

VALTIONEUVOSTON
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA

Tiina Koljonen, Sampo Soimakallio, Markku Ollikainen,
Timo Lanki, Antti Asikainen, Tommi Ekholm, Mikael
Hildén, Juha Honkatukia, Antti Lehtilä, Merja Saarinen,
Jyri Seppälä, Lassi Similä, Pekka Tiittanen

Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman vaikutusarviot

Heinäkuu 2017

Valtioneuvoston selvitys-
ja tutkimustoiminnan
julkaisusarja 57/2017

KUVAILULEHTI

Julkaisija ja julkaisuaika	Valtioneuvoston kanslia, 06.07.2017		
Tekijät	Tiina Koljonen, Sampo Soimakallio, Markku Ollikainen, Timo Lanki, Antti Asikainen, Tommi Ekholm, Mikael Hildén, Juha Honkatukia, Antti Lehtilä, Merja Saarinen, Jyri Seppälä, Lassi Similä, Pekka Tiittanen		
Julkaisun nimi	Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman vaikutusarviot		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 57/2017		
Asiasanat	Ilmastosuunnitelma, keskipitkä aikaväli, KAISU, taakanjakosektori		
Julkaisun osat/ muut tuotetut versiot	21/2017; Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoreportti		
Julkaisuaika	Heinäkuu, 2017	Sivuja 81	Kieli Suomi

Tiivistelmä

Kestävä energia- ja ilmastopolitiikka ja uusiutuvien rooli Suomessa (KEIJU) -hankkeen tavoitteena oli tarkastella laaja-alaisesti energia- ja ilmastopolitiikan kokonaisuutta. Hankkeessa tehtiin kokonaisvaltainen selvitys Suomen mahdollisuuksista saavuttaa kustannustehokkaasti ja johdonmukaisesti hallitusohjelman ja Euroopan Unionin asettamat energia- ja ilmastotavoitteet. Hanke toteutettiin yhteistyössä Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n, Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Luonnonvarakeskuksen (Luke), Terveystieteiden tutkimuskeskuksen (THL) ja Helsingin yliopiston (HY) kanssa. Kokonaisuudesta vastasi VTT.

Tässä raportissa esitetään Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman (KAISU) vaikutusarviot, joita on tarkennettu ja laajennettu taakanjakosektorin toimien osalta VNK raportissa 21/2017 aiemmin julkaistusta Energia- ja ilmastostrategian vaikutusten arvioinnista. Energialähtöisen mallitarkastelujen (TIMES) mukaan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen teknistaloudellinen kokonaispotentiaali vuonna 2030 olisi perusurallaan (WEM-skenaarioon) verrattuna 5,1–6,8 Mt CO₂ ekv. Suurimmat päästövähennyspotentiaalit ovat liikenteessä, mutta toisaalta liikenteen päästöjen vähentämiseen sekä siitä aiheutuviin kustannuksiin ja ympäristövaikutuksiin liittyvät myös merkittävimmät epävarmuudet. Lisäpäästövähennyksiä on mahdollista saavuttaa erityisesti vähentämällä mineraaliöljyn käyttöä rakennusten lämmityksessä ja työkoneiden polttoainekäytössä. Biopolttoaineiden käytön lisäys sekoitevelvoitteiden avulla liikenteessä, rakennusten lämmityksessä ja työkoneissa on merkittävin yksittäinen toimi. Kokonaisuudessaan KAISU:n toimilla on kansantaloudellisten vaikutusten arvioinnin tulosten perusteella hyvin vähäinen vaikutus kansantuotteen kasvuun. Yhdessä muiden politiikkatoimien kanssa KAISU:n toimet vaikuttavat ympäristöön, ihmisten terveyteen ja elinoloihin monin eri tavoin. Vaikutusten suuruus riippuu monista tekijöistä, minkä vuoksi vaikutusten ennakoitiin liittyä monia epävarmuustekijöitä. Vaikutusten seuranta on siten tärkeää tavoitteiden saavuttamisen ja seurausten todentamiseksi.

Liite 1 Eri sektoreiden toimien ympäristövaikutukset

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2016 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (tietokayttoon.fi).

Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare & utgivningsdatum	Statsrådets kansli, 06.07.2017		
Författare	Tiina Koljonen, Sampo Soimakallio, Markku Ollikainen, Timo Lanki, Antti Asikainen, Tommi Ekholm, Mikael Hildén, Juha Honkatukia, Antti Lehtilä, Merja Saarinen, Jyri Seppälä, Lassi Similä, Pekka Tiittanen		
Publikationens namn	Konsekvensanalyser av Den klimatpolitiska planen på medellång sikt		
Publikationsseriens namn och nummer	Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 57/2017		
Nyckelord	Klimatpolitiska planen, medellång sikt, ansvarsfördelning		
Publikationens delar /andra producerade versioner	21/2017; Konsekvensanalyser av energi- och klimatstrategi: Sammanfattande rapporten		
Utgivningsdatum	Juli, 2017	Sidantal 81	Språk Finska

Sammandrag

Målet för forskningsprojektet "Hållbar energi- och klimatpolitik samt den förnybara energins roll i Finland" (KEIJU) var en analys av den nationella energi- och klimatpolitiken. Projektet gjorde en övergripande bedömning av möjligheterna för Finland att kostnadseffektivt och konsekvent möta energi- och klimatmålen som fastställts av EU och regeringsprogrammet. Projektet genomfördes i samarbete mellan Teknologiska forskningscentralen VTT Ab, Finlands miljöcentral (SYKE), Naturresursinstitutet (Luke), Institutet för hälsa och välfärd (THL) och Helsingfors universitet. VTT ledde projektet.

Konsekvensanalysen av den klimatpolitiska planen på medellång sikt (KAISU) bygger på den rapport forskningsprojektet KEIJU gjorde av den nationella energi- och klimatstrategin. Bedömningen av åtgärderna inom de sektorer som omfattades EU:s ansvarsfördelning har preciserats och utvidgats. De åtgärderna har specificerats och breddats jämfört med de som presenteras i VNK rapporten 21/2017. Utgående från energisystemmodellen (TIMES) resultat är en realistisk totalpotential för utsläppsminskningen 5.1-6,8 miljoner ton CO₂-ekv år 2030 jämfört med baslinjen (WEM scenario). De största utsläppsreduktionspotentialerna har identifierats inom trafiken, men kostnaderna och utsläppminskningen inom trafiksektorn är osäkra. Ytterligare utsläppsminskningar kan uppnås speciellt genom att minska användningen av mineralolja för uppvärmning av byggnader och som bränsle i arbetsmaskiner. En ökad andel av biobränsle i trafik, uppvärmning och arbetsmaskiner är den mest betydande enskilda åtgärden. Enligt den samhällsekonomiska bedömning som gjorts påverkar KAISU minimalt på bruttonationalproduktens tillväxt. I kombination med andra politiska åtgärder, påverkar åtgärderna i KAISU miljön, människors hälsa och levnadsförhållanden på många sätt. Konsekvenserna påverkas av många olika faktorer, vilket gör bedömningarna osäkra. En uppföljning av effekterna är därför viktigt för att verifiera måluppfyllnaden och konsekvenserna.

Bilaga 1 Sektoråtgärdernas miljöeffekter (på finska)

Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan för 2016 (tietokayttoon.fi/sv).

De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

DESCRIPTION

Publisher and release date	Prime Minister's Office, 06.07.2017		
Authors	Tiina Koljonen, Sampo Soimakallio, Markku Ollikainen, Timo Lanki, Antti Asikainen, Tommi Ekholm, Mikael Hildén, Juha Honkatukia, Antti Lehtilä, Merja Saarinen, Jyri Seppälä, Lassi Similä, Pekka Tiittanen		
Title of publication	Impact assessments of the Medium-term Climate Change Policy Plan		
Name of series and number of publication	Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 57/2017		
Keywords	Climate change policy plan, medium-term, effort-sharing		
Other parts of publication/ other produced versions	21/2017; Impact assessments of the Energy and Climate strategy: The summary report		
Release date	July, 2017	Pages 81	Language Finnish

The aim of the research project 'Sustainable Energy and Climate Policy and the Role of Renewables in Finland (KEIJU)' was to analyse the Finnish energy and climate policy framework from a broad perspective. The project made an assessment of the opportunities of Finland to cost-efficiently and consistently meet the energy and climate targets set by the Governmental Programme and by the European Union. The project was conducted in co-operation between VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Finnish Environment Institute, Natural Resources Institute Finland, National Institute for Health and Welfare, and the University of Helsinki. VTT led the project.

The impact assessments of the medium-term climate change policy plan (KAISU) presented in this report are extensions of the KEIJU-project's impact assessments of the National Energy and Climate Strategy in the VNK report 21/2017. The assessments of the measures of the non-ETS sector under the effort sharing regulation have been updated and extended. According to the results of the energy system model TIMES, a realistic overall emission reduction potential compared to baseline (WEM scenario) sums up to 5.1–6.8 Mt CO₂-eq. in year 2030. The largest potentials are identified in transportation, but there are also substantial uncertainty regarding these emission reductions and associated costs. Additional emission reductions are achievable especially through decreasing the use of mineral oil in heating of buildings and in fuel use of work machines. An increased share of biofuels in transport, heating and machinery is the most significant individual measure. In total, the measures of KAISU have only a minimal impact on the growth of gross domestic product. In combination with other policy measures, the measures of KAISU affect environment, people's health and living conditions in many ways. The level of impacts depends on many factors, making the anticipation of impacts uncertain. Careful monitoring is therefore needed to verify the reaching of targets and other impacts.

Appendix 1 Environmental impacts of different sectoral measures (in Finnish)

This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research for 2016 (tietokayttoon.fi/en).


The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.



SISÄLLYS

1. JOHDANTO	1
1.1 Vaikutusarviotyön tausta ja lähtökohta	1
1.2 Työn tavoitteet.....	2
2. Vaikutusarvioiden taustaoletukset	4
2.1 Perusskenaarion (WEM) lähtökohdat	4
2.2 Poliittiskenaarion (WAM) kuvaus.....	5
2.3 Tarkennetut taakanjakosektorin taustaoletukset KAISU:ssa	8
Liikenne ja alueidenkäyttö.....	8
Maatalous.....	9
Rakennusten erillislämmitys	9
Jätehuolto.....	10
F-kaasut	10
Työkoneet	10
Muut sektorit.....	11
Poikkileikkaavat toimet.....	11
3. Kuvaus tutkimusmetodeista ja -malleista	12
3.1 Energijärjestelmämallinnus	12
3.2 Kuvaus FINAGE-mallista	13
3.3 Ympäristövaikutusten arviointi (SOVA).....	13
3.4 Kulutuksen toimien arviointi	14
4. Järjestelmämallilaskelmien mukaiset perustoimet	17
4.1 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys.....	17
4.2 Päästöjen vähennykset taakanjakosektorilla	19
5. Arvioita mahdollisista lisätoimista	22
5.1 Lisätoimien tarve	22
5.2 Liikenteen päästövähennykset.....	23
5.3 Maatalouden päästövähennykset	24
5.4 Jätehuollon päästövähennykset.....	26
5.5 Öljylämmityksen vähentäminen asuin- ja palvelurakennuksissa.....	27

5.6	Julkisten rakennusten öljylämmityksestä luopuminen	29
5.7	Tuotantorakennusten öljynkäytön vähennyspotentiaali	31
5.8	Rakennusnormien ja korjausrakentamisen tuottama päästöjen lisävähennys	32
5.9	Työkoneiden päästöjen lisävähennyspotentiaali	33
5.10	Muu taakanjakosektorin teollisuuden öljynkäyttö	36
5.11	Yhteenvedo arvioiduista lisävähennyspotentiaaleista	37
6.	Herkkyystarkasteluja	38
6.1	Lämmitysöljyn ja työkoneiden dieselöljyn sekoitevelvoitteen etupainotteinen käyttöönotto	38
6.2	Henkilöautojen ajoneuvosuoritteiden kasvun jatkuminen	39
7.	Toimenpiteiden kustannukset ja vaikutukset kansantalouteen	41
7.1	Järjestelmätason kustannustarkastelut	41
	Kustannustehokkaat päästövähennykset	43
	Kustannusten epävarmuudet ja riskit	45
7.2	Kansantaloudellisten vaikutusten arviointia	46
	Arvioita keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman vaikutuksesta hyvinvointiin ja tehokkuuteen	47
	Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman välittömät ja välilliset vuotuiset kustannukset	51
8.	Kulutuksen toimet	52
8.1	Rakennukset ja asuminen	52
8.2	Liikkuminen	53
8.3	Ruoka	54
8.4	Muu kulutus	55
9.	Taakanjakosektorin joustokeinot	57
9.1	Päästökaupan päästöyksiköiden hyödyntäminen	57
9.2	Ajalliset joustot	57
9.3	Päästöyksiköiden siirrot jäsenmaiden välillä	58
9.4	Päästövähennykset 2030 jälkeen	59
10.	Ympäristövaikutusten arvioinnin (SOVA) keskeiset tulokset	60
10.1	Yleiskuva keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman ympäristövaikutuksista	60
	Vaikutukset päästökaupasektorilla ja Suomen rajojen ulkopuolella	60
	Biopolttoaineiden tuotannon lisäämisen vaikutukset	61



Maatalouden toimenpiteiden vaikutukset.....	62
Vaikutukset materiaalitehokkuuteen ja mineraalivarojen köyhtymiseen.....	63
Vaikutukset ilmanlaatuun, terveyteen ja elinoloihin	63
10.2 Ympäristövaikutusten seuranta.....	65
11. Johtopäätökset.....	67
LÄHTEITÄ JA TAUSTA-AINEISTOJA	69
Liite 1. Eri sektoreiden toimien ympäristövaikutukset.....	73

1. JOHDANTO

Tiina Koljonen, VTT

Kestävä energia- ja ilmastopolitiikka ja uusiutuvien rooli Suomessa (KEIJU) -hankkeen tavoitteena oli tarkastella laaja-alaisesti energia- ja ilmastopolitiikan kokonaisuutta hyödyntäen aiempia tutkimuksia ja selvityksiä, joiden keskeisistä johtopäätöksistä on muodostettu synteesi päätöksenteon kannalta käyttökelpoisessa muodossa. Hankkeessa tuotettiin kokonaisvaltainen selvitys Suomen mahdollisuuksista saavuttaa kustannustehokkaasti ja johdonmukaisesti hallitusohjelman, ilmastolain ja Euroopan Unionin (EU) asettamat energia- ja ilmastotavoitteet. Hanke toteutettiin yhteistyössä Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n, Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Luonnonvarakeskuksen (Luke), Terveystieteiden ja hyvinvoinninlaitoksen (THL) ja Helsingin yliopiston (HY) kanssa. Kokonaisuudesta vastasi VTT.

Tässä raportissa esitetyt vaikutusarviot liittyvät keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmaan (KAISU) vuoteen 2030. Helmikuussa 2017 julkaistussa KEIJU-raportissa¹ on esitetty kansallisen energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot, joissa huomioidaan pääministeri Juha Sipilän hallitusohjelmassa sekä EU:ssa sovitut energia- ja ilmastotavoitteet. Sekä energia- ja ilmastostrategian että KAISU:n vaikutusarvioiden lähtökohtana on perusskenaario, jossa on huomioitu päätetyt toimet ja politiikat. Energia- ja ilmastostrategiassa ja myös tässä raportissa perusskenaariota kutsutaan WEM-skenaarioksi (With Existing Measures). Vaikutusarvioissa WEM-skenaariota verrataan politiikkaskenaarioon, joka on nimetty energia- ja ilmastostrategiassa WAM-skenaarioksi (With Additional Measures).

1.1 Vaikutusarviotyön tausta ja lähtökohta

Vuonna 2015 voimaan tulleen ilmastolain (609/2015)² tarkoituksena on vahvistaa puitteet Suomen ilmastopolitiikan suunnittelulle ja sen toteutumisen seurannalle. Ilmastopolitiikan suunnitelmien laadinnassa tavoitteena on kustannustehokkaalla tavalla pyrkiä paitsi hillitsemään ilmastomuutosta myös sopeutumaan siihen. Ilmastopolitiikan suunnitelmien laatimisessa on lisäksi otettava huomioon seuraavat seikat: 1) Suomea sitovista kansainvälisistä sopimuksista ja Euroopan unionin lainsäädännöstä johtuvat velvoitteet; 2) kansallisessa kasvihuonekaasupäästöjen inventaariojärjestelmässä ja kansallisessa politiikkatoimien raportointijärjestelmässä tuotetut tiedot; 3) ilmastomuutosta koskeva ajantasainen tieteellinen tieto sekä arviot kansainvälisen ja Euroopan unionin ilmastopolitiikan kehityksestä; 4) ympäristölliset, taloudelliset ja sosiaaliset tekijät kestävä kehityksen periaatteen mukaisesti; 5) kasvihuonekaasujen vähentämistä ja ilmastomuutoksen hillitsemistä sekä ilmastomuutokseen sopeutumista koskevan teknologian taso ja kehitys; 6) muut yhteiskunnan kehityksen kannalta olennaiset tekijät.

Ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmä muodostuu pitkän ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmista sekä ilmastomuutoksen kansallisesta sopeutumissuunnitelmasta. Valtioneuvosto hyväksyy vähintään kerran kymmenessä vuodessa pitkä aikavälin ilmastotavoitteiden sopeutumissuunnitelman, kun taas keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma laaditaan kerran vaalikaudessa. Tässä raportissa on esitetty vaikutusarviot keskipitkän aikavälin

¹ Koljonen et al. 2017. Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. VNK 21/2017.

² FINLEX 609/2015. Ilmastolaki. Annettu Helsingissä 22 päivänä toukokuuta 2015. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150609>

ilmastopolitiikan suunnitelmasta (KAISU)³, jotka on laadittu pääministeri Sipilän hallituksen aikana. Vuonna 2017 julkaistava suunnitelma on ensimmäinen laatuaan ja sen tavoitevuosi on 2030. Pitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman valmistelu toteutetaan seuraavalla hallituskaudella. Siinä tavoitevuosi on 2050 ja tavoitteena on vähentää Suomen kasvihuonekaasujen (KHK) päästöjä vähintään 80 % verrattuna vuoteen 1990. Toisaalta KAISU-raportissa³ esitetään, että vuoden 2030 jälkeiselle ajalle on perusteltua asettaa Suomen hiilineutraalisuuteen tähtäävä tavoite, kun taustalla on Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoitteet ja tarve vähentää KHK-päästöjä nopeasti. Hiilineutraalisuus saavutetaan, kun KHK-päästöt ja nielut ovat tasapainossa ja KAISU-raportin mukaan tavoite olisi mahdollista saavuttaa jo vuonna 2045.

Keskipitkän aikavälin suunnitelma koskee päästökaupan ulkopuolisia sektoreita eli ns. taakanjakosektoria, kun pitkän aikavälin suunnitelma koskee kaikkia KHK-päästöjä. KAISU-raportissa on esitetty, millä toimilla vuodelle 2030 asetettu taakanjakosektorin päästötavoite voidaan tavoittaa siten, että KHK-päästöjen vähennysura on yhdenmukainen pitkän aikavälin ilmastotavoitteen kanssa. Tavoitteen asettamisen lähtökohtana toimii EU:n vuoden 2030 päästövähennystavoite, joka on vähintään 40 % verrattuna vuoden 1990 päästötasoon.

Rinnakkain KAISU-työn kanssa valmisteltiin energia- ja ilmastostrategiaa, joka valmistui vuoden 2016 lopulla ja eduskunta hyväksyi strategian keväällä 2017^{4,5}. Keskipitkän aikavälin suunnitelma täsmentää energia- ja ilmastostrategiassa määriteltyjä toimia päästöjen vähentämiseksi ja KAISU:ssa tarkastellaan myös sektorien välisiä kytkentöjä sekä poikkileikkaavia teemoja, kuten kulutus. Suunnitelmassa otetaan huomioon strategian energiapolitiittiset toimet, jotka tähtäävät uusiutuvan energian käytön lisäämiseen, fossiilisten polttoainesten käytön vähentämiseen ja energianhankinnan omavaraisuuden lisäämiseen, jotka puolestaan heijastuvat Suomen päästökehitykseen. Suunnitelman laatimisen perustana on vuoden 2016 kesällä valmistunut perusskenaario, joka toimi myös energia- ja ilmastostrategian laatimisen perustana. Energia- ja ilmastostrategiassa linjattuja toimia hallitusohjelman mukaisesti ovat:

- Päästöttömän, uusiutuvan energian käyttöä lisätään kestävästi niin, että sen osuus 2020-luvulla nousee yli 50 prosenttiin, ja omavaraisuus yli 55 prosenttiin sisältäen mm. turpeen.
- Luovutaan hiilen käytöstä energiantuotannossa.
- Puolitetaan tuontiöljyn käyttö kotimaan tarpeisiin.
- Nostetaan liikenteen uusiutuvien polttoainesten osuus vuoteen 2030 mennessä 40 prosenttiin.

1.2 Työn tavoitteet

Tässä raportissa esitetyt laskennalliset ja laadulliset arviot pohjautuvat Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarvioraportissa esitettyihin tuloksiin ja johtopäätöksiin. KAISU:n vaikutusarvioissa tavoitteena on erityisesti taustoittaa taakanjakosektoriin kohdistuvia vaikutuksia, arvioida epävarmuuksia herkkyytarkasteluin sekä kustannuksia toisaalta energiajärjestelmään kohdistuvien suorien kustannusten ja toisaalta koko kansantalouden näkökulmista.

³ Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma vuoteen 2030. Luonnos lausuntokierrosta varten. Toukokuu 2017. <http://www.ymparisto.fi/download/attachment/7BE77511DD-FBCA-4FAA-8FDE-A883ED8728EC%7D/127545>

⁴ VNK 2016. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030.

⁵ Eduskunta, Talousvaliokunta. Valiokunnan mietintö TaVM 8/2017 vp- VNS 7/2016 vp.15.3.2017. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Sivut/TaVM_8+2017.aspx

Vaikutusarvioissa on pyritty syventämään eri sektoreiden välisiä kytkeitä muun muassa kulutuksen näkökulmasta. Lisäksi tässä raportissa on esitetty suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutukset (SOVA) KAISU:ssa esitetyille hallituksen energia- ja ilmastostrategiaa täydentäville toimille. Vaikutusten arviointi on laadittu vain vuoteen 2030 ulottuvalle keskipitkän aikavälin ilmastopoliittiselle suunnitelmalle, eikä tarkasteltujen toimien vaikutusta pitkän aikavälin tavoitteen saavuttamiseen ole arvioitu.

2. VAIKUTUSARVIoidEN TAUSTAOLETUKSET

Tiina Koljonen & Antti Lehtilä, VTT

KAISU:n laatimisen lähtökohtana on vuoden 2016 kesällä valmistunut perusskenaario, joka oli myös energia- ja ilmastostrategian perustana. Perusskenaariota kutsutaan jäljempänä WEM (With Existing Measures) -skenaarioksi. Tässä raportissa esitetyt vaikutusarviot perustuvat lähtökohtaisesti myös kyseiseen perusskenaarioon, mutta esimerkiksi primaari- ja loppuenergiankäytöt, energiajärjestelmään kohdistuvat investoinnit ja kasvihuonekaasupäästöt ovat suurelta osin laskennalliset, joten luvuissa 4 ja 5 esitetyt laskennallisten WEM-skenaarioiden tulokset poikkeavat hieman ministeriöiden yhteistyössä laatimasta WEM-skenaariosta. Perusskenaariota on verrattu ns. politiikkaskenaarioon, joka on nimetty WAM (With Additional Measures) -skenaarioksi.

Raportissa on vertailtu laskennallista WEM-skenaariota ja työ- ja elinkeinoministeriön koomaan WEM-skenaarioon, joista jälkimmäinen on nimetty TEM-WEM-skenaarioksi. Lisäksi laskennallisia WEM- ja WAM-skenaarioita on nimetty mallinnuslähtökohdan mukaisesti, eli TIMES-WEM- ja TIMES-WAM-skenaarioiksi.

Marraskuussa 2016 julkaistun energia- ja ilmastostrategian WAM-skenaario poikkeaa hieman KAISU:n vastaavasta WAM-skenaariosta. Tässä raportissa esitetty WAM-skenaario noudattaa lähtökohtaisesti KAISU:ssa määritettyä WAM-skenaariota. Raportissa kuitenkin viitataan myös energia- ja ilmastostrategian WAM-skenaarioon (E&I WAM).

2.1 Perusskenaarion (WEM) lähtökohdat

Alla on esitetty tiivis yhteenveto perusskenaarion (TEM-WEM) lähtökohdista siltä osin, kun niitä on käytetty vaikutusarvioiden perusskenaarion (TIMES-WEM) lähtötietoina.

Keskeisimpiä WEM-skenaarion lähtökohtia vuosien 2015–2030 aikavälille ovat oletukset bruttokansatuotteen kasvusta ja väestönkehityksestä sekä Suomen ja EU:n energia- ja ilmastopoliittiset tavoitteet. Suomen talouden oletetaan kasvavan 2–3 % vuodessa ja talouden rakenteen muuttuva palveluvaltaisemmaksi. Oletukset eri teollisuudenalojen kasvuvauhdista vaihtelevat tyypillisesti 1,5 ja 3 %:n välillä ja ne on raportoitu yksityiskohtaisesti VATT:n raportissa politiikkatoimien vaikutuksista Suomen talouteen⁶.

Nykyisten arvioiden mukaan Suomen väestö kasvaa noin 5,8 miljoonaan vuoteen 2030 mennessä. Väestön ikääntyminen ja kaupungistuminen jatkuvat. Uudisrakentaminen on noin kolme kertaa suurempaa kuin rakennuskannan poistuma. Yhteisvaikutus rakennuskantaan on noin 0,6 %:n vuosittainen lisäys.

Perusskenaariossa oletetaan, että Suomi saavuttaa kansalliset energia- ja ilmastopoliittiset vuodelle 2020 asetetut tavoitteet, jotka pysyvät muuttumattomina voimassa myös vuoden 2020 jälkeen. Taakanjakosektorin päästöjä vähennetään 16 % vuoden 2005 päästöistä, mikä vastaa päästöissä 28,4 Mt CO₂-ekv. vuonna 2020. Energiatehokkuustavoitteelle ei ole

⁶ Honkatukia, J. & Lehmus, M. 2016. Suomen talous 2015-2030: Laskelmia politiikkatoimien vaikutuksista. VATT tutkimukset 183.

oletettu sitovaa tavoiteprosenttia, vaan teollisuudessa energiatehokkuuden oletetaan paranevan 0,4–0,5 % vuodessa ja muilla sektoreilla toteutetaan erilaisia energiatehokkuustoimenpiteitä.

Uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta oletetaan nousevan vähintään 38 prosenttiin. Uusiutuvan energian lisääminen jakautuu useille eri energiamuodoille: vesivoimassa tehdään pieniä tehonkorotuksia huomioiden suojelulait. Metsähakkeen käyttö nousee 2020-luvulla yli 26 TWh:n, mutta siitä ei tehdä biopolttonesteitä. Tuulivoiman tuotanto kasvaa yli 5 TWh:n vuoteen 2020 mennessä ja yli 6 TWh:n 2030 mennessä. Aurinkosähkön ja -lämmön nykytuet säilyvät, mutta investoinnit muuttuvat kustannustehokkaammaksi teknologian halventuessa. Uudesta ydinvoimasta on oletettu, että Olkiluoto 3 käynnistyy vuonna 2018 toimien täydellä kapasiteetilla vuonna 2020 ja Fennovoima käynnistyy vuonna 2024 ja toimii täydellä kapasiteetilla 2026. Sähkön siirtoyhteydet naapurimaihin paranevat nykyisten investointisuunnitelmien mukaan.

Liikenteen suoritteen, ajoneuvokannan ja energiatehokkuuden on oletettu kehittyvän VTT:n LIPASTO-laskentatyökalun perusuran mukaisesti. Nykyinen biopolttonesteiden jakeluvoite säilyy vuoden 2020 jälkeen samalla tasolla kuin vuonna 2020. Sähköautoille ja biokaasuautoille ei myönnetä perusurassa uusia tukia, mutta niiden määrä kasvaa markkinaehtoisesti siten, että vuonna 2030 henkilöautokannassa on 120 000 sähköautoa ja 15 000 kaasuautoa.

Keskeinen lähtökohta perusskenaarion osalta on, että muu EU toteuttaisi ehdotetun 2030 energia- ja ilmastopoliittikan tavoitteet. Tämän vuoksi päästöoikeuden hinnan oletetaan kiristävän vuoden 2020 jälkeen. Päästökaupasektorille ei oleteta erillistä kansallista tavoitetta, vaan ohjaus tapahtuu päästöoikeuden hinnan kautta. Päästöoikeuden hinnaksi on oletettu 15 €/tCO₂ vuonna 2020 ja 30 €/tCO₂ 2030.

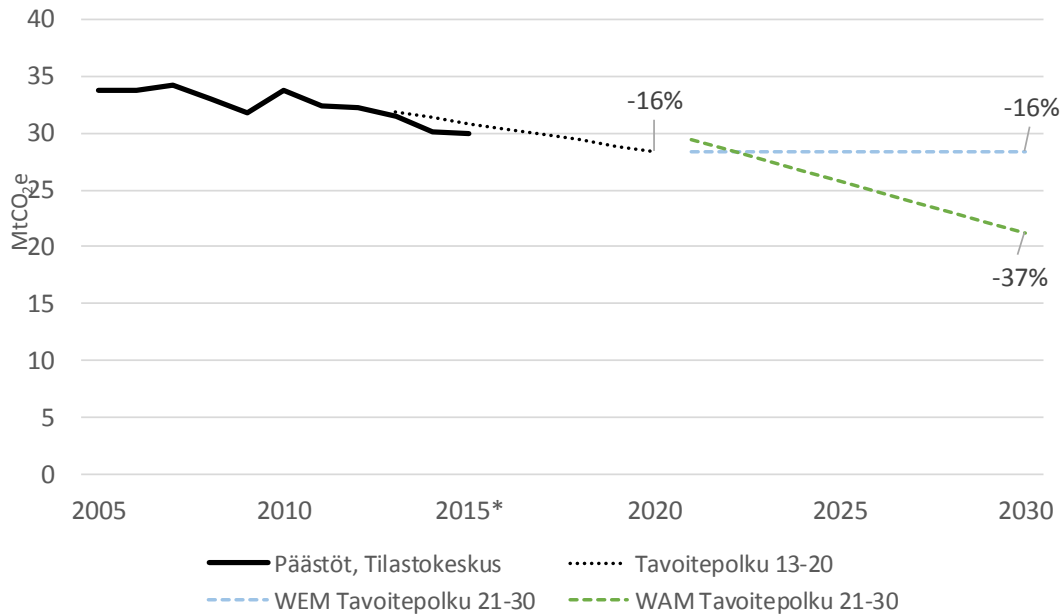
2.2 Poliittikkaskenaarion (WAM) kuvaus

Alla on esitetty poliittikkaskenaarion lähtökohtia, joita on raportoitu KAISU:ssa.

Suomen tavoitteena on vähentää taakanjakosektorin päästöjä 16 % vuoden 2005 päästöistä vuoteen 2020 mennessä. Varsinaisten tavoitevuosien lisäksi taakanjakosektorilla on lineaarinen tavoitepolku vuosille 2013–2020, jonka lähtöpiste on vuosien 2008–2010 päästöjen keskiarvo. Perusskenaariossa (TEM-WEM) taakanjakosektorin päästövähennystavoitteen oletetaan pysyvän 16 %:ssa ja se saavutetaan kotimaisin toimin. Kuva 1 esittää taakanjakosektorin päästöttilastot ja perusskenaarion (TEM-WEM) päästötavoitteen.

KAISU:n lisätoimiskenaariorissa (WAM) tarkastellaan EU:n komission ehdottamaa taakanjakopäätöksen uudistamista. Laskenta on tehty komission ehdotuksen pohjalta, joka voi muuttua ennen lopullista päätöstä. Komissio on ehdottanut Suomelle tavoitetta vähentää taakanjakosektorin päästöjä 39 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 päästöihin verrattuna. Myös uusi ehdotus sisältää lineaarisen tavoitepolun vuosille 2021–2030, mutta sen laskennallisena 2020-lähtöpisteenä on vuosien 2016–2018 päästöjen keskiarvo. Tästä johtuen vuoden 2021 välitavoite on Suomen tapauksessa todennäköisesti vuoden 2020 tavoitetta korkeammalla tasolla. Vaikutusarvioissa lähtökohtana on siten Suomen taakanjakosektorin päästötavoite 20,6 Mt CO₂-ekv. vuodelle 2030 ja KAISU-raportin mukaan perusskenaariossa vuoden 2030 tavoitteesta jäädään 5,8 Mt CO₂-ekv.

Kuva 1. Suomen taakanjakosektorin päästötilastot ja laskennassa käytetyt tavoitepolut.



Kuvan päästöttilastot kattavat vuodet 2005–2015, missä 2015 perustuu tilastoennakkoon ja saattaa muuttua. Mustalla katkoviivalla on esitetty vuosien 2013–2020 päästövähennyspolku, minkä Suomi on saavuttanut. Vuosien 2021–2030 perusuran TEM-WEM) päästövähennystavoite on sinisellä katkoviivalla ja lisätoimiuran (KAISU-WAM) tavoite vuosille 2021–30 on vihreällä katkoviivalla.

Varsinaisten päästövähennysten lisäksi Suomi voi hyödyntää ns. joustokeinoja. Käytettävissä olevat joustokeinot ovat ns. one-off -jousto, LULUCF-linkki (land use, land-use change and forestry; maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous), päästöyksiköiden osto ja Suomen omat ajalliset siirrot. One-off -jousto tarkoittaa päästöyksiköiden kertaluonteista siirtoa päästökauppasektorilta taakanjakosektorille. Komissio on ehdottanut Suomelle ylärajaksi 2 % vuodessa, jolloin vuodelle 2030 asetettu KHK-päästövähennystavoite olisi 37 %. Suomen taakanjakosektorin päästöt olivat 33,7 Mt CO₂-ekv. vuonna 2005, joten vuosina 2021–2030 Suomi voi hyödyntää one-offia yhteensä 6,7 Mt CO₂-ekv. verran.

WAM-skenaarion lähtökohtana on toisaalta edellä esitetty EU:n Suomelle asettama taakanjakosektorin tavoite ja lisäksi energia- ja ilmastostrategiassa esitetyt linjaukset. Alla on esitetty ne linjaukset, joita on käytetty TIMES-WAM-skenaarion lähtötietona tai jotka ovat vaihtoehtoisesti kvantitatiivisissa mallitarkasteluissa optimoinnin perusta. TIMES-WAM-skenaarion samoin kuin KAISU-raportissa esitettyjen taakanjakosektorin toimien lähtökohtia ja tuloksia on esitetty tarkemmin seuraavissa luvuissa. Alla esitetty jaottelu perustuu energia- ja ilmastostrategian luvun kolme ”Energia- ja ilmastostrategian poliittiset linjaukset” -jaotteluun. Luvussa 2.3 on lisäksi esitetty KAISU:ssa tarkennetut taakanjakosektorin taustaoletukset.

- Uusiutuvan energian käytön lisääminen ja energian hankinnan omavaraisuus: Suomelle 38 %:n vähimmäisosuus energian loppukulutuksesta vuonna 2020, ei sitovaa tavoitetta vuodelle 2030. Hallitusohjelmassa sekä energia- ja ilmastostrategiassa linjattuja 50 %:n uusiutuvan energian tavoitetta sekä 55 %:n omavaraisuustavoitetta tarkastellaan siten laskelmien tulosten perusteella. Investoinnit uusiutuvaan energiaan tapahtuvat laskelmissa kustannusjärjestyksessä lukuun ottamatta alla esitettyjä linjauksia liittyen bio-osuuden sekoitevelvoitteeseen ja uusiutuvaan sähköntuotantoon.

- Tuontiöljyn energiankäytön puolittaminen: tuontiöljyn kotimaan käyttö on laskelmissa määritetty samoin kuin energia- ja ilmastostrategiassa, eli sillä tarkoitetaan Suomessa kulutukseen luovutetun fossiilisen moottoribensiinin, dieselin, lentobensiinin, kerosiinin sekä kevyen ja raskaan polttoöljyn kokonaisenergiämäärää. Vaikutusarvioissa lähtötietoina ovat linjaukset liittyen biokomponenttien sekoitevelvoitteisiin liikenteessä, rakennusten öljylämmityksessä ja työkoneissa ja tuontiöljyn puolittamista tarkastellen laskelmien tulosten perusteella.
- Kivihiilen energiakäytöstä luopuminen: Kivihiilen käyttö vähenee merkittävästi jo WEM-skenaariossa vanhojen laitosten poistuman myötä. Investointeja uusiin kivihiiltä käyttäviin laitoksiin ei sallita ja sen käyttöä rajoitetaan myös monipolttoainekattiloissa. Kivihiilen käyttö sallitaan WAM-skenaariossa kuitenkin talven huippukulutustunteina. Kivihiilen samoin kuin muidenkin polttoaineiden verojärjestelmä on sama kuin WEM-skenaariossa.
- Puupohjainen energia: metsähakesähkön tuotantotukijärjestelmä on voimassa vuoteen 2020, jolloin metsähakkeen käyttö on arvioitu olevan 25 TWh. Tämän jälkeen laskelmissa ei ole asetettu sitovaa tavoitetta metsähakkeen käytölle. Vaikutusarvioissa sallitaan myös metsähakkeen ja muun puuperäisen polttoaineen tuonti rannikon energialaitoksille.
- Biokaasun tuotanto ja käyttö: vaikutusarvioissa ei ole sitovaa tavoitetta biokaasun tuotannolle. Liikenteen kaasua käyttäville ajoneuvoille on sitova tavoite (ks. liikenteen linjaukset).
- Uusiutuviin energialähteisiin perustuvan sähkön ja lämmön tuet: Uusiutuvan sähkön tuotantokapasiteetin lisäys on 2 TWh vuosien 2018–2020 kilpailutuksen tuloksena. Sähkön pientuotanto on vapautettu sähköverosta omassa tuotannossa.
- Suomen taakanjakosektorin tavoite vuonna 2030 on 37 % KHK-päästövähennys (vertailuvuosi 2005). EU toteuttaa sille asetetut päästöjen vähennystavoitteet, eli 43 % päästökauppasektorin ja 30 % taakanjakosektorin osalta (vertailuvuosi 2005). Päästöoikeuden hintakehitys: sama kuin WEM-skenaariossa, eli 15 €/tCO₂ vuonna 2020 ja 30 €/tCO₂ vuonna 2030. Lisäksi mallinnuksessa on huomioitu:
 - Jätteenpoltto siirretään päästökaupan piiriin vuosina 2022–2023.
 - F-kaasujen päästöjen vähennys on 0,2 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030.
- Liikenteen energiatehokkuus ja vaihtoehdot käyttövoimat: Liikennejärjestelmän energiatehokkuus paranee siten, että saavutetaan noin 1 Mt KHK-päästövähennys. Sähkökäyttöisten autojen määrä on vähintään 250 000 (täyssähköautot, vetyautot, ladattavat hybridit) ja vastaavasti kaasukäyttöisten autojen määrä on vähintään 50 000 vuonna 2030.
- Tieliikenteen biopolttoaineiden jakeluvaihtoehto ja tarjonta: Biopolttoaineiden osuus tieliikenteen energiankulutuksesta nostetaan vuoden 2020 13,5 %:n energiasisältöosuudesta lineaarisesti 30 %:n osuuteen vuoteen 2030 mennessä. Lähtökohdaksi lisäkysynnän kattamiselle on oletettujen kotimaisten biojalostamoinvestointien toteutuminen. Laskelmissa on oletettu, että uuden jalostamokapasiteetin myötä uutta tuotantoa syntyy 600 000 ktoe/v, josta puolet käyttäisi raaka-aineenaan puuperäistä

syötettä (metsähake, sahanpuru, jne.) ja puolet erilaisia jätteitä, tähteitä, lignoselluloosaa ja muita metsäteollisuuden sivutuotteita. Mallinnuksessa on mukana myös biopolttoaineiden kauppa.

- Muu öljyn käyttö: Otetaan käyttöön 10 %:n bionesteen sekoitusvelvoite rakennusten erillislämmityksessä käytettävälle kevyelle polttoöljylle ja työkoneiden dieselöljylle lineaarisesti vuosina 2020–2030.
- Nielupolitiikka: vaikutusarvioissa ei ole huomioitu asetusehdotusta liittyen LULUCF-sektorin liittämiseen osaksi EU:n ilmasto- ja energiapakettia (l. ei vaikutuksia taakanjakosektorin tavoitteen määrittämiseen). LULUCF-sektorin kehitystä on sen sijaan tarkasteltu kvantitatiivisten mallitarkastelujen avulla ja osana SOVA-tarkastelua (ks. luku 10).
- Sähkö- ja kaasumarkkinat: vaikutusarvioissa lähtökohtana on ollut nykyisenkaltaiset sähkö- ja kaasumarkkinat ja myös kaikkien muiden energiahyödykkeiden kauppa. Mallinnuksessa on huomioitu nykyiset siirtoyhteydet sekä päätetyt investoinnit maiden rajojen välillä. Mallinnuksessa on myös mukana erityisesti muiden Pohjoismaiden energijärjestelmien kehitys, mutta myös muun Euroopan ja Venäjän kehitykset.
- Energiatehokkuus: vaikutusarvioissa ei ole asetettu sitovaa energiaterhokkuustavoitetta, vaan laskennallinen loppuenergian kulutuksen pieneneminen WAM-skenaariossa verrattuna WEM-skenaarioon kertoo eri sektorikohtaisten linjausten (esim. liikennettä ja rakennuksia koskevat) vaikutukset energiaterhokkuuden paranemiseen. Vaikutusarvioissa suuri osa energian käytön tehostamisen toimista kuitenkin toteutuu jo WEM-skenaariossa johtuen nykyisistä politiikoista.

2.3 Tarkennetut taakanjakosektorin taustaoletukset KAISU:ssa

Tässä esitellään lyhyesti keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman (KAISU) sektori-kohtaiset taustaoletukset. KAISU:n mukainen WAM-skenaario muodostuu siten kaikista seuraavassa mainituista lisätoimista.

Liikenne ja alueidenkäyttö

Liikenteen päästöt muodostavat noin viidenneksen Suomen kaikista KHK-päästöistä ja taakanjakosektorin merkittävin päästövähennyspotentiaali onkin liikenteessä. Sekä strategian että KAISU:n tavoitteena on vähentää liikenteen päästöjä noin puolella vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tilanteeseen. Suurin vähennyspotentiaali on tieliikenteessä, jonne toimia erityisesti kohdistetaan.

Vähennystoimet jaotellaan kolmeen toimenpidekokonaisuuteen, joita ovat

- (1) fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla (uusiutuvien osuus nostetaan 30 prosenttiin tieliikenteen polttoaineesta) ja vähäpäästöisillä polttoaineilla ja käyttövoimilla (sähkökäyttöisten autojen määrä vähintään 250 000 ja kaasukäyttöisten 50 000): päästövähennyspotentiaali noin 1,5 Mt CO₂ vuonna (huomioiden liikennejärjestelmän ja ajoneuvojen energiaterhokkuuden paraneminen ja siten polttoaineen kulutuksen vähentyminen),

- (2) ajoneuvojen ja muiden liikennevälineiden energiatehokkuuden parantaminen: päästövähennyspotentiaali noin 0,6 Mt CO₂ vuonna 2030 sekä
- (3) liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen: päästövähennyspotentiaali noin 1 Mt CO₂ vuonna 2030.

Liikenteen päästövähennystoimet vastaavat arviolta yhteensä noin 3,1 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030. Viimeiseen kohtaan sisältyy myös alueidenkäytön kehittämisen vaikutus päästöihin.

Maatalous

Maatalouden KHK-päästöt ovat peräisin biologisista päästölähteistä ja niiden hillitseminen on haasteellista. KAISU:ssa esitetyt maataloussektorin lisätoimet päästövähennysten osalta koskevat pääasiassa eloperäisten maatalousmaiden päästöjen vähentämistä.

- (1) Eloperäisten maiden viljely monivuotisesti muokkaamatta: päästövähennyspotentiaali 0,07 Mt CO₂-ekv. taakanjakosektorilla ja 0,32 Mt CO₂-ekv. LULUCF (Land Use Land Use Change and Forestry) -sektorilla vuonna 2030.
- (2) Metsitetään eloperäisiä maita ja kosteikkometsitetään eloperäisiä maita: päästövähennyspotentiaali 0,24 Mt CO₂-ekv taakanjakosektorilla ja 0,39 Mt CO₂-ekv LULUCF-sektorilla vuonna 2030.
- (3) Pohjaveden pinnan nosto säätösaloajituksen avulla: päästövähennyspotentiaali 0,14 Mt CO₂-ekv taakanjakosektorilla ja 0,43 Mt CO₂-ekv LULUCF-sektorilla vuonna 2030.
- (4) Edistetään biokaasuntuotantoa: päästövähennyspotentiaali 0,36 Mt CO₂-ekv. taakanjakosektorilla, josta 0,05 Mt CO₂-ekv. maataloussektorilta ja loput liikenteen, työkoneiden ja lämmityksen päästöistä vuonna 2030.
- (5) Vähennetään ruokahävikkiä ja noudatetaan ruokasuosituksia: päästövähennysarvio tarkentuu jatkovalmisteluissa (vrt. luku 8 liittyen kulutuksen toimiin).

Rakennusten erillislämmitys

Taakanjakosektoriin sisältyvät rakennusten erillislämmityksestä peräisin olevat päästöt. Kyse on käytännössä öljylämmityksen päästöistä. Öljylämmityksen päästöihin voidaan vaikuttaa vähentämällä öljynkulutusta, lisäämällä biopolttoöljyn käyttöä tai vaihtamalla lämmitysmuotoa.

Pienpuun poltosta muodostuva musta hiili leviää ilmakehässä ja voimistaa erityisesti arktisen alueen lämpenemistä. Puhtaan polton edistäminen vähentää sekä ilmasto- että terveysvaikutuksia.

- (1) Otetaan etupainotteisesti käyttöön 10 prosentin bionesteen sekoitusvelvoite lämmityksessä käytettävään kevyeen polttoöljyyn.
- (2) Valtionhallinto luopuu toimitilojensa öljylämmityksestä vuoteen 2025 mennessä ja kaikkia julkisia toimijoita kannustetaan samaan.
- (3) Parannetaan energiatehokkuutta ja edistetään uusiutuvan energian käyttöä olemassa olevassa rakennuskannassa.
- (4) Muutetaan polttoaineiden verotusta ohjausvaikutuksen tehostamiseksi.
- (5) Edistetään pellettien, halkojen ja pilkkeiden puhdasta polttoa.

Edellä esitettyjen toimien 1–3 yhteenlaskettu vaikutus on arviolta noin 0,2-0,3 Mt CO₂ vuonna 2030.

Jätehuolto

Jätehuollon päästöt ovat peräisin pääasiassa kaatopaikoista ja mädätyksestä. Nämä päästöt vähenevät tehokkaasti nykyisillä toimilla. Jätteenpolton päästöt sen sijaan kasvavat lisääntyneen polttokapasiteetin seurauksena.

- (1) Selvitetään jätteenpolton päästöjen siirtäminen päästökaupan piiriin ottaen huomioon myös vaikutukset jätehuollon tavoitteiden toteutumiseen.
- (2) Valvotaan ja seurataan kaatopaikka-asetuksen toimeenpanoa.

Toimenpiteen (1) toimilla päästöt voivat vähentyä enintään 0,6 Mt vuodessa.

F-kaasut

Fluorattujen kasvihuonekaasujen (F-kaasujen) päästöt aiheutuvat erilaisista lähteistä, joissa käytetään synteettisiä fluorihilivetyjä (HFC-yhdisteet), perfluorihilivetyjä (PFC-yhdisteet) tai rikkiheksafluoridia (SF₆). F-kaasut ovat hiilidioksidin verrattuna voimakkaita tai hyvin voimakkaita kasvihuonekaasuja ja usein pitkäikäisiä ilmakehässä. Nykytoimilla F-kaasujen päästöt vähenevät varsin tehokkaasti, mutta tietyllä viiveellä.

- (1) Vältetään julkisen sektorin hankinnoissa F-kaasuja sisältäviä laitteita.
- (2) Edistetään vaihtoehtoisten teknologioiden käyttöönottoa ja tehostetaan F-kaasujen talteenottoa koulutuksen ja tiedotuksen keinoin.
- (3) Selvitetään ja demonstroidaan paikallisiin oloihin soveltuvia vaihtoehtoisia teknologioita.

Näiden toimien yhteenlaskettu vaikutus on arviolta noin 0,2 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030.

Työkoneet

Työkoneiden päästöjä voidaan vähentää parantamalla niiden energiatehokkuutta tai siirtymällä vaihtoehtoisiin polttoaineisiin tai käyttövoimiin.

- (1) Bionesteen sekoitevelvoite otetaan käyttöön ja sekoitesuhde lisääntyy etupainotteisesti vuoden 2030 10 %:n osuutta kohti. Ohjauskeinona on jakeluelvoitelain muutos.
- (2) Edistetään biokaasun käyttöä työkoneissa.
- (3) Osallistutaan EU-tasolla työkoneiden CO₂-sääntelyn kehittämiseen.
- (4) Muutetaan lämmityspolttoaineiden verotusta.
- (5) Edistetään energiatehokkaiden ja vähäpäästöisten työkoneiden osuuden lisääntymistä julkisten hankintojen (laitteet ja palvelut) kautta.
- (6) Edistetään työkoneiden energiatehokasta käyttöä informaatio-ohjauksen keinoin.
- (7) Vahvistetaan työkoneiden CO₂-päästövähennyksiin liittyvää tietopohjaa.

Näiden toimien arvioitu päästövähennysvaikutus on noin 0,15-0,35 Mt CO₂ vuonna 2030.

Muut sektorit

Polttoaineiden käytöstä aiheutuu jossain määrin ensisijaisesti energiaperäisiä päästöjä taakanjakosektorilla. Myös näihin päästöihin on syytä kohdistaa toimia.

- (1) Edistetään polttoöljykattiloiden korvaamista kiinteän polttoaineen kattiloilla.
- (2) Tehostetaan energiakatselmustoimintaa energia- ja ilmastostrategian linjausten mukaisesti.
- (3) Muutetaan polttoaineiden verotusta ohjausvaikutuksen tehostamiseksi.

Poikkileikkaavat toimet

Vaikuttaminen kulutukseen ja kulutuskäyttäytymiseen on keskeinen tapa vaikuttaa kulutusperäisiin kasvihuonekaasupäästöihin. Suunnitelmassa on määritelty joukko toimia, joilla voidaan vähentää kulutusperäisiä päästöjä. Päästölaskennassa nämä vähennystoimet näkyvät taakanjakosektorilla käytännössä esimerkiksi liikenteen, erillislämmityksen ja maatalouden päästöissä.

Suunnitelmassa on kiinnitetty huomiota kuntien harjoittamaan ilmastopolitiikkaan, jota halutaan myös mahdollisuuksien mukaan tukea ja vahvistaa. Kuntien ja valtion välistä vuorovaikutusta ilmastopolitiikassa on edelleen tarpeen tiivistää. Julkiset hankinnat tarjoavat varteenotettavan mahdollisuuden edistää ilmastopolitiikan tavoitteita käytännön toiminnassa julkisella sektorilla.

Lisäksi suunnitelmassa on huomioitu puhtaan ja älykkään teknologian merkitys siirryttäessä kohti hiilineutraalia ja resurssitehokasta yhteiskuntaa. Myös osaaminen ja koulutustarpeet on todettu tärkeiksi elementeiksi.

3. KUVAUS TUTKIMUSMETODEISTA JA -MALLEISTA

3.1 Energiajärjestelmämallinnus

Työn keskeinen työkalu on VTT:llä kehitetty laaja järjestelmämalli: TIMES-VTT, joka kattaa koko maailman energian tuotannon ja kulutuksen sekä kasvihuonekaasupäästöt. Tarkemmin mallissa on kuvattu Suomen, Pohjoismaiden ja muun Euroopan energiajärjestelmät. Menetelmällisesti malli on niin sanottu osittaistasapainomalli, joka maksimoi kuluttajien ja tuottajien yhteenlaskettua taloudellista ylijäämää. Malli sisältää yksityiskohtaisen kuvauksen sekä energian tuotannon ja käytön nykyjärjestelmästä että tulevaisuuden investointivaihtoehtojen teknologioista.

TIMES-VTT-mallin laaja tietokanta sisältää yksityiskohtaisen kuvauksen nykyisestä energiajärjestelmästä mukaan lukien energiantuotanto ja -siirtojärjestelmä, rakennuskanta, asumisen ja palvelujen energian käyttökohteet, autokanta ja muu liikennevälinekanta, energiain-tensiivisten teollisuustuotteiden tuotantoprosessit ja -laitokset, muun teollisuuden energian loppukäyttökohteet sekä maa- ja metsätalouden energiakäyttö. Mallin tietokanta sisältää myös arviot nykyisen energiajärjestelmän poistumasta, kuten energiantuotantolaitosten, rakennusten ja autokannan poistumasta.

Energiajärjestelmämallin tuloksena saadaan sellaisen hankinta- ja loppukäyttöjärjestelmän kehitys, jolla hyötyenergian kysyntä voidaan tyydyttää mahdollisimman kustannustehokkaasti, ottaen huomioon muun muassa verot, tuet ja investointien tuottovaatimukset. Lisäksi mallissa voidaan asettaa järjestelmän kehitykselle monenlaisia rajoitteita. Esimerkiksi useille energian tuotantomuodoille on asetettu tuotannon, kapasiteetin tai markkinaosuuden ylä- tai alarajoja, joita ratkaisun täytyy noudattaa. Taakanjakosektorin päästöille asetettu päästökatto on myös esimerkki työssä mallinnetussa WAM-skenaariossa asetetuista rajoitteista. Energian kulutusta ja tuotantoa tarkastellaan mallissa samoin periaattein, jolloin energian käytön tehostusmahdollisuuksien ja tuotantoinvestointien keskinäinen vuorovaikutus tulee otetuksi huomioon.

TIMES-VTT-mallin laskema energian kulutus ja päästöjen kehitys riippuvat monista lähtötietoina annetuista tekijöistä. Keskeisiä mallin käyttämiä lähtötietoja ovat:

- talouden eri sektoreiden kehitys eli teollisuussektoreiden, kotitalouksien, palvelujen, maa- ja metsätalouden ja kaivannaisteollisuuden kehitys;
- energiaintensiivisen teollisuuden toimialojen eri tuotteiden tuotannon kehitys;
- nykyinen autokanta ja muu liikennevälinekanta sekä liikkumis- ja kuljetustarpeiden kehitys liikennemuodoittain;
- nykyinen rakennuskanta sekä asuinpinta-alan kehitys rakennustyypeittäin;
- nykyiset energia- ja ilmastopoliittiset ohjaukeinoet ml. energia- ja päästöverot, tuet, päätetyt energian käytön tehostamista koskevat määräykset, säädökset jne.;
- nykyisen energiajärjestelmän laitos- ja laitekannan laskennallinen poistuma ja käytettävissä olevien teknologiavaihtoehtojen oletettu kehitys kaikilla sektoreilla sekä teknisten parametrien että kustannusten osalta.

TIMES-VTT-mallin lähtövuosi 2010 on kalibroitu kaikkien maiden osalta IEA:n (International Energy Agency) yksityiskohtaisiin energiataseisiin. Suomen osalta ne perustuvat Tilastokeskuksen IEA:lle toimittamiin tilastoihin, mutta ovat laskentatavaltaan hieman kansallisesta energiatilastoinnista poikkeavia.

3.2 Kuvaus FINAGE-mallista

Energia- ja ilmastopoliittisten toimien vaikutuksia Suomen kansantalouteen arvioitiin kansantaloutta kuvaavan laskennallisen tasapainomallin avulla. Tasapainomalli kuvaa taloutta lähtökohtanaan kotitalouksien, yritysten ja julkisten sektoreiden päätökset. Kotitalouksien keskeisiä päätöksiä ovat kulutus ja säästämisspätökset sekä työn tarjonta. Yritykset päättävät tuotantopanosten – työn, pääoman ja välituotteiden – käytöstä sekä investoinneista. Julkisten sektoreiden toimintaa kuvaavat ennen kaikkea erilaiset verotuksen rakenteet sekä tulonsiirrot kotitalouksille ja toisille julkisille toimijoille. Ulkomaita tarkastellaan lähinnä viennin ja tuonnin näkökulmasta, mutta lisäksi mallissa seurataan kansantalouden ulkoisen velan ja varallisuuden kehittymistä. Pitkän aikavälin tarkastelussa ulkoinen tasapaino nousee jopa määrääväksi. Kysynnän ja tarjonnan tasapaino toteutuu hintamekanismien kautta.

Tasapainomallein tehtävä vaikutusarviointi vertaa politiikkatoimenpiteiden (WAM-skenaario) vaikutuksia talouden kehityksen perusskenaarioon (WEM-skenaario), jossa tulevaisuutta peilataan nykykäsitykseen maailmanmarkkinoiden ja kotimaisen talouden kehityksestä. Kehitykseen vaikuttavasta politiikasta tehdään yleensä ”business-as-usual”-oletus eli jo tehdyt politiikkapäätökset otetaan huomioon. Usein tämänkin vaatii tulevaisuudessa toteutettavan politiikan vaikutuksien huomioimista. Suomen talouden kehityksen kannalta tekeillä on useita uudistuksia, jotka vaikuttavat merkittävästi talouden kasvupotentiaaliin lähivuosina. Honkatukia ja Lehmus⁷ ovat arvioineet hallituksen keskeisten rakenneuudistusten vaikutuksia. Sote-uudistus on yksi tärkeimmistä, mutta sen toteutuksesta ei aiemmin ole juurikaan ollut käytettävissä tarkempia tietoja.

3.3 Ympäristövaikutusten arviointi (SOVA)

Käytetty ympäristövaikutusten määritelmä on laaja ja on SOVA-lain (200/2005) § 2 pykälän mukainen. Ympäristövaikutuksella tarkoitetaan suunnitelman tai ohjelman välitöntä ja välillistä vaikutusta Suomessa ja sen alueen ulkopuolella:

- a) ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen;
- b) maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvillisuuteen, eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen;
- c) yhdyskuntarakenteeseen, rakennettuun ympäristöön, maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön;
- d) luonnonvarojen hyödyntämiseen;
- e) a–d alakohdassa mainittujen tekijöiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin.

Määritelmän laajuudesta johtuen merkittävä osa tarkastelusta on laadullista. Arvioinnissa on pyritty tunnistamaan esitettyjen toimien ja linjausten merkittävimpiä ympäristönäkökulmia ja osa-alueita, joiden ympäristövaikutuksiin tulisi paneutua keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan toimeenpanovaiheessa ja vaikutusten seurannassa. Tällaisia ovat erityisesti vaikutukset kasvihuonekaasujen päästöihin ja ilmastomuutokseen, vaikutukset ilmansaasteisiin ja

⁷ Honkatukia, J. & Lehmus, M. (2016). Suomen talous 2015-2030: Laskelmia politiikkatoimien vaikutuksista. VATT tutkimukset 183.

edelleen ihmisten terveyteen sekä vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen, metsien hiilinieluihin ja vesistöihin. Lisäksi on tarkasteltu ohjauskeinoiniin liittyviä keskeisiä sosioekonomisia tekijöitä.

Toimien ja linjausten ympäristövaikutuksia on arvioitu erikseen siten, että muiden tekijöiden on oletettu pysyvän muuttumattomina (ns. *ceteris paribus* -periaate). Toimiin ja linjauksiin liittyvien ympäristövaikutusten luonnetta ja laajuutta on siis periaatteessa lähestytty vertaamalla tilannetta, jossa yksittäinen toimi tai linjaus toteutetaan tilanteeseen, joka on identtinen, lukuun ottamatta toimen tai linjauksen toimeenpanoa. Koska yksittäiset toimet ja linjaukset kuitenkin vaikuttavat myös toisiinsa, vaikutuksia ei ole kokonaan voitu arvioida yksiselitteisesti vain yksittäisille toimille tai linjauksille. Joiltakin osin on tällöin arvioitu toimien ja linjausten yhteisvaikutuksena syntyvää kokonaisvaikutusta.

Ympäristövaikutukset ilmenevät Suomessa ja osittain Suomen rajojen ulkopuolella. Kasvihuonekaasujen osalta vaikutuksia ilmenee Suomessa taakanjakosektorin lisäksi myös päästökauppasektorilla ja maankäyttösektorilla (LULUCF) sekä kokonaan Suomen rajojen ulkopuolella. Luvussa 10 ja liitteessä 1 esitetyssä SOVA-arvioinnissa tarkastellaan KAISU:ssa eri sektoreille esitettyjen toimien ja linjausten merkittävimpiä potentiaalisia ympäristövaikutuksia. Arvio toimien ja linjausten vaikutuksista taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästöihin on laadittu VTT:n toimesta ja arvion tulokset on raportoitu luvussa 4.2 erikseen.

KAISU:n ympäristövaikutusten arviointia koskevan tarkastelun lähtökohtana on ollut yleinen arvio mahdollisista ympäristövaikutuksista. Tarkastelua varten asiantuntijat ovat koonneet eri lähteistä tarkempia arvioita siitä, mitä kehityssuuntia esitetyt toimet voivat toteutuessaan vahvistaa ja mitä mahdollisia vaikutuksia toimet voivat korostaa. Toimien luonne on energia- ja ilmastostrategian linjauksia konkretisoiva tai niihin nähden pieniä muutoksia edistävä. KAISU ei edusta radikaalia suunnan muutosta Suomen ilmastopolitiikassa. Luvussa 10.1 esitettävän yleiskuvan lisäksi arvioinnissa on tarkasteltu toimenpidekohtaisesti valittujen vaikutusten syntymistä sekä erityisesti tunnistettu merkittävimpiä vaikutuksia taakanjakosektorilla tapahtuvien kasvihuonekaasujen päästövähennysten lisäksi (liite 1).

Vaikutusten arvioinnissa on hyödynnetty kirjallisuuden lisäksi ENVIMAT-mallia (Suomen talouden materiaalivirtojen ympäristövaikutukset)⁸, ja FRES-mallia (ilmansaasteiden päästöjen ja niiden vaikutusten alueellinen päästöskenaariomalli)⁹. Pienhiukkasten terveysvaikutusten arvioinnissa on käytetty lisäksi Tilastokeskuksen Ruututietokantaa¹⁰ ja väestöennusteita, sekä WHO:n suosittelemia altiste-vastefunktioita¹¹.

3.4 Kulutuksen toimien arviointi

KAISU:ssa on tehty kulutukseen liittyviä oletuksia määriteltäessä lisäpäästöpäästövähennystoimia. Toisaalta KAISU:ssa esitetyillä toimilla on vaikutuksia myös kulutukseen. Luvussa 8 on esitetty yleisiä arvioita siitä, minkä suuruusluokan päästövaikutuspotentiaaleja kulutusmuutoksilla voisi olla vielä KAISU:ssa esitettyjen päästövähennysten lisäksi. Tehtyjen oletusten seurauksena ei arvioida sitä, kuinka realistista vaikutusten toteutuminen on. Kulutuksen toimien päästövähennysten arviointi on perustunut kirjallisuuskatsaukseen, päästövähennyskeinoista tässä työssä tehtyihin erillisiin uusiin arvioihin ja TIMES-VTT-mallilla (ks.

⁸ Ks. ENVIMAT-mallin tarkempi kuvaus http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Suomen_talouden_materiaalivirtojen_ymparistovaikutukset_ENVIMAT/Suomen_talouden_materiaalivirtojen_ympar%289945%29.

⁹ Karvosenoja, N. 2008. Emission scenario model for regional air pollution. Monographs Boreal Environ. Res. 32.

¹⁰ <https://www.stat.fi/tup/ruututietokanta/index.html>

¹¹ WHO 2013. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. World Health Organization, Regional Office for Europe, Bonn, pp. 60.

myös luku 3.1) laskettuihin analyysieihin. Arvioinnissa on otettu huomioon ne asumiseen, liikkumiseen, ruoan ja muuhun kulukseen kytkeytyvät toimenpiteet, jotka sisältyvät KAISU:n päästövähennysten taustalla olevaan perusskenaarioon (WEM) sekä lisätoimiskenaarioon (WAM). Tämän lisäksi tarkasteluun on otettu mukaan KAISU:n WAM-skenaarioon sisällyttämättömiä muita mahdollisia kulutuksen toimia ja arvioitu niiden päästövähennyspotentiaaleja ja toteuttamiseksi tarvittavia ohjauskeinoja.

TIMES-VTT-mallin yksityiseen kulutukseen liittyviä oletuksia ja laskentaa on tarkasteltu alla. Mallitarkasteluissa yksityisen kuluttajan valintoja on mallinnettu endogeenisina (eli mallin on annettu laskea ne kuluttajan investointipäätöksistä tehtyjen perusolettamusten avulla) ainakin seuraavissa energiapalvelujen tuottamisessa:

- Kotitalouslaitteiden ja valaistuksen tekniikkavalinnat
- Lämmitysjärjestelmien (uusimisen) tekniikkavalinnat
- Lämmityksen ominaiskulutuksen pienentäminen remontoimalla
- Jäähdytysjärjestelmien tekniikkavalinnat
- Liikenteen ajoneuvojen tekniikkavalinnat
- Kiinteistökohtaisten aurinkosähköjärjestelmien hankinta.

TIMES-VTT-malli käsittelee siis energiankäytön tehostustoimia investointipäätöksinä. Kulutushuippujen tasausta kuluttajan kysyntäohjauksella ei näissä skenaarioissa ole mallinnettu. Tiettyjä kuluttajan valintoja on mallinnettu eksogeenisina (l. annettuina lähtötietoina) KAISU:n WEM- ja WAM-skenaarioiden määrittelyjen mukaisesti. Esimerkiksi liikennemuotojen valinnoissa (lisää kävelyä, pyöräilyä ja julkista liikennettä) malliin on syötetty KAISU:n WEM- ja WAM-skenaarioiden oletusten mukaiset lähtötiedot. Eksogeeniset oletukset tarkoittavat sitä, että esimerkiksi jonkin tekniikan markkinaosuuden kehitys, jonkun kysynnän komponentin tai jonkun tuotantomuodon kehitysarvio annetaan suoraan malliin lähtötietona, eikä malli optimoi sitä laskennan tuloksena.

TIMES-VTT-malli ei kuvaa esimerkiksi ruokajätteen määrän ja ruokailutottumusten muutosten vaikutuksia maataloustuotannon kehitykseen eikä malli tältä osin arvioi kulutuksen vaikutuksia maatalouspäästöihin. Ruokaan liittyvät arvoinnit eivät perustu TIMES-VTT-mallin tuloksiin, vaan Luonnonvarakeskuksen ”Vähähiilisen maa- ja elintarviketalouden ja maaseudun tulevaisuudet vuoteen 2030” (VÄHÄMITU) -hankkeen tuloksiin¹² ja ruokajätearvioihin¹³ sekä niihin liittyviin kuluttajakäyttäytymisen asiantuntija-arvioihin.

Luonnonvarakeskuksen tutkimuksen mukaan ruokatottumusten muutoksiin liittyy 1-2 Mt CO₂-ekv. vuosittainen päästövähennyspotentiaali kotimassa. Tutkimuksen perusteella muutos edellyttäisi lihan ja erityisesti lihavalmisteen kulutuksen vähentämistä. Niiden käyttö korvattaisiin ravitsemussuositusten mukaisilla ruokavaihtoehdoilla. Kotimaisten päästövähennysten realisoituminen edellyttäisi kuitenkin kuluttajien ruokatottumusten laajamittaista muutosta ja uusia maatalouspoliittisia linjauksia, joilla vähentynyt kotimaan kysyntä vaikuttaisi myös kotimaan tuotantomäärään. Koska tällaisiin muutossuuntiin liittyy suuria

¹² Saarinen, M., Tahvonon, R., Joensuu, K. 2015. Kuluttajakäyttäytymisen muutos vähähiilisyteen kannustajana. Rikkinen ja Heidi Rintamäki (toim.): Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2015 Ilmastonmuutoksen hillintävaihtoehtojen ja -skenaarioiden tarkastelu maa- ja elintarviketaloudessa vuoteen 2030. Luonnonvarakeskus, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2015.

¹³ Silvennoinen, K., Katajajuuri, J.-M., Hartikainen H., Heikkilä, L., Reinikainen, A. 2015 Food Waste and Related Climate Impacts. In Ari Paloviita & Marja Järvelä (Ed.) Climate Change Adaptation and Food Supply Chain Management. p. 183-193. Routledge.

epävarmuuksia, ruokatottumusten vaikutukseksi taakanjakosektorin päästöihin arvioidaan tässä yhteydessä vain 0,1-0,5 Mt CO₂ ekv./v vuoteen 2030 mennessä (ks. kohta 8.3).

Ruokahävikin pienentämisen vaikutukset taajanjakosektorilla on vaikeasti arvioitavissa ja lopputulos riippuu viime kädessä siitä, mitä tapahtuu vähentyneen ruoantuotannon kautta vapautuneille peltohehtaareille. Jos ruokahävikki puolitettaisiin vuoteen 2030 mennessä, päästövähennykset jäisivät todennäköisesti alle 0,15 Mt CO₂ ekv./v. Tämäkin edellyttäisi, että merkittävä määrä pienentyneen ruoantuotannon seurauksena vapautuneista pelloista poistuisi maatalouskäytöstä pysyvästi metsityksen seurauksena (ks. kohta 8.3).

Kulutuksen erillisarviointien perusteet ja niissä käytettyjen sähkön ja kaukolämmön päästökerroimet on dokumentoitu erikseen kulutusta koskevassa erillisraportissa¹⁴. Koska sähkön ja kaukolämmön kysyntään kohdistuvat vaikutukset aiheutuvat pääsääntöisesti päästökaupasektorilla, on niillä päästöoikeuksien kysyntään liittyviä vaikutuksia, joita ei kuitenkaan ole tässä yhteydessä tarkasteltu.

¹⁴ Seppälä, J., Nissinen, A., Kupiainen, K., Karvosenoja, N., Tainio, P., Mattinen, M., Soimakallio, S., Koljonen, T., Lehtilä, A., Ekholm, T., Saarinen, M., Silvennoinen, K. 2017. Kulutusnäkökulma ilmastopolitiikassa - toimien vaikutusarvioita. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, julkaistaan 2017.

4. JÄRJESTELMÄMALLILASKELMIEN MUKAISET PERUSTOIMET

Antti Lehtilä, VTT

4.1 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys

Tarkastelussa käytetty TIMES-VTT energiajärjestelmämalli kattaa kaikki Kioton protokollan käsittelemät neljä tärkeintä kasvihuonekaasulajia, eli hiilidioksidin (CO₂), metaanin (CH₄), typpioksiduulin (N₂O) ja niin sanotut F-kaasut. HFC- ja PFC-yhdisteiden sekä SF₆:n rinnalle uutena F-kaasulajina mukaan tulleen typpitrifluoridin (NF₃) päästöjä ei kansallisen inventaarin mukaan Suomessa käytännössä ole. Kuvassa 2 on esitetty Suomen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys TIMES-mallilla lasketuissa WEM- ja WAM-skenaariossa (ilman LULUCF-sektoria).

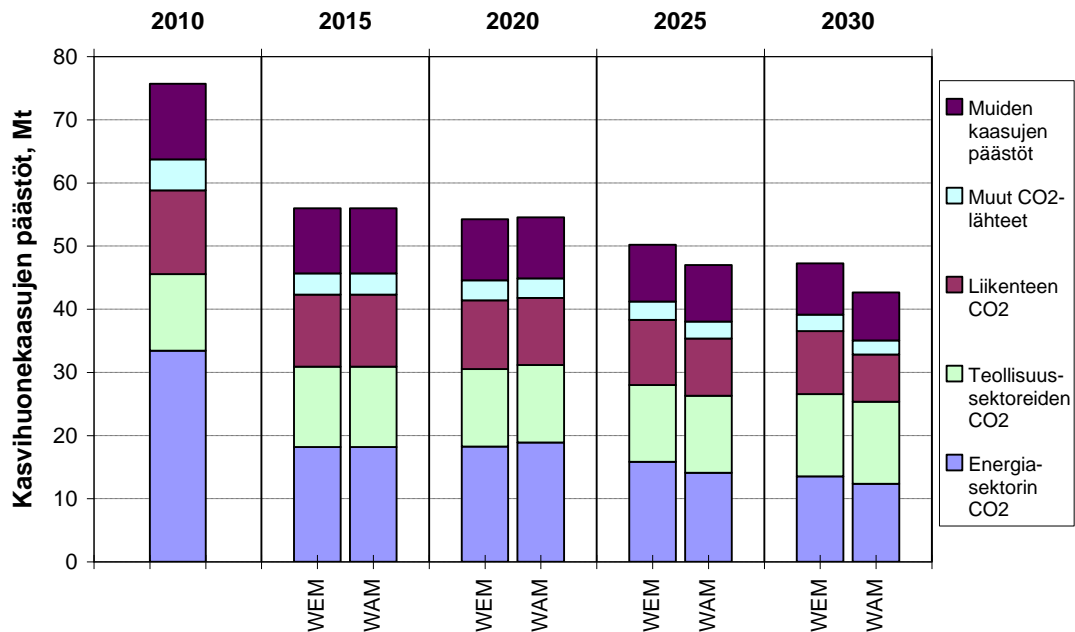
Tulosten mukaan päästöjen kokonaismäärä on vuonna 2020 kummassakin skenaariossa noin 54 Mt CO₂-ekv., eli jo 24 % vähemmän kuin vertailuvuonna 1990. Päästöurat kuitenkin erkaantuvat toisistaan selvästi 2020-luvulla, siten että TIMES-WAM-skenaariossa kokonaispäästöjen vähennys on vuonna 2025 jo 34 % vuoden 1990 tasosta ja vuonna 2030 noin 40 %. Suomi saavuttaa siten WAM-skenaariossa EU:n yhteisen tavoitteen mukaisen 40 %:n päästövähennyksen.

Päästöjen jakautumista päästökauppa- ja taakanjakosektorille ja edelleen taakanjakosektorin päästöluokkiin on havainnollistettu kuvassa 3. Kuvasta nähdään, että lisätoimet (TIMES-WAM-skenaario) vaikuttavat voimakkaimmin taakanjakosektorin CO₂-päästöihin, jotka pienenevät niiden ansiosta noin 23 % TIMES-WEM-skenaarion tasosta vuoteen 2030 mennessä. Myös maatalouden N₂O-päästöt (eloperäiset turvemaat) ja F-kaasupäästöt vähenevät merkittävästi niihin kohdistuvien toimien ansiosta. Metaanipäästöihin lisätoimien vaikutus jää pienimmäksi, mutta tulosten mukaan jätehuollon piirissä on jonkin verran päästöjen lisävähennysmahdollisuuksia, jotka tulevat TIMES-WAM-skenaariossa käyttöön. Jäljempänä luvussa 4.2 on eritelty toimien vaikutusta taakanjakosektorin päästöihin päästölähdeluokitain. Energia- ja ilmastostrategian päästökauppasektoriin vaikuttavia toimia olivat uusiutuvan sähköntuotannon tuotantotuki (2 TWh) ja kivihillen käytöstä luopuminen, jotka vähentävät päästökauppasektorin päästöjä. Toisaalta KAISU:n toimista jätteenpolton siirto päästökauppasektorille lisää päästökauppasektorin päästöjä. Eri suuntiin vaikuttavien tekijöiden yhteisvaikutuksena päästökauppasektorin päästöt ovat vuonna 2030 kuitenkin TIMES-WAM-skenaariossa 0,2 % pienemmät kuin TIMES-WEM-skenaariossa. Tässä tulee lisäksi huomioida, että mallilaskelmissa kivihillen käyttöä ei täysin kielletty TIMES-WAM-skenaariossa ja toisaalta myös TIMES-WEM-skenaariossa hiilen käyttö pieneni voimakkaasti, jonka vuoksi erot skenaarioiden välillä jäävät vähäisiksi.

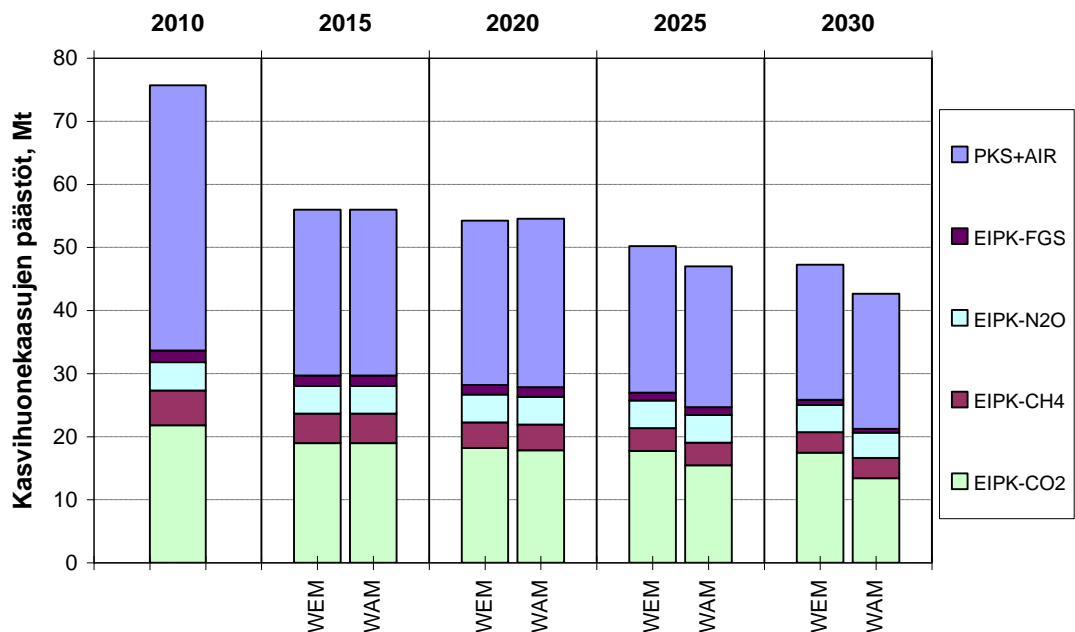
Taakanjakosektoriin sisältyvä osa teollisuudesta ja energiatuotannosta kattaa lukuisan joukon toimialoja ja toimijoita, joiden päästöistä ei ole saatavilla tarkkaa tilastointia, ja joiden päästövähennyspotentiaalia on voitu arvioida mallissa ainoastaan karkealla tasolla. Tuloksista voidaan kuitenkin nähdä, että näidenkin alojen päästöt vähenevät sekä perusskenaariossa että TIMES-WAM-skenaariossa, jossa lisävähennyksiä saadaan paitsi tuotantorakennusten lämmityksessä, pääosin sekoitevelvoitteen ansiosta, myös jonkin verran muussa

energiankäytössä tehostumisen ja sähköistymisen ansiosta. Epävarmuuksien vähentämiseksi taakanjakosektoriin kuuluvan teollisuuden ja energiantuotannon päästöjä sekä niiden vähennyspotentiaalia olisi jatkossa selvitettävä tarkemmin.

Kuva 2. Kasviuonekaasujen päästöt (Mt CO₂-ekv.) TIMES-WEM- ja TIMES-WAM-skenaarioissa.



Kuva 3. Kasviuonekaasupäästöjen (Mt CO₂-ekv.) jakautuminen päästökauppa- ja taakanjakosektoreille TIMES-WEM- ja TIMES-WAM-skenaarioissa.



4.2 Päästöjen vähennykset taakanjakosektorilla

Taakanjakosektorin päästövähennystavoite on vuodelle 2020 16 % vuoteen 2005 verrattuna ja vuodelle 2030 se on EU:n komission antaman ehdotuksen mukaan 39 % vuoteen 2005 verrattuna. Vuoden 2030 tavoitteen saavuttamiseksi on käytettävissä useita jousto- ja muita keinoja:

- jätteenpolton päästöjen siirto päästökaupparektorille;
- kertaluonteinen mahdollisuus siirtää 2 prosenttiyksikön edestä päästöyksiköitä EU:n päästökaupan puolelta taakanjakosektorille;
- rajoitettu kompensatio LULUCF-sektorin laskennallisista, vertailutasoihin suhteutetuista hiilinieluista (voi tosin tarkoittaa myös lisätaakkaa, mikäli LULUCF-sektori muodostuu laskennalliseksi päästökseksi);
- päästöyksiköiden hankkiminen muilta jäsenvaltioilta ja ns. ajalliset joustot.

TIMES-VTT-laskelmissa otettiin huomioon vain kaksi ensin mainittua joustokeinoa. Jätteenpolton päästöjen oletettiin siirtyvän päästökaupan piiriin kokonaisuudessaan suunnilleen vuonna 2022. Taakanjakosektorin laskennallinen päästöjen tavoitepolku, ministeriöiden laatima päästöjen perusskenaario (TEM-WEM) sekä TIMES-mallilaskelmien mukaiset taakanjakosektorin päästöjen kehitysurat on esitetty kuvassa 4. Mallitulosten mukaan TIMES-WEM-skenaariossa päästöt olisivat noin 26 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030, kun joustoilla korjattu tavoitetaso on 21,2 Mt CO₂-ekv. Päästöjen lisävähennystarpeeksi jää siten TIMES-WAM-skenaariossa runsaat 4,6 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030. Kuvasta nähdään, että TIMES-WEM-skenaarion mukainen päästöura on hieman alhaisempi kuin ministeriöissä laadittu päästöura (TEM-WEM). Myös TIMES-WAM-skenaarion päästöt alittavat lineaarisen tavoitepolun ennen vuotta 2030, eli TIMES-mallitarkasteluissa KHK-päästöjä vähennetään hieman riippämmmin kuin mitä lineaarinen tavoitepolku edellyttäisi.

Lisätoimien päästövaikutusten jakaantuminen eri sektoreille on esitetty tarkemmin kuvassa 5 ja taulukossa 1. Taulukossa 1 on myös verrattu TIMES-tuloksia KAISU:ssa arvioituihin päästövähennyspotentiaaleihin.

Lisätoimien vaikutuksista suurin epävarmuus kohdistuu liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseen ja sitä kautta saataviin päästövähennyksiin. Niiden arvioitiin keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmassa voivan olla noin 1 Mt CO₂-ekv. vuodessa, mutta laskelmissa käytetyt oletukset johtavat hieman varovaisempaan, 0,7 Mt CO₂-ekv.:n suuruiseen päästövähennykseen. Ainoa ajoneuvojen energiatehokkuuden parantamiseen kohdistuva lisätoimi WAM-skenaariossa oli vähäpäästöisiin käyttövoimiin perustuvien ajoneuvojen lisäys, ja muu ajoneuvojen tehostuminen oli huomioitu jo WEM-skenaariossa.

Lämmitysöljyn sekoitevelvoitteen lisäksi rakennusten lämmityksen päästöjä vähentävät jonkin verran myös mallin valitsemat muut toimet, kuten lämpöpumppujen lisääminen. Jätteenpolton päästökauppaan siirtyvä päästö määrä on mallissa laskettu laitosten käytön mukaisesti, olettaen ei-uusiutuvien jakeiden osuudeksi 40 % jätteen energiasisällöstä. Jätehuollon muiden päästöjen vähennyksestä (0,1 Mt) saadaan aikaan noin 60 % kaatopaikkakaasun talteenoton tehostamisella ja 40 % jätevesien käsittelyn tehostamisella.

Taulukko 1. Päästöjä vähentävien lisätoimien toteutuminen TIMES-WAM-skenaariossa ja KAISU:ssa raportoidut päästövähennyspotentiaalit (Mt CO₂-ekv.)

Lisätoimi	Vaikutus 2030	
	TIMES	KAISU
Liikennejärjestelmän energiatehokkuus: Henkilöliikenne	0,6 Mt	0,7 Mt
Liikennejärjestelmän energiatehokkuus: Tavaraliikenne	0,1 Mt	0,3 Mt
Moottoripolttoaineiden sekoitevelvoitteiden nosto 30%:iin	1,6 Mt	1,5 Mt
Ajoneuvojen energiatehokkuuden parantaminen	0,3 Mt	0,6 Mt ¹
Työkoneiden sekoitevelvoitteen käyttöönotto ja sähköistyminen	0,2 Mt	0,5 Mt
Asuin- ja palvelurakennukset: öljyn sekoitevelvoite ja sähköistyminen	0,2 Mt	0,2 Mt
Tuotantorakennukset: öljyn sekoitevelvoite ja sähköistyminen	0,1 Mt	– ²
Taakanjakosektorin teollisuuden energiatehokkuus ja sähköistyminen	0,3 Mt	0,1 Mt
Maatalouden eloperäisten maiden päästöjen rajoittaminen	0,3 Mt	0,5 Mt ³
F-kaasujen talteenoton tehostaminen ja kylmäaineita koskevat kriteerit	0,2 Mt	0,3 Mt
Jätteenpolton siirto päästökauppasektorille	0,6 Mt	0,6 Mt
Kaatopaikkakiellon ja kaatopaikkakaasun keräämisen tehostaminen	0,1 Mt	... ⁴
YHTEENSÄ	4,6 Mt	5,6 Mt

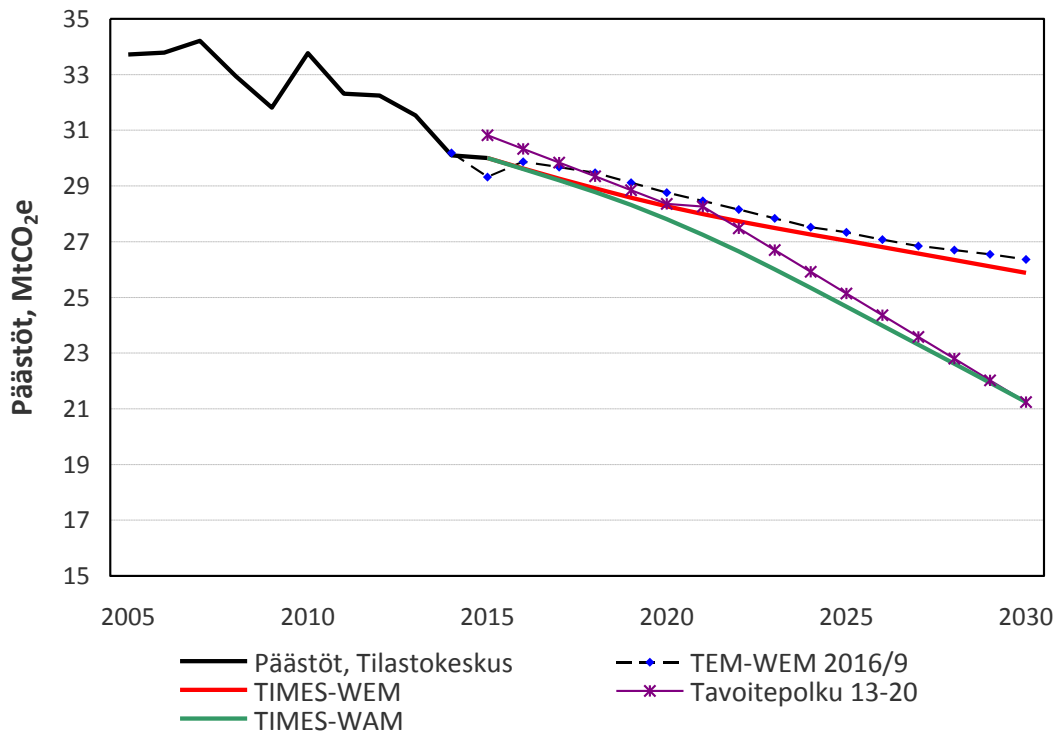
¹ Sisältää sähkö- ja vetyautojen lisäyksen vaikutuksen

² Ei käsitelty KAISU-suunnitelmassa eikä strategian selonteossa

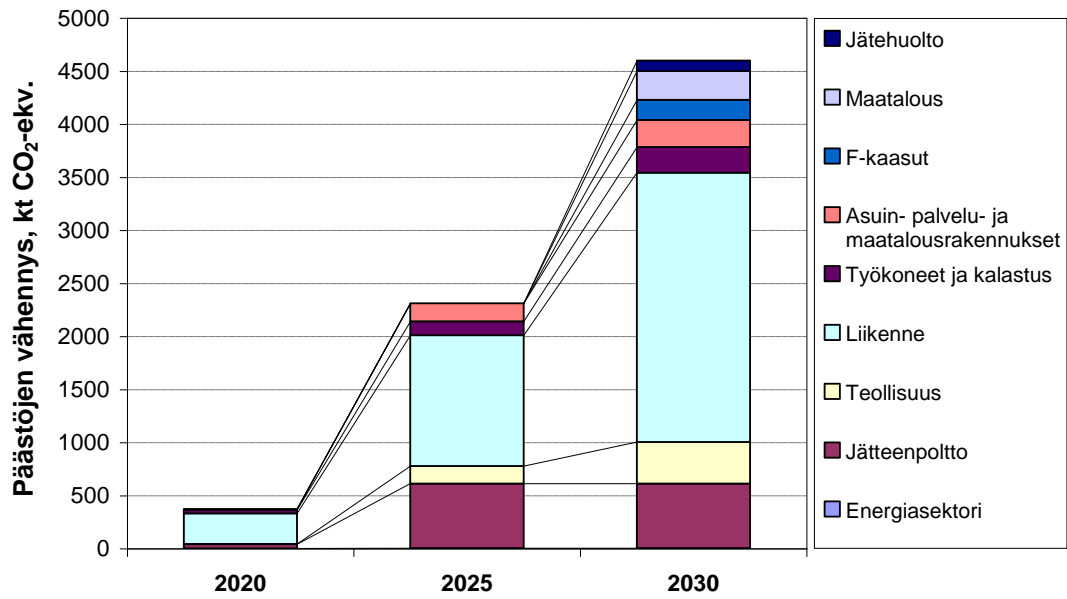
³ Maatalouden KHK-päästövähennykset yhteensä

⁴ Ei arvioitu kvantitatiivisesti KAISU-suunnitelmassa

Kuva 4. Taakanjakosektorin päästöjen kehitys laskennallisissa TIMES-WEM ja -WAM-skenaarioissa sekä KAISU:n (ja energia- ja ilmastostrategian) mukaisessa perusskenaariossa (TEM-WEM).



Kuva 5. Taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästöjen väheneminen TIMES-WAM-skenaariossa TIMES-WEM-skenaarioon verrattuna.



Laskelmien taustalla on lineaarinen päästövähennyspolku, joka asettaa taakanjakosektorille päästökaton vuosille 2020-2030.

5. ARVIOITA MAHDOLLISISTA LISÄTOIMISTA

Antti Lehtilä, VTT

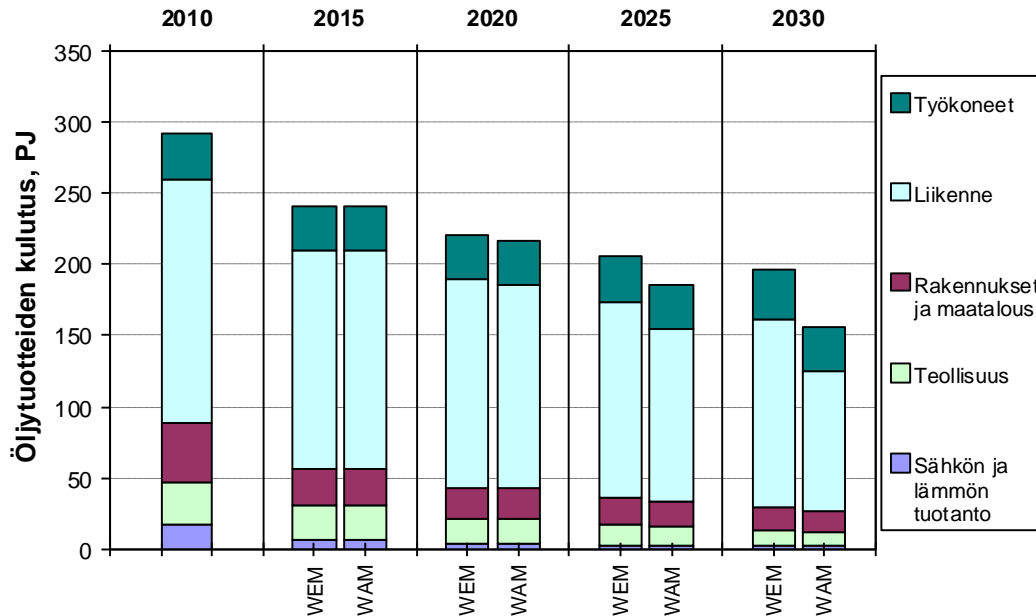
5.1 Lisätoimien tarve

Euroopan komission ehdotuksen mukainen Suomen päästötavoite vuodelle 2030 on 20,6 Mt CO₂-ekv., kun joustomekanismeja ei oteta huomioon. Päästövähennysvelvoite voidaan kuvata lineaarisena päästövähennyspolkuna, jonka lähtöpiste on ehdotuksen mukaan vuoden 2020 kohdalla ja lähtötaso on vuosien 2016–2018 päästöjen keskiarvo. Ministeriöiden laatimassa perusskenaariossa (I. TEM-WEM) vuoden 2030 tavoitteesta jäädyään 5,8 Mt CO₂-ekv. Kun otetaan huomioon kertajousto (0,7 Mt CO₂-ekv./v.), vuoden 2030 tavoitteesta jäädyään siis vielä 5,1 Mt CO₂-ekv.

Kuten edellä on kuvattu, mallilaskelmissa TIMES-WEM-skenaarion päästöt jäävät noin 0,4 Mt CO₂-ekv. pienemmiksi, joten TIMES-WAM-skenaarion lisävähennystarve on vastavasti noin 4,6 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030, joka saavutetaan tulosten mukaan edellä kuvatuilla toimilla. Koska sekä jo perusskenaarion lähtötasossa että monien sektorien lisävähennyksissä on huomattavaa epävarmuutta, lienee syytä varautua myös lisävähennystoimien tarpeeseen.

Jäljempänä tarkastellaan päästöjen lisävähennysmahdollisuuksia ja pyritään arvioimaan saavutettavissa olevien lisävähennysten realistisia vaihteluvälejä. Suuri osa tarkastelluista lisävähennyksistä kohdistuu öljyn käytön lisävähennyksiin, joita on mahdollista saavuttaa erityisesti rakennusten lämmityksessä ja työkoneiden polttoaineiden käytössä. Kuvassa 6 on havainnollistettu mallitulosten mukaista mineraaliöljyn kulutuksen kehitystä TIMES-WEM- ja TIMES-WAM-skenaarioissa. Vaikka öljyn käyttö asuin- ja palvelurakennuksissa, maataloudessa ja työkoneiden polttoaineena vähenee TIMES-WAM-skenaariossa tuntuvasti, se on vuonna 2030 yhä noin 12 TWh, mikä vastaa noin 3,2 Mt:n CO₂-päästöjä.

Kuva 6. Mineraaliöljyn kulutus sektoreittain TIMES-mallitulosten mukaisissa TIMES-WEM- ja TIMES-WAM-skenaariossa vuosina 2010–2030.



5.2 Liikenteen päästövähennykset

Mallilaskelmissa TIMES-WEM-skenaario oli laadittu LVM:n ja VTT:n laskeman liikenteen päästöskenaarion pohjalta, ja sen myötä TIMES-WEM-skenaariossa päästöt olivat alle 1 %:n tarkkuudella samat kuin E&I-strategian TEM-WEM-skenaariossa. TIMES-WAM-skenaarion mallilaskelmissa otettiin huomioon 2030 tavoitteeksi asetettu liikennepolttoaineiden keskimääräinen 30 %:n sekoitevelvoite, sähköautojen vähimmäismäärä 250 000 kpl ja kaa-autojen vähimmäismäärä 50 000 kpl. Ajoneuvojen energiatehokkuuden paranemista ei luotettavien lähtötietojen puutteessa mallinnettu eksplisiittisesti, mutta TIMES-malli tuottaa pieniä tehokkuusmuutoksia myös optimoinnin tuloksena. Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden paraneminen mallinnettiin ajoneuvosuoritteiden arvioidun alenemisen kautta¹⁵.

Keskkipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmaluonnoksessa (KAISU) on liikenteen osalta esitetty seuraavat liikenteen päästövähennysarviot, jotka tuottavat yhteensä 3,1 Mt CO₂-ekv./v päästövähennyksen vuonna 2030:

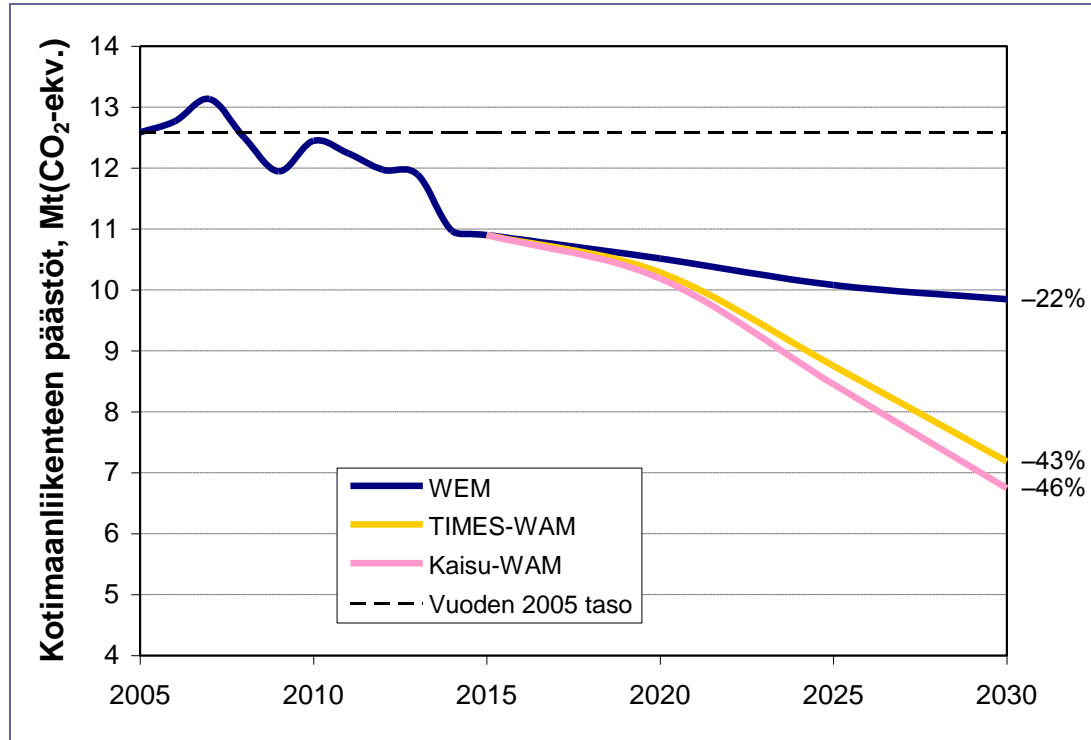
- Uusiutuvat/vähäpäästöiset polttoaineet ja käyttövoimat 1,5 Mt CO₂-ekv./v
- Ajoneuvojen energiatehokkuus 0,6 Mt CO₂-ekv./v
- Liikennejärjestelmän energiatehokkuus 1,0 Mt CO₂-ekv./v

Verrattaessa näitä lukuja TIMES-WAM-skenaarion tuloksiin nähdään, että KAISU-luonnoksessa esitetyt liikenteen päästövähennysvaikutukset vuonna 2030 ovat jonkin verran suuremmat kuin mitä TIMES-WAM-skenaariossa. Vähennysten eroja on havainnollistettu kuvassa 7, jonka mukaisesti TIMES-WAM-skenaario johtaa noin 43 %:n päästövähennykseen, kun taas KAISU-luonnoksessa vähennysprosentiksi tulee noin 46 %. TIMES-WAM-tuloksiin

¹⁵ Laurikko, J. & Mäkelä, K. 2016. Tieliikenteen suoritteet WEM- ja WAM-skenaarioissa. (Sähköpostin välityksellä toimitetut julkaisemattomat Excel-taulukot.)

verrattuna KAISU:n mukainen lisävähennyspotentialiaali on pyöristykset huomioon ottaen noin 0,4 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030.

Kuva 7. Liikenteen CO₂-päästöjen kehitys WEM-skenaariossa, TIMES-WAM-skenaariossa ja KAISU-suunnitelman mukaan vuosina 2010–2030.



5.3 Maatalouden päästövähennykset

Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarvioissa maatalouden päästöjen vähennyspotentialit mallinnettiin TIMES-VTT-laskelmissa Luken toimittamien arvioiden mukaan, pois lukien LU-LUCF-vaikutukset. Syksyllä 2016 saadut arviot on esitetty alla Taulukossa 2. Tammikuussa 2017 laaditussa energia- ja ilmastostrategian vaikutusarvioiden yhteenvetoraportissa¹⁶ Luke esitti maatalouden päästövähennyksistä päivitettyt arviot, jotka on esitetty alla Taulukossa 3. Koska energia- ja ilmastostrategian ja KAISU:n vaikutusarviolaskelmissa on käytetty hieman eri lähtötietoja, alla on esitetty yhteenveto, miten eri maatalouden arviot ovat vaikuttaneet TIMES-tuloksiin erityisesti kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen näkökulmasta.

¹⁶ VNK 2017. Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston kanslia, helmikuu 2017. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017

Taulukko 2. Maatalouden lisätoimet ja niiden kustannukset.

Maatalous, LULUCF ja energia yhteensä	Päästövähennys Mt CO ₂ -ekv.		Kustannus €/t CO ₂ -ekv.	
	2020	2030	Saatu arvio	Oletus
Nurmipeitteisyyden lisääminen eloperäisillä mailla	0	0.389	6,4-20	
Säätösalaojitus eloperäisillä nurmilla	0	0.567	9-43	
Eloperäisten maiden kosteikkoviljely (metsitys)	0	0.340	3,6-8,6	
Eloperäisten maiden alan kasvun pysäyttäminen	0	0.349	25	
Biokaasun tuotannon lisääminen	0	0.363	37	
Yhteensä		2.008		
Maatalous (pois lukien LULUCF ja energia)				
Nurmipeitteisyyden lisääminen eloperäisillä mailla	0	0.074	16.7	16.7
Säätösalaojitus eloperäisillä nurmilla	0	0.135		20.0
Eloperäisten maiden kosteikkoviljely (metsitys)	0	0.060		6.0
Eloperäisten maiden alan kasvun pysäyttäminen	0	0.056		25.0
Biokaasun tuotannon lisääminen	0	0.053		
Eloperäiset maat yhteensä	0	0.324		

Koska eloperäisten maiden päästöjen vähentämistoimista oli siten käytettävissä verrattain hyvät kustannusarviot (ks. Taulukko 2), ne mallinnettiin endogeenisina (l. toteutuvat jos ovat kustannustehokkaita). Näistä toimista toteutuivat lasketussa WAM-skenaariossa kaikki muut paitsi eloperäisten maiden pinta-alan kasvun pysäyttäminen, jonka keskimääräinen yksikkökustannus on suurin. Esitettyjä biokaasun tuotannon lisäämisen kustannuksia ei sen sijaan asetettu malliin, sillä sen arvion laskentaperusteita ei ollut käytettävissä. Mallin tuloksissa biokaasun tuotanto lisääntyy WAM-skenaariossa, ja sillä saavutetaan noin 0,05 Mt CO₂-ekv. päästövähennys (lannan päästöistä). Maatalouden päästöjen kokonaisvähennykseksi saatiin siten TIMES-mallissa 0,32 Mt CO₂-ekv., ja lisävähennysmahdollisuudeksi jää eloperäisten maiden pinta-alan kasvun pysäyttäminen, 0,056 Mt CO₂-ekv.

Taulukko 3. Maatalouden lisätoimet – päivitetyt arviot.

	Päästövähennys 2030 Mt CO ₂ -ekv.		
	Taakanjako	LULUCF	Yhteensä
Eloperäisten maiden viljely monivuotisesti muokkaamatta	0.07	0.32	0.39
Säätösalaojitus eloperäisellä nurmialalla	0.14	0.43	0.57
Eloperäisten maiden metsitys	0.23	0.26	0.49
Eloperäisten maiden kosteikkometsitys	0.01	0.13	0.14
Biokaasun tuotannon lisääminen	0.36	-	0.36
Yhteensä	0.81	1.15	1.95
Eloperäiset maat yhteensä	0.45	1.15	1.59

Taulukoita 2 ja 3 vertaamalla voidaan havaita, missä määrin arviot ovat muuttuneet. Eloperäisten maiden metsityksen vähennyspotentiaaliksi arvioidaan uudemmassa arvioissa taakanjakosektorilla yhteensä 0,24 Mt CO₂-ekv., eli siis 0,18 Mt CO₂-ekv. enemmän kuin aiemmassa arvioissa, mutta pinta-alan kasvun pysäyttämiseksi ei päivitettyssä arvioissa ole laskettu enää potentiaalia (aiemmin 0,056 Mt CO₂-ekv.). Muutosten yhteisvaikutuksena eloperäisten maiden päästövähennyksen kokonaispotentiaali on 0,13 Mt CO₂-ekv. suurempi kuin mitä oletettiin energia- ja ilmastostrategian vaikutusarvioissa¹⁷, ja TIMES-WAM tuloksiin verrattuna lisävähennyspotentiaali on 0,18 Mt CO₂-ekv.

¹⁷ VNK 2017. Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston kanslia, helmikuu 2017. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017

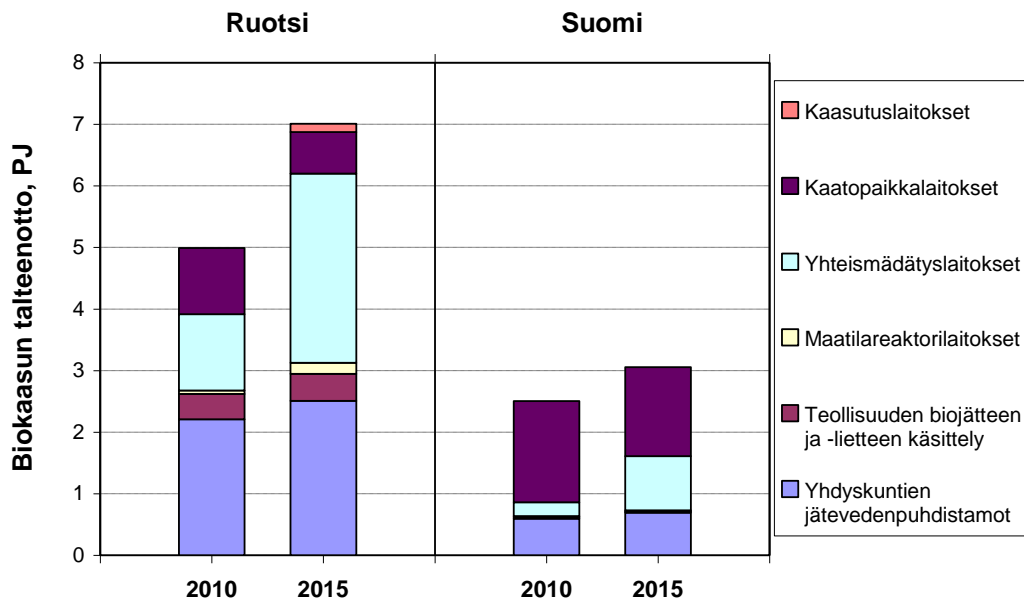
Taulukoita vertaamalla voidaan lisäksi todeta, että biokaasun tuotannon lisäämisen arvioitu päästönvähennyspotentiaali on pysynyt samana, eli kaikkiaan 0,36 Mt CO₂-ekv.:ssa, mutta tästä määrästä vaikutus maatalouden ei-energiaperäisiin päästöihin on taulukon 2 mukaisesti vain noin 0,05 Mt CO₂-ekv., mikä vastaa suunnilleen TIMES-WAM-skenaarion tulosten mukaista vähennystä.

5.4 Jätehuollon päästönvähennykset

Jätehuolto on sekä Suomessa että Ruotsissa ylivoimaisesti tärkein biokaasun tuotantosektori, kuten kuvassa 8 on havainnollistettu. Metaanin talteenotolla jätehuollon yhteydessä voidaan samalla vähentää tehokkaasti jätteiden biohajoavan komponentin tuottamia metaanipäästöjä. Vuonna 2015 jätehuollon asukasta kohti lasketut metaanipäästöt olivat Suomessa yli kolminkertaiset Ruotsin vastaaviin päästöihin verrattuna.

Mädätyslaitosten reaktorikapasiteettia voitaisiin Suomessa tuntuvasti lisätä, sillä biokaasureaktorilaitoksia on toistaiseksi kohtalaisen vähän. Suomessa on muun muassa yhteensä 540 keskitettyä jätevedenpuhdistamoa, joista vain 16:ssa on biokaasulaitos, kun taas esimerkiksi Ruotsissa oli vuonna 2015 jo 140 biokaasua tuottavaa jätevedenpuhdistamoa. Gasum Oy on arvioinut, että teollisuuden ja yhdyskuntien jätehuollossa biokaasun vuotuinen tuotantopotentiaali on Suomessa yhteensä noin 2 TWh¹⁸. Uusia yhteismädätyslaitoksia onkin Suomessa rakenteilla tai suunnitteilla jo melko huomattavaa biokaasun tuotannonlisäystä vastaava määrä¹⁹.

Kuva 8. Biokaasun talteenotto Suomessa ja Ruotsissa vuosina 2010 ja 2015.



¹⁸ Siitonen, Sari 2013. Biokaasun mahdollisuudet. Demo 2013, Vuosaaren Satama 10.9.2013. Gasum. https://tapahtumat.tekes.fi/uploads/91889244/Sari_Siitonen-1068.pdf

¹⁹ Huttunen, Markku J. & Kuittinen, Ville 2016. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 19. Tiedot vuodelta 2015. Publications of the University of Eastern Finland, Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences, No 24.

Biokaasun tuotannon teknis-taloudellista potentiaalia on Suomessa ehkä kattavimmin arvioitu vuonna 2010 Jyväskylän yliopiston selvityksessä²⁰. Sen mukaan biokaasun tuotannon teknis-taloudellinen potentiaali oli vuoden 2010 käsittelymäärillä biojätteestä 0,2 TWh, yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoissa 0,22 TWh, teollisuuden lietteistä noin 0,7 TWh ja kaatopaikkakaasusta noin 0,5 TWh, eli yhteensä noin 1,6 TWh (5,8 PJ). Näistä yhdyskuntien potentiaaliarviota voidaan kuitenkin pitää melko varovaisena verrattuna esimerkiksi Ruotsin puhdistamoiden nykyiseen biokaasutuotannon tasoon 0,7 TWh.

TIMES-VTT-mallilaskelmien mukaisessa WAM-skenaariossa jätehuollon päästöjen lisätoimina tulivat käyttöön biokaasun tuotannon lisääminen yhdyskuntien ja teollisuuden jätteiden ja lietteiden käsittelyssä (yhteismädätyslaitokset mukaan lukien) yhteensä noin 3 PJ:n määrään (0,8 TWh) vuonna 2030 sekä metaanipäästöjen talteenoton tehostaminen. Yhteensä nämä lisätoimet vähentäisivät taakanjakosektorin päästöjä tulosten mukaan noin 0,1 Mt CO₂-ekv. WEM-skenaarioon verrattuna. Mallissa käytettyjen lähtötietojen mukaan nämä toimet olisivat siten kustannustehokkaita toimia WAM-skenaariossa. Käytettyjen kustannustietojen soveltavuudesta biokaasun tuotantoon erityyppisistä jätteistä kunkin tuotantolaitoksen paikallisissa olosuhteissa on kuitenkin runsaasti epävarmuutta.

Vuonna 2030 jätehuollon asukasta kohti lasketut metaanipäästöt vähenevät WAM-skenaariossa 5,4 kg:n määrään, mikä on alle 40 % vuoden 2015 tasosta (14,7 kg), mutta yhä 20 % suurempi kuin Ruotsin päästötaso vuonna 2015. WAM-skenaarion tuottamaa päästöjen lisävähennystä voi tältäkin kannalta pitää realistisena.

Taulukko 4. Jätehuollon metaanimäärät vuonna 2015 ja WEM/WAM-skenaarioissa vuonna 2030 sekä vertailukohtana Ruotsin 2015 määrät.

Jätehuollon metaanivirtoja		Ruotsi		Suomi	
		Inventaario	Inventaario	WEM	WAM
Päästöindikaattori	Yks.	2015	2015	2030	2030
Kiinteän jätteen kaatopaikkasijoitus	kt CH ₄	39.6	70.7	27.1	25.5
Kiinteän jätteen biologinen käsittely	kt CH ₄	3.5	2.8	2.9	2.9
Yhdyskuntien jätevedet	kt CH ₄	0.9	5.9	3.9	2.5
Teollisuuden jätevedet	kt CH ₄	0.2	1.0	0.5	0.4
Päästöt yhteensä	kt CH ₄	44.2	80.3	34.4	31.3
Päästöt per henkilö	kg/hlö	4.5	14.7	5.9	5.4
Biokaasun talteenotto	kt CH ₄	135.6	60.7	83.9	86.1

5.5 Öljylämmityksen vähentäminen asuin- ja palvelurakennuksissa

Sekä ministeriöiden laatimassa että TIMES-VTT-mallilaskelmien mukaisessa WEM-skenaariossa asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen polttoaineista syntyy vielä vuonna 2030 huomattava määrä hiilidioksidipäästöjä. Ministeriöiden laatiman arvion mukaan niitä olisi noin 1,4 Mt CO₂, ja TIMES-tulosten mukaan hieman vähemmän, noin 1,2 Mt CO₂. Öljylämmitys ei ole uudisrakennuksissa kilpailukykyinen lämmitysmuoto, mutta olemassa olevan vanhan öljylämmitteisen rakennuskannan lämmitysjärjestelmien uudistaminen tai rakennusten poistuminen kokonaan käytöstä voi vaatia verrattain pitkän ajan.

²⁰ Tähti, Hanne & Rintala, Jukka 2010. Biometaanin ja -vedyn tuotantopotentiaali Suomessa. Jyväskylän yliopisto, Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 90. ISBN 978-951-39-4043-0

Vielä vuonna 2012 julkaistussa EKOREM-malliin pohjautuvassa selvityksessä arvioitiin, että öljyn käyttö asuin- ja palvelurakennusten lämmitykseen olisi vuonna 2050 yhä 2 TWh:n tasolla, vaikka yksikään uudisrakennus ei valitsisi öljylämmitystä ja vanhan rakennuskannan korjausrakentaminen pitäisi tehdä vuoden 2010 määräystasoon²¹. Myös WEM-skenaarion pohjana ollut SYKE:n perusskenaario on laadittu EKOREM-mallin avulla, ja sen mukaiset kulutusarvot on esitetty taulukossa 5. Skenaarion mukaan lämmitysöljyn käyttö on vuonna 2030 vajaat 4 TWh ja vuonna 2040 noin 2 TWh²². Arvioista voidaan selvästi nähdä asiantuntijoiden arvioima lämmitysjärjestelmämuutosten hitaus.

Taulukko 5. Öljylämmityksen kehitys Suomen ympäristökeskuksen rakennuskannan energiankulutuksen perusskenaarion mukaan²².

GWh	2015	2020	2030	2040	2050
Omakotitalot	3429	2809	1694	714	0
Rivitalot	233	215	176	141	107
Kerrostalot	714	585	511	444	381
Kesämököt	57	55	53	51	49
Palvelurakennukset	2944	2144	1373	659	0
Yhteensä	7378	5808	3807	2009	537
Päästöt, kt(CO₂)	1968	1549	1016	536	143

Taulukossa 6 on puolestaan esitetty yhteenveto TIMES-WAM-skenaarion mukaisista lämmitysöljyn kulutusmääristä asuin- ja palvelurakennuksissa vuonna 2030 ja vertailu vuoteen 2012 (lähes normaalivuosi). Vuonna 2030 jäljellä olevaa käyttöä on noin 3,3 TWh, kun SYKE:n perusskenaarion mukaisessa WEM-skenaariossa lämmitysöljyn käyttö oli 3,8 TWh²³, joka on lähtökohtana myös ministeriöiden laatimassa TEM-WEM-skenaariossa. TIMES-WAM-skenaariossa on kuitenkin mukana lämmitysöljyn 10 %:n sekoitevelvoite, jonka myötä fossiilisen lämmitysöljyn CO₂-päästöt ovat noin 0,9 Mt. Tämän verran voitaisiin siis öljyn käytöstä luopumalla enimmillään saada taakanjakosektorin päästöjen lisävähennyksiä vuonna 2030. Kokonaistaseessa vaikutus päästöihin on kuitenkin todennäköisesti huomattavasti pienempi, sillä korvaavista energialähteistä sähkön ja kaukolämmön marginaalisen tuotannon lisäyksen päästöt voidaan mallilaskelmien mukaan olettaa maakaasupohjaisen tuotannon päästöjen tasolle, vaikka sähkötuotannon keskimääräiset ominaispäästöt ovat tulosten mukaan vuonna 2030 jo hyvin alhaiset, suunnilleen tasolla 50 g/kWh. TIMES-mallilaskelmissa on toisaalta huomioitu koko EU:n päästökaupparekseen, jolla on koko EU-tason päästökatto.

Mallilla tehdyn herkkyyksianalyysin perusteella taulukossa 6 on tehty suuntaa-antava laskelma KHK-päästöjen nettovähennyksestä olettamalla karkeasti marginaalisen lisäkulutuksen aiheuttamiksi päästöiksi sähkölle 300 g CO₂-ekv./kWh ja kaukolämmölle 200 g CO₂-ekv./kWh. Mikäli pientalot voisivat siirtyä oletettujen lämpöpumppujärjestelmien sijasta bioenergiaan ja vastaavasti kerrostalot ja palvelurakennukset kaukolämmön sijasta esimerkiksi pelletteihin tai maalämpöön, nettovähennykset olisivat laskettua suurempia. Pientalojen klappipohjaisen lämmityksen kasvu aiheuttaisi toisaalta metaanin sekä mustan hiilen lisäpäästöjä. Vaikutuksia metsien hiilinieluihin ei myöskään tule unohtaa.

²¹ Heljo, J. & Vihola, J. 2012. Energiansäästömahdollisuudet rakennuskannan korjaustoiminnassa. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennus-tuotanto ja -talous, Raportti 8.

²² Mattinen M., Heljo J. & Savolahi M. (2016). Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015–2050. Suomen ympäristökeskus 10.6.2016.

²³ TEM 2016. Perusskenaario 29.9.2016. TEM/Lemström (julkaisematon Excel-tilauskohteeseen Keiju-hankkeen käyttöön).

Taulukko 6. Öljylämmityksestä luopumisen tuottamat päästöjen lisävähennykset, olettaen korvaavaksi lämmitysmuodoksi pientaloissa lämpöpumppujärjestelmä ja muissa kaukolämpö.

Rakennustyyppi	Öljylämmitys (TWh)		Lisävähennyspotentiaali (Mt CO ₂)	
	2012	2030 (TIMES-WAM)	Taakanjako	Netto (arvio)
Pientalot	3.9	1.5	0.41	0.25
Rivi- ja kerrostalot	1.1	0.7	0.19	0.06
Asuminen yhteensä	5.1	2.2	0.60	0.32
Liikerakennukset *	1.7	0.5	0.14	0.05
Julkiset rakennukset *	1.1	0.5	0.13	0.04
Palvelurakennukset yhteensä	2.8	1.0	0.27	0.09
Asuin- ja palvelurakennukset yhteensä	7.8	3.3	0.87	0.41

* Palvelurakennusten kulutuksen jakauma liikerakennusten ja julkisten rakennusten välillä on arvioitu Tilastokeskuksen rakennuskantatilastojen ja vuonna 2010 julkaistun selvityksen²⁴ pohjalta.

5.6 Julkisten rakennusten öljylämmityksestä luopuminen

Öljylämmityksen vähentäminen voimakkaammin kuin luontaisen poistuman ja lämmitysjärjestelmien uusimisen kautta voi olla sopivien ohjauskeinojen kannalta vaikea toteuttaa. Esimerkiksi lämmitysöljyn verotusta ei ole mielekäästä kiristää suhteettoman korkeaksi, koska tällöin kustannusrasite voi kohdistua epäoikeudenmukaisesti yksittäisille kuluttajille. Täydellinen luopuminen öljylämmityksestä asuin- ja palvelurakennuksissa vuoteen 2030 mennessä vaatisi arvion mukaan noin 5,5 mrd. euron investoinnit, josta WEM-skenaariota nopeampien toimien aiheuttamat lisäinvestoinnit olisivat 225 M€ vuodessa²⁵.

Palvelurakennusten osalta erityisesti julkisten rakennusten öljynkäytöstä luopumista olisi mahdollista ohjata valtion ja kuntien päätösin. Kuten edellä esitetystä taulukosta voidaan nähdä, palvelurakennusten öljyn käyttöä jää jäljelle TIMES-mallitulosten mukaan vuonna 2030 noin 1 TWh, josta julkisten rakennusten osuus on arviolta noin puolet. Kulutuksen kehitys ja sen arvioitu jakauma yksityisten ja julkisten rakennusten välillä on esitetty tarkemmin kuvassa 9.

Kuvassa 9 esitetyt lämmitysöljyn kulutusmäärät 2007–2015 ovat täysin Tilastokeskuksen julkaisemien energiatilastojen mukaisia, ja ovat pienempiä kuin esimerkiksi EKOREM-mallin mukaiset palvelurakennusten kulutusmäärät^{26,27}.

Öljylämmitteiset julkiset rakennukset olivat vuonna 2007 julkaistun selvityksen mukaan vuonna 2005 yli 90-prosenttisesti kuntien rakennuksia, eikä tiedossa ole, että tähän aikaan olisi tullut oleellisia muutoksia. Kuntien öljylämmitteisten rakennusten jakaumaa voidaan karkeasti arvioida rakennustyypeittäin Tilastokeskuksen rakennuskantatilastojen sekä Kuntaliiton tilastojen pohjalta. Ensin mainituista tilastoista saadaan koko palvelurakennuskannan jakaantuminen rakennustyypeittäin ja pääasiallisen lämmitysenergian mukaan ja jälkimmäisistä tilastoista kuntien rakennuskannan osuus rakennuskannasta rakennustyypeittäin. Taulukossa 7 on esitetty arvio kuntien öljylämmitteisistä rakennuksista vuonna

²⁴ Vehviläinen, I., Heljo, J., Vihola, J., Jääskeläinen, S., Kalenoja, H., Lahti, P., Mäkelä, K. & Ristimäki, M. 2010. Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonepäästöt. Helsinki: Sitra. Sitran selvityksiä 39.

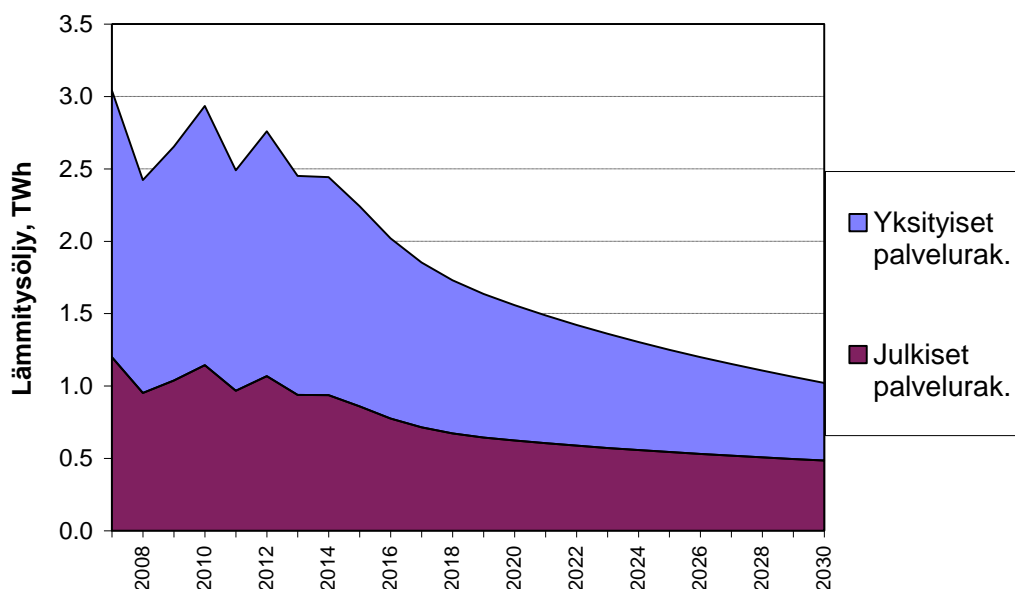
²⁵ Airaksinen, M. & Vainio, T. 2016. Alueiden käyttö ja rakentaminen. Keiju-hanke. Alustava vaikutustenarviointi. Teknologian tutkimuskeskus VTT, Muis-tio.

²⁶ Heljo, J. & Vihola, J. 2012. Energiansäästömahdollisuudet rakennuskannan korjaustoiminnassa. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennus-tuotanto ja -talous, Raportti 8.

²⁷ Mattinen M., Heljo J. & Savolahti M. 2016. Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015–2050. Suomen ympäristökeskus 10.6.2016.

2013. Näiden tilastojen perusteella voitaneen arvioida, että opetusrakennukset ja hoitoalan rakennukset käsittävät lähes 60 % kuntien öljylämmitteisistä rakennuksista.

Kuva 9. Palvelurakennusten lämmitysöljyn käytön kehitys ja arvioitu jakauma yksityisten ja julkisten rakennusten välillä TIMES-WAM-skenaariossa.



Vuosina 2025–2030 jäljellä olevat öljylämmitteiset julkiset rakennukset sijoittuvat todennäköisimmin pääosaltaan pieniin ja keskisuurin kuntiin alueille, joilla ei ole kaukolämpöverkosta. Näissä kohteissa öljyn käytöstä luopuminen merkitsee yleensä verrattain tuntuvia investointeja, etenkin jos korvaavaksi lämmitysmuodoksi valitaan maalämpö. Lisähaasteen investointien toteutumiselle tuo kyseisten julkisten rakennusten omistajuuteen ja käyttötarkoitukseen liittyvät epävarmuudet pitkällä aikavälillä.

Taulukko 7. Arvio kuntien öljylämmitteisistä rakennuksista vuonna 2013 (arvio perustuu Tilastokeskuksen ja Kuntaliiton rakennuskantatilastoihin.)

Rakennustyyppi	M ²	Osuus
Toimistorakennukset	0.2	4%
Liikenteen rakennukset	0.7	13%
Hoitoalan rakennukset	1.0	18%
Kokoontumisrakennukset	0.4	6%
Opetusrakennukset	2.2	39%
Varastorakennukset	0.2	3%
Muut rakennukset	1.0	17%
Yhteensä	5.7	100%

Mikäli WEM-skenaarion arviot lämmitysöljyn jäljellä olevasta käytöstä vuosina 2020–2030 osuvat suunnilleen oikeaan, julkisissa rakennuksissa käytettäisiin siis vuonna 2030 vajaat 0,5 TWh lämmitysöljyä, joka vastaa arviolta noin 190 MW:n lämmitysjärjestelmätehoa. Näiden rakennusten siirtyminen esimerkiksi maalämmön käyttöön aiheuttaisi karkeasti noin 190 M€:n investointitarpeen (järjestelmien uusimisen arvioitu aiheuttavan noin 1000 €/kW kokonaisinvestoinnit). Öljylämmityksen korvaaminen maalämmöllä on lukuisten eri selvitysten mukaan kuitenkin lähes aina taloudellisesti kannattavaa, joten päästöjen vähentämisen kustannuksia on tarkastelu mallitarkasteluista erillään. Olettaen 5 %:n lainakorko, saadaan

korkokustannukseksi (ilman lyhennyksiä) runsaat 9 M€ vuodessa, joten nopeutetun öljyn käytöstä luopumisen kustannuksiksi voitaisiin näin laskea noin 70 €/t CO₂, joka tulisi kuitenkin kompensoitumaan energiakustannusten säästöinä.

Maalämpöön siirtyminen voi olla taajama-alueilla liian kallista, tai olemassa olevan yhdyskuntatekniikan tai pohjavesialueen takia jopa mahdotonta. Pellettikattila tarjoaa kuitenkin lähes aina teknisesti ja taloudellisesti toteutettavissa olevan vaihtoehdon silloin, kun maalämpö ei ole realistinen vaihtoehto. Pellettijärjestelmä voidaan liittää jopa olemassa olevaan öljykattilaan, jolloin pellettilämmitykseen siirtymiseen voi riittää pellettipolttimen hankinta ja asennus sekä siilo pellettien säilytystä varten. Kokonaan uuteen pellettikattilaan perustuvan järjestelmän hankintakustannukset jäävät maalämpöjärjestelmän kustannuksia pienemmiksi, joten edellä esitetty karkea laskelma käy rahoituskustannusten ylärajaksi myös muihin järjestelmiin siirryttäessä.

5.7 Tuotantorakennusten öljynkäytön vähennyspotentiaali

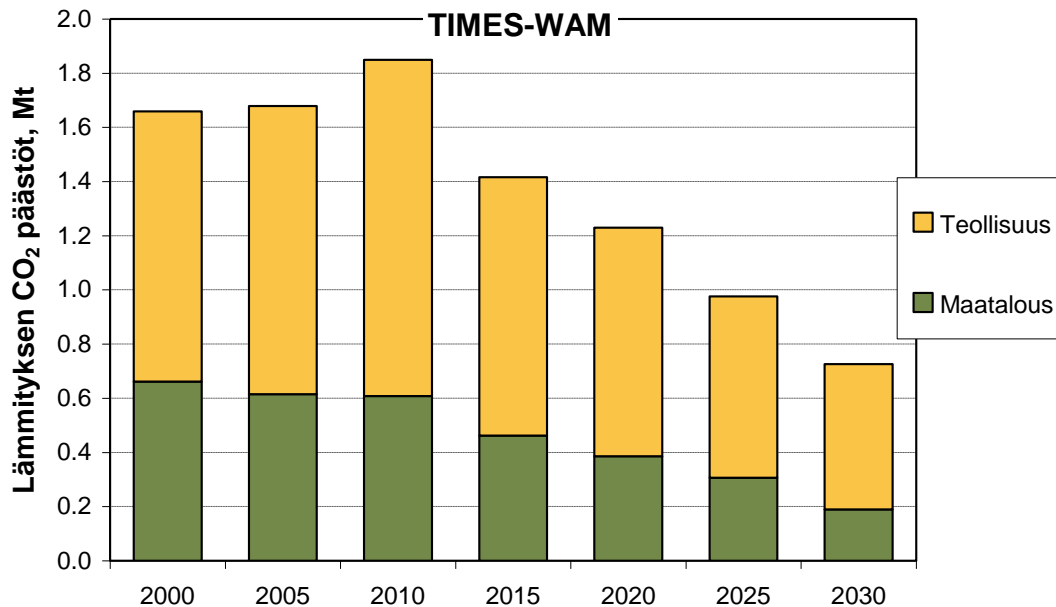
Asuin- ja palvelurakennusten lisäksi öljyä käytetään verraten runsaasti maatalousrakennusten ja viljan kuivaussiilojen sekä teollisuusrakennusten lämmitykseen. Voidaan arvioida, että suurin osa öljyllä lämmitetyistä teollisuusrakennuksista kuuluu nimenomaan taakanjakosektorille, vaikka teollisuuden kokonaispäästöistä valtaosa on päästökaupan piirissä. Vuonna 2012 (lähes normaalivuosi) maatalousrakennusten lämmitykseen kului öljyä noin 0,6 TWh, viljasiilojen lämmitykseen noin 0,8 TWh ja teollisuusrakennusten lämmitykseen noin 4,3 TWh (josta yli puolet raskasöljyä). Taulukossa 8 on esitetty yhteenveto öljyn kulutuksesta ja päästöistä vuosina 2010, 2012 ja 2014.

Taulukko 8. Tuotantorakennusten lämmityksen öljyn käyttö ja sen hiilidioksidipäästöt vuosina 2010–2014.

Rakennustyyppi	Öljyn käyttö, TWh			CO ₂ -päästöt öljystä, Mt		
	2010	2012	2014	2010	2012	2014
Maatalousrakennukset	0.80	0.56	0.39	0.22	0.15	0.10
Viljasiilot	0.58	0.81	0.67	0.15	0.20	0.18
Teollisuusrakennukset	4.53	4.30	3.95	1.24	1.18	1.08
Yhteensä	5.91	5.66	5.00	1.61	1.53	1.36

TIMES-WAM-skenaariossa näiden kevyen polttoöljyn 10 %:n sekoitevelvoite ulotettiin myös tuotantorakennusten lämmitykseen. Näiden kulutuskohteiden suorat hiilidioksidipäästöt kehittyivät TIMES-WAM-skenaariossa kuvan 10 esittämällä tavalla (huom: kuvan hiilidioksidipäästöissä ovat mukana myös maakaasun, turpeen ja nestekaasun lämmityskäytön päästöt). TIMES-WAM-skenaariossa tuotantorakennusten lämmityksen päästöt putoavat vuoteen 2030 mennessä noin 60 % vuoden 2010 tasosta, joten vähennysten lisäpotentiaalin voidaan arvioida olevan varsin pieni ilman voimakkaita lisäohjaustoimia. Erityisesti kuivaussiilojen lämmityksessä öljystä voi olla hankala siirtyä esimerkiksi kiinteiden biopolttoaineiden käyttöön ilman huomattavia investointeja.

Kuva 10. Tuotantorakennusten lämmityksen CO₂-päästöjen kehitys 2000-luvulla sekä TIMES-WAM-skenaariossa vuoteen 2030.



5.8 Rakennusnormien ja korjausrakentamisen tuottama päästöjen lisävähennys

Herkkyysanalyysinä TIMES-mallilla tarkasteltiin kiristyvien rakennusnormien vaikutuksia energijärjestelmän ja taakanjakosektorin päästöihin. TIMES-WAM-skenaariossa oletettiin sama rakennusnormien kehitys kuin WEM-skenaariossa, ja se perustui SYKE:n laatimaan perusskenaarioon. Perusskenaariossa uudisrakennusten ominaiskulutusten oletettiin siten olevan keskimäärin 64 % nykykannan tasosta, ja korjausrakentamisella oletettiin saavutettavan keskimäärin 0,5 – 0,6 %:n vuosittainen keskimääräinen lisäsäästö asuin- ja palvelurakennuskannassa²⁸. Nämä varsin maltilliset oletukset energiatehokkuuden paranemisesta olivat sekä TIMES-WEM- että TIMES-WAM-skenaarion taustalla.

Herkkyysanalyysissä näitä oletuksia muutettiin asteittain tiukkenevien normien mukaisiksi, taulukossa 9 esitettyjen ominaiskulutustasojen mukaan. Ominaiskulutukset perustuvat VTT:n Low Carbon Finland -hankkeissa laadittuihin nopean teknologisen kehityksen skenaarioihin, joiden taustalla on VTT:n REMA-mallilla lasketut arviot^{29,30}. Korjausrakentamisessa kehitystä olisi mahdollista nopeuttaa edistämällä niin sanottua ESCO-palvelutoimintaa, jossa ulkopuolinen asiantuntija suunnittelee ja toteuttaa asiakkaalle energian käytön tehostusinvestointeja.

Herkkyysanalyysin tuloksia on havainnollistettu taulukossa 10. Tuloksista nähdään, että energiatehokkuusnormien kiristämällä VTT:n nopean teknologisen kehityksen skenaarion mukaisesti voitaisiin saada aikaan merkittävä päästöjen lisävähennys, mutta lisävähennys kohdistuu pääosin päästökaupasektorin päästöihin. Taakanjakosektorin suoriin päästöihin

²⁸ Mattinen M., Heljo J. & Savolahti M. 2016. Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015–2050. Suomen ympäristökeskus 10.6.2016.

²⁹ Koljonen, T. & Similä, L. 2012 (eds.). Low carbon Finland 2050. VTT clean energy technology strategies for society (2012), VTT Visions; 2

³⁰ Koljonen, T. et al. 2014. Low Carbon Finland 2050 -platform: vähähiilipolkujen kiintopisteet ja virstanpylväät. Yhteenveto hankkeen tuloksista ja johtopäätöksistä. VTT Technology: 167. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2014/T167.pdf>

vaikutus jäisi noin 0,3 Mt CO₂-ekv.:n tasolle. On huomattava, että suurien taakanjakosektorin päästöjen vähennykset ovat huomattavalta osin päällekkäisiä öljyn käytön vähentämällä saavutettavien päästönvähennysten kanssa.

Taulukko 9. Herkkyysanalyysissa oletettu lämmityksen ja lämpimän käyttöveden yhteenlaskettuina ominaiskulutustasoina ilmaistujen rakennusnormien kehitys uudisrakennuksissa ja korjausrakentamisessa.

Rakennustyyppi	Uusi rakennuskanta kWh/m ²		Vanha rakennuskanta kWh/m ²	
	2020	2030	2020	2030
Pientalot	90	55	143	106
Rivitalot	69	64	139	102
Asuinkerrostalot	69	64	139	102
Vapaa-ajan asuinrakennukset	45	45	88	80
Liike- ja toimistorakennukset	72	72	195	140
Julkiset palvelurakennukset	72	72	195	140

Taulukko 10. Herkkyysanalyysin (WAM+) tuloksena saadut lämmityksen ja lämpimän käyttöveden kasvihuonekaasujen päästöt verrattuna alkuperäiseen TIMES-WAM-skenaarioon.

Mt(CO ₂ -ekv.)	WAM	WAM+	Päästövähennys
Asumisen kasvihuonekaasupäästöt 2030	0.32	0.23	0.08
Palveluiden kasvihuonekaasupäästöt 2030	1.00	0.81	0.19
Asumisen ja palveluiden päästöt yhteensä 2030	1.31	1.04	0.27
Kaikki kasvihuonekaasupäästöt 2030	46.8	44.7	2.10

5.9 Työkoneiden päästöjen lisävähennyspotentiaali

Työkoneiden päästöt käsittävät monenlaisten ajettavien ja siirrettävien työkoneiden dieselöljyn ja bensiinin kulutuksen aiheuttamat päästöt. Työkoneista suurin osa sijoittuu maa- ja metsätalouteen ja rakennustoiminnan sektoreille. TIMES-WAM-mallilaskelmissa sekä maa- ja metsätalouden että rakennustoiminnan työkonekäytön kysynnän oletettiin kehittyvän näiden sektorien tuotannon volyymin kehitykseen sidottujen muutuskertoimien mukaan. Maatalouskoneiden osalta mallinnuksessa otettiin lisäksi erikseen huomioon energiatehokkuuden paraneminen moottori- ja voimansiirtotekniikan tavanomaisen kehityksen myötä.

Työkoneiden CO₂-päästöjen kehitys WAM-skenaariossa on esitetty kuvassa 11. Skenaariossa on jo mukana 10 %:n sekoitevelvoite työkoneiden dieselpolttoaineelle. Vuonna 2008 laaditun energia- ja ilmastostrategian taustaselvityksen mukaan maatalouden merkittävän energiansäästöpotentiaali on työkoneiden energiankäytössä (MMM 2008), ja vastaava tehostuspotentiaali on oletettavasti myös rakennustoiminnan työkoneissa. Energiatehokkuutta voidaan parantaa muun muassa käytön optimoinnilla, sillä työkoneiden käytössä työmenetelmät ja ajotavat vaikuttavat merkittävästi energian kulutukseen. Energiatehokkuutta voidaan lisäksi parantaa tuntuvasti hybridiratkaisuilla ja sähköistämällä. Hybridikäytössä polttomoottoria voidaan käyttää parhaalla mahdollisella toiminta-alueella ja hyödyntää myös monesti pääosin hukkaan menevää potentiaalienergiaa. VTT arvioi vuonna 2016 julkaisutussa tutkimusraportissa³¹ päästöjen vähennyspotentiaaleja seuraavasti:

³¹ Nylund, Nils-Olof, Söderena, Petri & Rahkola, Pekka 2016. Työkoneiden CO₂ -päästöt ja niihin vaikuttaminen. VTT, tutkimusraportti VTT-R-04745-16.

- Moottorin energiatehokkuuden parantaminen: CO₂-päästövähennyspotentiaali maksimissaan 15 %;
- Uusiutuvat biopolttoaineet: CO₂-päästövähennyspotentiaali 0–90 % riippuen korvaussuhteesta ja käytetyn biopolttoaineen ominaisuuksista;
- Työkoneiden hybridisointi, voimansiirron kehittäminen, jne: CO₂-päästövähennyspotentiaali jopa 50 %;
- Työkoneiden käyttötapojen ja operoinnin tehostaminen sekä automatisointi: CO₂-päästövähennyspotentiaali jopa 35 %.

Muulla työkoneiden energiankäytön tehostusmahdollisuuksista on esitetty hyvin samansuuntaisia arvioita. Muun muassa Tekesin EFFIMA-ohjelman yhtenä tavoitteena oli pudottaa suomalaisten työkoneiden energiankulutus vuoteen 2020 mennessä jopa puoleen vuoden 2008 aikaisesta tasosta³², ja Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa tarkastetun väitöskirjan mukaan työkoneiden sähköisellä hybridisoinnilla on parhaassa tapauksessa saavutettavissa jopa 50 prosentin energiansäästö puhtaaseen dieselkäyttöiseen työkoneeseen verrattuna³³. Biodieselin lisäksi siirtyminen biokaasun käyttöön voi olla joissakin työkoneityypeissä kustannustehokas päästöjen vähennyskeino.

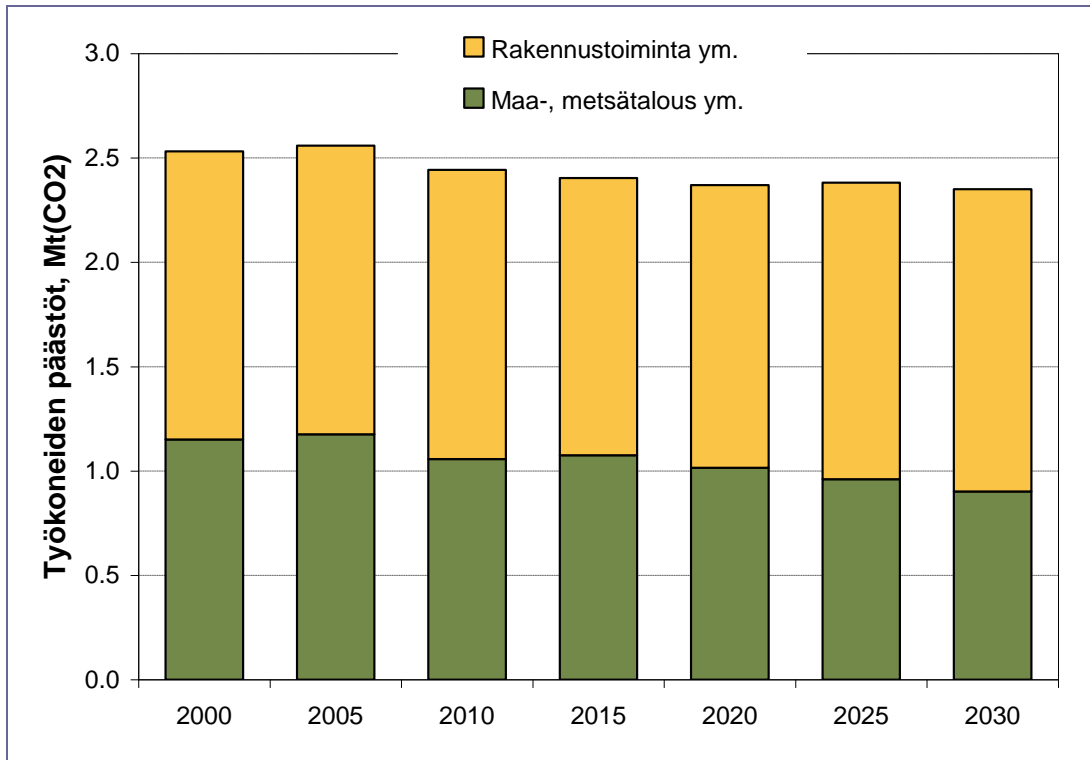
Koska käytön optimointia tai muita edellä mainittuja energiatehokkuutta parantavia lisätoimia ei tehdyissä WAM-skenaarion mukaisissa TIMES-mallilaskelmissa juuri otettu huomioon, voidaan arvioida, että päästöjen lisävähennyspotentiaalia on vuoteen 2030 mennessä ainakin 10–20 % (0,25–0,5 Mt CO₂). Potentiaalın hyödyntäminen edellyttäneekin energiataloudellisten koneiden hankintaan ja käytön optimointiin ohjaavia politiikkatoimenpiteitä.

Tarkempi analyysi energiankulutuksen vähentämispotentiaaleista edellyttäisi yksityiskohtaista laiteryhmäkohtaista tarkastelua, jossa otetaan huomioon eri koneiden tyypilliset käytötavat ja niiden kuormituksen vaihtelu. Kuvassa 12 on havainnollistettu Tyko-laskentamallin mukainen työkoneiden päästöjen jakauma konetyypeittäin.

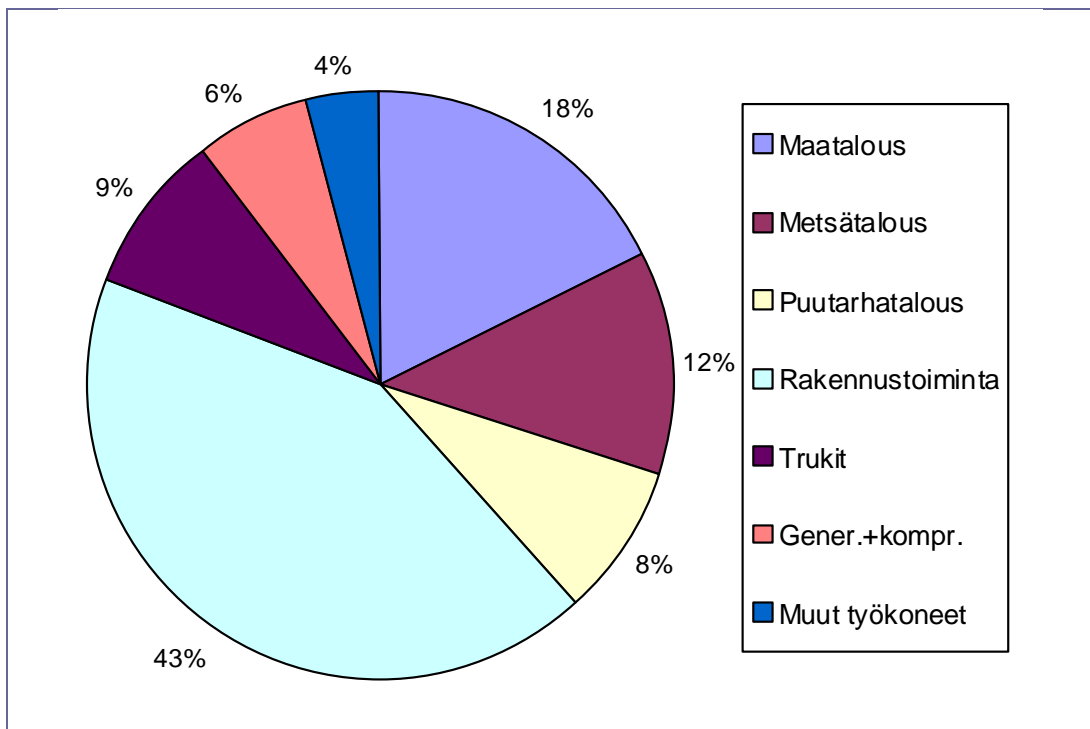
³² Tekes 2014. FIMECC: Kilpailuetua energiatehokkuudesta ja äly-automaatiosta. <https://www.tekes.fi/tekes/tulokset-ja-vaikutukset/caset/2014/kilpailuetua-energiatehokkuudesta-ja-aly-automaatiosta/>

³³ Immonen, Paula 2013. Energy Efficiency of a Diesel-Electric MobileWorking Machine. Lappeenranta University of Technology. (väitöskirja)

Kuva 11. Työkoneiden CO₂-päästöjen kehitys 2000-luvulla sekä TIMES-WAM-skenaariossa vuoteen 2030.



Kuva 12. Työkoneiden päästöjen arvioitu jakaantuminen konetyypeittäin vuonna 2015 (Tyko 2016).



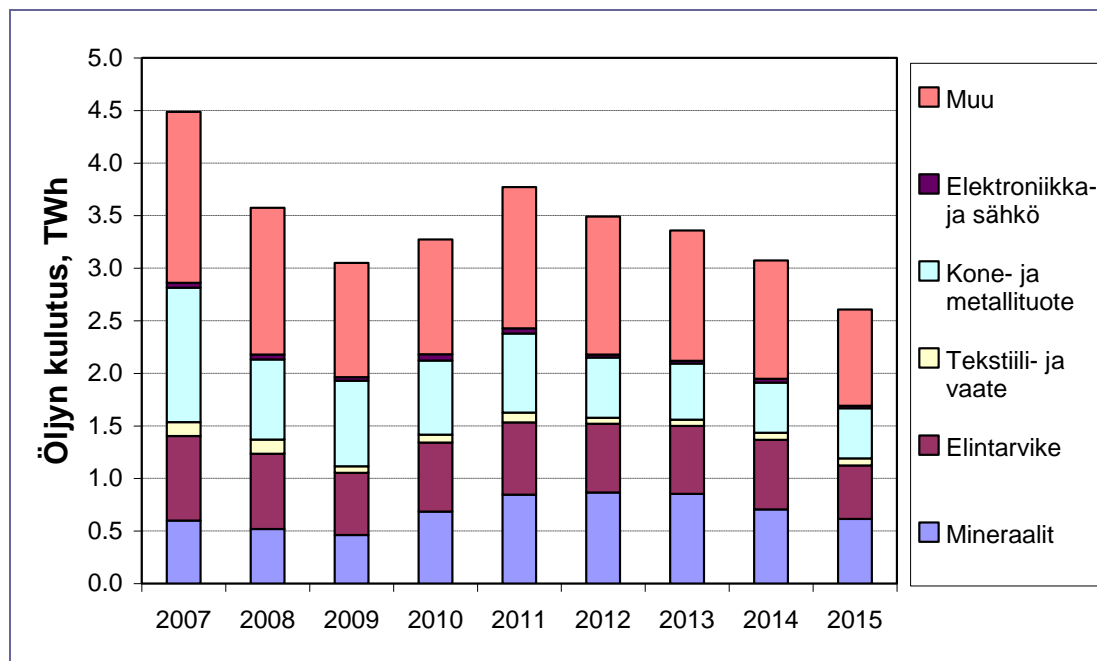
5.10 Muu taakanjakosektorin teollisuuden öljynkäyttö

Taakanjakosektorille kuuluvan teollisuuden energiankäyttöä on verraten vaikea analysoida tarkasti, sillä energiatilastointi ei tue kovin tarkkoja teollisuussektorikohtaisia tarkasteluja. Taakanjakosektorille kuuluvat kuitenkin pääosiltaan seuraavat Tilastokeskuksen energiatilastoinnissa eriteltyt teollisuudenalat:

- Mineraalien ja turpeen kaivuu (TOL 05–09)
- Elintarviketeollisuus (TOL 10–12)
- Tekstiili- ja vaateteollisuus (TOL 13–15)
- Kone- ja metallituoteteollisuus (TOL 25,28,29,30,33)
- Elektroniikka- ja sähköteollisuus (TOL 26–27)
- Muu teollisuus (TOL 18,23,31,32).

Kuvassa 13 on esitetty näiden teollisuudenalojen öljyn käytön kehitys vuosina 2008–2015. Esimerkiksi vuonna 2010 näiden alojen öljyn käyttö oli yhteensä noin 3,3 TWh. Verrattaessa lukuja taulukon 8 lukuihin voidaan melko suoraan päätellä, että taakanjakosektorin teollisuudessa kulutettu öljy käytetään suurimmaksi osaksi teollisuusrakennusten lämmitykseen. Muun öljyn käytön päästöissä ei tämän perusteella ole merkittävää lisävähennyspotentiaalia TIMES-WAM-skenaarioon verrattuna.

Kuva 13. Taakanjakosektoriin pääosiltaan kuuluvien teollisuussektorien öljynkulutuksen kehitys 2007–2015 (Tilastokeskus 2016).



5.11 Yhteenveto arvioiduista lisävähennyspotentiaaleista

Kuten edellä on todettu, TIMES-VTT-mallitarkastelussa asetettiin vuoden 2030 taakanjakosektorin päästövähennystavoitteet rajoitteeksi, joten mallin tuloksissa päästöt vähenivät vuoteen 2030 mennessä täsmälleen tavoitteen mukaisesti. Päästöjen vähennyskustannusten minimoinnin takia malli saattoi kuitenkin joissakin kohteissa valita toimia, joita ei ole otettu huomioon keskipitkän aikavälin suunnitelmassa johtuen esimerkiksi selvästi määriteltyjen tai ylipäätänsä mahdollisten ohjauskeinojen puutteesta. Tällaisia kohteita ovat muun muassa tuotantorakennusten lämmitys ja jätehuolto, joissa malli tuotti päästöjen lisävähennyksiä ministeriöiden laatimaan (l. TEM-WEM) skenaarioon verrattuna.

Lisätoimien tarkastelulla on pyritty huomioimaan päästöjen vähennyksiin liittyviä epävarmuuksia siten, että lisätoimiin varautumalla asetetut päästötavoitteet voidaan arvioida saavutettavan kohtuullisen hyvällä luotettavuustasolla. Taulukossa 11 on esitetty yhteenveto edellä käsiteltyjen TIMES-mallissa tarkasteltujen taakanjakosektorin päästölähteiden vähennyspotentiaaleista. Taulukossa 11 on esitetty ensin mallitarkastelun tulosten mukaiset vuoden päästötasot WEM- ja WAM-skenaarioissa, ja sen jälkeen arviot toteutettavissa olevista lisäpotentiaaleista. WEM-skenaariossa on huomioitu TEM-WEM- ja TIMES-WEM-skenaarioiden väliset erot. Tarkastelun mukaan päästöjen vähentämisen realistinen kokonaispotentiaali on 5,1–6,8 Mt CO₂-ekv. WEM-skenaarioon verrattuna. Lisätoimen potentiaalista suurin osa kohdistuu öljyn käytön lisävähennyksiin, erityisesti lämmitysöljyn ja työkoneiden käytössä. Kiinteistökohtaisen lämmityksen aiheuttamien päästöjen vähennykset ovat osittain päällekkäisiä (l. öljyn käytön vähennys ja energiatehokkuuden parantaminen), mikä on otettu huomioon taulukossa 11 esitettyjen vähennysten yhteismäärissä.

Kuten taulukosta 11 nähdään, taakanjakosektorin suurimmat päästövähennyspotentiaalit ovat liikenteessä ja jätteenpoltossa, mutta myös muista öljyn lämmitys- ja työkonekäytöissä voidaan yhteensä saada merkittävä päästövähennys. Varautumalla noin 1 Mt CO₂-ekv.:n vähennyksiä vastaaviin lisätoimiin, voidaan päästötavoitteiden arvioida tulevan suurella todennäköisyydellä saavutetuiksi.

Taulukko 11. Taakanjakosektorin päästöt vuonna 2030 WEM- ja WAM-skenaarioissa sekä arvioidut lisävähennyspotentiaalit TIMES-mallitarkastelujen, KAISU:ssa esitettyjen arvioiden ja kirjallisuuden perusteella.

	Päästöt 2030 WEM	Päästöt 2030 WAM	Vähennys WEM- WAM	Lisä-potentiaali 2030	Vähennys WEM- WAM+
Maatalous (ei energia)	6.1	5.8	0.3	0.1 – 0.2	0.4–0.5
Asuinrak., lämmitysöljy	0.7	0.6	0.1	0.0 – 0.3	0.1–0.4
Palvelurak., lämmitysöljy	0.3	0.3	0	0.1 – 0.25	0.1–0.25
Asuin- ja palvelurak., muut	1.5	1.3	0.2	0.1 – 0.25	0.3–0.45
Tuotantorakennukset, öljy	0.9 – 1.2	0.7 – 1.1	0.1–0.4	0.1 – 0.4	0.2–0.8
Työkoneet	2.3 – 2.5	2.1 – 2.3	0–0.3	0.21 – 0.46	0.21–0.76
Yhteensä	10.8 – 11.3	9.9 – 10.5	0.7–1.3	0.6–1.7	1.3–3.0
Energiasectori	1.0	0.4	0.6	0	0.6
Teollisuus	2.6	2.3	0.3	0	0.3
Liikenne	9.8	7.2	2.6	0.4	3.0
F-kaasut	0.8	0.6	0.2	0	0.2
Jätehuolto	0.9	0.8	0.1	0	0.1
Muut yhteensä	15.1	11.3	3.8	0.4	4.2
Kaikki yhteensä	25.9 – 26.3	21.2 – 21.8	4.5–5.1	1.0–2.1	5.5–7.2

6. HERKKYYSTARKASTELUJA

Antti Lehtilä, VTT

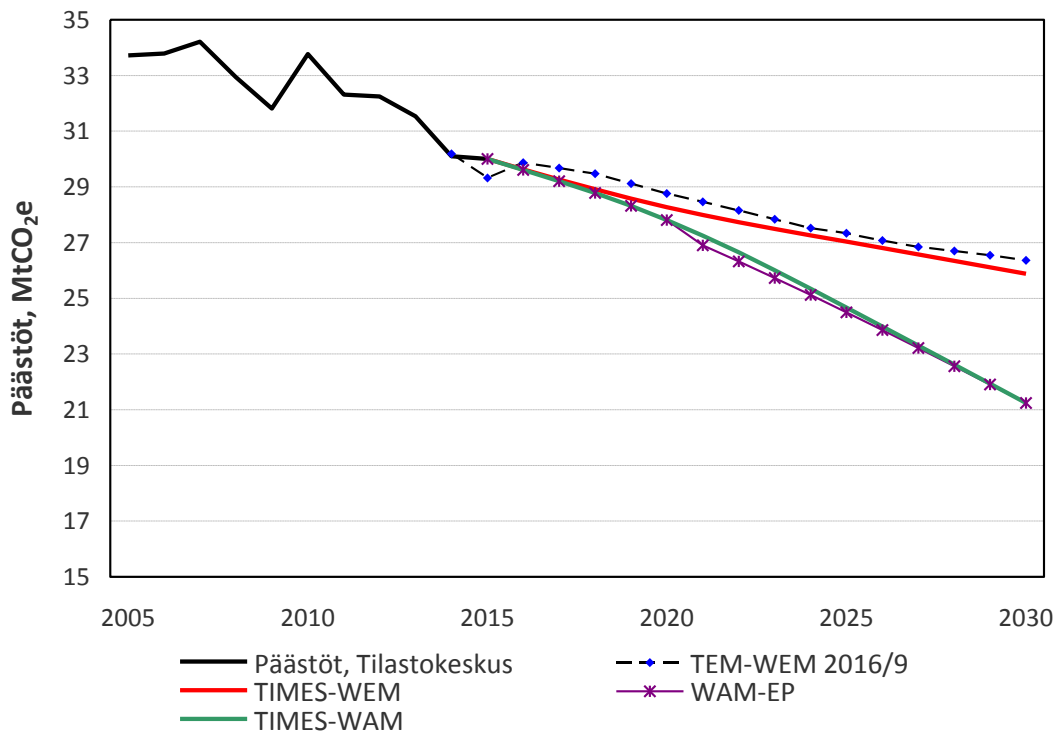
6.1 Lämmitysöljyn ja työkoneiden dieselöljyn sekoitevelvoitteen etupainotteinen käyttöönotto

Taakanjakosektorin päästöjen lisävähennyspotentialina on nostettu esiin myös lämmitysöljyn ja työkoneiden dieselpolttoaineen 10 %:n sekoitevelvoitteen etupainotteinen käyttöönotto siten, että 10 %:n bioöljyosuus vaadittaisiin jo vuodesta 2020 lähtien. Tämän politiikkavariaation vaikutuksia voitiin tarkastella myös TIMES-VTT-mallin avulla. Herkkyysanalyysi tehtiin asettamalla kaikelle lämmitysöljylle ja työkoneiden dieselille 10 %:n minimiosuus vuodesta 2020 alkaen.

Kuvassa 14 on esitetty taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästöjen kehitys TIMES-mallilaskelmien mukaan WEM- ja WAM-skenaarioissa ja verrattuna myös laskennalliseen päästöjen tavoitepolkuun. Herkkyysanalyysinä tarkastellussa variantissa, jossa 10 %:n sekoitevelvoite otetaan etupainotteisesti käyttöön jo vuonna 2020, taakanjakosektorin päästöt olivat tulosten mukaan vuonna 2020 vajaat 0,4 Mt CO₂-ekv. kuvassa esitettyä tasoa pienemmät ja vuonna 2025 vajaat 0,2 Mt CO₂-ekv. pienemmät. Etupainotteisuudesta aiheutuvat energiajärjestelmän lisäkustannukset olivat tulosten mukaan vuonna 2020 noin 33 M€ ja vuonna 2025 noin 16 M€, joten päästöjen lisävähennyksen yksikkökustannuksiksi tulee kumpanakin vuonna noin 90 €/t CO₂-ekv.

Mallitarkastelujen perusteella sekoitevelvoitteen etupainotteinen käyttöönotto ei olisi kustannustehokasta eikä siten perusteltua. Toisaalta päästöjen riittävän nopeaan vähentämiseen etenkin tavoiteuran alkupuolella liittyy merkittävää epävarmuutta, joka osaltaan puoltaa toimen käyttöönottoa etupainotteisesti.

Kuva 14. Etupainotteisen sekoitevelvoitteen vaikutus taakanjakosektorin päästöjen kehitykseen WAM-skenaariossa (WAM vs. WAM-EP).



6.2 Henkilöautojen ajoneuvosuoritteiden kasvun jatkuminen

Linjatuista politiikkatoimista liikenteen suoritteisiin vaikuttavat toimet sisältävät ehkä suurimpia epävarmuuksia. Käytännössä toimet perustuvat ajoneuvosuoritteiden määrän vähentämiseen ja sitä kautta energian kulutuksen ja päästöjen vähenemiseen. KAISU-arvioiden mukaan liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantamisen kautta saatava päästövähennysvaikutus voisi olla jopa noin 1 Mt CO₂ vuodessa, ja se saataisiin aikaan kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistämällä, liikenteen uusilla palveluilla sekä raskaan liikenteen energiatehokkuustoimilla (ks. myös luku 5.2).

Suurin epävarmuus koskee henkilöautoliikenteen suoritteiden vähentämistä. Kun WEM-skenaariossa (l. TEM-WEM & TIMES-WEM) henkilöautosuorite kasvaa vuosina 2015–2030 noin 11 %, kasvun oletettiin WAM-skenaarioissa (l. E&I WAM & TIMES-WAM) nollaantuvan siten, että vuonna 2030 ajoneuvosuoritteiden määrä on suunnilleen sama kuin vuonna 2015³⁴. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että vuosina 2000–2015 henkilöautosuoritteiden kasvu oli Liisa-laskentajärjestelmän mukaan noin 6 %.

Herkkyysanalyysinä tarkasteltiin, miten WAM-skenaariossa politiikkatoimien tulisi kustannustehokkuuden kannalta muuttua, jos henkilöautojen suoritteiden vähentämistä koskevat tavoitteet eivät toteudukaan, vaan suoritteiden kasvu onkin WEM-skenaariossa mukainen. Tarkastelu tehtiin TIMES-VTT-mallilla käyttäen WAM-skenaariossa WEM-skenaariossa mukaisia ajoneuvosuoritteita. Tuloksina saadut päästövähennykset ja niiden muutokset on esitetty taulukossa 12, jossa herkkyystarkastelun mukaisesta WAM-skenaariossa variaatiosta on käytetty

³⁴ Laurikko, J. & Mäkelä, K. 2016. Tieliikenteen suoritteet WEM- ja WAM-skenaarioissa. (Sähköpostin välityksellä toimitetut julkaisemattomat Excel-taulukot.)

lyhennettä WAM-LV. Tulosten mukaan toimien vuosikustannukset nousevat WAM-LV-skenaariossa 90–120 M€ suuremmiksi kuin alkuperäisessä WAM-skenaariossa vuosina 2020–2030. Tätä kustannuseroa voi pitää jonkinlaisena vertailukohtana liikennejärjestelmän tehostamisen oletetuille kustannuksille.

Taulukko 12. Taakanjakosektorin päästöjen vähennykset WAM- ja WAM-LV-skenaariossa vuonna 2030 WEM-skenaarioon verrattuna.

milj. tonnia CO ₂ -ekv.	WAM	WAM-LV	Erotus
Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen	0.7	0.1	-0.6
Moottoripolttoaineiden sekoitevelvoitteiden nosto 30%:iin	1.6	1.85	0.25
Ajoneuvojen energialähteet ja energiatehokkuus	0.3	0.35	0.05
Työkoneiden sekoitevelvoitteen käyttöönotto	0.2	0.3	0.1
Asuin- ja palvelurakennukset (sekoitevelvoite ym.)	0.2	0.25	0.05
Tuotantorakennukset (sekoitevelvoite ym.)	0.1	0.15	0.05
Taakanjakosektorin teollisuuden muu energiatehokkuus	0.3	0.35	0.05
Maatalouden eloperäisten maiden päästöjen rajoittaminen	0.3	0.35	0.05
F-kaasujen talteenoton tehostaminen ja kylmäainekriteerit	0.2	0.2	0
Jätteenpolton siirto päästökauppa-alueelle	0.6	0.6	0
Jätehuollon metaanipäästöjen talteenoton tehostaminen	0.1	0.1	0
Yhteensä	4.6	4.6	0

7. TOIMENPITEIDEN KUSTANNUKSET JA VAIKUTUKSET KANSANTALOUTEEN

Ilmastopoliitikan suunnitelmien laadinnassa tavoitteena on kustannustehokkaalla tavalla pyrkiä hillitsemään ilmastonmuutosta. Kustannusten arviointiin liittyy kuitenkin merkittävää epävarmuutta johtuen muun muassa energia- ja teknologiamarkkinoiden, energia- ja ilmastopoliitikan, kansan- ja globaalitalouden sekä viimekädessä kuluttajien arvojen ja käyttäytymisen kehityksistä ja muutoksista. Tästä syystä kustannuksia on arvioitu sekä järjestelmätasolla (l. bottom-up) että kansantalouden (l. top-down) näkökulmasta.

7.1 Järjestelmätason kustannustarkastelut

Tommi Ekholm, VTT

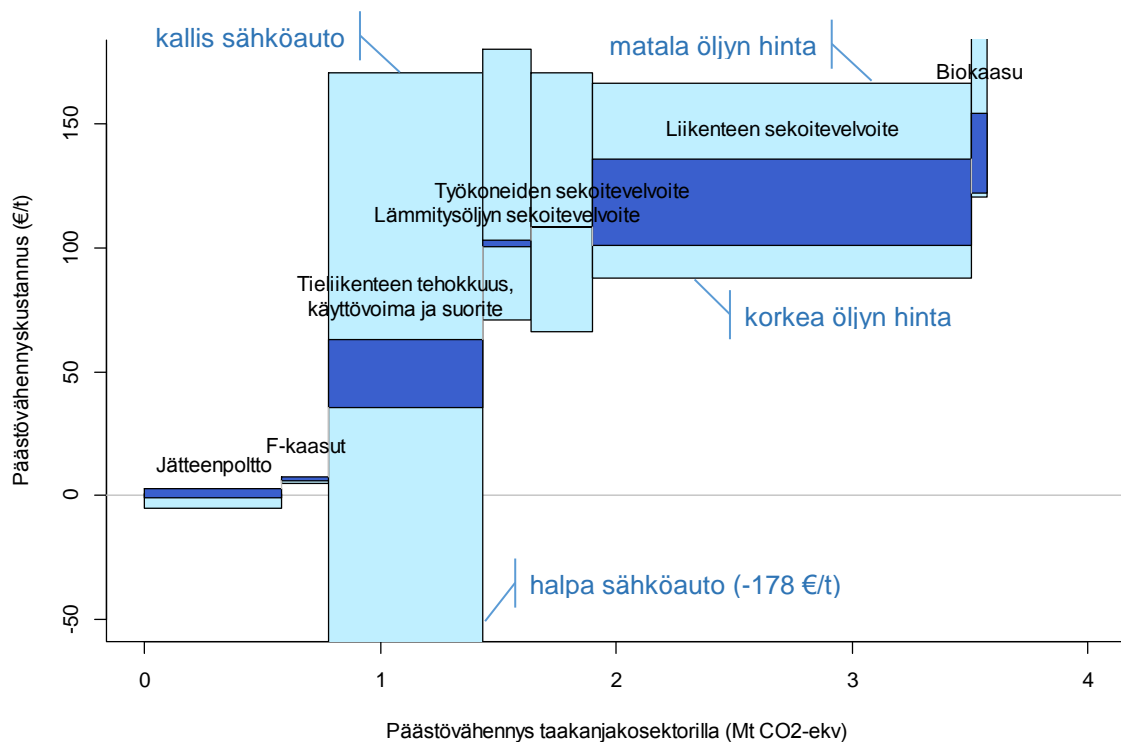
Tässä on tarkasteltu TIMES-WAM-skenaarion toimenpidekokonaisuuksien kustannuksia ja suhteutettu niitä toimen tuottamaan päästövähennykseen taakanjakosektorilla. Arvioissa on huomioitu, että Suomelle on ehdotettu sallittavaksi noin 2 %-yksikön vuosittainen määrä päästökaupparektorin päästöyksiköitä taakanjakosektorin päästötavoitteen saavuttamiseksi, jolloin päästöjen tulisi olla 37 % vuoden 2005 tasoa alempana vuonna 2030.

Kuva 15 esittää TIMES-WAM-skenaarion toimien vaikutuksen taakanjakosektorin päästöihin ja keskimääräisen päästövähennyskustannuksen. Kustannusarvion laatimiseksi on huomioitu sekä toimien keskinäiset riippuvuudet että herkkyys kahdelle ulkoiselle epävarmuudelle: öljyn markkinahinnalle ja sähköautojen hankintakustannukselle vuonna 2030.

Kuvassa esitetyt toimenpidekokonaisuudet ovat:

- Jätteenpolton päästöjen siirtäminen päästökaupparektorille
- F-kaasupäästöjen vähentäminen
- Liikenteen polttomottoreiden energiatehokkuuden parantaminen, sähkö- ja kaasautojen markkinaosuuksien kasvu ja liikennesuorituksen kasvun hillitseminen
- 10 %:n biokomponentin sekoitevelvoite lämmitysöljylle rakennusten erillislämmityksessä
- 10 %:n biokomponentin sekoitevelvoite työkoneiden polttoaineelle
- 30 %:n biokomponentin sekoitevelvoite tieliikenteen polttoaineille
- Biokaasun tuotannon lisääminen.

Kuva 15. KAISU:n toimien päästövähennysvaikutus sekä keskimääräiset kustannukset arvioituna TIMES-VTT -mallilla.



Tummansiniset alueet kuvaavat toimien keskinäisistä riippuvuuksista syntyvää vaihtelua kustannuksissa. Vaaleansiniset alueet kuvaavat kustannusten vaihtelua herkkyyystarkastelutapauksissa. Kahdelle toimenpidekokonaisuudelle on esitetty herkkyyystarkasteluiden tapaukset, joilla äärimmäiset arvot syntyvät.

Kuvan 15 kustannukset sisältävät kaksi epävarmuusväliä. Tumma kapeampi alue kuvaa vaikutusta siitä, toteutetaanko kaikki toimet vai vain osa toimista. Vaalea laajempi alue kuvaa kustannuksia neljässä eri herkkyyystarkastelutapauksessa:

- Raakaöljyn markkinahinta 2030: 55 \$/barreli tai 110 \$/barreli (perustapauksessa: 75 \$/barreli)
- Täyssähköauton hankintakustannus 2030: 0 € tai 12 000 € vastaavaa bensiiniautoa enemmän (perustapauksessa noin 6 000 €)

Herkkyyystarkastelut vaikuttavat etupäässä liikenteen energiankäyttöön ja tuontiöljyyn liittyviin toimiin. Korkea öljyn hinta alentaa päästövähennyskustannuksia, koska tällöin öljyn käytön vähentäminen aiheuttaa suuremman säästön öljyn hankintakustannuksissa. Liikenteen uudistumiseen liittyvät toimet, eli erityisesti vaihtoehtojen käyttövoimien markkinaosuuskehitykset, saavat sen sijaan korkeimman ja alhaisimman kustannuksen riippuen sähköautojen hankintakustannuksesta.

Tehdyillä oletuksilla jätteenpolton siirtäminen taakanjakosektorilta päästökaupan piiriin mahdollistaisi taakanjakosektorin päästövähennyksiä hyvin pienillä kustannuksilla. Päästövähennyksen tuottamaan hyötyyn velvoitteen laskennassa liittyy kuitenkin epävarmuutta. Liikennejärjestelmään ja vaihtoehtoihin käyttövoimiin liittyvät toimenpiteet ovat perustapauksessa keskimääräiseltä kustannukseltaan noin 50 €/t CO₂-ekv.:n tasolla, mutta tähän liittyy hyvin

suuri epävarmuus etenkin sähköautojen hintakehityksestä johtuen. Biopolttoaineiden sekoiteluotteet vähentäisivät päästöjä selvästi suuremmilla kustannuksilla, mutta kustannusarvioon vaikuttaa kohtalaisesti muun muassa raakaöljyn hintakehitys.

Tarkastellut toimenpiteet sisältävät hyvin rajoitetusti maatalouden päästövähennyksiä johtuen TIMES-VTT-mallin keskittymisestä energijärjestelmän mallinnukseen. Taulukossa 2 esitettyjen maatalouden lisätoimien perusteella voidaan olettaa, että maataloudessa voisi toteuttaa lisäksi noin 0,3 Mt CO₂-ekv. päästövähennyksiä kohtalaisen edullisilla, alle 50 €/t CO₂-ekv. kustannuksilla.

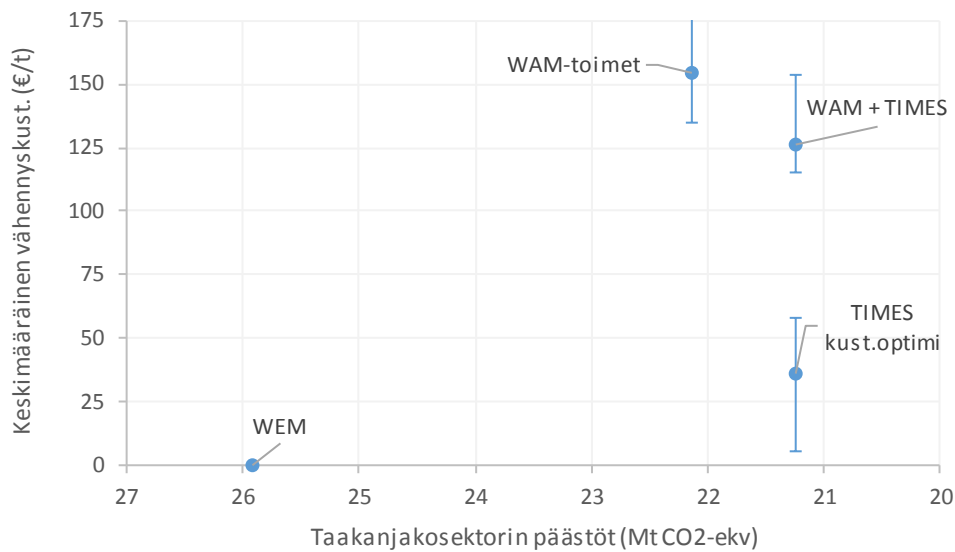
Tässä on tarkasteltu toimien suoria päästövähennyskustannuksia. Toimenpiteiden arvioinnissa on kuitenkin otettava huomioon muutkin politiikkatavoitteet, kuten energia-, teollisuus- ja teknologiapolitiikan tavoitteet. Nämä muut tavoitteet voivat olla perusteluina sille, että ilmastopolitiikan toimenpidevalikoima joltain osin poikkeaa tässä esitetyn kustannuskäyrän osoittamasta järjestyksestä.

Kustannustehokkaat päästövähennykset

Energia- ja ilmastostrategian sekä KAISU:n pohjana olevien skenaarioiden ohella TIMES-VTT -mallilla laskettiin myös vaihtoehtoisia kehityskulkuja, joilla Suomi saavuttaisi taakanjakosektorin päästötavoitteensa. Kustannustehokkaat skenaariot eivät sisällä KAISU:ssa esitettyjä WAM- skenaarion mukaisia toimia annettuina lähtötietoina, joten kustannustehokas polku laskettiin nykytoimiin (TIMES-WEM) pohjautuen sekä perus- että herkkyystarkastelutapauksissa ja lisäämällä ainoastaan taakanjakosektorin vuoden 2030 päästövähennystavoite laskennan optimoinnin lähtökohdaksi. Tuloksia tulkittaessa on hyvä huomioida, että kustannustehokkaat päästövähennykset eivät välttämättä toteutuisi pelkästään oletettujen taloudellisten kannustimien seurauksena, kuten TIMES-mallin optimoimissa kustannustehokkaissa skenaarioissa on oletettu. Todellisuudessa päätöksentekijät eivät tee päätöksiä pelkästään kustannusperusteisesti, minkä lisäksi informaatio kustannusoptimaalisten päätösten tekemiseksi voi olla puutteellista. Lasketut tapaukset antavat kuitenkin kustannuksille vertailukohtaan, johon olisi periaatteellisella tasolla mahdollista päästä.

Kuvassa 16 esitetään perustapauksessa vuodelle 2030 sekä taakanjakosektorin päästöt että vuosittaiset kustannukset suhteutettuna saavutettavaan taakanjakosektorin päästövähennykseen. Kustannuksien ja päästövähennyksen vertailukohtana on nykytoimien mukainen kehitys 2030 asti, joka on kuvassa alhaalla vasemmalla. Virhejannot esittävät kustannusten vaihtelua lasketuissa herkkyystarkastelutapauksissa. Strategiassa linjatuilla WAM-toimilla (I. E&I WAM) taakanjakosektorin päästöt laskevat 21,2 Mt CO₂-ekv.:n tasolle noin 150 €/t CO₂-ekv.:n keskimääräisillä kustannuksilla. Tämä päästötaso ei kuitenkaan riitä saavuttamaan taakanjakosektorin päästötavoitetta vuodelle 2030 (huomioiden yllä mainitun 2 %-yksikön huojennuksen). Tämän vuoksi strategian vaikutusarviossa TIMES-VTT -mallilla etsittiin lisävähennyksiä tavoitteen saavuttamiseksi, mikä on esitettyä kuvassa 16 ylhäällä oikealla. Kuva 16 esittää myös kustannustehokkaan tapauksen, jossa TIMES-VTT -malli on saanut optimoida päästövähennykset ilman WAM-skenaarion mukaisia toimia. Tämä tapaus on esitetty kuvassa 16 alhaalla oikealla.

Kuva 16. Taakanjakosektorin päästöt ja keskimääräinen vähennyskustannus kyseisille päästöille vuonna 2030, suhteutettuna nykytoimien mukaiseen kehitykseen (TIMES-WEM).

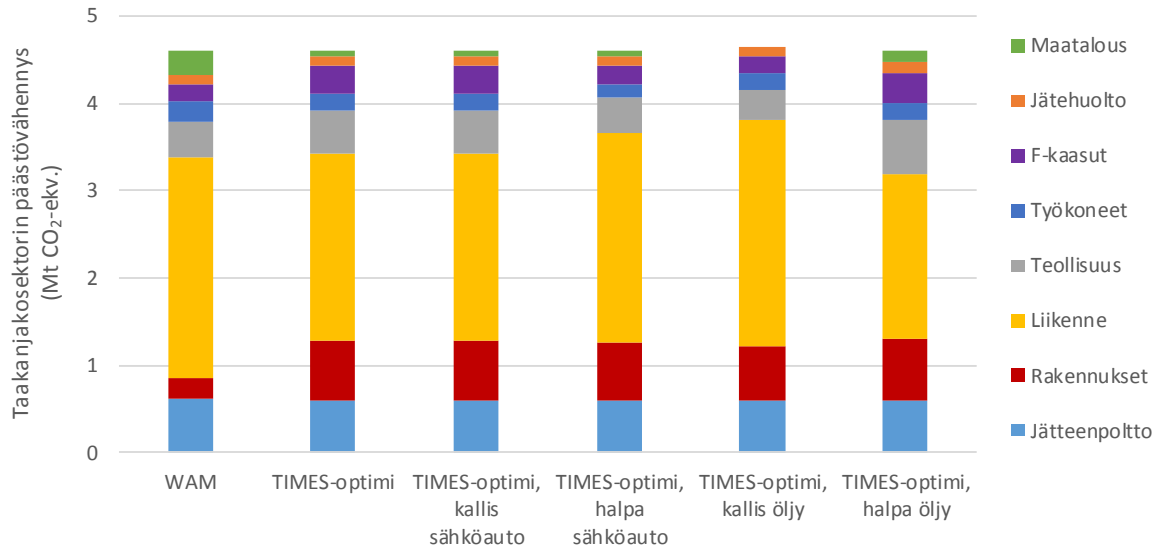


Kustannustehokas tapaus toteuttaa päästövähennyksiä TIMES-WAM-skenaariota merkittävästi pienemmillä, keskimäärin 28 €/t CO₂-ekv.:n kustannuksilla. Vastaavasti kokonaiskustannukset ovat noin 590 milj.€ /v TIMES-WAM-skenaariossa, ja kustannustehokkaassa tapauksessa noin 170 milj.€ /v. Kun huomioidaan yllä olevat herkkyytarkastelutapaukset öljyn ja sähköautojen hinnalle, kustannustehokkaan tapauksen kokonaiskustannukset vaihtelevat 20 ja 270 milj.€/v välillä.

Kuvassa 17 on esitetty päästövähennykset WAM-skenaarion (ml. TIMES-VTT -mallin määrittämät lisävähennykset) sekä kustannustehokkaiden skenaarioiden tapauksissa verrattuna WEM-skenaarion päästötasoon. Kustannustehokkaat vähennykset riippuvat kohtalaisesti tehtävistä oletuksista, minkä vuoksi kuva 17 esittää sekä perus- että herkkyytarkastelutapaukset. Kaikissa tapauksissa jätteenpolton siirtäminen päästökaupan piiriin oli kannattavaa. WAM- skenaarion mukaisiin toimiin verrattuna kaikki kustannustehokkaat skenaariot vähentävät enemmän päästöjä rakennusten erillislämmityksestä (öljylämmitys), valtaosassa tapauksissa myös F-kaasuista.

Sen sijaan liikenteen päästövähennyskeinot vaihtelevat tehtyjen hintaoletusten mukaan. Kustannustehokkaat skenaariot eivät lisää sähköautoja, mikäli niiden hankintakustannus ei alene merkittävästi. Sähköautot ovat kannattava päästövähennyskeino ainoastaan herkkyytarkastelujen tapauksessa, jossa ominaisuuksiltaan polttomoottoriautoja vastaavien sähköautojen hankintakustannus laskee bensiiniauton tasolle. Kyseisessä tapauksessa täyssähköautoja olisi noin 740 000 kappaletta vuonna 2030.

Kuva 17. Taakanjakosektorin päästövähennykset suhteessa nykytoimien mukaiseen kehitykseen TIMES-WAM-skenaariossa (ml. TIMES-VTT -mallin määrittämät lisävähennykset) sekä kustannustehokkaissa skenaarioissa perus- ja herkkyytarkastelujen oletuksilla.



Muissa kustannustehokkaissa tapauksissa kuin matalalla sähköautojen kustannuksilla tielikenteen päästövähennykset toteutetaan kehittyneillä biopolttoaineilla. Mallin oletuksilla biopolttoaineiden tuonti olisi kannattavampaa kuin biopolttoaineiden kotimainen tuotanto ns. stand-alone laitoksilla, mutta tämä tulos on kuitenkin hyvin riippuvainen biojalostamoiden kustannuksista sekä prosessien hyötysuhdetta ja tuontipolttaineiden markkinahintaa koskevista oletuksista. Näitä oletuksia on pohdittu laajemmin alla.

Kustannusten epävarmuudet ja riskit

Merkittävin vähennyspotentiaali skenaarioissa liittyy liikenteen päästöihin, mutta samalla näihin vähennyksiin liittyy monta merkittävää epävarmuutta. Liikenteen käyttämät energialähteet monipuolistuvat mentäessä kohti 2030-lukua, ja eri energialähteet tulevat kilpailemaan keskenään. Koska uudet tekniikat ovat vielä kehitysvaiheessa, vielä ei voida sanoa varmuudella mikä tekniikoista tulee olemaan kustannuksiltaan, ominaisuuksiltaan ja päästövaikutuksiltaan kannattavin.

Kehittyneiden biopolttoaineiden hankintaan on kaksi vaihtoehtoa: kotimainen tuotanto ja polttoaineiden tuonti. Näistä ensimmäinen vaihtoehto voi lisäksi pohjautua kotimaiseen tai tuotuun raaka-aineeseen tai niiden yhdistelmään. Mikäli tarkastellaan vain kustannuksia, vaihtoehtojen paremmuus riippuu biojalostamoiden kannattavuudesta suhteessa tuontipolttaineen hintaan. Laajemmassa perspektiivissä voidaan kuitenkin huomioida myös kotimaisen teknologiakehityksen edistäminen, huoltovarmuus, kauppatase ja työllisyyskysymykset. Näitä on tarkasteltu kansantalouden kustannusten arvioinnin yhteydessä.

Biojalostamoiden kannattavuuteen vaikuttavat etenkin niiden investointikustannus ja konversioprosessin hyötysuhde. Tarkastelussa käytetyillä oletuksilla näille tekijöille biopolttoaineiden tuonti olisi edullisempaa kuin niiden kotimainen tuotanto, huomioiden myös, että tällöin jalostamoiden käyttämä puubiomassa olisi käytettävissä muuhun tarkoitukseen, kuten sähkön ja lämmöntuotantoon. Skenaarioissa oletettu investointikustannus (noin 5 milj. €/ktoe)

perustuu Pöyryn arvioon³⁵, joka on korkeampi kuin esimerkiksi aiemmin VTT:n aiemmin tekemät arviot³⁶. Toteutuvien investointikustannusten arviointi on kuitenkin vaikeaa uusille teknologiakonsepteille, kuten myös tuontibiopolttoaineen hinnan arviointi. Lisäksi sekä kotimaisen että tuontipolttoaineen tulee täyttää EU:n asettamat kestävyyskriteerit.

Sähköautojen kustannusten epävarmuus liittyy etenkin akkujen hintakehitykseen, sillä ne ovat merkittävin komponentti sähköautojen kustannuserossa polttomoottoriautoihin nähden. Tarkastelun perustapauksessa sähköautojen hankintakustannus jäi noin 6000 € bensiiniautoa kalliimmaksi vuonna 2030, ja sähköautot eivät yleisty merkittävässä määrin ilman politiikkatoimia. Kustannustehokkaassa tapauksessa, jossa sähköautojen hankintakustannukset laskevat vuoteen 2030 mennessä bensiinikäyttöisten autojen tasolle, täyssähköautot saivat noin neljänneksen markkinaosuuden henkilöautoista. Toisaalta, mikäli akkujen hintakehitys ei etenisi nykyisen trendin mukaan ja sähköautot jäisivät noin 12 000 € bensiiniautoja kalliimmiksi, kertyisi 200 000 sähköauton markkinoille tuomisesta merkittävä, noin 140 milj.€/v lisäkustannus vuonna 2030.

Koska eri käyttövoimien kustannuskehitykseen liittyy merkittäviä epävarmuuksia, on suositeltavaa hajauttaa niihin liittyviä riskejä panostamalla useaan eri vaihtoehtoon ja sopeuttamalla strategiaa ajan myötä tulevaisuudessa saatavan tiedon valossa. Energia- ja ilmastostrategiassa esitetään tavoitteena kehittyneiden liikenteen biopolttoaineiden, sähkön ja kaasun käytön laajentamista, mikä vähentää vain yhteen vaihtoehtoon panostamiseen liittyviä riskejä. Toisaalta strategiassa esitetyt määrälliset tavoitteet, ts. 30 % biopolttoaineisuus, 250 000 sähköautoa ja 50 000 kaasuautoa, muodostavat kustannusriskin, mikäli nämä tavoitteet pyritään täyttämään kustannuksista huolimatta. Siten riskienhallinnan kannalta strategian täytäntöönpanoon on hyvä sisällyttää mahdollisuus tavoitteiden tarkistamiseen muutuneen toimintaympäristön myötä.

7.2 Kansantaloudellisten vaikutusten arviointia

Juha Honkatukia, VTT & Markku Ollikainen, HY

Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman kansantaloudellisten vaikutusten arvioinnin tavoitteena on ensinnäkin analysoida, millainen on ilmastosuunnitelmaan sisätyvien toimien välittömän kansantaloudellinen vaikutus välittämättä valtion budjetin tasapainottamisesta ja toiseksi tutkia, kuinka budjetin tasapainottaminen erilaisilla veroratkaisuilla vaikuttaa suunnitelmasta kaiken kaikkiaan koituviin kustannuksiin.

Energia- ja ilmastopoliittisten toimien vaikutuksia Suomen kansantalouteen arvioitiin kansantaloutta kuvaavan laskennallisen FINAGE-tasapainomallin avulla. Tasapainomalli kuvaa taloutta kotitalouksien, yritysten ja julkisten sektorien päätöksistä käsin. WAM-skenaariossa toteutettavien toimenpiteiden vaikutusarviointi vertaa politiikkatoimenpiteiden vaikutuksia WEM-skenaarioon (I. TEM-WEM), jossa tulevaisuutta peilataan nykykäsitukseen maailmanmarkkinoiden ja kotimaisen talouden kehityksestä. WEM-skenaariossa otetaan jo tehdyt politiikkapäätökset huomioon. Näistä tärkeimpiä ovat eläkeuudistus, joka helpottaa muuten näköpiirissä olevaa työvoimapulaa etenkin 2020-luvulla sekä yhteiskuntasopimus, joka parantaa kilpailukykyä ja talouden kasvuedellytyksiä jo lähivuosina. Lisäksi arvioissa on ennakoitu tekeillä olevan Sote-uudistuksen vaikutuksia työvoiman tarpeeseen ja julkiseen talouteen hallitusohjelmassa esitettyjen tavoitteiden mukaisesti.

³⁵ Pöyry 2017b. Metsäbiomassan kustannustehokas käyttö. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 23/2017

³⁶ Hannula, I. & Kurkela, E. 2013. Liquid transportation fuels via large-scale fluidised bed gasification of lignocellulosic biomass. VTT Technology 91.

WAM-skenaarion keskeiset oletukset kansantalouden vaikutusarviossa ovat:

- Energijärjestelmä noudattaa TIMES-mallilla arvioitua skenaariota (I. TIMES-WAM)
- Biopolttoaineiden tuotanto noudattaa TIMES-mallilla tehtyä arviota (L. TIMES-WAM)
- Liikenteen kehitys noudattaa LVM:n arviota liikennesuoritteen ja ajoneuvokannan kehityksestä (I. E&I WAM sekä TIMES-WAM)
- Taloudellinen ohjaus toteutetaan budjettineutraalisti.

WAM-skenaariossa toteutetaan päästöjen rajoittaminen suurelta osin energijärjestelmän ja taakanjakosektorin toimenpiteillä. Taloudellisten ohjauskeinojen käyttöön WAM-skenaario vaikuttaa suhteellisen vähän, koska päästökaupan ja energiaverojen vaikutukset on otettu huomioon jo WEM-skenaariossa. Sekä tuotanto- että kulutusrakenne kuitenkin muuttuvat WAM-skenaariossa, mikä vaikuttaa julkisen sektorin rahoitusasemaan, ennen muuta energiaverokertymien muuttuessa. Lisäksi biojalostamoiden vaatima tuki lisää valtion menoja, kun taas biopolttoaineiden osuuden kasvu sekä liikennesuoritteen WEM-skenaariota hitaampi kasvu pienentävät polttoaineverokertymää. Budjettineutraalius on oletettu toteutettavan hyödykeverotuksen lievällä korotuksella (esimerkiksi arvonlisäverotuksen kautta).

Taulukko 13. Vaikutukset kansantalouteen (WAM-skenaarion ero WEM-skenaarioon).

	Muutos WEM-skenaarioon verrattuna, prosenttia	Vaikutus kansantuotteeseen WEM-skenaarioon verrattuna, prosenttiyksikköä
Kansantuote	-0,59	
Yksityinen kulutus	-0,40	-0,23
Investoinnit	-0,85	-0,10
Julkinen kulutus	0,00	0,00
Vienti	-1,75	-0,76
Tuonti	-1,33	0,49

Taulukossa 13 budjetti on tasapainotettu korottamalla arvonlisäveroa. Seuraavassa analyysissä sallitaan toisenlaisia tasapainottamistapoja ja kuvataan ilmastotoimet konkreettisemmin.

Arvioita keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman vaikutuksesta hyvinvointiin ja tehokkuuteen

KAISU-hankkeessa arviot yksittäisistä toimenpiteistä perustuvat edellä viitattuihin WEM- ja WAM-skenaarioihin, mutta nyt tavoitteena on "eristää" toistaan ilmastotoimien välittömät kansantaloudelliset vaikutukset sekä ne lisävaikutukset, joita tulee, kun toimista johtuvat verotulojen muutokset tasapainotetaan valtion budjetissa. Suorien vaikutusten separointi budjettikorjatuista vaikutuksista vastaa niin sanottua "first-best"-tilannetta, jossa politiikan muotoilussa ei tarvitse ottaa huomioon valtion budjetin rahoitustarvetta. Samalla tämä erottelu mahdollistaa sen tutkimisen, millainen tasapainottaminen aiheuttaa kansantalouden tasolla pienimmän kustannusrasituksen.

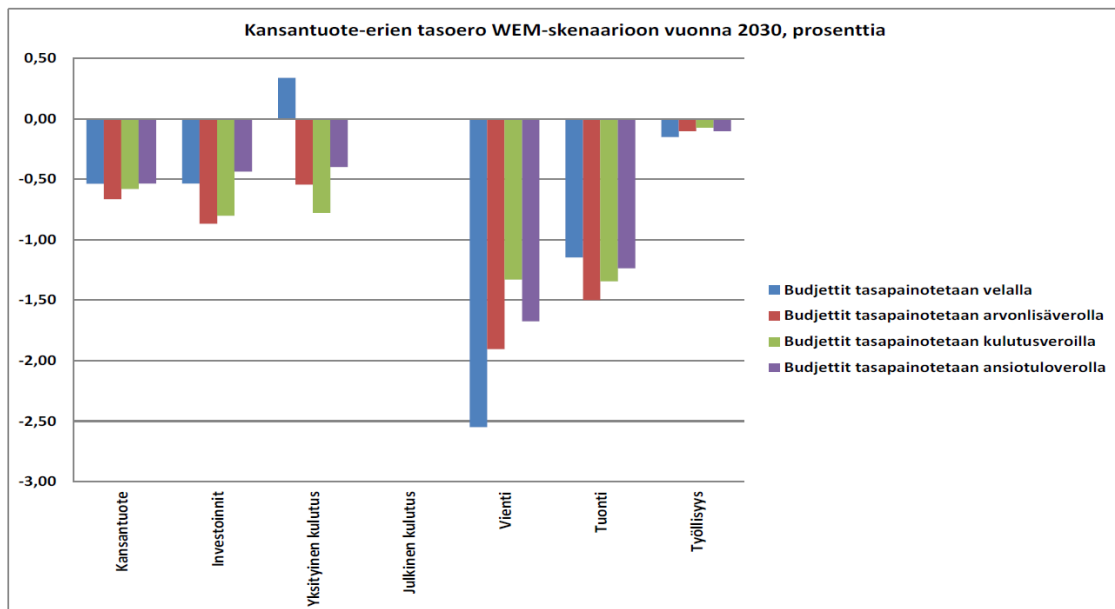
Suorat vaikutukset ratkaistaan laskelmissa sallimalla valtion velan kasvu. Julkisen talouden tasapainotustapoja tutkitaan sallimalla kolme vaihtoehtoista veroratkaisua: korotetaan arvonlisäveroa, kulutusveroa tai ansiotuloveroa. Näistä arvonlisävero kohdistuu kaikkiin talouden toimijoihin, kulutusvero vain kuluttajiin ja ansiotulovero kaikkiin palkansaajiin. Tämän vuoksi kullakin verolla on erilainen veropohja: laajin on ansiotuloverolla ja suppein kulutusverolla. Veropohjan laajuudella on vaikutusta verorasituksen suuruuteen: muiden tekijöiden pysyessä muuttumattomina, laaja veropohja mahdollistaa alhaisemman veroasteen kuin

suppea veropohja. Kertyvään verotuloon vaikuttaa myös toimijoiden mahdollisuus välttää vero, eli toiminnan jousto veroasteen suhteen.

WAM-skenaarion mukainen malli ratkaistiin veroasteita lukuun ottamatta identtisin oletuksin. Kuvaan 18 on koottu ratkaisujen keskeisimmät tulokset. Ne ilmaistaan itse kansantuotteen sekä sen keskeisten komponenttien avulla ja suhteessa WAM-skenaarioon. WAM-skenaariossa BKT (kansantuote) kasvaa noin 29 % päätevuoteen 2030 mennessä. Kuvan 18 luvut kertovat kuinka paljon ilmastopolitiikka laskee tätä kasvua päätevuonna.

Kuvassa 18 esitetään kansantuotteen, investointien, yksityisen kulutuksen, viennin, tuonnin ja työllisyyden lasku päätevuoden vastaavasta tasosta.

Kuva 18. Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman kansantaloudelliset vaikutukset, kun valtion budjetti tasapainotetaan vaihtoehtoisin veroinstrumentein.



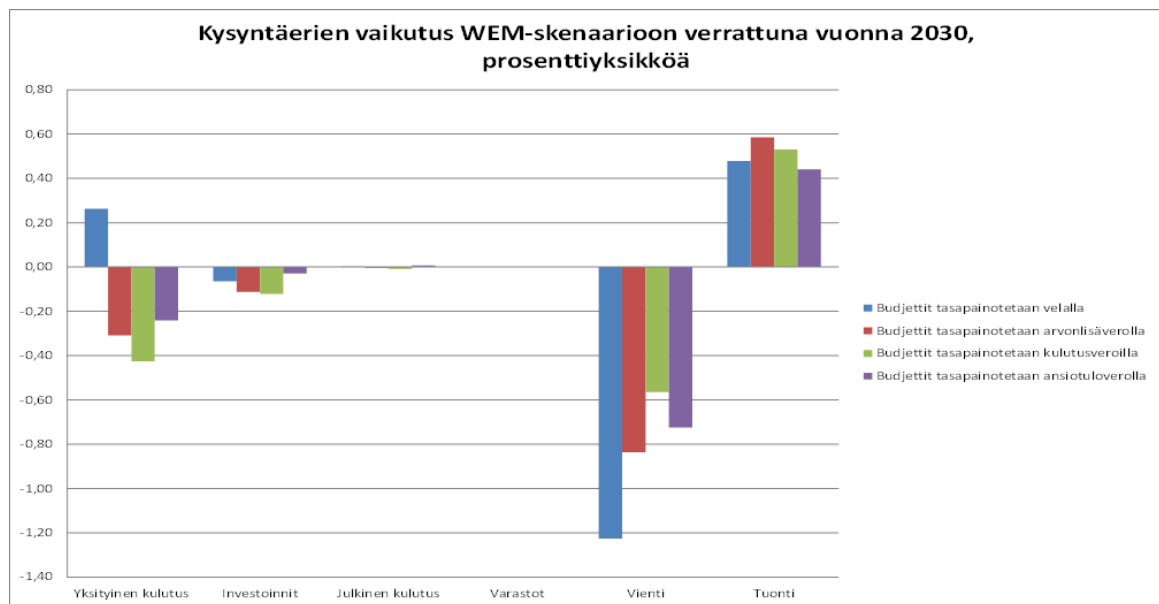
Ensimmäinen havainto kuvasta 18 on se, että kaikissa tutkituissa tapauksissa taakanja-kosektorin keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikalla on minimaalinen vaikutus kansantuotteen kasvuun: vuoden 2030 kasvun tasosta (29 %) menetetään vain 0,51 – 0,66 %. Kansantuotteen kasvun suhteen ilmastosuunnitelman välitön kustannus ja ansiotuloverolla tasapainotettu malli ovat lähes identtiset ja niissä kansantuotteen lasku suhteessa WAM-skenaarioon on pienin. Suuremmat vaikutukset kohdistuvat tuontiin ja vientiin. Ilmastotoimien suora (velanotolla tasapainotettu) vaikutus on lyhyesti: yksityinen kulutus kasvaa toisin kuin muissa vaihtoehtoisissa, koska politiikka tarjoaa tukiaisia osalle ilmastotoimista. Toisaalta vienti vähenee eniten, koska resurssit kohdistuvat kotimaiseen kysynnän palveluun. Tämä johtuu siitä, että mallissa ei ole resurssien alikäytettyä, ”vapaata” pääomakantaa, joka voisi palvella molempia sektoreita.

Kuvasta 18 näkyy, että julkistalouden tasapainotusvaihtoehdoilla on eniten merkitystä investointien, yksityisen kulutuksen ja viennin suhteen, kun taas erot kansantuotteen ja työllisyyden kannalta eivät ole suuria. Yleisesti ottaen ansiotulovero pärjää parhaiten useimpien komponenttien suhteen ja arvonlisäveron korotus heikoimmin useimpien komponenttien suhteen. Mallissa kulutusvero on lähinnä esimerkiksi polttoaineiden hinnan korotuksia ja nähdään, että se toimii toiseksi parhaiten. Mikäli ansiotuloveron nosto on poliittisesti hankalaa,

kulutusveron käyttö auttaisi tasapainottamaan budjetin ja olisi samalla yhteensopiva ilmasto-suunnitelman tavoitteiden kanssa.

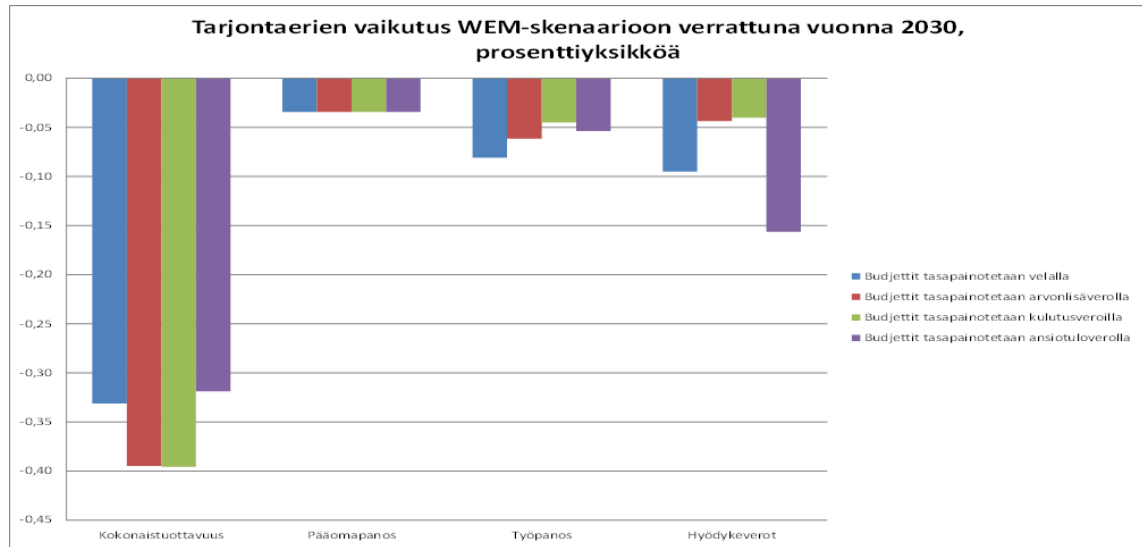
Kuvassa 19 tarkastellaan erikseen, millainen on edellä esiteltyjen kansantuotteen kysyntä-erien vaikutus kansantuotteeseen suhteessa perusuraan vuonna 2030. Tuonnin supistuminen kaikissa tapauksissa sekä yksityisen kulutuksen kasvu, kun budjetti tasapainotetaan velanotolla, lisäävät kansantuotetta perusuraan verrattuna. Investointien ja viennin lasku puolestaan heikentävät näiden erien kasvuvaikutusta kansantuotteeseen suhteessa perusuraan. Budjetin tasapainottamistavat eivät poikkea toisistaan erityisen paljon.

Kuva 19. Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman vaikutukset kansantalouden kysyntäeriin, kun valtion budjetti tasapainotetaan vaihtoehtoisin veroinstrumentein



Kuva 20 syventää ymmärrystä siihen, kuinka tarjontaerät vaikuttavat kansantuotteen kasvuun suhteessa perusuraan päätevuonna 2030. Tarkasteltavat suureet ovat talouden pitkän aikavälin kasvun kannalta tärkeitä, ja ne ovat kokonaistuottavuus, pääomakanta ja työpanos. Pääoman ja työvoiman tulkinta on perinteinen: niiden supistuminen pienentää kansantuotetta. Kokonaistuottavuus kuvaa työn ja pääoman tuottavuutta ja talouden materiaalihokkuutta. Kuvaan 20 raportoidaan myös hyödykeverot lähinnä teknisistä syistä (jotta kansatuote summautuisi oikein).

Kuva 20. Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman vaikutukset kansantalouden tarjontaeriin, kun valtion budjetti tasapainotetaan vaihteoisin veroinstrumentein.



Kuvan 20 pystyakseli kertoo, että muutokset ovat erittäin pieniä suhteessa perusuraan. Kokonaistuottavuuden kannalta ansiotuloverotus budjetin tasapainottajana johtaa suurempaan kokonaistuottavuuteen kuin hyödykeverot ja arvonlisäveron nostaminen. Pääomakannan suhteen vaikutus on kaikissa tasapainotusvaihtoehdoissa identtinen ja erittäin pieni. Kuvan 20 tärkein viesti on, että kulutuksen tai ansiotuloverojen korotus suuntaavat taloutta hitaammin kasvaville, työvoimavaltaisille aloille (kulutuksen pienenemisen ja palkkojen laskun takia), mikä pienentää kokonaistuottavuuden kasvun vaikutusta kansantuotteeseen. Arvonlisäverotuksen yhteydessä tämä vaikutus on pienempi, mutta se puolestaan johtaa hyödykeverokertymän laskun vuoksi suurimpaan kansantalouden laskuun perusuraan verrattuna.

Ilmastotoimien vaikutuksiin ja budjetin tasapainottamistapoihin voidaan tuoda lisävalaisua tarkastelemalla kahta tärkeää politiikan indikaattoria: kuluttajien hyvinvoinnin muutosta ja julkisten varojen keräämisen kustannusta. Yleisessä tasapainomallissa kuluttajien hyvinvointia politiikkamuutoksen oloissa voidaan arvioida ns. ekvivalentin variaation avulla. Tämä käsite tarkoittaa yksinkertaista sen rahasummaa, joka kuluttajille tulisi antaa, jotta heidän hyvinvointinsa olisi samalla tasolla kuin ennen ilmastopolitiikan voimistamista. Mallissa ympäristönlaadun positiivinen muutos ei – mallin rajoitteiden vuoksi – vaikuta hyvinvointiin, joten ekvivalentti variaatio aliarvioi lievästi hyvinvointivaikutusta. Julkisten varojen keräämisen rajakustannus puolestaan kertoo, kuinka monta euroa maksaa yhden euron kerääminen verotuksella. Vain poikkeustapauksessa yksi euro veroa saadaan yhden euron kustannuksella – veron kustannus on käytännössä aina selvästi suurempi kuin kerättävä veromäärä. Tämä johtuu siitä, että verotus yleensä muuttaa taloudenpitäjien käyttäytymistä epäoptimaaliseen suuntaan, jolloin talouteen tulee tehokkuustappioita. Poikkeuksen sanottuun tuovat ulkoisvaikutuksia korjaavat ympäristöverot, jotka korjatessaan negatiivisia ulkoisvaikutuksia kasvattavat hyvinvointia. Vertaamalla eri verojen keräämisen kustannusta voidaan arvioida, mikä vero tuottaa pienemmän kustannuksen, eli aiheuttaa vähiten vääristymiä talouteen.

Taulukko 14 kuvaa kuluttajien hyvinvointia ekvivalentin variaation avulla. Se raportoi myös budjettivajeen sekä veroratkaisut budjetin tasapainottamiseksi. Verotulon keräämisen rajakustannus on määritelty budjettivajeen avulla, koska budjettivaje kertoo, kuinka paljon veroilla on tarpeen tasapainottaa budjettia. Huomattakoon, että luvut koskevat päätevuotta 2030, eli esimerkiksi budjettivaje on kymmenen vuoden kumulatiivinen vaje.

Taulukko 14. Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman hyvinvointivaikutus ja budjetin tasapainottamisen rajakustannus.

	Budjetti tasapainotetaan			
	velalla	arvonlisäverolla	kulutusverolla	ansiotuloverolla
Ekvivalentti variaatio (M eur)	602	-1440	-2065	-1104
Budjettivaje (M eur)	3089	0	0	0
Verotulon keräämisen rajakustannus	0,81	1,47	1,67	1,36

Kuluttajien hyvinvointi kasvaa, jos budjetin tasapainottamistarvetta tarkasteluperiodilla ei ole, mutta se kääntyy merkittävän negatiiviseksi, eli kuluttajien hyvinvointi laskee, kun budjetti tasapainotetaan. Ansiotulovero laskee hyvinvointia vähiten, koska se laajan veropohjan ja reaali-palkkajäykkyyden vuoksi aiheuttaa pienimmän rasitteen, kulutusvero puolestaan eniten. Ansiotuloveron keräämisen rajakustannus on 1,36, eli yhden euron kerääminen maksaa 1,36 euroa. Arvonlisäveron hyvinvointivaikutus ja keräämisen rajakustannus ovat alhaisempia kuin kulutusveron vastaavat vaikutukset. Kulutusvero kärsii tässä vertailussa siitä, että vaikka se on ainoa, joka voi vähentää ulkoisvaikutuksia, tämä parannus ei näy hyvinvointimitassa.

Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman välittömät ja välilliset vuotuiset kustannukset

Taulukon 14 tulokset voidaan hieman yksinkertaistaen kääntää ilmastosuunnitelman vuotuisiksi vaikutuksiksi. Budjettivaje on vuosittain keskimäärin 308 miljoonaa euroa. Se koostuu pääosin kolmesta tekijästä: investointituesta biopolttoainelaitoksiin (noin 100 M€), asteittaisesta polttoaineverojen kertymän laskusta (vuosittain keskimäärin 120 M€) sekä maatalouden kohdistettavista tuista (vuosittain keskimäärin 30M€). Saatu luku kuvaa keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman välittömiä keskimääräisiä vuotuisia vaikutuksia, sillä Taulukon 15 laskelmissa budjettia ei ole tasapainotettu vastaamaan verotulojen keräystarvetta.

Budjetin tasapainottaminen nostaa ilmastosuunnitelman toteuttamisen kustannuksia veronkeruutarpeen vuoksi. Yksinkertaisin, mutta lievästi yliarvioiva tapa on kertoa budjettivaje veronkeräämisen rajakustannuksella. Nämä tiedot on tiivistetty taulukkoon 15.

Taulukko 15. Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman keskimääräiset vuotuiset kustannukset.

	vuotuinen budjettivaje	arvonlisävero	kulutusvero	ansiotulovero
Verotulon keräämisen rajakustannus	0,81	1,47	1,67	1,36
Budjettivaje (M eur)	308	0	0	0
Keskimääräinen vuotuinen kustannus	250	367	417	340

Taulukosta 15 nähdään, että vuotuinen kustannus kasvaa rajakustannuskertoimen mukaan. Näillä oletuksilla kustannusrasitus on maksimissaan hieman yli 400 miljoonaa euroa vuodessa.

Arvioituja kustannuksia pienentää kaksi tarkastelun ulkopuolelle jäänyttä tekijää. Polttoaineidien käytön väheneminen parantaa ympäristön laatua ja luo terveyshyötyjä, joita mallilaskelmiin ei ole voitu tiedon puutteen vuoksi sisällyttää. Laskelmissa ei myöskään ole arvioitu ilmastopolitiikan myötä mahdollisesti syntyvien innovaatioiden merkitystä. Ne voivat lisätä vientiä tai voimistaa kotimarkkinoita ja siten kasvattaa bruttokansantuotetta. Näiden seikkojen vuoksi Taulukon 15 luvut yliarvioivat kustannukset.

8. KULUTUKSEN TOIMET

Jyri Seppälä, Ari Nissinen, SYKE & Merja Saarinen, Luke

Kuluttajien päästöjä alentavat toimet kohdistuvat sekä päästökauppa- että taakanjakosektorille. Kulutukselle kohdennettavien päästöjen kannalta tämä jako ei kuitenkaan ole olennainen, minkä takia kulutuksen päästövähennysmahdollisuuksia tulisi käsitellä kokonaisuutena varsinkin kun asiasta viestitään kuluttajille. Tämän takia työssä on tunnistettu laajalti kulutukseen liittyviä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen mahdollisuuksia kummallakin sektorilla. Tarkastelussa on selvitetty perus- ja lisätoimenpideskenaarioihin (WEM ja WAM) sisällytetyt kulutuksen päästövähennystoimet ja etsitty niiden lisäksi toimia, jotka täydentävät keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman toimenpidekirjoa. Näille lisätoimille tehdyt päästöarviot ovat suuruusluokka-arvioita, koska niiden toteutumiseen liittyy monia oletuksia ja epävarmoja tekijöitä.

Seuraavassa on esitetty tiivistetysti arviot kulutukselle kohdennettavista päästövähennyksistä, niihin liittyvät oletukset sekä ajatuksia niitä edistävistä ohjauskeinoista. Nämä on dokumentoitu yksityiskohtaisemmin erillisjulkaisussa Seppälä ym. (2017)³⁷. Tässä yhteydessä huomio kohdistetaan erityisesti taakanjakosektorin päästöihin.

8.1 Rakennukset ja asuminen

Kuluttaja voi vaikuttaa asumiseen kohdistettaviin päästöihinsä lämmitystavan valinnalla, sähkön tuotantotavan valinnalla, energiaremonteilla sekä lämmön- ja sähkön säästötoimilla. Lämmön säästötoimiin kuuluu myös vedenkulutukseen vaikuttaminen. Asukas voi lisätä omaa vähäpäästöistä energiatuotantoa ja vähentää rakennuksen ulkopuolelta ostettavaa energiaa. Lisäksi kuluttaja voi vaikuttaa osto- ja/tai suunnittelupäätöksillään uudisrakennusten tekijöihin, joilla on vaikutusta rakennuksen käytönaikaiseen energiakulutukseen ja rakennuksessa käytettävien materiaalien hiilijalanjälkeen.

Öljylämmityksestä luopuminen muodostaa taakanjakosektorilla suurimman päästövähennyspotentiaalin asumisen alueella. WAM-skenaariota perusteella asuinrakennusten öljynkäyttö vähenee vuodesta 2012 vuoteen 2030 noin 2,9 TWh:lla, mutta jää kuitenkin vielä 2,2 TWh:n tasolle. Lehtilä (2017)³⁸ on arvioinut, että asuinrakennusten nettopäästövähennyspotentiaali olisi noin runsaat puolet päästövähennyspotentiaalista eli 0,32 Mt CO₂-ekv., jos öljylämmityksestä luovutaan kokonaan asuinrakennuksissa vuoteen 2030 mennessä. Näin suuri päästövähennys ei ole kuitenkaan realistinen, sillä kaikki eivät ole valmiit luopumaan öljyn käytöstä tottumuksista tai asuntojen iän tai remointitilanteen johdosta. Tämän takia asuinrakennuksille 0,2 Mt CO₂-ekv./v lisäpäästövähennys saattaisi olla mahdollista vuoteen 2030 mennessä, mikäli öljystä luopumista voidaan vauhdittaa muun muassa verotuksella sekä rahoitusjärjestelyillä että ESCO-toimintamalleilla. Öljyn hinnan selvä kallistuminen voi lisätä kuluttajien halukkuutta luopua öljystä ilman erillisiä yhteiskunnan tukitoimia. Kyse on kuitenkin kaiken kaikkiaan ohjaustoimista. Esimerkiksi Ruotsissa talojen öljynkäyttö oli jo 2015 mennessä pudonnut tasolle 1,2 TWh.³⁹

³⁷ Seppälä, J., Nissinen, A., Kupiainen, K., Karvosenoja, N., Tainio, P., Mattinen, M., Soimakallio, S., Koljonen, T., Lehtilä, A., Ekholm, T., Saarinen, M., Silvennoinen, K. 2017. Kulutusnäkökulma ilmastopolitiikassa - toimien vaikutusarvioita. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, tulossa.

³⁸ Lehtilä, A. 2017. Taakanjakosektorin päästövähennyspotentiaalit ja -kustannukset VTT:n TIMES-mallilla analysoituna. Työpäpaperi, maaliskuu 2017.

³⁹ <http://www.energimyndigheten.se/statistik/bostader-och-lokaler/?currentTab=1#mainheading>

Kuluttajien toimet rakennusten sähkön ja lämmön käytön vähentämiseksi ja vähäpäästöisten ratkaisujen käyttöönottamiseksi kohdistuvat lähes kokonaan päästökauppasektorille, jossa selvityksen mukaan voitaisiin saavuttaa 1,3 Mt CO₂-ekv. lisäpäästövähennys WEM- ja WAM-skenaarioihin sisällytettyihin toimenpiteisiin nähden. Energiaremontit on WEM- ja WAM-skenaarioissa oletettu vain peruskorjausten yhteyteen, eikä niissä oleteta tehtävän kaikkia tehokkaita toimia. Energiaremonttien tehostaminen olisi yksi konkreettinen asuinrakennusten taakanjakosektorillekin vaikuttavista toimista. Voimakkaalla ohjauksella (esimerkiksi tukien avulla ja rakennuslupien yhteydessä) energiansäästövaikutuksia voisi nostaa siten, että taakanjakosektorilla lisäpäästövähennysvaikutus olisi 0,04 Mt CO₂ ekv. Aurinkokehäreäntien yleistymisen lämpimän veden tuottamisessa voisi lisätä päästövähennystä taakanjakosektorilla noin 0,005 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030.

Puun pienpolton paremmilla tulisijoilla ja ohjeistuksella voitaisiin parhaassa tapauksessa vähentää mustan hiilen päästöjen ilmastovaikutuksia 1,5 Mt CO₂-ekv. vuodessa. Mustan hiilen ilmastovaikutuksen mekanismi eroaa kasvihuonekaasupäästöjen ilmastovaikutuksista, eivätkä mustan hiilen päästöt ole mukana tällä hetkellä päästökaupassa eivätkä taakanjakosektorin päästöjen laskennassa.

Kysynnän kautta voidaan vaikuttaa rakennusmateriaalien tuotannon päästöihin ja rakentamiseen sitoutuvaan hiilivarastoon. Puurakentaminen korvaa terästä ja sementtiä, ja masuunikuonan käyttö kalkin käyttöä sementissä. Näiden asioiden edistäminen kestävä kulutuksen kautta synnyttää päästövähennyksiä päästökauppasektorilla (yht. noin 0,1 Mt CO₂-ekv/v). Lisäksi puurakentamista edistämällä on mahdollista kasvattaa puutuotteiden hiilivarastoa, minkä laskennallinen nieluvaikutus raportoidaan maankäyttösektorilla (LULUCF).

Asumisen ja siihen liittyvän rakentamisen lisäpäästövähennysten realisointi edellyttää ennen kaikkea informaation tehokasta jakamista kustannustehokkaista ratkaisuista ja ylipäättänsä kuluttajien ilmastotietoisuuden kasvattamista. Verotuksellisilla ratkaisuilla voidaan vahvistaa haluttuja valintoja.

8.2. Liikkuminen

Kuluttaja voi vaikuttaa liikkumiseen kohdistettaviin päästöihinsä sillä, kuinka paljon ja millä tavoin matkustaa. Vähäpäästöisyyteen pyrittäessä keskeisessä asemassa ovat henkilöauto-suorituksen väheneminen ja vähäpäästöisen autokannan kehittyminen. Joukkoliikenteen toimivuus ja houkuttelevuus vaikuttavat henkilöautosuoritteeseen samoin kuin yhdyskuntarakenne, joka mahdollistaa tehokkaan joukkoliikenteen ja lyhyet asiointimatkat pyöräillen ja kävellen. Vähäpäästöisten autojen hankintaan vaikuttavat mm. auton hankintahintaan ja käyttöön liittyvät verot ja muut maksut sekä mahdolliset muut edut mm. pysäköintiin liittyen.

Liikenteen lisäpäästövähennyspotentiaaliksi WEM- ja WAM –skenaarioihin nähden arvioitiin vuonna 2030 yhteensä 0,3 Mt CO₂-ekv taakanjakosektorilla. Vaihtoehtoisista käyttövoimista katsottiin sähköautoilla olevan selvästi paremmat kasvumahdollisuudet kuin biokaasuautoilla, jotka WAM-skenaariossa katsottiin otetuksi jo melko maksimaalisesti käyttöön. Sähköautojen määrän lisääminen 100 000 autolla KAISU:ssa esitetyn 250 000 auton lisäksi vuoteen 2030 mennessä saattaa tuntua vielä tänä päivänä epärealistiselta, mutta lopputuloksen määrää pitkälti autoteollisuuden kehitystyön onnistuminen kustannustehokkuudessa sekä yhteiskunnan infrastruktuurin valmius. Käytännössä nämä kehittyvät nopeasti samanaikaisesti tietyn kriittisen pisteen jälkeen. Hollannissa sähköautojen osuus saavutti vuonna

2015 10 %:n markkinaosuuden ja Norjassa vastaavasti yli 20 %:n markkinaosuuden⁴⁰. Myös Ruotsissa ja Tanskassa markkinaosuus on kasvanut nopeasti. Sähköautojen määrän kasvattaminen 350 000 henkilöautoon vuoteen 2030 mennessä toisi runsaan 0,1 Mt CO₂-ekv.:n lisäpäästövähennyksen vuonna 2030. Tällöin sekoitevelvoitteilla määritelty biopolttoaineiden jakelumäärä jäisi alhaisemmaksi, mikä voisi vapauttaa biomassaraaka-ainetta muuhun käyttöön tai vähentää biomassaan korjuuta, joka voisi näkyä suurempana metsien hiilivarastona. Autokannan energiatehokkuus kehittyisi suotuisasti perinteisilläkin käyttövoimilla, jos niiden valinnassa otettaisiin nykyistä paremmin huomioon auton vähäpäästöisyys ja valintaa tuettaisiin nykyistä selvästi progressiivisemmalla autoverotuksella. Tällä vähennettäisiin suuripäästöisempien autojen osuutta autokannassa, minkä seurauksena lisäpäästövähennys voisi olla 0,1 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030 KAISU:n arvion nähden (0,6 Mt CO₂ ekv.).

Itseohjautuvien autojen, jakamistalouden ja nuorten muuttuneiden asenteiden seurauksena vuonna 2030 autokantamme saattaisi olla noin 200 000 henkilöautoa pienempi WAM-skenaarioon nähden. Autokannasta vapautunut ajosuoritemäärä korvautuisi yhteiskäyttöisillä vähäpäästöisillä autoilla ja joukkoliikenteellä. Toimien yhteisvaikutus merkitsisi lähes 0,1 Mt CO₂-ekv. päästövähennyslisää vuonna 2016.

Vähäpäästöisten toimenpiteiden edistämässä ovat avainasemassa verotukselliset ratkaisut, jotta ostokäyttäytyminen ohjautuisi vähäpäästöiseen vaihtoehtoon tai matkustustarve toteutettaisiin uudella tavalla. Myös informaatio-ohjauksella on suuri merkitys kulutustottumusmuutosten vahvistamisessa varsinkin silloin, kun se yhdistyy uusiin taloudellisiin etuihin (eli ohjauskeinoihin).

8.3 Ruoka

Kulutuksessa voidaan vaikuttaa ruoan kulutukselle kohdistettavaan ilmastokuormitukseen ruokahävikkiä pienentämällä ja muuttamalla ruokatottumuksia. Perus- ja lisätoimiskenarioissa (WEM ja WAM) maataloustuotannon ei oleteta muuttuvan kuluttajien muuttuneiden ruokatottumusten ja ruokahävikin seurauksena, eikä tätä aluetta ole otettu päästövähennysten kvantitatiivisissa arvioinneissa huomioon.

Suomessa ruokaketjun ruokahävikki vastaa noin 10–15 % kulutetusta ruoasta. Määrä on maltillinen verrattuna eurooppalaiseen tai pohjoisamerikkalaiseen tasoon. Ruokahävikkiä syntyy ruokaketjun kaikissa vaiheissa, eniten kotitalouksissa (30 %) ⁴¹. Nykyisillä ruokatottumuksilla ruokahävikin puolittaminen vuoteen 2030 merkitsisi arviolta 0,3 Mt CO₂-ekv. vähemmän taakankajosektorin maatalouspäästöjä, jos oletetaan, että vapautunut viljelyala ohjataan metsätalouksikäyttöön. Tällöin LULUCF-sektorin hiilensidonta lisääntyisi metsitettävän pinta-alan myötä. Toisaalta peltoala ei välttämättä vähene, vaan vähentynyt kotimaan ruokakäyntä voi kanavoitua vientiin. Tällöin taakanjakosektorin päästöt eivät ruokahävikin vähentämisen vuoksi vähenisi Suomessa. Jos oletetaan, että merkittävä osa (1.15–50 %) vapautuneesta viljelyalasta kuitenkin metsitetään, niin kuluttajan ruokahävikin puoliutumisen päästövähennys taakanjakosektorilla voisi olla suuruusluokkaa 0,05–0,15 Mt CO₂-ekv/v.

Ruokahävikkiä voidaan pyrkiä vähentämään ennen kaikkea valistuksen ja asennemuokkauksen kautta. Kuluttajakäyttäytymisen muutosten kautta on mahdollisuus vaikuttaa ravintoloiden, teollisuuden ja kauppojen ruokahävikkiin. Edelleen asennemuutos tekisi mahdolliseksi vapaaehtoiset ja jopa lakisääteiset toimenpiteet kaupalle ja ravitsemuspalveluille,

⁴⁰ IEA 2016 Global EV Outlook 2016. OECD/IEA International Energy Agency. www.iea.org Paris

⁴¹ Silvennoinen, K., Katajajuri, J.-M., Hartikainen H., Heikkilä, L., Reinikainen, A. 2015 Food Waste and Related Climate Impacts. In Ari Paloviita & Marja Järvelä (Ed.) Climate Change Adaptation and Food Supply Chain Management. p. 183-193. Routledge.

joissa syömäkelpoinen ruoka ohjataan takaisin ruoan tarvisijoille sellaisenaan tai kevyesti prosessoituna. Vaihtoehtoisessa järjestelyssä toimijat sitoutuisivat kertomaan ruokahävikiä määrän ja tämä tieto välittyisi asiakkaille ja kuluttajille asti esimerkiksi erikseen sovittavan merkin avulla.

Luonnonvarakeskuksen selvitysten perusteella ruokavalion laajapohjainen muutos ravitsemussuosituksen ja ilmaston näkökulmasta voisi tuoda jopa 2–4 Mt CO₂-ekv. päästövähennyksen vuositason. Kotimaan päästöjen vähennyspotentiaali olisi tästä noin puolet⁴². Tarkastelu pitää sisällään myös peltoalan muutostarpeen Suomessa, mutta toisaalta tarkastelu ei pidä sisällään peltomaan laadullisia muutoksia, eikä ruokatottumuksen välillisiä vaikutuksia maankäyttösektorin (LULUCF) päästöihin, joiden vaikutukset voivat olla merkittäviä.

Ruokatottumusten muutosten päästöhyötyjen realisoituminen edellyttäisi kuluttajien ruokatottumusten laajamittaista muutosta ja uusia maatalouspoliittisia linjauksia. Vuoteen 2030 mennessä ei voitane olettaa, että yli neljännes kuluttajista söisi ilmastoystävällisesti. Lisäksi vapautuneiden peltojen tilalle pitäisi syntyä vähemmän ilmastokuormittavaa maataloustoimintaa (esimerkiksi vähemmän karjankasvatusta) ja osa peltopinta-alasta tulisi jopa metsittää. Koska tällaiseen muutossuuntaan liittyy suuria epävarmuuksia, ruokatottumusten vaikutukseksi taakanjakosektorin päästöihin arvioidaan tässä yhteydessä vain 0,1–0,5 Mt CO₂-ekv./v vuoteen 2030 mennessä. Ruokavalioon liittyvä potentiaali olisi selvästi suurempi, jos siihen liittyisi myös kotimaan tuotannon muutoksia.

Kuluttajien ruoan ostokäyttäytymiseen voitaisiin vaikuttaa informaatio-ohjauksella, joka pyrkisi ravitsemussuosituksen noudattamiseen. Ravitsemussuositukset ovat osa informaatio-ohjausta ja ilmastonäkökulma pitäisi integroida suosituksiin nykyistä paremmin. Kuluttajien ruoan kulutukseen ja siitä seuraaviin ilmastovaikutuksiin voidaan vaikuttaa myös ruokapalvelujen kautta, joista suuri osa on julkisen sektorin päätöksenteon piirissä.

8.4. Muu kulutus

Edellä esitettyjen kulutusalueiden lisäksi kuluttaja voi vähentää hiilijalanjälkeään suuntaamalla rahavirtojaan ilmastomyötäisiin tavaroihin ja palveluihin sekä vaikuttamalla toimillaan materiaalien kierrätykseen ja jätteiden minimointiin (tässä alaluvussa tarkastellaan muut kuin ruokajätteet).

Tavaroiden hiilijalanjälki ja kotimaisuusaste vaihtelevat tuotteittain. Suurin osa kuluttajatuotteista on valmistettu Suomen rajojen ulkopuolella. Vähenevän tavaramäärän ja ilmastoystävällisimpien tavaroiden päästövaikutukset näkyvät siten pääasiassa maamme rajojen ulkopuolella. Kotimaisten päästöjen vähennysvaikutuksia ei ole pystytty tässä yhteydessä arvioimaan systemaattisella tavalla. Potentiaali on kuitenkin merkittävä. Päästövähennysvaikutusten suuruusluokka voi olla useita Mt CO₂-ekv. Vähennykset kohdistuvat pääasiassa päästökaupparektorille ja siten päästöoikeuksien kysyntään.

Kuluttajan hiilijalanjälkeen vaikuttaa erilaisten palvelujen käyttömäärä. Palvelujen hiilijalanjälki kulutettua euroa kohti vaihtelee varsin paljon, vaikka niiden 'euron hiilijalanjälki' onkin yleisesti pienempi kuin tavaroiden⁴³. Palvelujen hiilijalanjälki muodostuu pääasiassa kiin-

⁴² Saarinen, M., Tahvonen, R., Joensuu, K. 2015. Kuluttajakäyttäytymisen muutos vähähiilisyteen kan-nustajana. Rikkonen ja Heidi Rintamäki (toim.): Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2015 Ilmas-tonmuutoksen hillintävaihtoehtojen ja –skenaarioiden tarkastelu maa- ja elintarviketaloudessa vuoteen 2030. Luonnonvarakeskus, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2015.

⁴³ Seppälä J, Mäenpää I, Koskela S, Mattila T, Nissinen A, Katajajuuri J-M, Härmä T, Korhonen M-R, Saarinen M ja Virtanen Y 2009. Suomen kansantalouden ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. Suomen ympäristö 20/2009, 134 s.

teistöjen energian käytöstä ja aktiviteetteihin liittyvistä kuljetus- ja liikkumissuoritteista. Palvelujen hiilijalanjälki pieneneekin yleisen energiatuotannon ja liikenteen päästökehityksen myötä. Kuluttaja pystyisi edistämään muutosta edellyttämällä palvelujen hiilijalanjälkilaskelmia tai todisteita palvelujen ilmastoystävällisyydestä.

Kuluttajat voivat omilla toimenpiteillään vaikuttaa hylättyjen tuotteiden päätymiseen oikeaan käsittelyketjuun ja pystyvät näin myös vaikuttamaan jätteiden kasviuonekaasupäästöihin. Elinkaaritarkastelut ovat osoittaneet, että käytöstä poistettujen materiaalien kierrätys ja prosessointi uudestaan raaka-aineeksi aiheuttaa pääsääntöisesti vähemmän kasviuonekaasupäästöjä kuin neitseellisen luonnonvarojen käyttö raaka-aineena. Kiertotalouden kuluttajalähtöisten toimenpiteiden kasviuonekaasupäästöhyödyt näkyvät ennen kaikkea maamme rajojen ulkopuolella, koska suuri osa kuluttajatavaroihin käytettävistä materiaaleista ja itse tavaroistakin valmistetaan ulkomailla.

Yleinen valistus ja asian esilläpito yhteiskunnassa sekä julkiset hankinnat ovat keinoja, jotka edistävät yritysten kiinnostusta kehittää tuotteitaan ja palveluitaan ilmastoystävällisempään suuntaan sekä viestiä niistä markkinoilla.

9. TAAKANJAKOSEKTORIN JOUSTOKEINOT

Tommi Ekholm, VTT

Taakanjakosektorin tavoitteiden saavuttamiseksi voidaan hyödyntää joukkoa ns. joustokeinoja. Näihin kuuluvat ajalliset joustot eri vuosien välillä, päästöoikeuksien siirto EU:n jäsenmaiden välillä sekä rajoitettu mahdollisuus päästökaupan päästöyksiköiden hyödyntämiseen taakanjakosektorilla. Koska joustokeinot vaikuttavat tarvittavien päästövähennysten määrään, niillä on myös vaikutus toteutuviin päästövähennyskustannuksiin. Toisaalta joidenkin joustokeinojen toteuttamiseen liittyy itsestään myös kustannus. Alla on tarkasteltu joustokeinoja näistä näkökulmista. Laajempi analyysi joustokeinoista on tehty aiemmassa tutkimuksessa⁴⁴.

9.1 Päästökaupan päästöyksiköiden hyödyntäminen

Suomelle on ehdotettu sallittavaksi päästökaupan päästöyksiköiden (EUA) hyödyntäminen taakanjakosektorin päästötavoitteen saavuttamisessa. Tämän ns. one-off -mekanismin hyödyntäminen on rajoitettu enintään 2 %-yks./v tasolle verrattuna vuoden 2005 taakanjakosektorin päästöihin. One-off -mekanismi salli yhteensä 6,7 Mt päästövähennyksen taakanjakosektorilla välillä 2021–2030. Tämä on huomioitu yllä esitettyissä skenaarioissa. Ehdotuksen mukaan mekanismin käytöstä tulee ilmoittaa ennen vuotta 2020.

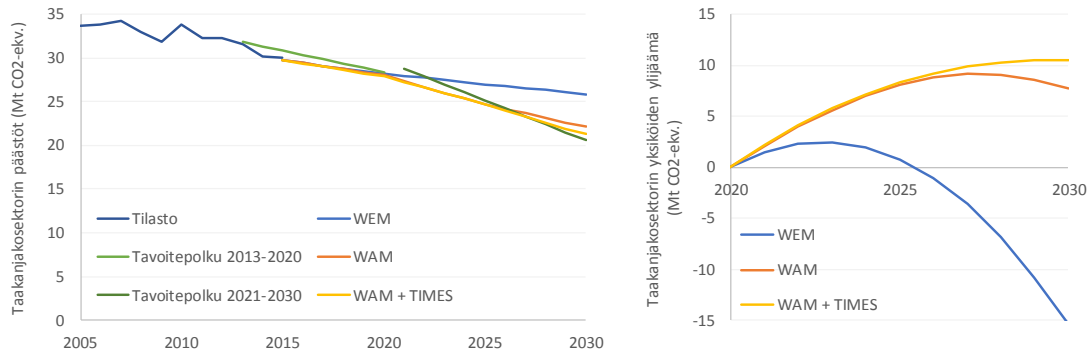
EUA-yksiköiden markkinahinta on pysytellyt viime vuosina selvästi alle 10 €/t CO₂-ekv.:n tasolla, mutta WAM-skenaarioissa on oletettu hinnan nousevan tasolle 15 €/t CO₂-ekv. vuonna 2020. Tämä on silti selvästi alhaisempi hinta kuin esimerkiksi kuvassa 16 esitetyt taakanjakosektorin keskimääräiset päästövähennyskustannukset vuonna 2030. On kuitenkin tärkeää huomioida, että one-off -jouston kustannusten vertailu tulisi tehdä keskimääräisten kustannusten sijasta skenaarioiden päästövähennysten rajakustannuksiin, mutta tämä ei ollut WAM-skenaarioiden toimenpiteisiin pohjautuvan määrittelyn vuoksi mahdollista.

9.2 Ajalliset joustot

Taakanjakosektorilla on mahdollista siirtää päästöyksiköitä käytettäväksi myöhemmille vuosille päästöjen alittaessa tavoitetaso ja rajoitetusti lainata päästöyksiköitä tulevan vuoden tavoitteesta. Kuva 21 esittää taakanjakosektorin tavoitepolun kaudelle 2021–2030 sekä päästöpolut WEM- ja WAM-skenaarioissa. Kuvan oikeassa paneelissa on esitetty skenaarioissa kertyvä taakanjakosektorin päästöyksiköiden nettoylijäämä. Tämän ylijäämän laske-
miseksi on oletettu one-off -mekanismin täysimääräinen hyödyntäminen, jonka myötä efektiivinen tavoitepolku on 0,7 Mt CO₂-ekv. kuvassa 21 esitettyä tavoitepolkua ylempänä.

⁴⁴ Sijander, R., Ekholm, T. & Lindroos, T.J. 2016. Flexibilities under the EU's Effort Sharing Decision to-wards 2030. Research Report VTT-R-02316-16.

Kuva 21. Taakanjakosektorin tavoite- ja päästöpolut vuoteen 2030 asti (vas.), sekä WEM- ja WAM-skenaarioissa muodostuvat päästöyksiköiden nettoylijäämät (oik.).



WEM-skenaarioiden päästökäytös tuottaa ensimmäiset viisi vuotta ylijäämää, mutta 2030 mennessä skenaario jää kumulatiivisesti noin 15 Mt CO₂-ekv. koko kauden päästövähennystavoitteesta. Sen sijaan WAM-skenaarioissa (sekä pelkillä WAM-skenaarioiden toimilla, että TIMES-VTT:n optimoimilla lisävähennyksillä) jää koko kaudelta noin 8-10 Mt CO₂-ekv. ylijäämä taakanjakosektorin päästövähennyksiä. Optimoiduilla lisävähennyksillä (WAM + TIMES) taakanjakosektorin päästöt ja one-off -mekanismien tuottamat päästöyksiköt vastaavat täsmälleen tavoitepolun päästötasoa vuonna 2030, minkä vuoksi kertynyttä päästöyksiköiden ylijäämää ei hyödynnetä lainkaan kauden 2021–2030 aikana.

Kertyvä ylijäämä antaa toisaalta puskurin tuleville vuosille sitä vastaan, mikäli päästövähennystoimista huolimatta toteutuvat päästöt ovat ennustetta korkeammat, tai mikäli taakanjakosektorin tavoitetta kiristettäisiin esimerkiksi YK:n ilmastoneuvotteluiden ns. stocktake -prosessin myötä. Myös päästöyksiköiden siirto vuotta 2030 seuraavalle kaudelle voi olla mahdollinen, vaikka tämänkaltaisen siirto vuodelta 2020 vuodelle 2021 ei olekaan sallittu. Ylijäämä voi olla mahdollista myydä muille jäsenmaille, mitä on pohdittu alla.

9.3 Päästöyksiköiden siirrot jäsenmaiden välillä

Taakanjakosektorilla on mahdollista siirtää päästöyksiköitä jäsenmaiden välillä. Tätä mekanismia on mahdollista hyödyntää sekä taakanjakosektorin tavoitteen saavuttamiseen ostamalla päästöyksiköitä että ylijäämäisten yksiköiden myyntiin niitä tarvitseville jäsenmaille.

WAM-skenaariossa kertyvää päästöyksiköiden 8–10 Mt CO₂-ekv.:n ylijäämää olisi mahdollista myydä sitä tarvitseville jäsenmaille 2021–2030 -kauden aikana. Yksiköiden kysynnän ja tarjonnan tasapaino ja siitä seuraava hinta yksiköille riippuvat jäsenmaiden toteuttamasta ilmastopoliitikasta ja päästövähennyksistä. Aiemmassa tutkimuksessa⁴⁵ todettiin, että osalla jäsenmaita tulee olemaan jo nykytoimilla merkittävä ylijäämä taakanjakosektorin päästöyksiköitä, mutta yhteensä EU-tasolla olisi alijäämä jäsenmaiden vuonna 2014 esittämien WEM-skenaarioiden perusteella. Koska jäsenmaat joutuvat lisäämään päästövähennystoimia kyseisiin WAM-skenaarioihin verrattuna (vrt. Suomen energia- ja ilmastostrategian uusi WAM-

⁴⁵Siljander, R., Ekholm, T., Lindroos, T.J. 2016. Flexibilities under the EU's Effort Sharing Decision towards 2030. Research Report VTT-R-02316-16.

skenaario⁴⁶), yksiköiden kysynnän ja tarjonnan tasapaino tulee riippumaan näiden vähennystoimien mittaluokasta.

Taakanjakopäätöksen taustalla oleva vaikutusarvio esitti taakanjakosektorin marginaalikustannukseksi vuodelle 2030 EU-tasolla 11–40 €/t CO₂-ekv., riippuen uusiutuvien markkinoille tulon ja energiatehokkuuden kehityksen nopeudesta. Tämän arvion perusteella, mikäli myytävälle ylijäämälle löytyy vastapuoli, voisi ylijäämän myynnistä saada noin 90–400 miljoonan euron bruttotulon.

9.4 Päästövähennykset 2030 jälkeen

Taakanjakosektorin vuosikohtaista päästötavoitetta vuodelle 2030 ei ole pakko saavuttaa tarkasti, sillä osa kyseisen vuoden päästöistä voidaan kuitata aiemmilta vuosilta säästetyillä tai muilta jäsenmailta hankituilla päästöyksiköillä. Mikäli näitä hyödynnettäisiin ja vuoden 2030 päästötaso olisi vuosikohtaista tavoitetta korkeampi, aiheuttaisi tämä kuitenkin lisähaasteita vuoden 2030 jälkeisten velvoitteiden saavuttamisessa. Mikäli taakanjakosektorilla olisi voimassa nykyisenkaltainen velvoitekausi ja säännöt vuoden 2030 jälkeen, johtaisi korkeampi päästötaso vuonna 2030 tarpeeseen vähentää päästöjä nopeammin seuraavalla velvoitekaudella. Lisäksi se saattaisi jopa johtaa uuden kauden alusta asti kertyvään päästöyksiköiden alijäämään.

⁴⁶ VNK 2017. Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston kanslia, helmikuu 2017. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017.

10. YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINNIN (SOVA) KESKEISET TULOKSET

10.1 Yleiskuva keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman ympäristövaikutuksista

Sampo Soimakallio ja Mikael Hildén, SYKE

KAISU:n linjauksilla ja toimilla on toteutuessaan sekä hyödyllisiä että eräitä kielteisiä SOVA-lain tarkoittamia vaikutuksia ympäristöön ja yhteiskuntaan. Hyödyllisillä vaikutuksilla tarkoitetaan seurauksia, jotka edistävät aiemmin muissa yhteyksissä asetettuja yhteiskunnallisia tavoitteita ja kielteisillä taas seurauksia, jotka vaikeuttavat muiden kuin ilmastovelvoitteiden saavuttamista. Kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi linjausten vaikutukset kohdistuvat muun muassa ilmansaasteisiin, terveysvaikutuksiin, luonnonvarojen käyttöön, luonnon monimuotoisuuteen, metsien hiilinieluihin ja vesistöihin sekä ihmisten elinoloihin. Taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi osa kasvihuonekaasujen vaikutuksista ilmenee Suomessa myös päästökaupparektorilla, maankäyttösektorilla (LULUCF) tai kokonaan Suomen rajojen ulkopuolella.

Taakanjakosektorilla tavoiteltu kasvihuonekaasupäästöjen vähennys vuoteen 2030 mennessä arvioidaan saavutettavan erityisesti korvaamalla fossiilisten polttoaineiden käyttöä liikenteessä, rakennusten erillislämmityksessä ja työkoneissa uusiutuvalla energialla ja sähköllä sekä vähentämällä ja tehostamalla energiankäyttöä erityisesti liikenteessä. Lisäksi maatalouden eloperäisten maiden ja lannan levityksestä aiheutuvia päästöjä pyritään vähentämään ja metaanipäästöjen syntyä kaatopaikoilla pyritään ehkäisemään orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon ja kaatopaikkakaasun talteenoton tehostamisella. F-kaasujen päästöjä pyritään vähentämään vaihtoehtoisten teknologioiden käyttöönoton ja vuotojen vähentämisen avulla. Laskentatekninen muutos siirtää jätteenpolton päästöjä taakanjakosektorilta päästökaupparektorille.

KAISU:ssa esitetyt linjaukset ja toimet ovat keskenään hyvin erityyppisiä. Osa linjauksista on edelleen tavoitteellisia, joille ei ole erikseen määritetty konkreettisia toimenpiteitä. Linjauksilla voi olla hyvin erilaisia ja -asteisia ympäristövaikutuksia, jotka riippuvat paitsi valituista ohjauskeinoista ja niiden toteuttamisesta, myös toisistaan ja muusta yhteiskunnallisesta kehityksestä. Tämän seurauksena linjausten ja toimenpiteiden ympäristövaikutuksista on mahdollista antaa vain suuntaa-antavia arvioita. Seuraavassa tarkastellaan linjausten ja toimien vaikutuksia Suomessa ja osittain myös Suomen rajojen ulkopuolella.

Vaikutukset päästökaupparektorilla ja Suomen rajojen ulkopuolella

Sampo Soimakallio ja Mikael Hildén, SYKE

Toteutuessaan KAISU:n toimet vaikuttavat osittain EU:n päästökaupparektorilla. Jätteenpolton päästöjen siirtäminen päästökaupan piiriin, samoin kuin esimerkiksi verkkosähkön kulutusta lisäävät sähköautot ja muut sähkönkulutusta lisäävät toimet nostavat fossiililla polttoaineilla tuotetun sähkön edellyttämien päästöoikeuksien kysyntää. Päästökaupan piirissä olevien tuotantolaitosten päästöjä alentavat toimet puolestaan vähentävät päästöi-

keuksien kysyntää. Tällainen toimenpide on esimerkiksi sähkön käytön tehostaminen. Päästökauppasektorilla päästöjen kokonaismäärä määräytyy käytävissä olevien päästöoikeuksien perusteella. Toimet, jotka kohdistuvat päästökaupan ohjauksessa oleviin päästöihin eivät suoranaisesti muuta päästökaupan kokonaispäästöjä vaan päästöoikeuksien kysyntää. Ne heijastuvat myös muihin ympäristövaikutuksiin, jotka liittyvät päästökaupan piirissä olevan teollisuuden toimintaan. Epäsuorasti tällaiset toimet voivat lisäksi vaikuttaa päästöjen kehittymiseen sekä muihin ympäristövaikutuksiin päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla ja EU:n ulkopuolella.

Mikäli fossiilisten polttoaineiden käytön vähentyminen Suomessa edistää käytön vähentymistä globaalisti, vähentyvät myös fossiilisten polttoaineiden tuotannon, kuljetusten ja jalostuksen päästöt ja muut ympäristövaikutukset. Näiden kasvihuonekaasupäästöjen on tyypillisesti arvioitu olevan suuruusluokaltaan 5-20 % fossiilisen polttoaineen polton päästöistä^{47,48,49}. Muut ympäristövaikutukset vaihtelevat tuotantotapojen ja -alueiden mukaan, mutta ovat yleisesti merkittävät (esim. hiilestä on tehty kokonaiskustannusten tarkastelu⁵⁰, jossa on otettu huomioon ympäristövaikutusten kirjo).

Biopolttoaineiden tuotannon lisäämisen vaikutukset

Sampo Soimakallio, Mikael Hildén, Anna Repo ja Ahti Lepistö, SYKE

KAISU:ssa biopolttoaineiden käyttöä lisätään sekoitusvelvoitteiden avulla liikenteessä, rakennuksissa ja työkoneissa. Liikenteen sekoitusvelvoite on määritetty hallituksen energia- ja ilmastostrategiassa⁴, jonka mukaan noin puolet sekoitusvelvoitteen edellyttämästä biopolttoaineiden lisäyksestä arvioidaan perustuvan puuperäisen raaka-aineen käyttöön ja loput biopölyteisiin ja muihin bioperäisiin raaka-aineisiin, joista osa saatetaan tuoda ulkomailta.

Biopolttoaineiden tuotanto aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä ja saattaa heikentää metsien hiilinielua, mikäli tuotantoa varten korjataan puuraaka-ainetta metsistä⁵¹. Näiden vaikutusten suuruus riippuu hyvin voimakkaasti biopolttoaineiden raaka-ainepohjasta sekä siitä, kuinka paljon biopolttoaineiden tuotantoketjussa kokonaisuudessaan tarvitaan resursseja, kuten energiaa, materiaaleja ja tuottavaa maa-alaa. Suomeen tuotavien biopolttoaineiden tai niiden raaka-aineiden tuotannon kasvihuonekaasupäästöt syntyvät suurimmaksi osaksi Suomen rajojen ulkopuolella.

Siltä osin kun raaka-aineina voidaan käyttää jätteitä ja muuten hyödyntämättä jääviä teollisuuden tähteitä, ovat biopolttoaineiden tuotannosta aiheutuvat päästöt ja nieluvaikutukset yleensä vähäisiä fossiilisten polttoaineiden elinkaariin päästöihin verrattuna⁵¹. Energia- ja ilmastostrategian lähtökohtana on se, että biopolttoaineiden tuotanto perustuisi ensisijaisesti jätteisiin ja tähteisiin. Jätteiden ja teollisten tähteiden saatavuus on kuitenkin rajallista, ja on mahdollista, että osa biopolttoaineiden raaka-aineesta saadaan metsätähteistä ja runko-

⁴⁷ WEC 2004. Comparison of energy systems using life cycle assessment. A Special Report of the world energy council.

⁴⁸ Frischknecht R, Althaus HJ, Bauer C, Doka G, Heck T, Jungbluth N, et al. (2007). The environmental relevance of capital goods in life cycle assessments of products and services. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 11, 1–11.

⁴⁹ JEC 2017. JEC Well-to-wheels analyses (WTW). <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/jec-well-wheels-analyses-wtw>

⁵⁰ Epstein, P.R., J. J. Buonocore, K. Eckerle, M. Hendryx, B. M. Stout III, R. Heinberg, R. W. Clapp, B. May, N. L. Reinhart, M. M. Ahern, S. K. Doshi, and L. Glustrom. 2011. Full cost accounting for the life cycle of coal in "Ecological Economics Reviews." *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1219: 73–98.

⁵¹ Soimakallio, S., Antikainen, R., Thun, R. (Eds). 2009. Assessing the sustainability of liquid biofuels from evolving technologies - A Finnish approach. VTT Research Notes 2482. Espoo, 2009. 220 p. + app. 41 p.

puusta. Metsä- ja teollisuustähteiden saatavuus on voimakkaasti sidoksissa kokonaishakkuisiin⁵² ja tähteillä on kysyntää biopolttoaineiden lisäksi myös sähkön ja lämmön tuotannossa ja teollisuudessa.

Koska jakeluvaihtoehtojen täyttämiseksi tarvittavien biopolttoaineiden raaka-ainepohja ja valittavat teknologiat eivät ole tiedossa, on mahdotonta antaa täsmällisiä määrällisiä arvioita tuotannon vaikutuksista raaka-aineen tarpeeseen, kasvihuonekaasupäästöihin tai metsien hiilinieluihin. KAISU:n toimien arviointia joudutaan tämän vuoksi haarukoimaan hallituksen energia- ja ilmastostrategian ja siitä tehtyjen arviointien pohjalta.

Energia- ja ilmastostrategiassa⁴ on arvioitu, että biopolttoainetuotannon lisäys kasvattaisi puupohjaisen raaka-aineen kysyntää 3-4 Mm³/v, joka koostuisi esimerkiksi puunjalostuksen sivuvirroista tai suoraan metsästä korjattavasta raaka-aineesta. Metsähakkeen kokonaiskäytön on strategiassa arvioitu nousevan vuoteen 2030 mennessä sähkön, lämmön ja erilaisten nestemäisten biopolttoaineiden tuotannossa yhteensä enimmillään tasolle 14-18 Mm³/v, ollen sähkön ja lämmön tuotannossa 14 Mm³/v. Tämä tarkoittaa, että metsähakkeen käytön lisäys biopolttoainetuotantoon olisi 0-4 Mm³/v. Strategian vaikutusten arvioinnissa esitetyissä VTT:n TIMES-mallilaskelmissa¹ metsähakkeen käytön lisäys biopolttoaineiksi oli noin 1,5 Mm³/v vuonna 2030. Mikäli biopolttoaineiden tuotanto lisää metsähakkeen käyttöä ja erityisesti kuitupuukokoisen runkopuun hakkuita, voi siitä aiheutuva nieluvaikutus olla merkittävä. Strategian vaikutusten arvioinnissa esitetyissä Luken MELA-mallilaskelmissa¹ metsähakkeen vuotuisen korjuun lisäys 13,5 Mm³:stä 17 Mm³:iin pienentää hiilinielua vuoden 2030 tasolla noin 3,5 Mt CO₂. Vertailun vuoksi KAISU:ssa biopolttoaineiden sekoitusvaihtoehtojen avulla saavutettavaksi päästövähennykseksi taakanjakosektorilla vuonna 2030 arvioidaan 2,2 Mt CO₂-ekv. (ks. taulukko 1).

Biopolttoaineiden tuotannon lisäys voi heikentää luonnon monimuotoisuutta ja aiheuttaa haitallisia vesistövaikutuksia, mikäli tuotanto kohdistuu näiden vaikutusten kannalta keskeisiin raaka-aineisiin ja suojelutoimenpiteissä ei onnistuta. Yleisesti runkopuun hakkuita on mahdollista nostaa ja samalla turvata metsäluonnon monimuotoisuus. Edellytyksenä tälle on se, että nykyisiä monimuotoisuuden edistämiskeinoja tehostetaan^{53,54,55,56, 57,58}. Energiapuun korjuun lisäämisessä ongelmallista vesistöjen kannalta on etenkin kantojen nosto metsämaasta, koska se lisää orgaanisen aineksen eroosiota ja vesistökuormitusta⁵⁹.

Maatalouden toimenpiteiden vaikutukset

Sampo Soimakallio ja Mikael Hildén, SYKE

Maataloudessa eloperäisten maiden nurmipeitteisyyden lisääminen vähentää turpeen haajoamisesta aiheutuvia CO₂-päästöjä maankäyttösektorilla sekä kiintoaineen ja myös typen

⁵² Lehtonen, A., Salminen, O., Kallio, M., Tuomainen, T., Sievänen, R. (2016). Skenaariolaskelmiin perustuva puuston ja metsien kasvihuonekaasutaseen kehitys vuoteen 2045: Selvitys maa- ja metsätalousministeriölle vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategian valmistelua varten. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 36/2016.

⁵³ Korhonen, K.T., Auvinen, A-P., Kuusela, S., Punttila, P., Salminen, O., Siitonen, J., Ahlroth, P., Jäppinen, J-P., Kolström, T. (2016). Biotalouskenaarioiden mukaisten hakkuiden vaikutukset metsien monimuotoisuudelle tärkeisiin rakennepiirteisiin. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 51/2016.

⁵⁴ Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A., Mannerkoski, I. (toim.) (2010). The 2010 Red List of Finnish Species. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010, Helsinki: Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus.

⁵⁵ Riffell, S., Verschuyf, J., Miller, D., & Wigley, T. B. (2011). Biofuel harvests, coarse woody debris, and biodiversity—a meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 261(4), 878-887.

⁵⁶ Johansson, V., Felton, A. & Ranius, T. (2016). Long-term landscape scale effects of bioenergy extraction on dead wood-dependent species. *Forest Ecology and Management*, 371, 103–113.

⁵⁷ Antikainen, R., Tenhunen, J., Ilomäki, M., Mickwitz, P., Punttila, P., Puustinen, M., Seppälä, J. & Kauppi, L. (2007). Bioenergian uudet haasteet Suomessa ja niiden ympäristönäkökohdat: nykytilakatsaus. Suomen Ympäristökeskuksen Raportteja, 11.

⁵⁸ Bouget, C., Lassauce, A. & Jonsell, M., 2012. Effects of fuelwood harvesting on biodiversity — a review focused on the situation in Europe. *Canadian Journal of Forest Research* 42(8), 1421–1432.

⁵⁹ Kiikkilä, O., Nieminen, T.M., Starr, M., Mäkilä, M., Loukola-Ruskeeniemi, K., Ukonmaanaho, L. (2014). Leaching of dissolved organic carbon and trace elements after stem-only and whole-tree clear-cut on boreal peatland. *Water, Air & Soil Pollution*. 255, 1–11.

huuhtoutumista vesistöihin⁶⁰. Lisäksi peltojen metsittämisellä voidaan lisätä hiilinielua, mutta metsittäminen vähentää samalla avoimien alueiden lajitojen elinympäristöjä ja muuttaa maisemaa. Biokaasun tuotannon lisääminen biojätteistä vähentää mätänemisestä syntyvien päästöjen vapautumista ilmakehään ja lisää ravinteiden kierrätystä, joka puolestaan vähentää päästöjä pienentämällä tarvetta valmistaa uusia lannoitteita⁶⁰. Maataloudessa biokaasun tuotanto voi välillisesti vähentää pellon raivausta ja siitä syntyviä päästöjä ilmaan ja vesistöihin⁶⁰.

Vaikutukset materiaalitehokkuuteen ja mineraalivarojen köyhtymiseen

Tuomas Mattila ja Sampo Soimakallio, SYKE

Materiaalien käytön tehokkuuden ja mineraalivarojen köyhtymisen näkökulmasta KAISU:n vaikutukset ovat vähäisiä, eivätkä ne kohdistu keskeisille toimialoille tai tuotevirtoihin¹. Materiaalitehokkuuden yleinen parantaminen vaatisi erillisiä luonnonvarojen käyttöön ja käytön tehokkuuteen vaikuttavia toimenpiteitä. Bioenergian tuotannon lisäys perustuu osaltaan massa- ja paperiteollisuuden tuotannon kasvuun, mikä voi näkyä peruskemikaalien käyttömäärissä, mutta näiden vaikutusten merkittävyys koko maan tasolla ei ole suuri. Suuri osa toimenpiteistä kannustaa teknologian nopeaan uusimiseen ja esimerkiksi autokannan nopeampaan kiertoon. Tämä lisää koneiden ja elektroniikan tuotantoa, mikä nopeuttaa mineraalivarojen köyhtymistä. Kierrätyksen lisääminen toimenpiteissä kohdentuu lähinnä rakentamiseen, eikä sitä ole erikseen kohdennettu erityisen arvokkaisiin luonnonvaroihin.

Vaikutukset ilmanlaatuun, terveyteen ja elinoloihin

Niko Karvosenoja, Mikko Savolahti, Mikael Hildén, Ari Nissinen, Mika Ristimäki ja Antti Reihonen, SYKE

Timo Lanki, Raimo Salonen, Pekka Tiittanen THL

Suurin osa ilmansaasteisiin liittyvistä vakavista terveyshaitoista aiheutuu pienhiukkasista^{61,62}. Kotimaisista pienhiukkasten päästölähteistä suurimpia ovat puun pienpoltto, tieliikenne ja työkoneet. Tieliikenteen pienhiukkaspäästöt sisältävät sekä pakokaasupäästöt että katupölyn. Näiden niin sanottujen lähipäästöjen primäärihiukkasten lisäksi hengitysilman pitoisuuksiin vaikuttavat merkittävästi kaukokulkeutuneet Euroopasta tulevat hiukkaset sekä kotimaisten lähteiden kaasupäästöistä muodostuvat sekundäärihiukkaset.

Ilmansaastepäästöjen arvioidaan vähentyvän Suomessa nykytasosta vuoteen 2030 mennessä, mikä johtuu voimaan tulevasta tai jo voimassa olevasta EU-lainsäädännöstä, joka rajoittaa erityisesti liikenteen pakokaasupäästöjä ja polttolaitosten päästöjä¹. KAISU:n toimet ja linjaukset vaikuttavat tähän kehitykseen vain vähän.

Nykytilanteessa suurimmat kuolleisuusvaikutukset aiheutuvat Suomessa pitkäaikaisesta altistumisesta puun pienpolton ja liikenteen sekä alueellisen ja kaukokulkeuman pienhiukkasille. Liikennesuoritteiden vähentyminen liikenteen tehostumisen ja kulkutapamuutosten kautta sekä lisääntyvä sähkö- ja kaasuautojen käyttö polttomoottoriautojen sijaan kuitenkin

⁶⁰ Regina, K., Lehtonen, H., Palosuo, T., Ahvenjärvi, S. 2013. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentäminen. MTT Raportti 127. 43 s.

⁶¹ Hänninen O., Leino O., Kollanus V. & Jantunen M. 2010. Pienhiukkaset ja sisäilman saasteet suurimpia kansanterveysriskejä. Ilmansuojelu 2/2010. s.4-8.

⁶² WHO (2013). Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. World Health Organization, Regional Office for Europe, Bonn, pp. 60.

parantavat hieman ilmanlaatua kaupunkialueilla, joissa päästöille altistuu suuri määrä ihmisiä. Vaikutus kaupunkien ilmanlaatuun riippuu viime kädessä ajoneuvosuoritteiden kehitymisestä ja niiden alueellisesta jakautumisesta. Absoluuttisesti tarkastellen katupölylle altistuminen ja altistumisesta aiheutuvat terveyshaitat saattavat kuitenkin hieman kasvaa nykyisestä väestönkasvun ja kaupungistumisen vuoksi.

Illanlaadun kannalta puun pienpoltto takoissa ja kiukaissa on olennainen kysymys. Puun pienpoltto on terveyshaittoja aiheuttavien pienhiukkasten ja ilmastoa lämmittävien mustan hiilen ja metaanin päästölähde. Koska puun pienpoltto on tärkein pienhiukkasten päästölähde, eikä sitä rajoiteta erillisillä toimilla, säilyvät pienhiukkasten kotimaiset kokonaispäästöt ja niihin liittyvät terveysriskit merkittävänä vuoteen 2030 asti ja todennäköisesti sen jälkeenkin, mikäli pienpolton teknologiassa ei tapahdu merkittävää edistymistä. Päästöihin voidaan vaikuttaa muun muassa teknisillä standardeilla ja innovaatioilla sekä lisävalistuksella ja kuntien harjoittamalla ohjeistuksella.

Osana KAISU:a arvioitiin, millaisia vaikutuksia uusille saunankiukaille asetettavalla standardilla tai puunpolttotapoihin vaikuttamaan pyrkivillä viestintäkampanjoilla voisi olla pienhiukkaspäästöihin ja edelleen terveyshaittoihin⁶³. Kuvitteellisen standardin mukaisten kiukaiden päästökertoimen oletettiin olevan puolet nykyistä pienemmän ja standardin tulevan voimaan vuonna 2022. Vuonna 2030 standardin mukaisia kiukaita arvioitiin olevan 67 % kaikista kiukaista. Maanlaajuisen viestintäkampanjan paremmista polttotavoista oletettiin vähentävän huonon polton osuutta (nyt arvioitu olevan 10,5 %) enimmillään puolella kaikissa tulisijoissa. Rajoitettu viestintäkampanja puolestaan suunnattaisiin vain suurimpiin kaupunkeihin (kunnat, joissa yli 20 000 asukkaan taajama).

Puun pienpoltosta peräisin olevien pienhiukkasten arvioitiin aiheuttavan 208 ennen aikaista kuolemaa Suomessa vuonna 2030 (laskelmissa käytetty väestöennustetta) WAM-skenaariossa¹. Päästöjä vähentävissä skenaarioissa kuolemia olisi hieman vähemmän: kiuasstandardiskenaariossa 173 ja viestintäkampanjaskenaariossa 191 (199 rajoitetun viestintäkampanjan skenaariossa).

Rakentamiseen ja maankäyttöön liittyvä sääntely vaikuttaa suoraan elinoloihin. KAISU:ssa pyritään toimenpiteisiin, jotka luovat nykyistä paremmat edellytykset kehittää julkista ja kevyttä liikennettä ja vähentää erityisesti yksityisautojen liikennesuoritteita sekä parantaa rakennusten energiatehokkuutta. Sähköautot vähentävät meluhaittaa ja polttoperäisiä ilmaansaasteita ja parantavat sitä kautta viihtyvyyttä ja terveyttä. Lisäksi liikennesuoritteiden vähentyminen pienentää katupölypäästöjä, ja kävellen ja polkupyörällä tehdyt matkat lisäävät väestön fyysistä aktiivisuutta, mikä johtaa monipuolisiin terveyshyötyihin. Samalla tulee kiinnittää huomiota siihen, että linjausten toimeenpano saattaa paikallisesti lisätä viheralueisiin kohdistuvia paineita tai altistumista melulle ja ilmansaasteille tiiviin yhdyskuntarakenteen alueilla. Viheralueiden vähentyminen voi heikentää hyvinvointia ja kaupunkien kykyä sietää ilmastonmuutosta, jolloin esimerkiksi helleaaltojen ja tulvien aiheuttamat haitat voivat lisääntyä. Suunnittelu, käytännön toteutus sekä yleinen tekninen kehitys määrittävät suurelta osin erityyppisten vaikutusten merkittävyyden. Esimerkiksi energiaremontteja toteutettaessa on mahdollista ratkaista osa nykyisistä sisäilmaongelmista, mutta samalla tulee varmistaa, että korjaukset eivät aiheuta uusia sisäilmariskejä.

Vuoden 2030 päästövähennystavoitteet ovat niin vaativat, että ilmastonmuutoksen hillintätoimilla voi olla myös merkittäviä ihmisten elinoloihin kohdistuvia vaikutuksia. Liikennekaari

⁶³ Savolahti M., Karvosenoja N., Tissari J., Kupiainen K., Sippula O. & Jokiniemi J. 2016. Black carbon and fine particle emissions in Finnish residential wood combustion: Emission projections, reduction measures and the impact of combustion practices. *Atmospheric Environment* 140 (2016) 495-505.

(HE 161/2016 vp) voi potentiaalisesti muuttaa merkittävästi tapoja järjestää ja käyttää liikennepalveluita. Erityisesti jakamistalouteen sisältyy suuri sosiokulttuurinen muutos, jonka ymmärtäminen on tärkeää, jotta esimerkiksi autojen ja erilaisten tilojen yhteiskäyttöä voitaisiin edistää. Yhteiskunnassa on hyvät edellytykset yhteiskäytölle, mikäli yksilön kokemana yhteisöllisyyden aste ja luottamus toisiin on korkealla. Samaan suuntaan vaikuttaa arvojen muutos, jossa auton omistamista ei enää pidetä yhtä tavoiteltavana. Luottamuksen puute ja henkilökohtaisen valinnanvapauden korostaminen voivat sen sijaan ylläpitää ja jopa vahvistaa yksityisautoilun asemaa. Eri väestöryhmät voivat olla hyvin erilaisessa asemassa sen suhteen, kuinka helposti he voivat osallistua jakamistalouteen tai kuinka tehokkaasti he voivat hyödyntää esimerkiksi liikennepalvelujen digitalisaatiota.

Linjaukset voivat myös yhdessä muun kansallisen ja kansainvälisen kehityksen kanssa vaikuttaa suoraan elinoloihin. Esimerkiksi tuloerojen merkitys voi kasvaa, jos energian hinta nousee merkittävästi ja energiaa säästävät investoinnit ovat kalliita. Toisaalta kansalaisten rooli päästövähennysten saavuttamisessa korostuu tulevaisuudessa. Ihmisten elämässä muutokset kohdistuvat monenlaisiin valintoihin, jotka liittyvät asumiseen, liikkumistapoihin ja ravintotottumuksiin. Vaikuttamalla liikkumistapoihin ja ravintotottumuksiin informaatio-ohjauksella ja muilla toimenpiteillä voidaan saavuttaa selviä terveyshyötyjä, jos kansalaiset saadaan lisäämään fyysistä aktiivisuutta ja noudattamaan nykyistä paremmin ravitsemussuosituksia.

10.2 Ympäristövaikutusten seuranta

Mikael Hildén ja Sampo Soimakallio, SYKE

Vaikutusten arviointiin liittyy monenlaista epävarmuutta ja herkkyyttä, joista osa johtuu linjauksen ja toimien toteutukseen liittyvästä epävarmuudesta, osa vaikutuksiin liittyvästä tiedon puutteesta ja osa vaikutusten tarkastelussa käytetyistä menetelmistä ja oletuksista. Tulevien vaikutusten arvioinnin luotettavuutta voidaan parantaa toteutuneiden vaikutusten tarkoituksenmukaisella seurannalla. Seuranta palvelee laajemmin KAISU:n vaikuttavuuden arviointia ja luo edellytykset parantaa ja kehittää toimia KAISU:n tulevaisissa päivityksissä. Tämä edellyttää käytännössä systemaattista seuranta- ja arviointia, jossa selvitetään:

- 1) Toteutuvatko linjaukset ja toimet KAISU:n olettamassa muodossa ja laajuudessa. Kuinka paljon voimavaroja toteutukseen käytetään?
- 2) Muuttavatko linjaukset ja toimet kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavia käytäntöjä ja rakenteita jollakin tavalla (tapahtuuko käytännöissä tunnistettava muutos, laajenevatko/supistuvatko käytännöt joiltakin osin)?
- 3) Opitaanko linjauksen ja toimien toteutuksesta jotakin niin, että voidaan tehostaa sitä osaa toiminnasta, joka oletettavasti vähentää kasvihuonekaasupäästöjä?
- 4) Havaitaanko absoluuttisissa kasvihuonekaasupäästöissä, nieluissa, järjestelmien ominaispäästöissä tai epäsuorissa päästöissä muutoksia? Onko tavoiteltu päästökemitys kiihtyvä vai tasaantuva?
- 5) Havaitaanko muutoksia linjauksiin ja toimiin liittyvissä muissa mahdollisissa ympäristövaikutuksissa (luonnonvarojen käyttö, ympäristön pilaantuminen/suojelu, luonnon monimuotoisuus, terveys, elinolot)? Ovatko muutokset ennako-oletusten suuntaisia ja suuruisia?
- 6) Mitkä muut tekijät vaikuttavat linjauksen ja toimien toteutukseen ja niiden edellytyksiin muuttaa käytäntöjä ja rakenteita?

Seurannan erityisenä tehtävänä on kannustaa oppimisprosessiin, joka auttaa tunnistamaan ja ottamaan huomioon eri tekijöiden positiiviset ja negatiiviset takaisinkytkennät sekä eri ympäristövaikutusten väliset kytkennät. Silloin seuranta tukee synergiahyötyjen vahvistumista haitallisia vaikutuksia vähennettäessä ja vahvistaa KAISU:n vaikuttavuutta.

Seurannassa on otettava huomioon, että erilaiset ulkoiset olosuhteet muuttavat jatkuvasti haasteita ja mahdollisuuksia myös ilmastonmuutoksen hillinnässä. Tekniset ja yhteiskunnalliset innovaatiot voivat muuttaa eri linjausten ja toimien merkitystä ja edellytyksiä saavuttaa haluttuja muutoksia rakenteissa ja käytännöissä.

Kehityssuunta voi muuttua nopeasti, jos esimerkiksi uudet teknologiset ratkaisut yleistyvät ennakoitua nopeammin tai jos yleinen poliittinen ja taloudellinen tilanne muuttuu merkittävästi. Tämän takia on olennaista seurata ennakoitujen (ja vielä ennakoimattomien) vaikutusten syntymistä, jotta ymmärrettäisiin paremmin toteutuvaa kehitystä ja tunnistettaisiin ne kriittiset tekijät, joiden osalta toimien muuttaminen tai tarkentaminen voi olla perusteltua. Tämä edellyttää edustavien seurantaparametrien valintaa eri sektoreilta sekä edellä esitettyä johdonmukaista tiedon keruuta toimien toteutuksesta. Seurantaparametreista kertyvien tulosten säännöllinen ja riittävän monipuolinen arviointi palvelee samalla ilmastolain mukaista seurantaa (§12) ja tukee ilmastovuosikertomuksen laatimista (§14).

11. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tiina Koljonen, VTT & Sampo Soimakallio, SYKE

Tässä raportissa esitetyt Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman (KAISU) vaikutusarviot pohjautuvat aiempaan VN-TEAS KEIJU-hankkeen raporttiin⁶⁴, jossa on esitetty marraskuussa 2016 julkaistun energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot. KAISU:n vaikutusarvioissa on keskitytty taakanjakosektorin toimiin, joita on tarkennettu ja laajennettu verrattuna siihen, mitä esitettiin energia- ja ilmastostrategian yhteydessä. Raportissa on esitetty päivitetty laskelmat kasvihuonekaasu (KHK)-päästöjen kehitykselle taakanjakosektorilla, arvioitu mahdollisten lisätoimien vaikutuksia taakanjakosektorin päästöihin ja päästövähennyskustannuksiin ja laskettu herkkyytarkasteluja eri KAISU-toimien vaikutuksille. Lisäpäästövähennyspotentiaaleja on arvioitu myös kulutuksen näkökulmasta. Lisäksi on esitetty arvioita KAISU:n vaikutuksista kansantalouteen sekä ympäristöarvioinnin (SOVA) keskeiset tulokset.

Kuten jo aiemmassa energia- ja ilmastostrategian vaikutusarvioissa todettiin, TIMES-VTT-mallilaskelmat päättyvät hieman alhaisempaan KHK-päästötasoon perusskenaariossa (I. TIMES-WEM-skenaario) kuin mitä on arvioitu ministeriöiden yhteistyönä laaditussa perusskenaariossa (I. TEM-WEM-skenaario). Vastaavasti TIMES-mallilla arvioitu KHK-päästövähennystarve vuonna 2030 on noin 0,4 Mt CO₂-ekv. pienempi kuin mitä KAISU:ssa on esitetty. TIMES-WEM-skenaariossa malli tuotti päästöjen lisävähennyksiä KAISU:n WEM (I. TEM-WEM) -skenaarioon nähden tuotantorakennusten lämmityksessä ja jätehuollossa.

Suurimmat päästövähennyspotentiaalit ovat liikenteessä, mutta toisaalta suurin epävarmuus lisätoimien vaikutuksista kohdistuu myös liikenteeseen. TIMES-WAM-skenaario päättyykin hieman (n. 0,4 Mt) alhaisempaan päästövähennykseen kuin mitä KAISU-luonnoksessa on esitetty. Suuri epävarmuus liittyy henkilöautoliikenteen suoritteiden vähentämiseen WAM-skenaariossa, eli WAM-skenaariossa kasvun oletettiin nollautuvan, kun WEM-skenaariossa kasvuksi oletettiin noin 11 % vuosina 2015–2030. Herkkyytarkasteluissa, joissa kyseinen WAM-suorite oletettiin samaksi kuin WEM:ssä, päästövähennystoimien vuosikustannukset kasvavat 90–120 M€ vuosina 2020–2030.

TIMES-VTT-mallitarkastelujen perusteella jätteenpolton siirtäminen taakanjakosektorilta päästökaupan piiriin mahdollistaisi taakanjakosektorin päästövähennyksiä hyvin pienillä kustannuksilla. Päästövähennyksen tuottamaan hyötyyn veloitteen laskennassa liittyy kuitenkin epävarmuutta. Liikennejärjestelmään ja vaihtoehtoihin käyttövoimiin liittyvät toimenpiteet ovat perustapauksessa noin 50 €/t CO₂-ekv. keskimääräisen kustannuksen tasolla, mutta tähän liittyy hyvin suuri epävarmuus etenkin sähköautojen hintakehityksestä johtuen. Biopolttoainesten sekoiteveloitteet vähentäisivät päästöjä suuremmilla kustannuksilla, mutta kustannusarvion vaikuttaa kohtalaisesti mm. raakaöljyn hintakehitys. Tarkasteluissa ei myöskään varioitu kehittyneiden biojalosteiden hankintaan liittyviä lähtöoletuksia, vaan laskelmat toteutettiin olettaen samat kotimaisten biojalosteiden tuotantomäärät kuin mitä energia- ja ilmastostrategiassa oli lähtökohtana.

Suuri osa tarkastelluista lisäpäästövähennyksistä kohdistuu mineraaliöljyn käytön lisävähennyksiin, joita on mahdollista saavuttaa erityisesti rakennusten lämmityksessä ja työkoneiden polttoainekäytössä. Vaikka öljyn käyttö vähenee TIMES-WAM-skenaariossa tuntuvasti, se on vuonna 2030 yhä noin 12 TWh, mikä vastaa noin 3,2 Mt CO₂-päästöjä. Mallitarkastelujen

⁶⁴ VNK 2017. Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston kanslia, helmikuu 2017. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017.

mukaan KHK-päästöjen vähentämisen realistinen kokonaispotentiaali vuonna 2030 olisi WEM-skenaarioon verrattuna 5,1-6,8 Mt CO₂-ekv, kun KAISU:ssa tunnistettujen lisätoimien avulla on tarkoitus vähentää päästöjä 5,6 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030.

Kansataloudellisten vaikutusten arvioinnit osoittivat, että taakanjakosektorin keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikalla on minimaalinen vaikutus kansantuotteen kasvuun: vuoden 2030 kasvun tasosta (29 %) menetetään vain 0,51–0,66 %. Kansantuotteen kasvun suhteen ilmastosuunnitelman välitön kustannus ja ansiotuloverolla tasapainotettu malli ovat lähes identtiset ja niissä kansantuotteen lasku suhteessa WAM-skenaarioon on pieni. Suuremmat vaikutukset kohdistuvat tuontiin ja vientiin. Ilmastotoimien suora (velanotolla tasapainotettu) vaikutus on lyhyesti: yksityinen kulutus kasvaa toisin kuin muissa vaihtoehdoissa, koska politiikka tarjoaa tukiaisia osalle ilmastotoimista. Toisaalta vienti vähenee eniten, koska resurssit kohdistuvat kotimaiseen kysynnän palveluun. Tämä johtuu siitä, että mallissa ei ole resurssien alikäytettyä, ”vapaata” pääomakantaa, joka voisi palvella molempia sektoreita.

KAISU:n toimet vaikuttavat toteutuessaan erikseen ja yhdessä muiden politiikkatoimien kanssa ilmastomuutokseen, luonnon monimuotoisuuteen ja vesistöihin, ilmansaasteisiin sekä ihmisten terveyteen ja elinoloihin. Vaikutusten suuruuteen liittyy kuitenkin merkittäviä epävarmuuksia ja herkkyyksiä monien eri tekijöiden suhteen. KAISU:n toimet yhdessä hallituksen energia- ja ilmastostrategian linjausten kanssa luovat paineita kehittää elinoloja ja -tapoja, joiden seurauksena kasvihuonekaasupäästöt liikkumisessa ja asumissa sekä muussa kulutuksessa vähenevät. Monissa tapauksissa linjausten ja toimien käytännön toteutuksen yksityiskohdat määräävät, mitä hyvinvointivaikutuksia niillä on eri väestöryhmissä.

Ilmansaasteiden päästöjen arvioidaan vähentyvän merkittävästi vuoteen 2030 mennessä yhdessä muiden jo päätettyjen politiikkatoimien ansiosta. Puun pienpolton pienhiukkaspäästöt eivät kuitenkaan vähene KAISU:ssa esitetyillä toimilla juurikaan.

Koska biopolttoaineiden käytön lisäys on KAISU:n toimista merkittävin päästövähennyskeino, kiinnitettiin siihen erityistä huomiota ympäristövaikutusten arvioinnissa. Biopolttoaineiden tuotannon lisääntymisen vaikutukset riippuvat voimakkaasti siitä, minkälaisiin raaka-aineisiin tuotanto kohdistuu. Hallituksen energia- ja ilmastostrategian lähtökohtana on se, että biopolttoaineita valmistettaisiin ensisijaisesti jätteistä ja teollisuuden tähteistä, jolloin tuotannosta aiheutuvat ympäristövaikutukset voivat jäädä suhteellisen vähäisiksi. Toisaalta on mahdollista, että tuotannon lisäys tulee kasvattamaan metsästä korjattavaa biomassan määrää, jolloin metsien hiilinielu heikkenee. Puunkorjuun lisäyksellä voi myös olla haitallisia vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen ja vesistöihin. Vaikutukset riippuvat siitä, miten mahdolliset lisähakkuut toteutetaan, minkälaisiin jakeisiin energiapuun korjuu kohdentuu ja minkälaisia toimenpiteitä haitallisten vaikutusten ehkäisemiseksi toteutetaan.

KAISU:n toimien laajan kirjon vuoksi vaikutusten ennakointi on vaikeaa ja epävarmaa. Tämän vuoksi on olennaista, että relevantteja vaikutuksia seurataan ja että KAISU:n toimeenpanosta ja vaikutuksista laaditaan kattava arvio ennen suunnitelman seuraavaa päivitystä.

LÄHTEITÄ JA TAUSTA-AINEISTOJA

Airaksinen, M. & Vainio, T. 2016. Alueiden käyttö ja rakentaminen. Keiju-hanke, Alustava vaikutustenarviointi. Teknologian tutkimuskeskus VTT, Muistio.

Antikainen, R., Tenhunen, J., Ilomäki, M., Mickwitz, P., Punttila, P., Puustinen, M., Seppälä, J. & Kauppi, L. (2007). Bioenergian uudet haasteet Suomessa ja niiden ympäristönäkökohdat: nykytilakatsaus. Suomen Ympäristökeskuksen Raportteja, 11.

Bouget, C., Lassauce, A. & Jonsell, M., 2012. Effects of fuelwood harvesting on biodiversity — a review focused on the situation in Europe. *Canadian Journal of Forest Research* 42(8), 1421–1432.

Eduskunta, Talousvaliokunta. Eduskunta, Talousvaliokunta. Valiokunnan mietintö TaVM 8/2017 vp-VNS 7/2016 vp.15.3.2017.

Epstein, P.R., J. J. Buonocore, K. Eckerle, M. Hendryx, B. M. Stout III, R. Heinberg, R. W. Clapp, B. May, N. L. Reinhart, M. M. Ahern, S. K. Doshi, and L. Glustrom. 2011. Full cost accounting for the life cycle of coal in "Ecological Economics Reviews." *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1219: 73–98.

Frischknecht R, Althaus HJ, Bauer C, Doka G, Heck T, Jungbluth N, et al. (2007). The environmental relevance of capital goods in life cycle assessments of products and services. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 11, 1–11.

Hannula, I. & Kurkela, E. 2013. Liquid transportation fuels via large-scale fluidised bed gasification of lignocellulosic biomass. VTT Technology 91. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/t91.pdf>

Heljo, J. & Vihola, J. 2012. Energiansäästämahdollisuudet rakennuskannan korjaustoiminnassa. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustuotanto ja -talous, Raportti 8.

Honkatukia, J. & Lehmus, M. (2016). Suomen talous 2015-2030: Laskelmia politiikkatoimien vaikutuksista. VATT tutkimukset 183. <http://vatt.fi/documents/2956369/3011957/t183.pdf>

Huttunen, Markku J. & Kuittinen, Ville 2016. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 19. Tiedot vuodelta 2015. Publications of the University of Eastern Finland, Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences, No 24.

Hynynen, J., Salminen, H., Ahtikoski, A., Huuskonen, S., Ojansuu, R., Siipilehto, J., ... & Eerikäinen, K. (2015). Long-term impacts of forest management on biomass supply and forest resource development: a scenario analysis for Finland. *European Journal of Forest Research*, 134(3), 415-431.

Hänninen O., Leino O., Kollanus V. & Jantunen M. 2010. Pienhiukkaset ja sisäilman saasteet suurimpia kansanterveysriskejä. *Ilmansuojelu* 2/2010. s.4-8.

IEA 2016 Global EV Outlook 2016. OECD/IEA International Energy Agency. www.iea.org Paris.

Immonen, Paula 2013. Energy Efficiency of a Diesel-Electric MobileWorking Machine. Lappeenranta University of Technology. (väitöskirja)

JEC 2017. JEC Well-to-wheels analyses (WTW). <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/jec-well-wheels-analyses-wtw>

Johansson, V., Felton, A. & Ranius, T. 2016. Long-term landscape scale effects of bioenergy extraction on dead wood-dependent species. *Forest Ecology and Management*, 371, 103–113.

KAISU 2017. Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma vuoteen 2030. Luonnos lausuntokierrosta varten. Toukokuu 2017. <http://www.ym.fi/download/noname/%7BE77511DD-FBCA-4FAA-8FDE-A883ED8728EC%7D/127545>

Kallio, M., Salminen, O., & Sievänen, R. 2014. Low Carbon Finland 2050-platform: skenaariot metsäsektorille. Metlan työraportteja 308. 34 s.

Kallio, M., Salminen, O., Sievänen, R. 2016. Forests in the Finnish low carbon scenarios. *Journal of Forest Economics* 23, 45-62.

Kansallinen metsästrategia 2025. Valtioneuvoston periaatepäätös 12.2.2015. Maa- ja metsätalousministeriö 6/2015.

Karvosenoja, N. 2008. Emission scenario model for regional air pollution. Monographs Boreal Environ. Res. 32.

Koljonen, T. & Similä, L. 2012 (eds.). Low carbon Finland 2050. VTT clean energy technology strategies for society (2012), VTT Visions; 2

Koljonen, Tiina; Similä, Lassi; Lehtilä, Antti; Grandell, Leena; Airaksinen, Miimu; Tuominen, Pekka; Järvi, Tuuli; Laurikko, Juhana; Sipilä, Kai; Helynen, Satu; Honkatukia, J.; Kallio, M.; Salminen, O.; Kivinen, M.; Vuori, S.; Kihlman, S.; Lauri, L. 2014. Low Carbon Finland 2050 -platform: vähähiilipolkujen kiintopisteet ja virstanpylväät. Yhteenveto hankkeen tuloksista ja johtopäätöksistä VTT Technology : 167 2014. VTT, Espoo. 105 s. + liit. 4 s.

Laurikko, J. & Mäkelä, K. 2016. Tieliikenteen suoritteet WEM- ja WAM-skenaarioissa. (Sähköpostin välityksellä toimitetut julkaisemattomat Excel-taulukot.)

Kiikkilä, O., Nieminen, T.M., Starr, M., Mäkilä, M., Loukola-Ruskeeniemi, K., Ukonmaanaho, L. 2014. Leaching of dissolved organic carbon and trace elements after stem-only and whole-tree clear-cut on boreal peatland. Water, Air & Soil Pollution. 255, 1–11.

Korhonen, K.T., Auvinen, A-P., Kuusela, S., Punttila, P., Salminen, O., Siitonen, J., Ahlroth, P., Jäppinen, J-P., Kolström, T. (2016). Biotalouskenaarioiden mukaisten hakkuiden vaikutukset metsien monimuotoisuudelle tärkeisiin rakennepiirteisiin. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 51/2016.

Launiainen Samuli, Sarkkola Sakari, Laurén Ari, Puustinen Markku, Tattari Sirkka, Mattsson Tuija, Piirainen Sirpa, Heinonen Jaakko, Alakukku Laura, Finér Leena. (2014). KUSTAA -työkalu valuma-alueen vesistökuormituksen laskentaan. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 33/2014. 55 p.

Lehtilä, A. 2017. Taakanjakosektorin päästövähennyspotentiaalit ja –kustannukset VTT:n TIMES-mallilla analysoituna. Työpaperi, maaliskuu 2017.

Lehtonen, A., Salminen, O., Kallio, M., Tuomainen, T., Sievänen, R. 2016. Skenaariolaskelmiin perustuva puuston ja metsien kasvihuonekaasutaseen kehitys vuoteen 2045: Selvitys maa- ja metsätalousministeriölle vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategian valmistelua varten. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 36/2016.

Liisa 2016. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöjen laskentajärjestelmä. <http://lipasto.vtt.fi/liisa>

Loulou, R. Remme, U., Kanudia, A., Lehtilä, A. & Goldstein, G. 2016. Documentation for the TIMES Model. Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP). <http://iea-etsap.org/index.php/documentation>

Mattinen M., Heljo J. & Savolahti M. 2016. Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015–2050. Suomen ympäristökeskus 10.6.2016.

MMM 2008. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen kustannustehokas vähentäminen. Bionova Engineering, 2008.

Nylund, Nils-Olof, Söderena, Petri & Rahkola, Pekka 2016. Työkoneiden CO₂ -päästöt ja niihin vaikuttaminen. VTT, tutkimusraportti VTT-R-04745-16.

Pöyry 2017a. Hajautetun uusiutuvan energiantuotannon potentiaali, kannattavuus ja tulevaisuuden näkymät Suomessa. Pöyry Management Consulting Oy. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 5/2017.

Pöyry 2017b. Metsäbiomassan kustannustehokas käyttö. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 23/2017. http://tietokayttoon.fi/documents/10616/3866814/23_Mets%C3%A4biomassan+kustannustehokas+k%C3%A4ytt%C3%B6/6ce5cca0-78a5-4502-8af4-ffe42d5557c9?version=1.0

Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A., Mannerkoski, I. (toim.) 2010. The 2010 Red List of Finnish Species. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010, Helsinki: Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus.

- Regina, K., Lehtonen, H., Palosuo, T., Ahvenjärvi, S. 2013. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentäminen. MTT Raportti 127. 43 s.
- Repo, A., Tuomi, M., & Liski, J. 2011. Indirect carbon dioxide emissions from producing bioenergy from forest harvest residues. *Gcb Bioenergy*, 3(2), 107-115.
- Riffell, S., Verschuyf, J., Miller, D., & Wigley, T. B. 2011. Biofuel harvests, coarse woody debris, and biodiversity—a meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 261(4), 878-887.
- Ruotsalainen, R., Riihimäki, M., Lehtinen, E., Kukkonen, P. & Saari, M. 2012. Öljylämmityksestä luopumisen vaikutukset. VTT, tutkimusraportti VTT-S-05736-12.
- Saarinen, M., Tahvonen, R., Joensuu, K. 2015. Kuluttajakäyttäytymisen muutos vähähiilisyteen kannustajana. Rikkonen ja Heidi Rintamäki (toim.): Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2015 Ilmastomuutoksen hillintävaihtoehtojen ja –skenaarioiden tarkastelu maa- ja elintarviketaloudessa vuoteen 2030. Luonnonvarakeskus, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2015.
- Savolahti M., Karvosenoja N., Tissari J., Kupiainen K., Sippula O. & Jokiniemi J. 2016. Black carbon and fine particle emissions in Finnish residential wood combustion: Emission projections, reduction measures and the impact of combustion practices. *Atmospheric Environment* 140 (2016) 495-505.
- SCB 2017. Greenhouse gas Inventory 2015, Submission 2017 v2. SWEDEN. Data available at http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/items/2715.php
- SE 2016. Produktion och användning av biogas och rötresten år 2015. Statens energimyndighet, ES 2016:04. ISSN 1654-7543
- Seppälä, J., Kanninen, M., Vesala, T., Uusivuori, J., Kalliokoski, T., Lintunen, J., Saikku, L., Korhonen, R., Repo, A. 2015. Metsien hyödyntämisen ilmastovaikutukset ja hiilinielujen kehittyminen. Ilmastopaneelin raportti 3/2015.
- Seppälä J, Mäenpää I, Koskela S, Mattila T, Nissinen A, Katajajuuri J-M, Härmä T, Korhonen M-R, Saarinen M ja Virtanen Y 2009. Suomen kansantalouden ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. Suomen ympäristö 20/2009, 134 s.
- Seppälä, J., Nissinen, A., Kupiainen, K., Karvosenoja, N., Tainio, P., Mattinen, M., Soimakallio, S., Koljonen, T., Lehtilä, A., Ekholm, T., Saarinen, M., Silvennoinen, K. 2017. Kulutusnäkökulma ilmastopolitiikassa - toimien vaikutusarvioita. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, tulossa.
- Siitonen, Sari 2013. Biokaasun mahdollisuudet. Demo 2013, Vuosaaren Satama 10.9.2013. Gasum. https://tapahtumat.tekes.fi/uploads/91889244/Sari_Siitonen-1068.pdf
- Siljander, R., Ekholm, T., Lindroos, T.J. 2016. Flexibilities under the EU's Effort Sharing Decision towards 2030. Research Report VTT-R-02316-16. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2016/VTT-R-02316-16.pdf>
- Silvennoinen, K., Katajajuuri, J-M., Hartikainen H., Heikkilä, L., Reinikainen, A. 2015 Food Waste and Related Climate Impacts. In Ari Paloviita & Marja Järvelä (Ed.) *Climate Change Adaptation and Food Supply Chain Management*. p. 183-193. Routledge.
- Soimakallio, S., Antikainen, R., Thun, R. (Eds). 2009. Assessing the sustainability of liquid biofuels from evolving technologies - A Finnish approach. VTT Research Notes 2482. Espoo, 2009. 220 p. + app. 41 p.
- Soimakallio, S., Saikku, L., Valsta, L., Pingoud, K. 2016. Climate change mitigation challenge for wood utilization – the case of Finland. *Environmental Science & Technology* 50(10), 5127–5134.
- Sokka, L., Sinkko, T., Holma, A., Manninen, K., Pasanen, K., Rantala, M., & Leskinen, P. 2016. Environmental impacts of the national renewable energy targets—A case study from Finland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1599-1610.
- SYKE 2013. Vesistöjen ravinnekuormitus ja luonnon huuhtouma. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesistojen_ravinnekuormitus_ja_luonnon_huuhtouma, päivitetty 3.9.2013, viitattu 7.11.2016.

- Tattari S, Koskiaho J, Kosunen M, Lepistö A, Linjama J, Puustinen M. 2017. Nutrient loads from agricultural and forested areas in Finland from 1981 up to 2010 – is the efficiency of undertaken water protection measures seen? *Environmental Monitoring & Assessment* 189:95.
- Tekes 2014. FIMECC: Kilpailuetua energiatehokkuudesta ja äly-automaatiosta. <https://www.tekes.fi/tekes/tulokset-ja-vaikutukset/caset/2014/kilpailuetua-energiatehokkuudesta-ja-aly-automaatiosta/>
- TEM 2016. Perusskenaario 29.9.2016. TEM/Lemström (julkaisematon Excel-taulukko Keiju-hankkeen käyttöön).
- TK 2017. Greenhouse gas Inventory 2015, Submission 2017 v1. FINLAND. Data available at http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/items/2715.php
- Tyko 2016. TYKO 2015: Suomen työkoneiden päästömalli. <http://lipasto.vtt.fi/tyko/index.htm>
- Tähti, Hanne & Rintala, Jukka 2010. Biometaanin ja -vedyn tuotantopotentiaali Suomessa. Jyväskylän yliopisto, Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 90. ISBN 978-951-39-4043-0
- WEC 2004. Comparison of energy systems using life cycle assessment. A Special Report of the world energy council.
- Vehviläinen, I., Heljo, J., Vihola, J., Jääskeläinen, S., Kalenoja, H., Lahti, P., Mäkelä, K. & Ristimäki, M. 2010. Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonepäästöt. Helsinki: Sitra. Sitran selvityksiä 39.
- WHO 2013. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. World Health Organization, Regional Office for Europe, Bonn, pp. 60.
- VNK 2016. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia 4/2017.
- VNK 2017. Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston kanslia, helmikuu 2017. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017. http://tietokayttoon.fi/documents/10616/3866814/21_Energia-+ja+ilmastostrategian+vaikutusarviot+Yhteenvetoraportti/40df1f5f-c99c-47d1-a929-a4c825f71547

LIITE 1. ERI SEKTOREIDEN TOIMIEN YMPÄRISTÖ-VAIKUTUKSET

Mikael Hildén ja Sampo Soimakallio, SYKE

Seuraavissa taulukoissa on esitetty tiiviisti tarkastelu KAISU:n luvussa 7 esitetyistä tarvittavista lisätoimista asetettujen tai ennakoitujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Toimista on KAISU:ssa määritellyn toimen kuvauksen ja oletettujen vaikutusketjujen pohjalta muodostettu käsitys mahdollisista merkittävistä ympäristövaikutuksista, mitä voi aiheutua taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästövähennyksen lisäksi. Osa vaikutuksista on pieniä tai riippuvaisia toistaiseksi tarkemmin määrittelemättä jääneestä täsmällisestä toimeenpanosta. Näiden osalta on tunnistettu vaikutusten ilmenemisen edellytyksiä tai rajoituksia.

Taulukko L1. Liikennetoimet ja niiden vaikutukset

Linjaus/toimet KAISU:ssa	Merkittävimmät vaikutukset taakanjakosektorilla tapahtuvien KHK-päästövähennysten lisäksi	Oletettu vaikutusketju vaikutusten taustalla
Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla ja vähäpäästöisillä vaihtoehdoilla		
Tiivistetään Pohjoismaista yhteistyötä liikenteen päästöjen vähentämiseksi. Kehitetään Pohjoismaihin yhteinen tavoitemittaristo liikenteen erilaisiin päästövähennyskeinoihin liittyen.	Voi tukea elinkaarenaikaisten ilmaansaasteiden päästöjen rajoittamista.	Pohjoismainen yhteistyö vahvistaa kykyä edistää vähäpäästöisiä ratkaisuja
Ajoneuvojen energiatehokkuuden parantaminen		
Edistetään informaatio-ohjauksen keinoin vanhojen autojen konvertointia E85-autoiksi tai kaasuautoiksi.	Ei edistä energiatehokkuutta ja saattaa hidastaa autokannan uusiutumista. Materiaalia säästyy hieman, kun ei tarvitse tuoda uusia autoja. Lisää polttoaineen kulutusta, ja siten saattaa kasvattaa joitakin päästöjä. Voi lisätä biokaasun kysyntää.	Uudistus pidentää vanhojen autojen käyttöikä. Lisää mahdollisuuksia siirtyä uusiutuviin polttoaineisiin autokantaa uudistamatta.
Kehitetään autokauppiaille Green Deal -malli, jonka mukaan heillä on velvollisuus esitellä asiakkaille vähäpäästöisiä ajoneuvovaihtoehtoja	Vaikutukset riippuvaisia 'green deal' -mallista sekä tarjolla olevista ajoneuvovaihtoehdoista	Informaatio-ohjaus toimii asiakkaita ohjaavasti, kokonaisuuden kannalta myönteiset ratkaisut edellyttävät kuitenkin, että huomiota kiinnitetään myös muuhun kuin pelkkiin CO ₂ -päästöihin (vrt diesel)
Varmistetaan energiatehokkaisiin, julkisiin liikenne- ja ajoneuvohankintoihin liittyvien neuvontapalvelujen saatavuus ja vaikuttavuus. Kannustetaan kuntayhtymiä ja muita julkisen sektorin toimijoita ottamaan käyttöön myös erilaisia taloudellisia kannustimia vaihtoehtoisten teknologioiden osuuden lisäämiseksi hankinnoissa.	Mahdollisuus toteuttaa myös muiden luonnonvarojen säästöjä. Edellyttää riittävän selkeiden hankintakriteerien muodostamista	
Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen		
Osallistutaan kaupunkiseutujen liikenteen ja maankäytön yhteensovittamiseen ja liikennejärjestelmätyöhön mm. MAL-sopimusten kautta. Tavoitteena on, että kaupunkien liikennesuunnittelussa ja hankkeiden rahoituksessa priorisoitaisiin kävelyä, pyöräilyä ja joukkoliikennettä tukevia hankkeita.	Luo edellytyksiä eläville kaupunkialueille, joiden rakenne myös kannustaa terveyttä edistävään liikkumiseen	kävelyä, pyöräilyä ja joukkoliikennettä tukevat hankkeet muuttavat kaupunkirakennetta siten, että muu kuin henkilöautolla liikkuminen muuttuu helpommaksi ja miellyttävämmäksi. Vrt esim. Helsingin baana, jolla tuhansia päivittäisiä käyttäjiä http://baanamit-tari.fi/fi/20160330-20170330
Ohjataan kasvavilla kaupunkiseuduilla työpaikkoja ja palveluita keskuksiin, alakeskuksiin ja hyvään palvelutason joukkoliikenteen soimukohtiin.	Ohjauksen keinot ja toteutus määrittelevät muut vaikutukset.	Sijoittumista on mahdollista ohjata.

Edistetään täydennysrakentamista sekä yhdyskuntarakenteellisesti hyvien sijaintien luomista ja hyödyntämistä uudisrakentamisessa kaupunkimaisilla seuduilla.	Voi säästää myös muita luonnonvaroja sekä viheralueita, mutta edellyttää erityistä panostusta suunnitteluun ja toteutukseen. 'Jatkuva rakentaminen' myös potentiaalinen häiriö ja voi myös aiheuttaa purkamistarvetta.	Kasvupaine kanavoituu jo rakennetuille alueille, joissa voidaan käyttää hyväksi osittain olemassa olevaa infrastruktuuria. Keskittämällä rakentamista voidaan välttää rakennettujen alueiden leviämistä toistaiseksi säästyneille alueille.
Toteutetaan valtion ja kaupunkiseutujen yhteinen kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelma vuosina 2018-2022.	Tukee terveyttä edistävää liikkumista, parantaa ilman laatua, vähentää melua ja rajoittaa ruuhkia. Myönteisiä terveysvaikutuksia. Lisäinvestoinnit kuluttavat luonnonvaroja ja aiheuttavat päästöjä.	Investoinnit kyetään toteuttamaan siten, että kasvava osa automaatioista korvautuu kävelyllä ja pyöräilyllä.
Kehitetään pyörien liityntäpysäköintiä liikenteen solmukohdissa.	Alentaa kynnystä käyttää polkupyörää liityntäliikennevälineenä – myönteisiä terveysvaikutuksia. Luo edellytyksiä uusille pyöräpalveluille (vuokraus, huolto)	Paremmat pysäköintimahdollisuudet kannustavat käyttämään polkupyörää muiden liityntäliikennevälineiden sijaan.
Kehitetään asemanseutuja markkinakokeilujen ja kaupunkikehittämisen pilottien avulla	Syntyy uusia palveluita jotka elävöittävät asemia. Elävöittäminen lisää myös turvallisuuden tunnetta.	Asemien läpi kulkevat ihmisjoukot ovat kiinnostuneet käyttämään uusia palveluita. Uudet palvelut lisäävät yleisesti asemien käyttöä ja julkista liikennettä.
Hiilidioksidipäästöihin kohdistuva taloudellinen ohjaus		
Liikennesektorin vähähiilikehityksen varmistamiseksi varaudutaan liikenteen hiilidioksidipäästöihin kohdistuvan taloudellisen ohjauksen vahvistamiseen jo tällä hallituskaudella	Vaikutukset riippuvat ohjauksen luonteesta. Voi syntyä merkittäviä taloudellisia heijastevaikutuksia mm. auto-kauppaan	Muuttamalla kannustejärjestelmää nopeutetaan siirtymistä vähähiilisiin ratkaisuihin liikkumisessa.

Liikenne on yksi KAISU:n painopistealueista, sillä merkittävä osa taakanjakosektorin päästövähenneistä on tarkoitus saavuttaa liikenteen päästöjä vähentämällä. Energia- ja ilmastostrategiassa sovittiin sekoitevelvoitteesta, joka nopeasti vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Energia ja ilmastostrategian vaikutusten arvioinnissa (Koljonen ym. 2017) sekoitevelvoitteeseen todettiin yhdessä hakkuiden yleisen ja metsähakkeen käytön lisäystavoitteen kanssa liittyvän potentiaalisia kielteisiä vaikutuksia hiilinieluun, luonnon monimuotoisuuden turvaamiseen ja vesistöihin. KAISUn lisätoimet tarkentavat muita keinoja vaikuttaa liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin. Erityisesti liikennejärjestelmään kohdistuvat toimet voivat pitkällä aikavälillä osoittautua erittäin tärkeiksi. Lyhyellä aikavälillä olennaista on tarkastella kehityssuuntaa ja erityisesti ajosuoritteita ja kulkutapajakaumaa. Ajosuoritteiden väheneminen vähentää suoraan monia liikenteen haitallisista ympäristövaikutuksista. Julkisen ja kevyen liikenteen osuuden kasvu puolestaan lisää mm. liikkumisen myönteisiä terveysvaikutuksia.

Taulukko L2. Maatalouden ja ravinnonkulutuksen toimet ja niiden vaikutukset

Linjaus/toimet KAISU:ssa	Merkittävimmät vaikutukset taakanja-kosektorilla tapahtuvien KHK-päästövähennysten lisäksi	Oletettu vaikutusketju vaikutusten taustalla
Viljellään eloperäisiä maita monivuotisesti muokkaamatta	Vähentää päästöjä LULUCF-sektorilla. Toimenpiteen hyväksyttävyyden riippuu oleellisesti valituista ohjaukeinoista. Voi heikentää taloudellisia mahdollisuuksia siirtyä myöhemmin kasvinviljelyyn. Vähentää kiintoaineen ja myös typen huuhtoutumista vesistöihin.	Maatalouden tukijärjestelmään vaikutetaan siten, että syntyy kannusteita, jotka ovat riittäviä viemään kehitystä haluttuun suuntaan.
Metsitetään eloperäisiä maita; Kosteikkometsitetään eloperäisiä maita	Vähentää nettopäästöjä LULUCF-sektorilla (maaperän päästöt ja myöhemmin puuston nielu). Vähentää pelloista riippuvaisten lajien elinympäristöjä. Kosteikkometsitys voi synnyttää monimuotoisuutta edistäviä elinympäristöjä. Toimenpiteen toteutus ja kannattavuus riippuvat tukitasosta ja metsityksen onnistumisesta.	Taloudellisella ohjauksella saadaan aikaan haluttu muutos eloperäisten maiden käytössä.
Nostetaan pohjaveden pintaa sääätösalaajituksen avulla	Vähentää päästöjä LULUCF-sektorilla. Mahdollistaa eloperäisten maiden viljelykäytön jatkamisen ja voi siten vähentää uusien peltojen raivaustarvetta sekä ylläpitää peltomaisemaa.	Kaavailtu investointituki ja hoitokorvaus ovat riittäviä toimenpiteiden toteuttamiseksi niin laajalla alalla, että toimella on merkitystä.
Edistetään biokaasutuotantoa	Parantaa ravinteiden kierrätystä. Voidaan välttää lannan välityksellä leviävä tautikierto. Voi välillisesti vähentää pellon raivausta ja siitä syntyviä päästöjä ilmaan (LULUCF) ja vesistöihin. Voi edistää kaasuautojen yleistymistä liikenteessä.	EU-ohjelmakaudella vuodesta 2021 saatavat tuet muodostavat riittävän kannustimen kehittää biokaasutuotantoa selvästi.
Ruuan kulutus, ruokahävikki ja ravitsemussuosituks		
Puolitetaan ruokahävikki julkisissa keittiöissä vuoteen 2030 mennessä	Vähentää maatalouden päästöjä Suomessa tai Suomen rajojen ulkopuolella. Tehostaa luonnonvarojen käyttöä ja voi myös luoda uutta liiketoimintaa, joka perustuu ruokahävikin vähentämiseen. Saattaa vähentää jätepoijaisen bioenergian kotimaista raaka-ainetta ja kasvattaa siten bioenergian tuotannon päästöjä.	Haluttuja vaikutuksia saadaan aikaan tiedollisella ohjauksella: hävikkien syntymekanismien tunnistaminen, läpinäkyväksi tekeminen ja imagohtyöjen kehittäminen hävikkien vähentämiseksi.
Kannustetaan alan eri toimijoita (mm. kaupaa, teollisuutta ja ravintoloita) vapaaehtoiisiin sitoumuksiin ruokahävikin vähentämiseen		
Kehitetään ruokahävikin mittaus- ja seurantajärjestelmää		
Ohjataan julkisia keittiöitä ja kansalaisia noudattamaan ravitsemussuosituksia	Myönteisiä terveysvaikutuksia. Vähentää maatalouden päästöjä Suomessa tai Suomen rajojen ulkopuolella.	Tiedollinen ohjaus ja lisäksi keittiöiden taloudellinen ohjaus julkisten hankintojen kautta lisäävät ravitsemussuosituksien noudattamista.

Eloperäisten peltojen käytön aiheuttamat päästöt ovat keskeinen päästöjen lähde maataloudessa. Päästöihin voidaan vaikuttaa viljelykäytäntöjä muuttamalla ja peltojen metsityksellä. Erityisesti metsityksen laajamittainen toteuttaminen kohtaa todennäköisesti myös paljon vastustusta. Viljelykäytäntöjen kehittäminen voi myös tuottaa uusia ratkaisuja, mutta laaja toimeenpano edellyttää, että tukijärjestelmää kehitetään ilmastonäkökulma huomioon ottaen. Ruuan kulutuksen ohjaamisessa on mahdollista tunnistaa useita hyödyllisiä sivuvaikutuksia. Toimeenpano edellyttää pitkäjänteistä toimintaa, jota tuetaan johdonmukaisesti eri keinoin (mm. neuvonta, koulutus, julkiset hankinnat laitosruokaloissa, ruokainnovaatioiden tuki ja kokeilutoiminta).

Taulukko L3. Rakennusten toimet ja niiden vaikutukset

Linjaus/toimet KAISU:ssa	Merkittävimmät vaikutukset taakanjakosektorilla tapahtuvien KHK-päästövähennysten lisäksi	Oletettu vaikutusketju vaikutusten taustalla
Rakennusten erillislämmitys		
Otetaan käyttöön 10 prosentin bionesteen sekoitusvelvoite lämmityksessä käytettävään kevyeen polttoöljyn ja toimenpanaan se etupainotteisesti.	Lisää bionesteiden kysyntää, mutta voi myös vauhdittaa siirtymistä pois öljylämmityksestä, varsinkin, jos toimi nostaa polttoöljyn hintaa. Tämä kannustaa ottamaan käyttöön ja kehittämään vaihtoehtoisia lämmityskkeinoja, mutta voi myös korostaa tulerojen merkitystä väestöryhmissä. Bionesteiden tuotannon päästöt riippuvat käytettävistä raaka-aineista ja tuotantoteknologiasta. Voi lisätä metsähakkeen käyttöä bionesteiden tuotannossa, mikä pienentää metsien hiilinielua ja voi lisätä uhkaa luonnon monimuotoisuuden heikkenemiselle. Voi myös nopeuttaa siirtymistä muihin lämmitysmuotoihin (lämpöpumput, puu).	Sekoitusvelvoitteen avulla varmistetaan, että polttoaineen jakelijoiden markkinoille luovuttama polttoaine sisältää vähintään 10 % biokomponenttia. Toimenpide on yhteinen lämmitysöljyn ja työkoneiden sekoitusvelvoitteen kanssa. Sekoitusvelvoite toimii samalla viestinä siirtymisestä pois fossiilitaloudesta ja saa kuluttajia etsimään sille vaihtoehtoisia ratkaisuja.
Valtionhallinto luopuu toimintoihensa öljylämmityksestä vuoteen 2025 ja kaikkia julkisia toimijoita kannustetaan samaan	Voi edistää innovatiivisten uusien ratkaisujen käyttöönottoa ja kehittämistä. Lisää hankintojen kautta ratkaisujen kaupallista kiinnostavuutta.	Toimi kannustaa julkisten hankintojen kautta muiden lämmitysmuotojen kehittämistä.
Parannetaan energiatehokkuutta ja edistetään uusiutuvan energian käyttöä olemassa olevassa rakennuskannassa	Lämpöpumput yleistyvät ja samalla syntyy markkinoita myös muille energiatehokkuutta edistävälle ratkaisuille. Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden nostamisessa yksi haaste on varmistaa sisäilman laatu, mutta tietoisuus riskeistä on parantunut merkittävästi verrattuna esim. 1980-lukuun.	Tiedollinen ohjaus ja taloudelliset kannustimet riittävät nostamaan ihmisten kiinnostusta parantamaan energiatehokkuutta myös korjausrakentamisessa.
Muutetaan polttoaineiden verotusta ohjausvaikutuksen tehostamiseksi	Nopeutettu siirtyminen uusiutuvaan energiaan lisää lämpöpumppujen ja erilaisten hybridiratkaisujen kannattavuutta. Saattaa lisätä puun pienpoltoa, ja siten haitallisia vaikutuksia ilmanlaatuun ja lisäksi voi pienentää metsien hiilinielua ja lisätä uhkaa luonnon monimuotoisuuden heikkenemiselle.	Energiaverotuksella vahvistetaan kannustimia siirtyä uusiutuvaan energiaan.
Edistetään pellettien ja klapien puhdasta polttoa	Nykyistä puhtaammin polttavien tulisijojen kehittäminen voi helpottaa tulisijojen kansainvälistä markkinointia. Onnistuessaan kehitystyö synnyttää myös tehokkaampia tulisijoja. Voi siten vähentää ilmansaastepäästöjä ml. ilmastovaikutuksia aiheuttavan mustan hiilen päästöjä. Voi lisätä puun energiakäyttöä ja siitä aiheutuvia vaikutuksia (ks. yllä)	Ohjauskeinot, joihin sisältyvät sekä yleistä tiedollista ohjausta että teknisten standardien kehittämistä, ovat riittävät puhtaampien polttopesien kehittämiseksi ja markkinointimiseksi.

Rakennukset aiheuttavat merkittävän osan kasvihuonekaasupäästöistä. Fossiilisten energialähteiden vähentäminen erillislämmityksessä voi lisätä puun polttoa, mikä ei ole ongelmallista ilman laadun tai luonnon monimuotoisuuden turvaamisen kannalta. Energiatehokkuuden lisääminen ja siirtyminen lämpöpumppuihin ovat muiden ympäristövaikutusten kannalta helpommin hallittavissa myös suuressa mittakaavassa.

Taulukko L4. Jätehuollon toimet ja niiden vaikutukset

Linjaus/toimet KAISU:ssa	Merkittävimmät vaikutukset taakanjakosektorilla tapahtuvien KHK-päästövähennysten lisäksi	Oletettu vaikutusketju vaikutusten taustalla
Selvitetään jätteenpolton päästöjen siirtäminen päästökaupan piiriin, ottaen huomioon myös vaikutukset jätehuollon tavoitteiden toteutumiseen	Lisää päästöoikeuksien kysyntää. Mikäli päästöoikeuksien hinnat nousevat nykyisestä hyvin alhaisesta tasosta (huhtikuu 2017 ⁶⁵ , alle 5 €/t CO ₂), toimi nostaa jätteenpolton kustannuksia. Parhaimmillaan tämä voi lisätä kiinnostusta kiertotalouden mukaisiin ratkaisuihin.	Jätteenpolttolaitokset siirretään päästökaupan piiriin lakimuutoksella, mikä vähentää taakanjakosektorin päästöjä ja siten absoluuttista päästövähennysvelvoitetta.
Valvotaan ja seurataan kaatopaikka-asetuksen toimeenpanoa	Riittävän tehokas valvonta varmistaa, että biojätteen hyötykäytölle asetetut tavoitteet täyttyvät ja kannustaa kehittämään biojätteen käsittelykeinoja.	Valvonnalla ja seurannalla varmennetaan jätehuollon tavoitteiden toteutumista ja ehkäistään orgaanisen jätteen kaatopaikkasijoittamista.

Jätehuolto on ollut edelläkävijä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Jätehuollossa haasteena on kehittää sitä tukemaan kiertotaloutta laajasti. Jätehuollon ohjauskeinoja tulee siten arvioida erityisesti materiaalitehokkuuden näkökulmasta. Korostamalla materiaalitehokkuutta voidaan lisätä toimien vaikuttavuutta kestävien ratkaisujen synnyttämisessä.

Taulukko L5. F-kaasujen toimet ja niiden vaikutukset

Linjaus/toimet KAISU:ssa	Merkittävimmät vaikutukset taakanjakosektorilla tapahtuvien KHK-päästövähennysten lisäksi	Oletettu vaikutusketju vaikutusten taustalla
Vältetään julkisen sektorin hankinnoissa F-kaasuja sisältäviä laitteita	Vähentää tai lisää laitteiden käytön sähkönkulutusta tapauksesta riippuen. Vahvistaa vaihtoehtoisten ratkaisujen markkinoita.	Toimi kannustaa julkisten hankintojen kautta vaihtoehtoisten teknologioiden käyttöönottoa ja yleistymistä.
Edistetään vaihtoehtoisten teknologioiden käyttöönottoa ja tehostetaan F-kaasujen talteenottoa koulutuksen ja tiedotuksen keinoin	Vähentää tai lisää laitteiden käytön sähkönkulutusta tapauksesta riippuen. Vahvistaa vaihtoehtoisten ratkaisujen markkinoita, edellyttäen, että kilpailukyisiä vaihtoehtoja on markkinoilla.	Opetushallitus laatii riittävät tutkintoperusteet ja viranomaiset ja toimiala tiedottavat keinoista ja niiden tärkeydestä riittävästi. Tiedollinen ohjaus johtaa vaihtoehtoisten ratkaisujen yleistymiseen.
Selvitetään ja demonstroidaan paikallisiin oloihin soveltuvia vaihtoehtoisia teknologioita	Vahvistaa uusien ratkaisujen markkinointia ja edistää yleistä kiinnostusta vaihtoehtoisin teknologioihin. Merkittävien vaikutusten synnyttäminen edellyttää myös panostusta kansainväliseen markkinointiin.	Tutkimushanke edistää vaihtoehtoisten teknologioiden kehittämistä ja soveltuvuutta paikallisiin oloihin ja luo siten edellytyksiä korvata F-kaasuja.

F-kaasut ovat kansainvälisen ja EU-tason sääntelyn kohteena. Suomen edellytykset vaikuttaa maailmanlaajuisesti F-kaasujen korvautumiseen markkinaehtoisesti ovat rajalliset. Suomi voi kuitenkin osaltaan edistää vaihtoehtoisten teknologioiden testausta ja käyttökokeusten kartoittamista. Suomessa on myös edellytyksiä kehittää vaihtoehtoisia ratkaisuja, mutta niiden merkitys jää pieneksi, ellei samanaikaisesti tarkastella mahdollisuuksia tehdä niistä vientituotteita.

⁶⁵ <https://carbon-pulse.com/category/eu-ets/> (Viitattu 2.5. 2017)

Taulukko L6. Työkoneiden toimet ja niiden vaikutukset

Linjaus/toimet KAISU:ssa	Merkittävimmät vaikutukset taakanjakoektorilla tapahtuvien KHK-päästövähennysten lisäksi	Oletettu vaikutusketju vaikutusten taustalla
Otetaan käyttöön bionesteen sekoitevelvoite työkoneissa käytettävään kevyeen polttoöljyn. Sekoitesuhde lisääntyy etupainotteisesti vuoden 2030 10 % osuutta kohti. Ohjauksena on jakeluvälitelain muutos.	Lisää bionesteen kysyntää. Kannustaa tehostamaan energiankäyttöä tai siirtymään vaihtoehtoisiin käyttövoimiin, jos nostaa kevyen polttoöljyn kustannuksia. Bionesteen tuotannon päästöt riippuvat käytettävistä raaka-aineista ja tuotantoteknologiasta. Voi marginaalisesti lisätä metsähakkeen käyttöä, joka pienentää metsien hiilinielua ja voi lisätä luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvia paineita.	Sekoitevelvoitteen avulla varmistetaan, että polttoaineen jakelijoiden markkinoille luovuttama polttoaine sisältää vähintään 10 % biokomponenttia. Toimenpide on yhteinen lämmitysöljyn ja työkoneiden sekoitevelvoitteen kanssa.
Edistetään biokaasun käyttöä työkoneissa	Ilmansaastepäästöt vähenevät. Voi kannustaa laajentamaan biokaasun tuotantoa, mikä samalla voi parantaa edellytyksiä kierrättää ravinteita maataloudessa ja hillitää lannan välityksellä leviävien tautien kiertoa.	Traktoreihin suunnattu investointituki saa myös maatalouden harjoittajia kiinnostumaan biokaasusta.
Osallistutaan EU-tasolla työkoneiden CO ₂ -sääntelyn kehittämiseen	Energiatehokkuuspyrkimysten ja päästövähennysten välillä voi syntyä vaihtosuhteita.	Ulottamalla työkoneasetusta energiatehokkuuteen ja CO ₂ -päästöihin lisätään asetuksen vaikuttavuutta.
Muutetaan lämmityspolttoaineiden verotusta työkoneiden vähäpäästöisyyden ja energiatehokkuuden edistämiseksi	Kannustaa tehostamaan energiankäyttöä ja/tai siirtymään muihin käyttövoimiin (esim. biokaasuun), jos nostaa kevyen polttoöljyn kustannukset nousevat.	Energiaverotuksella vahvistetaan kannustimia siirtymään uusiutuvaan energiaan myös työkoneissa, joissa käytetään kevyttä polttoöljyä.
Edistetään energiatehokkaiden ja vähäpäästöisten työkoneiden osuuden lisääntymistä julkisten hankintojen (laitteet ja palvelut) kautta	Energiatehokkaiden ja vähäpäästöisten työkoneiden markkinat vahvistuvat, edellyttäen, että hankintakriteerit kyetään määrittelemään ja niiden soveltamiseen kiinnitetään huomiota.	Toimi edistää energiatehokkaiden ja vaihtoehtoisten teknologioiden käyttöönottoa julkisten hankintojen kautta.
Edistetään työkoneiden energiatehokasta käyttöä informaatio-ohjauksen keinoin	Toimi voi tukea energian ja muiden resurssien tehokasta käyttöä, mutta vaikutavuus edellyttää myös esimerkiksi taloudellisia kannustimia esimerkiksi energian hinnoittelun muodossa.	Koulutus ja muu informaatio-ohjaus muuttaa käyttäytymistä.
Vahvistetaan työkoneiden CO ₂ -päästövähennyksiin liittyvää tietopohjaa	Parempi tieto työkoneista ja niiden käytöstä voi auttaa kehittämään mm. hankintakriteerejä ja voi luoda edellytyksiä uusille liiketoimintamalleille, jotka perustuvat työkonepalveluihin työkoneiden hankinnan sijaan.	Tietopohjaa vahvistetaan selvitystyön avulla, mikä parantaa päästövähennysten toteutumisen seurantaa ja edellytyksiä vaikuttaa EU-sääntelyyn.

Työkoneet muodostavat hyvin heterogeenisen joukon päästövähennysten toimeenpanon ja sääntelyn kannalta. VTT:n TYKO mallissa on noin 50 eri työkoneenimikettä.⁶⁶ Bionesteen sekoitevelvoite on välittömin ja varmin keino vähentää työkoneiden käyttämiä fossiilisia polttoaineita, mutta siihen liittyvät samat haasteet kuin biopolttoaineiden lisäämiseen yleensä. Tämän vuoksi työkoneiden tarkempi tarkastelu on perusteltua. Tarkastelu voi samalla osoittaa sen, mikä osuus työkoneista voi muuttua sähkökäyttöisiksi ja mitä uusia ratkaisuja on kehitettävissä työkoneiden resurssitehokkaan käytön edistämiseksi.

⁶⁶ <http://www.lipasto.vtt.fi/tyko/index.htm> (Viitattu 2.5.2017)

Taulukko L7. Muiden sektoreiden toimet ja niiden vaikutukset

Linjaus/toimet KAISU:ssa	Merkittävimmät vaikutukset taakanja-kosektorilla tapahtuvien KHK-päästövähennysten lisäksi	Oletettu vaikutusketju vaikutusten taustalla
Otetaan käyttöön 10 prosentin bionesteen sekoitusvelvoite käytettävään kevyeen polttoöljyn ja toimenpannaan se etupainotteisesti.	Lisää bionesteiden kysyntää, mutta voi myös vauhdittaa siirtymistä pois öljylämmityksestä, varsinkin, jos toimi nostaa polttoöljyn hintaa. Tämä kannustaa ottamaan käyttöön ja kehittämään vaihtoehtoisia lämmityskkeinoja, mutta voi myös korostaa tuloerojen merkitystä väestöryhmissä. Bionesteiden tuotannon päästöt riippuvat käytettävistä raaka-aineista ja tuotantoteknologiasta. Voi marginaalisesi lisätä metsähakkeen käyttöä, joka pienentää metsien hiilinielua ja voi lisätä luonnon monimuotoisuuden kohdistuvia paineita.	Sekoitusvelvoitteen avulla varmistetaan, että polttoaineen jakelijoiden markkinoille luovuttama polttoaine sisältää vähintään 10 % biokomponenttia. Toimenpide on yhteinen lämmitysöljyn ja työkaluiden sekoitusvelvoitteen kanssa.
Edistetään polttoöljykattiloiden korvaamista kiinteän polttoaineen kattiloilla.	Saattaa lisätä puuklapien ja turpeen pannonpoltoa, heikentää paikallista ilmanlaatua sekä lisätä haitallisia ympäristö- ja terveysvaikutuksia.	Kiinteiden polttoaineiden kattiloilla voidaan käyttää hyväksi laajempaa kirjoa uusiutuvia polttoaineita kuin polttoöljykattiloissa.
Tehostetaan energiakatselmustoimintaa energia- ja ilmastostrategian linjausten mukaisesti.	Päästökauppasektorille kohdistuessaan vähentää päästöoikeuksien kysyntää.	Investoinnit energian käyttöä tehostaviin ratkaisuihin lisääntyvät.
Muutetaan polttoaineiden verotusta ohjausvaikutuksen tehostamiseksi	Nopeutettu siirtyminen uusiutuvaan energiaan lisää lämpöpumppujen ja erilaisten hybridiratkaisujen kannattavuutta. Saattaa lisätä puun pienpoltoa ja siihen liittyviä ympäristövaikutuksia.	Energiaverotuksella vahvistetaan kannustimia siirtymään uusiutuvaan energiaan.

Muiden sektorien toimet liittyvät toisiinsa ja myös päästökauppasektoriin. Myös muut ympäristövaikutukset määräytyvät syntyvien ohjaukokonaisuuksien perusteella. Tämän vuoksi eri politiikka-alueiden välinen koherenssi on tärkeässä asemassa. Haitallisten ympäristövaikutusten hallinnan kannalta haasteellisia toimia ovat ne, joihin liittyy merkittäviä vaihtosuhteita eri päästöjen tai vaikutusten suhteen. Tällaisia ovat esimerkiksi toimenpiteet, jotka lisäävät yleisesti puun energiakäyttöä, erityisesti pienpoltoa.

Taulukko L8. Kulutuksen toimet

Linjaus/toimet KAISU:ssa	Merkittävimmät vaikutukset taakanja-kosektorilla tapahtuvien KHK-päästövähennysten lisäksi	Oletettu vaikutusketju vaikutusten taustalla
Kannustetaan kansalaisia vähentämään omaa hiilijalanjälkeään keskimäärin 50 % vuoteen 2030 mennessä	Syntyy innovatiivisia kokeiluja, jotka luovat edellytyksiä merkittävämpien yhteiskunnallisten muutosten toteuttamiseksi. Syntyy turhautumisia ja kiinnostus hiipuu, jos toiminnalle ei synny laajempaa yhteiskunnallista vastakaikua.	Tiedollisella ohjauksella syntyy enemmän 'ilmastokansalaisia', jotka ovat valmiit käyttämään aikaa, energiaa ja omia voimavaroja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi.
Rakennusten energiatehokkuus (painottuu päästökauppasektorille) Kehitetään taloyhtiöiden suunnitelmallisen kiinteistönpidon tukea Hyödynnetään kokemuksia ja kehitetään rahoitusmenettelyjä energiainvestoinneille	Yleinen kiinteistöpidon paraneminen säästää luonnonvaroja ja edistää kiertotalouden kehittymistä. Syntyy uusia palveluja ja menettelyitä. Vähentää päästöoikeuksien kysyntää.	Tiedollinen ohjaus auttaa tunnistamaan taloudellisesti tehokkaita ratkaisuja, joita otetaan käyttöön laajasti.

Yleisesti panostukset ovat vaatimattomat. Odotukset ovat suuret ja toimien onnistuminen edellyttää, että löytyy toimintamalleja, jotka ovat myös yksityistaloudellisesti kannattavia. Toimet vaativat onnistuakseen johdonmukaista tukea muilta politiikan alueilta (energian hinnoittelumallit, fossiilisen energian maksut/käyttörajoitukset, liikenne- ja liikkumisratkaisut jne.).

Taulukko L9. Kuntien ja alueiden toimet

Linjaus/toimet KAISU:ssa	Merkittävimmät vaikutukset taakanjako- sektorilla tapahtuvien KHK-päästövähennysten lisäksi	Oletettu vaikutusketju vaikutusten taustalla
Otetaan kuntaverkostoissa kehitetyt keinot käyttöön; mm. Päästötavoitteet ja tiekartat tukemaan työtä Toimien kustannusarviot tukemaan päätöksentekoa Yhteishankinnat, vrt. aurinkopaneelit Verkostokuntien keskinäinen kirittäminen	Onnistuessaan toimet voivat edistää samalla resurssitehokkuutta ja kiertotaloutta. Toimet potentiaalisesti herkkiä eri politiikka-alueiden ohjauksineille (energiapolitiikka, aluepolitiikka, liikennepolitiikka) ja voi syntyä koko ilmastopolitiikan kannalta vähemmän hyviä ratkaisuja, jos ohjaus kannustaa osaoptimointiin, joka ulkoistaa vaikutuksia.	Yleinen tiedollinen ohjaus saa kuntapäätäjää panostamaan ilmastotyöhön.
Lisää kuntia tavoitteelliseen ilmastotyöhön!	Parhaimmillaan syntyy uusia resurssitehokkaita ratkaisuja, jotka edistävät myös kiertotaloutta. Paikallisten kasvihuonekaasupäästöjen ylikorostaminen voi johtaa päästöjen ja muiden ympäristövaikutusten ulkoistamiseen.	Tiedollinen ohjaus saa aikaan innovatiivista toimintaa tavoitteiden saavuttamiseksi kunnissa.
Varmistetaan kunnissa eri kuluttajaryhmiä palvelevaa puolueetonta alueellista energianeuvontaa ml. toimijoiden yhteistyössä kehitettäviä ratkaisuja	Toteutuessaan riittävän laajana toimi voi edistää kokonaisvaltaista siirtymistä kohti nykyistä kestävämpää energiankäyttöä. Toimen vaatimien voimavarojen varmistus kuitenkin avoin	Yleinen viesti asian tärkeydestä käynnistää toimintaa tavoitteiden saavuttamiseksi kunnissa.
Kannustetaan julkisia toimijoita asettamaan valtion 39 % päästövähennystavoitetta tukevia omia tavoitteita vuoteen 2030 mennessä,	Varsinaisten kannusteiden puuttuessa toimi nojaa omatoimisuuteen. Parhaimmillaan voi edistää kestävää kehitystä tukevien konkreettisten toimenpiteiden toteuttamista	Julistus tukee tavoitteiden asettamista ja erillistöimien toteuttamista.
Kannustetaan maakuntia vähähiilisten hankkeiden 25 % -osuuden saavuttamiseen EAKR-rahoituksessa	Onnistuessaan toimi siirtää EAKR-hankkeiden painopistettä vähähiilisyttä edistävien rakenteellisten muutosten sekä innovaatioiden edistämiseksi. Kokonaiskestävyyden edellyttää tarkoituksenmukaisten kestävyyskriteerien huomioon ottamista rahoituspäätöksissä.	Kyetään innostamaan alueellisia toimijoita hakemaan EAKR-rahoitusta vähähiilisyteen tähtääviin hankkeisiin.
Huolehditaan vuorovaikutuksesta kansallisen ja alueellisen tason kesken ilmastopolitiikan asioissa	Toimi lisää paikallisia ja alueellisten toimien näkyvyyttä ja helpottaa päästöjen ulkoistusvaikutusten tunnistamista. Edellyttää myös johdonmukaista ilmastotoimia kuvaavien tietojen keräystä ja tallentamista vuorovaikutuksen tueksi	Vuoropuhelu edistää hyvien paikallisten ja alueellisten ratkaisujen laajempaa käyttöönottoa ja niiden merkityksen tunnistamista kansallisessa politiikassa.

Kunnilla on merkittävä rooli konkreettisten ilmastotoimien toteuttajina ja siten valtakunnallisten päästötavoitteiden mahdollistajana. Esimerkiksi kaavoituksella ja palvelujen järjestämisellä voidaan vaikuttaa ratkaisevasti siihen, miten asumiseen ja liikkumiseen liittyvät päästöt kehittyvät. KAISU:n ohjausvaikutus on kuitenkin ennen kaikkea tiedollinen. Myös muut vaikutukset kuin kasvihuonekaasupäästöjen vähennykset määräytyvät pitkälti kuntien ja maakuntien omaehtoisen toiminnan mukaan. Kuntien ja maakuntien omat linjaukset ja konkreettiset toimet sekä niiden kyky kannustaa paikallisia ja alueellisia toimijoita esittämään tavoitteiden mukaisia EAKR-hankkeita määrittelevät mitä vaikutuksia on odotettavissa. Tämän vuoksi toimien seuranta ja keskinäinen oppiminen toimista on tärkeää.

Taulukko L10. Julkisten hankintojen toimet ja niiden vaikutukset

Linjaus/toimet KAISU:ssa	Merkittävimmät vaikutukset taakanja-kosektorilla tapahtuvien KHK-päästövähennysten lisäksi	Oletettu vaikutusketju vaikutusten taustalla
Kokeillaan edelläkävijäkuntien ja ministeriöiden välillä solmittavaa ns. Green deal-mallia	Vaikutukset riippuvaisia 'green deal' -mallista. Valtion panostus toimeen heijastuu toimen kiinnostavuuteen. Vaikuttavuus edellyttää myös tehokasta markkinointia ja kokemuksista oppimista	Taloudellinen ohjaus mahdollistaa hankintojen suunnittelun ja riskinoton.
Tehostetaan ja kehitetään 'yhden luukun mallia' kestävien ja innovatiivisten hankintojen vauhdittamiseksi.	Halittujen vaikutusten syntyminen edellyttää riittävien voimavarojen suuntaamista toimeen. Haasteena on hankintojen laaja kirjo. Onnistuessaan toimi voi synnyttää kokemusten vaihtoa ja synergiaa eri toimien välillä.	Lisäämällä tiedollista ohjausta voidaan lisätä moni eri toimien vaikuttavuutta.

Julkisilla hankinnoilla on potentiaalisesti suuri merkitys innovaatioiden edistäjinä ja uusien liiketoimintamahdollisuuksien synnyttäjinä. Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista (1397/2016) korostaa innovaatioiden roolia ja tarjoaa hankintayksiköille eri keinoja edistää innovatiivisia ratkaisuja hankinnoissa. Koska uusi laki poikkeaa tältä osin merkittävästi edeltäjästään (348/2007) on ennakoitavissa, että käytäntöjen muutos vaatii johdonmukaista työtä ja koulutusta ennen kuin laki muuttaa toimintaa merkittävästi.



VALTIONEUVOSTON
SELVITYS- JA TUTKIMUS-
TOIMINTA

tietokayttoon.fi

ISSN 2342-6799 (pdf)
ISBN 978-952-287-439-9
(pdf)