

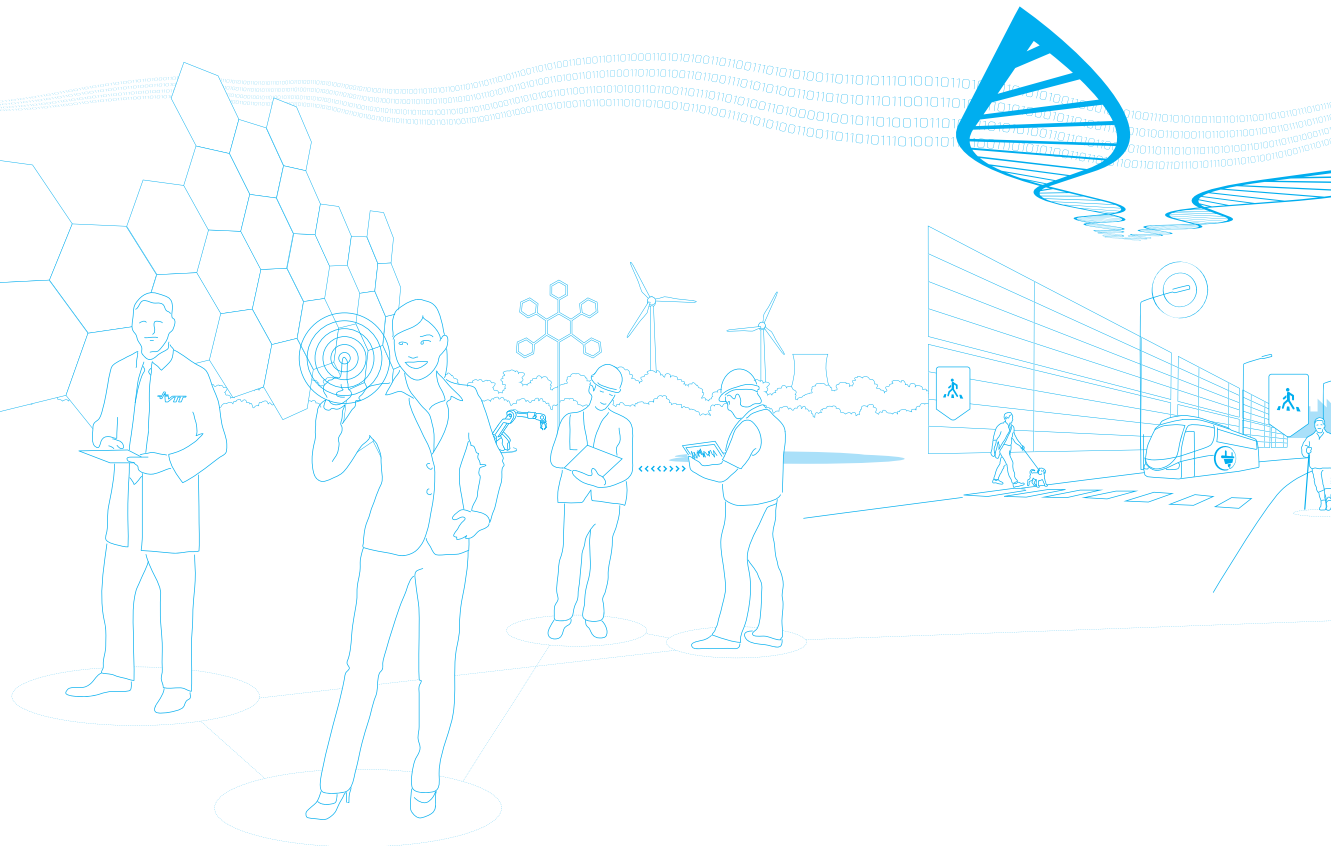


EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen

Taustaraportti

Tiina Koljonen | Esa Pursiheimo | Antti Lehtilä | Kai Sipilä | Nils-Olof Nylund | Tomi J. Lindroos | Juha Honkatukia





EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen

Taustaraportti

Tiina Koljonen, Esa Pursiheimo, Antti Lehtilä, Kai Sipilä,
Nils-Olof Nylund & Tomi J. Lindroos

VTT

Juha Honkatukia

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus (VATT)



ISBN 978-951-38-8255-6 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

VTT Technology 170

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (verkkojulkaisu)

Copyright © VTT 2014

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT

PL 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

02044 VTT

Puh. 020 722 111, faksi 020 722 7001

VTT

PB 1000 (Teknikvägen 4 A, Esbo)

FI-02044 VTT

Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 7001

VTT Technical Research Centre of Finland

P.O. Box 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7001

EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen

Taustaraportti

Impact Assessment of the EU's 2030 climate and energy policies for Finland.

Tiina Koljonen, Juha Honkatukia, Esa Pursiheimo, Antti Lehtilä, Kai Sipilä,

Nils-Olof Nylund & Tomi J. Lindroos. Espoo 2014. VTT Technology 170. 66 s. + liitt. 2 s.

Tiivistelmä

Julkaisussa "EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen" esitetään arviot EU:n ehdottaman toimenpidepaketin vaikutuksista Suomen kasvihuonekaasupäästöihin, energiajärjestelmään ja kansantalouteen. Työn ovat toteuttaneet Teknologian tutkimuskeskus VTT ja Valtion taloudellinen tutkimuskeskus (VATT) työ- ja elinkeinoministeriön sekä ympäristöministeriön toimeksiannosta. Hankkeen toteutuksen aikana 2030-toimenpidepaketin yksityiskohdista, mukaan lukien taakanjako jäsenvaltioiden kesken, ei ollut päätetty. Jatkossa tarvitaan lisäselvityksiä, jotta voidaan paremmin arvioida politiikan tuomia haasteita ja mahdollisuuksia Suomelle.

Kasvihuonekaasupäästötavoitteet vuodelle 2030

Euroopan komissio julkaisi 22.1.2014 vuoden 2030 ilmasto- ja energiapolitiittisia tavoitteita koskevan toimenpidepaketin¹, jossa esitetään sitovat kasvihuonekaasu (KHK) -päästötavoitteet, jotka olisivat linjassa vuotta 2050 koskevan etenemissuunnitelman kanssa kohti vähähiilistä taloutta. Toimenpidepaketissa komissio ehdottaa, että EU:n kasvihuonekaasupäästöille asetetaan uudeksi vähennystavoitteeksi 40 % vuonna 2030 vuoden 1990 tasosta. Tavoite on linjassa aiempien tieteellisten selvitysten kanssa, joissa on arvioitu vaihtoehtoisten vähähiilipolkujen kustannustehokkuutta EU-alueelle². Kyseisissä tieteellisissä selvityksissä on kuitenkin yleensä oletettu, että globaalisti on saatu sovittua sitova ilmastopöytäkirja, jossa tavoitteena on hillitä ilmaston lämpeneminen enintään kahteen asteeseen, ja että uudet vähäpäästöiset teknologiat ovat markkinaehtoisesti saatavilla.

Komissio ehdottaa EU-tason tavoitteen jaettavaksi EU:n päästäökauppajärjestelmän ja päästäökaupan ulkopuolisten alojen välillä siten, että päästäökauppasektorin

¹ Euroopan komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Ilmasto- ja energiapolitiikan puitteet vuosille 2020–2030. Brussels 22.1.2014. MOM(2014) 15 lopullinen. http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/documentation_en.htm

² Knopf, B., Chen, Y.-H.H., De Cian, E., Förster, H., Kanudia, A., Karkatsouli, I., Keppo, I., Koljonen, T., Schumacher, K. & van Vuuren, D. 2013. Beyond 2020 – strategies and costs for transforming the European energy system. *Climate Change Economics* 4 (1), 2013, 1340001. 38 s.

(PKS) tavoitteeksi tulisi 43 %:n vähennys ja päästökaupan ulkopuolisen sektorin tavoitteeksi vastaavasti 30 %:n vähennys vuoden 2005 tasosta. EU 2030 –tiedonannossa komissio jättää auki, miten tämä ns. ei-päästökauppasektorin (EPKS) taakanjako tehdään jäsenvaltioiden kesken. EU:n vuoden 2020 ilmasto- ja energiapaketissa jäsenvaltioiden taakanjaossa huomioitiin niiden suhteellinen vauraus (bruttokansantuote asukasta kohden). Jos ei-päästökauppasektorin tavoite jaettaisiin yksittäisten jäsenvaltioiden kesken samoin periaattein, tämä voisi merkitä Suomen ei-päästökauppasektorin tavoitteen kiristymistä nykyisestä, vuodelle 2020 asetetusta päästövähennystavoitteesta 16 % vuoden 2005 päästötasoon verrattuna eli tasolle 35–40 %^{3,4}. Näihin laskelmiin liittyy kuitenkin epävarmuutta.

VTT:n ja VATT:n toteuttamassa vaikutusarviossa on otettu lähtökohdaksi arvioida EU:n vuodelle 2030 ehdotetun energia- ja ilmastopaketin vaikutuksia Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen asettamalla Suomen ei-päästökauppasektorin vähennystavoitteeksi 32 %, 36 % tai 40 % vuoden 2005 KHK-päästöihin verrattuna.

EU 2030 -päästötavoitteiden vaikutukset Suomen kasvihuonekaasupäästöihin ja energiajärjestelmään

Edellä esitettyjen KHK-päästötavoitteiden vaikutuksia Suomen energiajärjestelmään on arvioitu TIMES-VTT-energiajärjestelmämallin avulla, jossa on kuvattuna Suomen ja muiden Pohjoismaiden energiajärjestelmät yksityiskohtaisesti sekä muun EU:n energiajärjestelmät karkeammalla jaolla. Arviossa verrataan vaikutuksia perusskenaarioon, jonka lähtökohdat noudattavat päivitetyn energia- ja ilmastostrategian⁵ perusskenaariota mukaan lukien Suomelle asetetut sitovat tavoitteet vuoteen 2020 uusiutuvan energian käytön osalta (38 % kokonaisenergiankulutuksesta) ja EPKS-päästötavoitteen (–16 %) osalta. Lisäksi perusskenaariossa lähtöoletuksena on uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvu 15 %:iin liikenteen energiankäytöstä (l. 20 prosenttiin EU:n ”tuplalaskentasääntöjä” noudattaen). TIMES-VTT-mallissa on kuvattuna KHK-päästöt Kioton pöytäkirjan mukaisella kattavuudella sekä niiden vähennystekniikat ja -keinot. Malli tuottaa kustannusoptimaalisen polun saavuttaen asetetut päästötavoitteet ja mahdolliset energiapoliittiset tavoitteet.

Taulukossa 1 on esitetty kasvihuonekaasupäästöjen vähennystarve vuonna 2030 32 %:n, 36 %:n ja 40 %:n skenaarioissa jaoteltuna sektoreittain. Laskelmissa on oletettu, että KHK-päästöjen suhteen jako päästökauppa- ja ei-päästökauppa-

³ Ks. Lindroos, T. & Ekholm, T. 2013. EU:n ei-päästökauppasektorin 2020-tavoitteen seuranta sekä 2030- ja 2050-tavoitteiden ennakointi. VTT Technology 140. VTT, Espoo. 45 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T140.pdf>.

⁴ Ks. Verdonk, M. & Hof, A. 2013. Non-ETS emission targets for 2030. Indication of emission targets for the Netherlands and other EU Member States under the Effort Sharing Decision. PBL Note, PBL Publication number: 1992.

⁵ Ks. Työ- ja elinkeinoministeriö. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia Strategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013. VNS 2/2013 vp. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto 8/2013. Edita Publishing Oy. 53 s.

sektorien välillä EU-tasolla säilyy ja että sektorijako säilyy nykyisenä. Lisäksi EU 2030 -politiikkaskenaariolaskelmissa on asetettu päästöoikeuden hinnaksi päästökauppasektorilla 10 €/t CO₂ vuonna 2020 ja 50 €/t CO₂ vuonna 2030. Perusskenaariossa on oletettu maltillisempi päästöoikeuden hinnan kehitys: 10 €/t CO₂ vuonna 2020 ja 20 €/t CO₂ vuonna 2030. Tämän tiivistelmän lopussa on esitetty TIMES-VTT-laskelmien tarkemmat kuvat Suomen kasviuonekaasupäästöjen kehityksestä (kuva 3 ja kuva 4).

Taulukko 1. Ei-päästökauppasektorin (EPKS) kasviuonekaasupäästöt vertailuvuonna 2005, perusskenaariossa vuonna 2030 sekä olettaen Suomelle 32 %:n, 36 %:n ja 40 %:n EPKS-päästövähennystavoitteet vuoteen 2030 mennessä.

Mt CO ₂ -ekv.	2005	PERUS SKENAARIO	EPKS -32 %	EPKS -36 %	EPKS -40 %
Liikenne	12,7	10,4	7,9	7,4	7,1
Maatalous	5,8	5,8	5,8	5,4	5,3
CH ₄	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7
N ₂ O	3,9	4,0	4,0	3,6	3,6
Rakennusten lämmitys	4,9	2,0	1,9	1,9	1,8
Työkoneet	2,6	2,7	2,7	2,7	2,1
Jäte	2,4	1,0	0,9	0,9	0,8
F-kaasut	0,9	1,3	0,9	0,9	0,8
Muut EPKS-päästöt	3,2	2,5	2,1	1,8	1,6
Yhteensä	32,5	25,7	22,1	20,8	19,5

Taulukon tuloksista nähdään, että kustannusoptimaalisessa tapauksessa kaikkien EPKS-toimialojen tulisi vähentää KHK-päästöjä, mutta liikennesektorilla KHK-päästövähennys olisi merkittävin. Liikenteen osalta mahdollisia vaihtoehtoja vähentää KHK-päästöjä ovat liikenteen energiatehokkuuden kasvattamisen ja suurimpien kaupunkien julkisen liikenteen lisäämisen lisäksi ajoneuvokaluston nopea uusiminen, sähköistäminen ja biopolttoaineiden käyttöönotto. Esitettyjen alustavien laskelmien perusteella toisen sukupolven biopolttoaineet olisivat Suomelle kustannustehokkain tapa vähentää liikenteen KHK-päästöjä, jolloin biojalosteiden osuus maantiiliikenteessä kasvaisi jopa lähelle 40 %:a vuoteen 2030 mennessä. Maatalouden päästöihin ei sisälly maatalouden energiankäytön päästöjä eikä ns. LULUCF (Land Use and Land Use Change and Forestry) -sektorin aiheuttamia päästöjä. Lisäksi taulukossa esitetyt työkoneiden ja lämmityksen päästövähennykset ovat pääosin seurausta mineraaliöljyn käytön korvauksesta biopolttoaineilla. Rakennussektorilla öljylämmityksestä tosin luovutaan pitkälti jo vuoteen 2020 mennessä, joten EU 2030 -politiikan vaikutuksesta KHK-päästöt vähenevät lähinnä

energiankäytön tehostumisen myötä, kun investoinnit muun muassa lämpöpumpuihin kasvavat. Jätehuollossa metaanipäästöjen vähentäminen toteutuu suurimmaksi osaksi jo perusskenaariossa, jossa on huomioitu orgaanisen ja muun biohajavan jätteen kaatopaikkasijoittamisen rajoitus vuodesta 2016. Tiivistelmän lopussa esitetään tarkemmat kuvat liikenteen loppuenergiankäytöstä ja puuperäisen biomassan käytöstä sektoreittain (kuva 5 ja kuva 6).

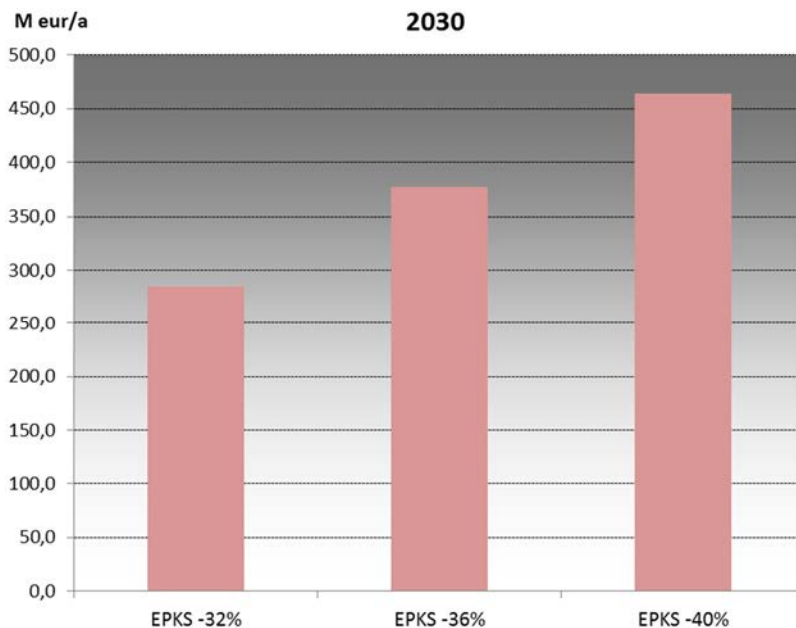
Toisen sukupolven uusiutuvaa dieselpolttoainetta voidaan hyödyntää joustavasti jopa 100 %:n pitoisuuteen asti nykyisessä autokannassa ja lisäksi muutostarpeita jakelujärjestelmään ei tarvita. Näin ollen suorat lisäkustannukset kohdistuisivat lähinnä biojalostamoinvestointeihin, jotka hyödyntäisivät suurimmaksi osaksi kotimaista puuta raaka-aineenaan. Myös bioetanolin käyttö laskelmien mukaan lisääntyisi, mutta ei yhtä merkittävässä määrin kuin biodieselin johtuen sen sekoitusrajoitteesta nykyisessä autokannassa. Vaihtoehtona olisi myös biopolttoaineiden tuonti ulkomailta. Tässä yhteydessä tulee kuitenkin huomata, että biomassapohjaisten liikennepolttoaineiden tuotantoteknologia ei ole vielä Euroopassa kaupallisella tasolla, joten tuotantokustannusten arviointi on epätarkkaa. Ensimmäisiä laitoksia on rakenteilla, joten lähivuosina saadaan tarkempi kuva niin tekniikan toimivuudesta kuin tuotantokustannuksista.

Tässä esitetyissä laskelmissa on oletettu, että vuoteen 2030 mennessä toisen sukupolven biojalostamoinvestoinnit toteutuisivat julkisen riskirahoituksen ja ohjaustoimenpiteiden tukemina, etenkin ensimmäisten jalostamoinvestointien osalta. Lisäksi on oletettu, että puuraaka-ainetta on riittävästi saatavilla. On kuitenkin oletettavaa, että koko EU-tasolla tulee pulaa kestävästä liikenteen biopolttoaineista, jos kaikissa jäsenmaissa halutaan nostaa käyttö nykytasosta moninkertaiseksi vuoteen 2030 mennessä. Suomi on edullisessa asemassa, koska sillä on käytävissä runsaasti luonnonvaroja ja suomalaiset toimijat ovat myös kehityksen kärjessä. Merkittävää on tuleva raakaöljyn hintakehitys ja uuden teknologian kustannuskehitys, kun arvioidaan, missä määrin investointeja syntyisi markkinaehtoisesti. Toisaalta EU:n NER300-ohjelman tyyppistä rahoitusta, joka on kerätty päästökauppatuloilla, olisi mahdollista hakea kaupallisten demonstraatiolaitosten toteuttamiseen, mikä pienentäisi valtion talouden menoja. Lisäksi todettakoon, että keskustelu EU:n bioenergian kestävyyskriteereistä on rajaamassa ruokaketjussa olevat raaka-aineet maksimissaan 5 %:iin ja pääpaino tulee olemaan puu-, olki- ja biojättepohjaisissa tuotteissa.

Parhaillaan on käynnissä toinen VTT:n ja VATT:n toteuttama selvitys työ- ja elinkeinoministeriölle: "Biopolttoaineet 2020–2030 tavoitteissa ja liikenteen muu uusiutuva energia: vaikutukset ilmaston ja kansantalouden kannalta". Kyseisessä työssä liikenteen kehitystä tarkastellaan yksityiskohtaisemmin eri tekniikkavaihtoehtojen valossa mukaan lukien infrastruktuuri-, energia- ja ajoneuvokustannukset. Työ valmistuu ja tulokset raportoidaan syksyllä 2014.

EU 2030 -politiikan vaikutuksia energijärjestelmän kustannuksiin on tässä tarkasteltu suhteessa perusskenaarioon, joka siis sisältää nykyiset politiikat vuoteen

2020 asti. Kuvassa 1 esitetyt suorat vuotuiset suorat lisäkustannukset⁶ ovat 290–460 miljoonaa euroa vuonna 2030 politiikkaskenaariosta riippuen. Paremman kuvan politiikkaskenaarioiden kustannuksista antavat kuitenkin päästöjen vähentämisen marginaalikustannukset. Alhaisimmillaan EPKS:n päästöjen vähentämisen marginaalikustannukset ovat alle oletetun päästöoikeuden hinnan eli 41 €/t CO₂ EPKS-tavoitteella –32 %. Tiukemmillä EPKS-tavoitteilla päästöjen vähentämisen marginaalikustannukset kasvavat nopeasti, eli vastaavat marginaalikustannukset 36 %:n ja 40 %:n EPKS-vähennystavoitteilla ovat 55 €/t CO₂ ja 129 €/t CO₂. Tulos osoittaa, että EPKS-tavoitteen asetannalla on merkittävä vaikutus kustannuksiin, koska viimeisten vähennettyjen päästötonnien kustannukset kasvavat merkittävästi. Tämä havainto on analyysin yksi tärkeimmistä tuloksista: mikäli Suomen EPKS-tavoite asetetaan lähelle -40 %, päästövähennysten kustannukset kasvavat lähelle 130 €/t CO₂, mutta verrattuna -36 % tapaukseen, päästöjen lisävähennys on ainoastaan 1,3 M t CO₂ eq.



Kuva 1. Suomen energiajärjestelmään kohdistuvat suorat lisäkustannukset perusskenaarioon verrattuna vuonna 2030, kun Suomelle on oletettu 32 %:n, 36 %:n ja 40 %:n ei-päästökauppasektorin (EPKS) KHK-päästövähennystavoite vuoteen 2030 mennessä.

⁶ Energiajärjestelmiin kohdistuvat kustannukset sisältävät kaikki investoinneista aiheutuvat vuosikustannukset mukaan lukien energian tuotantoon, infrastruktuuriin ja käyttöön liittyvät laitteet, prosessit ja laitokset, muuttuvat kustannukset sekä muut KHK-päästöjen vähentämiseen liittyvät investoinnit ja käyttökustannukset tarkasteluvuonna.

EU 2030 -päästötavoitteiden kansantaloudelliset vaikutukset

Kansantaloudellisia vaikutuksia on arvioitu kokonaistaloudellisen VATTAGE-mallin avulla. Arviossa verrataan vaikutuksia perusskenaarioon, jolla oletetaan toteutettavan ainoastaan jo päätetyt ilmasto- ja energiapolitiittiset tavoitteet vuoteen 2020 mennessä. Talouskehityksen osalta arvio hyödyntää VATT:n talous- ja toimialakehityksen pitkän aikavälin ennakointihankkeen tuloksia, jotka tässä tutkimuksessa on ulotettu vuoteen 2040 saakka. Arvion makrotaloutta koskevat oletukset perustuvat vuoteen 2016 saakka valtiovarainministeriön kansantalousosaston keskipitkän aikavälin ennusteeseen. Ennusteessa kansantalouden toipumisen vuoden 2009 finanssikriisin aiheuttamasta viennin sukelluksesta ennustetaan kestävän useita vuosia. Perusskenaariossa oletetaan, että työn tarjonta kehittyy Tilastokeskuksen ennusteen mukaisesti, jolloin 2010-luvun jälkipuolella työn tarjonta alkaisi kuitenkin supistua. Tällöin talouskasvu riippuu ennen kaikkea tuottavuuskehityksestä. Energia- ja ilmastopolitiikka eivät välttämättä vaikuta tuottavuuskehitykseen yksittäisillä toimialoilla, mutta ne saattavat vaikuttaa kokonaistuottavuuden kasvuun muuttamalla toimialarakenteen kehitystä. Perusskenaariossa toimialarakenne muuttuu työvoimavaltaisemmaksi, mikä korostaa sellaisten toimialojen vaikutusta kokonaistuottavuudesta, joiden tuottavuuskehitys on historiallisesti ollut pääomavaltaisempia, teollisia toimialoja hitaampaa. Osittain tämä kehitys on peräisin vientirakenteen ennakoidusta muutoksesta, joka pienentää ennen kaikkea elektroniikkateollisuuden viime vuosiin saakka suurta osuutta kokonaistuottavuuden kasvusta⁷.

Laskennan perusskenaariossa oletetaan, että 2020-luvulla ei aseteta uusia tavoitteita päästöjen rajoittamiselle tai uusiutuvalla energialle jo päätettyjen toimenpiteiden lisäksi. EU:n tavoitteet vuodelle 2030 vaativat siis lisätoimenpiteitä. Näistä keskeinen on päästökauppasektoria koko EU:n tasolla koskeva vähennystavoite, joka vaikuttaa Suomen talouteen päästöoikeuksien kohoavan hintatason kautta. Kuten edellä esitettiin, päästöoikeuksien hinnan oletetaan kohoavan tasolle 50 €/t CO₂ vuoteen 2030 mennessä. Arviossa oletetaan, että päästöoikeuksien ilmaisjako säilyisi voimassa vielä 2020-luvullakin EU:n toteuttaessa ilmastopolitiikkaa muuta maailmaa kunnianhimoisemmalla aikataululla, joka pitäisi hintakilpailukyvyyn agendalla 2020-luvullakin. Muut toimenpiteet koskevat päästökauppasektoria vain sikäli kuin energiaverotusta joudutaan käyttämään.

Päästökaupan ulkopuolisten sektorien (EPKS) osalta on selvää, että tässä esitetyt 32 %, 36 % ja 40 % vähennystavoitteet edellyttävät mittavia lisätoimenpiteitä. Kansantaloudellisessa arvioinnissa on otettu huomioon energiajärjestelmätarkastelun tulokset niin lisäinvestointien kuin energiankulutuksenkin osalta. Keskeiset VTT:n tuloksiin perustuvat oletukset koskevat seuraavia: investoinnit ja niiden aiheuttamat muutokset energiankäytössä energiantuotannossa, biopolttoaineiden käyttö liikenteessä ja niiden kotimaiseen tuotantoon tehtävät investoinnit, auto-

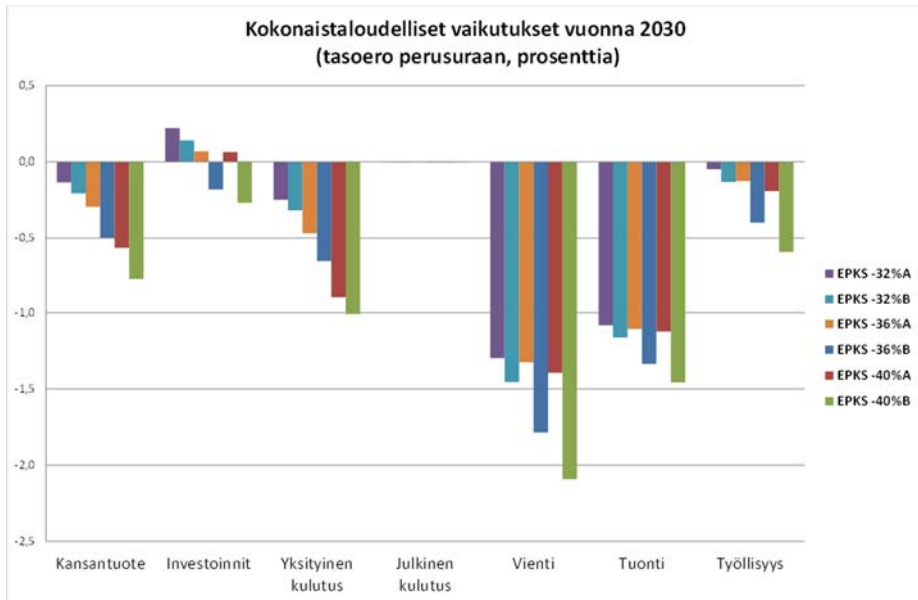
⁷ Ks. Honkatukia J., Ahokas, J. & Simola, A. (2014). Kriisien jälkeen - Suomen talouden rakenteellinen kehitys vuosina 2013–2030. VATT Tutkimukset 176. VATT, Helsinki. 131 s. http://www.vatt.fi/file/vatt_publication_pdf/t176.pdf.

kannan uudistamisen lisäkustannukset ja liikenteen energiankäytön kehitys sekä biopolttoaineiden hintakehitys ja vaikutukset polttoaineverokertymään. Mahdollisesti tarvittavat liikennepolttoaineiden veronkorotukset on arvioitu VATTAGE-mallilla. Lisäksi arvioissa oletetaan, että biojalostamot lisäävät Suomen jalostamokapasiteettia, mikä luo potentiaalia öljyjalosteiden viennin kasvulle. Jalostamoinvestoinnit vaativat kuitenkin toteutuakseen investointi ja/tai tuotantotukia, joiden suuruus olisi alustavien arvioiden mukaan olisi yhteensä noin 1500 miljoonaa euroa vuoteen 2030 mennessä. VATTAGE-mallilla arvioituna investointituen suuruus olisi vastaavasti noin 750 miljoonaa euroa vuoteen 2030 mennessä. Kuten edellä on esitetty, biojalostamoinvestointeihin liittyvien kustannusten arviointiin liittyy merkittävää epävarmuutta, jonka vuoksi asiaa tarkastellaan tarkemmin VTT:n ja VATT:n syksyllä ilmestyvässä tutkimusraportissa.

Vaikutukset muissa EU-maissa välittyvät Suomeen lähinnä ulkomaankaupan kautta EU:n hintatason noustessa muuhun maailmaan nähden. EU:n hintatason oletetaan myös kohoavan komission vaikutusarvioiden mukaisesti hieman maailmanmarkkinoita nopeammin. Tämä kompensoi kohoavien kotimaisten tuotantokustannusten vaikutusta hintakilpailukykyyn EU:n sisämarkkinoilla, mutta laskee toisaalta kuluttajien ostovoimaa EU:sta peräisin olevien tuotantotavaroiden hintojen kohotessa vastaavasti, mikä pienentää tuontia. Muista keskeisistä vaikutuskanavista mainittakoon oletus työmarkkinoiden sopeutumisesta elinkustannusten nousuun ja työn kysynnän muutoksiin viiveellä, mikä johtaa työllisyyden muutoksiin perusskenaarioon verrattuna. Sopeutumismekanismien vaikutusta on arvioitu kahden eri skenaarion avulla, joista ensimmäisessä reaali-palkkojen sopeutuminen – käytännössä lasku – on toista nopeampaa (skenaariot A ja B).

Keskeiset tulokset on esitetty kuvassa 2 ja taulukossa 2, joihin on kuvattu huoltotaseen muutos perusskenaarioon nähden vuonna 2030. Tiukempi EPKS-päästötavoite edellyttää suurempia investointeja ja myös energiankulutuksen leikkaamista sekä vaatii tuekseen myös liikennepolttoaineiden veron kiristämistä. Tästä syystä se leikkaa kotimaista kulutuskysyntää lievempää tavoitetta enemmän. Osittain ostovoiman laskuun vaikuttaa myös työllisyyden heikkeneminen, joka on suurempaa B-skenaarioissa, joissa reaali-palkkojen sopeutuminen on hitaampaa. Lisäksi ostovoimaa heikentää EU:n hintatason oletettu kohoaminen, joka tekee tuonnista kalliimpaa. Kulutuskysynnän lasku on 32 %:n EPKS-vähennysskenaarioissa keskimäärin 0,3 prosenttia perusskenaarioon verrattuna vuoteen 2030 mennessä. Kulutuskysynnän lasku on 36 %:n EPKS-vähennysskenaarioissa puolestaan keskimäärin 0,6 % ja 40 %:n skenaariossa noin 1,0 %.

Uusiutuvan energian lisääminen kasvattaa suoraan biopolttoaineiden jalostuksen investointeja. Lisäksi energiantuotantoon kohdistuu läisäinvestointeja. Kun nämä investoinnit työllistävät rakennussektoria, nousee investointihyödykkeiden hintataso perusuraan nähden. Rakentamisen toimialan investoinnit kasvavat nekin selvästi perusuraan nähden. Muilla toimialoilla investoinnit sen sijaan heikkenevät, mikä johtuu osittain hintakilpailukykyyn heikkenemisestä EU:n ulkopuoliseen maailmaan nähden, joka heikentää vientisektorien kannattavuutta ja nostaa investointihyödykkeiden hintoja, osittain muiden sektorien investointeja laskee investointikustannusten nousu.



Kuva 2. EU 2030 -tavoitteiden vaikutus huoltotaseeseen vuonna 2030.

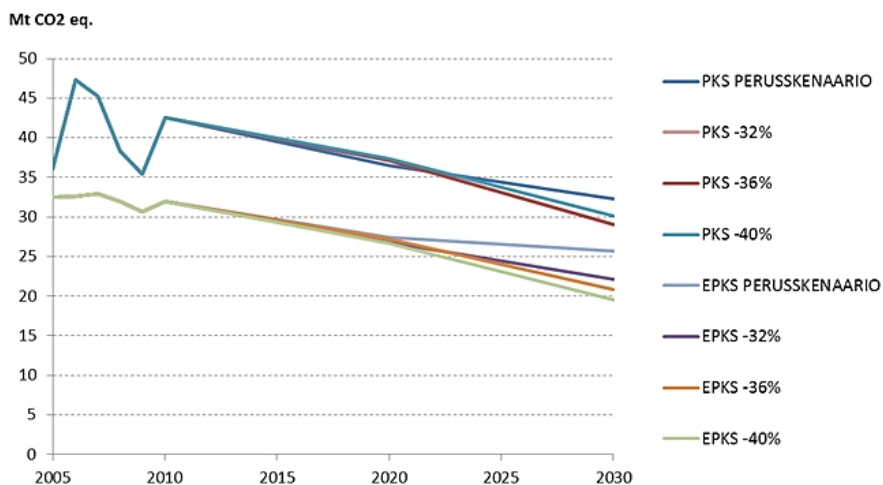
Kauppataseen muutos riippuu siitä, kuinka joustavaa reaali-palkkojen muutos on. Kauppataasetta heikentää useimpien hyödykkeiden viennin lasku perusuraan nähden, jonka takana on kotimaisen kustannustason nousu. Tätä kompensoi öljyjalosteiden viennin kasvu, joka on voimakkainta -36 % ja -40 % EPKS-skenaarioissa, jossa kotimainen jalostuskapasiteetti kasvaa -32 % EPKS-skenaariota enemmän. Kauppataasetta kohentaa myös EU:sta tuotavien hyödykkeiden tuontihintojen nousu. Tuonti EU:n ulkopuolelta sen sijaan kasvaa. EU-markkinoiden hinnannousu arvioidaan kaikissa skenaarioissa samaksi noin 0,2 %:ksi vuodessa perusskenaarioon verrattuna, jolloin skenaarioiden väliset erot syntyvät ennen kaikkea kotimaisten politiikkatoimien ja lisäinvestointien kautta. Kauppataase heikkenee kaikissa skenaarioissa muuttamalla sadalla miljoonalla eurolla. Kaikilla EPKS-skenaarioilla heikkeneminen on selvempää silloin, kun reaali-palkkojen sopeutuminen on hitaampaa.

Valtiontalous oletetaan tasapainotettavan kaikissa skenaarioissa. Arvioissa oletetaan, että päästöoikeuksien ilmaisjako olisi voimassa 2020-luvullakin, jolloin päästöoikeuksien hinnan nousu hyödyttäisi valtiontaloutta vain osittain. Koska liikennepolttoaineiden hintakehitys on vähennysskenaarioissa erilainen sekoitevelvoitteen vaihtelun vuoksi, hintatason kehitys ja sen myötä verotulot vaihtelevat skenaarioiden välillä. Tämä vaikuttaa ostovoimaan ja siksi on mahdollista, että liikennepolttoaineiden verotukseen syntyy pieniä eroja eri skenaarioissa. Tulonsiirtojen indeksointi pyrkii puolestaan nostamaan valtion menoja, samoin kuin energia- ja jalostamosektorin lisäinvestoinnit. Biojalostamojen tarvitseman investointituen vaikutus on tuotu VATTAGE-arvioihin VTT:n laskelmien perusteella. Kansantalouselaskelmissa oletetaan kuitenkin, että valtiontalous tasapainotetaan muuta

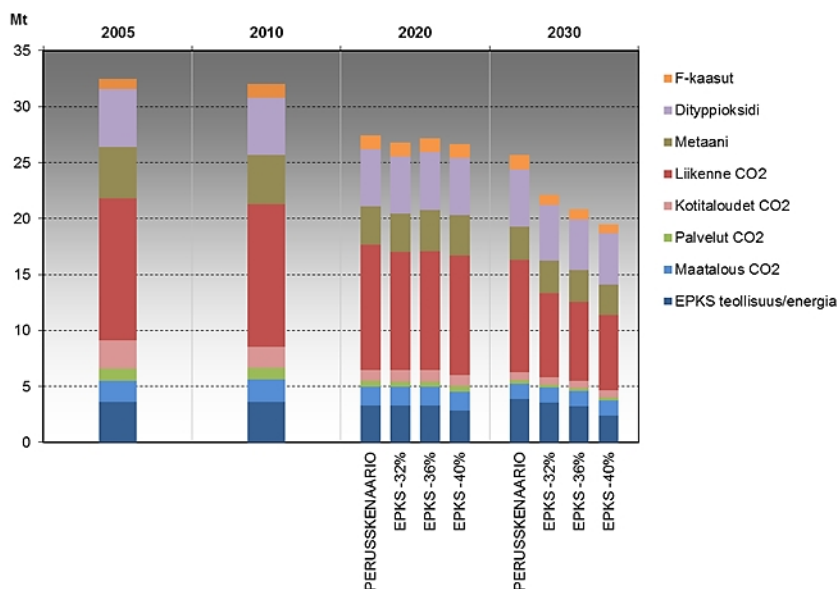
hyödykeverotusta verotusta sopeuttamalla siten, että vuoden 2030 valtiontalous ei asetu perusskenaariota ali- eikä ylijäämäisemmäksi.

Taulukko 2. EU 2030 -tavoitteiden vaikutus huoltotaseeseen vuonna 2030 (keskimäärin).

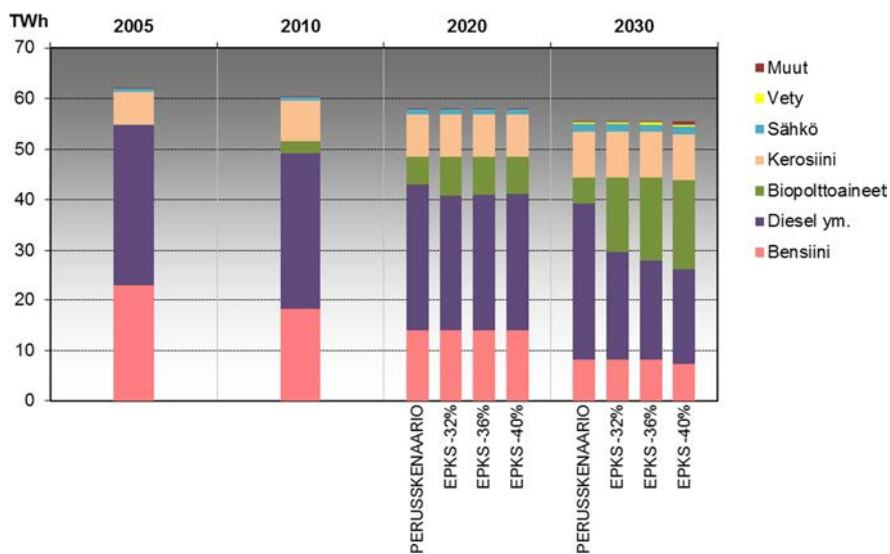
%-muutos perusskenaarioon verrattuna	EPKS -32 %	EPKS -36 %	EPKS -40 %
Kansantuote	-0,2	-0,4	-0,7
Investoinnit	0,2	-0,1	-0,1
Yksityinen kulutus	-0,3	-0,6	-1,0
Julkinen kulutus	0,0	0,0	0,0
Vienti	-1,4	-1,6	-1,7
Tuonti	-1,1	-1,2	-1,3
Työllisyys	-0,1	-0,3	-0,4



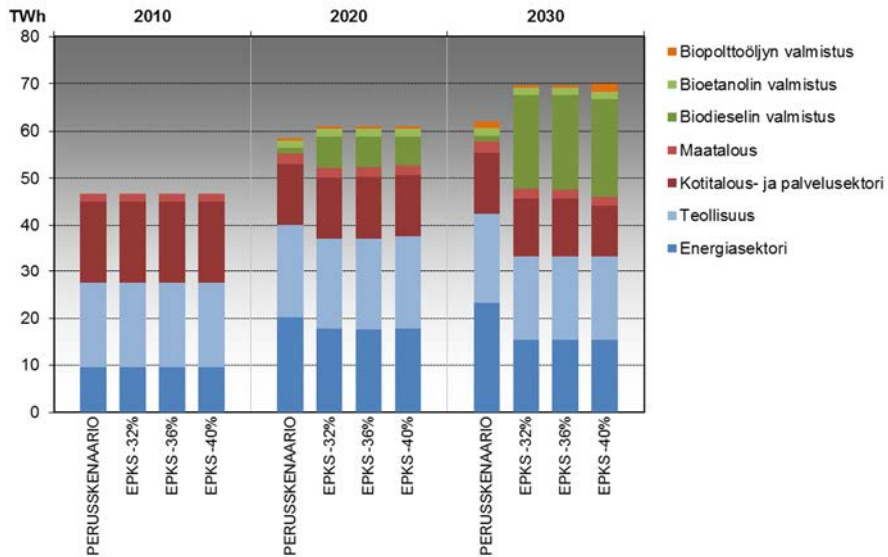
Kuva 3. Suomen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys päästökaupasektorilla (PKS) ja päästökaupan ulkopuolisella sektorilla (EPKS), kun oletetaan Suomelle 32 %:n, 36 %:n ja 40 %:n EPKS-vähennystavoitteet vuoteen 2030 mennessä.



Kuva 4. Suomen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys päästökaupan ulkopuolisella sektorilla (EPKS) sektoreittain, kun oletetaan Suomelle 32 %:n, 36 %:n ja 40 %:n EPKS-vähennystavoitteet vuoteen 2030 mennessä.



Kuva 5. Liikenteen energian loppukäyttö perusskenaariossa sekä 32 %:n, 36 %:n ja 40 %:n ei-päästökaupasektorin (EPKS) KHK-päästöjen vähennysskenaarioissa.



Kuva 6. Puuperäisen biomassan (ei sisällä mustalipeää) kulutuksen kehitys käyttökohteittain (energiasektori ei sisällä teollisuuden sähkön ja lämmön tuotantoa) perusskenaariossa sekä 32 %:n, 36 %:n ja 40 %:n ei-päästökauppasektorin (EPKS) KHK-päästöjen vähennysskenaarioissa.

Impact Assessment of the EU's 2030 climate and energy policies for Finland

EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen. Taustaraportti. **Tiina Koljonen, Juha Honkatukia, Esa Pursiheimo, Antti Lehtilä, Kai Sipilä, Nils-Olof Nylund & Tomi J. Lindroos.**
Espoo 2014. VTT Technology 170. 66 p. + app. 2 p.

Extended Abstract

The report "Impact Assessment of the EU's 2030 climate and energy policies for Finland" is based on the analysis by VTT Technical Research Centre of Finland and Government Institute for Economic Research (VATT) and presents assessments of the proposed 2030 policy framework on Finland's energy system and national economies. The work was done under the service contract of the Ministry of the Environment and the Ministry of the Economy and Employment. The details of the 2030 policy framework including the effort sharing between the Member States was not known while doing this analysis, which means that further work is required to better analyse the challenges and opportunities from the Finnish perspective.

EU's greenhouse gas emission target for 2030

The European Commission published on January 22nd a policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. The Commission proposes to set a greenhouse gas (GHG) emission reduction target for domestic EU emissions of 40% in 2030 relative to emissions in 1990, which will ensure that the Union continues to follow the least cost pathway to a low-carbon economy. The target is in line with the scientific assessments, where the alternative cost efficient pathways for the EU region towards low-carbon society have been analysed⁸. It should be noted, however, that in these analysis it has usually been assumed that global climate agreement has been approved to mitigate the global climate warming to a maximum of 2 degrees Celsius and that new low carbon technologies are market based available.

Commission proposes that the EU's emission trading sector (ETS) sector would have to deliver a reduction of 43% in GHG emissions in 2030 and a reduction of 30% in the GHG emissions excluded in the ETS (i.e. non-emissions trading sector, NETS) both compared to 2005. The NETS target would be allocated amongst

⁸ Knopf, B., Chen, Y-H.H., De Cian, E., Förster, H., Kanudia, A., Karkatsouli, I., Keppo, I., Koljonen, T., Schumacher, K. & van Vuuren, D. 2013. Beyond 2020 – Strategies and costs for transforming the European energy system. *Climate Change Economics* Vol. 4, Suppl. 1 (2013) 1340001. 38 p.

Member States (MS), but the Commission doesn't indicate any exact effort sharing between the MS. In the EU's 2020 climate and energy framework the effort sharing between MS was based on the relative GDP per capita of MS. If the same principles are used for the period from 2020 to 2030 as well, it will mean that the NETS target would be tightened from the existing -16% in 2020 up to 35–40 % in 2030 compared to the 2005 emission levels^{9,10}. These numbers are, however, uncertain because the reference year for the GDP/capita is not known either for the 2030 policy framework.

In this report we show the impact assessments of the proposed EU 2030 policy framework for Finland. The analysis focuses on the impacts of policies for Finland's greenhousegas emissions, energy systems and national economies assuming three alternative NETS targets, i.e. -32%, -36 % or -40 % compared to the 2005 GHG emissions.

The impacts of the above GHG emission targets on Finland's energy systems have been analysed with the VTT TIMES energy system model, which includes detailed description of Finland's and other Nordic countries' energy systems and the rest of the EU is aggregated in two regions. The impacts of the 2030 policies are compared to the Baseline, which follows the Baseline defined in the updated energy and climate strategies 2013 for Finland. The Baseline includes the 2020 renewable energy target (38% from total energy use) and NETS target (-16% compared to 2005 GHG emission level) for Finland. In addition, the Baseline includes 15% renewable energy target of transport final energy (i.e. 20% including the EU's double counting rules for the 2nd generation biofuels). The VTT TIMES model includes the anthropogenic sources and mitigation measures of all GHG emissions included in the Kyoto Protocol. The model generates the cost-optimal path to achieve the defined emission and energy policy targets.

Table 1 shows the sectoral GHG emission reduction in the reference year 2005 and in 2030 in -32%, -36% and -40% policy scenarios and in the end of the abstract, more detailed figures are shown of Finland's GHG emissions. In these calculations it has been assumed that on the EU level the GHGs are shared between ETS and NETS like today and the sectoral division between ETS and NETS is remained. In the 2030 policy scenarios we have also assumed that the emission allowance price in the EU emission trading system increases from 10 €/t CO₂ in 2020 up to 50 €/t CO₂ in 2030 while in the Baseline only a moderate prices increase to 20 €/t CO₂ in emission allowance was assumed.

⁹ See. Lindroos, T. & Ekholm, T. 2013. How well we are achieving the EU non-ETS targets for 2020 and what could be targets for 2030 and 2050? VTT Technology 140. VTT, Espoo. 45 p. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T140.pdf> (In Finnish, English abstract).

¹⁰ See. Verdonk, M. & Hof, A. 2013. Non-ETS emission targets for 2030. Indication of emission targets for the Netherlands and other EU Member States under the Effort Sharing Decision. PBL Note, PBL Publication number:1992.

Table 1. Greenhouse gas emissions of the non-emissions trading sector (NETS) in the reference year 2005 and in 2030 in the Baseline and policy scenarios with -32%, -36%, and -40% NETS targets.

Mt CO ₂ eq.	2005	BASE 2030	NETS -32% 2030	NETS -36% 2030	NETS -40% 2030
Transport	12.7	10.4	7.9	7.4	7.1
Agriculture	5.8	5.8	5.8	5.4	5.3
CH ₄	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7
N ₂ O	3.9	4.0	4.0	3.6	3.6
Space heating	4.9	2.0	1.9	1.9	1.8
Machinery	2.6	2.7	2.7	2.7	2.1
Waste	2.4	1.0	0.9	0.9	0.8
F-gases	0.9	1.3	0.9	0.9	0.8
Other NETS	3.2	2.5	2.1	1.8	1.6
Total	32.5	25.7	22.1	20.8	19.5

The results of the Table 1 show that in cost-optimal solution all the non-emission trading sectors should reduce their GHG emissions but in the transport sector the emission reduction is the highest. In transport sector the GHG emissions may be reduced by rapid renewal of the vehicle fleet, by electrification of transport sector and by increased use of biofuels. In our assessments the replacement of diesel and gasoline by 2nd generation biofuels seems to be the most cost efficient way to reduce the GHG emissions in transport, which would lead to 40% biofuel use from total energy in road transport by 2030. In addition, the emissions of the machinery and space heating sectors are reduced due to replacement of mineral oil by biofuels. However, in the residential and commercial sectors the use of mineral oil is reduced already by 2020, and the additional GHG reduction in buildings result from increased energy efficiency as investments in heat pumps increase. In the agriculture sector, the emissions from energy and LULUCF-sector (i.e Land Use, Land Use Change and Forestry sector) are excluded. In waste handling the methane emissions are mostly reduced already in the Baseline because of the implementation of new waste disposal regulation from 2016, which restricts the disposal of organic and other biowaste to landfill sites. The figures in the end of the abstract show the final energy use of transport sector and the use of wood biomass by sector in more detailed.

The 2nd generation biodiesel may be flexibly used up to 100 percent in existing vehicle fleet, which means that the direct costs would be focused on new investments on biorefineries, which would use domestic wood as a raw material. Also the use of bioethanol increased in the assessments, but not as much as the use of

biodiesel. One option is also to increase the imports of biofuels. However, it should be noted that the technology of the 2nd generation biofuel production is not commercially mature yet, and therefore there is a considerable uncertainty in cost assumptions of biofuel production. The construction of the first commercial size plants are underway and during the next years more information will be available on both the technical performance and production costs of biofuels.

In our assessments it has been assumed that before the year 2030 the 2nd generation biorefinery investments would be realized with help of public risk money and other supports, especially for the first investments of biorefineries. In addition, we have assumed that there is enough wood feed stock available for the biorefineries. However, we can assume that there will be a limited amount of sustainable biofuel available on the markets, if the other Member States will multiply their current use of biofuels by 2030. Finland has good opportunities, anyway, because of its vast biomass resources and Finnish actors are also in the frontend of the development. When we evaluate the market based investments we also need to consider the future price development of crude oil and the learning rates of the costs of new technologies. On the other hand, investment supports of commercial size demonstrations may also be applied from the EU's demonstration project funding, like the EU NER300 type of funding, which would decrease the public expenditures. In addition, we should keep in mind that the new sustainability criteria could limit the use of certain raw materials for energy and transport use. The EU has proposed to limit the use of 1st generation biofuels based on food crops or animal fats to 5% in transport and increased the incentives for advanced biofuels such as those made from ligno-cellulosic biomass, residues, waste, and other non-food biomass, including algae and microorganisms. Currently, the Commission is also seeking to introduce EU-wide binding sustainability criteria for solid and gaseous biomass used in energy sector, which creates additional uncertainty to the future operating environment.

To conclude, the impact assessments presented here should be considered as indicative and more research is needed on cost evaluations of GHG reduction in the transport sector. Currently there is another project underway for the Ministry of the Economy and Employment "Biofuels in the 2020-2030 policy framework and other renewables in transport sector: Impacts on greenhouse gas emission and national economy". In this work the development of the transport sector is analysed taking into account the infrastructure and energy costs as well as the costs of renewal of the vehicle fleet. The work will be finalized and reported in the fall 2014.

Energy system costs¹¹ are given relative to a Baseline to indicate the additional effort needed to achieve a set of targets beyond the 2020 policies already imple-

¹¹ Total system costs for the entire energy system include capital costs (for energy installations, energy infrastructures, equipment and appliances for energy use, vehicles, and for energy efficiency investments), energy purchase costs (fuels, heat, electricity). Capital costs are expressed in annuity payments. Supports and taxes are excluded from direct energy system costs.

mented. The additional direct costs shown in the Figure 1 indicate that direct costs to achieve the given NETS target varies from 290 to 460 Meur/a in 2030. The corresponding marginal costs of GHG emission reduction are 41 €/t CO₂ in -32%, 55 €/t CO₂ in -36%, and 129 €/t in -40% NETS cases. These marginal cost results reflect one of the most important results of the whole analysis, i.e. tightening the Finland's NETS target above -36% will increase the energy system costs radically while the additional GHG emission reduction is only 1,3 Mt CO₂ eq, which is minor if we look at the whole EU's NETS emissions.

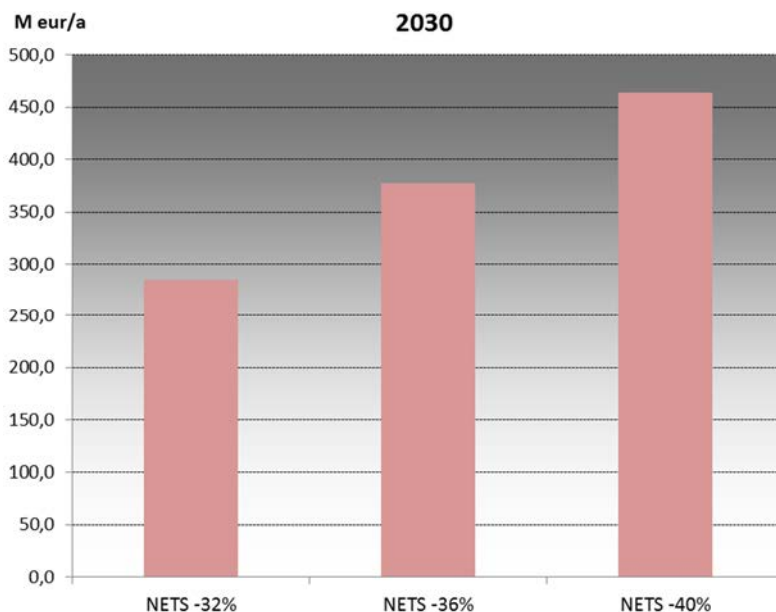


Figure 1. Additional direct energy system costs compared to the Baseline in 2030 with -32%, -36%, and 36% NETS effort sharing assumption for Finland. NETS: Non Emissions Trading Sector, i.e. greenhouse gas emissions excluded from the current EU's emissions trading system.

Economic effects of the EU2030 package

VATTAGE is a dynamic, applied general equilibrium (AGE) model of the Finnish economy. VATTAGE is based on the MONASH-model developed at the Centre of Policy Studies. MONASH-style models are used in countries ranging from China and South Africa to the United States and Australia (Dixon and Rimmer, 2002). In Europe, models based on MONASH have been developed for Denmark, Finland, and the Netherlands. VATTAGE is described in detail in Honkatukia (2009).

In the baseline scenario, we assume only measures consistent with the EU 20-20-20 targets. From this perspective, the 2030 package requires the adoption of additional measures, which will have an impact on the Finnish economy. First and

foremost is the adoption of the emission target for the emission trading sector (ETS). We assume that the ETS target will result in an emission permit price of 50€/t CO₂ by 2030. We also assume that grandfathering will be allowed even in the 2020s, which seems plausible as it is likely that the EU emission targets will be considerably more ambitious than those adopted by the rest of the World. Domestic measures are not applied in ETS.

For the Non-emission-trading-sector (NETS), additional domestic measures are assumed. We focus on the three emission target scenarios for the NETS sector, stemming from the EU back-ground study, and imposing a -32, -36, or -40 per cent target for NETS.

The economic modeling of the effects of the measures relies on fuel and sector specific results from the TIMES-VTT energy system model; in practice, we have accepted paths for energy sector investments, as well as investments in biorefineries and certain other sectors as such and concentrated on the evaluation of their impacts on the rest of the economy. As these investments are large compared to even aggregate investments in the baseline, it is clear that they will change the prices of investment goods and thus have an impact on investments by the rest of the economy. We also take changes in the producers' prices of fossil and bio-fuels as given and focus on evaluating impacts on purchasers' prices, which will be affected by the changing mixture of fossil and biofuels. According to the preliminary analysis the biorefineries would require subsidies of about 1500 million euros by 2030. In VATTAGE calculations, we assume investment in biorefineries to require investment subsidies to the tune of at least 750 million euros by 2030.

We assume that the EU-level targets will cause prices in the EU to rise compared to the rest of the World. Our guess on the magnitude is based on results obtained by Capros et al. (2012)¹² and backed up by modeling exercises with the GTAP model, but in the Finnish economy model, the 0,2 per cent annual rise in EU prices is taken to be exogenous and inflexible between the scenarios. This assumption alleviates the effects of ETS on Finnish exports to EU, but it also imposes an additional cost on the economy in the form of a real devaluation.

In line with TIMES-VTT-modelling, we assume exports of refined oil products to reflect changes in the overall refinery capacity including bio-fuel refining. The implication of the assumption is that bio-feedstocks do not replace oil, but rather add to the existing capacity.

Finally, we consider two distinct form of wage formation. In both of these we assume real wage rigidity, which results in sluggish labour market adjustments to the changes in real wages due to increased energy prices and energy taxes. In one of the scenarios, we assume eventual convergence to the baseline employment growth path, whereas in the other, we allow for persistent changes in the

¹² Capros, P., Parousos, L. & Karkatsoulis, P. 2012. Macroeconomic costs and benefits for the EU as a first mover in climate change mitigation: a computable general equilibrium analysis. E3MLab of National Technical University of Athens.

rate of unemployment. Conceptually, the two concepts are close to the NAIRU approach used by the EU commission in the study of long-term growth potential, with the difference that we assume the rigidity to apply to post-tax real wages instead of gross wages.

Our central results are summarised in Figure 2 below. The results depend on the labour market assumption with the more rigid wage domain resulting in larger effects. On average, the -32 % NETS target causes private consumption to fall by 0,3 % compared to the 2030 baseline, whereas the -40 % NETS target causes an average loss of 1,0 %.

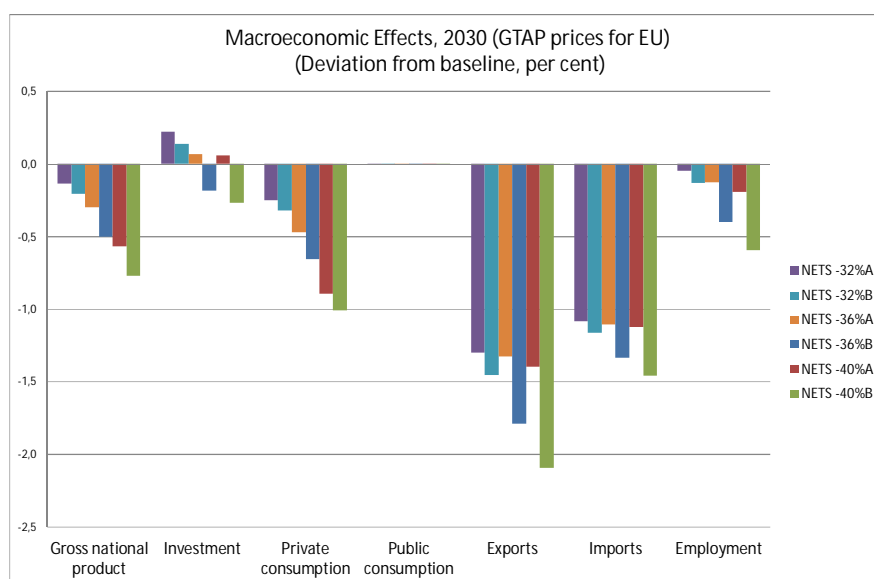


Figure 2. Macroeconomic effects of the EU 2030 policies in 2030.

Investment increases in all scenarios on impact and in the lower NETS target scenarios, we find a positive impact even in 2030. However, the increased energy costs result in higher export prices and lower exports in all scenarios, and even though this is partly off-set by lower imports as well – driven partly by the assumed increase in EU prices, partly by the fall in domestic consumption – the trade balance deteriorates in all scenarios.

It is clear from the results that all scenarios impose an extra cost to the economy which is ultimately borne by the consumers. It is also clear that the cost is rapidly increasing with the rate of emission reductions, reflecting increasing marginal costs in the ETS also apparent in the TIMES results. Overall, the effects on GDP vary from an average of -0,2 per cent for the -32 % NETS scenario to -0,6 for the -36 % scenario to a high of -0,7 for the -40 % NETS scenario.

Table 2. Average effect on the economy.

% change compared to the Baseline	NETS -32%	NETS -36%	NETS -40%
Gross national product	-0.2	-0.4	-0.7
Investment	0.2	-0.1	-0.1
Private consumption	-0.3	-0.6	-1.0
Public consumption	0.0	0.0	0.0
Exports	-1.4	-1.6	-1.7
Imports	-1.1	-1.2	-1.3
Employment	-0.1	-0.3	-0.4

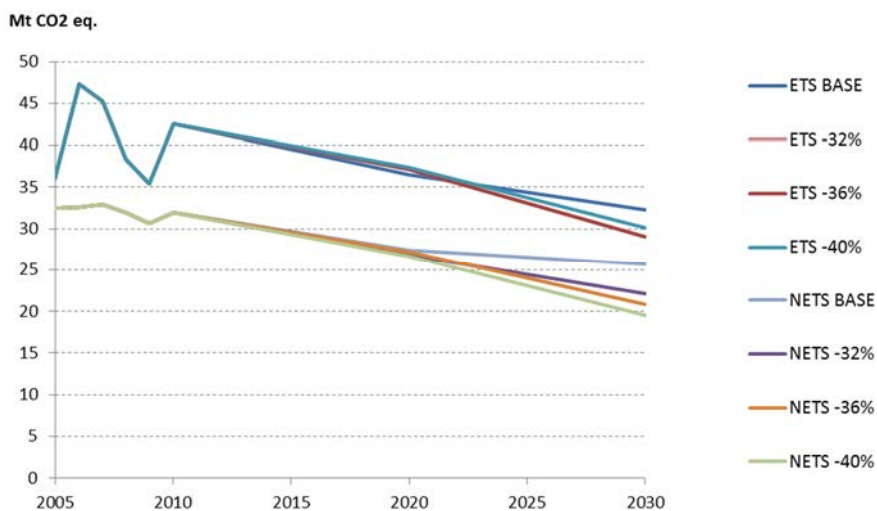


Figure 3. The development of Finland's greenhouse gas emissions in the emissions trading sector (ETS) and non-emissions trading sector (NETS) in the Base-line (Base) and alternative policy scenarios. NETS -32, -36 % and -40 %.

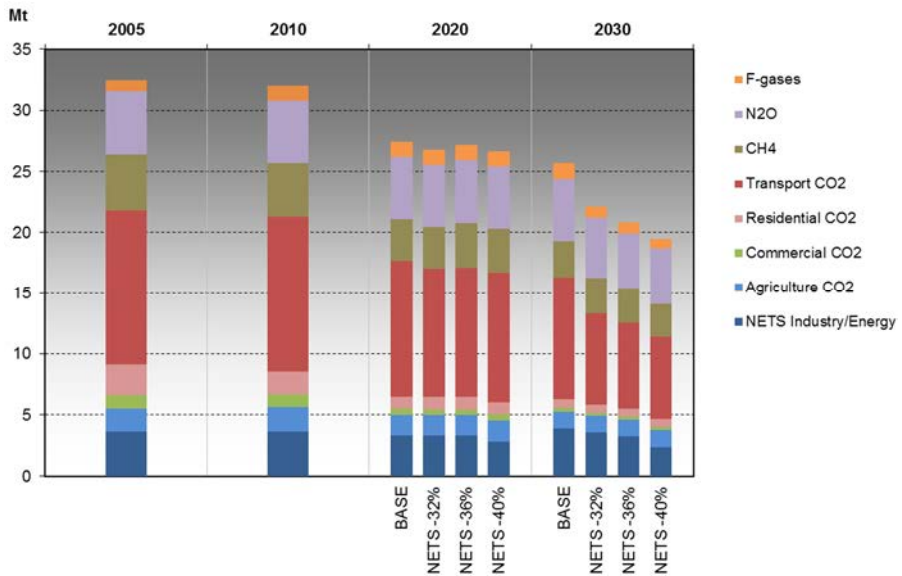


Figure 4. The development of Finland's greenhouse gas emissions in the non-emissions trading sector (NETS) in the Baseline (Base) and alternative policy scenarios. NETS -32, -36 % and -40 %.

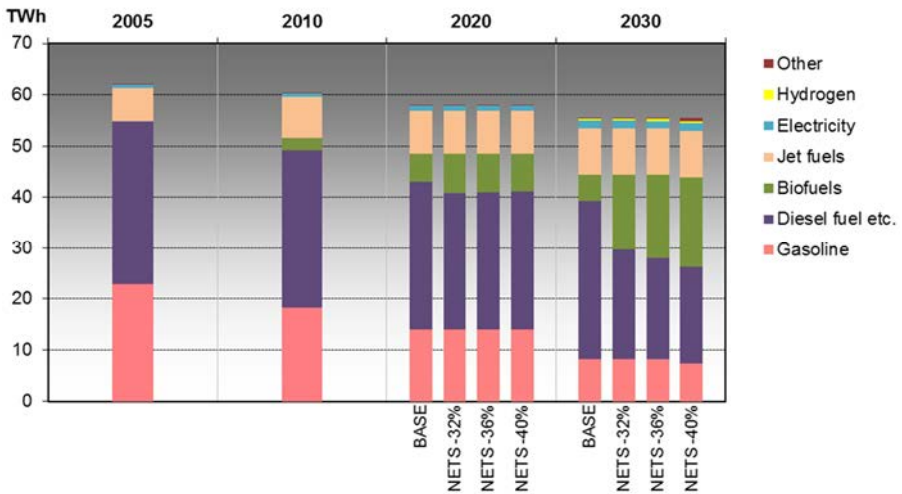


Figure 5. Final energy use of transport sector in the Baseline (Base) and alternative policy scenarios. NETS -32, -36 % and -40%.

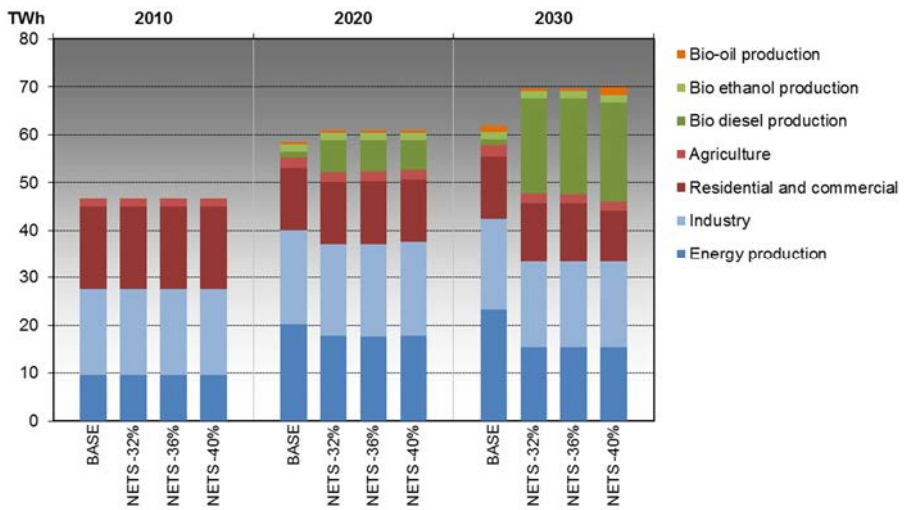


Figure 6. The sectoral use of solid wood biomass (excluding black liquor) in the Baseline (Base) and alternative policy scenarios. NETS -32, -36 % and -40%.

Keywords

EU 2030, non-ETS targets, climate policy, energy policy, Finland

Alkusanat

Julkaisussa on esitetty EU:n tammikuussa 2014 ehdottaman vuoden 2030 ilmasto- ja energiapoliittisia tavoitteita koskevan toimenpidepaketin vaikutuksia Suomen energijärjestelmään ja kansantalouteen. Tutkimus tehtiin yhteistyössä VTT:n ja Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen (VATT) kanssa työ- ja elinkeinoministeriön sekä ympäristöministeriön toimeksiannosta. Hankkeen projektipäällikkönä toimi Tiina Koljonen VTT:ltä ja VATT:n työstä vastasi Juha Honkatukia. Tutkimusta ohjasi Pekka Tervo työ- ja elinkeinoministeriöstä sekä Magnus Cederlöf ympäristöministeriöstä. VTT:ltä tutkimukseen osallistuivat lisäksi Esa Pursiheimo, Antti Lehtilä, Kai Sipilä, Nils-Olof Nylund ja Tomi J. Lindroos.

Espoo 15.4.2014

Tekijät

Sisällysluettelo

Extended Abstract	14
Tiivistelmä	3
Alkusanat.....	24
Symboliluettelo.....	26
1. Johdanto	27
2. Skenaarioiden määrittely	31
2.1 Skenaariomäärittelyiden lähtökohta ja aiemmat taustaselvitykset	31
2.2 Perusskenaarion ja politiikkaskenaarioiden määrittelyt	33
3. EU:n ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään.....	35
3.1 VTT:n energiajärjestelmämallin ja lähestymistavan kuvaus	35
3.2 Energiajärjestelmämallinnuksen tulokset perusskenaariossa ja politiikkaskenaarioissa	37
3.2.1 Kasvihuonepäästöjen kehitys.....	37
3.2.2 Liikenteen biopolttoaineiden hankinta	40
3.2.3 Energian kulutus ja tuotanto.....	42
3.2.1 Suorat kustannukset ja vaikutukset energiahintoihin.....	48
4. EU:n ilmasto- energiapaketin vaikutukset kansantalouteen	52
4.1 Kansantuote.....	53
5. Johtopäätökset	62
Kirjallisuusviitteet.....	64
Liitteet	
Liite A	

Symboliluettelo

BKT	bruttokansantuote
BKT/capita	bruttokansantuote henkilöä kohden
CHP	Yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto I. combined heat and power production
GHG/BKT	kasvihuonekaasupäästöt bruttokansantuotetta kohden
GHG/capita	kasvihuonekaasupäästöt henkilöä kohden
EPKS	päästökaupan ulkopuolinen sektori, ei-päästökauppasektori
EU	Euroopan unioni
KHK	kasvihuonekaasupäästöt kattaen Kioton pöytäkirjan mukaiset kasvihuonekaasut
PKS	päästökauppasektori

1. Johdanto

Euroopan komissio julkaisi 22.1.2014 tiedonannon ”Ilmasto- ja energiapoliittiset puitteet vuosille 2020–2030” (EC 2014a). Tiedonanto sisältää vuoden 2030 ilmasto- ja energiapoliittisia tavoitteita koskevan toimenpidepaketin mukaan lukien EU-tason kasvihuonekaasu (KHK) -päästötavoitteet. Tässä julkaisussa esitetään arvioita toimenpidepaketin vaikutuksista Suomen energijärjestelmään ja kansantalouteen. Koska EU 2030 -toimenpidepaketin yksityiskohdat ovat vielä auki, tässä esitetyt tulokset ovat suuntaa-antavat. Analyysi ja tehdyt laskelmat selventävät kuitenkin ehdotuksen tuomat haasteet Suomelle sekä toisaalta tarvittavan uuden teknologian tuomat mahdollisuudet Suomessa ja EU-laajuisesti.

EU:n ensimmäisessä ilmasto- ja energiapoliittisessa toimenpidepaketissa (EC 2008) Euroopan unioni asetti itselleen kolme tavoitetta vuodelle 2020: KHK-päästöjen vähentäminen 20 %:lla, uusiutuvan energian osuuden nostaminen 20 %:lla ja energiatehokkuuden parantaminen 20 %:lla. Lisäksi asetettiin liikenteen energiankäytölle 10 %:n uusiutuvan energian tavoite.

Energiatehokkuustavoitetta lukuun ottamatta nämä niin sanotut 20–20–20-tavoitteet ovat sitovat, ja nykyisillä ilmasto- ja energiapolitiikoilla onkin edistetty huomattavasti erityisesti uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Samalla on myös tapahtunut suuria toimintaympäristön muutoksia EU:n talous- ja finanssikriisin vaikutusten myötä sekä toisaalta nousevien energian hintaerojen myötä verrattuna moniin EU:n kauppakumppaneihin, erityisesti Yhdysvaltoihin. On myös havaittu, että EU:n päästökauppajärjestelmä ei ohjaa riittävän hyvin investointeja alhaisen päästöoikeuden hinnan vuoksi ja toisaalta nopea uusiutuvien energialähteiden lisäys on aiheuttanut uusia haasteita energijärjestelmille vaihtelevan sähköntuotannon kasvun myötä. Kriittikiä ja huolta on myös aiheuttanut kuluttajien energialaskun kasvu johtuen muun muassa mittavista uusiutuvien energialähteiden tuista. Liikenteen biojalosteiden lisääntyneen tuotannon, tuonnin ja kulutuksen myötä katseet ovat myös suuntautuneet kestävyys haasteisiin, jotta voidaan varmistaa, että biojalosteiden tuotanto ei vaaranna ruokahuoltoa, ja toisaalta tulee todentaa biojalosteiden käytön ilmastolliset hyödyt. Ehdotetussa EU:n toimenpidepaketissa vuosille 2020-2030 näitä riskitekijöitä on pyritty huomioimaan muun muassa uudistamalla päästökauppajärjestelmää, luopumalla liikenteen uusiutuvien energialähteiden käytön tavoitteista ja maakohtaisista uusiutuvan energian tavoitteista.

Vuonna 2011 komissio julkaisi vuotta 2050 koskevan tiekartan kohti vähähiilistä taloutta (EC 2011a) sekä energia-alan etenemissuunnitelman 2050 (, EC 2011b). EU 2030 -toimenpidepaketin lähtökohtana on EU:n sitouttaminen KHK-päästöjen vähennyksiin sen kustannustehokkaan kehityspolun mukaisesti, joka esitetään vuotta 2050 koskevissa etenemissuunnitelmissa. Suomen vähähiilitiekarttaa valmistellaan parhaillaan parlamentarisessa energia- ja ilmastokomiteassa¹³. Parlamentaarista työtä tukee tutkimushanke Low Carbon Finland 2050 -platform¹⁴, jossa muodostetaan vaihtoehtoisia vähähiilipolkuja Suomelle. Tätä hanketta koordinoi VTT ja tutkimuspartnereina ovat VATT, Metla ja GTK.

Vuoden 2030 poliittisten puiteiden on perustuttava 20–20–20-tavoitteiden täysimääräiseen täytäntöönpanoon, mutta samalla 2030-toimenpidepaketissa on lähtökohtaisesti yksinkertaistettu alan poliittisia puitteita ja lisätty jäsenvaltioille joustavuutta määrittämällä omat kustannustehokkaat toimenpiteet kohti vähähiilistä yhteiskuntaa. Tätä taustaa vasten komissio ehdottaa 2030-toimenpidepaketissa, että EU:n omille kasvihuonekaasupäästöille asetetaan uudeksi vähennystavoitteeksi 40 % vuonna 2030 vuoden 1990 tasosta. Tavoite on linjassa aiempien tieteellisten selvitysten kanssa, joissa on arvioitu vaihtoehtoisten vähähiilipolkujen kustannustehokkuutta EU-alueelle (vrt. Knopf et al. 2013). Kyseisissä tieteellisissä selvityksissä on kuitenkin yleensä oletettu, että globaalisti on saatu sovittua sitova ilmastositoumus, jossa tavoitteena on hillitä ilmaston lämpeneminen enintään kahteen asteeseen, ja että uudet vähäpäästöiset teknologiat ovat markkinaehtoisesti saatavilla.

Komissio ehdottaa, että EU-tason 40 %:n vähennystavoite jaetaan EU:n päästökauppajärjestelmän ja päästökaupan ulkopuolisten alojen välillä siten, että päästökauppasektorin (PKS) tavoitteeksi tulisi 43 %:n vähennys ja päästökaupan ulkopuolisen sektorin (ei-päästökauppasektori, EPKS) tavoitteeksi vastaavasti 30 %:n vähennys vuoden 2005 tasosta. Päästökauppaan kuulumattomille aloille tarkoitettu tavoite jaettaisiin jäsenvaltioiden kesken. Uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämisen osalta ehdotetaan 27 %:n sitova yleistavoite EU-tasolla, mutta jäsenmaille annetaan joustavuutta asettaa omat kansalliset päämääränsä ja sitoumuksensa. Komissio ei siten aseta erillistä uusiutuvan energian tavoitetta liikenteelle vuoden 2020 jälkeen. Myöskään energiatehokkuudelle ei aseteta toimenpidepaketissa uusia tavoitteita, vaan asiaa analysoidaan yksityiskohtaisemmin energiatehokkuusdirektiivin uudelleentarkastelun yhteydessä myöhemmin vuonna 2014. 2030-toimenpidepaketissa kuitenkin esitetään, että KHK-päästöjen 40 %:n vähennystavoite edellyttäisi energiansäästötason nostamista noin 25 %:iin vuoteen 2030 mennessä.

EU 2030 -tiedonannossa komissio esittää, että esitettyjen päästövähennystavoitteiden taakka jaetaan tarkoituksenmukaisella tavalla jäsenvaltioiden kesken ottaen huomioon niiden tilanne ja valmiudet, mutta samalla toimenpidepaketissa jätetään auki, miten tämä EPKS-taakanjako tehdään jäsenvaltioiden kesken. EU:n

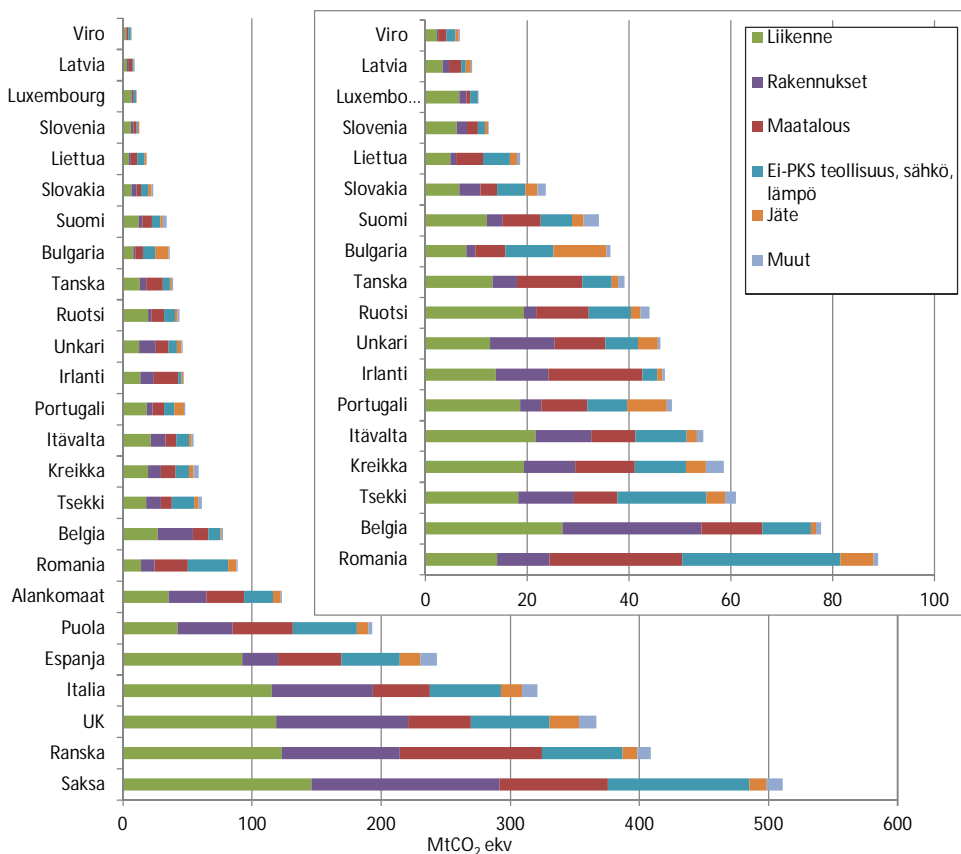
¹³ Ks. https://www.tem.fi/ajankohtaista/vireilla/strategiset_ohjelmat_ja_karkihankkeet/energia- ja_ilmastotiekartta_2050.

¹⁴ Ks. <http://www.lowcarbonplatform.fi/>.

2020 -ilmasto- ja energiapaketissa jäsenvaltioiden taakanjaossa huomioitiin jäsenvaltioiden suhteellinen vauraus (bruttokansantuote asukasta kohden I. BKT/capita). Jos EPKS-tavoite jaettaisiin yksittäisten jäsenvaltioiden kesken samoin periaattein, tämä voisi merkitä Suomen ei-päästökauppasektorin tavoitteen kiristymistä nykyisestä, vuodelle 2020 asetetusta tavoitteesta 16 % vuoden 2005 päästötasoon verrattuna eli tasolle -35...-40 % riippuen sovellettavasta laskentamethodiikasta. Näihin laskelmiin liittyy kuitenkin epävarmuutta.

Tarkasteltaessa vuoden 2008 toteutuneita KHK-päästöjä (ks. Kuva 1), voidaan havaita, että viiden jäsenmaan EPKS-päästöt kattavat kaksi kolmasosaa koko EU:n EPKS-päästöistä. On siten erittäin tärkeää, miten kyseisten maiden EPKS-tavoitteet määritetään, koska esimerkiksi Saksan EPKS-tavoitteen höllennys (olettaen esim. nykyiset taakanjakokriteerit) näkyy moninkertaisesti muiden jäsenmaiden tavoitteen kiristymisenä. Vastaavasti jäsenmailla, joilla on alhaiset EPKS-päästöt, kuten Suomella, tavoitteen merkittävälläkin kiristyksellä on varsin mitätön vaikutus koko EU:n EPKS-päästöihin.

1. Johdanto



Kuva 1. EU:n ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2008 jäsenmaittain ja sektoreittain.

Tässä julkaisussa on arvioitu EU:n komission vuosille 2020-2030 ehdottaman toimenpidepaketin vaikutuksia herkkyystarkasteluin asettamalla Suomelle vaihtoehtoisia EPKS-tavoitteita, jotka on esitetty luvussa 2. 2030-toimenpidepaketin energijärjestelmävaikutuksia on arvioitu luvussa 3 ja vastaavat kansantaloudelliset vaikutusarviot on esitetty luvussa 4. Vaikutusarvioiden johtopäätökset on lopuksi esitetty luvussa 5.

2. Skenaarioiden määrittely

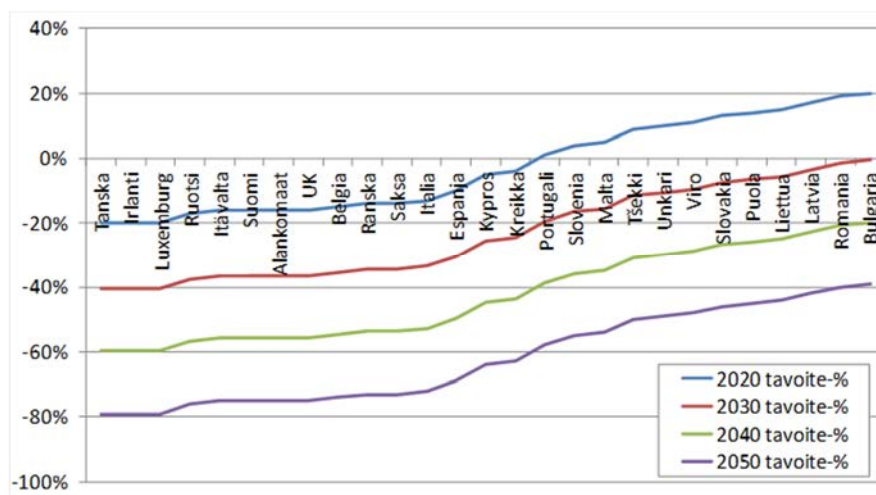
2.1 Skenaariomäärittelyiden lähtökohta ja aiemmat taustaselvitykset

EU 2030 -toimenpidepaketin vaikutusarvion määrittelyt perustuvat kahteen aiempaan VTT:n ja VATT:n selvitykseen, jotka toteutettiin vuonna 2013 Suomen energia- ja ilmastostrategian päivityksen taustaselvityksiksi. Näistä ensimmäisessä tutkimuksessa, ”Energiaverotuksen uudistamisen ja EU:n päästövähennystavoitteen kiristämisen vaikutukset” (Honkatukia et al. 2013), laskettiin perusura Suomen talouden ja energijärjestelmän kehityksille. Lisäksi kyseisessä työssä arvioitiin EU:n KHK-päästöjen päästövähennystavoitteen mahdollisen kiristämisen vaikutuksia Suomelle (l. siirtyminen 30 %:n päästövähennystavoitteeseen vuoteen 2020 mennessä). Kyseisessä työssä erityinen kiinnostuksen kohde oli kiristetyn tavoitteen vaikutusten analysoinnissa ei-päästökauppasektorille. Toisessa energia- ja ilmastostrategian päivityksen taustaselvityksessä, ”Tarkennetun perusskenaarion vaikutukset Suomen energijärjestelmään ja kansantalouteen” (Pursiheimo et al. 2013), arvioitiin perusskenaariota kunnianhimoisemman KHK-päästöjen vähennyspolun vaikutuksia Suomen energia- ja kansantalouteen. Tarkennetun perusskenaarion taustalla oli EU:n julkaisema vähähiilitiekartta (EC 2011a & EC 2011b), jossa on määritetty EU:n KHK-päästöille 80 %:n minimivähennystavoite vuoteen 2050 mennessä vuoden 1990 päästöihin verrattuna. Vähähiilitavoitteen saavuttaminen edellyttää jo vuoden 2020 jälkeen siirtymistä perusskenaariota kunnianhimoisemmalle kehityspolulle, joka on myös taustalla EU:n 2030 energia- ja ilmastotavoitteiden määrittelyssä. Tarkennettuun perusskenaarioon sisällytettiin joukko toimenpiteitä, jotka toisaalta vähentäisivät fossiilisten energialähteiden käyttöä erityisesti energiantuotannossa ja liikenteessä, sekä toimenpiteitä, jotka parantaisivat rakennusten ja liikenteen energiatehokkuutta. Lisäksi tarkennettuun perusskenaarioon oli sisällytetty jätehuoltoon, tuulivoiman lisäämiseen sekä bioenergian ja -jalosteiden tuotannon lisäämiseen kohdistuvia tavoitteita.

Suomen EPKS-tavoitteiden määrittely perustuu VTT:n aiempaan selvitykseen (Lindroos & Ekholm 2013), jossa ennakoitiin Suomen EPKS-tavoitteita ennen EU:n 2030-toimenpidepaketin julkaisua. Raportissa esitetään laskelmat Suomen ja muiden jäsenmaiden taakanjaosta perustuen nykyiseen jäsenvaltioiden väliseen

2. Skenaarioiden määrittely

taakanjakoon (BKT/capita), jossa on käytetty vuoden 2005 kansantuotetta ja väestön tilastolukuja (ks. Kuva 2). Raportissa esitetään myös laskelmia vaihtoehtoista taakanjakoperusteista, kuten päivitetty BKT/capita, GHG/capita (kasvihuonekaasupäästöt henkilöä kohden) ja GHG/BKT (kasvihuonekaasupäästöt bruttokansantuotetta kohden), sekä arvioidaan eri kriteerien edullisuutta eri maille.



Kuva 2. Arvio EU-jäsenmaiden KHK-päästövähennystavoitteista, jos ei-päästökauppasektorin päästövähennykset jaettaisiin nykykriteerillä myös vuoden 2020 jälkeen, eli perustuen vuoden 2005 BKT/capita-varallisuuden perusteella (Lähde: Lindroos & Ekholm 2014).

Lindroosin ja Ekholmin (2014) selvityksen perusteella Suomen EPKS-päästövähennystavoitteeksi saataisiin 36 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 KHK-päästötasoon verrattuna. GHG/BKT- ja GHG/capita-taakanjakoperusteella Suomelle tulisi lievempi tavoite, mutta laskentaperusteesta huomimatta Suomen taaka useimpiin muihin EU-maihin verrattuna on verrattain suuri.

Hollantilainen PBL (2013) on myös arvioinut EPKS-taakanjakoa ja raportissa esitetään maakohtaiset EPKS-tavoitteet käyttäen eri laskentaperusteita. PBL:n arvion mukaan Suomen EPKS-tavoitteeksi tulisi 40 % nykykriteerein arvioituna.

EU 2030 -toimenpidepaketin lisäksi on julkaistu laaja vaikutusarvio (EC 2014b), jossa arvioidaan toimenpidepaketin vaikutuksia verrattuna ns. referenssiskenaarioon, jossa lähtökohtana ovat nykyinen energia- ja ilmastopolitiikka myös aikajaksoilla 2020–2030. Vaikutusarviossa arvioidaan paitsi ehdotetun 2030-politiikan vaikutuksia myös vaihtoehtoisten KHK-päästötavoitteiden sekä uusiutuvien energiamuotojen ja energiatehokkuuden tavoitteiden vaikutuksia energiapoliittisiin, kustannuksiin, ilmapäästöihin, maankäyttöön jne. Vaikutusarviossa on esitetty myös jäsenmaakohtaiset EPKS-päästövähennykset referenssiskenaarioon verrattuna. Laskelmissa ei siis ole oletettu jäsenmaakohtaista taakanjakoa, vaan esitetyt

KHK-päästövähennykset perustuvat kustannusoptimointiin eli ns. optimaaliseen taakanjakoon eri jäsenmaiden kesken. Vaikutusarviolaskelmat on tehty pääasiassa PRIMES-energijärjestelmämallilla, jossa EU-jäsenmaiden energijärjestelmät on kuvattu maakohtaisesti. PRIMES-laskelmien mukaan Suomen EPKS-vähennystavoitteeksi tulisi 29–33 % vuoden 2005 päästöihin verrattuna. On kuitenkin selvää, että PRIMES-tuloksiin liittyy merkittävää epävarmuutta, koska eri jäsenmaiden erityispiirteet, mukaan lukien teknologiset panostuskohteet ja kestävä luonnonvarojen käyttö, jäävät yleiselle tasolle ja myös maakohtaiset kustannukset ovat todennäköisesti suuntaa-antavat esimerkiksi karkeamman toimialajaottelun vuoksi.

2.2 Perusskenaarion ja politiikkaskenaarioiden määrittelyt

Tässä työssä on käytetty ns. perusurana energia- ja ilmastostrategian (TEM 2013a) päivityksen yhteydessä laadittua perusskenaariota (ks. TEM 2013b, Honkatukia et al. 2013 ja Pursiheimo et al. 2013). Poliittikkaskenaario puolestaan perustuu EU:n tiedonantoon uudesta ilmasto- ja energiapolitiikan kehyksestä, jonka lähtökohdat esitettiin luvussa 1. Koska esimerkiksi maakohtaisia päätöksiä ei ole vielä tehty, politiikan vaikutuksia on arvioitu laskemalla Suomelle useita vaihtoehtoisia EPKS-tavoitteita, jotka perustuvat luvussa 2.1 esitettyihin selvityksiin ja komission omaan EU 2030 -politiikan vaikutusarvioon.

Alla on esitetty lähtökohia, jotka ovat yhteiset sekä perusskenaariolle että politiikkaskenaarioille sekä perus- ja politiikkaskenaarioiden omat lähtökohdat.

- Aikajänne: Tarkasteluiden painopiste on vuodessa 2030, mutta laskelmat on ulotettu vuoteen 2050 asti.
- Jako päästökaupan ja ei-päästökaupan välillä: Oletuksena on, että KHK-päästöjen suhteen nykyinen jako EU-tasolla säilyy ja lisäksi sektorijako päästökauppa- ja ei-päästökaupasektorin välillä säilyy nykyisenä.
- Fossiilisten polttoaineiden hintaoletukset: Referenssihintoina käytetään IEA:n arvioita (IEA World Energy Outlook)¹⁵.

1. Perusskenaario

- Nykyiset vuoden 2020 politiikat ovat voimassa vuoteen 2030 asti (EPKS-tavoitteet –16 % vuoteen 2005 verrattuna, uusiutuvien energialähteiden käyttö 38 % loppuenergiankulutuksesta, nykyiset tuet ja verot).
- Päästöoikeuden hinta: 10 €/t CO₂ v. 2020 ja 20 €/t CO₂ v. 2030
- Rakennussektori: Energia- ja ilmastostrategian mukainen nykyinen perusskenaario (TEM 2013a ja TEM 2013b), jossa on huomioitu nykyiset säädökset ml. energiatehokkuusdirektiivin mukaiset velvoitteet.

¹⁵ <http://www.worldenergyoutlook.org>.

2. Skenaarioiden määrittely

- Teollisuus: Perusskenaarion mukaiset kehitysarviot (ks. Pursiheimo et al. 2013).
- Ydinvoima: Fennovoiman uuden laitoksen reaktoriteho 1200 MW, muuten energia- ja ilmastostrategiassa esitetyn perusskenaarion mukaiset ydinvoimaoletukset.

2. *Politiikkaskenaario*

- EU:n KHK-päästöjen vähennystavoite: Vuoteen 2030 mennessä oletetaan 40 %:n KHK-päästöjen vähennystavoite vuoden 1990 KHK-päästöihin verrattuna. Lisäksi oletetaan, että kansainvälisiä joustomekanismeja ei hyödynnetä tavoitteen saavuttamiseksi.
- EU:n EPKS-tavoite: Ehdotetun toimenpidepaketin mukainen 30 %:n vähennystavoite verrattuna vuoden 2005 KHK-päästöihin. Jäsenmaiden taakanjako on määritetty PBL:n (2013) raportin perusteella.
- Suomen EPKS-tavoite: Lähtöoletuksena on, että tavoite määräytyy kuten nykykaudella (l. BKT/capita-perusteen mukaan. Tarkastellaan kolmea laskentatapausta (vertailuvuosi kaikissa 2005):
 - 1) 32 %:n KHK-päästövähennys eli EU:n vaikutusarvion mukainen PRIMES-mallin optimoima tavoite (vrt. EC 2014b)
 - 2) 36 %:n KHK-päästövähennystavoite (vrt. Lindroos & Ekholm 2013)
 - 3) 40 %:n KHK-päästövähennystavoite (vrt. PBL 2013)
- RES-oletukset: Ei uutta sitovaa RES-tavoitetta, mutta huomioidaan vuodelle 2025 asetettu 9 TWh:n tuulivoimataavoite. Nykyiset RES-tuet myös säilyvät.
- Päästöoikeuden hinta: Käytetään hinta-arvion määrittämisessä VTT:n aiempia tutkimuksia¹⁶, jonka mukaan oletetaan päästöoikeuden hinnaksi 10 €/t CO₂ v. 2020 ja 50 €/t CO₂ v. 2030.
- Teknologisten kehitysurien osalta hyödynnetään laajalti VTT:n asiantuntemusta, koska vuoden 2030 osalta teknologisten keinovalikoimien kirjo kasvaa merkittävästi verrattuna vuoden 2020 tilanteeseen nähden.

¹⁶ <http://www.lowcarbonplatform.fi/aineistot.html>.

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään

3.1 VTT:n energiajärjestelmämallin ja lähestymistavan kuvaus

Suomen energiajärjestelmän ja kasvihuonekaasupäästöjen kehitystä on arvioitu TIMES-VTT-mallilla, joka pohjautuu IEA-yhteistyössä kehitettyyn globaaliin ETSAP-TIAM-malliin (ks. Loulou et al. 2005 ja Loulou & Labriet 2007). TIMES-VTT-malli on myös globaali energiajärjestelmämalli, mutta verrattuna ETSAP-TIAM-malliin VTT:n mallin aluejakoa on Euroopan osalta merkittävästi tarkennettu. TIMES-VTT-mallissa Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan energiajärjestelmät on kuvattu yksityiskohtaisesti maittain ja muu Eurooppa on jaettu Itä- ja Länsi-Eurooppaan. Venäjän energiajärjestelmä on mallinnettu yhtenä alueena. Pohjoismaisen mallinnusnäkökulman vuoksi mallista on käytetty myös nimeä Nordic TIMES, ja sitä on aiemmin käytetty muun muassa pohjoismaisissa tutkimushankkeissa (ks. Teir et al. 2010 ja Koljonen & Lehtilä 2010) ja viimeksi IEA:n ja Pohjoismaiden yhteisessä tutkimuksessa Nordic Energy Technology Perspectives 2013 (IEA 2013).

VTT:n toteuttamissa aiemmissa taustaselvityksissä liittyen kansalliseen energia- ja ilmastopoliittiseen päätöksentekoon on käytetty Suomen TIMES-energiajärjestelmämallia, jossa on kuvattuna ainoastaan Suomen energiajärjestelmä (ks. Lehtilä et al. 2008 ja Forsström et al. 2010). Laajemmassa TIMES-VTT-mallissa on kuvattuna pohjoismainen sähkömarkkina, globaali energiahyödykkeiden kauppa ja mallinnusalueiden välinen infrastruktuuri, mikä on TIMES-VTT-mallin ehdon vahvuus verrattuna Suomen TIMES-malliin. Ilmastopoliittikaskenaarioissa kasvihuonekaasupäästötavoitteet ja päästökauppa voidaan mallintaa globaalilla tasolla tai alueittain, eli esimerkiksi huomioiden EU-laajuinen päästökauppa. TIMES-VTT-mallissa on kuvattuna kaikki Kioton pöytäkirjan kasvihuonekaasupäästöt sekä niiden vähennystekniikat ja -kustannukset, joten mallinnusmenetelmä soveltuu erittäin hyvin myös ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasupäästöjen kehityksen arviointiin. Mallin etuna lisäksi on sen kattavuus kaikkiin energiaa käyttäviin ja KHK-päästöjä tuottaviin sektoreihin, minkä johdosta myös eri toimenpiteiden välilliset vaikutukset tulee huomioida. Esimerkiksi tietyt päästöt vähentävä politiikat ja muut toimenpiteet saattavat lisätä päästöjä jollain muulla sektorilla.

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään

Energiajärjestelmätarkasteluissa huomioidaan koko energiajärjestelmän kehitys kattaen polttoaineen ja energian tuotannon, siirron, jakelun sekä käytön kaikilla sektoreilla, ja lisäksi mallissa on kuvattuna jätesektori. Energiajärjestelmän kehitystä arvioidaan sekä teknologian kehityksen että kustannusten kehityksen näkökulmista: mallitarkasteluissa huomioidaan uuden, vähäpäästöisemmän teknologian käyttöönotto, johon investoidaan kattamaan kasvava energiapalveluiden kysyntä, korvaamaan nykyisen energiajärjestelmän poistumaa sekä toteuttamaan annetut politiikkatavoitteet minimikustannuksin. TIMES-mallin laaja tietokanta sisältää yksityiskohtaisen kuvauksen nykyisestä energiajärjestelmästä ml. energiantuotanto ja -siirtojärjestelmä, rakennuskanta, auto- ja muu liikennevälinekanta, eri teollisuustuotteiden tuotantoprosessit ja -laitokset sekä maa-, metsä- ja kaivannaisteollisuus. Mallin tietokanta sisältää myös arviot nykyisen energiajärjestelmän poistumasta, kuten nykyisten energiantuotantolaitosten, rakennusten ja autokannan poistumasta. Alla on esitetty yhteenveto TIMES-VTT-mallin tärkeimmistä ominaisuuksista:

- eri polttoaineiden reservit ja resurssit sekä uusiutuvien energialähteiden osalta tekniset potentiaalit (ks. Koljonen et al. 2009 ja Ruska et al. 2012)
- polttoaineiden tuotantoprosessit ja tuotantokustannukset
- energian muuntoprosessit ja tekniikat ml. uudet tekniikat ja nykyisten teknologioiden kehitys sekä niiden kasvihuonekaasupäästöt
- polttoaineiden ja energian kuljetus, siirto ja jakelu
- sähkön siirtoyhteyksien nykyiset ja rakenteilla olevat uudet kapasiteetit sekä myöhempien uusien siirtolinjainvestointien potentiaaliarviot (määritetty sähkönsiirron maksimikapasiteettina).
- hiilidioksidin erotus energiantuotanto- ja teollisuusprosesseista sekä hiilidioksidin kuljetus ja varastointi
- energian käyttö ja kasvihuonekaasupäästöt kaikilla sektoreilla: liikenteessä, rakennuksissa, teollisuudessa, maa- ja metsätaloudessa sekä kaivannaisteollisuudessa
- arviot yhdyskuntajätteiden määrien kehityksestä sekä jätehuollon kasvihuonekaasupäästöt
- Kioton pöytäkirjan kasvihuonekaasupäästöjen vähennystekniikat ja niiden kustannukset.

TIMES-VTT-mallin laskema energian kulutus ja KHK-päästöjen kehitys riippuvat useasta eri tekijästä. Perusskenaariossa mallin käyttämiä lähtötietoja ovat:

- eri talouden sektoreiden kehitys eli energiaa käyttävien teollisuussektoreiden, kotitalouksien, palvelujen, maa- ja metsätalouden ja kaivannaisteollisuuden kehitys
- teollisuuden eri tuotteiden ja toimialojen tuotannon kehitys

- nykyinen auto- ja muu liikennevälinekanta sekä liikkumis- ja kuljetustarpeiden kehitys liikennemuodoittain
- nykyinen rakennuskanta sekä asuinpinta-alan kehitys rakennustyypeittäin
- nykyiset energia- ja ilmastopoliittiset ohjaukset ml. energia- ja päästöverot, tuet, päätetyt energian käytön tehostamista koskevat määräykset, säädökset jne.
- nykyisen energiajärjestelmän laskennallinen poistuma ja käytettävissä olevien teknologiavaihtoehtojen oletettu kehitys kaikilla sektoreilla sekä teknisten parametrien että kustannusten osalta.

TIMES-VTT-malli on kalibroitu toteuttamaan Tilastokeskuksen raportoima Suomen energiataase vuodelle 2010. Luvussa 3.3. esitetyissä skenaariotuloksissa on esitetty myös vuoden 2005 energia- ja KHK-päästötase, joka on EU:n energia- ja ilmastotavoitteiden asetannan referenssivuosi.

3.2 Energiajärjestelmämallinnuksen tulokset perusskenaariossa ja politiikkaskenaarioissa

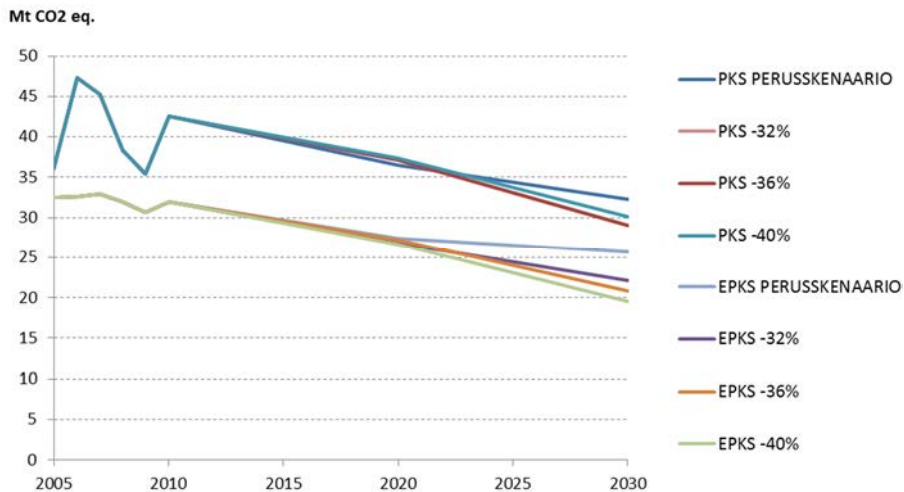
3.2.1 Kasvihuonepäästöjen kehitys

Alla (Kuva 3, Kuva 4 ja Taulukko 1) on esitetty Suomen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys päästökaupparektorilla (PKS) ja ei-päästökaupparektorilla (EPKS) perusskenaariossa sekä vaihtoehtoisilla EPKS-tavoitteilla (–32 %, –36 % ja –40 %, vertailuvuosi 2005). EPKS-päästöjen kehitys on lisäksi esitetty yksityiskohtaisemmin, jotta voidaan arvioida paremmin, mitkä ovat kustannustehokkaat toimet asetetun EPKS-tavoitteen saavuttamiseksi.

Laskelmien mukaan perusskenaariossa, eli olettaen että vuoden 2020 jälkeen Suomen EPKS-vähennystavoite ei kiristy 16 %:sta, Suomen ei-päästökaupparektorin KHK-päästöt vähenisivät 21 %:iin vuoteen 2030 mennessä. Tulos on täsmälleen sama kuin komission esittämässä vaikutusarvioraportissa (EC 2014b). Samoin komission vaikutusarviossa esitetty Suomen kokonaispäästöjen vähennys on hyvin lähellä TIMES-VTT-laskelmien arviota, eli komission arviossa Suomen KHK-päästöt vähenisivät 14 % ja TIMES-VTT-laskelmissa vastaavasti perusskenaariossa noin 15 % vuoden 2005 päästöihin verrattuna.

Verrattaessa Suomen KHK-päästöjen vähennystä koko EU:n KHK-päästövähennystavoitteeseen, joka on 40 % vuoden 1990 päästöihin verrattuna, voidaan todeta, että Suomen KHK-päästöt vähenisivät tiukimmissakin EPKS-tavoitteessa selvästi alle EU:n kokonaistavoitteen: maksimissaan saavutetaan 30 %:n KHK-päästötavoite vuonna 2030. Laskelmien mukaan Suomi olisi siten päästöoikeuksien ostaja oletetuilla päästöoikeuden hinta-arvioilla.

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään



Kuva 3. Suomen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys vuosina 2005–2030 päästökauppasektorilla (PKS) ja päästökaupan ulkopuolisella sektorilla (EPKS).

Tarkasteltaessa ei-päästökauppasektorin KHK-päästöjen vähennystä eri sektoreilla voidaan todeta, että kustannusoptimaalisessa tapauksessa kaikkien EPKS-toimialojen tulisi vähentää KHK-päästöjä, mutta liikennesektorilla KHK-päästövähenne olisi merkittävin. Liikenteen osalta mahdollisia vaihtoehtoja vähentää KHK-päästöjä ovat liikenteen energiatehokkuuden kasvattamisen ja suurimpien kaupunkien julkisen liikenteen lisäämisen lisäksi ajoneuvokaluston nopea uusiminen, sähköistäminen ja biopolttoaineiden käyttöönotto. Esitettyjen alustavien laskelmien perusteella toisen sukupolven biopolttoaineet olisivat Suomelle kustannustehokkain tapa vähentää liikenteen KHK-päästöjä, jolloin biojalosteiden osuus maantielikenteessä kasvaisi jopa lähelle 40 %:a vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi taulukossa esitetyt työkoneiden ja lämmityksen päästövähennykset ovat pääosin seurausta mineraaliöljyn käytön korvauksesta biojalosteilla.

Rakennusten osalta päästövähennykset toteutuvat pääosin jo perusskenaariossa, jossa on huomioitu voimassa olevat rakennuksia koskevat säädökset uudisrakentamiselle ja korjausrakentamiselle (ks. TEM 2013b sekä Airaksinen & Vainio 2012). EPKS-tavoitteen kiristyessä KHK-päästöjen vähennys on seurausta mineraaliöljyn korvauksesta bioöljyllä.

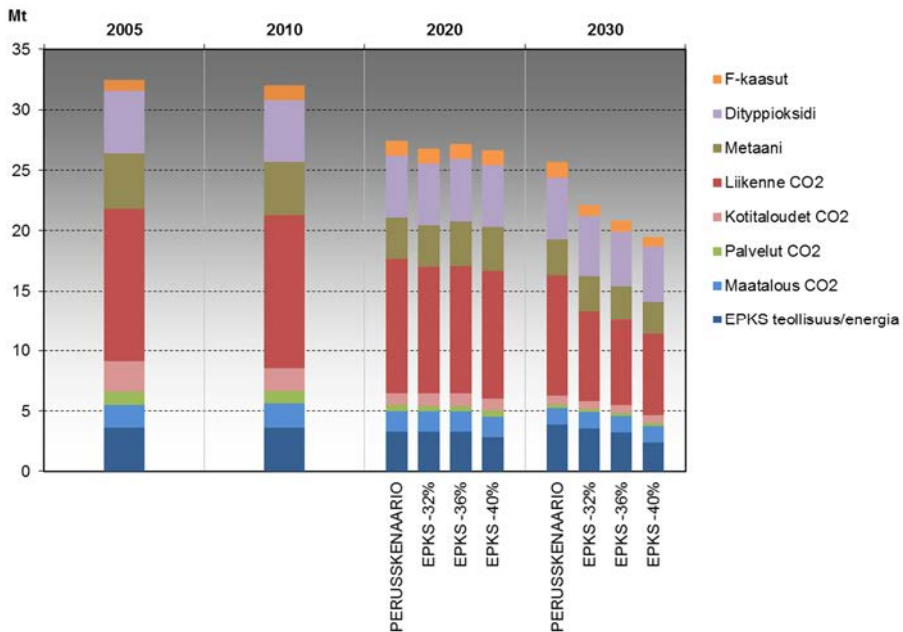
Maatalouden metaani- ja typpioksiduulipäästöjen vähennys on seurausta lannoitteiden käytön vähentämisestä. On kuitenkin huomattava, että maatalouden päästöihin ei sisälly maatalouden energiankäytön päästöjä eikä ns. LULUCF (Land Use and Land Use Change and Forestry) -sektorin aiheuttamia päästöjä.

Jätehuollossa metaanipäästöjen vähentäminen toteutuu suurimmaksi osaksi jo perusskenaariossa, jossa on huomioitu orgaanisen ja muun biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoittamisen EU-tasoinen rajoitus vuodesta 2016.

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään

TIMES-VTT-laskelmien mukaan työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt vähenevät vasta tiukimmassa -40 % EPKS-tavoitteessa. Laskelmiin sisältyy kuitenkin epävarmuutta.

Päästökaupan ulkopuolinen teollisuus ja energiasektori sisältävät lukuisan joukon toimialoja ja toimijoita. Näiden osalta KHK-päästöjen tarkkaa tilastointia ei ole saatavilla, joten kyseisen sektorin KHK-päästöjen vähentämisen potentiaalia on pystytty arvioimaan ainoastaan hyvin karkealla tasolla. Tuloksista kuitenkin nähdään, että tämän sektorin KHK-päästöt vähenevät sekä perusskenaariossa että politiikkaskenaarioissa. Jatkossa EPKS-teollisuuden ja -energiantuotannon KHK-päästöjä sekä niiden vähennyspotentiaalia olisikin selvitettävä tarkemmin.



Kuva 4. Päästökaupan ulkopuolisen (EPKS) sektorin kasvihuonekaasujen kehitys perusskenaariossa ja vaihtoehtoisissa politiikkaskenaarioissa olettaen Suomelle 32 %:n, 36 %:n ja 40 %:n EPKS-päästövähennystavoite.

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään

Taulukko 1. Päästökauppasektorin ulkopuoliset kasvihuonekaasupäästöt (Mt CO₂-ekv.) lähteittäin vuonna 2030. Sektori ”Muut EPKS-päästöt” sisältää pääasiassa päästökauppasektorin ulkopuolisen teollisuuden KHK-päästöt.

Mt CO ₂ -ekv.	2005	PERUS SKENAARIO	EPKS -32 %	EPKS -36 %	EPKS -40 %
Liikenne	12,7	10,4	7,9	7,4	7,1
Maatalous	5,8	5,8	5,8	5,4	5,3
CH ₄	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7
N ₂ O	3,9	4,0	4,0	3,6	3,6
Rakennusten lämmitys	4,9	2,0	1,9	1,9	1,8
Työkoneet	2,6	2,7	2,7	2,7	2,1
Jäte	2,4	1,0	0,9	0,9	0,8
F-kaasut	0,9	1,3	0,9	0,9	0,8
Muut EPKS-päästöt	3,2	2,5	2,1	1,8	1,6
Yhteensä	32,5	25,7	22,1	20,8	19,5

3.2.2 Liikenteen biopolttoaineiden hankinta

Kuten edellä esitettiin, TIMES-VTT-laskelmien perusteella toisen sukupolven biopolttoaineet olisivat Suomelle kustannustehokkain tapa vähentää liikenteen KHK-päästöjä. Laskelmien mukaan biojalosteiden käyttö kasvaisi vuodelle 2020 asetusta 15 %:n (20 % huomioden EU:n tuplalaskentasäännöt toisen sukupolven jalosteille) tavoitteesta noin 40 %:iin liikenteen energiankäytöstä vuoteen 2030 mennessä.

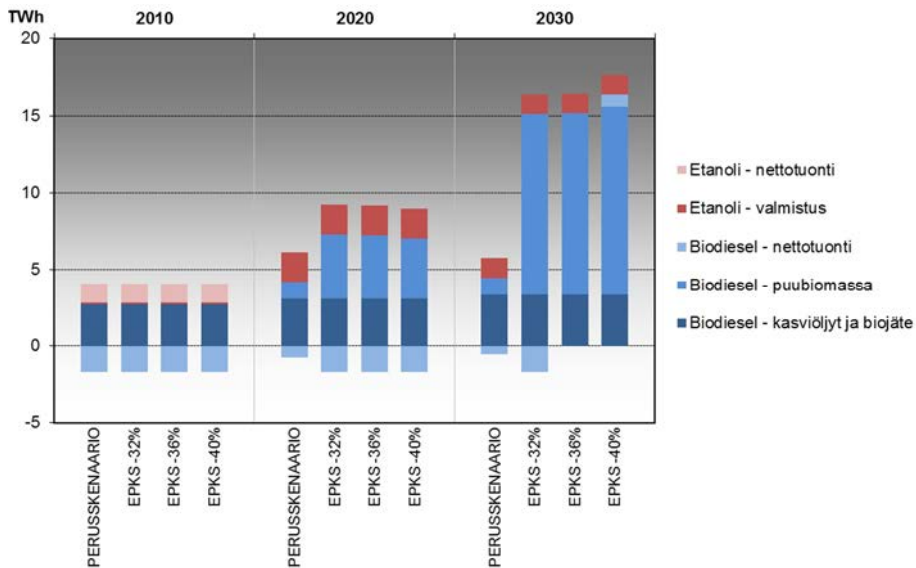
Toisen sukupolven uusiutuvaa dieselpolttoainetta voidaan hyödyntää joustavasti jopa 100 %:n pitoisuuteen asti nykyisessä autokannassa ja lisäksi muutostarpeita jakelujärjestelmään ei tarvita. Näin ollen suorat lisäkustannukset kohdistuisivat lähinnä biojalostamoinvestointeihin, jotka hyödyntäisivät suurimmaksi osaksi kotimaista puuta raaka-aineenaan. Myös bioetanolin ja biokaasun käytöt laskelmien mukaan lisääntyisivät, mutta ei yhtä merkittävässä määrin kuin biodieselin. Vaihtoehtona on myös biopolttoaineiden tuonti ulkomailta. Tässä yhteydessä tulee kuitenkin huomata, että biomassapohjaisten liikennepolttoaineiden tuotantoteknologia ei ole vielä Euroopassa kaupallisella tasolla, joten tuotantokustannusten arviointi on epätarkkaa. Ensimmäisiä laitoksia on rakenteilla, joten lähivuosina saadaan tarkempi kuva niin tekniikan toimivuudesta kuin tuotantokustannuksista.

Tässä esitetyissä laskelmissa on oletettu, että vuoteen 2030 mennessä toisen sukupolven biojalostamoinvestoinnit toteutuisivat julkisen riskirahoituksen ja ohjauksitoimenpiteiden tukemina etenkin ensimmäisten jalostamoinvestointien osalta.

Lisäksi on oletettu, että puuraaka-ainetta on riittävästi saatavilla. On kuitenkin oletettavaa, että koko EU-tasolla tulee pulaa kestävästä liikenteen biopolttoaineista, jos kaikissa jäsenmaissa halutaan nostaa käyttö nykytasosta moninkertaiseksi vuoteen 2030 mennessä. Suomi on edullisessa asemassa, koska sillä on käytettävissä runsaasti luonnonvaroja ja suomalaiset toimijat ovat myös kehityksen kärjessä. Merkittävää on tuleva raakaöljyn hintakehitys ja uuden teknologian kustannuskehitys, kun arvioidaan, missä määrin investointeja syntyisi markkinaehtoisesti. Toisaalta EU:n vähähiilisiin innovaatioteknologioihin suunnattua NER300-ohjelman tyyppistä rahoitusta, joka on kerätty päästökauppatuloilla, olisi mahdollista hakea kaupallisten demonstraatiolaitosten toteuttamiseen, mikä pienentäisi valtion talouden menoja. Lisäksi todettakoon, että keskustelu EU:n bioenergian kestävyyskriteereistä on rajaamassa ruokaketjussa olevat raaka-aineet maksimissaan 5 %:iin ja pääpaino tulee olemaan puu-, olki- ja biotäpohjaisissa tuotteissa.

Mikäli oletetaan, että toisen sukupolven biojalostamodemonstraatiot eivät saisi valtion tai EU:n tukea, jolloin näitä biojalostamoita ei saataisi kaupallisesti kilpailukykyiseksi (lukuun ottamatta joitain yksittäisiä laitoksia), lisäisi se biojalosteiden tuontia Suomeen, mikä puolestaan heikentäisi Suomen energiaomavaraisuutta sekä lisäisi EU 2030 -politiikan aiheuttamia kansantalouden kustannuksia. Toisaalta laskelmissa on myös rajoitettu biojalosteiden vienti nykytasolle (vrt. Kuva 5) olettaen, että Suomessa kotimaisen biojalosteen maksukyky on korkeampi verrattuna esimerkiksi muuhun Eurooppaan. Tämä vaatisi esimerkiksi uuden sekoitevelvoitteen asettamista biojalosteille Suomessa tai muuta ohjausta. Asiaa tulisi luonnollisesti selvittää tarkemmin jatkossa. Puu- ja jätetäpohjaiset liikennepolttoaineet tulevat olemaan osa biotalouden optimointia eri tuotteisiin ja luonnollisesti se johtaa kansallisesti eri ratkaisuihin huomioiden markkinat, raaka-ainevarat ja teollisuuden rakenne.

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään



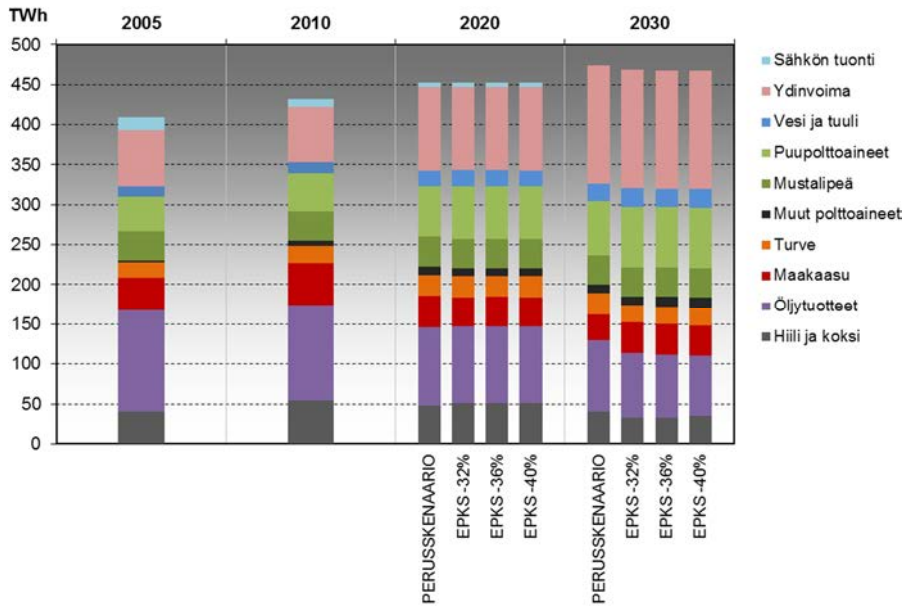
Kuva 5. Liikenteen biopolttoaineiden tuotannon ja nettotuonnin/viennin kehitys. Negatiiviset luvut tarkoittavat biojalosteiden nettovientiä.

3.2.3 Energia kulutus ja tuotanto

Tarkasteltaessa primäärienergian kysynnän kehitystä eri skenaarioissa (Kuva 6) voidaan todeta, että primäärienergian kulutus pienenee hyvin vähän (maksimissaan 1,5 %) verrattaessa politiikkaskenaarioita perusskenaarioon. Sen sijaan polttoaineiden käytössä on merkittävämpiä eroja, kun fossiilisten polttoaineiden käyttö pienenee ja vastaavasti uusiutuvien kasvaa. Ydinenergian käyttö kasvaa kaikissa skenaariossa (vrt. luku 2.2). TIMES-VTT-laskelmien mukaan uusiutuvien osuus loppuenergiankäytöstä kasvaisi 44–45 %:n vuonna 2030 politiikkaskenaarioissa, mutta toisaalta myös perusskenaariossa uusiutuvien osuus kasvaisi 40 %:in. Tässä tulee kuitenkin huomioida, että esitetyt uusiutuvien osuudet eivät täysin vastaa komission laskentasääntöjä ja erityisesti lämpöpumppujen osalta uusiutuvan energian määrittelyyn sisälty epävarmuutta.

Fossiilisista polttoaineista ainoastaan maakaasun kilpailukyky näyttäisi säilyvän ja jopa hieman kasvavan verrattuna perusskenaarioon. Tosin verrattuna vuoden 2010 tilastolliseen arvoon sen käyttö laskisi TIMES-VTT-laskelmien mukaan noin 25 % vuoteen 2030 mennessä. Maakaasumarkkinoiden ja infrastruktuurin kehitykseen liittyy kuitenkin merkittäviä epävarmuustekijöitä, kun toisaalta Yhdysvaltojen liuskekaasuvallankumous on antanut toiveita "halvan" kaasun saamisesta myös Euroopan markkinoille, mikä puolestaan on käynnistänyt useita nesteytetyn maakaasun (LNG) terminaali-hankkeita, myös Suomessa. Komissio onkin EU 2030 -tiedonantoon liittyen esittänyt myös liuskekaasun varmaa ja ympäristön kannalta turvallista hyödyntämistä koskevat puitteet (EC 2014c).

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään



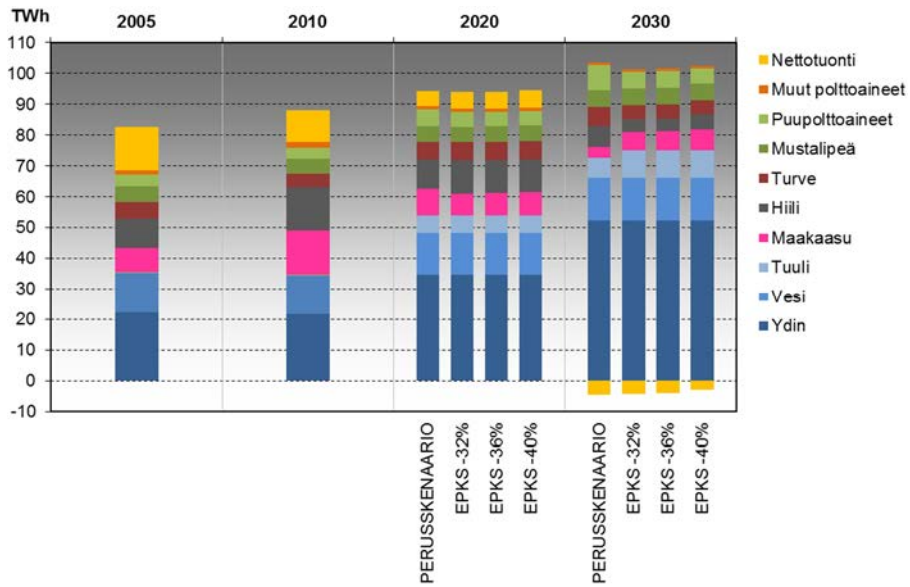
Kuva 6. Primäärienergian kysynnän kehitys.

Sähkön hankinnan osalta nähdään vastaava kehitys (8Kuva 7 ja Kuva 8), eli skenaarioiden välillä on hyvin pienet erot. Lisäksi on esitetty sähkön kulutus energiankäyttösektoreittain (Kuva 9). Laskelmien mukaan Suomen sähkön kulutus ylittää 100 TWh:n vuonna 2030 kaikissa skenaarioissa. Sähkön tuotanto sen sijaan ylittää 100 TWh, koska 3–4 TWh menisi vientiin, eli vuonna 2030 Suomi olisi kaikissa skenaarioissa omavarainen sähkön hankinnan suhteen. Tarkasteltaessa sähkön-hankintaa energialähteittäin nähdään, että vastaavat muutokset näkyvät myös niin sähkön tuotannon energialähteiden käytössä kuin primäärienergian osalta lukuun ottamatta puupolttoaineita, joiden osuus pienenee vuonna 2030 verrattuna perusskenaarioon. Syynä tähän on toisaalta ydin- ja tuulivoiman osuuden kasvu, mutta suurin tekijä on puupolttoaineiden ohjautuminen politiikkaskenaariossa epäpäästökaupparektorille, erityisesti liikenteen polttoaineeksi. Tuulivoiman kasvu politiikkaskenaariossa pienentää myös yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon (CHP) kilpailukykyä, mutta hyvin vähän. Huolestuttavampaa on CHP:n kilpailukyvyn heikkeneminen verrattuna nykytilanteeseen, mikä näkyy jo vuoden 2020 laskelmissa. Sähkön kulutuksen osalta nähdään, että 32 %:n ja 36 %:n EPKS-päästövähennysskenaarioissa tapahtuu energian käytön tehostumista. Toisaalta 40 %:n EPKS-skenaariossa päästöjen vähentämisen marginaalikustannukset nousevat niin korkeiksi (129 €/t CO₂), että energiajärjestelmän sähköistyminen kasvattaa sähkönkulutusta perusskenaarioon verrattuna.

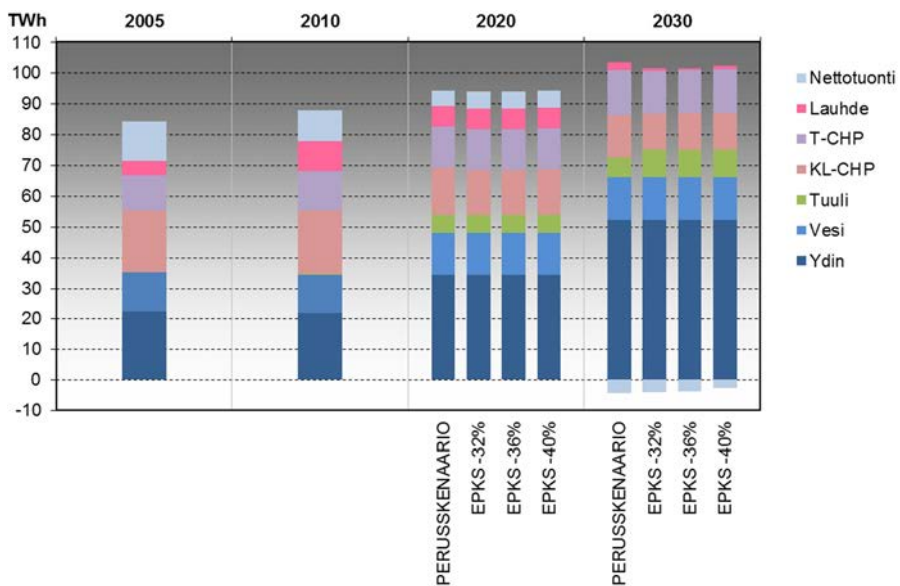
Aurinkoenergia on yleistymässä nopeasti Euroopassa. Sen käyttö tulee lisääntymään Suomessakin niin lämmityksessä kuin sähköntuotannossa. Tässä työssä on huomioitu ainoastaan tuulivoimalle esitetyt kansalliset tavoitteet, ja aurinkoenergian

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään

kilpailukyvyyn arviointi jää vielä tarkastelutarkkuuden alle. Paikallisesti aurinko-energialla on kuitenkin lisääntyvä rooli energianhankinnassa.

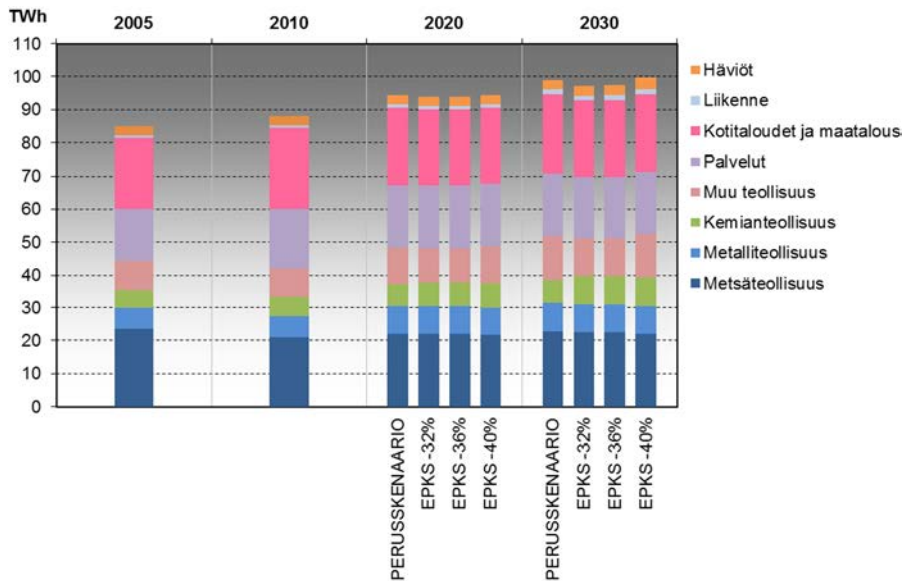


Kuva 7. Sähkön hankinnan kehitys jaoteltuna energialähteittäin.



Kuva 8. Sähkön hankinnan kehitys tuotantomuodoittain.

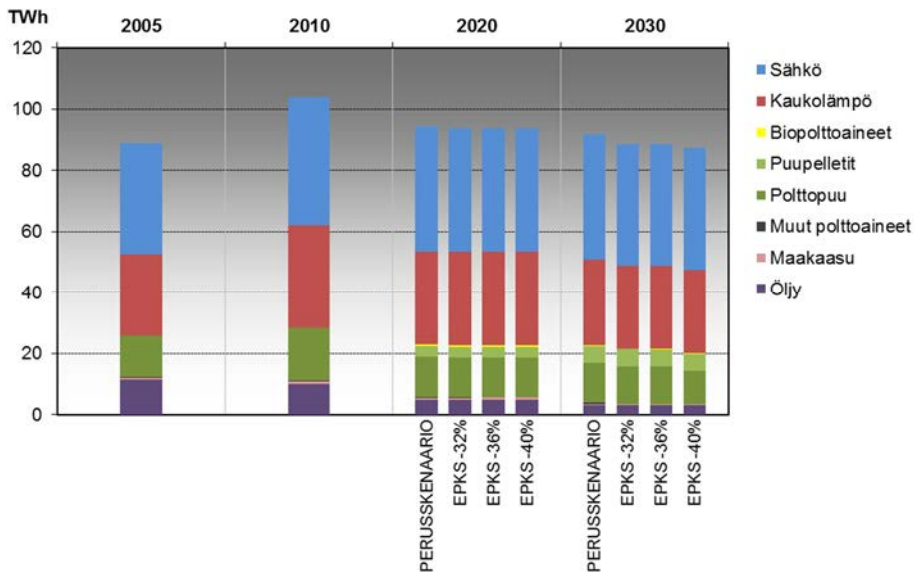
3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään



Kuva 9. Sähkönkulutuksen kehitys eri energiankäyttösektoreilla.

Lopuksi esitetään kotitalouksien ja liikenteen energiankulutukset polttoaineittain (Kuva 10 ja Kuva 11) sekä yhteenvedonomaaisesti puupolttoaineiden käytön jakaantuminen sektoreittain (Kuva 12). Kotitalouksien energiankulutuksessa nähdään merkittävä, noin 10 TWh:n lasku verrattuna vuoden 2010 tilastolliseen käyttöön vuoteen 2020 mennessä johtuen uusista rakennusten energiankäyttöön liittyvistä säädöksistä. Lisäksi vuonna 2030 rakennusten energiankäyttö tehostuu politiikkaskenaarioissa noin 3–6 TWh perusskenaarioon verrattuna. Merkittävin muutos näkyy kaukolämmön kulutuksen laskuna, eli rakennusten lämmityksessä siirrytään enenevässä määrin sähkön käyttöön lisääntyvien lämpöpumppuinvestointien myötä. Myös polttopuun käyttö hieman laskee politiikkaskenaariossa perusskenaarioon verrattuna. Huomattavaa on lisäksi öljylämmityksen merkittävä lasku vuoteen 2030 mennessä kaikissa skenaarioissa, eli TIMES-VTT-laskelmien mukaan öljylämmitys puolittuisi nykytasosta (10 TWh) vuoteen 2020 mennessä ja laskisi edelleen noin 3 TWh:iin vuoteen 2030 mennessä. Toisaalta edes tiukimmassa 40 %:n EPKS-vähennystavoitteessa laskelmien mukaan öljylämmityksestä ei luovuttaisi kokonaan.

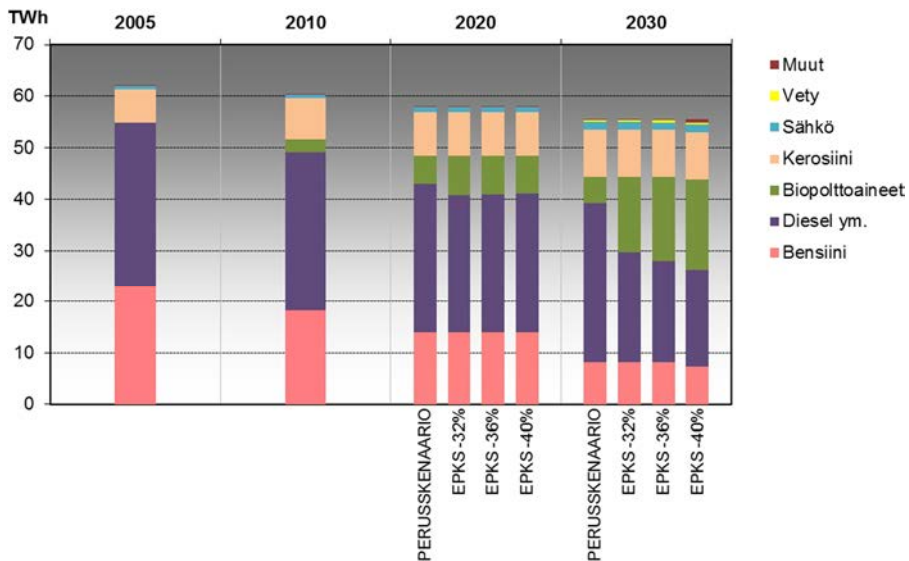
3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään



Kuva 10. Kotitalouksien ja palvelusektorin energian loppukäytön kehitys energialähteittäin.

Myös liikenteen energiankäytössä tapahtuu jatkuvaa tehostumista, kun autokanta uusiutuu ja kun oletetaan, että kuluttajat myös investoivat vähemmän energiaa kuluttaviin autoihin ja myös siirtyvät lisääntyvässä määrin käyttämään joukkoliikennettä, kävelyä ja pyöräilyä (ks. myös TEM 2013b). TIMES-VTT-laskelmien mukaan liikenteen energiankäyttö laskisi vuoteen 2020 mennessä noin 2 TWh ja vuoteen 2030 mennessä lähes 5 TWh vuoden 2010 tasoon verrattuna. EU 2030 -politiikka vaikuttaa sen sijaan liikenteen polttoaineiden käyttöön, eli biojalosteet korvaavat sekä fossiilisen bensiinin että dieselin käyttöä. Biojalosteiden osuus koko liikenteen energiankäytöstä kasvaisi politiikkaskenaarioissa 26–32 %:iin EPKS-skenaariosta riippuen. Tarkasteltaessa pelkästään maantiiliikennettä biojalosteiden osuus kasvaisi vastaavasti 35–42 %:iin. Niin kuin edellä on jo esitetty, liikenteen kehitykseen ja sen energiankäyttöön liittyy merkittävää epävarmuutta. Liikenteen uusiutuvaan energiaan paneudutaan tarkemmin syksyllä 2014 ilmestyvässä raportissa jota VTT ja VATT työstävät työ- ja elinkeinoministeriölle.

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään

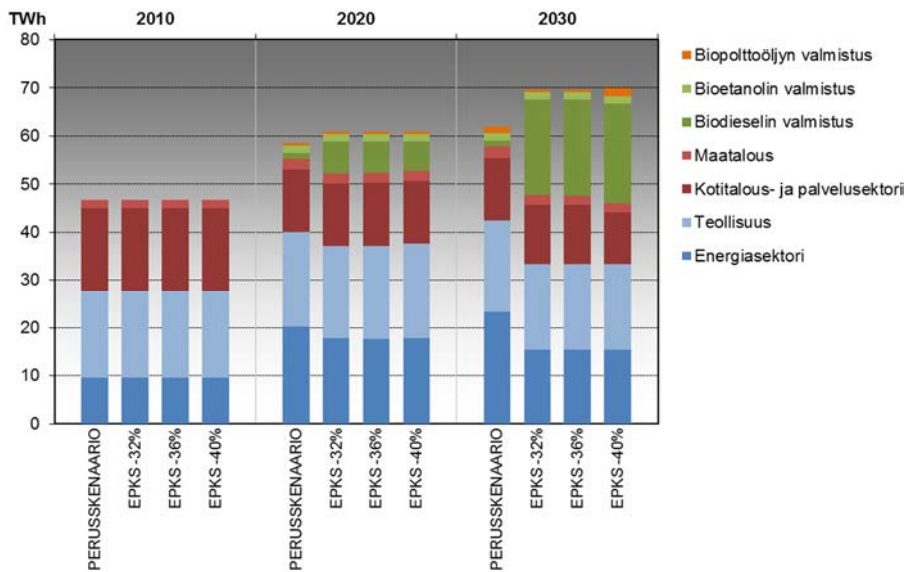


Kuva 11. Liikenteen energiankulutuksen kehitys polttoaineittain.

Puuperäisen biomassan kulutuksen kehitys (Kuva 12) antaa hyvän kuvan ehdotetun EU 2030 -politiikan haasteista ja toisaalta myös mahdollisuuksista Suomelle. Tarkasteltaessa politiikkaskenaarioita nähdään, että puuperäisen biomassan käyttö kasvaa vuonna 2030 kaikissa skenaarioissa lähes yhtä paljon eli noin 23 TWh verrattuna vuoden 2010 käyttöön. Käytännössä tämä tarkoittaisi noin 10 Mm³:n lisähakkuita, joka on laskelmissa oletettu ylärajaksi, jotta varmistetaan puubiomassan kestävä käyttö myös metsäteollisuuden tuotteisiin. Kuvan tuloksista myös nähdään, että puun käyttö energiantuotannossa pienenee, kun puubiomassan lisääntyvä käyttö muilla sektoreilla heikentää sen kilpailukykyä energiantuotannossa.

Metsätähteiden korjuu- ja logistiikkateknologiat kehittyvät ja saattavat nostaa kilpailukykyisen metsähakkeen tarjontaa. Toisaalta EU-tasoisien biomassan kestävyysohjeistuksen ja lainsäädännön kehittyminen lähivuosina voi muuttaa metsätähteiden käytön asemaa.

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energijärjestelmään



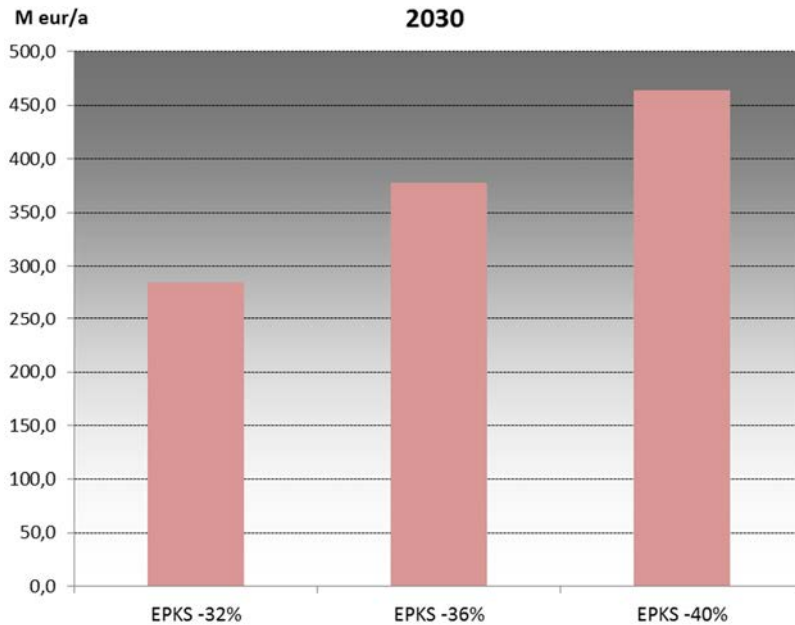
Kuva 12. Puuperäisen biomassan (ei sisällä mustalipeää) kulutuksen kehitys käyttökohteittain (energiasektori ei sisällä teollisuuden sähkön ja lämmön tuotantoa ja teollisuus ei sisällä metsäteollisuuden tuotteita).

3.2.1 Suorat kustannukset ja vaikutukset energiahintoihin.

EU 2030 -politiikan ja -päästörajoitusten vaikutuksia energijärjestelmän suoriin kustannuksiin on tarkasteltu vertaamalla politiikkaskenaarioita perusskenaarioon, joka siis sisältää nykyiset politiikat vuoteen 2020 asti (Kuva 13). Lisäksi on esitetty päästöjen vähentämisen raja- eli marginaalikustannukset (Kuva 14), sekä sähkön ja kaukolämmön hintakehitys (Kuva 15).

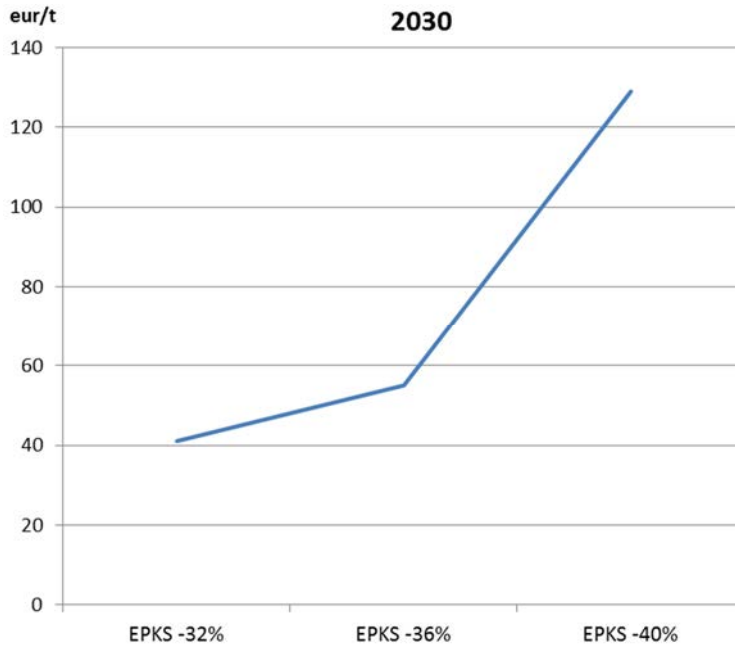
Energijärjestelmiin kohdistuvat kustannukset sisältävät kaikki investoinneista aiheutuvat vuosikustannukset mukaan lukien energian tuotantoon, infrastruktuuriin ja käyttöön liittyvät laitteet ja prosessit, muuttuvat kustannukset sekä muut KHK-päästöjen vähentämiseen liittyvät investoinnit ja käyttökustannukset tarkasteluvuonna. Alla esitetyissä kustannuksissa ei ole huomioitu tukia eikä veroja, vaan ne huomioidaan kansantalouden vaikutusarvioissa. Suorat vuosittaiset lisäkustannukset ovat TIMES-VTT-laskelmien mukaan 290–460 miljoonaa euroa vuonna 2030 politiikkaskenaariosta riippuen. Kustannukset kohdistuvat pääosin ei-päästökauppasektorille. Paremmen kuvan politiikkaskenaarioiden kustannuksista antavat kuitenkin päästöjen vähentämisen marginaalikustannukset. Alhaisimmillaan marginaalikustannukset ovat alle oletetun päästöoikeuden hinnan, eli 41 €/t CO₂ EPKS-tavoitteella –32 %. Tiukemmilla EPKS-tavoitteilla päästöjen vähentämisen marginaalikustannukset kasvavat nopeasti, eli vastaavat marginaalikustannukset 36 %:n ja 40 %:n EPKS-vähennystavoitteilla ovat 55 €/t CO₂ ja 129 €/t CO₂. Tulos osoittaa, että EPKS-tavoitteen asetannalla on merkittävä vaikutus kustannuksiin,

koska viimeisten vähennettyjen päästötonnien kustannukset kasvavat merkittävästi. Tämä havainto on analyysin yksi tärkeimmistä tuloksista: mikäli Suomen EPKS-tavoite asetetaan lähelle 40 %:a, päästövähennysten kustannukset voivat nousta jopa tasolle 130 €/t CO₂, mutta verrattuna 36 %:n EPKS-skenaarioon päästöjen lisävähennys on ainoastaan 1,3 M t CO₂-ekv.



Kuva 13. Päästörajoitusten vaikutukset suoriin lisäkustannuksiin verrattuna perusskenaarioon vuonna 2030.

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään



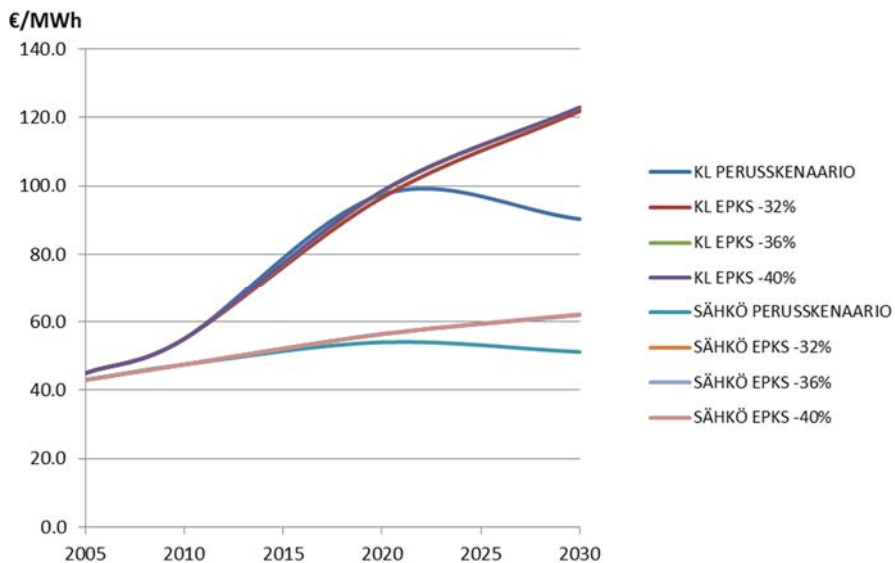
Kuva 14. Päästörajoitusten rajakustannukset (eur/t CO₂ ekv.) vuonna 2030.

Tarkasteltaessa EU 2030 -politiikan vaikutuksia sähkön ja kaukolämmön hintoihin nähdään, että politiikkaskenaarioissa sähkön pitkän aikavälin hinta nousee politiikan vaikutuksesta noin 10 €/MWh päätyen noin 60 €/MWh hintatasoon vuonna 2030. Tässä tulee huomioida, että sähkön tukkuhinta määräytyy sähkön lyhyen aikavälin marginaalikustannusten perusteella, joten esitetyt sähkön hinnat ovat karkeasti arvioituna 5–10 €/MWh korkeammat kuin tukkusähkön hinta. Toisaalta esitetty tasapainohinta on ns. minimihinta, koska laskentamallilla oletetaan olevan täydellinen tieto tulevaisuudesta ja lisäksi kaikki investoinnit tapahtuvat mallin mukaan optimaalisesti eli kaikki toimijat tekevät ainoastaan ”järjestyviä päätöksiä”, mikä ei luonnollisesti vastaa todellisuutta.

Kaukolämmön hinnan kehityksessä sen sijaan näkyy hyvin merkittävä nousu toisaalta jo ennen vuotta 2020, ja lisäksi EU 2030 -politiikka näyttäisi edelleen nostavan kaukolämmön hintaa verrattuna perusskenaarioon. Kaukolämmön hinnannousun taustalla on toisaalta kaukolämmön kysynnän lasku, kun rakennusten energiatehokkuus kasvaa, ja toisaalta CHP-tuotannon kilpailukyyn lasku, kun investoidaan uuteen ydinvoimaan, tuulivoimaan, lämpöpumppuihin ja muihin uusiutuviin energialähteisiin. Vanhojen CHP-laitosten ja lämpökattiloiden poistuma aiheuttaa lämpömarkkinoilla tilanteen, jossa markkinoilla on kapasiteettivajaus ennen vuotta 2020. Perusskenaariossa CHP:n kilpailukyky paranee vuoden 2020 jälkeen ja mallin mukaan investoidaan uuteen CHP-kapasiteettiin. Poliittikkaskenaariossa tilanne ei sen sijaan muutu, vaan rakennusten lämmityksessä investoi-

3. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään

daan entistä enemmän lämpöpumppeihin ja rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen. Tässä tulee kuitenkin huomata, että CHP- ja kaukolämpötuotannon kilpailukykyä tulisi tarkastella laajemmin erillisessä selvityksessä, jossa huomioitaisiin paremmin uusien teknologioiden ja -järjestelmien vaikutukset (esim. matalakaukolämpöjärjestelmät, uudet hybridijärjestelmät, kuten aurinko- ja maalämpöjärjestelmät, sekä tarkemmat alueelliset tarkastelut).



Kuva 15. Kaukolämmön ja sähkön hintojen (pitkän aikavälin marginaalikustannusten) kehitys eri skenaarioissa.

4. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset kansantalouteen

4.1 Makrotaloudelliset vaikutukset

Kansantaloudellisia vaikutuksia on arvioitu kokonaistaloudellisen VATTAGE-mallin avulla. Arviossa verrataan vaikutuksia perusskenaarioon, jolla oletetaan toteutettavan ainoastaan jo päätetyt ilmasto- ja energiapoliittiset tavoitteet vuoteen 2020 mennessä. Talouskehityksen osalta arvio hyödyntää VATT:n talous- ja toimialakehityksen pitkän aikavälin ennakointihankkeen tuloksia, jotka tässä tutkimuksessa on ulotettu vuoteen 2040 saakka. Arvion makrotaloutta koskevat oletukset perustuvat vuoteen 2016 saakka valtiovarainministeriön kansantalousosaston keskipitkän aikavälin ennusteeseen. Ennusteessa kansantalouden toipumisen vuoden 2009 finanssikriisin aiheuttamasta viennin sukelluksesta ennustetaan kestäväen useita vuosia. Perusskenaariossa oletetaan työn tarjonnan kehittyvän Tilastokeskuksen ennusteen mukaisesti, jolloin 2010-luvun jälkipuolella työn tarjonta alkaisi kuitenkin supistua, jolloin talouskasvu riippuu ennen kaikkea tuottavuuskehityksestä. Energia- ja ilmastopoliittikka ei välttämättä vaikuta tuottavuuskehitykseen yksittäisillä toimialoilla, mutta se saattaa vaikuttaa kokonaistuottavuuden kasvuun muuttamalla toimialarakenteen kehitystä. Perusskenaariossa toimialarakenne muuttuu työvoimavaltaisemmaksi, mikä korostaa sellaisten toimialojen vaikutusta kokonaistuottavuudesta, joiden tuottavuuskehitys on historiallisesti ollut pääomavaltaisempia, teollisia toimialoja hitaampaa. Osittain tämä kehitys on peräisin vientirakenteen ennakoidusta muutoksesta, joka pienentää ennen kaikkea elektroniikkateollisuuden viime vuosiin saakka suurta osuutta kokonaistuottavuuden kasvusta (Honkatukia et al. 2014).

Laskennan perusskenaariossa oletetaan, että 2020-luvulla ei aseteta uusia tavoitteita päästöjen rajoittamiselle tai uusiutuvalle energialle jo päätettyjen toimenpiteiden lisäksi. EU:n tavoitteet vuosille 2020-2030 vaativat siis lisätoimenpiteitä. Näistä keskeinen on päästökauppasektoria koko EU:n tasolla koskeva vähennystavoite, joka vaikuttaa Suomen talouteen päästöoikeuksien kohoavan hintatason kautta. Päästöoikeuksien hinnan oletetaan kohoavan 50 €/t CO₂:iin vuoteen 2030 mennessä (vrt. luku 2.2). Arviossa oletetaan, että päästöoikeuksien ilmaisjako säilyisi voimassa vielä 2020-luvullakin EU:n toteuttaessa ilmastopoliittikkaa yksin tai ainakin muuta maailmaa kunnianhimoisemmalla aikataululla, joka pitäisi hinta-

kilpailukyvyyn agendalla 2020-luvullakin. Muut toimenpiteet koskevat päästökaupasektoria vain sikäli kuin energiaverotusta joudutaan käyttämään.

Päästökaupan ulkopuolisten sektorien – jatkossa EPKS-sektorin – osalta on selvää, että ehdotetut 32, 36 tai 40 %:n EPKS-vähennystavoitteet edellyttävät mittavia lisätoimenpiteitä. Kansantaloudellisessa arvioinnissa on otettu huomioon energijärjestelmätarkastelun tulokset niin lisäinvestointien kuin energiantuotuksenkin osalta. Keskeiset VTT:n tuloksiin perustuvat oletukset koskevat investointeja ja niiden aiheuttamia muutoksia energiankäytössä ja -tuotannossa, biopolttoainesten käyttöä liikenteessä ja niiden kotimaiseen tuotantoon tehtäviä investointeja, autokannan uudistamisen lisäkustannuksia ja liikenteen energiankäytön kehitystä sekä biopolttoainesten hintakehitystä ja vaikutuksia polttoaineverokertymään, kun taas mahdollisesti tarvittavat liikennepolttoainesten verotuksen muutokset on arvioitu VATTAGE-mallilla. Biojalostamojen tarvitsema investointituki on tuotu VATTAGE-arvioihin VTT:n laskelmien perusteella. Kansantalouseläskelmissä oletetaan kuitenkin, että valtiontalous tasapainotetaan muuta verotusta sopeuttamalla siten, että vuoden 2030 valtiontalous ei asetu perusskenaariota ali- eikä ylijäämäisemmäksi.

Kaikissa politiikkaskenaarioissa otetaan huomioon se, että vain EU-maita koskeva päästötavoite nostaisi eurooppalaista hintatasoa muuhun maailmaan verrattuna. Vaikutus on aiemmassa tutkimuksessa arvioitu verrattain pieneksi, mutta kuitenkin havaittavaksi noin 0,2 %:ksi vuositasolla 2020-luvulla (Capros et al. 2012). Tämä heikentää viennin hintakilpailukykyä EU:n ulkopuoliseen maailmaan nähden. Suomen näkökulmasta EU:n hintatason kohoaminen kompensoi kohoavien tuotantokustannusten vaikutusta hintakilpailukykyyn EU:n sisämarkkinoilla mutta laskee toisaalta kuluttajien ostovoimaa EU:sta peräisin olevien tuontitavaroitten hintojen kohotessa, mikä pienentää tuontia. Arviossa oletetaan kuitenkin, että biojalostamot lisääisivät jalostamokapasiteettia, mikä luo potentiaalia öljyjalosteiden viennin kasvuille.

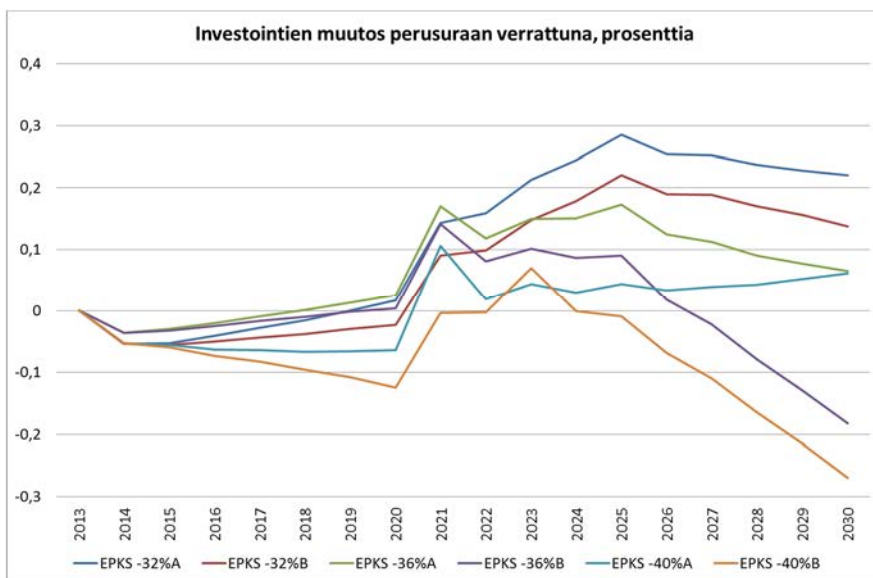
Muista keskeisistä vaikutuskanavista mainittakoon oletus työmarkkinoiden sopeutumisesta elinkustannusten nousuun ja työn kysynnän muutoksiin viiveellä, mikä johtaa työllisyyden muutoksiin perusskenaarioon verrattuna. Työmarkkinoista tehdyt oletukset heijastavat kahta erilaista näkemystä palkanmuodostuksesta. Sopeutumismekanismin vaikutusta on arvioitu kahden eri skenaarion avulla, joista ensimmäisessä reaali-palkkojen sopeutuminen – käytännössä lasku – on toista nopeampaa (skenaarit A ja B). B-skenaario myös sallii tasapainotyöttömyyden muuttumisen ajan mittaan.

4.2 Kansantuote

Vuoden 2030 tavoitevaihtoehdot vaikuttavat kansantuotteeseen usean eri kanavan kautta. Kaikissa skenaarioissa investoinnit energiantuotantoon kasvavat selvästi. Uusiutuvan energian lisääminen liikenteessä kasvattaa suoraan biopolttoainesten jalostuksen investointeja. Lisäksi energiantuotantoon kohdistuu lisäinvestointeja. Kun nämä investoinnit työllistävät rakennussektoria, nousee investointi-

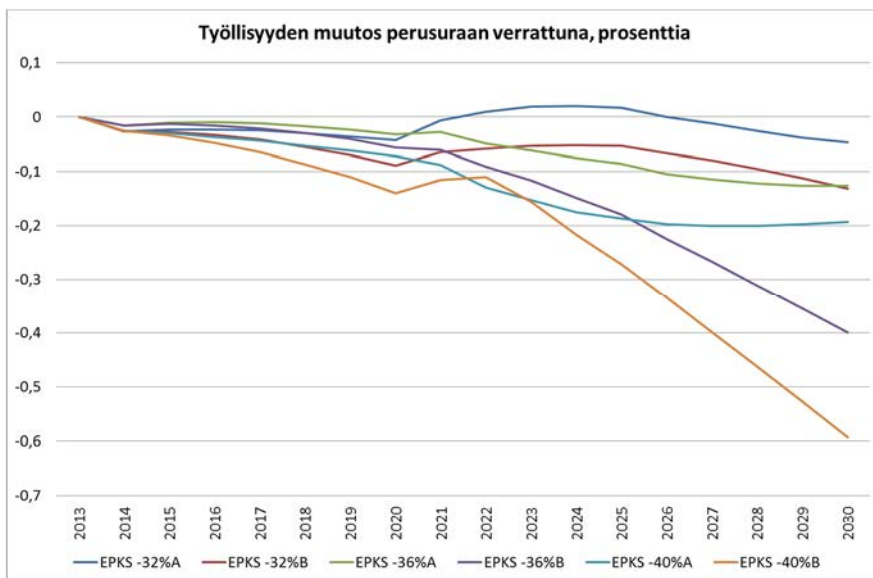
4. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset kansantalouteen

hyödykkeiden hintataso perusskenaarioon nähden. Rakentamisen toimialan investoinnit kasvavat nekin selvästi perusskenaarioon nähden. Muilla toimialoilla investoinnit sen sijaan heikkenevät, mikä johtuu osittain hintakilpailukyvyyn heikkenemisestä EU:n ulkopuoliseen maailmaan nähden. Tämä heikentää vientisektorin kannattavuutta ja nostaa investointihyödykkeiden hintoja, osittain muiden sektorien investointeja laskee investointikustannusten nousu. Kuvaan 16 on koottu kokonaisinvestointien kehitys tarkastelluissa skenaarioissa. Kokonaisinvestoinnit jäävät perusskenaariota korkeammiksi kaikissa muissa skenaarioissa paitsi 36 %:n ja 40 %:n EPKS-päästövähennysskenaarioissa silloin, kun työmarkkinoiden sopeutuminen on hidasta.



Kuva 16. Investointien prosentuaalinen muutos perusskenaarioon verrattuna.

Esitettyyn työllisyyden tavoitteiden vaikutus on kuitenkin negatiivinen (Kuva 17). Tämä johtuu siitä, että kaikissa skenaarioissa energiakustannusten nousu pyrkii leikkaamaan ostovoimaa ja reaali-palkkoja, mihin kuluu tarkastelluissa työmarkkinavaihtoehdoissa aikaa. Vaikutus on suurempi tiukempien tavoitteiden yhteydessä ja siksi työllisyys laskee enemmän 36 ja 40 %:n tavoiteskenaarioissa, kuten kuvasta ilmenee.

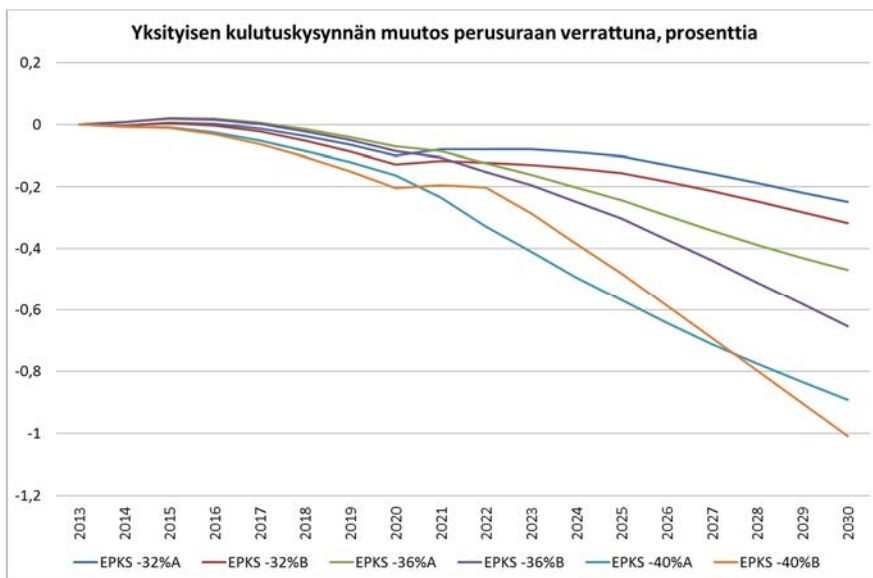


Kuva 17. Työllisyyden prosentuaalinen muutos perusskenaarioon verrattuna.

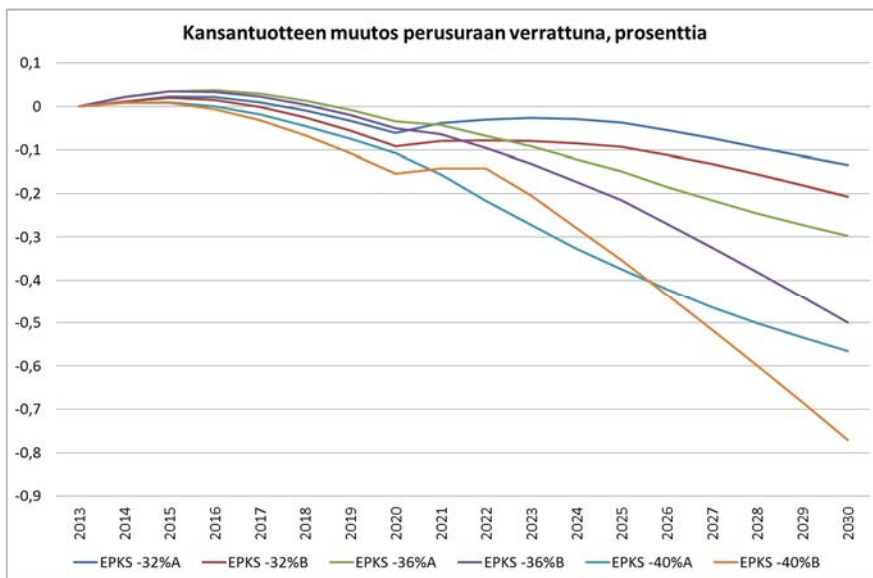
Kotitalouksien kulutus laskee selvästi (Kuva 18). Vaikutus jää 0,3 %:in vuoden 2030 kulutuksesta tai sen alle 32 %:n EPKS-vähennystavoitteella, mutta 36 %:n EPKS-vähennystavoitteella se on jo 0,5 % tai hieman yli ja 40 %:n EPKS-vähennystavoitteella 0,9–1,0 %. Kulutuksen laskussa on toisaalta kyse tuontihintojen noususta, jonka oletetaan olevan sama kaikissa skenaarioissa, ja kotimaisten energiakustannusten noususta, jonka merkitys kasvaa päästörajoitteen tiukentuessa. Vaikutusta lieventää olennaisesti se, että kotitalouksien saamat tulonsiirrot ovat ainakin osittain indeksoituja; toisaalta valtion kasvaneita menoja joudutaan skenaarioissa rahoittamaan hyödykeveroja kiristämällä.

Tarkasteltaessa kansantuotteen muutoksia eri skenaarioissa (Kuva 19) nähdään selvästi, että päästöjen vähentämistavoitteen nostaminen kasvattaa kustannuksia myös kansantalouden tasolla. Kun 32 %:n vähennystavoitteiden vaikutukset jäävät noin 0,2 %:iin vuoden 2030 kansantuotteesta, on vaikutus 36 %:n vähennystavoitteella keskimäärin noin -0,4 % ja 40 %:n vähennystavoitteella -0,7 %.

4. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset kansantalouteen

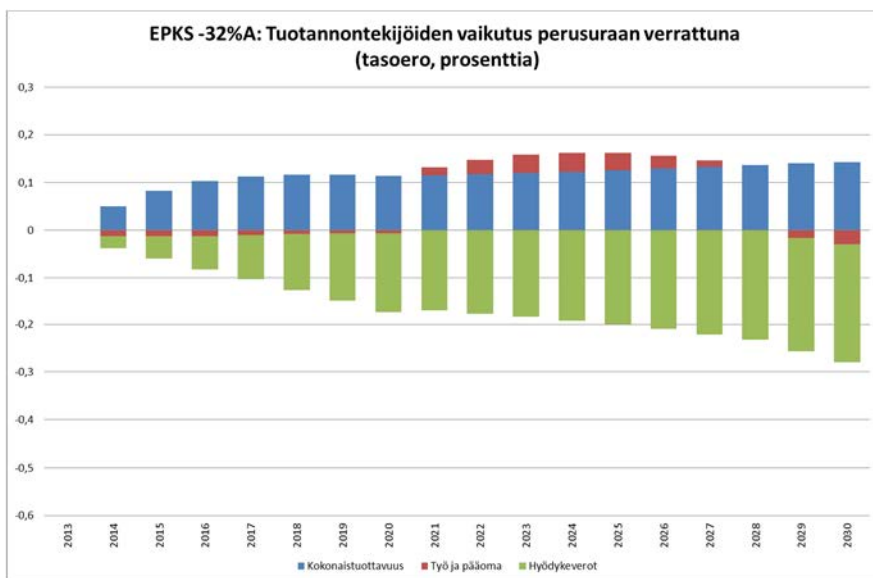


Kuva 18. Yksityisen kulutuskysynnän prosentuaalinen muutos perusskenaarioon verrattuna.



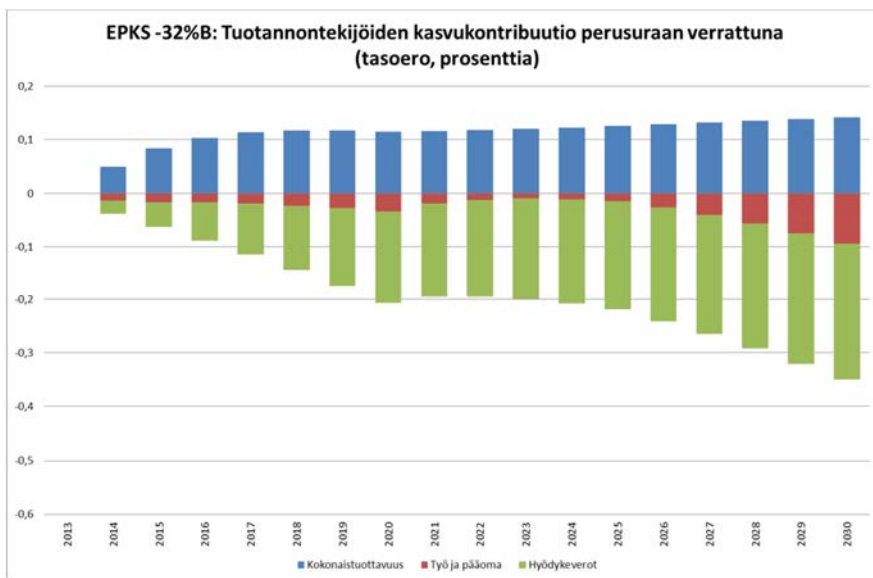
Kuva 19. Kansantuotteen (BKT) prosentuaalinen muutos perusskenaarioon verrattuna.

Syy kansantuotteen laskuun on ennen kaikkea työvoiman vähenemisessä ja energiantuotantoa, jalostamosektoria ja rakentamista lukuun ottamatta lähes kaikkien muiden toimialojen investointien laskussa. Tämä näkyy selvästi koko kansantuotteen tasollakin tuotannontekijöiden vaikutusten hajotelmassa, joka on esitetty 32 %:n vähennystavoitteen A- ja B-skenaarioille seuraavissa kuvissa (Kuva 20 ja Kuva 21). Kuvista näkyy, kuinka työ- ja pääomapanosten vaikutus kansantuotteeseen on vuoteen 2030 mennessä negatiivinen työmarkkinoiden sopeutumisesta riippumatta. Se, että vaikutusten suuruus riippuu nimenomaan työmarkkinoista, käy selvästi esille kuvista, joissa on vertailtu tuotannontekijöiden vaikutusta eri skenaarioissa vuoteen 2030 mennessä (Kuva 22 ja Kuva 23). Kokonaistuottavuuden vaikutus ei riipu työmarkkinoista tehdyistä oletuksista, koska energiainvestoinnit ovat samat työmarkkinoista riippumatta, kuten ei juuri hyödykeveroistakaan. Sen sijaan työ- ja pääomapanosten yhteisvaikutus on selvästi suurempi B-skenaarioissa, joissa työmarkkinoiden sopeutuminen oletetaan hitaammaksi kuin A-skenaariossa. Toisaalta kokonaistuottavuuden vaikutus on positiivinen, mikä liittyy ennen kaikkea energiainvestointien vaikutukseen kasvaneena energiatehokkuutena. Hyödykeverojen vaikutus jää selvästi negatiiviseksi, mikä viittaa siihen, että kysynnän rakenteessa on tapahtunut muutoksia.

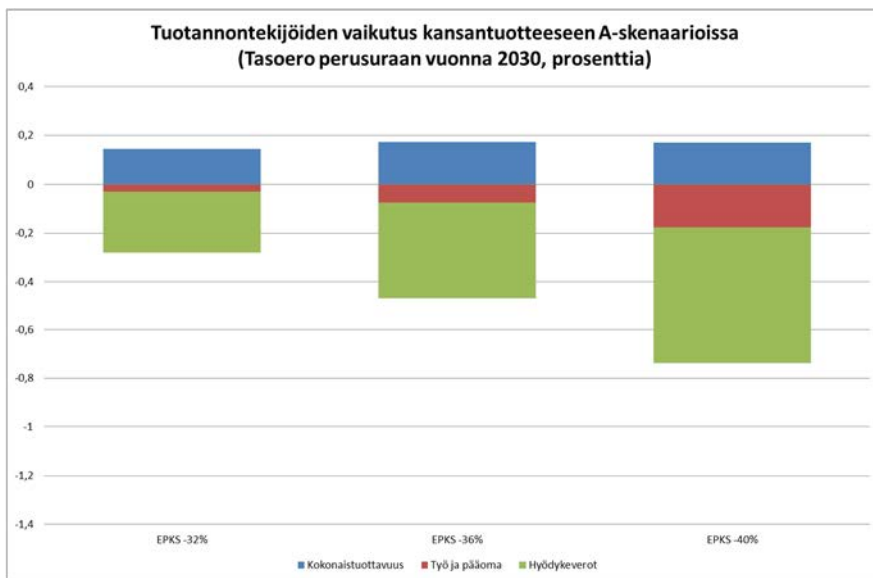


Kuva 20. Tuotannontekijöiden prosentuaalinen vaikutus perusskenaarioon verrattuna (tasoero) skenaariotapauksessa EPKS –32 % A.

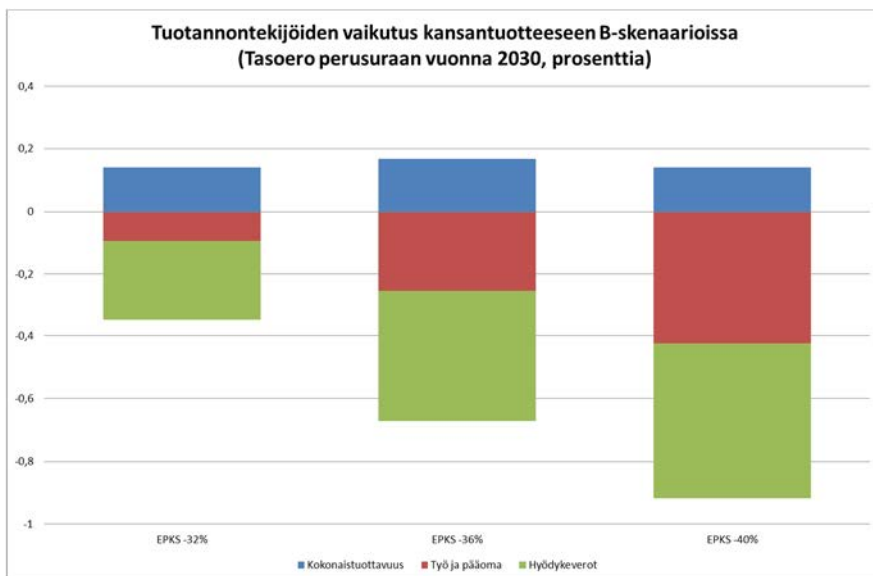
4. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset kansantalouteen



Kuva 21. Tuotannontekijöiden prosentuaalinen vaikutus perusskenaarioon verrattuna (tasoero) skenaariotapauksessa EPKS -32 % B.



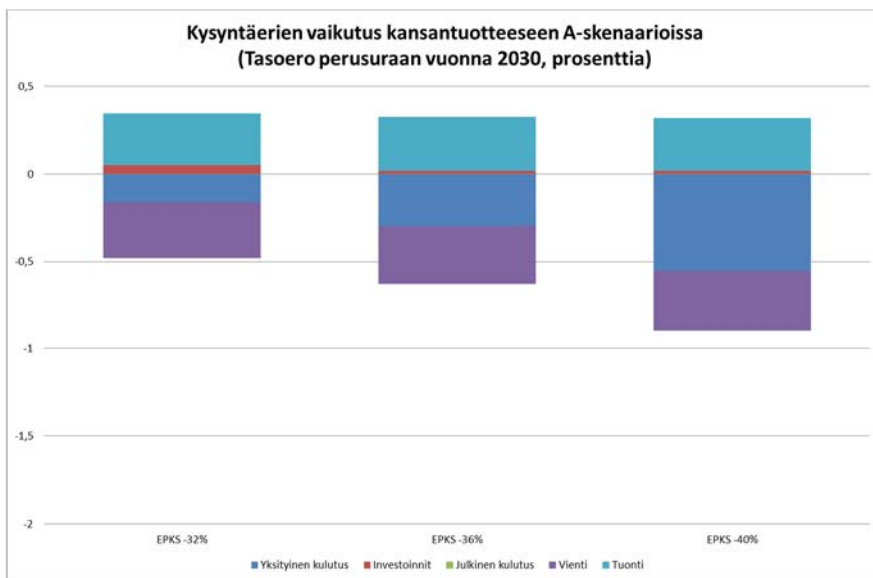
Kuva 22. Tuotannontekijöiden prosentuaalinen vaikutus perusskenaarioon verrattuna (tasoero, joka perustuu perusskenaarioon vuonna 2030). Skenaariotapaus EPKS -36 % A.



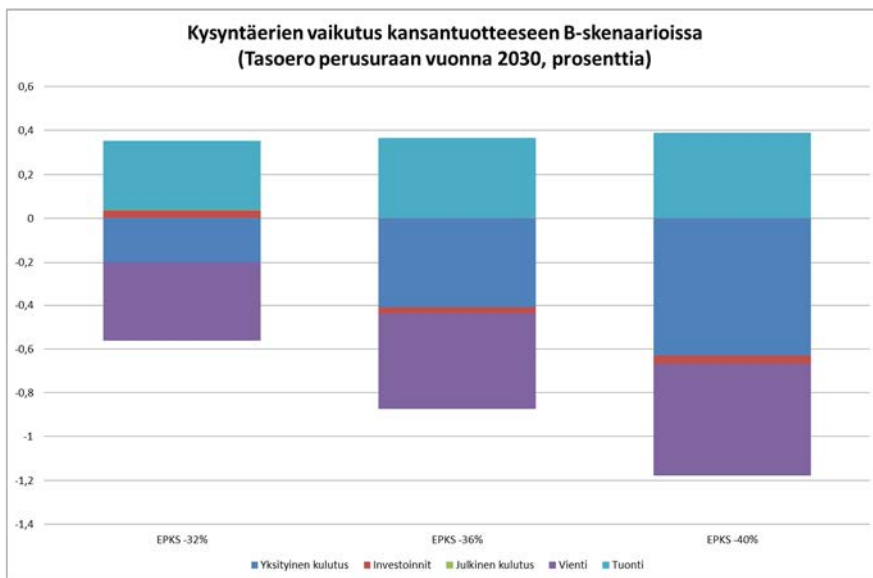
Kuva 23. Tuotannontekijöiden prosentuaalinen vaikutus perusskenaarioon verrattuna (tasoero, joka perustuu perusskenaarioon vuonna 2030). Skenaariotapaus EPKS -36 % B.

Kysynnän rakenteen muutos selviää seuraavista kuvista (Kuva 24 ja Kuva 25), joissa on kuvattu kysyntäerien vaikutusta vuoden 2030 perusskenaarion kansantuotteesta tapahtuneeseen muutokseen. Keskeinen ero skenaarioiden välillä syntyy kotimaisen kysynnän pienemmästä laskusta 32 %:n vähennystavoitteen skenaariossa kahteen muuhun verrattuna. Näissä skenaarioissa investointien vaikutus on positiivinen vielä vuonna 2030, minkä lisäksi kotimaisen kulutuskysynnän lasku jää muita skenaarioita pienemmäksi. Siksi tuotannosta suuntautuu muita skenaarioita suurempi osa kotimarkkinoiden kysynnän tyydyttämiseen, jolloin ulkoinen tasapaino heikkenee lähes yhtä paljon kuin 40 %:n vähennystavoitteen skenaariossa. Suuremmilla vähennystavoitteilla sen sijaan sekä kulutuskysyntä että investoinnit laskevat perusskenaarioon verrattuna. Kulutuskysynnän lasku on myös selvästi 32 %:n EPKS-tavoitteen skenaariota suurempi, mikä johtuu energiakustannusten suuremmasta kasvusta. Niinpä kulutuskysyntä selittääkin näissä skenaarioissa valtaosan kansantuotteen laskusta.

4. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset kansantalouteen



Kuva 24. Kysyntäerien vaikutus kansantuotteeseen A-skenaariossa. Tulokset on esitetty tasoerona (%) perusskenaarioon verrattuna.



Kuva 25. Kysyntäerien vaikutus kansantuotteeseen B-skenaariossa. Tulokset on esitetty tasoerona (%) perusskenaarioon verrattuna.

Viennin ja tuonnin osalta skenaarioiden erot eivät ole yhtä selviä kuin muiden kysyntäerien. Kuva 24 ja Kuva 25 on kuvattu myös tuonnin ja viennin vaikutukset. Tuonnin positiivinen vaikutus johtuu siitä, että tuonti laskee kaikissa skenaarioissa tuontihintojen nousun vuoksi lähes saman verran. Viennin lasku sen sijaan vaihtelee. Viennin laskun takana on pääosin kotimaisen kustannustason nousu. Tätä kuitenkin kompensoi öljyjalosteiden viennin kasvu, joka on voimakkainta 36 ja 40 %:n vähennysskenaarioissa, joissa kotimainen jalostuskapasiteetti kasvaa 32 %:n skenaarioita enemmän. Tästä syystä viennin lasku on 32 %:n vähennysskenaariossa suhteellisesti merkittävämpää kuin muissa skenaarioissa.

Kauppataase heikkenee kaikissa skenaarioissa, vaikka sitä kaikissa skenaarioissa kohentaakin tuonnin lasku EU-maista. Tuonti EU:n ulkopuolelta sen sijaan kasvaa. EU-markkinoiden hinnannousu oletetaan kaikissa skenaarioissa samaksi 0,5 %:ksi vuodessa perusskenaarioon verrattuna, jolloin skenaarioiden väliset erot syntyvät ennen kaikkea kotimaisten politiikkatoimien ja lisäinvestointien kautta. Kauppataase heikkenee kaikissa skenaarioissa muutamalla sadalla miljoonalla eurolla. Kaikilla päästörajotustasoilla heikkeneminen on selvempää silloin, kun reaalipalkkojen sopeutuminen on hitaampaa.

5. Johtopäätökset

Tässä julkaisussa on esitetty arvioita EU:n ehdottaman 2030 –ilmasto- ja energia-poliittisen toimenpidepaketin vaikutuksista Suomen kasvihuonekaasupäästöihin, energiajärjestelmään ja kansantalouteen työ- ja elinkeinoministeriön sekä ympäristöministeriön toimeksiannosta VTT:n ja VATT:n toteuttamana. Hankkeen toteutuksen aikana EU:n vuoden 2030 toimenpidepaketin yksityiskohdista, mukaan lukien taakanjako jäsenvaltioiden kesken, ei ollut vielä päätetty. Jatkossa tarvitaankin lisäselvityksiä, jotta voidaan paremmin arvioida politiikan tuomia haasteita ja mahdollisuuksia Suomelle.

Euroopan komissio ehdottaa vuoden 2030 ilmasto- ja energiapoliittisia tavoitteita koskevassa toimenpidepaketissaan, että EU:n omille kasvihuonekaasupäästöille asetetaan uudeksi vähennystavoitteeksi 40 % vuonna 2030 vuoden 1990 tasosta. Tavoitteen taustalla on EU:n vuotta 2050 koskeva etenemissuunnitelma kohti vähähiillistä taloutta. Komissio ehdottaa EU-tason tavoitteen jaettavaksi EU:n päästökauppajärjestelmän ja päästökaupan ulkopuolisten alojen välillä siten, että päästökauppasektorin (PKS) tavoitteeksi tulisi 43 %:n vähennys ja päästökaupan ulkopuolisen sektorin tavoitteeksi vastaavasti 30 %:n vähennys vuoden 2005 tasosta. EU 2030 -tiedonannossa komissio jättää auki, miten tämä ns. ei-päästökauppasektorin (EPKS) taakanjako tehdään jäsenvaltioiden kesken. Tämän vuoksi VTT:n ja VATT:n toteuttamassa vaikutusarviossa on otettu lähtökohdaksi EU 2020 -toimenpidepaketin mukainen BKT/capita-perusteinen taakanjako, jolloin Suomen EPKS-päästövähennystavoitteeksi vuonna 2030 tulisi 36–40 %. Lisäksi yhdeksi laskentatapaukseksi on otettu EU:n vaikutusarvioraportin (EC 2014b) mukainen ”optimaalinen” taakanjako jäsenmaiden kesken ilman suhteellisen tulo-tason mukaisia taakanjako-oletuksia.

VTT:n ja VATT:n laskelmien perusteella voidaan vetää seuraavat johtopäätökset:

- Mikäli Suomelle asetettu ei-päästökauppasektorin tavoite päästöjen vähentämiseksi asetetaan yli 36 %:iin, on todennäköistä, että päästöjen vähentämisen kustannukset kasvavat merkittävästi verrattuna alle 36 %:n tavoitteeseen.
- Päästöjen vähentämisen rajakustannukset oletetuilla ei-päästökauppasektorin tavoitteilla olivat 40–130 €/t CO₂ aiheuttaen noin 300–460 miljoonan euron lisäkustannukset energiajärjestelmään vuonna 2030.

- Kansantalouden vaikutusten kannalta keskeinen laskentaoletus on se, että EU:n ilmastopoliittika vuoteen 2030 on muita maita kunnianhimoisempi, joka heijastuu kustannusten nousuna myös Suomen talouteen. Kansantalouden vaikutusarvioiden perusteella EU:n päästövähennystavoitteet vuodelle 2030 laskevat kansantuotetta 0,2–0,7 % ja kulutuskysyntää 0,3–1,0 % perusskenaarioon verrattuna vuoteen 2030 mennessä ei-päästökauppasektorin tavoitteesta riippuen. Kulutuksen laskussa on toisaalta kyse tuontihintojen noususta, jonka oletetaan olevan sama kaikissa skenaarioissa, ja kotimaisten energiakustannusten noususta, jonka merkitys kasvaa päästörajoitteen tiukentuessa. Laskelmissa ei toisaalta oteta huomioon EU:n 2030-toimenpidepaketin mahdollisia myönteisiä vaikutuksia esimerkiksi puhtaan teknologian liiketoimintaan tai terveyteen.
- Kauppatase heikkenee kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa muutamalla sadalla miljoonalla eurolla, vaikka sitä kaikissa skenaarioissa kohentaakin tuonnin lasku EU-maista. Kaikissa skenaarioissa kauppatasetta parantaa öljyjalosteiden viennin kasvu, mutta toisaalta lähes kaikkien muiden toimialojen vienti laskee perusskenaarioon nähden.. Tuonti EU:n ulkopuolelta sen sijaan kasvaa.
- Ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasupäästötavoitteen saavuttaminen edellyttää kaikkien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä kaikilla ei-päästökauppasektoreilla (l. liikenne ja työkoneet, maatalous, rakennukset, jätehuolto, päästökaupan ulkopuolinen teollisuus ja energiantuotanto), mutta liikennesektorilla KHK-päästövähennys olisi merkittävin.
- Esitettyjen laskelmien perusteella toisen sukupolven biopolttoaineet olisivat Suomelle kustannustehokkain tapa vähentää liikenteen KHK-päästöjä, jolloin biojalosteiden osuus maantiiliikenteessä kasvaisi jopa lähelle 40 %:a vuoteen 2030 mennessä. Toisen sukupolven uusiutuvaa dieselpolttoainetta voidaan hyödyntää joustavasti jopa 100 %:n pitoisuuteen asti nykyisessä autokannassa ja lisäksi muutostarpeita jakelujärjestelmään ei tarvita. Näin ollen suorat lisäkustannukset kohdistuisivat lähinnä biojalostamoinvestointeihin, jotka hyödyntäisivät suurimmaksi osaksi kotimaista puuta raaka-aineenaan.
- Biopolttoaineiden tuotantoon ja biojalosteiden kestävyyskriteereiden tulevaisuuden määrittelyihin liittyy epävarmuuksia, jotka on syytä ottaa huomioon jatkovalmisteluissa. Biojalosteiden rinnalla liikenteessä yleistyvät myös sähköautot ja kaasuaivot, joiden osalta laskelmia tarkennetaan liikennesektorin vuoteen 2030 ulottuvassa selvityksessä, joka valmistuu syksyllä 2014.

Kirjallisuusviitteet

- Airaksinen, M. & Vainio, T. 2012. Rakennuskannan korjaamisen ja kunnossapidon energiatehokkuustoimenpiteiden vaikuttavuuden arviointi energiansäästön, CO₂-ekv-päästöjen, kustannuksien ja kannattavuuden näkökulmista. Asiakasraportti VTT-CR-00426-12. VTT, Espoo.
- Capros, P., Parousos, L. & Karkatsoulis, P. 2012. Macroeconomic costs and benefits for the EU as a first mover in climate change mitigation: a computable general equilibrium analysis. E3MLab of National Technical University of Athens.
- EC 2008. Euroopan komissio. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Kaksi kertaa 20 vuonna 2020. Ilmastonmuutostoimet – mahdollisuus Euroopalle. Bryssel 23.1.2008. KOM(2008) 30 lopullinen. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52008DC0030>.
- EC 2011a. European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. Bryssel 8.3.2011. COM(2011) 112 final. http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/documentation_en.htm.
- EC 2011b. Euroopan komissio. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Energia-alan etenemissuunnitelma 2050. Bryssel 15.12.2011. KOM(2011) 885 lopullinen. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011DC0112>.
- EC 2014a. Euroopan komissio. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Ilmasto- ja energiapolitiikan puitteet vuosille 2020–2030. Bryssel 22.1.2014. MOM(2014) 15 lopullinen. http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/documentation_en.htm.
- EC 2014b. European Commission. Commission Staff Working Document. Impact Assessment. Accompanying the document Communication from Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030.

Bryssel 22.1.2014. SWD (2014) 15 final. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52014SC0015>.

- Forsström, J., Pursiheimo, E., Kekkonen, V. & Honkatukia, J. 2010. Ydinvoimahankkeiden periaatepäätökseen liittyvät energia- ja kansantaloudelliset selvitykset. VTT Working Papers 141. Espoo. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/or-kingpapers/2010/W141.pdf>
- Honkatukia J., Ahokas.J. & Simola, A. 2014. Kriisien jälkeen - Suomen talouden rakenteellinen kehitys vuosina 2013–2030. VATT Tutkimukset 176. VATT, Helsinki. 82 s. http://www.vatt.fi/file/vatt_publication_pdf/t176.pdf.
- Honkatukia, J., Koljonen, T. & Lehtilä, A. 2013. 30 prosentin vähennystavoitteeseen siirtymisen energia- ja kansantaloudelliset vaikutukset. VATT Tutkimukset 170. VATT, Helsinki. 44 s. http://www.vatt.fi/file/vatt_publication_pdf/t170.pdf.
- IEA 2013. Nordic Energy Technology Perspectives 2013. International Energy Agency, Pariisi. www.iea.org/etp/nordic.
- Knopf, B., Chen, Y.-H.H., De Cian, E., Förster, H., Kanudia, A., Karkatsouli, I., Keppo, I., Koljonen, T., Schumacher, K. & van Vuuren, D. 2013. Beyond 2020 – strategies and costs for transforming the European energy system. *Climate Change Economics* 4 (1), 2013, 1340001. 38 s.
- Koljonen, T., Ruska, M., Flyktman, M., Forsström, J., Kiviluoma, J., Kirkinen, J., Lehtilä, A., & Pahkala, K. 2009. Energiaresurssit ja –markkinat. VTT Tiedotteita 2489. Espoo. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2489.pdf>
- Lehtilä, A., Syri, S. & Savolainen, I. 2008. Teknologiapolut 2050. Skenaariotarkastelu kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa. VTT Tiedotteita 2433. Espoo. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2008/T2433.pdf>.
- Lindroos, T. & Ekholm, T. 2013. EU:n ei-päästäkauppasektorin 2020-tavoitteen seuranta sekä 2030- ja 2050-tavoitteiden ennakkointi. VTT Technology 140. VTT, Espoo, 45 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T140.pdf>.
- Loulou, R. & Labriet, M. 2007. ETSAP-TIAM: the TIMES integrated assessment model. Part I: Model structure. *Computational Management Science special issue on Energy and Environment* 5 (1–2), s. 7–40.

- Loulou, R. Remme, U., Kanudia, A., Lehtilä, A. & Glodstein, G. 2005. Documentation for the TIMES Model. Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP). <http://www.etsap.org/documentation.asp>.
- PBL 2013. Verdonk, M. & Hof, A. Non-ETS emission targets for 2030. Indication of emission targets for the Netherlands and other EU Member States under the European Effort Sharing Decision. PBL Publication 1192. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Alankomaat, 20 s. <http://www.pbl.nl/en/publications/non-ets-emission-targets-for-2030>.
- Pursiheimo, E., Koljonen, T., Honkatukia, J., Lehtilä, A., Airaksinen, M., Flyktman, M., Sipilä, K., & Helynen, S. 2013. Tarkennetun perusskenaarion vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen. Energia- ja ilmastostrategian päivityksen taustaraportti. VTT Technology 86. VTT, Espoo, 41 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T86.pdf>.
- Ruska, M., Koljonen, T. & Koreneff, G. 2012. Fossiiliset polttoainevarat ja markkinat. VTT Technology 28. Espoo. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T28.pdf>.
- Teir, S. Hetland, J., Lindeberg, E., Asbjørn, T., ; Buhr, K.,; Koljonen, T., Gode, J., Onarheim, K., Tjernshaugen, A., Arasto, A., Liljeberg, M., Lehtilä, A., Kujanpää, L. & Nieminen, 2010. Potential for carbon capture and storage (CCS) in the Nordic region. VTT Tiedotteita – Tesearch Notes 2556. Espoo. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2556.pdf>.
- TEM 2013a. Työ- ja elinkeinoministeriö. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia Strategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013. VNS 2/2013 vp. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto 8/2013. Edita Publishing Oy. 53 s.
- TEM 2013b. Työ- ja elinkeinoministeriö. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Taustaraportti. 21.3.2013. 179 s. https://www.tem.fi/files/36279/Kansallinen_energia-_ja_ilmastostrategia_taustaraportti.pdf.

Liite A

Seuraavassa on arvioitu liikenteen päästöjen vähennystä kestävien biopolttoaineiden osalta niin teknisesti, taloudellisesti kuin tukitarpeen osalta. Arviossa on oletettu, että nykyiset vuoteen 2020 jatkuvat kansalliset ohjaustoimet jatkuisivat vuoteen 2030. Ne koostuvat pääosin biopolttoaineiden käyttövelvoitteesta ja liikennepolttoaineiden verotuesta hiilidioksidikomponentin osalta ja tuplalaskettavia biopolttoaineita suosien. Yksinkertaisuuden vuoksi tämä arvio on tehty siten, että käyttövelvoitteen taso olisi asetettu haluttuun vuoden 2030 tavoitteeseen, huomioiden myös tasapaino muiden kustannustehokkaiden ratkaisujen edistämistoimenpiteisiin, kuten energiatehokkuus, liikenteen käyttömuodot, sähkö- ja kaasuautojen edistäminen jne. Tarkemmat laskelmat eri toteutuspoluista valmistuvat syksyllä 2014 osana työ- ja elinkeinoministeriölle tehtävää erillisraporttia.

Suurin biopolttoaineiden tarve on EPKS -40 % -skenaariossa, 14 TWh/a vuonna 2030. Jos oletamme, että Suomessa jo toimivat tai rakenteilla olevat laitokset ovat edelleen tuotannossa ja tuotteet jäisivät Suomen markkinoille, niin uuden kapasiteetin tai tuonnin tarpeeksi jäisi noin 9 TWh/a biopolttoainemäärä. Yksinkertaisuuden vuoksi arvio on tehty koskemaan sellaisia biotuotteita, joilla ei ole merkittäviä sekoitus- ja polttoaineen jakelurajoitteita. Siten tuotteita olisivat mm. E10, biopohjainen parafiininen dieselpolttoaine valmistettuna joko HVO-vedytysprosessilla tai synteetikaasusta FT-synteeseillä sekä biopohjainen bensiini synteetikaasusta. Jäte- tai olkipohjainen dieselpolttoaine on myös mahdollinen, joskin taloudelliset arviot ovat vielä epätarkkoja. Tarkastelu koskee esimerkinomaisesti kotimaisista puu-, olki- ja jätöpohjaisista raaka-aineista valmistettuja tuotteita, ei tuontipolttoaineiden hintoja, joita olisivat esim. brasilialainen sokeriruokoetanoli tai palmuöljytuotannon jätöpohjaiset dieseltuotteet. Biopolttoaineiden kestävyysdirektiiveissä ei oleteta voimakkaita rajoituksia. Puupohjaisista lähteistä mustalipeän uuteaineista erotettava mäntyöljy tai sekasuoatuotteet eivät kasvaisi rajusti raaka-aineiden saatavuusrajoitteiden vuoksi. Siis esimerkkiratkaisuna on tarkasteltu kiinteistä biomassoista joko termisen tai sokeripolun kautta valmistettuja tuotteita, esimerkiksi synteetikaasupohjainen biodiesel tai biobensiini.

Uutta liikennepolttoainetuotantoa tarvittaisiin vuoteen 2030 mennessä 9 TWh/a. Oletetaan yhden laitoksen tuotantomääräksi 100 000 toe/a (l. öljykvivalentitonni vuodessa), investoinniksi 400 miljoonaa euroa, saannoksi 50 % ja tuotantokustannukseksi 1,2 €/loe (l. eur per öljykvivalenttilitra) viiden ensimmäisen kaupallisen laitoksen osalta ja 0,9 €/loe seuraaville laitoksille. Näin tarvittaisiin vuoteen 2030 mennessä arviolta 5–9 laitosta koosta riippuen ja kiinteätä biomassaa raaka-aineiksi 18 TWh/a. Jakelu ja käyttö liikenteessä perustuisi seostamiseen nykytuotteisiin keskimäärin biopolttoaine 14 TWh/koko liikenne 40 TWh eli 35 % energiasällön seossuhteella. Jos arvioidaan viiden ensimmäisen laitoksen tarvitsevan esim. 25 % investointiavustuksen, se merkitsisi tarkastelujaksolla 500 miljoonaa euroa. Vuotuisena verotukena tai käyttövelvoitteen tuomana etuna tarvittaisiin fossiilisen liikennepolttoaineen, oletettu 0,60 €/loe, verottoman jalostamohinnan ja biopolttoaineen tuotantokustannuksen erotus. Kun samalla päästöoikeuden hinta

nousisi tasolle 50 €/t CO₂, se nostaisi vastaavasti fossiilisen polttoaineen hintaa noin 0,13 €/loe.

Biopolttoaineen tuotantotuen ilman uuden teknologian investointiavustuksia oletetaan tässä olevan pitkällä tähtäimellä laskeva. Ensimmäisillä laitoksilla tuotantotuen oletetaan olevan korkeampi, suuruusluokkaa 0,5–0,15 €/loe. Vuoden 2020 ja 2030 väliseksi kokonaistukitarpeeksi tulisi tässä esimerkiksi 500 miljoonaa euroa uuden teknologian investointitukea sekä tuotantotukena vuonna 2030 noin 210 miljoonaa euroa eli kumulatiivisesti 2020–30 jaksolle yhteensä suuruusluokkaa yhteensä 1 500 miljoonaa euroa. Arviossa täytyy huomata, että maailmassa ei ole yhtään kiinteistä biomassoista liikenteen biopolttoaineita valmistavaa kaupallisen koon laitosta kaupallisessa toiminnassa. Yhdysvalloissa ja Euroopassa on useita pienempiä laitoksia niin tuotannollisessa kuin koetoiminnassa, ja kehittäjät uskovat eri teknologioiden kaupallistuvan tarkastelujaksolla mikäli biopolttoainemarkkinoiden kasvua tukevat poliittiset linjaukset, päätökset, ohjaustoimenpiteet, teknologioiden kehitystyö sekä tuotteiden hintakilpailukyky kehittyvät myönteisesti.

Nimeke	EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen Taustaraportti
Tekijä(t)	Tiina Koljonen, Juha Honkatukia, Esa Pursiheimo, Antti Lehtilä, Kai Sipilä, Nils-Olof Nylund & Tomi J. Lindroos
Tiivistelmä	Julkaisussa "EU:n ilmasto- ja energiapaketin 2030 vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen" esitetään arviot EU:n ehdottaman toimenpidepaketin vaikutuksista Suomen kasvihuonekaasupäästöihin, energiajärjestelmään ja kansantalouteen. Työn ovat toteuttaneet Teknologian tutkimuskeskus VTT ja Valtion taloudellinen tutkimuskeskus (VATT) työ- ja elinkeinoministeriön sekä ympäristöministeriön toimeksiannosta. Hankkeen toteutuksen aikana 2030-toimenpidepaketin yksityiskohdista, mukaan lukien taakanjako jäsenvaltioiden kesken, ei ollut päätetty. Jatkossa tarvitaan lisäselvityksiä, jotta voidaan paremmin arvioida politiikan tuomia haasteita ja mahdollisuuksia Suomelle.
SBN, ISSN	ISBN 978-951-38-8255-6 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (verkkajulkaisu)
Julkaisu-aika	Toukokuu 2014
Kieli	Suomi, englanninkielinen tiivistelmä
Sivumäärä	66 s. + liitt. 2 s.
Projektin nimi	EU 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset
Toimeksiantajat	Työ- ja elinkeinoministeriö ja ympäristöministeriö
Avainsanat	EU 2030, non-ETS targets, climate policy, energy policy, Finland
Julkaisija	VTT PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111

Title	Impact Assessment of the EU's 2030 climate and energy policies for Finland
Author(s)	Tiina Koljonen, Esa Pursiheimo, Antti Lehtilä, Kai Sipilä, Nils-Olof Nylund & Tomi J. Lindroos
Abstract	The report "Impact Assessment of the EU's 2030 climate and energy policies for Finland" is based on the analysis by VTT Technical Research Centre of Finland and Government Institute for Economic Research (VATT) and presents assessments of the proposed 2030 policy framework on Finland's energy system and national economies. The work was done under the service contract of the Ministry of the Environment and the Ministry of the Economy and Employment. The details of the 2030 policy framework including the effort sharing between the Member States was not known while doing this analysis, which means that further work is required to better analyse the challenges and opportunities from the Finnish perspective.
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-8255-6 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Online)
Date	May 2014
Language	Finnish, English abstract
Pages	66 p. + app. 2 p.
Name of the project	Impacts of the EU's 2030 policies
Commissioned by	Ministry of the Environment and the Ministry of the Economy and Employment
Keywords	EU 2030, non-ETS targets, climate policy, energy policy, Finland
Publisher	VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, Tel. +358 20 722 111

EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen

ISBN 978-951-38-8255-6 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN-L 2242-1211
ISSN 2242-122X (verkkojulkaisu)