

Keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelma: menetelmäkehikko ja tietotarpeen arviointi

Ilmastopaneelin puolesta Markku Ollikainen, Marja Järvelä, Jyri Seppälä, Sanna Syri, ja Sanna Lötjönen

1. Taustaa ja tehtävänanto

Ympäristöministeriö pyysi ilmastopaneelin näkemystä ilmastolain (609/2015) 9§ mukaisen keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelman valmistelun laadintaan liittyvistä menetelmäkysymyksistä: tietopohjasta sekä toimien ja kustannusten arviointikehikosta (YM10/44/2015). Ympäristöministeriö pyysi erityisesti vastauksia seuraaviin kysymyksiin.

1. Kuinka paneelin mielestä tulisi arvioida eri sektoreiden päästövähennysmahdollisuuksia siten, että ne olisivat keskenään vertailukelpoisia? Minkä tyyppisiä kriteereitä tulisi käyttää, kun arvioidaan päästövähennyspotentiaalia sektorikohtaisesti? Millä keinoilla tulisi varmistaa, että sektorikohtaisesti määritettävät päästövähennystoimet yhteenlaskettuna riittävät yleisen, EU-velvoitteisiin perustuvan päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi?
2. Onko olemassa oleva *tietopohja* paneelin näkökulmasta katsottuna riittävä ja tarkoituksenmukainen keskipitkän aikavälin suunnitelman laadintaa ajatellen vai tarvitaanko paneelin mielestä lisäselvityksiä tietopohjan vahvistamiseksi?
3. Paneeli on tekemässä selvitystä ilmastopolitiikan seurannasta ja raportoinnista liittyen kansallisen energia- ja ilmastostrategian (2013) seurantaan. Näkeekö paneeli, että tekeillä oleva selvitys voisi palvella keskipitkän aikavälin suunnitelman laadinnan tarpeita joiltakin osin? Tässä voisi erityisesti olla kyse suunnitelmaan liittyvistä seurantamekanismeista.

Ilmastopaneelin vastaukset yllä esitettyihin kysymyksiin perustuvat siihen lähtötietoon, että keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelma, joka koskee ns. päästökaupan ulkopuolista sektoria, laaditaan kokoamalla sektorikohtaiset toimenpiteet yhtenäiseksi ohjelmaksi (ns. bottom up –periaate). Ohjelman laadinta koordinoidaan uuden energia- ja ilmastostrategian laadinnan kanssa; kummassakin työssä nojataan yhteisiin skenaarioihin, kuten taloudellinen kehitys ja päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästöjen ennustettu kehitys.

Ilmastopolitiikan kannalta on hyödyllistä erottaa kolme sektoria ja niiden suhde kansalliseen ilmastopolitiikkaan. Päästökauppasektori toimii yhtenä Euroopan laajuisena markkinana, jonka päästökattoa ja kaupankäynnin luonnetta säätelee EU:n komissio. Kaksi muuta sektoria ovat ns. päästökaupan ulkopuolinen sektori ja maankäytön, maankäytön muutoksen ja metsätalouden sektori (LULUCF). Kansalliset vähennystavoitteet päästökaupan ulkopuoliselle sektorille sovitaan EU:n taakanjakosopimuksessa, mutta jäsenmaat ovat vapaita muotoilemaan politiikkaa, jolla kullekin maalle ositettu taakanjakovelvoite saavutetaan. Maankäyttösektorin sisällyttäminen EU:n ilmastopolitiikkaan on parhaillaan valmistelussa ja se on tarkoitus sisällyttää EU:n

ilmastopolitiikkaan viimeistään vuoteen 2020 mennessä. Taakanjakopäätökset tehtäneiden puolestaan vuoden 2016 aikana Pariisin 2015 sopimuksen pohjalta. Kahta viimeksi mainittua sektoria koskevien päätösten huomiointi ja ennakointi on välttämätöntä valmisteltaessa ilmastolain mukaista keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelmaa.

2. Ilmastopaneelin näkemys ilmasto-ohjelman laatimisen yleisistä periaatteista

Keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelman kokoaminen edellyttää, että määritetään ne periaatteet, joilla arvioidaan sektorikohtaiset toimet, niiden vaikuttavuus ja kustannukset, sekä lähestymistapa, jolla ne yhdistetään kokonaiseksi toimintaohjelmaksi. Ohjelman määrittelyperiaatteiden tulisi olla mahdollisimman *johdonmukaiset, selkeät ja läpinäkyvät*, jotta toimenpiteet, niiden kustannukset ja vaikuttavuus tulisi arvioiduksi samalla tapaa kullakin sektorilla. Ohjelman laatimisperiaatteiden johdonmukaisuus ja läpinäkyvyys on tärkeää myös kansalaisten ja sidosryhmien osallistamisen ja ilmastotoimien sosiaalisen hyväksynnän kannalta.

Tärkein yksittäinen ohjelman *kokoamisperiaate on kustannustehokkuus*, joka tarkkaan ottaen viittaa annetun tavoitteen (ilmasto-ohjelmassa 2030 päästöjen vähennystavoite päästökaupan ulkopuolisella sektorilla) saavuttamiseen pienimmän mahdollisen kustannuksin. Yksinkertaisimmillaan periaate tarkoittaa päästöjen vähennystoimien kohdistamista eri sektoreille (ja sektoreiden sisällä) niin, että päästöjen vähentämisen rajakustannukset ovat kaikkialla yhtä suuret. Periaatteen soveltamista voi monimutkaistaa toinen tähdellinen periaate: *yhteensopivuus 2050 tavoitteiden kanssa* – tarkemmin sanoen yhteensopivuus tämän tavoitteen mukaisen vähennyspolun ja sen vaatimien kustannusten kanssa kullakin sektorilla. Mikäli 2050 tavoite edellyttää pitkäaikaisia investointeja infrastruktuuriin tai muita merkittäviä toimia jo nyt (esimerkiksi liikenteen päästöjen vähentämiseksi), niin asianomaisen sektorin rajakustannusten tulisi vastata tämän polun mukaisia kustannuksia vuona 2030.

Ilmasto-ohjelman toimien riittävyyden arvioimisessa tulee soveltaa päästöjen *nettovähennysten periaatetta*. Tällä tarkoitetaan sitä, että eri sektoreille tehtävien vähennystoimien mahdolliset päästöjä kasvattavat tai vähentävät vaikutukset tosilla sektoreille arvioidaan ja vähentämistoimet mitoitetaan siten, että nettovähennys toteuttaa 2030 tavoitteen. Ilmasto-ohjelman ajallisen ulottuvuuden vuoksi myös *eksogeenisten politiikkatekijöiden arviointi* on välttämätöntä. Euroopan unionin politiikka voi vaikuttaa välittömästi päästökaupan ulkopuoliseen sektoriin. Tärkeimmät vaikutukset voivat tulla EU:n yhteisestä maatalouspolitiikasta (CAP) sekä EU:n päätöksestä sisällyttää maankäyttösektori osaksi EU:n ilmastopolitiikkaa. Tämän ohella EU:n päästökauppajärjestelmän tulevien reformien vaikutukset päästökaupan ulkopuoliseen sektoriin tulee arvioida erikseen.

Läpinäkyvyyden, kustannustehokkuuden ja nettovähennysten periaatteita täydentävät luontevasti lisätarkasteluina valittavien toimenpiteiden sosiaalisen hyväksyttävyyden sekä budjetillisten vaikutusten tarkastelut. Ohjelman toimenpiteiden *sosiaalinen hyväksyttävyys* tarkoittaa ennen muuta sitä, että kansalaiset näkevät valittujen toimien tarpeellisuuden ja tehokkuuden ilmastotavoitteen kannalta. Sosiaalisen hyväksyttävyyden edistämiseksi päästövähennystoimien määrittelyperusteissa tulisi tuoda selkeästi esiin kenelle niiden kustannukset kohdentuvat.

Laajemmin ajateltuna sosiaalinen hyväksyttävyys liittyy yhteiskunnalliseen hyvinvointiin. Tästä näkökulmasta on arvioitava ilmastopoliittisten toimien sosiaalisia vaikutuksia ja varmistettava, että ne eivät kohtuuttomasti lisää jonkin kansanryhmän kustannuksia ja aiheuta siten lisääntyvää

sosiaalista eriarvoisuutta. Useissa tapauksissa ilmastotoimet kuitenkin kasvattavat kansalaisten kustannuksia, mutta se ei sinänsä ole sosiaalisen hyväksyttävyyden este. Sen sijaan huonosti mitoitettu, eriarvoisuutta lisäävä tai tehottomaksi koettu ilmastotoimi voi olla merkittävä este ilmastotoimien sosiaalisen hyväksyttävyyden vahvistumiselle.

Budjetillisten vaikutusten tarkastelu on tarpeen, jotta valittavien toimien valtiotaloudellinen toteuttamiskelpoisuus tulisi riittävän hyvin arvioiduksi. Ennen muuta on tarpeen arvioida välittömät budjetilliset vaikutukset, kuten valittujen toimien toteutumiseen tarvittavien tukien määrä tai verotulojen nousu tai lasku. Sen sijaan toimien välillisten budjettivaikutusten arviointi (vaikutukset tulo- tai yritysverotuksen kautta) ei ole tarpeen eikä mahdollistakaan sektorikohtaisena tarkasteluna.

3. Ilmastopaneelin ehdotus keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelman laatimisen ohjenuoraksi

Kustannustehokkuuden ja nettovaikutusten periaatteiden yhdistäminen keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelman laatimiseen merkitsee, että noudatetaan seuraavaa menettelytapaa.

- *Päästöjen ennustaminen*: kullakin sektorille tuotetaan arvio päästöjen kehitysurasta ilman politiikkatoimia, jotta päästöjen vähennystarve voidaan määrittää.
- *Sektorikohtaiset toimenpiteet*: kukin sektori esittää valikoiman toimenpiteistä ja niiden aikaansaamista päästövähennyksistä taloudellisessa edullisuusjärjestyksessä. Lisäksi tuodaan esiin se, kenelle toimenpiteiden kustannukset kohentuvat.
- *Ohjauskeinot*: kukin sektori arvioi ja tekee ehdotuksen, mikä ohjauskeino on tarpeen kunkin toimenpiteen toteuttamiseksi.
- *Toimien poiminta ohjelmaan*: toimenpiteet valitaan ohjelmaan eri sektoreilta niiden edullisuusjärjestyksessä, kunnes päästöjen vähentämistavoite saavutetaan.
- *Nettopäästötarkastelu*: arvioidaan erikseen riittävätkö kullakin sektorilta poimitut toimenpiteet kokonaistavoitteen saavuttamiseksi, kun mahdolliset sektoreiden väliset päästövaikutukset on otettu huomioon.
- *Sosiaalinen hyväksyttävyys*: ilmastotoimien sosiaalinen hyväksyttävyys on itsessään ilmastopolitiikan tärkeä voimavara, jonka kehittymistä on erikseen arvioitava ja tuettava.

Seuraavassa tarkastellaan kutakin kohtaa erikseen.

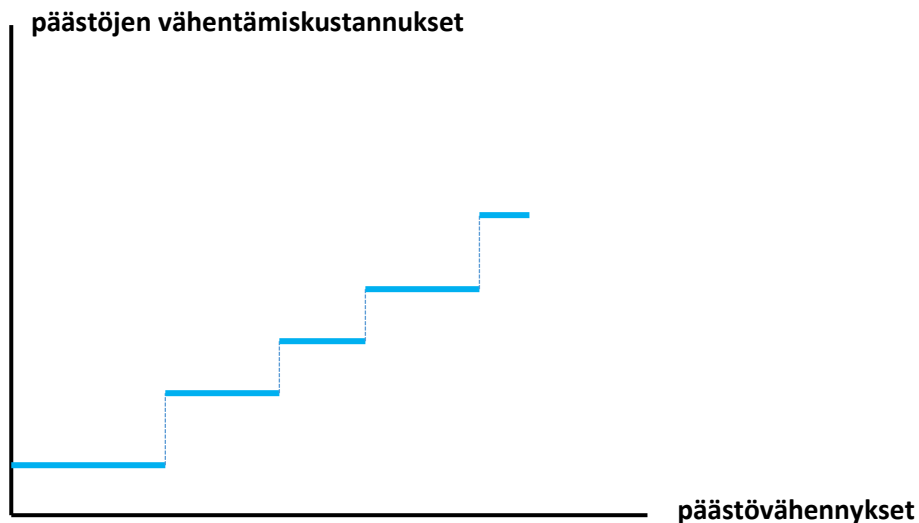
Päästöjen ennustaminen

Päästöjen keskipitkän aikavälin vähennystarve ei määrity pelkästään taakanjaosta koituvasta vähennystavoitteesta. Kunkin sektorin päästöt kehittyvät taloudellisten suhdanteiden, teknisen kehityksen sekä jo tehtyjen päätösten nojalla. Sen vuoksi päästöjen perusuran ennustaminen on välttämätöntä. Perusuran ja taakanjaossa tulevan vähennysvelvoitteen avulla määritetään tarvittavien vähennysten suuruusluokka ja sektorikohtaiset toimenpiteet valitaan niin, että tämän suuruusluokka ylitetään. Kunkin sektorin tarkka vähennysmäärä määrittyy sitten sektorivertailussa, kuten tuonnempana esitetään.

Sektorikohtaiset toimenpiteet

Kukin sektori määrittää keskeisimmät toimenpiteet ja niistä saatavan päästövähennyksen. Samalla arvioidaan kustannukset kullekin toimenpiteelle ja se, kenen maksettavaksi toimenpiteet tulevat. Ideaalitulanteessa sektorikohtaiset kustannukset lasketaan sektorimallilla, joka tuottaa

kokonaiskustannus- ja rajakustannusfunktiot päästövähennysten suhteen. Mikäli tällaista mallia ei ole käytettävissä, toimenpiteet esitetään muodossa €/tonni vähennettyä CO₂-ekvivalenttiä päästöä. Kun toimenpiteet järjestetään halvimasta kalleimpaan, saadaan kuvan 1 mukainen portaittainen kustannusfunktio kullekin sektorille. Kuvassa vaaka-akseli mittaa eri toimilla saatavia päästövähennyksiä ja pystyakseli kustannuksia vähennettyä tonnia kohden. Päästövähennystoimi voi olla yksittäinen teko (kuten siirtyminen öljylämmityksestä maalämpöön) tai toisiinsa liittyvä toimenpidejoukko.



Kuva 1. Päästöjen vähentämistoimet ja niiden kustannukset järjestettynä halvimasta kalleimpaan

Kustannukset päästöjen vähentämisestä tulisi määrittää ns. reaalikustannuksina eli ilman veroja ja tukiaisia.

Herkkyystarkastelu kustannusten suhteen on tarpeen, koska päästövähennystoimien edullisuusjärjestys voi muuttua ajassa. On tarpeen tunnistaa ne keskeisimmät toimenpidealueet, joissa tällaista muutosta saattaa tapahtua vuoteen 2030 mennessä. Näiden osalta on syytä tuottaa myös vaihtoehtoisten toimien mukaisia päästövähennyspolkuja.

Ohjauskeinot

Kullakin sektorilla voi olla tarpeen tehdä monia päästövähennystoimenpiteitä, joita eri toimijoiden halutaan toteuttavan. Jotta toimijat todella tarttuvat haluttuihin päästövähennystoimiin, on siihen luotava kannustimet. Ne luodaan ohjauskeinojen avulla. Käsitys toimenpiteiden kustannuksista on tarpeen, jotta ohjauskeinot saadaan mitoitetuksi oikein. Tilanteen mukaan turvaudutaan joko määrärajoitteisiin tai hintaohjaukseen verojen ja tukiaisten avulla. Hintaohjauksen tapauksessa on tärkeää arvioida, kuinka toimijat reagoivat ohjauskeinoon. Ohjauskeinot voidaan mitoitaa hyvin tai huonosti; jälkimmäisessä tapauksessa syntyy riski, että ohjelman tavoitteita ei saavuteta. Kun ohjauskeinot on pohdittu, voidaan potentiaaliset vaikutukset julkisen vallan budjettiin arvioida.

Toimien poiminta ohjelmaan

Keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelma tähtää 2030 tavoitteiden saavuttamiseen niin, että se on samalla yhteensopivaksi 2050 tavoitteiden saavuttamisen kanssa. Kun kaikille sektoreille on tehty samanlainen päästövähennystoimien ja kustannusten analyysi, ohjelmaan valitaan toimet eri sektoreilta niiden välisessä edullisuusjärjestyksessä. Päästövähennysten valinnan kriteeri on tällöin ideaalitulanteessa rajakustannusrasitus suhteessa muihin sektoreihin tai tarkemman tiedon puuttuessa kriteerillä €/tonni CO₂-ekvivalenttia. Erillisharkintaa on tarpeen noudattaa niillä sektoreilla, joilla 2050 vähennystavoitteen saavuttaminen edellyttää jo nyt muita suurempia kustannuksia. Näiltä sektoreilta valitaan ohjelmaan toimenpiteitä, joiden kustannus on korkeampi, mutta 2050 vähennyspolun mukainen.

Toimien riittävyys ja kokonaistavoite

Riittävätkö kultakin sektorilta poimitut toimenpiteet kokonaistavoitteen saavuttamiseksi riippuu paitsi eksogeenisista politiikkatekijöistä, myös siitä vuotavatko päästövähennystoimet jollakin sektorilla toisille sektoreille. Mikäli päästöjä vuotaa päästökaupparektoriin, ei siitä synny erityistä ongelmaa, koska päästökaupparektori on koko Eurooppaa kattava markkina. Sen sijaan laskelmissa tulee huomioida tilanteet, joissa päästöjä valuu toiselle päästökaupan ulkopuoliselle sektorille.

Kun koko ohjelma on muodostettu bottom up-periaatteella, sen kokonaistaloudelliset vaikutukset voidaan määrittää yleisen tasapainon mallilla. Kokonaistaloudellisten vaikutusten tarkastelu ei korvaa sektorikohtaisten kustannusten huolellista analyysia.

Sosiaalisen hyväksyttävyyden arviointi

Ilmastonmuutos ilmiönä on yhä laajemmin tunnistettu, mutta sen hillinnän ja sopeutumisen toimet vaikutuksineen ovat vielä laajalti tuntemattomia. Sen vuoksi uudet ilmastotoimet voivat aiheuttaa hämmennystä ja myös vastustusta, jos toimia ei koeta riittävän perustelluiksi. Toisaalta ilmastotoimien sosiaalinen hyväksyttävyys ja sen varassa kasvava kansalaisten ja yhteisöjen oma toiminta voivat olla merkittävä voimavara ilmastopolitiikan tavoitteiden saavuttamisessa.

Käytännössä sosiaalisen hyväksyttävyyden vahvistumista ja sen kasvun ongelmakohtia voidaan kartoittaa parhaiten arvioin, jotka perustuvat eri toimijoille kohdentuviin kyselyihin ja haastatteluihin. Myös tässä sektorikohtaiset tarkastelut voivat edistää tasapainoisen kokonais kuvan hahmottamista ja tuottaa samalla täsmällistä tietoa ilmastotoimien sosiaalisista voimavaroista eri sektoreilla.

4. Ilmastopaneelin näkemys ilmasto-ohjelman tietotarpeista

Päästökaupan ulkopuolisen sektorin vähennystarve Suomelle lienee 40 % tuntumassa, jolloin päästöjen vähennysvaatimus voi nousta jopa 6-8 miljoonaan tonniin. Päästökaupan ulkopuolisen sektorin tärkeimmät päästölähteet ovat energian käyttö, eli lähinnä liikenne, lämmitys ja työkoneet (liite 1). Seuraavina tulevat maatalous ja jätehuolto. Paneeli arvioi seuraavassa tietopohjaa sektoreittain.

Liikenne

Liikennesuoritteiden tilastoinnissa on Suomessa merkittävää epä johdonmukaisuutta. Liikennemäärien laskentoihin perustuvan Tietilaston ja matkapäiväkirjatutkimuksiin perustuvien Henkilöliikennetutkimuksen ja Tieliikenteen tavarankuljetustilaston suoritteiden välillä on kasvava ero. Suomen viralliset liikenteen CO₂-päästöt tulevat VTT:n LIPASTO-mallista, joka perustuu

Tietilaston suoritteisiin. LIPASTOn päästömäärät perustuvat myös autojen tyyppin ja iän perusteella määritettyihin päästökertoimiin, joilla laskettua tulosta verrataan Öljyalan keräämiin polttoaineiden myyntitietoihin. LIPASTO on juuri uusittu. Samalla kuitenkin yksikköpäästötietokanta poistui käytöstä rahoituksen puuttuessa, eli tietopohja uhkaa heiketä. Tietoa puuttuu yksittäisten toimenpiteiden ja politiikkasuositusten päästövaikutuksista, kustannuksista ja hyödyistä. Ajoneuvotasolla tietopohja on paras henkilöautojen osalta, mutta tieto on erityisen puutteellista paketti-, linja- ja kuorma-autojen suhteen.

Rakentaminen

Tämän hetkinen tieto rakennusten energiankulutuksesta perustuu malliin, joka on sovitettu Tilastokeskuksen lukuihin. Öljylämmitteisiä rakennuksia on enää varsin vähän ja uusia ei juuri rakenneta. On arvioitu, että öljylämmitteiset asuinrakennukset ovat lähes poistuneet vuonna 2030. Sähkölämmitteiset ja lämpöpumppuja (sähkö pyörittää pumppuja) energialähteenään käyttävät rakennukset sekä suurin osa kaukolämpöön liittyneistä rakennuksista lasketaan päästökaupan puolella. Puulämmitteisten rakennusten osuus on suhteellisen suuri johtuen siitä, että tilastoissa ei näy lämmitystapamuutoksia. Tämä tuo myös epävarmuutta laitesähkön ja lämmityssähkön kulutuksiin. Rakentamisen ohjaamisen ja sen vaikutusten arvioinnin kannalta nykyinen tilastointi ei ole riittävän tarkka. Tähän tarvittaisiin selkeästi lisää tutkimusta. Rakennusten päästöihin vaikuttavat myös laitteiden sähkön kulutus ja rakennuksen käyttötarkoitus/asumistottumukset. Rakentamisen ohjaamisessa tehokas keino on primäärienergian kulutuksen pienentäminen, mutta kannustavuutta myös energiankulutuksen ajalliseen käyttöön tulisi kehittää. Päästöperusteinen rakentamisen ohjaus ei toimi, sillä silloin vähäpäästöisiä energialähteitä saisi kuluttaa merkittävästi, mikä ei ole resurssitehokkuuden kannalta järkevää. Kustannustiedot eri keinoista ovat riittävällä tarkkuudella tiedossa.

Maatalous

Uuden suunnitelman laatimiseen tarvitaan uudet päästöskenaariot (ovat jo tekeillä LUKEssa), koska päästöjen laskentamenetelmät muuttuivat Kioton pöytäkirjan toisella velvoitekaudella ja koska myös uusi Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma tuo tarpeen sisällyttää uusia toimia skenaarioihin. Toimivat vähennystoimet on todennäköisesti jo tunnistettu, mutta tietopohjaa voisi lisäksi vahvistaa etenkin keräämällä yhteen päästövähennystoimien kustannuksista eri hankkeissa jo laaditut arviot. Maataloussektorilla päästöjen yleinen epävarmuus on 60 %, mikä on suurempi kuin millään muulla sektorilla ja johtaa siihen, että myös arviot päästövähennyskeinojen tehosta ovat epävarmoja. Edes tietopohjan kasvattaminen ei tehokkaasti pienennä epävarmuutta, koska se johtuu enimmäkseen biologisten tekijöiden vaihtelusta ja systeemien moninaisuudesta verrattuna esim. polttoperäisiin päästöihin.

Jätehuolto

Tietojen kattavuus on ollut varsin hyvä, mutta niiden (aktiiviteettidatan) tarkkuudessa on puutteita. Jätesektorin päästöt perustuvat aktiiviteettidatan ja laskentaparametrien pohjalta tehtävään mallinnukseen. Päästömallinnuksessa on melko paljon epävarmuutta, mutta sama epävarmuus koskee sekä virallisia päästöinventaarioita että tehtyjä tulevaisuuden skenaarioita (energia- ja ilmastostrategiat). Jo päätettyjen tulevaisuuden toimien (kaatopaikkapäätökset ja polttolaitosinvestoinnit) vaikutukset pystytään arvioimaan varsin hyvin. Näillä jo tehdyillä päätöksillä on erittäin suuri vaikutus jätesektorin päästöihin. Mahdollisten lisätoimien vaikutusten arvioiminen vaatisi selvityksiä (esim. suljettujen kaatopaikkojen kaasun talteenotto). Kustannusten arvioiminen on erittäin hankalaa. Periaatteessa selvitettävienkin (esim. kaasun talteenotto) kustannusten arvioiminen on hyvin haastavaa. Jätesektorilla toimivat ohjauskeinot ovat olleet verotus

ja hallinnolliset toimet, joilla on jo saatu ja saadaan tulevaisuudessa vielä lisää vähennyksiä. Nämä vähennykset ovat suhteellisesti ottaen täysin eri suuruusluokkaa kuin muilla päästösektoreilla. Viime vuosina ja tulevaisuudessa osa jätesektorin päästövähennyksistä siirtyy energiasektorille (jätteenpolttolaitokset).

5. Keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelman seurannasta

Ilmastopaneeli laati vuoden 2015 kuluessa selvityksen energia- ja ilmastostrategian seurannasta Suomessa. Selvityksen mukaan seurannassa tehdään hyvinkin pätevää työtä, mutta samanaikaisesti seurannan velvoitteet kasvavat ja tiedonhallinnan systematiikka joutuu monin tavoin koetelluksi. Lisäksi kasvava tarve seurata politiikkatoimien vaikuttavuutta tuo lisänäkökulman, jossa korostuvat tiedon yhteiskunnallisen hyödynnettävyyden kriteerit tiedon määrän ja laadun ohella.

Erityisesti ilmastolain mukaisen suunnittelutyön *keskipitkän aikavälin suunnitelman* yhteydessä pitäisi tehdä monipuolinen vaikutusten arviointi. Tämä on suunnitelman haastava tehtävä ja kysymyksenä on löytyykö sen kehittämiseen riittävät resurssit. Kasvihuonekaasupäästöjen inventaario on tehtävänä jo vakiintunut, mutta politiikkatoimien seurantaan ja kehittämiseen on vielä rakennettava riittävä resurssipohja. Tarvitaan siis välineet kokonaisvaltaiseen politiikkatoimien arviointiin, jolla voidaan seurata sektoreiden lisäksi vaikutuksia koko energia- ja ilmastostrategian järjestelmätasolla. On myös tarpeen muodostaa suunnitelmallisesti uusia asiantuntijatiimejä politiikkatoimien arviointiin.

Kaiken kaikkiaan tarvitaan paitsi laadullista harkintaa ja arviointia myös systemaattisesti kerättyä määrällistä tietoa, joka kytkeytyy päästövähennysten suuruusluokkien esiintuontiin, siis skenaarioihin, joihin energia- ja ilmastostrategian asettaminen yleisesti nojautuu.

Eurooppalaisessa MMR –asetuksen (Monitoring mechanism regulation) mukaisessa politiikkatoimien raportoinnissa olisi tärkeää keskittyä laadunhallintaan ja fokusointiin ja erityisesti välttää raportoinnin hallitsematonta kasvua. Tulisi myös harkita, onko EU:n MMR -asetuksen vaatima politiikkatoimien seurantajärjestelmä riittävä vai tarvitaanko erityinen vakiintunut kansallinen järjestelmä politiikkatoimien arviointiin.

Liite 1. Keskeiset päästökaupan ulkopuoliset sektorit (lähde: Tilastokeskus)

	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Energia	24,5	23,0	21,9	23,3	22,4	22,5
Muut kuin liikenne	10,8	9,4	9,0	9,8	9,2	9,5
Liikenne	13,7	13,6	12,9	13,4	13,2	13,0
Teollisuusprosessit	2,8	2,9	2,0	1,7	1,6	1,5
Kemian teollisuus	1,7	1,7	0,9	0,3	0,3	0,3
F-kaasujen käyttö	0,9	1,1	0,9	1,2	1,1	1,0
Maatalous	5,8	5,9	5,8	6,0	5,9	5,8
Jätteiden käsittely	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1
Kaatopaikat	2,0	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7
Päästökaupan ulkopuolinen sektori	35,6	34,0	31,7	33,2	31,9	31,9
Päästökauppasektori	33,1	36,2	34,4	41,3	35,1	29,5
Päästöt yhteensä pl. LULUCF	68,7	70,2	66,1	74,5	67,0	61,4
LULUCF-sektori	-29,9	-29,6	-39,3	-24,6	-24,6	-24,8

Liite 2

Kustannustehokkuustarkastelun soveltaminen käytännössä Havainnollistavia esimerkkilaskelmia

Tämä liitteen tavoite on havainnollistaa, kuinka hahmotettua arviointikehikkoa voidaan käyttää toimenpiteiden valintaan keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelmaan. Tarkastelussa sovelletaan erityisesti *kustannustehokkuuden* ja siihen liittyviä *sosiaalisen hyväksyttävyyden* periaatteita. Edellisen suhteen määritetään päästövähennysten reaaliset yksikkökustannukset vähennettyä CO₂-ekvivalenttitonnia kohden ja jälkimmäisen tarkastelemiseksi punnitaan yksityisiä kustannuksia ja toimenpiteiden toteuttamiskelpoisuutta. Toimien vaatimat mahdolliset *ohjauskeinot* ja *budjetilliset näkökohdat* kirjataan erikseen.

Tarkasteluun on valittu esimerkinomaisesti kolme sektoria tai niiden osaa: tieliikenne, maatalous ja pientalojen lämmitys ja niille on osoitettu eräitä päästöjen vähentämistoimia. Toimet on valittu ennen muuta esimerkeiksi, joilla voidaan havainnollistaa monenlaisia laskentaa ja ohjauskeinojen valintaan liittyviä piirteitä. Näistä sektoreista on myös saatavissa riittävästi tietoja esimerkkilaskentaa varten. Luvut tarkasteluun on poimittu liikenteen osalta Ilmastopaneelin raportin No 2/2015 taustatyöksi laaditusta maisterin tutkielmasta Puroila (2016), maatalouden osalta Ilmastopaneelin raportista No 1/2014 ja lämmityksen osalta luvut on tuotettu kaupallisten tarjoajien lukujen pohjalta. Tässä tehty tarkastelu on luonteeltaan havainnollistava. Keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelmaa varten tarvitaan oma täsmällinen laskentansa ja analyysinsä. Tähän valitut esimerkkitoimet eivät välttämättä ole soveliaimpia toimia.

Liitteen painopiste on kustannusten laskennassa (luvut 1 ja 2), mutta lopussa (luvut 3 ja 4) keskustellaan lyhyesti myös siitä, kuinka lukujen 1 ja 3 teknisempi kustannuslaskenta liitetään hyväksyttävyyden, hallinnollisten seikkojen ja muiden tekijöiden kokonaistarkasteluun lopullisen ohjelman laatimiseksi. Esimerkkilaskelmissa käytettyjen kustannuskäsitteiden selventämiseksi tähän osaan on liitetty myös kaksi lyhyttä selostusta siitä, kuinka *ilmastopolitiikan yksikkökustannukset* (euroa/CO₂-ekvivalenttitonni) määritetään *yhteiskunnallisina reaalikustannuksina* ja kuinka tulee käsitellä ilmastotoimia, joihin liittyy sekä investointeja että vuotuisia käyttökustannuksia.

1. Sektorikohtainen päästöjen, kustannusten ja ohjauskeinojen analyysi

Tieliikenne

Ennustetut päästöt 2030: Tieliikenteen päästöjä vuonna 2030 on ennustettu useissa tutkimuksissa. Niiden nojalla maantieliikenteen ennakoitujen päästöt vuonna 2030 ovat 7,0 miljoonaa tonnia, kun ne ovat nyt 10,2 miljoonaa tonnia. Päästöt siis laskevat pääasiassa ajoneuvoteknisen kehityksen myötä. Esimerkiksi 40 prosentin vähennysvelvoitteella vähennystarve nykytilasta olisi 4 miljoonaa tonnia, joten politiikan tehtäväksi tulisi näillä luvuilla tuottaa miljoonan tonnin päästövähennys. Mutta tämä on vain havainnollistus: kullekin sektorille kohdistettava vähennystarve ratkaistaan kaikkien sektoreiden kokonaistarkastelun ja taakanjaossa saatavan kokonaisvähennyksen nojalla.

Liikenteen päästöjen vähentämiskeinoja on analysoitu useissa tutkimuksissa, esimerkiksi Nylund ym. (2015) ja Ilmastopaneeli 2/2015. Raporttien nojalla tehokkain lyhyen aikavälin päästövähennyskeino

on korvata fossiilista polttoainetta uusiutuvilla polttonesteillä eli uusiutuvalla dieselillä ja bioetanolilla. Pidemmällä aikavälillä uusien käyttövoimien, infrastruktuurin sekä kulkemistottumusten muutos on tarpeen päästöjen lisävähennysten hankkimiseksi.

Vähennystoimenpiteet: Tarkastellaan kahta toimenpidettä: uusiutuvan dieselin osuuden kasvattamista 20 ja vaihtoehtoisesti 40 prosenttiin. Toimenpide toteutetaan jakelijalle kohdistettavana sekoitussuhdevaatimuksena. Suomessa tuotetun uusiutuvan dieselin nykykapasiteetti on 480 tonnia (600 miljoonaa litraa) ja se riittää kattamaan 20 prosentin tavoitteen, joka on 560 miljoonaa litraa. Siten 40 prosentin tavoite edellyttää investointeja uusiin biopolttoainelaitoksiin, mikäli tuontia ei sallita (oletuksena laskelmissa). Laskelmissa oletetaan, että kapasiteetin kasvattaminen nostaa jonkin verran uusiutuvan dieselin kustannuksia. Tämän liitteen lopussa havainnollistetaan, kuinka eri kustannuskomponentit määritellään tällaisessa laskelmassa. Toisena toimenpiteenä on polttoaineveron korotus määrällä, joka johtaa polttonesteiden hinnan 10 prosentin nousuun. Toimenpide siis vähentää kysyntää, valtion verotulot kasvavat ja maksajana ovat autoilijat. Kysynnän väheneminen on laskettu kysynnän hintajouston avulla. Hintajousto kertoo, kuinka monta prosenttia polttoaineen kulutus muuttuu, kun hinta nousee prosentin.

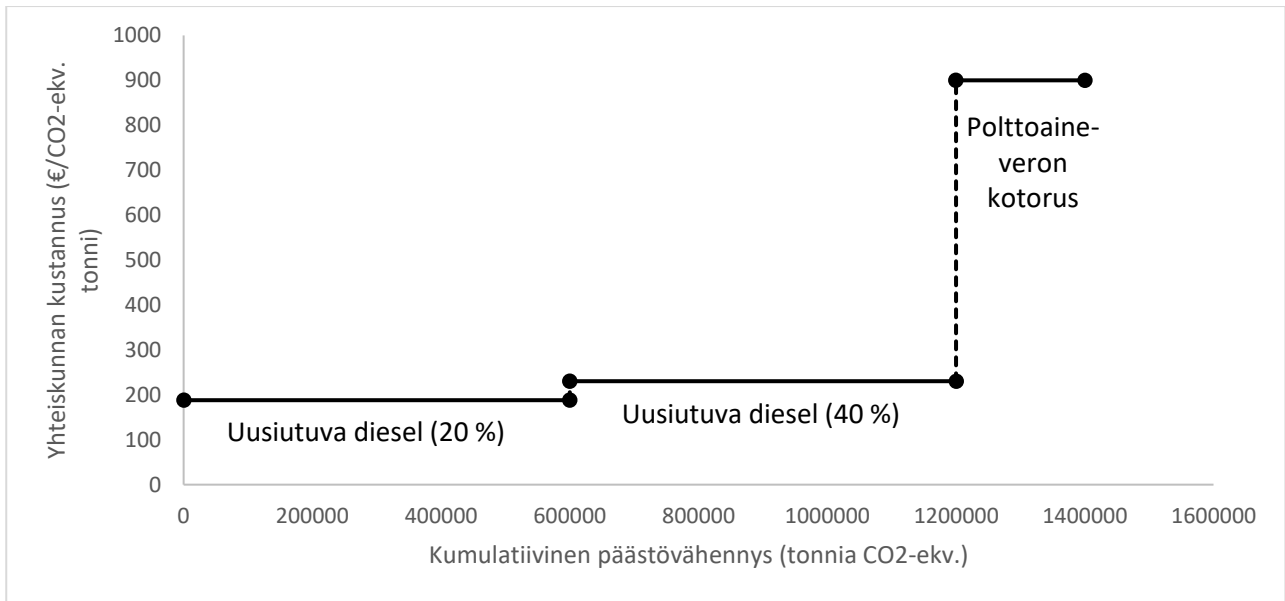
Tulokset on raportoitu Taulukkoon 1. Siinä kerrotaan päästöjen arvioitu vähenemä, yhteiskunnallinen kustannus vähennettyä CO₂-ekvivalenttia kohden sekä arvioidun polttoaineen hinnan nousun vaikutus autoilijoiden kustannuksiin euroa per litra. Uusiutuvan dieselin osuuden kasvattaminen kasvattaa autoilijan kohtaaman dieselin hintaa pumpulla ja se myös laskee jonkin verran valtion verotuloja, koska fossiilisesta komponentista saatava verotulo laskee.

Taulukko 1. Liikenteen päästöjen vähentäminen

Toimenpide	Potentiaalinen päästövähennys (CO ₂ -ekv. t/vuosi)	Yhteiskunnallinen kustannus (€/CO ₂ -ekv. t)	Yksityinen kustannus (€/litra)
Uusiutuva diesel 20 %	600 000	188	0,3
Uusiutuva diesel 40 %	600 000	230	0,6
Polttoaineveron korotus (polttonesteen hinta +10 %)	200 000	900	0,13

Ympäristölliset sivuhyödyt. Fossiilisen polttoaineen väheneminen uusiutuvan dieselin osuuden kasvaessa laskee hiukkaspäästöjä, koska uusiutuvan dieselin päästöt ovat fossiilista alhaisemmat. Nämä hyödyt voidaan arvioida yhdistämällä DALY-laskelmat (DALY = disability-adjusted life year) ja hiukkaspäästöjen terveysvaikutusten taloudellinen arvo suhteessa vähennettyyn CO₂-ekvivalenttitonniin. Saatu arvo voidaan vähentää sekoitussuhteen muutokselle lasketusta reaalista yksikkökustannuksesta (ks. liite 3).

Kuvassa 1 havainnollistetaan liikennesektorin päästövähennystoimia ja niiden yksikkökustannuksia toimien edullisuusjärjestyksessä. Kuvan 1 mukaan sekoitussuhteen kasvattaminen 20 prosenttiin on edullisin toimi, mutta lisäkasvattaminen 40 prosenttiin maksaa hieman enemmän. Yhdessä nämä toimet tuottavat 1,2 miljoonan tonnin vähennyksen tieliikenteen päästöihin. Öljyn hinnan vaihtelu ei näy näiden toimien kustannuksista – se vaikuttaa yksityiseen kustannukseen ja polttoaineveron rasiin. Uusiutuvan dieselin kustannusten herkkyydestä tarkastelu merkitsee kuvassa kustannuskäyrien nousua tai laskua. Toteutuvien päästövähennysmäärien herkkyydestä tarkastelu puolestaan merkitsee vähennystä kuvaavien vaakaviivojen pitenemistä tai lyhenemistä.



Kuva 1. Liikenteen päästövähennyskeinojen edullisuusjärjestys

Sosiaalinen hyväksyttävyys: Toimien vaikutukset aiheuttavat kustannuksia autoilijoille. Sekoitussuhteen kasvattaminen lisää liikennepolttonesteiden hintaa, koska uusiutuva diesel on kalliimpaa kuin fossiilinen. Hinnan nousua lieventää kuitenkin se, että uusiutuvan dieselin verokohtelu on fossiilista dieseliä alhaisempaa. Fossiilisen öljyn hinnan vaihtelu muuttaa polttonesteiden hintoja. Aleneva öljyn hinta vähentää politiikasta johtuvaa nousupainetta, kun taas nouseva hinta lisää nousupainetta entisestään. Öljyn hinnan vaihtelu ei kuitenkaan johdu kansallisesta ilmastopolitiikasta, eikä siten vaikuta sekoitussuhteen valintaan. Sen sijaan öljyn hinnan vaihtelu vaikuttaa dieselin kannattavuuteen suhteessa vaihtoehtoisin käyttövoimiin: öljyn hinnan nousu kasvattaa esimerkiksi sähköautojen tai plug in –hybridien kannattavuutta perinteisiin dieselautoihin nähden.

Maatalous

Ennustetut päästöt. Maatalous- ja maankäyttösektorien yhteenlaskettu päästömäärä oli vuonna 2011 noin 12,87 Mt CO₂-ekvivalenttia (Tilastokeskus 2013; maataloussektori 5,87 Mt ja maankäyttösektori 7 Mt). Maatalouden päästöjen (maataloussektori ja LULUCF-sektori) arvioidaan kasvavan vuoteen 2035 mennessä 1 Mt CO₂-ekvivalenttia. Tästä 0,8 Mt on allokoitu LULUCF-sektorille. (MMM 2014, GAF 2013) Maatalous- ja maankäyttösektorien yhteenlasketut päästöt olisivat siten 13,87 Mt CO₂-ekvivalenttia vuonna 2035.

Vähennystoimenpiteet. Ilmastopaneelin raportti 1/2014 arvioi maatalouden mahdollisina päästövähennystoimenpiteinä muun muassa väkilannoituksen vähentämistä, viherkesannointia, lannan ja nurmen biokaasutusta, metsitystä ja pellon raivauksen rajoittamista. Väkilannoituksen vähentäminen arvioitiin viljelijälle kalliiksi ja vaikeasti toteutettavaksi, minkä vuoksi se jätetään pois tästä tarkastelusta. Toimenpiteet vähentävät päästöjä sekä maatalous- että maankäyttösektorilla, eli päästövähennyksinä huomioidaan sekä CO₂- että N₂O-päästöt, vaikka maankäyttösektori ei tällä hetkellä ole mukana taakanjakosektorina. Eloperäisten maiden metsitys vähentää merkittävästi maaperän orgaanisesta aineksestä ilmakehään vapautuvaa hiiltä. Istuttamisen myötä maan

muokkaaminen loppuu, hiilen vapautuminen maaperästä vähenee 1–2 t/ha/vuosi ja kasvava uusi puusukupolvi sitoo itseensä hiiltä. Pitkäaikainen nurmipeitteinen viherkesannointi kasvinviljelyn sijaan tarjoaa mahdollisuuden vähentää viljelystä syntyviä päästöjä ja silti pitää pellot kasvukunnossa. Laskelmissa oletetaan, että ohran viljelyyn käytettävä pelto ohjataan pitkäaikaiseen viherkesannointiin. Kotieläintuotantoa laajentavan viljelijän motiivina pellon raivaamiselle on usein tarve levittää lantaa nykyistä peltopinta-alaa laajemmalle alueelle, sillä ympäristönsuojelulaki, nitraattiasetus ja ympäristötukijärjestelmä rajoittavat hehtaarille levitettävien ravinteiden määrää. Metsän raivaaminen pelloksi synnyttää välittömästi päästöpulssin. Tämä raivauksen erityisvaikutus tasaantuu vuosien kuluessa, minkä jälkeen pelloilta syntyy tavallisen peltoviljelyn mukaiset päästöt. Raivaustarpeeksi on oletettu noin 5 000 ha/vuosi, josta rajoitettaisiin puolet, 2 500 ha.

Biokaasun osalta tarkastelussa on pienimuotoinen kotieläintilalle soveltuva biokaasuratkaisu, joka korvaa lämmityksessä kevyttä polttoöljyä ja sähköntuotannossa kivihiiltä. Oletuksena on, että tila harjoittaa jo nurmiviljelyä, mutta nyt nurmi ohjataan biokaasun tuotantoon. Nurmipinta-alasta noin 100 000 hehtaaria käytettäisiin biokaasutukseen (7000 kappaletta 14 hehtaarin yksikköä). Biokaasun riskit huomioon ottaen laskelmat on tehty sekä 3 prosentin että 5 prosentin korkovaatimuksilla. Taulukon 2 lukujen yksityiskohtainen kuvaus on esitetty Ilmastopaneelin raportissa 4/2014 ja ne sivuutetaan tässä.

Taulukkoon 2 on koottu tarkastellut maatalouden potentiaaliset päästövähennystoimenpiteet kustannuksineen. Kustannukset ja päästövähennykset on laskettu yksinkertaisella oletuksella, että toimenpiteisiin käytettävissä oleva ala olisi 100 000 ha lukuun ottamatta pellon raivausta, jossa alaksi on arvioitu 2 500 ha. Muuttamalla näitä pinta-aloja voidaan herkkyytarkasteluna arvioida lähemmin, millaisiin päästövähennyksiin voidaan päästä.

Taulukko 2. Maatalouden potentiaalisten päästövähennystoimenpiteiden päästövähennysmäärät sekä yhteiskunnallinen ja yksityinen vuotuinen kustannus

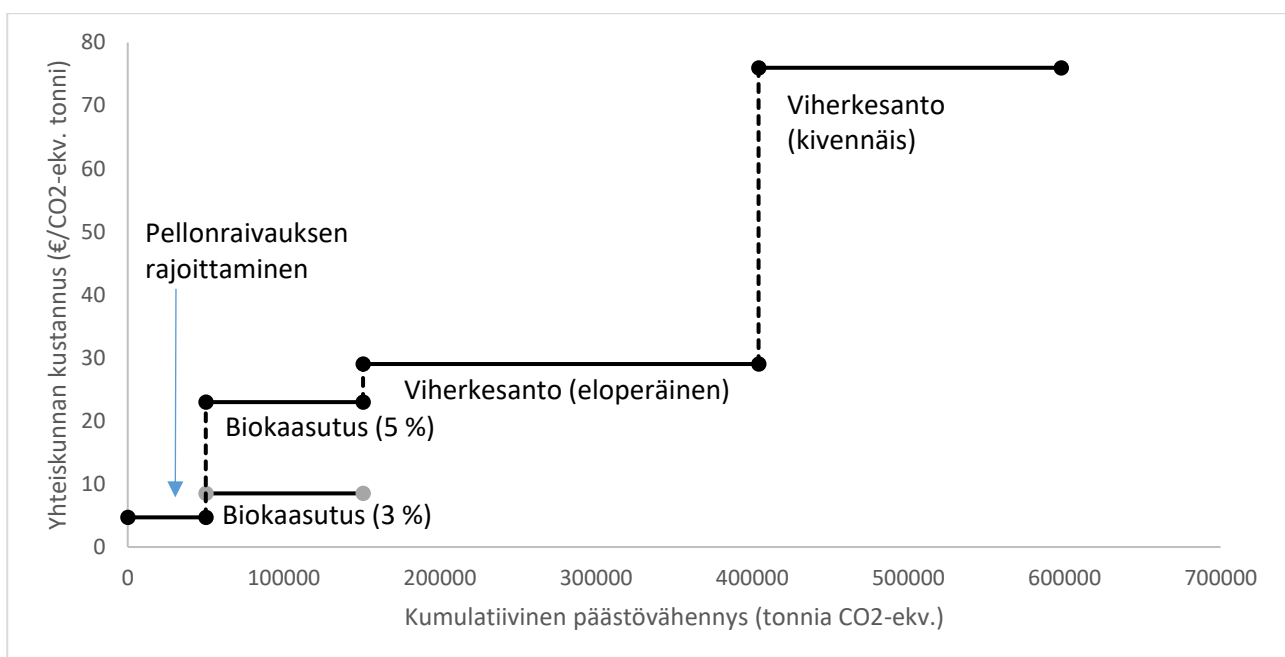
Toimenpide	Päästövähennys (kg CO ₂ -ekv./ha)	Potentiaalinen päästövähennys (tonnia CO ₂ -ekv.)	Yhteiskunnallinen kustannus (€/CO ₂ -ekv. t)	Yksityinen kustannus (€/yksikkö)*
Pellonraivauksesta luopuminen (eloperäinen)	19 995	49 988	4,7	94 €/ha
Biokaasutus, lanta ja nurmi (korko 3 %)	14 391	100 373	8,5	121 €/yksikkö
Metsitys ohran viljelyn sijaan (eloperäinen maa)	9 966	996 600	17	172 €/ha
Biokaasutus, lanta ja nurmi (korko 5 %)	14 391	100 737	23	329 €/yksikkö
Viherkesanto ohran viljelyn sijaan (eloperäinen maa)	7 600	253 333	29	220 €/ha
Viherkesanto ohran viljelyn sijaan (kivennäismaa)	2 907	193 800	76	220 €/ha

*) Biokaasutuksen osalta sana ”yksikkö” kattaa biokaasulaitoksen ja maatilan 14 hehtaarin nurmialan käytön biokaasun tuotantoon.

Kuten Taulukko 2 osoittaa, yksityisille viljelijöille koituvat kustannukset poikkeavat merkittävästi yhteiskunnallista kustannuksista. Pellonraivauksen rajoittaminen on kustannuksiltaan edullisin sekä yhteiskunnan että viljelijän kannalta. Biokaasutus 5 prosentin korolla on viljelijöille kallein.

Pitkäaikaisen viherkesannoinnin edistäminen on myös suhteellisen kallis juuri menetetyn tuotannon vuoksi. Suuri ero yhteiskunnallisten ja yksityisten kustannusten välillä johtuu ennen muuta CAP-tuista, jotka muodostavat keskeisen osan viljelijöiden tuloista. Korkeat kustannukset laskevat toimien sosiaalista hyväksyttävyyttä.

Kuvaan 2 on koottu maatalouden periaatteessa toteuttamiskelpoiset päästövähennyskeinot niiden edullisuusjärjestyksessä. Metsitys päästöjen vähennyskeinona on jätetty kuvasta pois. Jotta se olisi viljelijälle kannattavaa, maataloustukijärjestelmää olisi muutettava merkittävästi, koska metsitetty pinta-ala luetaan metsämaaksi, joka ei saa EU:n maataloustukia. Toimenpide ei siis ole toteuttamiskelpoinen ilman EU:n CAP-politiikan merkittävää muutosta. Biokaasutukselle on esitetty kustannus kahdella korkotasolla, näistä 5 prosentin taso on uskottavampi biokaasutukseen liittyvien epävarmuuksien vuoksi. Kustannusero 5 ja 3 prosentin välillä havainnollistaa samalla kuinka herkkyysanalyysi kustannustekijöiden suhteen toimii: kustannusten taso nousee tai laskee.



Kuva 2. Maatalouden toteuttamiskelpoiset päästövähennyskeinot

Tarkastelussa käytetyillä hehtaarimäärillä (100 000 ha ja 2500 ha vältettyä pellon raivausta) kumulatiiviseksi päästövähennykseksi tulisi noin 600 000 CO₂-ekvivalenttitonnia. Kuvassa kunkin keinojen vähennyspotentiaalinen herkkyystarkastelu muuttaa toimenpiteen tehoa ja kumulatiivista päästövähennystä. Kustannustasojen herkkyystarkastelu puolestaan voi muuttaa edullisuusjärjestystä ja muuttaa aina kumulatiivisia kustannuksia.

Ohjauskeinot. Jotta viljelijä ottaisi päästövähennystoimenpiteitä käyttöön, tarvitaan ohjauskeinoja. Ilmastopaneelin raportissa 4/2014 arvioidaan mahdollisten ohjauskeinojen luonnetta ja suuruutta. Pellonraivaukselle voitaisiin asettaa ilmastohaittaa vastaava raivausvero, 285 €/ha noin 10 vuoden ajalle. Myös raivauskielto olisi mahdollinen, mutta tällöin tuottavtkaan tilat eivät voisi raivata uutta peltoa. Vaikka vero laskee raivauksen kannattavuutta, se ei kieltäisi sitä laajenevilta tuottoisilta tiloilta. Biokaasun tuotannon lisääminen vaatisi noin 30 % investointituen 5 %:n korkotasolla. Viherkesannon tapauksessa kyseeseen tulisi tuki ja riittävän pitkä sopimuskausi, sillä takaisin aktiiviviljelyyn siirtyvässä pellossa maahan sitoutunut hiili palaa nopeasti takaisin ilmakehään. Tuen määrästä ei tällä hetkellä ole tutkimustietoa.

Sosiaalinen hyväksyttävyyys. Ilman maataloustukien rakenteellista muutosta viljelijöillä tuskin on halua ja kannustimia edistää hiilen laajamittaista sidontaa. Biokaasutus on reaalinen vaihtoehto osalle tiloista, mikäli investointeihin saatava tuki on riittävä ja tuotettavalla biokaasulla on hyvä korvaussuhde.

Pientalojen lämmitys

Ennustetut päästöt. Suomessa on 190 000 öljylämmitteistä pientaloa. Jos keskimääräinen öljyn kulutus on 3000 litraa vuodessa, niin päästöt ovat noin 1,2 miljoonaa tonnia. Päästöjen vähennyspotentiaali pientaloissa on siis merkittävä. Ainakin osa lämmitysjärjestelmistä on jo ikääntymässä, joten osalle järjestelmän uusiminen on ajankohtaista. Oletettavasti investoinnit tehdään muihin lämmitysmuotoihin kuin öljylämmitykseen. Öljylämmityksen osuus laski vuodesta 1991 vuoteen 2012 15 %. Jos lasku on sama seuraavan 20 vuoden aikana, pientalojen ennustetut päästöt vuonna 2030 ovat 1,01 miljoonaa tonnia, ellei energiatehokkuudessa tapahdu paranemista. (Energia- ja ilmastostrategiassa pohditaan tarkemmin kiinteistöjen energiankäyttöön liittyviä asioita.)

Vähennystoimenpiteet. Toimenpiteeksi valitaan investointi uuteen lämmitysjärjestelmään, joka on maalämpö. Maalämpö edellyttää investointia (20 000 €) ja jonkin verran sähkön käyttöä lämmön tuottamiseen maaperään varastoituneesta auringon lämmöstä, mutta samalla öljy korvautuu kokonaan. Vaihtoehtoisena toimenpiteenä tarkastellaan sitä, että investointia ei tehdä, mutta polttoöljylle asetetaan biokomponentin sekoitussuhdevaatimus. Tällä hetkellä biokomponenttina on ollut 2 prosenttia, mutta se voitaisiin nostaa 15 prosenttiin. Tämän toimenpiteen tarkoituksena on tarjota lähinnä vertailuvaihtoehto investoinnille, sillä tyhjentyvillä maaseutualueilla ikääntyvä väestö tuskin tekee uusia investointeja lämmitysjärjestelmään. (Muita vaihtoehtoja olisi rinnakkaisjärjestelmän luominen esimerkiksi puun tai aurinkokeräimien avulla.) Tarkempien tietojen puuttuessa biokomponentin oletetaan kasvattavan polttoöljyn kustannuksia 10 prosenttia. Oletuksen mukaan 50 % pientaloista vaihtaa lämmitysjärjestelmää ja lopuille 50 % öljy-yhtiöt toimittavat öljyä, jossa on pakollisena 15 prosentin biokomponentti.

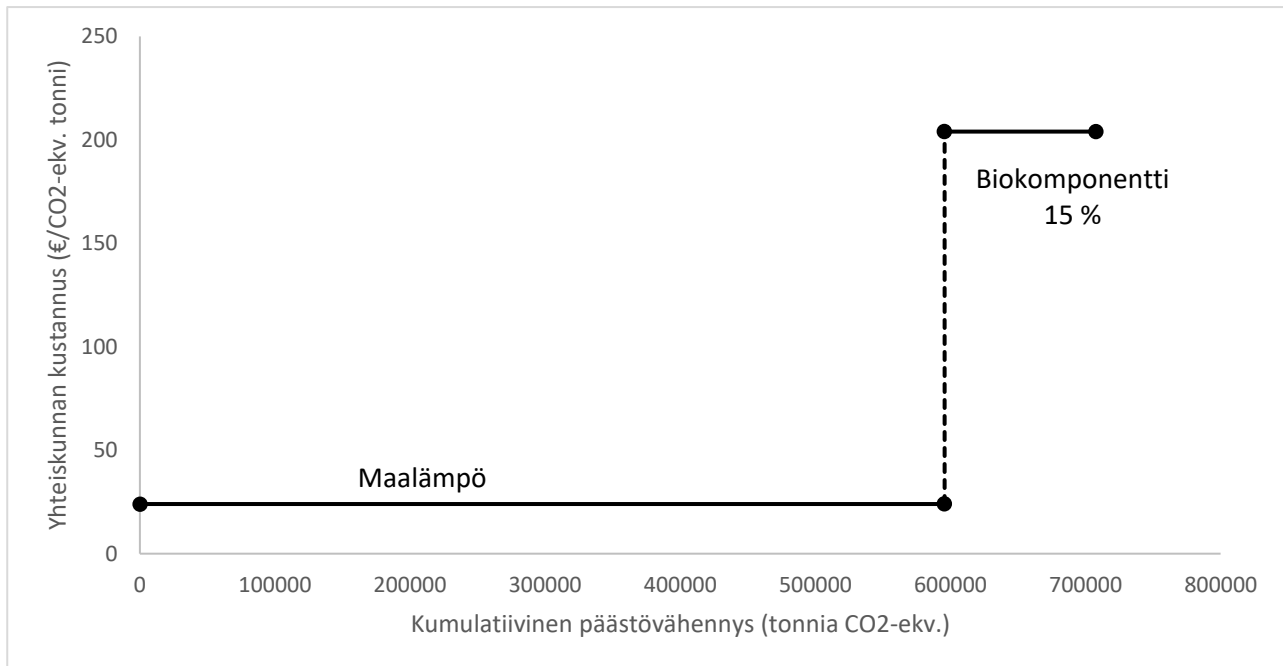
Taulukko 3 esittää kummankin toimenpiteen päästöjen vähennykset sekä yhteiskunnalliset ja yksityiset vuotuiset kustannukset. Lämmitysjärjestelmän suhteen kustannukset ilmaistaan nykyarvoisina vuotuisina kustannuksina vähennettyä CO₂-ekvivalenttitonnia kohden. Taulukkoon 3 raportoidut kustannukset kattavat sekä investointi- että käyttökustannukset. (Laskentaperiaatteet nykyarvoisten vuotuisen kustannusten tuottamiseksi esitellään liitteessä 3.)

Taulukko 3. Pientalojen lämmityksen päästöjen vähennyskeinot ja vuotuiset kustannukset

	Päästövähennys (kg CO ₂ -ekv. taloa kohden)	Potentiaalinen päästövähennys (CO ₂ -ekv. t)	Yhteiskunnallinen kustannus (€/CO ₂ -ekv. t)	Yksityinen kustannus (€/talo)
Lämmitysjärjestelmä	6 271	595 713	24	153
Biokomponentti 15 %	1 177	111 801	204	240

Tehdyillä oletuksilla pientalojen lämmityksen päästöjen vähennyspotentiaali on noin 707 500 tonnia CO₂-päästöjä. Myös lämmitysjärjestelmän vaihtamisen yhteiskunnallinen kustannus on varsin alhainen, olettaen että vanha lämmitysjärjestelmä on tullut käyttöikänsä loppuun ja öljyn hinta on riittävän korkealla tasolla (Hast ym. 2016). Taulukon luvuille on helppo tehdä herkkyysanalyysia muuttamalla lämmitysjärjestelmää vaihtavien prosenttiosuutta, jolloin myös polttoöljyn käyttö muuttuu ja saadaan erilaisia vähennysmääriä ja kokonaiskustannuksia.

Kuva 3 havainnollistaa pientalojen (valittujen) vähennyskeinojen yksikkökustannuksia vähennettyä CO₂-tonnia kohden. Kun kuvaa 3 verrataan aiempiin kuviin 1 ja 2, nähdään että lämmitysjärjestelmän vaihtaminen kuuluu yhteiskunnallisesti kannattavimpien toimien joukkoon.



Kuva 3. Pientalojen lämmityksen päästövähennyskeinot

Ohjauskeinot. Biokomponentin lisääminen toteutuu helpoimmin sekoitussuhdevaatimuksella. Sen kustannukset kantavat kuluttajat ja budjetilliset vaikutukset ovat olemattomat. Ohjauskeinoksi, joka edistää siirtymistä maalämpöön, on tarjolla investointituki tai vaihtoehtoisesti polttoöljyn fossiilisen komponentin verotuksen merkittävä kiristäminen Ruotsin mallin tapaan. Myös informaatio-ohjaus ja neuvonta saattaisivat olla suhteellisen tehokas ohjauskeino edistämään siirtymää pois öljylämmityksestä, joskaan siitä ei ollut tutkimustietoa sovellettavaksi laskentaesimerkkiin.

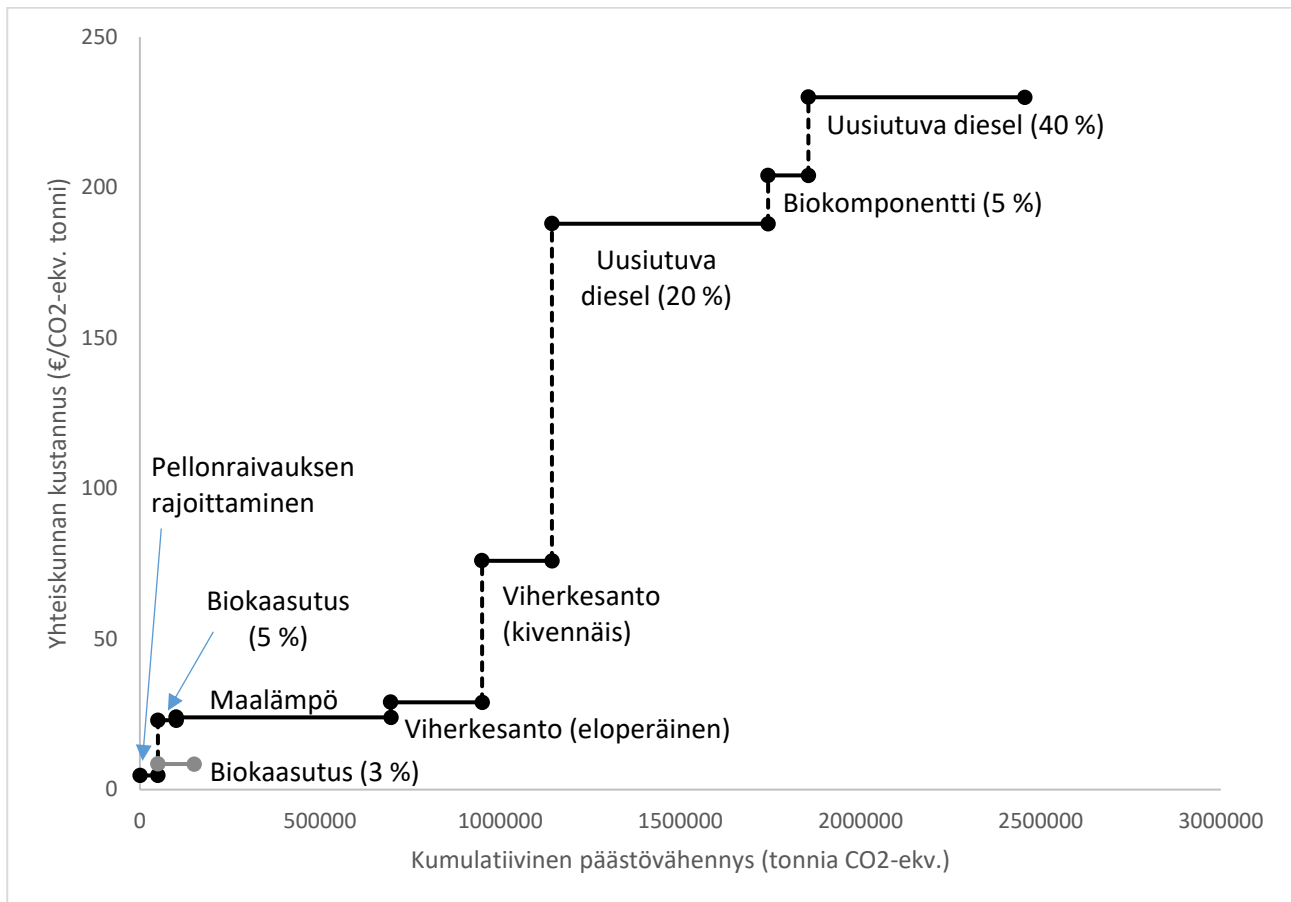
Sosiaalinen hyväksyttävyys. Polttoöljyn korkea verotus voisi kohdistua raskaana ikääntyvän väestön talouteen, sillä osalla ei ole varaa lämmitysjärjestelmän edellyttämään suureen investointiin. Tässä mielessä investointituki ja pakollinen biokomponentti ovat sosiaalisesti helpoimmin hyväksyttävissä, samoin informaatio-ohjaus.

2. Sektoreiden kokonaistarkastelu ilmasto-ohjelman muodostamiseksi

Edellä hahmotettiin toteuttamiskelpoiset toimenpiteet kullakin valitulla sektorilla tai sen osalla, mikä on tarpeen, kun ilmasto-ohjelma rakennetaan bottom up -periaatteella. Keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelmaa kootaan seuraavasti: i) lasketaan ennakoitu kokonaispäästökehitys vuoteen 2030, ii) taakanjakopäätöksen nojalla määritetään, kuinka paljon päästövähennyksiä vuoteen 2030 tarvitaan, jotta asetettu vähennysvelvoite saavutetaan, iii) listataan eri sektoreille hahmotetut toimet niiden edullisuusjärjestyksessä. Toimenpiteitä valitaan ohjelmaan, kunnes vähennystavoite saavutetaan. iv) Herkkyysanalyysin avulla tarkistetaan onko saatu järjestys robusti, vai onko sitä syytä tarkistaa.

Kuvaan 4 on koottu kaikki toimenpiteet ja ne on järjestetty edullisuusjärjestykseen toimenpiteittäin, ei sektoreittain. Jälleen kuvan pystyakseli kertoo toimenpiteiden yhteiskunnalliset kustannukset ja

vaaka-akseli kunkin toimen ja kumulatiiviset päästövähennykset. Tässä esimerkissä kokonaisvähennys nousee 2,5 miljoonaan tonniin, josta puolet tulee liikennesektorilta ja merkittävä osa pientalojen lämmitysratkaisuista. Myös maatalous kantaa pienen osan vähennyksistä. Kuvaan ei ole piirretty mukaan polttoaineveron korotusta lähinnä graafisista syistä: kustannustaso on enemmän kuin kolminkertainen kuvan muihin kustannuksiin nähden.



Kuva 4. Esimerkin mukaisen ilmasto-ohjelman päästövähennykset ja kustannukset

Nojaten kuvaan tiivistettyyn tietoon, voidaan edellisessä luvussa esimerkinomaisesti tuotettu ja kustannustehokkuusnäkökulmasta määritelty ilmasto-ohjelma tiivistää taulukkoon 4. Siinä esitetään valitut toimenpiteet ja yhteiskunnalliset kokonaiskustannukset sekä niiden aiheuttamat yksityiset kustannukset. Yhteiskunnalliset kustannukset on suhteutettu vähennettäviin CO₂-ekvivalenttipäästöihin, kun taas yksityiset kustannukset kertovat kuluttajille/kotitalouksille tulevan taloudellisen rasitteen. Liitteessä 3 esitetään yksinkertainen esimerkki siitä, kuinka reaaliset kustannukset, budjettivaikutukset ja yksityisille kuluttajille tulevat kustannukset voidaan erotella toisistaan. Kuva havainnollistaa hyvin kustannusten skaalaa. Ne voidaan myös suhteuttaa päästökaupparektorin kustannuksiin – esimerkiksi vuonna 2015 päästöoikeuksien keskimääräinen hinta (€/CO₂-ekvivalenttitonni), oli noin 7,7 €/tonni, joka hädin tuskin näkyisi kuvassa. Tämä osoittaa, että päästöjen vähentäminen on selvästi kalliimpaa päästökaupan ulkopuolella.

Taulukko 4. Ilmasto-ohjelman päätoimenpiteet, vaikuttavuus sekä kustannukset (per vuosi)

Toimenpide	Päästövähennys (t CO ₂ -ekv.)	Yhteiskunnallinen kustannus (€/CO ₂ -ekv. t)		Yksityinen kustannus (€/yksikkö)	
		yksikkök.	kokonaisk.	yksikkök.	kokonaisk.
Pellonraivauksen rajoitus	49 988	4,7	234 944	94 €/ha	235 000
Biokaasutus (5 %)	100 737	23	2 316 951	329 €/tila	2 303 000
Siirtyminen maalämpöön	595 713	24	14 297 105	153 €	14 535 000
Viherkesanto (eloperäinen)	253 333	29	7 346 657	220 €/ha	22 000 000
Viherkesanto (kivennäis)	193 800	76	14 728 800	220 €/ha	22 000 000
Uusiutuva diesel 20%	600 000	188	112 800 000	0,3 €/litra	168 000 000
Biokomponentti 15 %	111 800	204	22 807 334	240 €	22 800 000
Uusiutuva diesel 40%	600 000	230	138 000 000	0,6 €/litra	336 000 000
Yhteensä	2 455 383	-	312 531 790	-	587 873 000

Näin koottu ohjelma tuottaa arviolta 2,5 miljoonan CO₂-ekvivalenttitonnin vähennyksen päästöihin runsaan 300 miljoonan euron kustannuksella. Ilman yhteiskunnan tukia yksityinen kustannusvaikutus on noin 588 miljoonaa euroa. Mikäli maatalouden ratkaisuja ja lämmitysjärjestelmän muutosta tuetaan, yksityinen kustannus laskee noin 70 miljoonaa euroa. Tämä luku on käypä approksimaatio ohjelman budjetillisille vaikutuksille.

Kustannustarkastelua on syytä täydentää ohjauskeinojen, hyväksyttävyyden ja budjettivaikutusten tarkastelulla. Tämä on osin laadullista, osin määrällistä analyysia, jota voidaan tehdä monella tapaa. Taulukko 5 tarjoaa erään ratkaisun tarkastelun systematisoimiseen: siinä määritellään ohjauskeinot, niiden budjetilliset vaikutukset ja arvioidaan laadullisesti ohjauskeinojen sosiaalista hyväksyttävyyttä.

Taulukko 5. Ilmasto-ohjelman tuet, budjettivaikutus ja sosiaalinen hyväksyttävyys

Toimenpide	Ohjauskeino		Vaikutus budjettiin (€)	sosiaalinen hyväksyttävyys
	tyyppi	suuruus		
Pellonraivauksen rajoitus	vero	285 €/ha	+	- -
Biokaasutus (5 %)	investointituki	30 %	-	+
Siirtyminen maalämpöön	investointituki	ei tietoa	avoin	+++
Viherkesanto (eloperäinen maa)	tuki/määräys	ei tietoa	avoin	+/-
Viherkesanto (kivennäismaa)	tuki	ei tietoa	avoin	+/-
Uusiutuva diesel 20 %	sekoitusvelvoite	20 %	pieni	++
Biokomponentti 15 %	sekoitusvelvoite	15 %	pieni	++
Uusiutuva diesel 40 %	sekoitusvelvoite	40 %	pieni	++
Yhteensä				

Sosiaalista hyväksyttävyyttä luonnehditaan kolmiportaisella + ja - asteikolla: +++ tarkoittaa erittäin suurta hyväksyntää ja --- erittäin kielteistä asennetta. Merkintöjen taulukossa tulee perustua huolelliseen keskusteluun.

Huomattakoon, että taulukossa 5 sosiaalista hyväksyttävyyttä kuvataan vain hypoteettisesti, ikään kuin tiivistelmänä jo tehdystä systemaattisemmasta analyysistä, jonka johtopäätökset voidaan kuvata

kuusiportaisella asteikolla taulukon tapaan. Sosiaalisen hyväksyttävyyden piirteiden tarkempi määrittely ja analyysi on oma tehtävänsä, jonka yksityiskohtia ei käsitellä tässä liitteessä.

3. Ohjelman toimenpiteiden arviointi 2050 tavoitteiden näkökulmasta

Ohjelmaan valittavia toimia tulee myös arvioida suhteessa vuoden 2050 tavoitteeseen sekä mahdollisiin uusiin kehityskulkuihin, jotka mahdollisesti eivät ole tulleet ilmi sektorikohtaisessa herkkyytarkastelussa. Esimerkiksi on syytä arvioida, kuinka biopolttoaineiden edistäminen nyt suhteutuu uusiin tuleviin käyttövoimiin ja niiden edistämistarpeeseen jo 2030 tavoitteiden yhteydessä. Liikenteen osalta vertailuun tulevat esimerkiksi sähköön nojaavat käyttövoimat (plug in -hybridit ja sähköautot). Esimerkiksi jos arvioidaan, että sähköperusteiset käyttövoimat ja uudet palveluperusteiset liikennetarkaisut ovat vuoden 2030 jälkeen kilpailukykyiset, on syytä miettiä, kuinka korkeaksi biokomponenttien osuus kannattaa kasvattaa ja millaisia infrastruktuuri-investointeja on syytä tehdä kehityksen jouduttamiseksi sekä autokannan uusiutumisen edistämiseksi vero- ja muiden ratkaisujen avulla. Tulevien kustannusten laskenta noudattaa samoja periaatteita kuin edellä esitetty, joskin nyt harkinnan ja ennakoinnin rooli kasvaa.

Toimenpiteiden teknologisten ja taloudellisten vaikutusten rinnalla on syytä arvioida myös toimenpiteiden sosiaalista hyväksyttävyyttä. Mitä enemmän toimenpiteillä alkaa olla vaikutusta ihmisten arkielämään, sitä tärkeämpää sosiaalisen hyväksyttävyyden arvioiminen on erityisesti sen kannalta, mihin ryhmiin vaikutukset ovat suurimmat ja mitä sosiaaliseen tasa-arvoon liittyviä vaikutuksia näihin kenties liittyy. Tällaisten arviointien tekemiseen tarvitaan myös perustietoa, joka ei välttämättä ole saatavilla ilman uuden perustiedon keruuta. Tietopohjaa voidaan kartuttaa esimerkiksi kyselytutkimuksin.

4. Ohjelman kokonaistaloudellisten vaikutusten arviointi

Kun ohjelma on pääpiirteissään koottu, voidaan sen mukaisia toimia analysoida *kokonaistaloudellisen mallin* avulla. Mallissa voidaan arvioida esimerkiksi kuinka investointi biopolttoaineisiin suhteutuu esimerkiksi niiden tuontiin investointien sijaan. Mikäli valittavina on keskenään suhteellisen samanarvoisia toimia, niiden vertailu sujuu parhaiten tällaisella mallilla. Malli antaa mahdollisuuden katsoa, kuinka ohjelma toimii yhdessä kaavailtujen energiapolitiittisten toimien kanssa. Samoin voidaan arvioida vaihtoehtoisten ohjauskeinojen (tuki/vero versus määräykset) vaikutus valtiontalouden tasapainoon. Ilmasto-ohjelman työllisyysvaikutukset sekä eri toimialojen rakenteelliseen kehitykseen liittyvät seikat on viisainta arvioida kokonaistaloudellisen mallin avulla. Erikseen on syytä pohtia – myös sosiaalisen kestäväyyden näkökulmasta – onko tarpeen kohdistaa toimia ilmastopolitiikan vuoksi taantuvien alojen työntekijöille.

Liite 3

1. Yhteiskunnallinen reaalikustannus

Yhteiskunnallisten reaalikustannusten käsite soveltuu julkisen vallan käyttöön, kun tehtävänä on suorittaa vaihtoehtoisten toimenpiteiden laajamittaista edullisuusvertailua ja toimivien ohjauskeinojen etsintää. Termi *reaalikustannukset* viittaa siihen, että verojen ja maksujen kaltaiset siirtosummat talouden toimijoiden ja yhteiskunnan välillä kumoavat toisensa (valtion saama verotulo on yksityisen toimijan kustannus) ja vain toiminnan todelliset kustannukset otetaan huomioon. Näin kaikkia toimia voidaan verrata riippumatta niihin kohdistuvista, muista syistä tuoduista vero- ja maksurasituksista. Sana *yhteiskunnallinen* puolestaan viittaa siihen, että laskelmissa pyritään ottamaan huomioon kaikki relevantit kustannukset, kuten esimerkiksi ulkoishaitat ja -hyödyt, vaikka niillä ei olekaan markkinoiden tuottamaa hintaa. Esimerkiksi öljyn ja kivihiilen polton vähenemisestä aiheutuvat terveysvaikutukset tulee ottaa mukaan laskelmiin ns. sivuhyötyinä, mikäli tietopohja riittää terveysvaikutusten määrittämiseen ja arvottamiseen.

Havainnollistava esimerkki yhteiskunnallisten reaalikustannusten määrittelystä

Seuraavassa esitetään käsitteellinen esimerkki diesel-polttonesteeseen liittyen. Olkoon diesel-polttonesteen verollinen hinta P litralta. Oletetaan, että litrassa diesel-polttoainetta on uusiutuvaa dieseliä osuus α ja osuus $1-\alpha$ on fossiilista dieseliä. Olkoon fossiilisen dieselin tuotantokustannus c_1 litralta ja uusiutuvan c_2 . Kustannuksille pätee, että $c_1 < c_2$. Merkitään fossiiliselle polttoaineelle asetettua hiilisisällön mukaan määräytyvää veroa symbolilla t_1 ja uusiutuvalle asetettua veroa t_2 . Oletetaan lisäksi, että kilpailu on ankaraa, jolloin hintaan ei sisälly systemaattista voittoa jakelijalle. Tällöin dieselin hinta voidaan ilmoittaa osuuksien, tuotantokustannusten ja verojen avulla seuraavasti:

$$P = \alpha(1+t_1)c_1 + (1-\alpha)(1+t_2)c_2 \quad (1)$$

Tästä kuluttajan maksamasta hinnasta polttoaineen myyjä tilittää valtiolle verotuloa (merkitään T :llä) summan

$$T = \alpha t_1 c_1 + (1-\alpha)t_2 c_2. \quad (2)$$

Veromaksut T on siirtosumma kuluttajilta valtiolle, eikä kerro yhteiskunnalle, kuinka kallista tai halpaa dieselin tuottaminen on. Sen sijaan asettamalla vero nolaksi yhtälössä (1) saadaan dieselin tuottamisen reaalikustannus RC :

$$RC = \alpha c_1 + (1-\alpha)c_2. \quad (3)$$

Reaalikustannus kertoo, paljonko kuluttaja on maksanut korvauksena diesel-polttonesteen tuottamisesta dieselpumpulle litraa kohden.

Fossiilinen diesel aiheuttaa CO-päästöjä. Merkitään yhdestä fossiilisesta diesel-litrasta tulevaa kasvihuonekaasupäästöjen määrää symbolilla E . Tällöin fossiiliset päästöt yhdestä diesel-litrasta sekoitussuhteen oloissa ovat $(1-\alpha)E$, kun uusiutuvan dieselin päästöt eivät ole ilmastopolitiikan piirissä. Merkitään symbolilla Z fossiilisesta dieselistä koituvia rikkipäästöjä silloin, kun koko litra

on fossiilista polttoainetta. Kun fossiilisen dieselin osuus myytävässä dieselissä on tasolla $(1-\alpha)$, ovat rikkipäästöt $(1-\alpha)Z$. Oletetaan, että rikkipäästöjen terveystaikutuksista on riittävästi tietoa, jotta niitä voidaan kuvata DALY-mitalla H . Olkoon β haittapainotetun elinvuoden rahallinen arvo, joka voidaan johtaa arvottamistutkimusten avulla. Tällöin tämä terveystaikutus voidaan ilmaista $\beta H((1-\alpha)Z)$. Terveystaikutus siitä, että vaaditaan osuus α uusiutuvaa dieseliä, on $\phi = \beta(H(Z) - H((1-\alpha)Z))$.

Oletetaan nyt, että sekoitussuhde on alun perin 10 prosenttia ja se nostetaan 20 prosenttiin, mutta sekä fossiilisen että uusiutuvan dieselin tuotantokustannus säilyy ennallaan. Oletetaan yksinkertaisuuden vuoksi, että yksi yksikkö uusiutuvaa dieseliä korvaa yhden yksikön fossiilista dieseliä, vaikka todellisuudessa uusiutuvaa tarvitaan hieman enemmän. Mikä on nyt yhteiskunnallinen reaalkustannus päästöjen vähentämisestä?

Päästöt vähenevät määrällä $0.9E - 0.8E = 0.1E$. Dieselin litrahinta pumpulla oli alun perin $P = 0.1(1+t_1)c_1 + 0.9(1+t_2)c_2$, mutta se nousee nyt tasolle $P' = 0.2(1+t_1)c_1 + 0.8(1+t_2)c_2$. Dieselin litrahintojen erotus pumpulla voidaan kirjoittaa seuraavasti:

$$P' - P = 0.2(1+t_1)c_1 + 0.8(1+t_2)c_2 - (0.1(1+t_1)c_1 + 0.9(1+t_2)c_2).$$

Tästä saadaan erotukseksi

$$P' - P = 0.1(1+t_1)c_1 - 0.1(1+t_2)c_2 > 0 \quad (4)$$

Myytävän dieselin litrahinta nousee, koska uusiutuvan dieselin tuotantokustannus on korkeampi kuin fossiilisen, vaikka uusiutuvien dieselin verotus onkin hieman alhaisempi. Reaalkustannus litraa kohden sekoitussuhteen nostamisesta on $RC = 0.1c_1 - 0.1c_2 > 0$. Kun tämä kustannus jaetaan CO_2 -päästöjen vähennyksellä (ilmaistuna tonneissa), saadaan yhteiskunnallinen reaalkustannus vähennettyä hiilidioksiditonnia kohden

$$RC / CO_2t = (0.1c_1 - 0.1c_2) / 0.1E > 0 \quad (5)$$

Otetaan vielä huomioon, että fossiilisen dieselin osuuden lasku vähentää rikkidioksidipäästöjä ja tuo sen myötä terveystaikutusta. Tämä laskee fossiilisen dieselin vähentämisen yhteiskunnallisia kustannuksia ja yhtälö (5) voidaan kirjoittaa

$$RC / CO_2t = (0.1c_1 - 0.1c_2) / 0.1E - \phi / 0.1E \quad (6)$$

Kustannus on edelleen uskottavasti positiivinen, mutta alhaisempi kuin yhtälössä (5).

Budjetillinen vaikutus uusiutuvan dieselin osuuden kasvattamisesta saadaan uuden verotulon T' ja alkuperäisen verotulon erotuksena: muutoksesta $T' - T = (0.2t_1c_1 + 0.8t_2c_2) - (0.1t_1c_1 + 0.9t_2c_2)$, mistä saadaan erotukseksi

$$T' - T = 0.1t_1c_1 - 0.1t_2c_2 < 0, \quad (7)$$

eli verotulot laskevat per diesel-litra, koska uusiutuvan dieselin veroaste on alhaisempi.

2. Kuinka määrittää kustannukset ilmastotoimesta, johon sisältyy sekä investointi- että vuotuisia käyttökustannuksia: esimerkkilaskelma pientalojen lämmitys

Pientalojen lämmitystä koskevassa esimerkkilaskelmassa verrattiin toisiinsa öljylämmitystä ja maalämpöä ilmasto vaikutuksen näkökulmasta. Tehtävänä oli laskea, mikä on kustannus euroa per CO₂-tonni, kun siirrytään öljylämmityksestä maalämpöön. Sekä öljyn että maalämmön käyttöön liittyy järjestelmän luomisen investointikustannus ja vuotuiset juoksevat kustannukset. Näiden avulla voidaan laskea vuotuinen keskimääräinen nykyarvoinen kustannus CO₂-tonnia kohden, jolloin vertailukelpoisuus muiden päästövähennystoimien kanssa säilyy.

Vuotuinen keskimääräinen nykyarvoinen kustannus investoinnista saadaan jakamalla investointikustannus niin sanotulla annuiteettitekijällä. Annuiteettitekijä muuntaa nyt maksettavan investoinnin vuotuiseksi pääoma- ja korkokustannukseksi investoinnin keston ajalle. Annuiteetin kaavan voi esittää usealla keskenään yhteensopivalla tavalla, tässä on käytetty seuraavaa

$$\text{Annuiteettitekijä} = \frac{(1 - (1 + \frac{\text{korko}}{100})^{-\text{(investoinnin ikä)}})}{\frac{\text{korko}}{100}}.$$

Kun tähän kustannukseen lisätään vuotuinen juokseva kustannus ja saatu kustannus suhteutetaan päästöihin, saadaan haluttu kustannus. Seuraavassa käydään yksityiskohtaisesti lävitse, kuinka arvio laskettiin liitteen 2 taulukkoon 3 ja kuvaan 3. Laskennassa käytetyt lähtötiedot on raportoitu tämän liitteen taulukkoon 1.

Lähtökohdaksi otetaan pientalo, joka ottaa käyttöön öljylämmityksen. Investointikustannuksena on käytetty 8000 €, joka maksetaan heti (tai jonka maksamiseksi otetaan laina). Vuotuinen keskimääräinen nykyarvoinen kustannus investoinnista saadaan jakamalla investointikustannus annuiteettitekijällä, kun korkotasoksi asetetaan 4 % ja pitoajaksi oletetaan 20 vuotta. Kustannukseksi tulee 589 euroa vuosittain. Öljylämmityksen vuotuinen juokseva kustannus saadaan kertomalla öljyn vuotuinen kulutus (3000 l) öljyn hinnalla (0,8 €/l), jolloin saadaan 2400 euroa. Vuotuinen, yksityinen kokonaiskustannus on siis noin 2989 €/pientalo.

Vaihtoehtona tarkastellaan maalämmitykseen investoivaa pientaloa, jolloin investointikustannus on 24 000 €. Vuotuinen investointikustannus on jälleen investointikustannus jaettuna annuiteettitekijällä, jolloin saadaan 2959 euroa. Kustannuksesta vähennetään oletettu säästö sähkölaskussa (181 €/kk). Maalämpöön tulee tehdä osittaisinvestointi 10 vuoden päästä ja tällä investoinnilla eliniän oletetaan olevan toiset 10 vuotta. Näin öljylämmityksen ja maalämmityksen investoinnit saadaan kestoaltaan yhtä pitkiksi ja niitä voidaan verrata suoraan toisiinsa.

Maalämmön investointi 10 vuoden päästä on 10 000 € ja siitä saadaan vuotuinen investointikustannus, 1233 euroa, jakamalla se annuiteettitekijällä. Tästä luvusta vähennetään oletettu säästö sähkölaskussa (181 €/kk) ja saatu luku tulee vielä diskontata nykypäivään, jotta sitä voidaan vertailla aiempiin kustannuksiin. Luku siis kerrotaan termillä $(1 + \frac{\text{korko}}{100})^{-10}$. Vuotuisesti, yksityiseksi kokonaiskustannukseksi 20 vuoden ajalle tulee siten noin 153 €.

Öljylämmityksen vuotuiset päästöt lasketaan seuraavasti: $3000(l) * \frac{10,02}{1000} \left(\frac{MWh}{l}\right) * 261 \left(kg \frac{CO_2}{MWh}\right) = 7846 kg CO_2$

Maalämmön vuotuiset päästöt lasketaan seuraavasti: $\frac{7500}{1000} (kWh) * 210 \left(kg \frac{CO_2}{MWh}\right) = 1575 kg CO_2$

Vuotuinen päästövähennys maalämpöön siirryttäessä: $7846 - 1575 = 6271 kg CO_2$.

Yhteiskunnallinen kustannus maalämpöön siirtymisestä saadaan jakamalla yksityinen kustannus päästövähennyksellä: $\frac{153 (\text{€})}{6,271 (t CO_2)} = 24 \frac{\text{€}}{t CO_2}$

Päästövähennyksen kokonaismäärä saadaan kertomalla vuotuinen päästövähennys maalämpöön siirtyvien talojen määrällä (oletuksen mukaan 95 000 kpl), yhteiskunnallinen kokonaiskustannus kertomalla yhteiskunnallinen kustannus päästövähennyksen kokonaismäärällä ja yksityinen kokonaiskustannus kertomalla yksityinen kustannus pientalojen määrällä.

Öljylämmityksen kustannukset biokomponentin noustessa 15 %:iin muuttuvat ainoastaan öljyn hinnan kautta (uusi hinta 0,88 €/l). Investointikustannus pysyy samana, mutta vuotuinen juokseva kustannus nousee. Vuotuinen kokonaiskustannus on siis 3229 € eli yksityinen kustannus nousee noin 240 €/pientalo. Vuotuisten päästöjen oletetaan olevan 85 % öljylämmityksen perustapauksen päästöistä, eli noin 6669 kg CO₂. Päästövähennyksen yhteiskunnallinen kustannus on $\frac{240 (\text{€})}{6,669 (t CO_2)} = 204 \text{ €}$.

Taulukko 1. Pientalojen lämmityksen laskennassa käytetyt lukuarvot

Parametri	Arvo	Yksikkö
Öljylämmitys		
Öljyn kulutus	3 000	l/vuosi
Keuyen polttoöljyn lämpöarvo	10,02	kWh/l
Keuyen polttoöljyn päästökerroin	261	kg CO ₂ /MWh
Investointikustannus	8 000	€
Investoinnin ikä	20	vuotta
Korko	4	%
Öljyn hinta	0,8	€/l
Biokomponentti 15 %		
Öljyn hinta	0,88	€/l
Öljylämmityksen päästöt	85	% perustapauksesta
Maalämpö		
Investointikustannus alussa	24 000	€ (kesto 10 vuotta)
Investointikustannus 10 vuoden päästä	10 000	€ (kesto 10 vuotta)
Säästö sähkölaskuun lämmityskuluissa	181	€/kk
Sähkön päästökerroin	210	kg CO ₂ /MWh
Sähkön kokonaiskulutus	7 500	kWh/vuosi

Lähteet

GAF 2013. MTT; Regina K & al., Metla; Sievänen R & al., SYKE; Liski J & al., Ilmatieteen laitos; Jylhä K & al. Maa- ja metsätalouden sekä muun maankäytön kasvihuonekaasupäästöskenaariot. 2013.

Hast A, Ekholm T, ja Syri S. 2016. What is needed to phase out residential oil heating in Finnish single-family houses? **Sustainable Cities and Society** 22, 49-62

Liimatainen H., Nykänen L, Rantala, T, Rehunen A, Ristimäki, M, Strandel, A., Seppälä, J. Kytö M, Puroila S, ja Ollikainen M. 2015. Tarve, tottumukset ja tekniikka - ilmastonmuutoksen hillinnän toimenpiteet ja kustannukset liikenteessä. **Ilmastopaneelin raportti 2/2015**.

MMM. 2014. Maatalouden ilmasto-ohjelma - Askeleita kohti ilmastoystävällistä ruokaa. URL: <http://mmm.fi/documents/1410837/1516647/Maatalouden+ilmasto-ohjelma+-Askeleita+kohti+ilmastoyst%C3%A4v%C3%A4llist%C3%A4+ruokaa/931a3d27-382f-4a7a-a4fa-30bb8622f302>.

Nylund N-O, Tamminen S, Sipilä K, Laurikko J, Sipilä E, Mäkelä K, Hannula I, Honkatukia J. 2015. Tieliikenteen 40 %:n hiilidioksidipäästöjen vähentäminen vuoteen 2030: Käyttövoimavaihtoehdot ja niiden kansantaloudelliset vaikutukset. VTT Tutkimusraportti, VTT-R-00752-15

Ollikainen M., M. Järvelä, P. Peltonen-Sainio, J. Grönroos, S. Lötjönen, T. Kortetmäki, R. Regina, K. Hakala, T. Palosuo 2014. Ympäristöllisesti ja sosiaalisesti kestävä ilmastopoliittikka maataloudessa. **Suomen ilmastopaneeli Raportti 1/2014**.

Puroila S. 2016. Tieliikenteen CO₂-päästöjen vähentäminen Suomessa. **Helsingin yliopisto, Pro Gradu-tutkielma**.

Tilastokeskus. 2013. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2011. Katsauksia 2013/1. URL: http://tilastokeskus.fi/tup/khkinv/suominir_2013.pdf.

Lukuohje keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelman menetelmäkehikoon

Ilmastopaneelin menetelmäkehikko ilmasto-ohjelman luomiseksi hahmottaa niitä keskeisiä periaatteita, joita hyvin laaditun ohjelman tulisi sisältää. Ehdotettu kehikko on luonteeltaan yleinen. Sen lähtökohta on ilmastotoimien kustannustehokas suunnittelu siten, että tarvittava päästöjen vähennystavoite saavutetaan mahdollisimman edullisesti. Kustannustehokkuuden periaatetta tulee täydentää ja tarkistaa ottamalla huomioon myös muita periaatteita, kuten ilmastotoimien muut ympäristölliset ja terveysvaikutukset, sosiaalinen hyväksyttävyyys ja budjettivaikutukset.

Menetelmäkehikon teknisin osa on ilmastotoimien kustannustehokas valinta. Kustannustehokkaan toimenpideohjelman tuottaminen edellyttää kykyä määrittää toimet, niillä saatavat päästövähennykset ja niistä koituvat kustannukset. Kuinka tämä tehdään konkreettisesti, sitä havainnollistetaan menetelmäkehikon liitteessä. Siihen on valittu toimia kolmelta sektorilta. Toimenpide-esimerkeiksi on valittu toimia, joista on saatavissa riittävästi tietoa laskentaa varten. Toimet on valittu myös kahden pedagogisen kriteerin mukaan:

- voidaan tuottaa monipuolisia laskentaesimerkkejä
- toimien edistämiseen voidaan soveltaa useita vaihtoehtoisia ilmastopolitiikan ohjauskeinoja

Liitteeseen valitut toimet eivät edusta ilmastopaneelin kantaa siitä, mitä toimia ilmasto-ohjelmaan tulee valita. Valittujen toimien tehtävänä on ainoastaan opastaa kustannustehokkaan ohjelman laatimiseen. Keskipitkän aikavälin ilmasto-ohjelman laatiminen edellyttää huolellisesti tuotettuja lähtötietoja, kaikkien sektoreiden tarkastelua ja niille kohdennettua kustannuslaskentaa.

Liitteessä selvennetään lyhyesti myös niitä kohtia, joissa muut menetelmäkehikon kriteerit astuvat kuvaan. Koko ohjelmaesityksen kansantaloudellisia ja työllisyysvaikutuksia tulee arvioida kokonaistaloudellisen mallin avulla. Sosiaalisen kestävyuden piirteitä tulee tarkastella lähtien toimien ja ohjauskeinojen hyväksyttävyydestä, vaikutuksista työllisyyteen ja toimialojen rakenteeseen aina kansalaisten vaikutusmahdollisuuksiin saakka. Ohjelman toteuttamiskelpoisuuteen liittyy myös useita hallinnollisia ja poliittiseen käytäntöön liittyviä seikkoja, joita on myös arvioitava erikseen. Näillä seikoilla on vaikutusta toimien valintaa.