

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LUT School of Energy Systems

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö

**KOMPENSAATIOMAHDOLLISUUKSIEN KÄYTTÖ  
OMAN TOIMINNAN HIILIJALANJÄLJEN  
NEUTRALOINNISSA**

**Neutralizing individual's carbon footprint by using carbon  
offsets**

Työn tarkastaja: Professori, KTT Lassi Linnanen  
Työn ohjaaja: Apulaisprofessori, TkT Ville Uusitalo

Lappeenrannassa 26.6.2018  
Vilma Halonen

# TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

LUT School of Energy Systems

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Vilma Halonen

## **Kompensaatiomahdollisuuksien käyttö oman toiminnan hiilijalanjäljen neutra- loinnissa**

Kandidaatintyö

2018

36 sivua, 3 taulukkoa ja 3 kuvaa

Tarkastaja: Professori, KTT Lassi Linnanen

Ohjaaja: Apulaisprofessori, TkT Ville Uusitalo

Hakusanat: kompensatio, hiilijalanjälki, neutralisointi

Keywords: carbon offset, carbon footprint, neutralizing

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, miten yksilö voi saavuttaa hiilineutraaliuden kompensoimalla omia kasviuonekaasupäästöjään, minkälaisia kompensatioratkaisuja on olemassa ja mitkä ovat kompensoinnin kustannukset. Aiheen ymmärtämiseksi selvitetään ensin taustalla vaikuttavaa tarvetta hillitä ilmastonmuutosta hiilineutraalisuutta tavoittelemalla. Yksittäinen kuluttaja voi saavuttaa hiilineutraaliuden mittaamalla, vähentämällä ja kompensoimalla omat kasviuonekaasupäästöt. Kuluttajat voivat ostaa päästökompensatioita vapaaehtoisilta päästömarkkinoilta. Päästöt kompensoidaan hiilen sidontaan liittyvien, uusiutuvan energiantuotantoa lisäävien, energiatehokkuutta parantavien ja kasviuonekaasupäästöjä vähentävien hankkeiden avulla. Päästökompensatioiden avulla ei poisteta syntyneitä päästöjä, vaan niiden avulla mahdollistetaan ilmastonmuutosta hillitsevien projektien toiminta jossain muualla. Päästövähennyksyksiköiden hinnat vaihtelevat riippuen kompensatioratkaisun tyypistä, sen sijainnista, tarkasteltavasta ajankohdasta ja standardista, jolla hanke todennetaan. Tällä hetkellä päästöjen kompensoinnin maksut eivät ole suomalaiselle taloudellisesti merkittäviä. Ennen yksilön päästöjen kompensointia hiilijalanjälkeä on pienennettävä elintapoja muuttamalla. Yksilön hiilineutraaliuden tavoittelulla voidaan saavuttaa merkittäviä kasviuonekaasupäästövähennyksiä, sillä kotitalouksien kulutuksesta muodostuu suurin osa koko maailman kasviuonekaasupäästöistä.

# SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO .....	2
1 JOHDANTO.....	3
2 ILMASTONMUUTOS .....	5
2.1 Ilmastonmuutoksen hillintä .....	5
2.2 Hiilen sidonta osana ilmastonmuutoksen hillintää .....	7
3 KOMPENSAATIOMAHDOLLISUUDET KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN NEUTRALOINNISSA .....	9
3.1 Vapaaehtoisten päästömarkkinoiden kompensatiomenetelmät .....	10
3.1.1 Biologisen sidonnan hankkeet.....	13
3.1.2 Uusiutuvan energian hankkeet .....	14
3.1.3 Energiatohokkuutta lisäävät hankkeet .....	15
3.1.4 Muiden kasvihuonekaasujen vähentämishankkeet.....	16
3.2 Yhteenveto kompensatiomenetelmistä .....	17
4 CASE: SUOMALAISEN KESKIMÄÄRÄISTEN VUOSIPÄÄSTÖJEN NEUTRALOINTI .....	20
4.1 Hiilijalanjäljen pienentäminen päästöjä vähentämällä .....	20
4.2 Hiilineutraaliuden saavuttaminen kompensatiomenetelmillä .....	24
4.3 Yhteenveto case-tarkastelusta.....	26
5 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	28
6 YHTEENVETO .....	30
LÄHDELUETTELO .....	32

## LYHENNELUETTELO

CDM	Clean Development Mechanism
CO <sub>2</sub> e	Hiilidioksidiekvivalentti
EU	Euroopan unioni
GS	Gold Standard
GWP	Global Warming Potential
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JI	Joint Implementation
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Degradation
t	tonni
VCS	Verified Carbon Standard
YK	Yhdistyneet kansakunnat

## 1 JOHDANTO

Ilmastonmuutoksen pysäyttäminen on nykypäivänä hyvin haastavaa, mutta ilmastonmuutosta on mahdollista hillitä. Tärkein ilmastonmuutoksen hillintäkeino on kasvihuonekaasupäästöjen minimointi, jotta voidaan pysäyttää kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kasvu ilmakehässä. (Ilmasto-opas 2018a.) Suomen kasvihuonekaasupäästöistä 68 % muodostuu kotitalouksien kulutuksesta, joten yksittäisen kuluttajan rooli on tärkeä ilmastonmuutoksen hillinnässä (Nissinen & Salo 2017, 3).

Yksilön omaa hiilijalanjälkeä pystytään entistä helpommin mittaamaan erilaisilla laskureilla. Nämä laskurit mittaavat usein kuluttajan asumisesta, jätteistä, liikkumistavoista ja ravinnosta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Laskureiden avulla voidaan arvioida, miten eri osa-alueet omassa kulutuksessa vaikuttavat omaan hiilijalanjälkeen. (Airaksinen et al. 2014a, 6.) Näiden tietojen avulla on mahdollista vähentää omia kasvihuonekaasupäästöjä ja tunnistaa merkittävimpiä hiilijalanjälkeen vaikuttavia tekijöitä. Kaikkia päästöjä ei kuitenkaan ole mahdollista poistaa, jolloin omia kasvihuonekaasupäästöjä on mahdollista neutralisoida kompensoimalla. Päästöjen kompensointi tarkoittaa rahallista hyvitystä, jonka voi vapaaehtoisesti maksaa tuottamistaan päästöistä. Hyvityksen voi maksaa yritys tai yksityishenkilö. Kompensaatiosta saatavilla varoilla mahdollistetaan kasvihuonekaasupäästöjä vähentävät projektit, kuten hiilinielujen lisäys istuttamalla puita. (Kuitunen & Ollikainen 2014, 107.) Suomessa kompensointimahdollisuudet tunnetaan vielä heikosti, koska kotimaisia päästövähennyskohteita on vähän. Aihe on kuitenkin tärkeä, sillä yksilön kulutusvalinnoilla ja kompensoinnin lisäämisellä on mahdollista vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. (Airaksinen et al. 2014a, 13.)

Tässä kandidaatintyössä tutkitaan päästökompensaatiomahdollisuuksien käyttöä yksilön hiilijalanjäljen neutraloinnissa. Työn tavoitteena on selvittää, miten yksityishenkilö voi saavuttaa hiilineutraaliuden kompensoimalla omia kasvihuonekaasupäästöjään. Työn keskeisimmät tutkimuskysymykset ovat, minkälaisia kompensointimahdollisuuksia on olemassa ja, mitkä ovat kompensoinnin kustannukset. Tutkimuskysymysten

avulla voidaan pohtia, kannattaako yksityishenkilön vähentää kasvihuonekaasupäästöjään muuttamalla elintapojaan vai keskittyä vain neutraloimaan omat kasvihuonekaasupäästöt kompensatioilla. Tutkimuskysymyksiin vastataan kirjallisuuskatsauksen ja case-tarkastelun pohjalta.

Teoriaosassa selvitetään aluksi ilmastonmuutoksen käsite, ilmastonmuutoksen hillinnän mahdollisuuksia ja tutkitaan, miten hiilen sidonnan avulla voidaan hillitä ilmastonmuutosta. Tämän jälkeen selvitetään erilaisia päästöjen kompensatiomahdollisuuksia, joita yksittäinen kuluttaja voi hyödyntää neutraloidessaan omaa hiilijalanjälkeään. Työn empiirisessä osassa lähestytään tutkimuskysymyksiä case-tarkastelun pohjalta. Case-tarkastelussa tutkitaan, kuinka paljon keskimääräinen suomalainen joutuu maksamaan, jos omat kasvihuonekaasupäästöt neutraloidaan kompensatiomenetelmien avulla. Tarkastelu suoritetaan selvittämällä suomalaisen keskimääräinen vuosittainen hiilijalanjälki ja määrä, joka hiilijalanjäljestä on mahdollista pienentää ennen neutralointia. Loput päästöistä neutraloidaan kompensatiomenetelmien avulla ja lasketaan kompensoinnin kustannukset. Näiden tietojen perusteella voidaan selvittää, kuinka paljon suomalaisen keskimääräiset kompensatiokustannukset ovat vuodessa.

## 2 ILMASTONMUUTOS

IPCC:n (2012, 557) mukaan ilmastonmuutos tarkoittaa ilmaston tilan muutosta, joka voidaan tunnistaa, kun muutokset ovat jatkuneet vuosikymmeniä tai pidempään. Ilmastonmuutos voi johtua luonnollisista ilmaston vaihteluista tai ihmistoiminnan vaikutusten seurauksena. (IPCC 2012, 557.) Nykyinen ihmiskunnan aiheuttama käynnissä oleva ilmastonmuutos johtuu kasvihuonekaasujen määrän kasvusta ilmakehässä eli voimistuneesta kasvihuoneilmästä. Tärkeimmät kasvihuonekaasut ovat vesihöyry, hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi ja otsoni. Kasvihuonekaasuista erityisesti hiilidioksidin pitoisuuden lisääntyminen ilmakehässä johtuu ihmisten toiminnasta. Jos ihmisten synnyttämät päästöt kasvavat hallitsemattomasti, voimistuva kasvihuoneilmiö nostaa maapallon keskilämpötilaa 2 – 6 astetta esiteolliseen aikaan verrattuna vuosisadan loppuun mennessä. (Ilmasto-oppas 2018b.) Ilmaston lämpeneminen vaikuttaa muun muassa sateisten ja kuivien alueiden erojen kasvuun, pohjoisten merien jääpeitteen pinta-alan pienenemiseen ja meripintojen nousuun (Ruosteenoja 2014, 23, 28–29).

Joulukuussa 2015 päätettiin Pariisin ilmastopimuksen tavoitteeksi säilyttää maapallon keskilämpötilan nousu kahdessa asteessa esiteolliseen aikaan verrattuna (Ympäristöministeriö 2017). Tähän tavoitteeseen pääseminen vaatii voimakkaita päästövähennyksiä nopeasti. Jotta ilmastonmuutosta pystytään hillitsemään ja pysytään Pariisin sopimuksen tavoitteissa, tulisi päästöjä vähentää 80 prosenttia vuoteen 2050 mennessä (Sitra 2018).

### 2.1 Ilmastonmuutoksen hillintä

Ilmastonmuutoksen hillintä tarkoittaa toimenpiteitä, joiden avulla pyritään vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä tai lisäämään hiilen sidontaa. Ilmastonmuutosta ei voi enää pysäyttää, mutta sitä on mahdollista hillitä ja hidastaa. Hillintä on mahdollista, jos toimenpiteisiin ryhdytään nopeasti. (Ilmasto.nyt 2018a.)

Hiilineutraalisuus on yksi tapa mitata ilmastonmuutoksen hillinnän toimintaa. Terminä se voi tarkoittaa tilanteesta riippuen pelkkien hiilidioksidipäästöjen tai kaikkien kasvihuonekaasupäästöjen ilmastovaikutuksia tietyllä ajanjaksolla, kun päästöt ovat yhteensä nolla. Tässä kandidaatintyössä hiilineutraalisuus määritellään terminä, jossa ihmistoiminnasta syntyneiden kaikkien kasvihuonekaasupäästöjen nettopäästöt hiilidioksidiekvivalentteina ovat nolla määrättyllä ajanjaksolla. Yleisesti hiilineutraalisuuteen liittyy päästöjen vähentämisen lisäksi jäljelle jääneiden päästöjen kompensointi eri keinoin. (Alestalo et al. 2014, 5.) Hiilineutraalisuuden saavuttamiseksi on tiedettävä, kuinka paljon päästöjä syntyy ja miten niitä saataisiin vähennettyä ja kompensoitua. Hiilineutraalisuutta voidaan tarkastella globaalilla tasolla, alueittain tai yritysten ja yksilöiden kautta sekä eri ajanjaksoilla. Usein hiilineutraalius ajatellaan tilana, jossa hiilidioksidipäästöt ovat nolla. Vaikka puhutaan hiilineutraaliudesta, voi käsite tarkoittaa myös muita kasvihuonekaasupäästöjä, kun ne ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalentteina. Tällöin voidaan myös käyttää termiä ilmaston neutraali. (Alhola & Seppälä 2014, 9–11.)

Tilastokeskuksen (2017) mukaan Suomen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2016 olivat 58,9 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Syntyvät päästöt voidaan jakaa toimialoitain energiasektoriin, teollisuusprosesseihin, maatalouteen ja jätehuoltoon. Kokonaispäästöt nousivat 6 % verrattuna vuoteen 2015. (Tilastokeskus 2017.) Kasvihuonekaasuja on mahdollista vähentää Suomessa energiatehokkuutta parantamalla, uusiutuvia energianlähteitä lisäämällä ja luonnonvarojen säästämällä (Ilmasto-opas 2018c).

Tietyillä toimialoilla päästöjen minimointi voi vähentää tai lisätä kustannuksia. Ilmasto-opaan (2018d) tutkimuksessa on visualisoitu globaalien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskeinot ja niiden tuottamat kustannukset yksikössä euroa per hiilidioksidiekvivalenttitonni (€/t CO<sub>2</sub>e). Kasvihuonekaasupäästöjen säästöpotentiaalia löytyy energian tuotannosta, liikenteestä, rakennuksista, teollisuudesta ja maa- ja metsätaloudesta. Erityisesti liikenteen ja rakennusten aiheuttamien päästöjen vähentäminen on kustannustehokasta, sillä ne vähentävät sekä kasvihuonekaasupäästöjä että kustannuksia. Energian tuotannolla on hyvä kasvihuonekaasupäästöjen säästöpotentiaali, mutta sen vähentämiskeinot aiheuttavat kustannuksia noin 200 €/t CO<sub>2</sub>e. Myös osa teollisuuden sekä maa- ja metsätalouden



päästöjen vähentämiskeinoista aiheuttavat lisäkustannuksia. (Ilmasto-opas 2018d.) Päästöjen vähentämishankkeiden lisäksi hiilinieluja lisäämällä voidaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja tavoitella hiilineutraalisuutta. Alestalo et al. (2014, 6) toteaa, että kaikkien päästöjen estäminen heti ei pysäytä vielä vuosikymmeniin maapallon lämpötilan nousua.

Pariisin ilmastosopimuksessa mainitaan, että ihmisten aiheuttamat kasvihuonekaasujen päästöt tulisi olla tasapainossa hiilinielujen kanssa tämän vuosisadan jälkipuoliskolla (Ympäristöministeriö 2017). Tällöin saataisiin neutraloitua ihmisten aiheuttamat päästöt ja olisi mahdollista pysyä kahden asteen lämpötilan nousun raja-arvossa.

## **2.2 Hiilen sidonta osana ilmastonmuutoksen hillintää**

Päästöjen vähentämisen rinnalla hiilinielujen hyödyntäminen on tärkeässä osassa ilmastonmuutoksen hillinnässä. Hiili kiertää luonnossa eri varastojen välillä. Kasvit sitovat hiilidioksidia ilmakehästä yhteyttäessään ja se vapautuu takaisin ilmakehään kasvisolujen ja eläinten hengityksessä. Meret ovat toinen merkittävä hiilidioksidivarasto. Hiilen luonnollinen kiertokulku on nopeaa eli yksittäinen hiilidioksidimolekyylä viipyy ilmakehässä noin viisi vuotta. Kuitenkin valtaosa kasvien ja meren sitomasta hiilidioksidista palautuu ajan myötä takaisin ilmakehään. (Ilmasto-opas 2018e.) Poistamalla hiiltä luonnon kierrosta voidaan hillitä hiilidioksidin määrää ilmakehässä. Hiiltä saadaan poistettua varastoimalla hiilidioksidia maaperään tai meren pohjiin. (Ilmasto-opas 2018c.) Noin 45 % kaikesta ihmiskunnan ilmaan päästetystä hiilidioksidista on jäänyt ilmakehään. Loput 30 % hiilidioksidista on valtamerissä ja 25 % on kasveissa ja maaperässä. On arvioitu, että ilmaston lämmetessä voi merten ja kasvien hiilensidontakyky heikentyä, joten mahdollista hiilen sidontaa on muulla tavoin lisättävä. (Ilmasto-opas 2018e.)

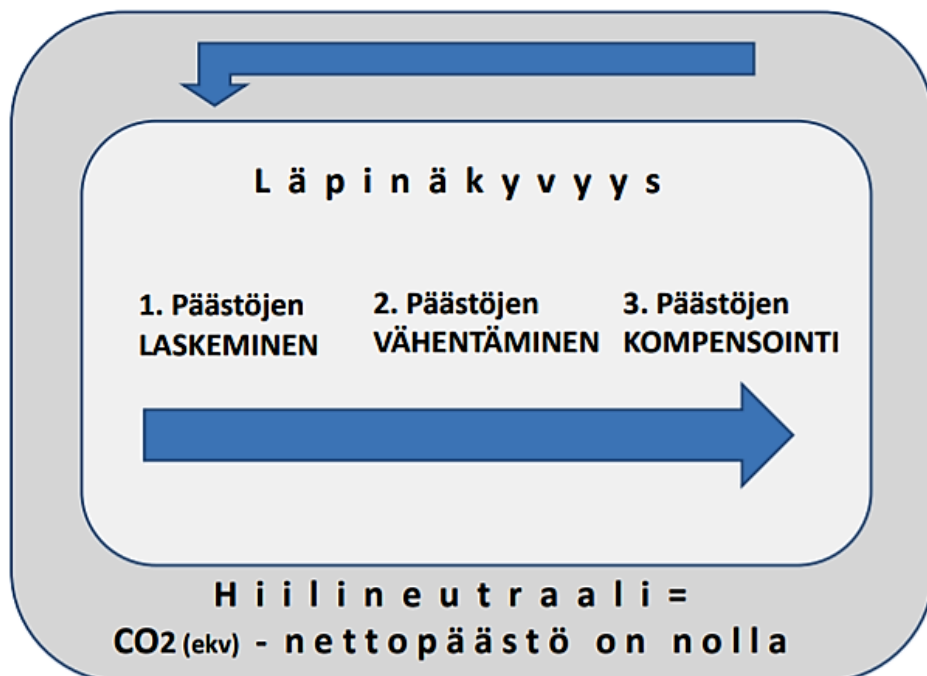
Hiilinieluksi kutsutaan prosessia, joka poistaa ilmakehästä hiilidioksidi- tai metaanipäästöjä (Kalliokoski et al. 2015, 8). Luonnollisia hiilinieluja voivat olla metsät ja valtameret. Nämä hiilinielut pystyvät sitomaan hiilidioksidia pois ilmakehästä ja varastoimaan sitä. Tällä hetkellä metsät ovat merkittävimpiä nettohiilinieluja. (Ilmasto.ny 2018b.)

Hiilinielujen avulla voidaan tavoitella hiilineutraaliutta ja tätä kautta hillitä ilmastonmuutosta. Suomen kaltaisten kehittyneiden valtioiden toivotaan vähentävän päästöjään nopeammin kuin kehittyvät maat vuosisadan loppuun mennessä. Tällä hetkellä valtioiden hiilineutraalius on vapaaehtoista, mutta sen arvellaan muuttuvan tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen hillinnässä tavoiteltavaksi toimenpiteeksi. Hiilineutraalisuuden saavuttamisen jälkeen tavoitellaan hiilinegatiivisuutta, joka tarkoittaa sitä, että ilmakehästä poistetaan hiilidioksidia enemmän kuin päästöjä syntyy. Hiilineutraaliutta ja -negatiivisuutta on mahdollista tavoitella metsien hiilinieluja lisäämällä, poistamalla ilmakehän hiilidioksidia keinotekoisesti, soveltamalla hiilidioksidin erotusta tai varastoida hiilidioksidia biomassoihin. (Alestalo et al. 2014, 8.)

YK:n ilmastosopimus on vahvistanut, että hiilinielujen säilyttäminen voidaan yhdistää hiilineutraalisuuden käsitteeseen. Voidaan tulkita, että metsistä saatava biomassa on hiilineutraalia, jos ne sitovat ja vapauttavat hiiltä saman verran. Siksi Suomen metsien biomassa oletetaan hiilineutraaliksi, sillä metsien hiilinielut ovat kasvaneet vuodesta 1990. Tämä on aiheuttanut käsityksen, jossa metsien hyödyntämisellä on asema ilmastonmuutoksen hillinnässä. Tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet käsityksen olevan kyseenalainen, koska se ei ota huomioon metsien hiilensidonnan määrää ja ajanjaksollisia kysymyksiä. (Kalliokoski et al. 2015, 20.) Metsänhoidolla on ilmastovaikutuksia riippuen millä aikavälillä sitä tarkastellaan. Jos hitaasti kasvavaa puuta käytetään energiaksi, polton yhteydessä syntyvä hiili siirtyy suoraan ilmakehään ja palaa takaisin metsään vasta vuosikymmenien päästä. Lyhyellä aikavälillä tarkasteltuna metsän käyttö energiaksi ei tue hiilineutraalisuutta. Pitkällä aikavälillä se voi tuoda hyötyjä, kun bioenergian avulla korvataisiin fossiilisten polttoaineiden käyttöä. (Ilmasto.nyt 2018c.)

### 3 KOMPENSAATIOMAHDOLLISUUDET KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN NEUTRALOINNISSA

Hiilineutraalius on saavutettavissa päästöjen mittaamisella, vähentämisellä ja kompensoinnilla. Päästöjen kompensointia on tarkoitus hyödyntää silloin, kun oman toiminnan aiheuttamien päästöjen minimointi ei riitä hiilineutraaliuden saavuttamiseen. Päästökompensaatio tai päästöjen hyvittäminen tarkoittaa vapaaehtoisesti maksettavaa rahallista korvausta tuottamista kasvihuonekaasupäästöistä. Hyvityksen voi maksaa yritys, yhteisö tai yksityishenkilö, mutta tässä kandidaatintyössä keskitytään vain yksilön päästökompensaatiomahdollisuuksiin. Kasvihuonekaasupäästöjen kompensointi on tärkeässä osassa, kun tavoitellaan hiilineutraaliutta, sillä kaikkia päästöjä on hyvin vaikeaa minimoida kokonaan. (Alhola & Seppälä 2014, 12, 15.) Kuvassa 1 esitetään, miten hiilineutraalius on saavutettavissa kolmivaiheisesti.



**Kuva 1.** Hiilineutraaliuden saavuttaminen kolmivaiheisesti (Alhola & Seppälä 2014, 12).

Päästökompensaatioiden avulla rahoitetaan ilmastonmuutosta hillitseviä hankkeita, jotka vähentävät, välttävät tai sitovat kasvihuonekaasupäästöjä jossain toisaalla (Alhola & Seppälä 2014, 15). Kompensoimalla omia päästöjään ei siis voi poistaa tuottamiaan kasvihuonekaasupäästöjä. Sen avulla tuetaan ilmastomyönteisiä hankkeita, joita ei ilman kompensointiensa rahoitusta toteutettaisi.

Kompensaatioille on omat päästömarkkinat. Kioton sopimuksen mukaisesti toteutetaan Clean Development Mechanism (CDM) tai Joint Implementation (JI) -hankkeita ja Euroopan unionin (EU) päästökaupan kautta myydään päästöoikeuksia tietyille toimialoille. Näiden avulla säädellään energiantuotannon ja teollisuuden aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä teollisuusmaiden kesken. Säännöstellyn päästömarkkinoiden lisäksi on olemassa vapaaehtoinen päästökauppa, jossa EU:n päästökauppaan kuulumattomat yritykset ja yksittäiset kuluttajat voivat ostaa päästövähennyksiä ja neutralisoida omia ilmastovaiikutuksiaan. Näitä päästövähennyksiä kutsutaan nimityksellä Voluntary Emissions Reductions (VERs) ja niitä myydään CO<sub>2</sub>-tonneittain. (Alhola & Seppälä 2014, 16.)

### **3.1 Vapaaehtoisten päästömarkkinoiden kompensointimenetelmät**

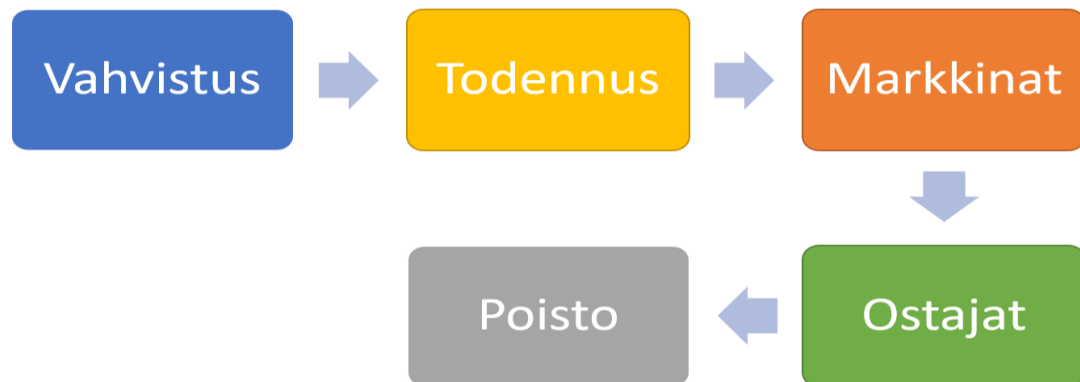
Vapaaehtoisten päästövähennysmarkkinoiden osuus koko hiilikaupasta on alle yhden prosentin. Markkinoihin vaikuttaa erityisesti hankkeiden samankaltaisuus sekä kysynnän ja hintojen epävarmuus. (Kuitunen & Ollikainen 2014, 99). Forest Trends Ecosystem Marketplacen (2017, 3, 7) tekemän selvityksen mukaan vuonna 2016 vapaaehtoisten päästövähennysmarkkinoiden arvo oli 155 miljoonaa euroa. Jotta saavutettaisiin laajempia toimenpiteitä ilmastonmuutoksen torjumiseksi, pitäisi päästövähennysyksiköiden markkina-arvon nousta paljon suuremmaksi. Vuonna 2016 globaali painotettu keskimääräinen päästöyksikön hinta hiilidioksidiekvivalenttitonnilla kohden oli noin 2,4 euroa. Silloin vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla päästövähennysyksikön hinta vaihteli 0,40–40,0 euron välillä hiilidioksidiekvivalenttitonnilla. (Forest Trends' Ecosystem Marketplace 2017, 3,7.) Suomalaisen vapaaehtoisia päästövähennyksiä tarjoavan yrityksen Nordic Offsetin (2018) mukaan yksikköhinta vapaaehtoisille päästövähennyksille muodostuu kysynnästä, tarjonnasta, hankkeen laatusertifikaatista ja projektikehittäjien kuluista.

Päästöjen kompensatiohankkeita on erityisesti kehittyvissä maissa. Hankkeet voivat liittyä teknologiaan tai maankäytön muutoksiin ja ne voivat olla suuria tai mikrotason hankkeita. Suurten hankkeiden toteutuessa saadaan merkittäviä ympäristöllisiä muutoksia aikaan, kuten patohankkeet. Pienemmät hankkeet voivat olla mikrotason toimintaa, missä esimerkiksi parannetaan kehittyvissä maissa kotitalouksien liesien tehokkuutta. (Kuitunen & Ollikainen 2014, 99.) Päästövähennyshankkeiden projekteissa huomioidaan myös niiden sosiaalinen vaikutus paikallisessa ympäristössä ja hankkeiden on edistettävä kestävä kehitystä kohdemaassa. Suomessa vapaaehtoisen päästökauppamarkkinan päästövähennyshankkeita ei voida perustaa energiasektorille, koska Suomen energiantuotannossa tuotetut päästövähennykset kuuluvat EU:n päästökaupan piiriin. Kehittyvissä valtioissa ei olla sitouduttu päästökattoihin, joten hankkeita tuotetaan erityisesti siellä. (Nordic Offset 2018.) Suomessa kompensatiohankkeita voidaan perustaa turvaamaan ja edistämään luonnon monimuotoisuutta ja ympäristön tilaa. Suomessa kompensatiohankkeita voivat olla muun muassa projekteja, joissa luodaan uusia lajeille soveltuvia elinympäristöjä tai ostetaan hiiltä sitovia kompensatiopalveluita metsänomistajilta. (Gaia Consulting Oy & Pellervon taloustutkimus 2017, 19.)

Päästökompensatioilla rahoitetut hankkeet on todennettava kolmannen osapuolen toimesta. Verified Carbon Standard (VCS) ja Gold Standard for VERs (GS) ovat organisaatioita, jotka valvovat ja todentavat päästövähennysyksiköitä. VCS on maailmanlaajuinen kasvihuonekaasujen laskentaohjelma ja standardi vapaaehtoisille päästövähennyksille. Standardi valvoo, että päästövähennykset ovat todellisia ja mitattavia. Gold Standard on WWF:n aloitteesta luotu sertifikaatti, joka myönnetään vain uusiutuvan energian tai energiatehokkuuteen liittyville hankkeille. Gold Standard on myös voittoa tavoittelematon organisaatio, joka varmistaa, että päästökompensatioilla rahoitetuissa hankkeissa syntyneet päästövähennykset on tuotettu GS:n sertifiointin mukaisesti, projektia on valvottu asianmukaisesti ja puolueettomat asiantuntijat ovat hyväksyneet hankkeista syntyneet hiilidioksidipäästövähennykset. (Alhola & Seppälä 2014, 16–17.) Maailmalla päästövähennysten standardeja on paljon, mutta edellä mainitut ovat niistä suosituimpia ja luotettavimpia.

Yritykset ja monet voittoa tavoittelemattomat organisaatiot tarjoavat vapaaehtoisia päästövähennyksiä markkinoille. Eniten päästövähennyksiä myydään Aasiassa ja Pohjois-Amerikassa. Eri maissa suositaan eri hanketyyppejä. (Forest Trend's Ecosystem Marketplace 2017, 13–14.) Yritykset siis myyvät asiakkailleen päästövähennyksiä vapaaehtoisilta päästömarkkinoilta. Suomessa vapaaehtoisia päästövähennyksiä myy Nordic Offset, joka suosii päästövähennyshankkeissaan Gold Standardin tukemaa sertifikaattia. Kansainvälisesti tunnettuja yrityksiä ovat The Carbon Neutral Company ja FirstClimate. (Alhola & Seppälä 2014, 16,18.) Toinen suomalainen päästökompensaatioita myyvä yritys on CO<sub>2</sub>Esto Oy, joka ostaa päästöoikeuksia pois EU:n päästökaupasta ja myy niitä yrityksille ja yksityishenkilöille. Yritys ei siis tarjoa päästövähennyksiä vapaaehtoisilta päästömarkkinoilta, vaan ostaa päästöoikeuksia suoraan pois EU:n päästökaupan kiintiöistä. (CO<sub>2</sub>Esto 2018.)

Vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla päästövähennysyksikön elinkaari etenee aina tietyllä tavalla ennen kuin se käytetään ostajan päästöjen kompensointiin. Kuvassa 2 esitellään päästövähennysyksikön elinkaari. Elinkaaren alussa kompensoitohankkeen suunnittelija vahvistaa, että hanke täyttää tietyn standardin kriteerit. Ulkopuolinen taho todentaa, että hanke tuottaa todellisia päästövähennyksiä, jonka jälkeen päästöyksiköt jaetaan hankkeen omistajalle ja vapaaehtoisille päästömarkkinoille tietyn sarjanumeroin. Yksiköt voivat siirtyä suoraan tai vapaaehtoisten päästövähennysten tarjoajien kautta päästövähennysyksikön ostajalle, joka haluaa kompensoida omia päästöjään. Vähennysyksikkö poistetaan rekisteristä, kun se on käytetty ostajan päästöjen kompensointiin. (Kuitunen & Ollikainen 2014, 99.)



**Kuva 2.** Päästövähennysyksikön elinkaari (mukaiillen Kuitunen & Ollikainen 2014, 99).

Ramseurin (2009, 1) mukaan kompensatiorankkeet voidaan jakaa neljään kategoriaan sen perusteella, miten hanke hillitsee ilmastonmuutosta. Kompensaatiomenetelmät voidaan jakaa biologiseen sidontaan, uusiutuvan energiantuotantoon, energiatehokkuuteen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyviin hankkeisiin. (Ramseur 2009, 1.) Näistä kaikista suosituimpia vapaaehtoisilla päästömärkinoilla ovat uusiutuvan energiantuotannon ja biologiseen sidontaan liittyvät projektit (Forest Trends' Ecosystem Marketplace 2017, 10). Seuraavana esitellään tarkemmin esimerkkejä jokaisesta kompensatiomenetelmien kategorioista.

### 3.1.1 Biologisen sidonnan hankkeet

Metsät, kasvit ja maaperä sitovat hiiltä, jolloin hiilen määrä vähenee ilmakehästä. Biologisen sidonnan kompensatiorankkeet joko lisäävät hiilen sidontaa tai säilyttävät vaarassa olevan alueen, jossa tapahtuu sidontaa. Hiilen sidonta on yleensä peräisin toiminnasta, jotka liittyvät maatalouteen, metsiin, maankäyttöön ja sen muutoksiin. Hiilen si-

donnan kompensatiorankkeita ovat esimerkiksi puiden istutus uusille alueille tai vanhoille metsämailla, maankäytön häiriöiden minimointi sekä metsänhakuun estäminen ostamalla metsäomistuksia ja säilyttämällä ostetut metsät. (Ramseur 2009, 4–5.)

Biologisen sidonnan hankkeet ovat kiisteltyjä. Näissä hankkeissa herää usein huoli siitä, tarvitsevatko ne ylipäättään kompensatiomaksuista saatua rahoitusta. Maatalouden kompensatiorankkeissa voidaan sitoa hiiltä riippumatta siitä, maksetaanko kompensatiomaksuja. Metsitykseen liittyvissä kompensatiorankkeissa on myös vaikeuksia tehdä vähennysmittauksia. Hiilen kierto metsissä ja maaperässä on ongelmallista, koska eri puulajit ja maantieteelliset sijainnit vaikuttavat mittauksien tarkkuuteen. (Ramseur 2009, 5–6.)

Kuitenkin metsittäminen ja maankäyttö ovat yksi suosituimmista kompensatiomenetelmistä. Vuonna 2016 kaikista vapaaehtoisen päästökaupan kompensatiomenetelmistä oli 29,7 % biologiseen sidontaan liittyviä projekteja. Yleisin hanke liittyy metsien hävittämisestä aiheutuvien päästöjen vähentämiseen eli Reducing Emissions from Deforestation and Degradationiin (REDD). Näiden kompensatiorankkeiden päästökompensatioyksikkö maksoi keskimäärin 3,4 € / t CO<sub>2</sub>e vuonna 2016. Biologisen sidonnan hankkeista 9 % on metsänhoidon parantamista ja näiden hankkeiden keskimääräinen päästöyksikön hinta oli keskimäärin 7,7 € / t CO<sub>2</sub>e. Kompensatiorankkeissa, joissa lisätään hiilen sidontaa istuttamalla puita päästövähennyksiköt maksavat keskimäärin 6,6 € / t CO<sub>2</sub>e. (Forest Trends' Ecosystem Marketplace 2017, 11–12.)

### **3.1.2 Uusiutuvan energian hankkeet**

Uusiutuvan energian käyttö tuottaa vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä kuin fossiilisten polttoaineiden käyttö. Uusiutuvan energian hankkeissa tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä energiaa saman verran kuin tuotettaisiin fossiilisilla polttoaineilla. Vältetyt kasvihuonekaasupäästöt voidaan myydä myöhemmin vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla päästövähennyksinä. Uusiutuvan energian tuottaminen on kalliimpaa kuin fossiilisten poltto-



aineiden, joten tarvitaan rahoitusta, jotta uusiutuvan energian tuottaminen olisi taloudellisesti kannattavampaa ja siitä tulisi kilpailukykyinen vaihtoehto fossiilisille polttoaineille. Uusiutuvan energian kompensatiorankkeita ovat muun muassa tuulipuistojen rakentaminen ja aurinkopaneelien asentaminen. (Ramseur 2009, 6.)

Uusiutuvaan energiaan liittyvät kompensatiomenetelmät ovat suosituimpia vapaaehtoisilla päästömärkinoilla. Uusiutuvien energiantuotantorankkeiden osuuden määrä markkinoilla oli 38,7 % vuonna 2016. Osa uusiutuvan energian kompensatiorankkeiden päästövähennysyksiköistä eivät ole tällä hetkellä kuluttajalle taloudellisesti merkittävän suuria. Esimerkiksi tuulivoiman lisäämiseen liittyvien projektien päästövähennysyksiköt maksavat keskimäärin 1,2 € / t CO<sub>2</sub>e. Toisaalta uusiutuvan polttoaineen eli biokaasuun liittyvissä projekteissa päästöyksikkö voi olla keskimäärin 3,2 € / t CO<sub>2</sub>e. Päästöyksiköiden hintaerot riippuvat projektin tyypistä ja projektin maantieteellisestä sijainnista. (Forest Trends' Ecosystem Marketplace 2017, 11–12.)

### **3.1.3 Energiatohokkuutta lisäävät rankkeet**

Energiatohokkuuden edistäminen vähentää energian tuottoa, mikä hillitsee kasvihuonekaasupäästöjä ja tätä kautta myös ilmastonmuutosta. Energiatohokkaat ratkaisut vaativat aluksi taloudellisia investointeja, mutta pitkällä aikavälillä ne ovat kannattavia. Energiatohokkuutta edistäviä kompensatiorankkeita käytetään erityisesti pienissä yrityksissä tai kehittyvissä maissa, sillä alkuinvestoinnit ovat kalliita ja niihin tarvitaan tukea. Energiatohokkuuden parantaminen yleensä tuo taloudellisia säästöjä ja samalla vähentää päästöjä ympäristöstä. Näissä rankkeissa voi olla vaikeaa erottaa, tehdäänkö parannuksia kompensatiomärkinoiden ansiosta vai taloudellisten säästöjen vuoksi. (Ramseur 2009, 7.)

Energiatohokkuutta edistäviä kompensatioprojekteja ovat esimerkiksi koneiden ja laitteiden korjaaminen tehokkaammiksi, energiatohokkaampien kiinteistöjen rakennuttaminen tai hehkulamppujen korvaaminen energiansäästölampuilla. (Ramseur 2009, 7.) Näiden projektien osuus vapaaehtoisilla päästömärkinoilla on ollut noin 6 % vuonna 2016.

Energiatehokkuutta parantava kompensatiorankkeet voidaan jakaa yleisimmin teollisuuden ja yhteisöihin keskittyneisiin projekteihin. Teollisuuden alan energiatehokkuutta parantavien hankkeiden päästöyksiköt kustantavat keskimäärin 1,1 € / t CO<sub>2</sub>e ja yhteisöihin keskittyneet päästöyksiköt keskimäärin 3 € / t CO<sub>2</sub>e. (Forest Trends' Ecosystem Marketplace 2017, 11–12.)

### **3.1.4 Muiden kasvihuonekaasujen vähentämishankkeet**

Maatalous, teollisuus ja jätehuolto tuottavat muitakin kasvihuonekaasupäästöjä kuin pelkkää hiilidioksidia. Muilla kasvihuonekaasuilla, kuten metaanilla ja typpioksiduulilla, on suurempi lämmityspotentiaalikerroin eli GWP (Global Warming Potential) kuin hiilidioksidilla. Nämä kasvihuonekaasut siis lämmittävät ilmastoa tehokkaammin kuin hiilidioksidi. Tämän kategorian kompensatiorankkeissa usein kerätään rahoitusta päästöhallintateknikoihin, jotta kasvihuonekaasupäästöjä saadaan rajoitettua. Hankkeissa voidaan esimerkiksi vähentää metaanin ja typpioksiduulin päästöjä. (Ramseur 2009, 7–8.)

Tämän kategorian kompensatiorankkeet jakautuvat suhteellisen laajasti, sillä monissa teollisuuden alan projekteissa on mahdollista vähentää eri kasvihuonekaasupäästöjä. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämishankkeet mielletään usein hyviksi kompensatiomenetelmiksi, koska nämä projektit on yleensä helppo mitata ja todentaa. Näitä hankkeita ei myöskin yleensä tapahtuisi ilman kompensatiomaksuja. (Ramseur 2009, 7–8.)

Metaania vähentäviä kompensatiorankkeita oli 11,3 % vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla vuonna 2016. Tästä määrästä oletetaan olevan kaikki kaatopaikkametaaniin liittyviä projekteja. Näiden projektien keskimääräinen päästövähennysyksikön hinta on 1,7 € / t CO<sub>2</sub>e ja näitä projekteja on erityisesti Pohjois-Amerikassa. (Forest Trends' Ecosystem Marketplace 2017, 11–13.)

### 3.2 Yhteenveto kompensatiomenetelmistä

Monet järjestöt ja yritykset myyvät päästökompensatioita yksilöille vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla. Kompensatioiden laatu vaihtelee huomattavasti, koska markkinoilla ei ole yhtä yleistä standardia, vaan niitä on monia erilaisia. Ostaja ei siis voi välttämättä olla varma, tuotetaanko maksetut kompensatiot jossain muualla. Osa standardeista ovat tiukempia kuin toiset, joten esimerkiksi aiemmin mainitut standardit VCS ja GS ovat näillä markkinoilla luotettavimpia, sillä niiden avulla kompensatioiden toteutumista tarkkaillaan. Yleensä vastuu kompensation laadun selvittämiseen jääkin ostajalle. (Ramseur 2009, 10–11.)

On olemassa tiettyjä kriteerejä, joiden avulla voidaan mitata päästökompensaation uskottavuutta ja luotettavuutta. Yksi keskeisimmistä luotettavuuden mittareista on täydentävyysperiaate eli toteutuisiko kompensatiohanke ilman kompensatiomarkkinoita. Jos vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla oleva kompensatiohanke toteutuisi ilman ostajien rahoitusta, päästövähennykset hankkeessa eivät olisi täydentäviä. Tätä on kuitenkin vaikeaa arvioida käytännössä. (Ramseur 2009, 2.)

Kompensatioista syntyvät päästövähennykset voivat joskus olla hankala mitata. Päästöjen perustason virheellinen määrittäminen voi johtaa siihen, että myytyt kompensatiot eivät välttämättä vastaa todellisia päästövähennyksiä. Toinen tapa mitata virheellisesti päästökompensatioita on päästövähennyksien kaksinkertainen laskeminen. On tärkeää poistaa myyty päästövähennysyksikkö markkinoilta. Ongelmallista se on esimerkiksi silloin, kun ostetaan tuulivoimaa lisäävä päästökompensatio sellaiselta valtiolta, jolla on omat päästövähennystavoitteet. Tuulivoiman päästövähennykset huomioidaan silloin valtion päästötavoitteissa, jolloin päästökompensatio korvaa jonkun toisen päästöjä vähentävän projektin. Tällöin kompensation ostaja ja valtio, jossa kompensatiohanke sijaitsee, käyttävät samaa päästövähennysyksikköä. Päästökompensatioista syntyvät päästövähennykset on oltava myös pysyviä ja kestäviä ratkaisuja, jotta niistä saadaan kaikki hyödyt irti. (Ramseur 2009, 3–4.)

Taulukossa 1 on esitettyä yhteenvetona eri päästökompensaatiohankkeita neljästä eri kompensatiokategoriasta. Taulukossa on aikaisempien esiteltyjen hankkeiden keskimääräiset hinnat hiilidioksidiekvivalenttitonnia kohden vuonna 2016 ja niiden osuudet vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla. Keskimääräiset hinnat ja prosenttiosuudet vapaaehtoisista päästömarkkinoista ovat peräisin vuodelta 2016 Forest Trends' Ecosystem Marketplacen selvityksen pohjalta. Päästövähennysyksiköiden hinnat muutettiin dollareista euroiksi ja kompensatiohankkeen prosenttiosuudet laskettiin, kun tiedettiin kaikkien toteutuneiden päästövähennysten määrä ja jokaisen hankkeen tuottamat päästövähennykset kompensatiomarkkinoilla.

**Taulukko 1.** Eri kompensatiohankkeita jaoteltuna päästövähennysyksikköhinnan ja osuuden mukaan.

Kompensaation kategoria	Kompensaa- tiohanke	Päästöyksikön ka hinta (€ / t)	Osuus kompen- saatiomarkki- noista (%)	Lähde
Biologinen si- donta	REDD +	3,4	23,8	Forest Trends' Ecosystem Mar- ketplace 2017, 11-13.
	Metsänhoidon parannus	7,7	2,7	
	Puiden istutus	6,6	3,2	
	Muut	5,6	0,012	
Uusiutuva ener- gia	Tuulivoima	1,2	20,0	
	Biokaasu	3,2	3,2	
	Muut	1,5	15,4	
Energiatehok- kuus	Teollisuus	1,1	0,3	
	Yhteisöt	3,0	5,9	
	Muut	3,8	8,4	
Kasvihuonekaa- sujen vähentä- minen	Kaatopaikkame- taani	1,7	11,3	
	Muut	3,5	5,9	

Taulukosta 1 huomataan, että päästövähennysyksiköiden hinnat vaihtelevat eri hankkeiden välillä. Mitä suurempi hankkeen osuus on vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla, sitä vähemmän yleensä päästövähennysyksikkö maksaa. Vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla suurimmat osuudet ovat metsien hävittämisestä aiheutuvien päästöjen vähentämiseen eli REDD :iin, tuulivoimaan ja kaatopaikkametaaniin liittyvissä hankkeissa. Biologisen sidonnan, uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden kategorioissa olevat ”muut” hankkeet ovat muun muassa laidunmaidan hoitoa, aurinkoenergiaa ja vedenpuhdistuslaitteiden jakelua kotitalouksissa. Forest Trends’ Ecosystem Marketplacen (2017, 3–4) mukaan kompensaation hintaan vaikuttaa hankkeen tyyppi, sen sijainti ja standardit, joilla hanke todennetaan. Päästökompensaatiohankkeiden tärkein tavoite on hillitä ilmastonmuutosta ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Hankkeet voivat myös vaikuttaa muuhunkin kestävä kehityksen edistämiseen, kuten luonnon monimuotoisuuden, työllisyyden ja terveyden parantamiseen hankkeen kohdemaassa.

## **4 CASE: SUOMALAISEN KESKIMÄÄRÄISTEN VUOSIPÄÄSTÖJEN NEUTRALOINTI**

Yksittäisen kuluttajan on helppo laskea oma vuosittainen hiilijalanjälkensä erilaisten laskureiden avulla. Nykyään löytyy myös paljon ohjeita, miten laskettua hiilijalanjälkeä voi pienentää muuttamalla elintapojaan. Loput hiilijalanjäljestä voidaan neutralisoida ostamalla päästökompensaatioita vapaaehtoisilta päästömarkkinoilta.

Työn case-tarkastelussa selvitetään suomalaisen mahdollisuuksia neutralisoida omia päästöjään kompensatioiden avulla ja kuinka paljon se kustantaisi vuoden aikana. Tarkastelussa hyödynnetään teoriaosuudessa selvitettyjä tietoja eri kompensatiomenetelmistä, niiden hinnoista ja miten yksilö voi saavuttaa omilla toimillaan hiilineutraalisuuden. Tarkastelu tehdään keskimääräisen suomalaisen hiilijalanjäljen mukaan, joten tarkastelussa saatavat tulokset ovat suuntaa-antavia. Päästövähennysyksikön hinta vaihtelee riippuen tarkasteltavasta ajankohdasta, hankkeesta, sen sijainnista ja standardeista, joten myös nämä pitää huomioida tuloksia analysoitaessa.

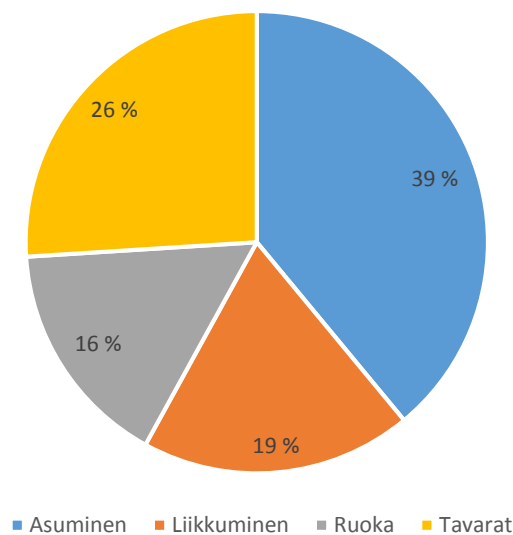
Case-tarkastelu suoritetaan kvantitatiivisena tutkimuksena, jossa lasketaan yksittäisen suomalaisen keskimääräiset kompensatiokustannukset vuoden aikana. Kustannukset saadaan selvittämällä suomalaisen keskimääräinen hiilijalanjälki vuoden ajalta, miten paljon hiilijalanjälkeä on mahdollista pienentää ja mikä on keskimääräinen, suurin ja pienin kompensatiorahankkeissa käytetty hiilidioksidiekvivalenttitonnin hinta. Tutkimuskysymyksenä on ”Miten suomalainen voi saavuttaa hiilineutraaliuden kompensoimalla omat päästönsä vuoden ajalta ja mitkä ovat kompensoinnin kustannukset?”.

### **4.1 Hiilijalanjäljen pienentäminen päästöjä vähentämällä**

Suomen ympäristökeskus on tutkinut suomalaisen mahdollisuuksia pienentää vuosittaista hiilijalanjälkeään muuttamalla elintapojaan ja sitä kautta vähentämään kulutuksesta syn-

tyneitä päästöjä. Nissinen ja Salo (2017, 4) ovat selvittäneet sellaisia päästövähennystoimia, joita suomalaiset kuluttajat voivat toteuttaa helposti olemassa olevilla ratkaisuilla ja teknologioilla. Jotta suomalainen voi saavuttaa hiilineutraaliuden, on päästöjä ensin yrittävä vähentää.

Suomalaisen kulutuksen kasvihuonekaasupäästöt koostuvat asumisesta, liikkumisesta, ruoasta ja tavaroista sekä palveluista. Näistä jokaisen kasvihuonekaasupäästöjen osuutta on mahdollista pienentää. Vuonna 2010 suomalaisen kulutuksesta syntynyt keskimääräinen hiilijalanjälki oli 11,5 t CO<sub>2</sub>e henkilöä kohden. Vuosien 2000 – 2013 aikana keskimääräinen vuotuinen hiilijalanjälki on vaihdellut välillä 9,6 – 11,8 t CO<sub>2</sub>e. (Nissinen & Salo 2017, 4.) Voidaan siis olettaa, että nykyään suomalaisen keskimääräinen hiilijalanjälki on yhä suuruudeltaan tätä luokkaa ja case-tarkastelussa käytetään vuoden 2010 laskettua hiilijalanjälkeä. Nissinen & Salon (2017, 14) mukaan suomalaisen hiilijalanjälkeä voi pienentää 4,3 t CO<sub>2</sub>e, jolloin se olisi 7,2 t CO<sub>2</sub>e. Hiilijalanjälkeä voi pienentää vähentämällä jokaisesta kulutuksen osa-alueesta syntyneitä päästöjä. Kuvassa 3 esitetään suomalaisen kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen eri kulutusalueittain.



**Kuva 3.** Suomalaisen kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen vuonna 2010. (mukaillen Nissinen & Salo 2017, 11.)

Kuten kuvasta 3 nähdään, suurin osa suomalaisen kasvihuonekaasupäästöistä syntyy asumisesta. Näitä päästöjä on mahdollista vähentää keskittymällä kodin lämmitykseen ja sähkönkäyttöön. Myös rakennus- ja korjausteknisillä keinoilla voi vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. (Airaksinen et al. 2014b, 45, 47.) Suomalainen voi vähentää päästöjä yli 55 % eli noin 2 t CO<sub>2</sub>e asumisen kaikista päästöistä. Vähennystavoitteet voidaan saavuttaa esimerkiksi vähentämällä kuuman veden käyttöä sekä parantamalla energiatehokkuutta välttämällä lämpöhäviöitä ja käyttämällä vähähiilisiä energialähteitä lämmityksessä. (Nissinen & Salo 2017, 14–15.)

Liikkumisesta syntyvät päästöt ovat suomalaisella vuosittain keskimäärin 2,2 t CO<sub>2</sub>e. Liikenteestä syntyvät henkilökohtaiset päästöt koostuvat henkilöautoilusta, joukkoliikenteen käytöstä, kuljetuspalveluista ja valmismatkoista. Pelkästä henkilöautoilusta syntyy noin 74 % kaikista liikenteen päästöistä. On arvioitu, että suomalainen voi vähentää omasta liikkumisesta syntyneitä päästöjä 0,9 t CO<sub>2</sub>e eli noin 40 % kaikista liikenteen päästöistä. Päästöjä voi vähentää esimerkiksi liikkumalla kävellen tai pyöräillen lyhyitä matkoja ja käyttämällä julkista liikennettä pitkillä matkoilla auton sijaan. Hankkimalla yhteiskäyttöauton tai tekemällä lomamatkat lähikohteisiin voi myös helposti vähentää liikkumisesta syntyviä päästöjä. Autoilun päästöihin voi vaikuttaa auton tehokkuudella, käytettävällä polttoaineella ja taloudellisella ajolla. (Nissinen & Salo 2017, 16 - 17.) Lentomatkailu nostaa merkittävästi henkilökohtaisia liikenteestä syntyviä päästöjä. Esimerkiksi lomalento Aasiaan voi nostaa kolmanneksen suomalaisen liikkumisesta syntyvistä päästöistä. (Laurikko et al. 2014, 82.) Tässä case-tarkastelussa ei kuitenkaan huomioida yksittäisten lentomatkojen vaikutusta vuosittaiseen hiilijalanjälkeen. Nissisen ja Salon (2017, 14) mukaan liikenteessä syntyneet kasvihuonekaasupäästöt voivat olla vähennysten jälkeen 1,3 t CO<sub>2</sub>e.

Suomalaisen ruoankulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt koko hiilijalanjäljestä vaihtelevat 10–40 % välillä riippuen asumisen ja liikkumisen määrästä sekä ruokavaliosta. Teknologian keinoilla ei ruoankulutuksen ilmastovaikutuksia voi merkittävästi vähentää. Ruokavalion muutoksilla on saavutettu huomattavimmat päästövähennykset,



sillä eri ruokatuotteiden välillä ilmastovaikutukset voivat olla jopa 40-kertaiset. (Kataja-juuri & Roininen 2014, 91–92.) Nissisen ja Salon (2017, 18–19) mukaan ruoankulutuksen ilmastovaikutuksia voidaan vähentää jopa puolella. Päästöjen puolittaminen onnistuu pienillä kulutustottumuksien muutoksilla. Keskimääräinen suomalainen pystyy puolittamaan ruoankulutuksestaan syntyneet päästönsä minimoimalla ruokahävikkiään, puolittamalla lihan, kalan ja maitotuotteiden käytön ja lisäämällä kasvisten ja kasvipäristöjen proteiinien osuutta ruokavaliossaan.

Vuonna 2010 tavaroiden ja palveluiden osuus suomalaisten keskimääräisestä hiilijalanjäljestä oli 26 % eli 3,0 t CO<sub>2</sub>e. Kategoriaan sisältyvät asumiseen, vapaa-aikaan ja matkailuun käytettävät tavarat ja palvelut. Myös vaatteet ja elektroniikka kuuluvat tähän kategoriaan. Noin 0,5 t CO<sub>2</sub>e on mahdollista vähentää pidentämällä jo olemassa olevien tavaroiden käyttöikä, suosimalla ympäristöystävällisesti valmistettuja tuotteita ja vähentämällä uusien tavaroiden ostoa. Ostamista voi välttää esimerkiksi lainaamalla tai vuokraamalla tavaroita ja hyödyntämällä yhteiskäyttöä. Kategoriaan kuuluu paljon eri hyödykkeitä, joten merkittävimpiä vähennystoimenpiteitä on vaikea nimetä. (Nissinen & Salo 2017, 19–20.)

Taulukossa 2 on esitetty suomalaisen keskimääräiset kulutuksesta syntyvät kasviuonekaasupäästöt vuonna 2010 ja miten paljon ne pienentyvät päästövähennyksien jälkeen. Suomalainen voi siis keskimäärin vähentää 4,3 tCO<sub>2</sub>e kasviuonekaasupäästöjä edellä esitetyillä tavoilla. Taulukosta 2 nähdään myös, miten paljon kustakin kulutusalueesta on mahdollista vähentää kasviuonekaasupäästöjä.

**Taulukko 2.** Suomalaisen keskimääräiset kulutuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2010 ja arvioidut kasvihuonekaasupäästöt päästövähennysten jälkeen, suomennettu alkuperäisestä taulukosta. (Nissinen & Salo 2017, 14.)

Kulutusalue	Suomalaisen keskimääräinen hiilijalanjälki vuonna 2010 [t CO <sub>2</sub> e]	Arvioitu hiilijalanjälki päästövähennyksien jälkeen [t CO <sub>2</sub> e]
Asuminen	4,5	2,5
Liikkuminen	2,2	1,3
Ruoka	1,8	0,9
Tavarat ja palvelut	3,0	2,5
<b>Yhteensä</b>	<b>11,5</b>	<b>7,2</b>

## 4.2 Hiilineutraaliuden saavuttaminen kompensatiomenetelmillä

Vuonna 2010 globaali keskimääräinen hiilijalanjälki oli 6,0 t CO<sub>2</sub>e henkilöä kohden. Suomalaisen keskimääräinen hiilijalanjälki on siis 5,5 tonnia suurempi verrattuna globaaliin keskiarvoon. Aiemmin esiteltyjen kulutustottumusten muutosten avulla on siis mahdollista suomalaisen vähentää omaa hiilijalanjälkeään keskimäärin 7,2 t CO<sub>2</sub>e. (Nissinen & Salo 2017, 11,14.) Tässä case-tarkastelussa oletetaan, että keskiverto suomalainen tuottaa päästöjä 7,2 t CO<sub>2</sub>e sen jälkeen, kun ylimääräiset päästöt on vähennetty. Jotta suomalainen voi saavuttaa hiilineutraaliuden, on loput päästöt kompensoitava ostamalla päästökompensatioita.

Case-tarkastelussa lasketaan, kuinka paljon suomalainen keskimäärin maksaa päästökompensatioista vuoden aikana, jos tuotetut kasvihuonekaasupäästöt on ensin laskettu, vähennetty ja loput päästöistä kompensoidaan. Tässä tapauksessa käytetään kompensoitavana päästömääränä Nissisen ja Salon (2017, 14) laskemaa arvoa 7,2 tCO<sub>2</sub>e. Kustannukset päästökompensatioille lasketaan kolmella eri hinnalla eli keskimääräisellä, suurimmalla ja pienimmällä päästövähennysyksikön hinnalla. Päästövähennysyksikön hintoina hyödynnetään teoriaosuudessa selvitettyjä ja taulukoituja hintoja eri kompensaa-

tiohankkeille. Tarkasteluun valitaan pienimmäksi hinnaksi tuulivoimalahankkeiden keskiarvohinta eli 1,2 € / t CO<sub>2e</sub>, sillä näiden hankkeiden osuus vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla on merkittävä. Suurimmaksi hinnaksi valitaan metsänhoitoa parantavien hankkeiden keskiarvohinta eli 7,7 € / t CO<sub>2e</sub>. Forest Trends' Ecosystem Marketplacen (2017, 3) selvityksen mukaan vuonna 2016 keskimääräinen päästövähennysyksikkö kaikissa kompensatiohankkeessa maksoi 2,4 € / t CO<sub>2e</sub> vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla. Kompensaatiokustannusten laskennassa käytetään edellä mainittuja hintoja.

Esitetty hiilijalanjälki 7,2 t CO<sub>2e</sub> on laskettu vuoden ajalta ja hinnat ovat esitetty hiilidioksidiekvivalenttitonneina, joten laskenta suoritetaan kertomalla kokonaishiilijalanjälki eri hinnoilla ja saadaan kolme erilaista kompensatiokustannusta. Taulukossa 3 on esitetty suomalaisen kompensatiokustannukset vuoden ajalta, kun laskenta suoritetaan kolmella eri hinnalla.

**Taulukko 3.** Suomalaisen eri kompensatiokustannukset vuoden aikana.

	<b>Keskimääräinen hinta</b>	<b>Suurin hinta</b>	<b>Pienin hinta</b>	<b>Lähteet</b>
<b>Päästövähennysyksikön hinta [€/t CO<sub>2e</sub>]</b>	2,4	7,7	1,2	Forest Trends' Ecosystem Marketplace 2017, 3, 11-13.
<b>Vuotuinen hiilijalanjälki [t CO<sub>2e</sub>]</b>	7,2	7,2	7,2	Nissinen & Salo 2017, 14.
<b>Kompensaatiokustannukset vuodessa [€]</b>	17,28	55,40	8,64	

Tuloksista nähdään, että suomalainen neutraloi vuotuiset omat päästönsä maksamalla vähintään noin 8,65 euron ja korkeintaan 55,40 euron kompensatiomaksun. Tarkastelussa on huomioitava myös, että pienimmän ja suurimman hinnan arvo on keskiarvo tietynlaisten hankkeiden hinnoista, joten lasketut tulokset eivät kerro absoluuttisia päästökompensa-

saation kustannuksia. Tuloksista saadaan selville, että suomalaisen on mahdollista neutraloida hiilijalanjälkensä ensin vähentämällä päästöjä ja sitten kompensoida loput päästöt maksamalla päästökompensaatiomaksuja, jotka ovat korkeintaan 55,40 euroa.

### 4.3 Yhteenveto case-tarkastelusta

Case-tarkastelussa selvitettiin, miten keskimääräinen suomalainen voi neutralisoida vuotuisen hiilijalanjälkensä kompensoimalla omia päästöjään ja kuinka paljon on kompensoinnin kustannukset. Päästöjen kompensointia on tarkoitus yleensä hyödyntää silloin, kun omia päästöjään ei ole mahdollista vähentää kokonaan. Tämän takia case-tarkastelussa selvitettiin myös, miten paljon suomalainen pystyy minimoimaan omia kulutuksesta syntyneitä päästöjä ja kuinka suuri hiilijalanjälki jää jäljelle vähennyksien jälkeen. Casen tarkoituksena oli selvittää mahdollisimman totuudenmukaisesti, miten suomalainen voi saavuttaa hiilineutraaliuden ja antaa suuntaa-antavia tuloksia siitä, minkälaiset kustannukset syntyvät päästöjen kompensoinnista vuoden aikana.

Suomalainen pystyy helposti pienentämään yli 4 t CO<sub>2</sub>e hiilijalanjäljestään. Vähentäminen onnistuu pienillä muutoksilla yksilön kulutustottumuksissa, ruokavaliossa ja elintavoissa. Case-tarkastelun laskennan tuloksista nähdään, että loput hiilijalanjäljestä voidaan neutraloida maksamalla 8 – 55 euron välillä päästökompensatioita. Saadut kompensatiokustannukset vuoden ajalta ovat keskiarvoja, koska käytetyt päästövähennysyksiköiden hinnat ja suomalaisen jäljelle jäänyt hiilijalanjälki olivat myös keskiarvoja. Päästövähennysyksiköiden hintoihin vaikuttavat myös hankkeen tyyppi, sen sijainti ja standardit, joilla hanke todennetaan. Kompensatiokustannukset voivat vaihdella casen laskelmista saaduista tuloksista riippuen siitä, mikä kompensatiohanketyyppi ja standardi valitaan.

Hiilijalanjäljen neutraloiminen vuoden ajalta ei ole suomalaiselle taloudellisesti merkittävää päästövähennysyksikön alhaisen hinnan takia. Vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla päästövähennysyksikön hinta on matala, sillä esimerkiksi vuonna 2016 vapaaehtoiset

päästökompensaatiomarkkinat laskivat 24 % edellisestä vuodesta (Forest Trends' Ecosystem Marketplace 2017, 3).

Heräkin kysymys, kannattaako suomalaisen vähentää päästöjään, kun hiilineutraalisuuden pystyy saavuttamaan vaivattomasti muutamalla kymmenellä eurolla vuodessa? Useat päästövähennystoimenpiteet eivät aiheuta ylimääräisiä kuluja yksilölle ja energiatehokkaat ratkaisut voivat jopa vähentää kustannuksia. Kuitenkin osa vähennystoimenpiteistä voivat lisätä kustannuksia. Esimerkiksi henkilöauton vaihtaminen uuteen ja tehokkaampaan vähentää liikkumisesta syntyviä päästöjä, mutta tämä toimenpide on suuri taloudellinen investointi. Voidaan olettaa, että vanhan auton tuottamien päästöjen kompensoiminen tämän hetkisillä päästövähennysyksiköiden hinnoilla tulee edullisemmaksi kuin uuden auton hankkiminen. On kuitenkin muistettava, että hiilineutraalisuuden määritelmään kuuluu päästöjen mittaaminen ja niiden vähentäminen ennen kompensointia. Lisäksi päästökompensaatiohankkeet edistävät ilmastonmuutoksen hillintää eivätkä ne toteutuisi ilman päästökompensaatiomaksuja. Päästökompensaatioiden käyttö on siis suomalaiselle edullinen tapa neutraloida omasta kulutuksesta syntynyt hiilijalanjälki ja samalla suomalainen hillitsee ilmastonmuutosta.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Päästöjen kompensoimisen voidaan todeta olevan hyvä tapa edistää ilmastonmuutoksen hillintää, kun hiilineutraalisuus saavutetaan ensin päästöjä vähentämällä ja vasta sitten kompensoimalla. Vaikka päästökompensaatio ei poista kuluttajan tuottamia päästöjä, tuottavat luotettavat päästökompensaatiomenetelmät ilmastoystävällisiä projekteja ja edistävät kestävästä kehitystä kohdemaassa. Kompensaatiohankkeilla on ympäristöllisten vaikutusten lisäksi myös sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia, esimerkiksi se voi lisätä työllistymistä tai parantaa kotitalouksien energitehokkuutta kehittyvissä maissa.

Työn kirjallisuuskatsauksessa huomattiin, että tällä hetkellä päästömarkkinoilla päästövähennysyksiköiden hinnat ovat hyvin alhaiset. Tämä tarkoittaa, että kuluttajien ja yritysten kompensoimismaksut eivät ole heille taloudellisesti merkittäviä. Tämä nostaa riskiä, että hiilijalanjälki neutraloidaan vain kompensoimismenetelmiä käyttäen eikä päästövähennystoimenpiteitä tehdä. Edullisista päästövähennysyksiköiden hinnoista huolimatta vapaaehtoisten päästömarkkinoiden volyyymi laski vuonna 2016. Alhaiset hinnat eivät ole innostaneet ostajia kompensoimaan päästöjään edullisesti. Voidaankin olettaa, että päästövähennysyksiköiden hintojen nousu voi elvyttää vapaaehtoisen päästökaupan markkinat etenkin, jos kysyntä ja tarjonta ovat tasapainossa. Hintojen nousu merkitsisi sitä, että päästöjen kompensoimisesta tulisi kuluttajille taloudellisesti merkittävää. Jos esimerkiksi päästökompensaation hinnat nousisivat kymmenkertaiseksi, olisi kompensoimiskustannukset keskimääräiselle suomalaiselle jo satoja euroja vuodessa. Hintojen nousu voi vähentää kuluttajien kiinnostusta ostaa päästökompensaatioita hiilijalanjäljen neutralointiin, mutta toisaalta korkeammilla päästövähennysyksiköiden hinnoilla voidaan toteuttaa hankkeita, vaikka ostajia olisi vähemmän. Jos kompensoimistalouksien ostajia on vähemmän, niin hankkeiden kehittäminen vähenee ja lopulta investoinnit hankkeisiin lakkaavat. Jos taas päästömarkkinoiden arvo kasvaa, voivat hankkeiden kehittäjät ylläpitää toimintaa ja mahdollisesti laajentaa hankkeita. Hintojen noustessa voi markkinoille tulla mahdollisesti uusia päästövähennyshankkeita. (Forest Trends' Ecosystem Marketplace 2017, 7.)

Päästökompensaatioiden ongelmana on se, että kaikkien hankkeiden kohdalla ei voida olla varmoja, tuotettaisiinko hankkeet ilman kompensatioista saatua rahoitusta. Jos hanke pystytään toteuttamaan ilman kompensoinnista saatavaa rahoitusta, ostaja maksaa turhaan kompensatiosta. Päästöjen neutraloinnin luotettavin tapa on valita sellainen kompensatiomenetelmä, joka on sertifioitu ja todennettu jonkin kolmannen osapuolen kautta. Päästöjen kompensointia on myös kritisoitu länsimaalaisten keinoksi ostaa itselleen puhdas omatunto tuottamistaan päästöistään. Tällä tavalla pystyisi jatkamaan samantaisia elintapoja muuttamatta kulutustottumuksia. On kuitenkin tärkeää muistaa, että kompensoidut päästöt eivät katoa mihinkään. Kompensatioilla voidaan vain lisätä ilmastomyönteisiä projekteja jossain muualla.

Päästöjen kompensointi on edullisempi vaihtoehto silloin, kun yksilö ei halua käyttää rahaa kalliisiin päästövähennystoimenpiteisiin. Rahaa vaativia päästövähennystoimenpiteitä ovat esimerkiksi bensiiniauton vaihto uuteen sähköautoon. Hiilineutraalisuus on mahdollista saavuttaa pelkillä päästökompensatioilla ilman, että tekee päästövähennystoimenpiteitä. Suomessa Pariisin ilmasopimuksen päästövähennystavoitteet on kuitenkin vaikeaa saavuttaa, jos kaikki suomalaiset ostaisivat päästökompensatioita ulkomailta hankkeilta eikä pyrkisi pienentämään omaa hiilijalanjälkeään. Toisaalta osa yksilön päästövähennystoimenpiteistä voi tuottaa säästöjä yksilölle. Tällaisia toimenpiteitä ovat muun muassa lihan korvaaminen kasviksilla ruokavaliossa, energiansäästäminen ja autoilun korvaaminen pyöräilyllä. Kuluttajalle hiilineutraalisuutta tavoitellessa taloudellisesti kannattavinta olisi vähentää niitä päästöjä, joista syntyy säästöjä ja kompensoida ne päästöt, jotka aiheuttavat kalliita vähennystoimenpiteitä.

Kuluttajan hiilineutraaliuden tavoittelu voi parhaimmillaan lisätä kiinnostusta vähentää omia päästöjä minimiin. Sitran (2017) mukaan 72 % maailman kasvihuonekaasupäästöistä syntyy kotitalouksista. Kuluttajilla on siis merkittävä rooli maailman kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä ja yksi tapa tähän on oikeanlainen hiilineutraaliuden tavoittelu.

## 6 YHTEENVETO

Nopeita toimenpiteitä on tehtävä, jotta ilmastonmuutosta pystytään hillitsemään ja keskilämpötilan nousu pysäytetään Pariisin ilmastopimuksen tavoitteeseen eli kahteen asteeseen. Ilmastonmuutosta voidaan hillitä vähentämällä päästöjä tai lisäämällä hiilen sidontaa. Päästöjä tulisi vähentää valtioiden tasolla joka vuosi. Kuitenkin Suomessa päästöt ovat nousseet vuonna 2016, vaikka Suomen metsät sitovat hiilidioksidia enemmän kuin päästävät. Tästä syystä myös kuluttajien rooli ilmastonmuutoksen torjunnassa on tärkeä.

Ilmastonmuutoksen yksi hillintäkeinoista on hiilineutraalisuuden tavoittelu. Hiilineutraalisuus tarkoittaa tilaa, jossa kasvihuonekaasupäästöt ovat yhteensä nolla tietyllä ajanjaksolla tarkasteltuna. Tässä kandidaatintyössä hiilineutraalisuutta tarkasteltiin yksilön tasolla yhden vuoden aikana. Hiilineutraaliuden voi saavuttaa laskemalla omat päästöt, vähentämällä niitä mahdollisimman paljon ja kompensoimalla loput päästöistä. Päästöjen kompensointia hyödynnetään silloin, kun päästöjä ei ole enää mahdollista vähentää. Päästökompensaatiolla tarkoitetaan rahallista hyvitystä tuotetuista kasvihuonekaasupäästöistä, jotka neutralisoidaan. Kompensaatiomaksu maksetaan erilaisille projekteille, jotka torjuvat ilmastonmuutosta vähentämällä, välttämällä tai sitomalla kasvihuonekaasupäästöjä. Näitä projekteja sijaitsee yleensä eniten kehittyvissä maissa, sillä näissä maissa ei olla sitouduttu päästökattoihin ja päästökompensaatiot ovat helppo todentaa. Yksittäiset ihmiset voivat ostaa vapaaehtoisilta päästömarkkinoilta päästökompensaatioita hiilidioksiditonneittain. Päästökompensaation hinta vaihtelee riippuen ajanjaksosta, kompensatiorahankkeen tyypistä, sen sijainnista ja standardeista, jotka todentavat kompensatiorahankkeen.

Jotta vapaaehtoiset päästömarkkinat toimisivat luotettavasti, päästökompensaatiohankkeet on todennettava kolmannen osapuolen toimesta ennen markkinoille päästämistä. Organisaatiot myöntävät hankkeille sertifikaatteja, joiden avulla ne valvovat hankkeita. Hankkeiden todentamisen jälkeen päästökompensaatiot siirtyvät yrityksille, jotka myyvät päästövähennysyksiköitä vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla. Tällöin päästövähennysyk-



siköt siirtyvät myytäväksi ja niiden avulla voidaan kompensoida ostajien päästöjä. Päästövähennysyksiköiden uudelleenkäytön estämiseksi päästövähennysyksiköt poistetaan markkinoilta kokonaan.

Vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla yleisimmät kompensatiomenetelmät ovat metsien hävittämisestä aiheutuvien päästöjen vähentämiseen eli REDD :iin, tuulivoimaan ja kaatopaikkametaaniin liittyvät hankkeet. Kompensatiomenetelmät siis liittyvät yleisesti metsänhoitoon, uusiutuvien energian lisäämiseen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Kompensatiorankkeita ja niitä myyviä yrityksiä on vapaaehtoisilla päästömarkkinoilla paljon ja ostaja pystyykin itse hyvin päättämään ostettavan kompensatiorankkeen hinnan ja tyyppin, johon haluaa päästönsä kompensoida.

Työn empiirisessä osuudessa selvitettiin, miten keskimääräinen suomalainen voi neutraloida vuotuisen hiilijalanjälkensä ja laskettiin neutraloinnin kustannukset. Suomalainen voi vähentää koko hiilijalanjäljestään yli 4 hiilidioksidiekvivalenttitonnia vain kulutustapojaan muuttamalla. Loput päästöistä kompensoidaan ja nämä kompensatiorankkeet vaihtelivat 8–55 euron välillä vuodessa. Suomalainen voi siis saavuttaa hiilineutraaliuden vähentämällä päästöjään kulutustottumuksiaan muuttamalla ja maksamalla lopuista päästöistä kompensatiorankkeita. Työssä huomattiin, että tällä hetkellä yksilön päästöjen kompensoiminen ei ole kovin kallista. Nykyään löytyy paljon erilaisia kompensatiorankkeita, joiden avulla yksittäinen kuluttaja voi kompensoida omia päästöjään. Yksilön hiilijalanjäljen neutraloiminen kompensatiomenetelmien avulla on edullista ja samalla edistää ilmastonmuutoksen hillintää rahoittamalla ilmastomyönteisten projektien toimintaa.

## LÄHDELUETTELO

Alestalo, Ekholm, Kulmala, Seppälä, Soimakallio. 2014. Hiilineutraalisuuden tavoittelu – Mitä se on missäkin yhteydessä. Ilmastopaneeli. [verkkojulkaisu]. [Viitattu:13.3.2018]. Saatavissa: [http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset\\_lausunnot/Hiilineutraalisuuden%20tavoittelu%20-%20mit%C3%A4%20se%20on%20miss%C3%A4kin%20yhteydess%C3%A4.pdf](http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Hiilineutraalisuuden%20tavoittelu%20-%20mit%C3%A4%20se%20on%20miss%C3%A4kin%20yhteydess%C3%A4.pdf)

Alhola Katriina & Seppälä Jyri. 2014. OSA 1: Hiilineutraalisuus käsitteenä. Ilmastopaneeli: Kohti hiilineutraali yhteiskuntaa. Toim. Jyri Seppälä. [verkkojulkaisu.] [Viitattu: 21.3.2018]. Saatavissa: [http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset\\_lausunnot/Hiilineutraalisuus\\_taustraraportit\\_2014.pdf](http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Hiilineutraalisuus_taustraraportit_2014.pdf)

Airaksinen, Cantell, Järvelä, Ollikainen, Peltonen-Sainio, Savolainen, Seppälä. 2014a. Kuluttajan valinnat pyrittäessä kohti hiilineutraalisuutta – asuminen, liikkuminen, ruokailu ja kompensatiot. Ilmastopaneeli. [verkkojulkaisu]. [Viitattu: 21.3.2018]. Saatavissa: [http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset\\_lausunnot/Kuluttajien%20valinnat%20pyritt%C3%A4ess%C3%A4%20kohti%20hiilineutraalisuutta%20-%20asuminen,%20liikkuminen,%20ruokailu%20ja%20kompensatiot.pdf](http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Kuluttajien%20valinnat%20pyritt%C3%A4ess%C3%A4%20kohti%20hiilineutraalisuutta%20-%20asuminen,%20liikkuminen,%20ruokailu%20ja%20kompensatiot.pdf)

Airaksinen, Mattinen, Nissinen, Salo, Seppälä. 2014b. OSA 2: Asumisen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämispotentiaali. Ilmastopaneeli: Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa. Toim. Jyri Seppälä. [verkkojulkaisu]. [Viitattu: 5.4.2018]. Saatavilla [http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset\\_lausunnot/Hiilineutraalisuus\\_taustraraportit\\_2014.pdf](http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Hiilineutraalisuus_taustraraportit_2014.pdf)

CO<sub>2</sub>Esto. 2018. Yleisimmin kysytyjä kysymyksiä. [verkkosivusto]. [Viitattu 21.3.2018]. Saatavissa: <https://co2esto.com/yleisimmin-kysytyja-kysymyksia#minne-rahani-menevat>

Forest Trends' Ecosystem Marketplace. 2017. Unlocking Potential – State of the Voluntary Carbon Markets 2017. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.4.2018]. Saatavissa: <https://www.cbd.int/financial/2017docs/carbonmarket2017.pdf>

Gaia Consulting Oy & Pellervon taloustutkimus. 2017. Kompensaation soveltaminen Suomessa – Esiselvitys nykyisestä toimintaympäristöstä ja mahdollisuuksista hyödyntää kompensaatioita eri keinoilla ja kohteissa. [verkkoartikkeli]. [Viitattu: 28.5.2018]. Saatavissa: <http://mmm.fi/documents/1410837/1888935/Kompensaation+soveltaminen+Suomessa+-+raportti+8.6.2017+%28ID+29470%29.pdf/8e4a85dc-9a37-46ca-b37c-bb5315b45d18>

Ilmasto.nyt. 2018a. Johdanto ilmastonmuutoksen hillintään – Mitä ilmastonmuutoksen hillintä tarkoittaa. [verkko-opetusmateriaali]. [Viitattu: 13.3.2018]. Saatavissa: <https://mooc.helsinki.fi/mod/book/view.php?id=3008&chapterid=184>

Ilmasto.nyt. 2018b. Hiilen kierto – Hiilen lähteet ja nielut. [verkko-opetusmateriaali]. [Viitattu: 16.3.2018]. Saatavissa: <https://mooc.helsinki.fi/mod/book/view.php?id=2997&chapterid=34>

Ilmasto.nyt. 2018c. Suomen metsät ilmastonmuutoksessa – Hiilivarasto ja metsän käyttö. [verkko-opetusmateriaali]. [Viitattu: 16.3.2018]. Saatavissa: <https://mooc.helsinki.fi/mod/book/view.php?id=3016&chapterid=63>

Ilmasto-opas. 2018a. Ilmastonmuutoksen hillintä. [verkkosivu]. [Viitattu 1.4.2018]. Saatavissa: <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/3d60183b-2544-4080-a61b-b367952e6e63/hillinta.html>

Ilmasto-opas. 2018b. Ilmastonmuutos ilmiönä. [verkkosivu]. [Viitattu: 24.2.2018]. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio>

Ilmasto-opas. 2018c. Päästöjen vähentäminen Suomessa. [verkkosivu]. [Viitattu: 13.3.2018]. Saatavissa: <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/d88180dc-1fa8-436c-8036-4411ae5ff252/paastojen-vahentaminen-suomessa.html>

Ilmasto-opas. 2018d. Globaalien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskeinot ja kustannukset. [taulukko]. [Viitattu: 13.3.2018]. Saatavissa: <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/videot-ja-visualisoinnit/-/artikkeli/b4df9633-7e1f-4389-9dd0-a0539588f211/visualisoinnit.html#globaalit-paastovahennyskeinot>

Ilmasto-opas. 2018e. Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku. [verkkosivu]. [Viitattu: 21.3.2018]. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/1e92115d-8938-48f2-8687-dc4e3068bdbd/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku.html>

IPCC. 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA. [verkkojulkaisu]. [Viitattu: 24.2.2018]. Saatavissa: [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf)

Kalliokoski, Kanninen, Korhonen, Lintunen, Repo, Saikku, Seppälä, Uusivuori, Vesala. 2015. Metsien hyödyntämisen ilmastovaikutukset ja hiilinielujen kehittyminen. Ilmasto-paneeli. [verkkojulkaisu]. [Viitattu: 13.3.2018]. Saatavissa: [http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset\\_lausunnot/Metsien%20hy%C3%B6dynt%C3%A4misen%20ilmastovaikutukset%20ja%20hiilinielujen%20kehittyminen.pdf](http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Metsien%20hy%C3%B6dynt%C3%A4misen%20ilmastovaikutukset%20ja%20hiilinielujen%20kehittyminen.pdf)

Katajajuuri Juha-Matti & Roininen Taneli. 2014. OSA 5: Ruokavaliomuutoksilla saavutettavat ilmastohyödyt. Ilmasto-paneeli: Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa. Toim. Jyri Seppälä. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 6.4.2018]. Saatavissa: [http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset\\_lausunnot/Hiilineutraalisuus\\_taustraraportit\\_2014.pdf](http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Hiilineutraalisuus_taustraraportit_2014.pdf)

Kuitunen Aino & Ollikainen Markku. 2014. OSA 5: VAPAAEHTOISET PÄÄSTÖJEN KOMPENSOINTIMARKKINAT–HAHMOTELMIA SUOMALAIKSI LISÄTOIMIKSI. Ilmastopaneeli: Kohti hiilineutraali yhteiskuntaa. Toim. Jyri Seppälä. [verkkoyulkaisu.] [Viitattu: 21.3.2018]. Saatavissa: [http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset\\_lausunnot/Hiilineutraalisuus\\_taustaraportit\\_2014.pdf](http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Hiilineutraalisuus_taustaraportit_2014.pdf)

Laurikko, Liimatainen, Nissinen, Salo, Seppälä. 2014. OSA 4: Kuluttajan mahdollisuudet vähentää liikkumisen kasvihuonekaasupäästöjä. Ilmastopaneeli: Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa. Toim. Jyri Seppälä. [verkkoyulkaisu]. [Viitattu 5.4.2018]. Saatavissa: [http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset\\_lausunnot/Hiilineutraalisuus\\_taustaraportit\\_2014.pdf](http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Hiilineutraalisuus_taustaraportit_2014.pdf)

Nissinen Ari & Salo Marja. 2017. Consumption choices to decrease personal carbon footprints of Finns. Reports of the Finnish Environment Institute 30/2017. ISBN 978-952-11-4875-0. [verkkoyulkaisu]. [Viitattu 5.4.2018]. Saatavissa: [https://media.sitra.fi/2017/10/23144245/Consumption\\_choices\\_to\\_decrease\\_personal\\_carbon\\_footprints\\_of\\_Finns.pdf](https://media.sitra.fi/2017/10/23144245/Consumption_choices_to_decrease_personal_carbon_footprints_of_Finns.pdf)

Nordic Offset. 2018. Tietoa päästökaupasta. [verkkosivusto]. [Viitattu 21.3.2018]. Saatavissa: <http://www.nordicoffset.com/tietoa-paastokaupasta/>

Ramseur Jonathan L. 2009. Voluntary Carbon Offsets: Overview and Assessment. Congressional Research Service. [verkkoyulkaisu]. [Viitattu: 21.3.2018]. Saatavissa: <https://fas.org/sgp/crs/misc/RL34241.pdf>

Ruosteenoja Kimmo. 2014. Ilmastonmuutos v. 2013: Luonnontieteellinen perusta, Yhteenveto päätöksentekijöille suomeksi. Ensimmäisen työryhmän osuus IPCC:n 5. arviointiraportissa. [verkkoyulkaisu]. [Viitattu 24.2.2018]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/42362/ipcc5-yhteenveto-suomennos.pdf/4332dffb-da72-41c9-a23d-24215c5cbbac>

Sitra. 2018. Energiankulutus, päästöt ja ilmastonmuutos. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 23.2.2018]. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/aiheet/ilmastonmuutos/#mista-on-kyse>

Sitra. 2017. Kuluttajan valinnat hiilijalanjäljen pienentämiseksi. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 10.4.2018]. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/julkaisut/kuluttajan-valinnat-hiilijalan-jalkensa-pienentamiseksi/>

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2017. Kasvihuonekaasut [verkkojulkaisu]. ISSN=1797-6049. 2016. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 26.2.2018]. Saantitapa: [http://www.stat.fi/til/khki/2016/khki\\_2016\\_2017-12-08\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/khki/2016/khki_2016_2017-12-08_tie_001_fi.html)

Ympäristöministeriö. 2017. Pariisin ilmastopimus. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 23.2.2018]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/pariisi2015>