinnetussa sektorikohtaisessa työvoiman kysynnässä otetaan huomioon sektorikohtainen työn tuottavuuden pitkän ajan kasvu samaan tapaan kuin seuraavassa jaksossa esiteltävässä Suomen toimialamallissa.

Taulukot 7.1 ja 7.2 kuvaavat ilmastopolitiikan talousvaikutuksia Suomessa ja EU-alueella vuonna 2012 perusskenaarioon verrattuna marraskuussa 2008 julkaistun en-

nusteen mukaan (Rantala ja Suni 2008b). Perusskenaarion mukaan sähkön hinta nousee kivihiilen kallistumisen takia EU-alueella ja Suomessa ennustejakson kuluessa noin 30 prosenttia vuoden 2007 tasolta. Ilmastopolitiikan vaikutuksia kuvaavan ennusteen mukaan sähkön hinta nousee runsaat 60 prosenttia vuoteen 2012 mennessä perusskenaarioon verrattuna. Maksimivaikutuksen tapauksessa sähkön hinnan nousu on tähän verrattuna kaksinkertainen.

**Taulukko 7.1 Ilmastopolitiikan talousvaikutukset Suomessa**

	Perusskenaario vuodelle 2012, 2007=100	Politiikkavaikutus vuonna 2012, %		
		Minimi- vaikutus	Ennuste	Maksimi- vaikutus
Teollisuuden sähkön hinta	131	20	66	135
Teollisuuden sähkön kulutus	98	-1.5	-3.8	-6.2
Teollisuuden kustannukset	117	0.6	2.2	4.8
Kotitalouksien sähkön hinta	135	20	65	135
Kotitalouksien sähkön kulutus	103	-2.3	-5.7	-9.0
Kuluttajahinnat	110	0.8	1.6	2.5
Vienti	114	-0.3	-0.9	-1.8
Teollisuustuotanto	109	-0.3	-0.9	-1.7
Kotimainen kysyntä	108	-0.3	-0.7	-1.1
BKT	108	-0.3	-0.8	-1.4
Työllisyys	102	-0.2	-0.4	-0.7

**Taulukko 7.2 Ilmastopolitiikan talousvaikutukset EU-alueella**

	Perusskenaario vuodelle 2012, 2007=100	Politiikkavaikutus vuonna 2012, %		
		Minimi- vaikutus	Ennuste	Maksimi- vaikutus
Teollisuuden sähkön hinta	131	20	66	135
Teollisuuden sähkön kulutus	98	-1.4	-3.6	-5.8
Teollisuuden kustannukset	120	0.5	1.7	3.7
Kotitalouksien sähkön hinta	135	20	65	135
Kotitalouksien sähkön kulutus	103	-2.0	-5.0	-8.0
Kuluttajahinnat	113	0.3	0.9	1.6
Vienti	117	-0.2	-0.6	-1.2
Teollisuustuotanto	109	-0.2	-0.6	-1.1
Kotimainen kysyntä	110	-0.2	-0.4	-0.7
BKT	108	-0.2	-0.5	-0.9
Työllisyys	104	-0.1	-0.3	-0.5

Suomen teollisuuden energiavaltaisuuden takia sähkön hinnan nousu lisää meillä teollisuuden tuotantokustannuksia enemmän kuin EU-alueella keskimäärin. Myös kotitalouksien sähkön kulutus on Suomessa suurempaa kuin EU-alueella keskimäärin. Sähkön hinnan nousu johtaa meillä lähes kaksinkertaiseen kuluttajahintojen nousuun koko EU-alueeseen verrattuna.

Päästöoikeuden hinnan nousun ja sähkön hinnan nousun aiheuttama teollisuuden tuotantokustannusten kasvu heikentää viennin kilpailukykyä EU-alueen ulkopuolella. Kilpailukyvyn heikkenemisen takia vienti ja teollisuustuotanto jäävät vuoteen 2012 mennessä vähäisemmiksi kuin perusskenaariossa on arvioitu. Teollisuustuotantoon kohdistuu Suomessa suurempi negatiivinen vaikutus kuin EU-alueella keskimäärin.

Kotitalouksien reaalitylokehityksen heikkeneminen hidastaa yksityisen kulutuksen ja kotimaisen kysynnän kasvua. Sähkön hinnan noususta aiheutuvan suuremman kuluttajahintojen nousun takia kulutusvaikutus on Suomessa suurempi kuin EU-alueella keskimäärin. Kulutuksen kasvun hidastuminen heijastuu muun muassa palvelutuotannon ja työllisyyden kehitykseen.

Keskeinen johtopäätös kokonaistaloudellisesta vaikutusarviosta on, että pohjoisesta sijainnista ja kylmästä ilmastosta johtuvan energiatarpeen, talouden vientivaltaisuuden sekä teollisuuden energiaintensiivisyyden takia Suomi maksaa päästökauppajärjestelmällä toteutettavasta ilmastopolitiikasta kovempaa hintaa tuotanto- ja työllisyysmenetyksinä kuin EU-maat keskimäärin.

## 8 Ilmastopolitiikan toimialavaikutukset

Ennustejärjestelmää voidaan käyttää energian kulutuksen, kasvihuonekaasupäästöjen, päästöoikeuden hinnan ja sähkön hinnan ennustamiseen sekä päästörajoituspolitiikan kokonaistaloudellisten vaikutusten arviointiin. Keväällä 2007 käyttöön otettua ennustemallin ensimmäistä versiota on vuonna 2008 parannettu edellä kuvatulla tavalla yhtäältä laajentamalla se kattamaan koko EU-alue ja toisaalta makrotaloudellisen sopeutumisen mallinnuksen osalta.

Kolmas kehityskohde on ollut Suomea kuvaavan toimialamallin rakentaminen. Suomen ja muiden EU-maiden kansantaloudet on makrotalousmallissa jaettu neljään sektoriin, eli teollisuuteen, liikenteeseen, kotitaloussektoriin ja muuhun kansantalouteen. Koska päästöoikeuden hinnan nousu ja sähkön hinnan nousu kuormittavat enemmän energiavaltaista päästökauppasektoriin kuuluvaa teollisuutta kuin muita toimialoja, ilmastopolitiikan talousvaikutusten tarkempaan arviointiin tarvitaan Suomen taloutta kuvaavaa yksityiskohtaista toimialamallia. Tähän tarkoitukseen rakennetussa toimialamallissa on 15 teollisuustoimialaa ja 15 muuta toimialaa suunnilleen samalla toimialajaolla, jolla toimialakehitystä arvioidaan ETLAn suhdanne-ennusteissa.

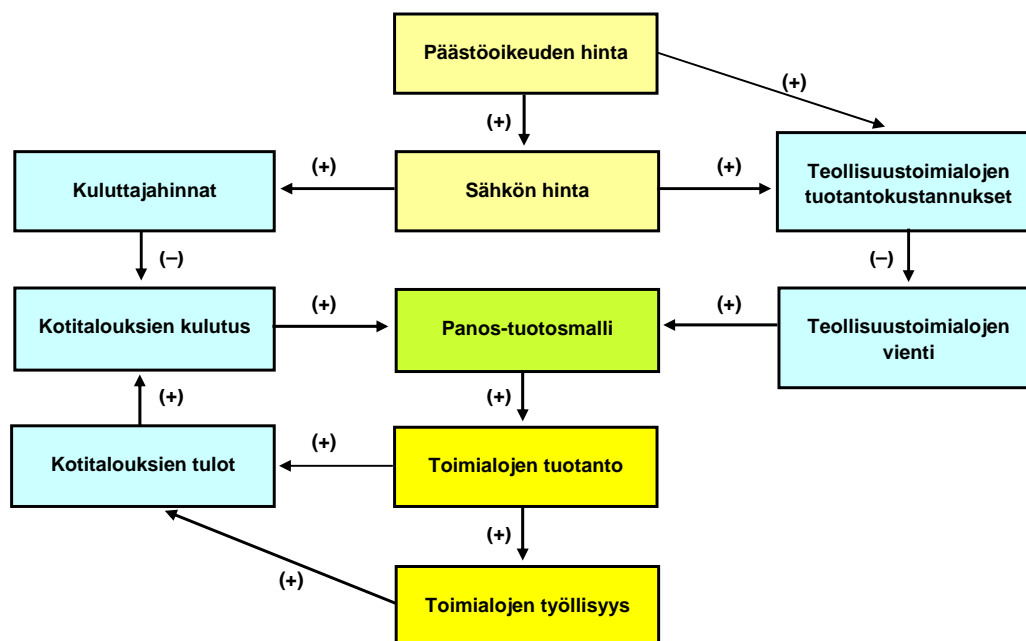
Toimialamalli on edellä kuvatun EU-alueen ja Suomen ilmastopolitiikkamallin satelliittimalli. Makrotason ilmastopolitiikkamallissa päästöoikeuden hinnalle, sähkön hinnalle, EU-alueen kysynnälle sekä Suomen tuottaja- ja kuluttajahinnoille, palkoille ja kotimaiselle kysynnälle simuloitu kehitys on linkitetty toimialamalliin. Vienti määräytyy toimialoittain suoraan toimialamallissa kilpailukyvyyn sekä EU-alueen ja muun maailmantalouden kasvun perusteella.

Kaavio 8.1 hahmottelee mallin keskeisiä piirteitä. Toimialamallin ytimenä on panos-tuotosmalli, joka muuntaa toimialojen vientiin ja kotimaiseen kysyntään kohdistuvat ilmastopolitiikan vaikutukset toimialojen tuotantovaikutuksiksi siten, että laskennassa tulee otettua huomioon toimialojen keskinäisen välituotekaupan vaikutus.

Toimialojen tuotannon kehitys määrittää työllisyyden kehitystä siten, että tuotantosokkien välittömien työllisyysvaikutusten ohella ekonometrisesti mallinnetussa toimialakohtaisessa työvoiman kysynnässä otetaan huomioon toimialakohtainen työn tuottavuuden pitkän ajan kasvu. Tuotannon muutoksista seuraa suurimpia työllisyysvaikutuksia palvelualoilla ja muilla työvaltaisilla toimialoilla, joilla työvoiman kysynnän lyhyen ajan jousto tuotannon volyymin suhteen on suuri ja työn tuottavuuden pitkän ajan kasvu on keskimääräistä hitaampaa. Työllisyys reagoi tuotantosokkeihin vähemmän pääomavaltaisilla prosessiteollisuuden toimialoilla, joilla työvoiman kysynnän lyhyen ajan jousto tuotannon volyymin suhteen on pieni ja työn tuottavuuden pitkän ajan kasvu on keskimääräistä nopeampaa.

Ilmastopolitiikka aiheuttaa kustannus- ja kilpailukykyrasitteen teollisuudelle päästöoikeuden hinnan nousun ja sähkön hinnan nousun kautta. Tuotantokustannusten kasvu heikentää teollisuustoimialojen viennin ja tuotannon kehitystä. Ilmastopolitiikasta teollisuustuotantoon kohdistuvat negatiiviset vaikutukset heijastuvat panos-tuotosmallissa teollisuuden välituoteostojen kautta muiden toimialojen tuotantoon. Teollisuuden työllisyyden heikkeneminen heijastuu puolestaan kotitalouksien ostovoiman vähenemisen kautta muun muassa palvelualojen tuotantoon.

**Kuvio 8.1 Toimialojen sopeutuminen ilmastopolitiikkaan**



Taulukot 8.1 ja 8.2 kuvaavat marraskuussa 2008 esitettyjä ennusteita EU:n ilmastopolitiikan toimialavaikutuksista Suomessa (Rantala ja Suni 2008b). Taulukosta 8.1 havaitaan, että tuotantokustannukset kasvavat Suomessa eniten päästökauppasektoriin kuuluvilla teollisuustoimialoilla. Kustannukset lisääntyvät eniten paperiteollisuudessa, mutta merkittävästi myös rakennusaineteollisuudessa ja metallinjalostusteollisuudessa. Toimialavaikutusten osalta tässä esitetään vain keskimääräisennusteen mukaiset tulokset. Minimi- ja maksimivaikutukset suhtautuvat taulukon 8.1 lukuihin suunnitteen samoin kuin taulukossa 7.1 esitetyt minimi- ja maksimivaikutukset taulukon ennustelukuihin.

Tuotantokustannusten kasvu heikentää teollisuuden mahdollisuuksia viedä tuotteita EU-alueen ulkopuolisille vientimarkkinoille. Vientikehitys heijastuu teollisuustoimialoihin siten, että tuotantoon kohdistuu suurin negatiivinen vaikutus sellaisilla päästökauppasektorin toimialoilla, joiden kustannukset kasvavat eniten.

Taulukosta 8.1 havaitaan, etteivät kustannus- ja tuotantovaikutukset kuitenkaan täysin vastaa toisiaan. Tämä johtuu siitä, että viennin jakaumassa EU-alueelle ja EU:n ulkopuolelle on eroja teollisuustoimialojen välillä. Suomen koko teollisuutta tarkastellen ilmastopolitiikan negatiivisia kilpailukykyvaikutuksia lieventää hieman se, että energiavaltaiten päästökauppasektoriin kuluviin teollisuustoimialojen viennistä suuntautuu suurin osa EU-alueelle, jossa muiden EU-maiden vastaaviin teollisuustoimialoihin kohdistuu samanlaisia kustannuspaineita kuin meillä. Sen sijaan vähemmän sähköä kuluttavan koneteollisuuden ja elektroniikkateollisuuden viennistä suurin osa suuntautuu EU-alueen ulkopuolelle.

**Taulukko 8.1 Ilmastopolitiikan kustannus-, tuotanto- ja työllisyysvaikutukset Suomen teollisuustoimialoilla vuonna 2012 perusskenaarioon verrattuina, %**

	Tuotanto-kustannukset	Tuotannon volyymi	Työllisyys
Elintarviketeollisuus	1.5	-0.8	-0.5
Tevanake-teollisuus	1.6	-0.8	-0.5
Puutavarateollisuus	1.7	-0.9	-0.5
Paperiteollisuus	5.8	-1.9	-0.8
Graafinen teollisuus	1.2	-0.8	-0.3
Öljynjalostusteollisuus	3.2	-1.0	-0.7
Kemikaaliteollisuus	2.4	-1.2	-0.7
Muovi- ja kumiteollisuus	1.9	-0.9	-0.5
Rakennusaineteollisuus	5.3	-1.2	-0.9
Metallinjalostusteollisuus	5.1	-1.2	-0.4
Metallituoteteollisuus	1.2	-0.8	-0.5
Koneteollisuus	1.0	-0.8	-0.4
Elektroniikkateollisuus	1.0	-0.7	-0.2
Kulkuneuvoteollisuus	1.0	-0.7	-0.2
Muu teollisuus	1.1	-0.8	-0.5
Koko teollisuus	2.2	-0.9	-0.4

Ilmastopolitiikka johtaa teollisuuden ohella myös muiden toimialojen tuotannon ja työllisyyden heikkenemiseen. Taulukko 8.2 kuvaa näitä tuotanto- ja työllisyysvaikutuksia<sup>3</sup>.

**Taulukko 8.2 Ilmastopolitiikan tuotanto- ja työllisyysvaikutukset Suomen muilla toimialoilla vuonna 2012 perusskenaarioon verrattuina, %**

	Tuotannon volyymi	Työllisyys
Yksityiset palvelut	-0.8	-0.5
Julkiset palvelut	-0.2	-0.1
Muut toimialat	-1.0	-0.6

Ilmastopolitiikasta teollisuustuotantoon kohdistuvat negatiiviset vaikutukset heijastuvat teollisuuden välituoteostojen kautta muiden toimialojen tuotantoon. Taulukoita 8.1 ja 8.2 vertaamalla havaitaan, että palvelualoilla tuotantovaikutukset jäävät vähäisemmiksi kuin teollisuudessa. Yksityisten palveluiden kohdalla työllisyysvaikutukset ovat kuitenkin samaa luokkaa kuin teollisuudessa. Tämä johtuu siitä, että palvelualoilla ja muilla työvaltaisilla toimialoilla työllisyys reagoi voimakkaammin tuotannon kasvun hidastumiseen kuin teollisuudessa.

<sup>3</sup> Yksityisiin palveluihin sisältyvät taulukossa 8.2 kauppa, majoitus- ja ravitsemistoiminta, liikenne, rahoitus- ja vakuutus toiminta, kiinteistötoiminta, liike-elämän palvelut ja muut yksityiset palvelut. Julkisiin palveluihin sisältyvät julkinen hallinto, koulutus sekä terveydenhuolto- ja sosiaalipalvelut. Muiden toimialojen ryhmään jäävät alkutuotanto, energia- ja vesihuolto sekä rakentaminen.



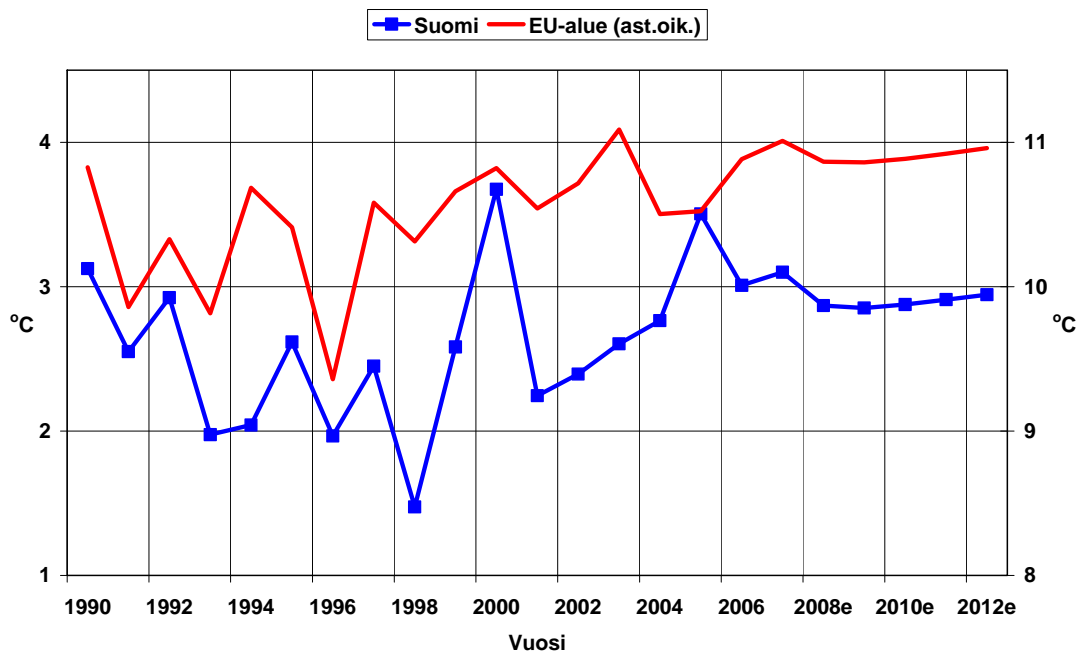
## 9 Säätilan muutokset

Sää vaikuttaa jaksoissa 2 ja 3 kuvatulla tavalla ilman lämpötilan kautta lämmitysenergian kulutukseen ja sateisuuden kautta sähköenergian vesivoimatuotantoon. Ennustejärjestelmässä sähkön tuonti Suomeen riippuu lisäksi Ruotsin ja Norjan sateista.

Ennustemallilla arvioidaan EU-alueen ja Suomen energian kysyntää ja tarjontaa. Mallissa tarvitaan näin ollen tiedot EU-alueen lämpötilan ja sadesumman kehityksestä. Tällaisia koko EU-aluetta koskevia tietoja ei ole saatavilla, joten korvaavina lämpötilan ja sadesumman kuvaajina käytetään keskeisten EU-maiden tiedoista laskettuja EU-alueen lämpötilan ja sateisuuden indikaattoreita.

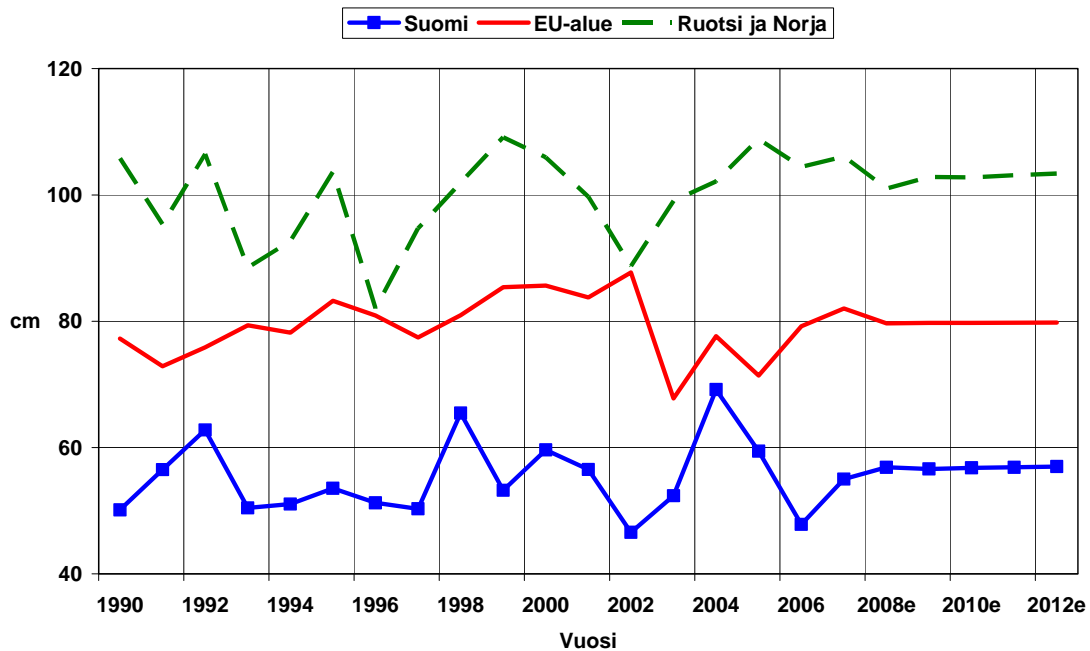
EU-alueen lämpötilaa kuvataan Saksan, Ranskan, Englannin, Italian, Espanjan ja Ruotsin kotitalouksien vuosien 2000-2006 sähkön kulutuksella painotetulla keskimääräisellä lämpötilalla. Näillä kuudella maalla oli yhteensä 73 prosentin osuus EU-alueen kotitalouksien sähkön kulutuksesta vuosina 2000-2006. Suomen ja EU-alueen lämpötilan kehitys on esitetty kuviossa 9.1.

**Kuvio 9.1 Lämpötila**



EU-alueen sateisuutta kuvataan Saksan, Ranskan, Italian, Espanjan, Itävallan ja Ruotsin vuosien 2000-2006 vesivoimatuotannolla painotetulla keskimääräisellä sadesummalla. Nämä kuusi maata tuottivat 78 prosenttia EU-alueen vesivoimasta vuosina 2000-2006. Ennustemallissa Suomen sähkön tuonti riippuu Ruotsin ja Norjan keskimääräisestä sadesummasta, joka lasketaan maiden vuosien 2000-2006 vesivoimatuotannolla painotettuna keskiarvona. Suomen, EU-alueen sekä Ruotsin ja Norjan sateisuuden kehitys on esitetty kuviossa 9.2.

Kuvio 9.2 Sadesumma



Säätilan vaihteluita ei voida ennustaa vuosiksi eteenpäin. Se mitä energian kysynnän ja tarjonnan ennustejärjestelmässä säätilan muutosten osalta voidaan tehdä, on arvioida tilastollisen mallin perusteella sään paluuta ennusteen tekohetken tilasta kohti pitkän ajan trendiuraa. Tällaiseen lämpötilan ja sateisuuden tilastolliseen mallintamiseen soveltuu trenditekijällä täydennetyt virheenkorjausmallin tyyppinen aikasarjamalli (Rantala 2007b).

Ennustejärjestelmässä säämalleilla arvioidaan kunkin edellä mainitun maan lämpötilan ja sateisuuden kehitystä ennustejaksoa edeltävän vuoden toteutuneesta säätilasta lähtien. Säätilan muutosten huomioonottaminen on tärkeää etenkin siinä tapauksessa, että ennustejaksoa edeltävän vuoden lämpötila tai sadesumma on kaukana pitkän ajan trendiuralta. Tällöin lämpötilan paluu trendiuralle voi johtaa merkittävään muutokseen energian kysynnässä. Sateisuuden paluu trendiuralle johtaa puolestaan muutokseen päästöttömän sähköenergian tarjonnassa.

Trenditekijä on paikallaan ottaa mukaan ainakin lämpötilamalleihin sen takia, että kaikkien tarkastelussa mukana olevien maiden vuosilämpötiloissa voidaan todeta tilastollisesti merkitsevä nousutrendi viime vuosikymmeninä. Lämpötilan trendinousu on tosin sen verran hidasta, ettei sillä ole juuri merkitystä muutaman vuoden päähän ulottuvissa energian kulutuksen ennusteissa.

**Viitteet**

Rantala, O. (2007a): "Palvelualojen kilpailu ja hinnanmuodostus kansainvälisessä vertailussa", ETLA, Keskusteluaiheita no. 1069.

Rantala, O. (2007b): "Kasvihuonekaasupäästöjen ennakointi ja EU:n päästörajoituspolitiikan vaikutusten arviointi", ETLA, Keskusteluaiheita no. 1095.

Rantala, O ja Suni, P. (2007a): "Kasvihuonekaasupäästöt ja EU:n päästörajoituspolitiikan taloudelliset vaikutukset vuoteen 2012", ETLA, Keskusteluaiheita no. 1094.

Rantala, O ja Suni, P. (2007b): "EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutukset vuoteen 2012", ETLA, lokakuu 2007.

Rantala, O ja Suni, P. (2008a): "EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutukset vuoteen 2012", ETLA, kesäkuu 2008.

Rantala, O ja Suni, P. (2008b): "EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutukset vuoteen 2012", ETLA, marraskuu 2008.

Tilastokeskus (2008): "Energiatilasto – Vuosikirja 2007", Energia 2007.

World Bank (2007): "State and Trends of the Carbon Market 2007", World Bank Institute, International Emissions Trading Association, Washington D.C., May 2007.