

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Kandidaatintyö

**TALOUDELLISET OHJAUSKEINOT HIILINIELUJEN KASVUN
KANNUSTIMINA AFRIKASSA**

Economic instruments as incentives to expand carbon sinks in Africa

Työn tarkastaja: Professori Helena Kahiluoto

Työn ohjaaja: Nuorempi tutkija Pirjetta Waldén

Lappeenrannassa 2.3.2021

Jenny Kostiainen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Jenny Kostiainen

Taloudelliset ohjauskeinot hiilinielujen kasvun kannustimina Afrikassa

Kandidaatintyö

2021

34 sivua ja 1 kuva

Työn tarkastaja: Professori Helena Kahiluoto

Työn ohjaaja: Nuorempi tutkija Pirjetta Waldén

Hakusanat: kandidaatintyö, hiilinielut, kannustimet, taloudelliset ohjauskeinot, Afrikka

Keywords: bachelor's thesis, carbon sinks, incentives, economic instruments, Africa

Pariisin ilmastopimuksen tavoitteita ei voida saavuttaa pelkästään päästöjä vähentämällä, vaan hiilidioksidia tulee myös sitoa ilmakehästä esimerkiksi hiilinielujen avulla. Hiilinielujen lisääminen vaatii taloudellisia ohjauskeinoja, ja niiden kehittäminen vaatii mahdollisten haasteiden määrittämistä. Tämä kandidaatintyö on kirjallisuuskatsaus, jossa perehdytään Afrikan maankäytön haasteisiin ja mahdollisuuksiin hiilinielujen lisäämisen suhteen. Työssä perehdytään ennen kaikkea maatalouden ja metsityksen mahdollisuuksiin hiilinielujen lisäämisessä. Työn tavoitteena on tarkastella hiilinielujen kasvun potentiaalia ja haasteita Afrikassa, sekä miten taloudellisin ohjauskeinoin voidaan tukea ja kannustaa hiilinielujen kasvua. Kirjallisuuskatsauksen perusteella Afrikassa on runsaasti hiilensidontapotentiaalia ekologisesta näkökulmasta katsottuna, mutta paikallisen lainsäädännön ristiriitaisuus tapaoikeuden kanssa maankäyttöoikeuksissa aiheuttaa merkittäviä haasteita hiilinielujen toteuttamiselle.

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO	5
1 JOHDANTO	6
2 AFRIKAN HIILINIELUT	8
2.1 Metsät.....	10
2.2 Maatalous	11
2.3 Afrikan maankäytön haasteet.....	14
3 TALOUDELLISET OHJAUSKEINOT HIILINIELUJEN KASVUN KANNUSTIMINA	17
3.1 Päästökauppa.....	18
3.2 Hiilen verotus	19
3.3 Hiilitulojen ohjaus.....	20
3.4 Päästökompensaatiot.....	21
3.5 Puhtaan kehityksen mekanismi (CDM).....	22
4 HIILINIELUJEN KANNUSTIMIA AFRIKASSA.....	24
4.1 PES.....	24
4.2 REDD+.....	25
5 HAASTEET TALOUDELLISTEN OHJAUSKEINOJEN KÄYTTÖÖNOTOSSA AFRIKASSA	27
5.1 Haasteet maankäyttöoikeuksissa.....	27
5.1.1 Erot totuttujen tapojen ja lakisäätteisten maankäyttöoikeuksien välillä	28
5.1.2 Oikeudellinen pluralismi.....	28
5.1.3 Puiden istuttaminen nähdään maa-alan valtaamisena.....	29
5.1.4 Metsitettyjen alueiden laajeneminen pienviljelijöiden maankäyttösteemeissä	29

5.1.5	Vaikeudet ”hylättyjen maa-alueiden” käytössä	30
5.2	Institutionaaliset tekijät	30
5.3	Taloudelliset kysymykset	32
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	33
7	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET	35

LYHENNELUETTELO

CDM	Clean development mechanism, puhtaan kehityksen mekanismi
CO ₂	hiilidioksidi
PES	Payments for environmental services
REDD+	Reducing Emissions from Deforestation and Degradation, and enhancing forest carbon stocks
SOC	Soil organic carbon, maaperän orgaaninen hiili

1 JOHDANTO

Maapallon keskilämpötila on noussut noin 0,85 celsiusastetta 1800-luvun puolivälin jälkeen (IPCC 2013), mikä johtuu ihmiskunnan aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä. Ilmaston lämpeneminen aiheuttaa sään ääri-ilmiöitä, kuten tulvia ja kuivuutta, joilla on merkittäviä vaikutuksia maailman ekosysteemeihin. Lämpeneminen on seurausta ennen kaikkea fossiilisten polttoaineiden käytöstä, maa- ja metsätaloudesta sekä muusta maankäytöstä, joista syntyy paljon metaani- ja hiilidioksidipäästöjä (Albrecht & Kandji 2003). Vuonna 2015 Pariisin ilmastokokouksessa tehtiin sopimus, jonka tavoitteena on pysäyttää maapallon keskilämpötilan nousu 1,5 celsiusasteeseen (YK 2015, 3). Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteita ei voida saavuttaa pelkästään vähentämällä hiilipäästöjä, vaan hiiltä on myös sidottava ilmakehästä. Hiilidioksidia voidaan kerätä ja varastoida hiilinieluilla. Metsät ja meret ovat tärkeimpiä hiilinieluja, ja ne poistavat tehokkaasti hiilidioksidia ilmakehästä. Ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ja niitä poistavat hiilinielut tulisi olla tasapainossa (YK 2015, 4). Ihmisen toiminta vaikuttaa hiilinielujen kokoon ja säilymiseen, esimerkiksi puiden istutuksella voidaan kasvattaa hiilinieluja, kun taas puiden kaataminen vapauttaa hiilidioksidia takaisin ilmakehään. Maanpäällisen kasvillisuuden määrä on pienentynyt merkittävästi maankäytön muutosten myötä. Puiden määrä on vähentynyt 46 prosenttia ihmissivilisaation aikana (Crowther et al. 2015). Hiilinieluja pyritään kasvattamaan muun muassa palauttamalla hävitettyä metsää sekä regeneratiivisella eli uudistavalla maataloudella, jossa maaperän kuntoa parannetaan kasvattaen samalla sen hiilipitoisuutta.

Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi yhteiskunnan tulee muuttua kestäväksi. Kestävyysmuutos tarkoittaa systeemistä muutosta, jossa yhteiskunnan toimintamallit muuttuvat kestäväen kehityksen mukaisiksi, eli saavutetaan YK:n kestäväen kehityksen tavoitteet ja noudatetaan planeettarajoja (Suomen YK-liitto 2017). Kestävyysmuutosta voidaan edistää taloudellisilla ohjaukeinoilla. Taloudelliset ohjaukeinot eli verot, tuet, maksut sekä päästökaupan kaltaiset hinnoittelujärjestelmät voivat tukea muutosta kohti tavoitetta.

Ilmastonmuutos aiheuttaa vakavia uhkia Afrikassa. Ilmastonmuutoksen seurauksena esimerkiksi aavikoituminen etenee kuivien kausien pidentyessä. Afrikkalaisten elinkeino

pohjautuu pitkälti vielä maatalouteen, ja ruokaa on saatava kasvavalle väestölle. Samanaikaisesti hiilinieluja tulisi lisätä, eikä metsää saisi kaataa ruoantuotannon tieltä. Maatalouden tulisi tällöin sitoa hiiltä, ja sen tulisi olla vähäpäästöisempää ja tuottoisampaa kuin aiemmin. Paikalliset kaatavat Afrikassa sademetsää polttopuuksi ja uusien maatalousmaiden tieltä, mikä pahentaa metsäkatoa ja vähentää hiilinieluja. Hiilinielujen lisääminen kuitenkin parantaisi alueen ruokaturvaa ja antaisi suojaa ilmastonmuutokselta, minkä myötä voitaisiin myös ehkäistä ilmastopakolaisuutta, eikä afrikkalaisten tarvitsisi paeta kuivuutta, kuumuutta ja nälkää. Afrikan maaperällä on vielä runsaasti hiilensidontapotentiaalia.

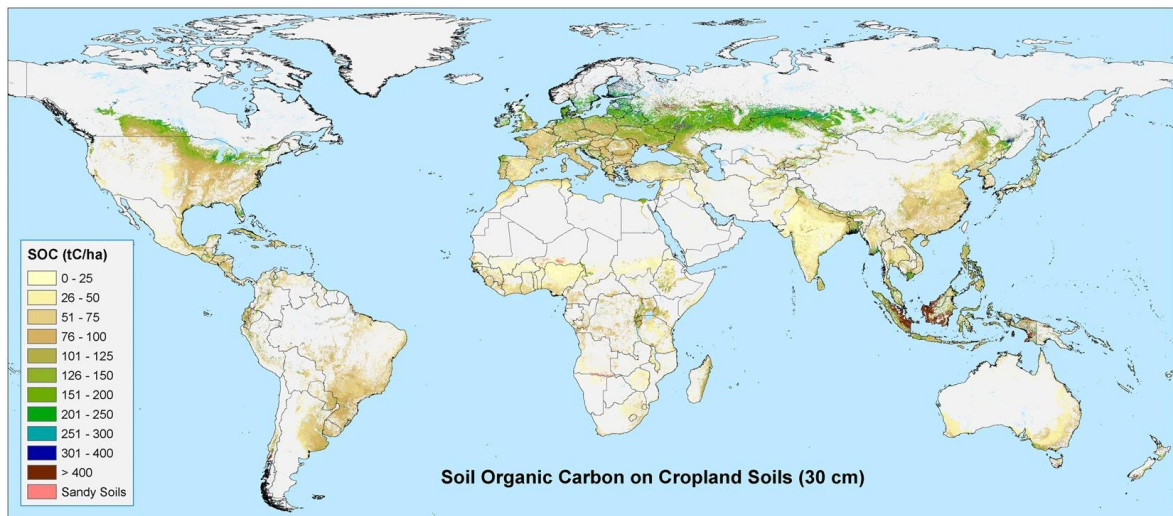
Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, miten hiilinieluja voisi lisätä Afrikassa ja miten niiden lisäämistä voisi tukea taloudellisilla ohjauskeinoilla. Työn tutkimuskysymyksenä on, millainen hiilinielujen tilanne on Afrikassa, miten hiilinielujen lisäämistä ja niiden olemassaoloa voidaan tukea taloudellisilla ohjauskeinoilla ja kannustimilla Afrikassa ja millaisia haasteita niiden käyttöönotossa voisi olla. Työ on kirjallisuuskatsaus, jossa perehdytään ensin Afrikan maankäyttöön ja hiilinielujen lisäämisen mahdollisuuksiin. Seuraavaksi selvitetään, mitä taloudellisilla ohjauskeinoilla tarkoitetaan, millaisia taloudellisia ohjauskeinoja on jo käytössä ja miten niitä voitaisiin hyödyntää hiilinielujen lisäämisessä. Lopuksi tarkastellaan, minkälaisia haasteita niiden käyttöönotossa on Afrikassa. Tutkimusaihe on tärkeä, sillä jotta voitaisiin kehittää toimivia kannustimia hiilinieluille Afrikassa, niiden haasteet tulee kartoittaa ensin.

2 AFRIKAN HIILINIELUT

Afrikassa on useita eri kasvillisuustyyppisiä kuumasta ja kuivasta aavikosta savanniin ja kosteaan trooppiseen sademetsään, joiden maanpäälliseen biomassaan ja maaperään on sitoutunut eri määriä hiiltä riippuen kasvillisuustyyppistä. Afrikassa hiiltä on sitoutuneena eniten trooppisiin sademetsiin. Maailman trooppisilla metsillä on Global Forest Watchin analyysin mukaan potentiaalia sitoa 7,1 gigatonnia hiilidioksidia (Gibbs et al. 2018). Maailman sademetsistä kolmannes sijaitsee Afrikassa (Dunne 2019).

Maaperään voidaan sitoa ja varastoida merkittäviä määriä hiiltä. Ranska esitti vuonna 2015 Pariisin ilmastokokouksessa ”4 per 1000” -aloitteen, jonka tarkoituksena on lisätä maaperän hiilipitoisuutta ruokaturvan parantamiseksi. Maailman väkiluvun arvioidaan kasvavan noin 9,5 miljardiin vuonna 2050, ja maapallon väestön ruokaturva riippuu pitkälti maaperän kunnosta. ”4 per 1000” -aloitteen mukaan 4 promillen vuotuinen lisäys maaperän hiilipitoisuudessa riittäisi pysäyttämään ilmaston lämpenemisen Pariisin ilmastopimuksen mukaiseen 1,5 celsiusasteen rajaan. (4p1000 2018, 2)

Afrikan maaperän hiilipitoisuus on suhteellisen pieni, ja hiiltä maaperään vielä runsaasti ennen sen saturaatiopistettä. Maaperän hiilipitoisuus etenkin maatalousmailla vaihtelee alueellisesti, ja muuhun maailmaan verrattuna Afrikan maatalousmaiden hiilipitoisuus on pienempi (kuva 1). Afrikka hyötyisi hiilensidonnasta myös muuten, sillä hiilensidonnalla on muitakin positiivisia vaikutuksia, kuin ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden pieneneminen.



Kuva 1. Maaperän orgaanisen hiilen määrä maatalousmailla ympäri maailmaa 30 cm syvyyteen asti. (Lähde: Zomer et al 2017.)

Afrikkaa pidetään vähäpäästöisenä maanosana, ja keskimääräinen hiilijalanjälki Saharan eteläpuoleisessa Afrikassa on vuonna 2016 ollut Maailman pankin mukaan vain 0,8 tCO₂ asukasta kohden (World Bank n.d.). Satelliittikuvissa on kuitenkin havaittu merkittäviä määriä hiilidioksidia Afrikan yllä. Merkittävimmät hiilidioksidipäästöt Afrikassa tulevat maankäytön muutoksista. Hiilidioksidikeskittymiä on havaittu Länsi-Afrikan trooppisten alueiden sekä Länsi-Etiopian yllä, joiden maaperissä on luontaisesti runsaasti orgaanista hiiltä (Palmer et al. 2019). Näiden alueiden metsiä on hävitetty ja hävitetään edelleen maatalouden tieltä, jolloin valtavia määriä hiiltä vapautuu ilmakehään. Afrikassa on jo ryhdytty toimiin päästöjen vähentämiseksi. Esimerkiksi Etiopia on ilmoittanut tavoitteestaan saavuttaa hiilineutraalius jo vuonna 2025 (World Bank 2015). Tavoitteeseen pääsemiseksi maassa on aloitettu esimerkiksi Oromia Forested Landscape Program -ohjelma, jonka tavoitteena on palauttaa metsiä ja huonontunutta maata, sekä lisätä hiilensidontaa (Gebreselassie 2017).

Afrikan merkittävimmät hiilidioksidipäästöt syntyvät metsien hävittämisestä ja maaperän kunnan huononemisesta. Hiilipäästöjä syntyy merkittäviä määriä myös karjantuotannosta (Herrero et al. 2013, 5). Afrikan hiilidioksidipäästöjä on mahdollista vähentää tehokkaasti

kasvattamalla hiilinieluja ja kohentamalla maaperän kuntoa oikeanlaisilla viljelymenetelmillä.

2.1 Metsät

Metsät ovat tärkeimpiä hiilinieluja, joihin ihminen voi vaikuttaa. Watson et al. (2018) mukaan olemassa olevien metsien säilyttäminen ja suojeleminen on tärkeää, sillä koskemattomien ekosysteemien kyky hillitä ilmastonmuutosta on tehokasta. Koskemattomat ekosysteemit, kuten sademetsät, sisältävät enemmän hiiltä maan päällä ja maaperässä. Ne myös säätelevät alueellista säätilaa ja lisäävät sateita ja vähentävät kuivuusriskiä. (Watson et al. 2018, 3.) Sademetsien suojeleminen Afrikassa ei ole tärkeää ainoastaan hiilensidonnan kannalta, vaan myös biodiversiteetin säilymisen kannalta. Biodiversiteetin monimuotoisuus ylläpitää luonnollista tasapainoa sademetsissä.

Metsittämisellä voidaan saada aikaan merkittäviä vaikutuksia ilmastonmuutoksen hillinnässä. Metsityksen hiilensidontapotentiaali vaihtelee alueittain, ja Bond et al. (2019) mukaan metsiä ei kannata istuttaa esimerkiksi savanneille, joilla ei alun perinkään ole ollut tiheää metsää. Metsiä kannattaa sen sijaan istuttaa alueille, joilta sitä on aiemmin hävitetty. Uuden metsän istuttaminen ei sido hiilidioksidia yhtä tehokkaasti, kuin metsittäminen alueilla, joilla on aiemmin kasvanut luonnollisesti metsää. (Bond et al. 2019, 1–3)

Metsittämisellä on hiilensidonnan lisäksi muita hyötyjä. Yosef et al. (2018) mukaan laajan mittakaavan metsittäminen muuttaa alueen mikroilmastoa ja viilentää maanpintaa sen keskilämpötilasta jopa $-1,3 \pm 0,1$ °C, lisää sadantaa $-1,3 \pm 0,1$ °C ja vähentää siten kuivuutta. Tutkimuksen mukaan juurten kasvanut syvyys vaikuttaa alueen ilmastoon lisäten maaperän kosteutta, nettosäteilyä ja kokonaishaihduntaa.

Afrikassa on toteutettu viime vuosien aikana lukuisia metsänistutusprojekteja. Suuri osa projekteista on kehittyneiden maiden rahoittamia CDM-hankkeita, joiden avulla kehittyneiden maiden osapuolet pyrkivät vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään Kioton pöytäkirjan vaatimusten mukaisesti. CDM-hankkeista kerrotaan tarkemmin kappaleessa 3.3.

Afrikkalaiset aloittivat vuonna 2007 yhdessä YK:n ja lukuisien muiden yhteistyökumppaneiden kanssa The Great Green Wall -projektin, joka taistelee aavikoitumista ja maaperän kasvukunnon huonontumista vastaan. Projektin tavoitteena on istuttaa 8000 kilometrin leveydeltä metsää Sahelin alueelle Saharan eteläpuolelle Senegalista Djiboutiin saakka. Projektin on tarkoitus olla valmis vuoteen 2030 mennessä, jolloin metsää olisi istutettu 100 miljoonaa hehtaaria tällä hetkellä vielä huonontuneelle maaperälle. Metsien arvioidaan sitovan 250 miljoonaa tonnia hiiltä. Hiilensidonnan ja ilmastonmuutoksen hillinnän ohella projekti hyödyttää paikallista taloutta luoden 10 miljoonaa työpaikkaa, ja se lisää ruokaturvaa maaperän kunnon parantuessa. (UNCCD 2020)

2.2 Maatalous

Maatalous on ratkaisevassa asemassa ilmastonmuutoksen hillinnässä ja siihen sopeutumisessa (Euractiv 2019) sekä maailman ruokaturvan takaamisessa (4p1000 2018). Maataloudesta syntyy 9–11 prosenttia ilmakehän kasvihuonekaasupäästöistä, mutta oikeanlaisilla menetelmillä hiilidioksidia voidaan myös sitoa ilmakehästä maaperään. (IPCC 2014b, 869.) Maatalouden päästöt kasvavat kehittyvissä maissa kehittyneitä maita nopeammin (Tongwane & Moeletsi 2018, 127). Maaperä voi varastoida hiiltä 2–3 kertaa enemmän kuin ilmakehä (Corbeels et al 2019, 1). Afrikassa oli vuonna 2010 noin 1130 miljoonaa hehtaaria maata maatalouden käytössä. Afrikassa on ainakin 150 miljoonaa hehtaaria viljelyskelpoista maata, jota tulisi hoitaa paremmilla käytänteillä maaperän hedelmällisyyden parantamiseksi. (Tongwane & Moeletsi 2018, 126).

Maatalouden avulla maaperän hiilipitoisuutta voidaan kasvattaa merkittävästi. Kasvit sitovat yhteyttäessään hiilidioksidia ilmakehästä, joka päättyy maaperään kasvien kuollessa ja mikrobien hajottaessa kasvin biomassaa. Maaperän orgaaninen hiili (soil organic carbon, SOC) on sitoutunut maaperän eloperäiseen ainekseen, eli kuolleista kasveista, eläimistä ja mikrobeista peräisin olevaan ainekseen. Orgaaninen aines sisältää hiilen lisäksi myös happea, vetyä ja typpeä, mutta hiili muodostaa noin puolet eloperäisen aineksen massasta. (Heinonsalo 2020.)

Saharan eteläpuoleisessa Afrikassa maataloudella on suuri kapasiteetti hiilenlisäykselle maaperässä. Hiilipitoisuutta voidaan kasvattaa hiilisyötöllä (carbon input), kuten lisäämällä kompostoitunutta ainesta tai lantaa pelloille. (Corbeels et al. 2019, 21.)

Maaperän mikrobit ovat tärkeitä maaperän hiilipitoisuuden kasvun kannalta. Mikrobit käyttävät hiiltä oman biomassansa rakentamiseen, mutta myös hengittävät ulos hiilidioksidia. Mitä tehokkaampaa mikrobin hiilen käyttö on, sitä pienemmät ovat maaperän hiilidioksidipäästöt ja sitä suurempi määrä hiiltä on sitoutunut mikrobin biomassaan. Kun mikrobit kuolevat, niiden orgaaninen hiili sitoutuu maaperän mineraaleihin ja päätyy lopulta osaksi maaperän pitkäaikaista hiilivarastoa. Mikrobin hiilenkäytön tehokkuuden on tutkittu olevan suurempi sienivaltaisissa maaperissä bakteerivaltaisiin verrattuna. Hiilen käytön tehokkuutta lisää myös typpilannoitteiden käyttö, ja sen tehokkuuteen vaikuttavat myös esimerkiksi maaperän kosteusolosuhteet ja pH. (Heinonsalo 2020, 15–16.) Ravinteet, kuten typpi ja fosfori ovat olennaisessa osassa jo yhteyttämisessä, sillä ilman niitä yhteyttäminen ei ole mahdollista. Hiilen jäämiseen maahan vaikuttavat muun muassa maaperän mineraalikoostumus, partikkelikokojakauma ja murujen muodostus (Heinonsalo 2020, 16.)

Afrikassa merkittävimmät tekijät maaperän kasvukunnon huonontumiseen ovat kuivuus ja eroosio. Tuulen aiheuttama eroosio vähentää maaperän ravinteikkuutta. Kestämättömällä pohjalla ollut maanviljely on myös heikentänyt maaperän kuntoa. Korkea haihdunta aiheuttaa maaperän pintakerrosten kuorettumisen ja lateriitin muodostumisen, jolloin maasta tulee kivikovaa, vesi ei imeydy maaperään, eikä maanviljely ole mahdollista. (Doso 2014, 68–69.) Hiilen määrän kasvattaminen maaperässä parantaisi maaperän kuntoa ja viljelykasvien tuottavuutta. Maaperän korkea orgaanisen aineksen pitoisuus lisää sen vedenpidätysominaisuuksia (Heinonsalo 2020). Kestävää maataloutta ovat esimerkiksi regeneratiivinen eli uudistava maatalous ja peltometsäviljely. Molemmissa maaperän hiilipitoisuus on suurempi verrattuna yleisempään monokulttuuriseen maanviljelyyn, jossa viljellään vain yhtä kasvia kerrallaan.

Maaperän hoito regeneratiivisella eli uudistavalla maataloudella perustuu maaperän luontaiseen toimintaan ja kiertokulkuun. Terveessä maaperässä on normaalisti runsaasti hiiltä ja mikrobeja, jotka regeneratiivisessa maataloudessa halutaan tuoda takaisin huonontuneeseen maaperään. Maata ei kynnetä, vaan siemenet jätetään maan

pintakerroksiin. Viljelykasveja on yhden sijaan useita ylläpitämässä monimuotoisuutta, mikä takaa sadon. Tällöin ruokaturva ei ole kiinni vain yhdestä viljelykasvista ja sen sadon onnistumisesta. Maanpinnalla pidetään kasvipeitettä ympäri vuoden, jolloin myös hiili pysyy maassa. Regeneratiivisessa maataloudessa hyödynnetään usein myös laiduntavaa karjaa. Karja prosessoi ruuansulatuksessaan kasveja, ja tuottaa luonnollista ja ravinnepitoista lannoitetta eli lantaa, joka parantaa maaperän mikrobistoa. (Hagelberg et al. 2020)

Peltometsäviljelyssä hiilivarastoa kasvatetaan hyödyntämällä puita maanviljelyn tai karjanhoidon yhteydessä. Puut vähentävät eroosiota ja tuovat viljelykasveille varjoa vähentäen haihduntaa. Peltometsäviljelyn puut voivat olla osa ruuantuotantoa, kuten esimerkiksi hedelmäpuita, tai niitä voidaan kasvattaa puutavaraksi. (World Agroforestry 2020.) Peltometsäviljely on tärkeä osa ilmastoviisasta maanviljelyä. Sillä voidaan lisätä sopeutumiskykyä ilmastonmuutokseen, sekä hillitä sitä sitomalla hiiltä. (Dawson et al. 2014, 1.)

Peltometsäviljely sitoo perinteistä monokulttuurista maataloutta enemmän hiiltä, ja se on useiden tutkimusten mukaan myös rahallisesti tuottoisampaa (Walden et al. 2019; Anshito 2017; Kassa 2013; Neupane & Thapa 2001). Puiden yhdistäminen maanviljelyyn lisää hiilensidontaa ilmakehästä monokulttuuriin verrattuna (Nair et al 2010; Tumwebaze & Byakagaba 2016; Jose & Bardhan 2012, 106). Peltometsäviljelyssä hiiltä sitoutuu maanpäällisen biomassan lisäksi myös maaperään (Jose & Bardhan 2012, 106; Tumwebaze & Byakagaba 2016). Corbeels et al. (2019) Saharan eteläpuoleisessa Afrikassa tehdyn tutkimuksen mukaan peltometsäviljelysysteemeillä, etenkin monikerroksisilla systeemeillä ja kesannoilla, on potentiaalia sitoa runsaasti hiiltä. Hiilensidontanopeus vaihtelee riippuen viljelytyypistä, puiden tiheydestä ja systeemin iästä. Vanhemmat peltometsäviljelysysteemit sitovat uusia systeemejä hitaammin lisää hiiltä. (Corbeels et al. 2019.)

Peltometsäviljelyssä voi yhdistää myös karjanhoidon ja puut. Puut tuovat karjalle sekä varjoa että ravintoa. Peltometsäviljely on keino sopeutua ilmastonmuutosta vastaan. Puiksi voidaan valita paremmin kuivuutta kestäviä lajeja, jotka tuottavat toisiin lajeihin verrattuna enemmän karjalle hyödyllistä ravintoa. Puut pystyvät imemään vettä syvemmältä maasta kuin esimerkiksi heinät, jolloin ne sopeutuvat kuivien kausien pidentymiseen paremmin. (Dawson et al. 2014.)

Hiiltä ei voida sitoa maaperään rajattomasti. Eri viljelyjärjestelmillä on erilainen hiilensidontakyky, johon vaikuttavat esimerkiksi viljelykäytännöt, kuten maan muokkaaminen. Jokaisella viljelyjärjestelmällä on tasapainotaso, jonka jälkeen maaperään ei enää sitoudu lisää hiiltä. Mitä kauempana tasapainopisteestä järjestelmä on, sitä enemmän hiiltä voidaan sitoa. Kun hiiltä lisätään tasapainotilan saavuttaneeseen viljelyjärjestelmään, osa hiilestä päätyy maan savimineraaleihin. Mineraalipintojen täytyttyä maaperän sanotaan olevan hiilisaturoitunut, minkä jälkeen hiilen määrä maaperässä ei enää kasva. (Heinonsalo 2020, 19.) Afrikan maapinta-alasta 46 prosenttia on huonontunutta, kuivaa maaperää (The Great Green Wall n.d.), jossa on vain vähän hiiltä. Afrikan maaperään on siis mahdollista sitoa valtavia määriä hiiltä. Kun maaperän kunto paranee ja pystytään viljelemään enemmän kasveja, myös ruokaturva paranee merkittävästi Afrikassa. FAOn (2011) mukaan hiilensidonta maaperään on kustannustehokkainta verrattuna muihin hiilensidontamenetelmiin, kuten insinöörien kehittämiin teknisiin ratkaisuihin.

2.3 Afrikan maankäytön haasteet

Ilmastonmuutos koettelee Afrikkaa monella tapaa. IPCC:n (2014) raportin mukaan keskilämpötilassa on havaittu muutoksia Afrikassa viimeisen vuosisadan aikana. On myös havaittu, että sademäärä on vähentynyt ilmastonmuutoksen seurauksena, mikä aiheuttaa kuivuutta. (IPCC 2014a, 1206–1209.) Kuivuus aiheuttaa vaikeuksia maanviljelylle, aiheuttaen satovaurioita ja nälkää. Myös eroosio heikentää maaperän kasvukuntoa pahentaen tulvien vaikutusta ja ravinteiden huuhtoutumista. Eroosio lisää aavikoitumista, minkä vuoksi esimerkiksi Saharan autiomaan on laajentunut viimeisen vuosisadan aikana 10 prosenttia (Nigam et al. 2018). Puhdasta juomavettä oli vuonna 2008 vain 65 prosentilla Afrikan väestöstä (IPCC 2014a, 1213). Ilmastonmuutos saattaa vaikeuttaa juomaveden saatavuutta entisestään.

IPCC:n (2014) raportin mukaan Afrikan väestö on yli kaksinkertaistunut vuoden 1980 jälkeen, ja ennakoitaan, että vuonna 2050 Afrikassa olisi 3 miljardia asukasta. Afrikassa on tällä hetkellä noin 1,4 miljardia asukasta (Worldometer 2020). Köyhyysrajan alapuolella elää edelleen 47,5 prosenttia afrikkalaisista, ja Saharan eteläpuoleisessa Afrikassa

köyhyydestä kärsii 61,6 prosenttia. Afrikkalaisten pääelinkeino on maanviljely, joten nälänhädän ehkäisemiseksi ilmastonmuutoksen vaikutukset myös maanviljelyyn tulisi minimoida. Saharan eteläpuoleisessa Afrikassa maanviljely on 98-prosenttisesti riippuvainen sateesta, joten sademäärän vähentyminen ilmastonmuutoksen seurauksena aiheuttaa merkittäviä haasteita Afrikan kasvavalle väestölle. (IPCC 2014a, 1211–1212.)

Ihminen on aiheuttanut suuria muutoksia ympäristöönsä, ja Afrikan kaikissa maaekosysteemeissä onkin havaittu muutoksia. Maanviljely, polttopuun tarve ja karjan laidunnus ovat pienentäneet kasvipeitettä, minkä vuoksi aavikoituminen on lisääntynyt. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset sademäärässä, lämpötilassa ja ilmakehän hiilidioksidipitoisuudessa pahentavat paikallisten ihmisten aikaansaamia muutoksia Afrikan ekosysteemeissä. (IPCC 2014a, 1213–1215.)

Metsien kaataminen maanviljelyn tieltä on yksi merkittävimmistä trooppisen metsäkadon ja sen myötä kasvihuonekaasupäästöjen sekä ekosysteemipalvelujen katoamisen aiheuttajista. (Araya et al. 2014). Sademetsää hakataan polttopuun ja paikallisten pienviljelyn tarvitseman maa-alan lisäksi muun muassa uusiksi rahakasvien, kuten kaakaopavun, kahvipavun ja banaanin viljelyalueiksi (Asner et al. 2017). Maata käytetään viljelyyn vain muutaman sadon verran, minkä jälkeen maaperä on köyhtynyt niin paljon, ettei viljely ole enää mahdollista, jolloin on kaadettava lisää metsää. Hylätyille viljelyalueille ei enää kasva primääristä sademetsää, vaan sekundääristä sademetsää, jonka lajisto ei ole yhtä runsasta kuin alkuperäisessä sademetsässä. Kuivan kauden seurauksena on mahdollista, että tilalle ei kasva edes sekundääristä sademetsää, vaan savannille tyypillisiä ruohoja ja pensaita, jotka sitovat merkittävästi vähemmän hiiltä, kuin alkuperäinen sademetsä. (Aubréville 2013.)

Sademetsien suojeleminen on tärkeää hiilinielujen säilyttämisen kannalta, sillä puut tuovat suojaa ilmastonmuutoksen vaikutuksilta viilentäen mikroilmastoa sekä tuoden tuulensuojaa. Puut hyödyttävät myös maataloutta, ja IPCC:n raportin mukaan peltometsäviljelyllä on onnistuttu jopa kaksinkertaistamaan satojen tuottavuutta tavalliseen monokulttuuriseen maanviljelyyn verrattuna (IPCC 2014a, 1233).

Afrikassa on useita haasteita, jotka odottavat ratkaisua. Kasvavan väestön ja maaperän huonontumisen myötä ruokaturva heikkenee ja nälänhätä lisääntyy, jos ongelmia ei ratkaista ajoissa. Polttopuun tarpeen lisääntyessä myös metsäkato laajenee, sademetsien

biodiversiteetti on uhattuna, ja eroosio uhkaa lisätä aavikoitumista. Afrikan haasteet tulisi ratkaista kestävästi, eikä esimerkiksi sademetsien biodiversiteetin kustannuksella.

Jotta ihmisten toiminnasta maapallolla tulisi kestävä, tarvitaan kestävyysmuutosta. Kestävyysmuutos voidaan jakaa sosiaaliseen, taloudelliseen sekä ekologiseen osa-alueeseen. Afrikan kestävyyshaasteet voitaisiin saavuttaa ekologisen kestävyiden kautta. Hiilinieluja lisäämällä saataisiin suojaa ilmastonmuutokselta, ja maaperän hiilivarastoa kasvattamalla voitaisiin parantaa alueen ruokaturvaa. Ruokaturvan paraneminen lisäisi myös tuloturvaa. IPCC:n raportin (2014) mukaan koskemattomat ekosysteemipalvelut ja biodiversiteetti ovat avainasemassa ihmisen sopeutumiselle ilmastonmuutosta vastaan. Luonnollisten ekosysteemien kyky hillitä ilmastonmuutosta on paljon tehokkaampaa ja halvempaa verrattuna insinöörien kehittämiin ratkaisuihin. (IPCC 2014a, 1234.) Raportin mukaan myös tasapuolinen sosioekonominen kehitys parantaisi afrikkalaisten resilienssiä ilmastonmuutoksen aiheuttamia riskejä vastaan (IPCC 2014a, 1211).

3 TALOUDELLISET OHJAUSKEINOT HIILINIELUJEN KASVUN KANNUSTIMINA

Teollisuudesta aiheutuvat päästöt ja saasteet ovat negatiivisia ulkoisvaikutuksia. Ulkoisvaikutus on tilanne, jossa osaa hyödystä tai kustannuksesta ei oteta päätöksenteossa huomioon (Pohjola 2019, 117). Negatiivinen ulkoisvaikutus syntyy, kun yhteiskunnan rajakustannus on yrityksen kokema yksityistä rajakustannusta suurempi. Yhteiskunnan rajakustannuksiin sisältyy siis yksityiset rajakustannukset sekä muille taloudenpitäjille ulkoisvaikutuksesta aiheutuvat kustannukset. (Pohjola 2019, 117–118.) Teollisuuden osapuoli eli saasteiden tuottaja ei sisällytä päästöjen hintaa tuotteisiinsa, eikä niiden ostaja myöskään maksa siitä (IMF 2020). Päästöjen aiheuttamia negatiivisia ulkoisvaikutuksia ovat esimerkiksi ilmaston lämpeneminen sekä kaupunkien huono ilmanlaatu. Saasteet ja hiilipäästöt ovat markkinoiden ulkopuolella. Saasteista ei silloin maksa saasteiden tuottaja eli teollisuus eikä teollisuuden tuotteen ostaja, vaan tällöin saasteiden maksajaksi päätyy kolmas osapuoli. Joitain ulkoisvaikutuksia voidaan kuitenkin korjata markkinaehtoisesti asettamalla saastuttavalle toiminnalle hinta esimerkiksi verotuksen muodossa (Pohjola 2019, 119). Hiilipäästöt ovat negatiivisia ulkoisvaikutuksia, joita muun muassa teollistuminen on aiheuttanut. Jotta maksajaksi ei joutu kolmas osapuoli, vaan saastuttaja joutuisi maksamaan tuottamistaan päästöistä, hiilelle on keinotekoisesti asetettu hintoja eri muodoissa taloudellisten ohjauskeinojen avulla. Hiilen hinta näkyy esimerkiksi hiiliveroissa, päästökaupassa tai päästökompensatioissa. Hiilen hinnoittelu on tärkeä taloudellinen ohjauskeino, jolla pyritään tekemään saastuttavasta toiminnasta kalliimpaa kuin ympäristöystävällisestä ja samalla vähentämään hiilidioksidipäästöjä.

Taloudellisen ohjauskeinojen tarkoituksena on ohjata toimintaa toivottuun suuntaan. Taloudelliset ohjauskeinot ovat valtion ohjaamia tai muita taloudellisia kannustimia, jotka lisäävät ympäristökustannukset tai -edut yritysten ja kotitalouksien talousarvioihin. Niiden tavoitteena on kannustaa ympäristöystävälliseen ja tehokkaaseen tuotantoon ja kulutukseen. Taloudellisia ohjauskeinoja voivat olla esimerkiksi jätevesiverot tai saastuttamisesta perittävät maksut. (OECD 2003; Pohjola 2019, 121.)

Kannustimien tarkoituksena on motivoida ja kannustaa muutoksen tapahtumista. Esimerkiksi, jos halutaan lisätä hiilinieluja Afrikassa, tarvitaan kannustimia, kuten

taloudellista tukea, jotta metsänomistajat suojelisivat metsiään tai maanviljelijät lisääisivät maaperän hiilipitoisuutta. Kannustimien ei kuitenkaan tarvitse olla puhtaana käteen annettavaa rahaa. Jos maanviljelijä saa hiiliviljelyllä tuottoisampia satoja, voi siitä saatava taloudellinen lisähyöty toimia kannustimena. Rahallinen kannustin voi kuitenkin toimia etenkin siirtymävaiheessa parempana kannustimena, sillä tulevaisuuden tuottoisat sadot voivat tuntua viljelijöille vielä epävarmoilta.

Maailmalla on kehitetty erilaisia kannustimia hiiliviljelylle. Australiassa ja Kaliforniassa hiiliviljelijöille myönnetään tulosperusteisesti maaperän hiilipitoisuuden perusteella päästöyksikköjä, jotka he voivat myydä Australian ja Kalifornian päästökaupoissa (Carbon Farmers of Australia n.d.; Mellino 2015).

Hiilipäästöille on luotu hinnoittelujärjestelmiä, jotta saastuttamisesta saataisiin kalliimpaa. Yleisimmin käytössä olevia järjestelmiä ovat päästökaupat ja hiiliverotus. Hiilen hinnoittelun tavoitteena on vahvistaa kannustimia, jotka ohjaisivat kehittämään teknologiaa, joka alentaisi päästöjen vähentämisen hintaa (Boyce 2018, 53). Tarkoituksena on tehdä saastuttavasta toiminnasta kalliimpaa, mikä kannustaa ihmisiä toimimaan kustannustehokkaammin ja valitsemaan ympäristöystävällisen vaihtoehdon. Päästökauppoja ja hiiliverotusta on lähinnä teollisuusmaissa, mutta tulot yleensä ohjataan ilmastomuutoksen hillintään tai ympäristönsuojeluun. Hiilipäästöjä on alettu hinnoittelemaan, jotta Pariisin ilmasopimuksen tavoite pysäyttää ilmaston lämpeneminen 1,5 celsiusasteeseen voitaisiin saavuttaa.

3.1 Päästökauppa

Päästökauppoja toimii ympäri maailmaa 21 eri systeemissä, muun muassa Euroopan unionissa, Kaliforniassa, Australiassa ja Kiinassa (ICAP 2018). Maailman suurin ja ensimmäinen päästökauppa on vuonna 2005 perustettu Euroopan unionin päästökauppa, jonka piirissä on EU-alueen energiantuottajat, suuria teollisuusyrityksiä sekä EU:n sisäinen lentoliikenne. Päästökauppa kattaa 45 prosenttia EU-alueen kasvihuonekaasupäästöistä, joihin kuuluvat hiilidioksidi, dityppioksidi ja PFC-yhdisteet. Päästöt lasketaan hiilidioksidiekvivalentteina. (Euroopan komissio 2020).

Euroopan unionin päästökauppa toimii siten, että vuosittain on asetettu katto kasvihuonekaasuille, jota ei voi ylittää. Päästöoikeudet jaetaan jäsenvaltioiden kesken, jotka jakavat tai myyvät oikeudet edelleen yrityksille. Jos yritys tuottaa vähemmän päästöjä, kuin sille on annettu oikeuksia päästää, voi yritys myydä päästöoikeuksiaan toiselle yritykselle, jolle ei riitä sen alkuperäiset päästöoikeudet. Päästökaupassa jaettavien päästöoikeuksien kokonaismäärä pienenee faaseittain. Vuosina 2013–2020 oli meneillään kolmas faasi, jossa päästöoikeuksien määrä väheni vuosittain lineaarisesti 1,74 prosenttia. Neljännessä faasissa vuosina 2021–2030 päästöoikeuksien määrä vähenee lineaarisesti 2,2 prosenttia. Tavoitteena on, että vuonna 2030 päästökaupan kattopäästöt ovat enää 43 prosenttia vuoden 2005 tasosta. (Euroopan komissio 2020). Yhden päästötonnin hinta on vaihdellut 3–30 euron välillä (Business Insider 2020).

Päästökauppoihin on kytketty eri puolilla maailmaa myös hiilensidontaa. Australiassa ja Kaliforniassa maanviljelijät saavat hiiliviljelystä päästöyksikköjä, joita he voivat myydä päästökaupassa. Päästöyksikköjä myönnetään tulosperusteisesti, eli palkkio perustuu hiilen määrään maaperässä. (Mellino 2015; Carbon Farmers of Australia). Myös Euroopan unioni on aloittanut selvitystyön hiilinielujen liittämistä päästökauppaan (Euractiv 2020).

3.2 Hiilen verotus

Hiilivero on vero, joka asetetaan hiilipohjaisille polttoaineille, kuten kivihielelle, öljylle tai kaasulle. Se on esimerkki Pigou-verosta eli haittaverosta, jolla verotetaan ulkoishaittoja. Verotus toteutuu jokaista tuotettua päästöyksikköä kohden, eli verojen määrä on riippuvainen tuotettujen päästöjen määrästä, ja jos hiilivero on tarpeeksi korkea, se motivoi yrityksiä vähentämään päästöjään ja vaihtamaan uusiutuvaan energiaan (Carbontax.org n.d.; Itonen 2020; Pohjola 2019, 120). Hiiliveron tarkoituksena on tehdä runsaasti päästöjä aiheuttavasta toiminnasta tai hyödykkeistä kalliimpaa kuin vähäpäästöisistä vaihtoehtoista, ja siten ohjata tuotantoa ja kulutusta kestävämmäksi. Hiiliveron sopivan hinnan määrittäminen on vaikeaa, sillä sen tulisi vastata kasvihuonekaasupäästöjen sosiaalista rajakustannusta. (Itonen 2020.) Hiiliverotus eroaa päästökaupasta muun muassa siten, että verotus asettaa hiilelle varmemman hinnan kuin päästökauppa, mutta päästökauppa

puolestaan antaa varmemman luvun saavutetuista päästövähennyksistä. Verotus tapahtuu yleensä joko verottamalla päästöjä tai verottamalla kasvihuonekaasuintensiivisiä tuotteita tai palveluja, kuten bensiiniä. (Center for Climate and Energy Solutions n.d.).

Vuonna 2018 käytössä oli 26 kansallista tai alueellista hiiliveroa (Itkonen 2020). Afrikan maista vain Etelä-Afrikassa on käytössä hiilivero, ja se on otettu käyttöön vuonna 2019 (Itkonen 2020; Center for Climate and Energy Solutions n.d.). Verotuksella voidaan kerätä merkittävä määrä rahaa, joka voidaan valtioiden päätöksistä riippuen ohjata esimerkiksi ilmastonmuutosta hillitseviin toimiin, kuten vähähiilisen teknologian kehitykseen tai sopeutumisen parantamiseen (Center for Climate and Energy Solutions n.d.).

3.3 Hiilitulojen ohjaus

Hiilituloja voi tulla esimerkiksi hiiliveroista tai päästökaupasta. Niitä voidaan ohjata joko julkisyhteisöjen tuloihin tai ne voidaan sitoa lailla johonkin tiettyyn käyttötarkoitukseen, kuten ilmastonmuutoksen hillintään. (World Bank 2019, 6, 30.) Päästökaupasta saatavia hiilituloja ohjataan ympäristön suojelemiseen sekä ilmastonmuutoksen hillintään. Esimerkiksi EU:n päästökaupasta kertyi hiilituloja vuonna 2018 14 miljardia euroa. Näistä 70 prosenttia ohjattiin EU:n ilmasto- ja energiatavoitteiden edistämiseen. (Euroopan komissio 2019). Jos hiili maksaisi US\$ 70/tCO₂, voitaisiin sillä Maailman pankin mukaan kerätä hiilituloja määrä, joka vastaisi jopa 2-4 prosenttia bruttokansantuotteesta kehittyvissä maissa, kuten Etelä-Afrikassa. Hiilen hinta kuitenkin vaihtelee reilusti. Alimmillaan hiilen hinta on ollut US\$ 1/tCO₂e ja korkeimmillaan US\$ 127/tCO₂e. Hiilitulojen määrä riippuu siis vahvasti hiilen hinnasta sekä hiiliveron ja päästökaupan kattavuudesta. (World Bank 2019, 14–16.)

Hiilitulojen määrän oletetaan kasvavan tulevaisuudessa, kun valtiot kiristävät ilmastopolitiikkaansa Pariisin ilmastopimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi, ja hiiliverotuksen uskotaan olevan sen suhteen merkittävässä asemassa. Kansainvälisten hiilimarkkinoiden avulla voitaisiin suunnata hiilituloja kehittyviin maihin. Ilmastonmuutoksen hillitseminen kehittyvissä maissa on kustannustehokkaampaa kuin kehittyneissä maissa. (World bank 2019, 18–19.) Hiilitulot voivat toimia yhtenä

kannustimena siirtyä hiiltä sitoviin maatalousmenetelmiin muiden kannustimien lisäksi, joita ovat isompi sato, parantunut ruokaturva sekä maaperän uudistaminen (Walden et al. 2019).

3.4 Päästökompensaatiot

Sitran (2020) mukaan päästöjen kompensoinnissa kumotaan jonkin tahon aiheuttama ilmastohaitta, kuten tietty määrä hiilidioksidipäästöjä, sitomalla sama määrä jossain muualla. Kompensointi tapahtuu usein käytännössä ostamalla päästöyksiköitä, joita tuotetaan esimerkiksi kehittyviin maihin suuntautuvissa lukuisissa eri projekteissa. Kompensoinnista saatavilla varoilla muun muassa kehitetään uusiutuvaa energiaa, suojellaan metsiä tai metsitetään uusia alueita, edistetään kestäväää maataloutta, kuten peltometsäviljelyä, lisätään maaperän hiilipitoisuutta, kerätään metaania kaatopaikoilta, hankitaan paikallisille energiatehokkaampia liesiä tai vedenpuhdistuslaitteita (Landström 2020; Ecosystem Marketplace 2019).

Päästöjä voi kompensoida nykyään kuka vain, ja toiminta on vielä vapaaehtoista. Yksityishenkilöt voivat kompensoida esimerkiksi omat lentopäästönsä, jolloin niistä syntyneen hiilidioksidimäärän verran sidotaan hiiltä esimerkiksi Afrikassa. Myös yritykset voivat kompensoida aiheuttamiaan päästöjä. Päästökompensointi on herättänyt myös kritiikkiä, sillä yritykset voivat kompensatioiden avulla väittää olevansa hiilineutraaleja, vaikka päästöjä olisi vähennetty ollenkaan (Finnwatch 2020). Päästötonnin hintaa pidetään myös liian pienenä. Esimerkiksi Gold Standard -sertifioitu kompensatiotonni voi maksaa halvimmillaan vain noin 10 dollaria. Hinta kuitenkin vaihtelee kompensatioprojektin mukaan. (Gold Standard n.d. a.)

Kompensatioista kertyneitä varoja ohjataan Afrikassa muun muassa hiilensidontaan. Gold Standard ohjaa varoja muun muassa Ethiopian Humbon ja Sodon alueen metsitysprojektiin, jonka uskotaan sitovan tulevaisuudessa yli miljoona tonnia hiilidioksidia. Metsiä palautetaan projektin myötä 3227 hehtaarin kokoiselle alueelle. Projekti tuo mukanaan myös muita hyötyjä, kuten työllistää paikallisia, parantaa maaperän hedelmällisyyttä ja vähentää eroosiota. (Gold Standard n.d. b.)

3.5 Puhtaan kehityksen mekanismi (CDM)

Puhtaan kehityksen mekanismi eli CDM (Clean development mechanism) on yksi kolmesta Kioton pöytäkirjan määritellyistä joustomekanismeista, joiden tavoitteena on muun muassa vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja osallistaa kehittyvien maiden yksityistä sektoria ilmastonmuutoksen hillintään. Sen myötä teollisuusmaiden yksityisen ja julkisen sektorin toimijat voivat rahoittaa päästövähennystoimiaan tai lisätä hiilinieluja kestävän kehityksen mukaisesti kehittyvissä maissa, ja sitä kautta toteuttaa Kioton pöytäkirjan päästövähennysvelvoitteita. Kehitysmaiden asukkaat hyötyvät toimista saaden rahoitusta teollisuusmailta samalla ohjaten taloudellista kehitystä kestäväan suuntaan. (UNFCCC 2013, 6.) Päästövähennysten toteuttaminen kehittyvissä maissa on halvempaa kuin teollisuusmaissa (ilmasto.org n.d.).

CDM-mekanismissa kehittyvät maat voivat ansaita CER-krediittejä (certified emission reduction credits), jotka vastaavat yhtä tonnia hiilidioksidia. CER-krediitit voi myydä tai vaihtaa, ja niitä voivat ostaa teollisuusmaiden eri toimijat, jotka tavoittelevat päästövähennyksiä. (UNFCCC n.d. a) Myös Euroopan unionin päästökaupan piirissä olevat yritykset voivat CER-krediittejä hankkimalla lisätä päästökiintiöitään tai myydä niitä eteenpäin (Ympäristöministeriö n.d.).

CDM-hankkeiden tulee olla lisäisiä, mikä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi hankkeen ansiosta istutettua metsää ei olisi muuten istutettu. Metsittäminen ei myöskään saa johtaa metsien hakkuisiin toisaalla ollakseen aidosti lisäinen. (UNFCCC n.d. b)

Teollisuusmaat ovat vuoteen 2018 mennessä toteuttaneet jo 7803 CDM-hanketta kehittyvissä maissa, ja hankkeilla on jo lisätty hiilinielujen määrää Afrikassa. (UNFCCC 2018, 2–3). Esimerkiksi Etiopian Humbon alueella aloitettiin vuonna 2009 CDM-hanke, jonka avulla palautettiin metsiä alueelle, jossa oli ylikäytetty metsien luonnonvaroja. Metsän kaataminen oli johtanut juomaveden saatavuuden heikkenemiseen, maatalouden tuottavuuden nopeaan laskuun sekä altistumiseen luonnonkatastrofeille aiheuttaen nälänhädän 65 000 asukkaan alueella. Tämän CDM-hankkeen avulla palautettiin 2700 hehtaaria metsää Humbon alueelle, ja projektin seurauksena myönnettiin 73339 tCER-

krediittiä, jonka on arvioitu tuovan vuoteen 2036 mennessä 700 000 USD:n arvosta hiilituloja. Tulojen lisäksi hanke paransi alueen ympäristön tilaa sekä paransi sosioekonomista tilaa, joiden uskotaan olevan alueen väestölle arvokkaampia kuin rahassa mitatut tulot. (UNFCCC 2013, 11.)

CDM-hankkeiden tulevaisuus on kuitenkin epävarma, sillä puhtaan kehityksen mekanismit ovat osa Kioton pöytäkirjaa, jonka viimeinen velvoitekausi loppui vuoteen 2020. Nykyään voimassa on Pariisin ilmastopimus, jonka tavoitetta hillitä päästöjä kaikkialla maailmassa ei voida toteuttaa CDM-hankkeilla. Mekanismilla ei myöskään ole laillista oikeutta myöntää CER-yksiköitä vuoden 2020 jälkeen. (EDF 2018.)

4 HIILINIELUJEN KANNUSTIMIA AFRIKASSA

Afrikkaan tarvitaan tulosperusteisia kannustimia, jotka kannustavat paikallisia metsittämään tai vaihtamaan parempiin viljelymenetelmiin. Tulosperusteisissa maksuissa afrikkalaisille maksetaan esimerkiksi maaperän lisääntyneen hiilipitoisuuden perusteella. Vaikka kestävä metsänhoito ja sen tuottamat paremmat hyödyt voivat merkitä paikalliselle polttopuista riippuvaiselle väestölle enemmän kuin taloudelliset kannustimet (Araya et al. 2014, 18), voi afrikkalaiselle pienviljelijälle siirtyminen uusiin kestäviin menetelmiin olla liian kallista, eikä investointikustannuksia ole varaa maksaa.

Afrikassa on jo käytössä joitain taloudellisia kannustimia, kuten PES ja REDD+, jotka kannustavat paikallisia säilyttämään ja suojelemaan paikallisia ekosysteemejä. Kannustimia tarvittaisiin kuitenkin enemmän etenkin kestävän maatalouden sektorille, sillä maataloudella on merkittävä potentiaali sekä hiilensidonnassa että ruokaturvan paranemisessa Afrikassa.

4.1 PES

PES-järjestelmä (payments for environmental services) on vapaaehtoisuuteen perustuva maksujärjestelmä, jossa maksetaan maanomistajille ekosysteemipalvelujen ylläpitämisestä. Ekosysteemipalvelun edunsaaja maksaa maanomistajalle, kun hän ylläpitää tai lisää maan alansa ekosysteemiä, kuten metsää. Konsepti perustuu siihen, että täydellisen kilpailun markkinoilla ekosysteemipalvelujen, kuten metsien, myyjille maksetaan se vaihtoehtoiskustannus, joka muodostuu, kun valitaan ekosysteemipalvelujen ylläpito jonkin muun mahdollisen maankäytön muodon sijaan. PES-järjestelmällä uskotaan olevan suuri potentiaali metsien ja muiden ekosysteemien suojelussa. (FAO 2016.)

PES on käytössä ympäri maailmaa. Tyypillisesti se toimii yksilöiden tai kotitalouksien tasolla, jossa heille maksetaan maanhoidosta. Kaikkialla maanomistusoikeudet eivät ole niin yksinkertaisia, että yksityishenkilöt omistaisivat maan, vaan maa-ala ja etenkin metsä voi olla yhteisön omistuksessa. Tällöin sopimukset neuvotellaan koko ryhmän kesken, joka voi

muodostua esimerkiksi naapureista tai koko yhteisöstä. Tällainen menettely saattaa sallia vapaamatkustamisen maanhoidossa, mutta toisaalta siinä voidaan myös säästää kaupankäyntikuluissa. Ryhmäsopimusten avulla on helpompi varmistaa myös projektien lisäisyys, eli esimerkiksi, jos metsää suojellaan jossain, sitä ei kaadeta toisaalla, vaan projekti tuottaa aidosti lisähyötyä ekosysteemipalveluille. (Kaczan et al. 2017.)

PES ei keskity ekosysteemipalvelujen suojelussa välttämättä hiilensidontaan, vaikka oikeilla maanhoidon tekniikoilla hiilipitoisuus maaperässä ja biomassassa kasvaakin. PES sen sijaan voi keskittyä biodiversiteetin muihin ominaisuuksiin, kuten eläinlajien luontaisen elinympäristön suojeluun. Suoritusperusteiset maksut perustuvat siis hiilensidontan lisääntymisen sijaan luonnonsuojeluun. PES-järjestelmän kyky tuottaa haluttuja tuloksia perustuu maksujen ehdollisuuteen, eli luotetaan, että kannustimet saavat aikaan muutoksia käyttäytymisessä. (FAO 2016.)

4.2 REDD+

REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Degradation, and enhancing forest carbon stocks) on YK:n ohjelma, jossa metsiin varastoituneelle hiilelle asetetaan hinta (UN-REDD 2020). Siinä valtioille, yhtiöille ja metsänomistajille ja -käyttäjille kehittyvissä maissa maksetaan sademetsien suojelusta. (Araya et al. 2014, 1–2.) Sen tavoitteena on vähentää metsäkadosta ja maaperän huonontumisesta aiheutuvia päästöjä, suojella ja lisätä metsien hiilivarastoja sekä lisätä kestävä metsänhoitoa (Mbow et al. 2012), ja estää metsien varastoima hiilen vapautuminen ilmakehään (Araya et al. 2014, 1–2).

Metsien hävittäminen aiheuttaa noin 11 prosenttia maailman hiilipäästöistä, ja ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi näitä päästöjä on vähennettävä (UN-REDD 2020). Afrikassa on kuitenkin paljon ihmisiä, joiden toimeentulo riippuu sademetsistä ja niiden hakkuista, joten metsien suojelu aiheuttaa merkittäviä vaihtoehtokustannuksia paikallisille yhteisöille. Paikallisille tulisi siis maksaa ainakin vaihtoehtokustannusten suuruinen summa, jotta se kompensoisi kustannukset, jotka aiheutuvat siitä, että metsän hakkuun sijaan päätetään suojella metsää. Vaihtoehtokustannusten suuruus vaihtelee maittain riippuen niiden ekologisesta ja ekonomisesta tilanteesta. Kuitenkin pienviljelijöille aiheutuvat

kustannukset ovat pienemmät kuin esimerkiksi suuren mittakaavan palmuöljyplantaasien viljelijöille, sillä pienviljelijöiden viljelmillä ei yleensä ole merkittävää taloudellista arvoa. (Araya et al. 2014, 1–2)

REDD+-järjestelmää rahoittaa toistaiseksi muut maat, monenkeskiset rahoituslaitokset, yksityiset rahoittajat ja muut toimijat. REDD+-maksuja voi vastaanottaa rahana tai hiilikrediittinä, jolloin niiden avulla vähennetään jonkin muun tahon päästöjä esimerkiksi päästökompensaatioina. REDD+:n hiilikrediittejä voi hyödyntää esimerkiksi Pariisin ilmastopimuksen päästövähennystavoitteisiin pyrkiessä. REDD+-järjestelmä edellyttää Afrikan valtioilta kansallista metsien valvontajärjestelmää sekä metsien hiilivarastojen laskemista ja mittaamista ajan kuluessa. Valtioiden tulee myös todistaa, ettei REDD+-toiminnalla ole negatiivisia seurauksia, vaan toiminta on lisäistä. Valtioiden tulee myös varmistaa, että toiminta auttaa parantamaan paikallisten toimeentuloa. (Bertazzo 2019.)

5 HAASTEET TALOUDELLISTEN OHJAUSKEINOJEN KÄYTTÖNOTOSSA AFRIKASSA

Vaikka ekologisesta näkökulmasta katsottuna Afrikassa onkin valtavasti potentiaalia hiilensidonnan lisäämiseksi, sosiopoliittista potentiaalia sille ei ole kovinkaan paljoa (Unruh 2008). Haasteita eri taloudellisten ohjauskeinojen ja kannustimien käyttöönotolle hiilinielujen lisäämiseksi Afrikassa saattaa aiheuttaa maankäyttöoikeuksien epäselvyys. Useimmissa Afrikan maissa etenkin pienviljelijöiltä puuttuu asiakirjat, joilla voitaisiin todistaa maanomistus tai sen käyttöoikeus. Se aiheuttaa vaikeuksia esimerkiksi sopimuksia tehdessä, sillä on epäselvyyksiä sopimusten toimivuudesta, jos viljelijät eivät virallisesti omista viljelysmaataan. Esimerkiksi PES- ja REDD+ -järjestelmissä maksaminen onnistuu vain, jos oikeus maankäyttöön on todistettavissa. Afrikan valtioiden tulee siis tehdä uudistuksia lainsäädäntöön ja yhtenäistää laki maankäyttöpolitiikan suhteen. Yrityksistä huolimatta siinä ei kuitenkaan ole onnistuttu. Maankäyttöoikeuksiin liittyvät ongelmat ovat merkittävin haaste hiilinielujen toteutumiselle Afrikassa. (Unruh 2008.)

Kannustimien toimivuutta hankaloittaa projektien tarkoitus olla lisäisiä. Lisäisyys tarkoittaa sitä, että esimerkiksi hiiltä sitovaa toimintaa ei olisi tapahtunut ilman sitä lisäävää projektia. Viljelijöille maksetaan hiilensidonnasta tulosperusteisesti, ja toiminnan tulee olla aidosti lisäistä. Lisäisyys aiheuttaa kuitenkin haasteita, sillä sen todistaminen on osoittautunut toisinaan vaikeaksi. Viljelijöiden on esimerkiksi mahdollista hankkiutua eroon maaperänsä hiilestä kyntämällä maata tai esimerkiksi kaatamalla metsää, jotta heille maksettaisiin hiilen uudelleen sidonnasta. Joissain tapauksissa ei myöskään ole varmaa, olisiko viljelijät jo entuudestaan olleet valmiita vaihtamaan peltometsäviljelyyn, vai tapahtuuko viljelymenetelmien muutos aidosti kannustimista johtuen. (FAO 2010.)

5.1 Haasteet maankäyttöoikeuksissa

Haasteet maankäyttöoikeuksissa koskevat ennen kaikkea Afrikkaan suuntautuvia metsitysprojekteja. Maankäyttöoikeuksiin liittyvät ongelmat voidaan jakaa viiteen osaan, joita ovat (1) erot totuttujen tapojen ja lakisääteisten maankäyttöoikeuksien välillä, (2)

oikeudellinen pluralismi, (3) puiden istuttaminen nähdään maan valtaamisena, (4) metsitettyjen alueiden laajeneminen pienviljelijöiden maankäyttösystemeissä ja (5) vaikeudet hylättyjen maa-alueiden käytössä. (Unruh 2008.)

5.1.1 Erot totuttujen tapojen ja lakisääteisten maankäyttöoikeuksien välillä

Afrikassa lainsäädäntö ja totutut tavat eivät yleensä kohtaa maankäyttöoikeuksien suhteen. Afrikkalaiset uskovat maa-alan ja metsien omistajuuden perustuvan sen hallussapitoon, käyttöön, sukujuuriin sekä muihin synnynnäisiin oikeuksiin. Hallitukset usein sivuuttavat nämä seikat, ja lain mukaan maa-ala on valtion maata. Todellisuudessa lain valvominen on kuitenkin olematonta kapasiteetin puutteen vuoksi. Ongelmia lainsäädännön toteutumiselle aiheuttavat lakien täytäntöönpano, politiikka, identiteetti, etnisyys, rahoitus, korruptio ja konfliktien mahdollisuus. Totutut tavat ja tapaoikeus ovat siis huomattavasti vahvemmassa asemassa kuin lainsäädäntö. Viralliset maankäyttöoikeudet ovat olleet Afrikassa ongelma jo pitkään, eikä lainsäädännöllä ole välttämättä mitään tekemistä sen kanssa, miten Afrikassa oikeasti toimitaan. Metsitysprojektien suhteen on epäselvää, miten sopimukset toimitivat, jos maanviljelijöillä ei ole virallisesti oikeutta maa-alaan, jolla he viljelevät. Metsitysprojektit toimivat usein hallitusten kautta, ja hallitusten heikkous saattaa aiheuttaa haasteita projektien toteutumiselle. (Unruh 2008.)

5.1.2 Oikeudellinen pluralismi

Oikeudellinen pluralismi on tilanne, jossa tietyllä valtiollisen oikeusjärjestyksen alueella on voimassa samanaikaisesti useita eri oikeudellisia sääntelymalleja (Karhu & Siltala 2020). Afrikassa valtion lainsäädäntö toteutuu parhaiten alueilla, joilla on eniten taloudellista arvoa, kuten väkirikkailla alueilla, joilla harjoitetaan intensiivistä maataloutta, hedelmällisillä mailla, alueilla, joilla on arvokkaita luonnonvaroja tai alueilla lähellä infrastruktuuria. Näillä alueilla ei kuitenkaan tavallisesti toteuteta metsitysprojekteja, vaan ne toteutetaan

syryjäisemmällä seuduilla, joissa valtioilla ei ole juurikaan valtaa ja lainsäädäntö on tehotonta. Näillä alueilla yksilöillä, kotitalouksilla, yhteisöillä ja valtioilla on erilaisia käsityksiä vallitsevasta lainsäädännöstä, jolloin syntyy oikeudellista pluralismia. (Unruh 2008.)

Metsitykseen ja hiilensidontaan liittyvässä kirjallisuudessa usein suositellaan, että hallitukset myöntäisivät maankäyttöoikeudet maanviljelijöille, sillä länsimaisen ajattelun mukaan se on toimiva konsepti. Afrikassa maa-alan omistusoikeuksien myöntämistä ei kuitenkaan nähdä köyhien suojelemisena, vaan köyhät afrikkalaiset usein haluavat suojautua hallituksilta ja pysyä anonyymeinä. Köyhille on prioriteetti pysyä hallitusten toimien ulkopuolella, eikä sitä ajatusmaailmaa ole helppoa muuttaa. Se on ongelmallista, sillä metsitysprojektit toimivat hallitusten kautta. (Unruh 2008.)

5.1.3 Puiden istuttaminen nähdään maa-alan valtaamisena

Afrikkalaisessa tapaoikeudessa puiden istuttaminen nähdään alueen valtaamisena. Puita on perinteisesti istutettu rajaamaan alueita toisistaan. Tarkoituksella istutetuilla puilla on olennainen rooli paikallisten kulttuurien ja instituutioiden määrittelyssä, ja ne osoittavat laajoja yhteiskunnallisia oikeuksia. Metsitysprojektit voivat aiheuttaa ongelmia, kun paikalliset tulkitsevat ulkopuoliset, kuten metsitysprojekteja vetävät organisaatiot, metsän valtaajina. Metsitys voi vaikeuttaa aikaisempia alueiden valtaamisia, joista voi aiheutua suurempia ongelmia kuin vain metsitysprojektin epäonnistuminen tai puiden hakkuut. (Unruh 2008.)

5.1.4 Metsitettyjen alueiden laajeneminen pienviljelijöiden maankäyttösystemeissä

Afrikassa on suuri ero sillä, tapahtuuko metsitys itsestään afrikkalaisten toimesta paikallisista maankäyttöön liittyvistä tai muista syistä johtuen, vai johtuuko metsitys ulkopuolisista prioriteeteista tai lähestymistavoista. Projektien toteutus vaatii täysin erilaisia sosiopoliittisia ja maankäyttöön liittyviä toimenpiteitä, vaikka paikallinen yhteisö

osallistuisikin projektien toteutukseen. Paikallisten omat epäviralliset metsitystoimet eivät vaadi niin paljoa, sillä ne perustuvat tapaoikeuteen. (Unruh 2008.)

5.1.5 Vaikeudet ”hylättyjen maa-alueiden” käytössä

”Hylättyjä maa-alueita” voivat olla esimerkiksi hylätyt entiset maatalousmaat, joiden tilalla kasvaa nykyään sekundäärimetsää tai joiden maaperän kasvukunto on huonontunut. ”Hylättyjen maa-alueiden” käsite on kuitenkin useimmiten harhaanjohtava, sillä vaikka alueet vaikuttaisivatkin hylätyiltä, voi ne silti olla jonkun omistuksessa. Koska maanomistajuus Afrikassa on lähtökohtaisesti varsin epäselvää, tekee se ”hylättyjen maa-alueiden” hyötykäytöstä vaikeaa. Entisillä maatalousmailla olisi ekologisesta näkökulmasta valtavasti hiilensidontapotentialiaa, mutta epäselvyydet maan omistuksessa vaikeuttavat laajamittaisia metsitysprojekteja. Alueet voivat olla esimerkiksi heimojen hallussa tai niillä voidaan laiduntaa satunnaisesti karjaa, mikä ei välttämättä näy päällepäin. (Unruh 2008.)

5.2 Institutionaaliset tekijät

Afrikassa on useita institutionaalisia tekijöitä, jotka aiheuttavat haasteita hiilensidontaprojektien toteutumiselle. Metsät ja niiden tarjoamat ekosysteemipalvelut nähdään usein julkishyödykkeinä. Julkishyödykkeet ovat ulkoisvaikutusten äärimuoto, ja niiden toimittaminen markkinoiden kautta ei onnistu (Pohjola 2019, 121–122). Kyseessä on markkinahäiriö, jolloin ekosysteemipalveluilla ei ole hintaa markkinoilla. Paikalliset kuluttavat metsien ekosysteemipalveluita, mutta kukaan ei maksa siitä, ja kaikki hyötyvät metsien hiilensidonnasta, eikä keltään voida sitä hyötyä kieltää. Matalan tulotason maissa on hakattu metsiä välittämättä sen alueellisista tai globaaleista vaikutuksista. Taloudellisesta näkökulmasta katsottuna, kun hiilensidonnasta maksetaan esimerkiksi pienviljelijöille, pyritään korjaamaan tämä markkinahäiriö sisällyttämällä metsän kasvatukseen liittyvät positiiviset ulkoisvaikutukset hiilensidonnan hintaan. (Reynolds 2011.) Ulkoisvaikutusten hinnan sisällyttäminen mahdollistaa kuitenkin vapaamatkustamisen, jolloin yksittäinen

henkilö voi rikkoa sääntöjä ja kuluttaa hyödykettä ilmaiseksi (Pohjola 2019, 122–123), eli esimerkiksi kaataa metsää, ja samalla hyötyä hiilensidonnasta maksettavista palkkioista.

Metsät tarjoavat muun muassa puutavaraa ja polttopuuta paikallisille, ja niillä on merkittävä arvo. Useimmiten mikään instituutio ei kuitenkaan säätele näiden resurssien käyttöä, ja kehittyvissä maissa metsät nähdäänkin usein tosiasiassa yhteisinä resursseina. (Reynolds 2011.) Yhteisistä resursseista voidaan hyötyä yhdessä, mutta ihmismäärän kasvaessa ja kaikkien käyttäessä näitä resursseja, kaikkien saamat hyödyt pienenevät (Pohjola 2019, 123), eli kaikki voivat käytännössä hakata metsää ja hankkia polttopuita, mutta mitä enemmän ihmisiä niin tekee, sitä vähemmän puita lopulta on jäljellä, kunnes kaikki puut häviävät. Toisaalta sama toimii myös toisinpäin. Jos ihmisiä on vähän, metsä voi tuottaa hyödykkeitä nopeammin kuin ihmiset ehtivät niitä käyttää. Empiiristen tutkimusten perusteella yksilöt ylikuluttavat metsiä todennäköisemmin, kun ne ovat yhteisomistuksessa. Teorian mukaan, jos iso joukko jakaa samat yhteiset resurssit, se toimii kannustimena puiden hakkaamiselle, sillä todennäköisyys kasvaa sille, että joku muu kuitenkin kaataa puita, vaikei itse niin tekisi. Lisäksi puutavarasta maksetaan hyvin, mikä toimii sekin kannustimena puiden kaatamiselle. Puiden istuttamiselle sen sijaan toimii kannustimena yleensä suuri summa rahaa, jonka tulisi olla ainakin niiden vaihtoehtoiskustannusten suuruinen, jotka syntyvät, jos metsä jätetään kaatamatta. Jotta yhteisresurssien tuomat ongelmat voitaisiin ratkaista, tulisi yhteiset metsät yksityistää, mutta se on kuitenkin poliittisesti lähes mahdotonta toteuttaa Afrikassa. (Reynolds 2011.)

Paikallinen johtajuus saattaa myös aiheuttaa haasteita hiilinielujen lisäämiselle. Teorian sekä empiirisen tutkimuksen mukaan ympäristöjohtajuusstrategiat toimivat parhaiten silloin, kun ne on suunniteltu ja toteutettu tavalla, joka sopii yhteen paikallisten normien kanssa. Hyvä johtajuus on tärkeää myös kommunikaation kannalta. Jos kommunikaatio ja tiedotus projektin johtajan ja osallistujien kesken on tehotonta, paikalliset eivät välttämättä ymmärrä mitä hyötyjä esimerkiksi metsitysprojektit tuovat, eivätkä siten välttämättä halua tukea sitä. (Reynolds 2011.) Yhteistyön tai motivaation puute saattavat estää projektien onnistumisen.

5.3 Taloudelliset kysymykset

Vaikka Afrikassa on runsaasti arvokkaita luonnonvaroja, se on kaikista maanosista köyhin ja vähiten kehittynyt. Syyt alikehittyneisyyteen löytyvät historiasta. Orjuus vei Afrikasta valtavasti työvoimaa Amerikkaan, ja suurvaltojen harjoittama kolonialismi vei pohjan talouskasvulta. (Ojo 2015.) Koska ilmastonmuutos on seurausta kehittyneiden maiden teollisuuden kuluttamista fossiilisista polttoaineista, tulisi kehittyneiden maiden myös olla päävastuussa ilmastonmuutoksen hillinnästä. Kehittyneet maat tukevat jo Afrikkaa kehitysyhteistyön muodossa, mutta ilmastonmuutoksen edetessä apua tarvitaan enemmän etenkin hiilensidonnan näkökulmasta. Taloudellisen tuen ilmastonmuutoksen hillintään ja hiilinielujen lisäämiseen Afrikassa tulisikin tulla kehittyneiltä mailta. Afrika tuottaa vain murto-osan maailman päästöistä, eikä siten ole Afrikan vastuulla sitoa teollisuusmaiden tuottamia hiilidioksidipäästöjä hiilinieluihin, jos kehittyneet maat eivät sitä tukisi. Kehittyneille maille hiilensidonnan toteuttaminen Afrikassa on halvempaa, ja afrikkalaisten elintaso paranee hiilinielujen lisääntyessä. Köyhyyden vuoksi afrikkalaisilla ei välttämättä olisi myöskään varaa vaihtaa esimerkiksi parempiin viljelymenetelmiin, vaan he tarvitsevat taloudellista tukea ja kannustimia kehittyviltä mailta.

Transaktiokustannukset vaikuttavat hiilihankkeiden kustannusten suuruuteen. Transaktiokustannukset muodostuvat haku-, kannattavuustutkimus-, neuvottelu-, valvonta-, vakuutus- ja viranomaishyväksynnän kustannuksista. Transaktiokustannukset hiilihankkeissa voivat nousta korkeiksi etenkin hankkeilla, jotka toteutetaan pienillä, alle yhden hehtaarin maa-aloilla, kun taas suurilla maa-aloilla voi saada mittakaavaetua ja säästää transaktiokustannuksissa merkittävästi. (Pearson et al. 2013; Cacho & Lipper 2007.) Transaktiokustannuksien suuruuteen vaikuttaa pinta-alan lisäksi myös eri toimijoiden määrä. Toimijoiden suuri määrä lisää kustannuksia, joten kun toimijoita on vähemmän, transaktiokustannukset ovat pienemmät. (Cacho & Lipper 2007.) Jos transaktiokustannukset nousevat korkeiksi, eivät hiilihankkeet ole enää kustannustehokkaita (Pearson et al. 2013). Etenkin pienviljelijöille kulut voivat nousta liian korkeiksi, mikä aiheuttaa haasteita hiilihankkeiden toteutumiselle.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Afrikassa on runsaasti potentiaalia hiilensidontaan ekologisesta näkökulmasta katsottuna. Jotta hiilinieluja voidaan lisätä, tarvitaan taloudellisia ohjauskeinoja. Afrikkalaisista 47,5 prosenttia elää köyhyysrajan alapuolella, ja ilman kannustimia heillä ei olisi varaa toteuttaa muutoksia maankäytön sektorilla, jotta hiilinielujen määrää voitaisiin kasvattaa.

Maailmalla on käytössä useita keinoja hiilen hinnoittelulle, ja niistä voitaisiin hyötyä myös Afrikassa. Esimerkiksi päästökaupasta ja hiilen verotuksesta saatavia hiilituloja on mahdollista ohjata hiilensidontaprojekteihin. Kehittyneiden maiden CDM-hankkeet ovat olleet toimiva keino lisätä hiilinieluja Afrikassa, mutta niiden tulevaisuus on kuitenkin epävarma Kioton pöytäkirjan viimeisen velvoitekauden päättymisen vuoksi. Afrikassa on käytössä jo PES- ja REDD+-kannustimet, joiden avulla voidaan tukea hiilinielujen kasvua.

Kannustimia tarvitaan lisää etenkin hiiltä sitovan maatalouden harjoittamiseen, sillä maatalous on afrikkalaisten pääelinkeino, ja siten voitaisiin hiilensidonnan avulla parantaa myös ruokaturvaa Afrikassa. Kannustimia tarvittaisiin myös metsien ja maaperän hiilipitoisuuden pienentämisen ja monokulttuuriseen viljelyyn siirtymisen estämiseen. Taloudellista tukea ja rahoitusta tarvittaisiin kehittyneiltä mailta, jotka ovat vaikuttaneet ilmaston lämpenemiseen eniten.

Kannustimien käyttöönottoon liittyy useita haasteita. Haasteita on erityisesti maankäyttöoikeuksissa tapaoikeuden ja paikallisen lainsäädännön ristiriitojen vuoksi, mikä voi hankaloittaa hiilinieluprojektien toteutumista. Lainsäädäntöön liittyvät haasteet olisi hyvä ratkaista, jotta hiilinielujen määrää voitaisiin kasvattaa, mutta aiempien tutkimusten perusteella haasteiden ratkaiseminen on vaikeaa.

Vastaavia tutkimuksia, joissa selvitetään kattavasti eri taloudellisten ohjauskeinojen mahdollisuuksia kasvattaa hiilinielujen määrää Afrikassa, on niukasti. Tutkimuksia on tehty lähinnä yksittäistä kannustimista ja taloudellisista ohjauskeinoista. Tulevaisuudessa voitaisiin tutkia lisää sitä, miten maankäyttöoikeuksiin ja institutionaalisiin tekijöihin liittyvät haasteet saataisiin ratkaistua, jotta hiilinielujen määrää saataisiin kasvatettua Afrikassa.

7 YHTEENVETO

Afrikka on myötävaikuttanut ilmaston lämpenemistä maanosista vähiten, mutta tulee kärsimään sen vaikutuksista eniten. Maankäytön muutokset, kuten maa- ja metsätalous, sekä ilmastonmuutos ovat vähentäneet Afrikan hiilinieluja, mikä heikentää ilmastonmuutokseen sopeutumista. Afrikassa on valtavasti potentiaalia sitoa hiiltä ekologisesta näkökulmasta katsottuna. Lähes puolet afrikkalaisista elää köyhyysrajan alapuolella, joten hiilinielujen lisääntymisestä tulee tukea taloudellisilla ohjaukeinoilla, jotta hiilensidontaa voitaisiin lisätä maankäytön sektorilla. Afrikassa on jo käytössä taloudellisia ohjaukeinoja, kuten PES- ja REDD+-kannustimet, joilla tuetaan hiilinielujen olemassaoloa tai lisäämistä. Hiilinieluja on onnistuttu lisäämään runsaasti myös kehittyneiden maiden CDM-hankkeilla.

Afrikan ilmastonmuutoksen hillitseminen keskittyy suurilta osin metsien uudistamiseen ja metsien suojeluun, mutta nämä toimet ovat ristiriidassa Afrikan kasvavan väestön ruokaturvan ja tuloturvan parantamisen kanssa. Tähän haasteeseen voidaan löytää ratkaisu maatalouden kasvukuntoa ja hiilensidontaa parantavista keinoista, kuten peltometsäviljelystä, joka sitoo hiiltä enemmän kuin perinteinen monokulttuuriviljely.

Erityisesti kestävän hiiltä sitovan maatalouden harjoittamiselle tarvittaisiin enemmän kannustimia, sillä maatalouden hiilensidontaa lisäämisellä voidaan vähentää ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta sekä parantaa afrikkalaisten ruokaturvaa. Rahoitusta kannustimiin tarvitaan kehittyneiltä mailta, jotka ovat myötävaikuttaneet ilmastonmuutokseen eniten. Afrikan lainsäädäntö maankäytön oikeuksista kuitenkin vaikeuttaa etenkin metsitysprojektien toteuttamista. Maankäyttöoikeudet ja lainsäädäntö poikkeavat länsimaisesta tavasta, ja omistusoikeus maa-alueeseen on usein epäselvä. Paikalliset noudattavat usein eri normeja kuin mitä lainsäädäntö määrää, eikä valtiolla ole kapasiteettia valvoa lain noudattamista.

LÄHTEET

- 4p1000. 2018. Join the 4 per 1000 initiative – Soils for food security and climate. [verkkodokumentti] [viitattu 7.11.2020] Saatavissa <https://www.4p1000.org/resources>
- Albrecht, A., Kandji, S. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99 15–27. [tieteellinen artikkeli] [viitattu 14.11.2020] Saatavissa: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00138-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00138-5)
- Alemu Anshiso, Teshale Woldeamanuel, Zebene Asfaw. 2007. Financial Analysis of Fruit Tree Based Agroforestry Practice in Hadero Tunto Zuria Woreda, Kembata Tembaro Zone, South Ethiopia. *Research Journal of Finance and Accounting*. Vol 8, No.3 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 23.11.2020] Saatavissa: <https://www.iiste.org/Journals/index.php/RJFA/article/view/35693>
- Araya, M., Hofstad, O. 2014. Monetary incentives to avoid deforestation under the Reducing emissions from deforestation and degradation (REDD)+ climate change mitigation scheme in Tanzania. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* volume 21, pages 421–443 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 13.10.2020] Saatavissa: <https://doi-org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/s11027-014-9607-y>
- Aubréville, A.M.A. 2013. The Disappearance of the Tropical Forests of Africa. *Fire Ecology* volume 9, pages 3–13 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 23.10.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/BF03400624>
- Asner, G., Lambin, E., Ordway, E. 2017. Deforestation risk due to commodity crop expansion in sub-Saharan Africa. *Environmental Research Letters*, Volume 12, Number 4 [tiivistetty raportti alkuperäisestä tutkimuksesta] [viitattu 13.10.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6509>
- Bertazzo, S. 2019. What on Earth is 'REDD+'? [verkkosivu] [viitattu 16.11.2020] Saatavissa: <https://www.conservation.org/blog/what-on-earth-is-redd>
- Bond, W., Lehmann, C., Midgley, G., Stevens, N. 2019. The Trouble with Trees: Afforestation Plans for Africa. *Science & Society* Volume 34, Issue 11, Pages 963-965

[tieteellinen artikkeli] [viitattu 27.10.2020] Saatavissa:
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.08.003>

Boyce, J. 2018. Carbon Pricing: Effectiveness and Equity. *Ecological Economics* Volume 150, pages 52-61 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 3.11.2020] Saatavissa:
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.03.030>

Business Insider. 2020. CO2 European emission allowance. [verkkosivu] [viitattu 26.10.2020] Saatavissa: <https://markets.businessinsider.com/commodities/co2-european-emission-allowances>

Cacho, O., Lipper, L. 2007. Abatement and Transaction Costs of Carbon-Sink Projects Involving Smallholders. Working Papers 2007. 27, Fondazione Eni Enrico Mattei. [tieteellinen artikkeli] [viitattu 27.1.2021] Saatavissa:
<https://ideas.repec.org/p/fem/femwpa/2007.27.html>

Carbon Farmers of Australia. N.d. Advice for Landholders. [verkkosivu] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: <https://carbonfarmersofaustralia.com.au/carbon-trading/advice-for-landholders/>

Center for Climate and Energy Solutions. Carbon Tax Basics. [verkkosivu] [viitattu 15.11.2020] Saatavissa: <https://www.c2es.org/content/carbon-tax-basics/>

Corbeels, M., Cardinael, R., Naudin, K., Guibert, H., Torquebiau, H. 2019. The 4 per 1000 goal and soil carbon storage under agroforestry and conservation agriculture systems in sub-Saharan Africa. *Soil & Tillage Research*, 188 (2019) 16-26. [tieteellinen artikkeli] [viitattu 14.11.2020] Saatavissa: doi:10.1016/j.still.2018.02.015.

Crowther, T., Glick, H., Bradford, M. et al. 2015. Mapping tree density at a global scale. *Nature* 525, 201–205. [tieteellinen artikkeli] [viitattu 13.11.2020] Saatavissa:
<https://doi.org/10.1038/nature14967>

Dawson, I., Carsan, S., Franzel, S. 2014. Agroforestry, livestock, fodder production and climate change adaptation and mitigation in East Africa: issues and options. [tieteellinen artikkeli] [viitattu 14.11.2020] Saatavissa: DOI: 10.5716/WP14050.PDF

Doso, S. 2014. Land degradation and agriculture in the Sahel of Africa: causes, impacts and recommendations. *J. Agric. Sci. Appl.* Volume 3, Issue 3. PP. 67–73 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 13.11.2020] Saatavissa: DOI: 10.14511/jasa.2014.030303

Dunne, D. 2019. Africa's tropical land emitted more CO₂ than the US in 2016, satellite data shows. Carbon Brief. [verkkosivu] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: <https://www.carbonbrief.org/africas-tropical-land-emitted-more-co2-than-the-us-in-2016-satellite-data-shows>

Ecosystem Marketplace. 2019. Voluntary Carbon Offset Project Types and Categories. [verkkosivu] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: <https://www.ecosystemmarketplace.com/carbon-markets/>

EDF. 2018. The future of the Clean Development Mechanism under a new regime of higher climate ambition. [verkkosivu] [viitattu 15.11.2020] Saatavissa: <https://www.edf.org/>

Euractiv. 2020. Official: EU taking first steps to bring forestry into carbon market. [verkkosivu] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/interview/official-eu-taking-first-steps-to-bring-forestry-into-carbon-market/>

Euroopan komissio. 2019. Carbon Market Report: Emissions from EU ETS stationary installations fall by more than 4%. [verkkosivu] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: https://ec.europa.eu/clima/news/carbon-market-report-emissions-eu-ets-stationary-installations-fall-more-4_en

Euroopan komissio. 2020. EU Emissions Trading System (EU ETS). [verkkosivu] [viitattu 26.10.2020] Saatavissa: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en

FAO. 2010. Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems - A technical report on grassland management and climate change mitigation. [verkkodokumentti] [viitattu 18.11.2020] Saatavissa: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/f9a4c8ba-7058-5e3b-b55e-b381999e7d72>

FAO. 2011. Soil carbon sequestration. [verkkodokumentti] [viitattu 13.11.2020] Saatavissa: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/soil-carbon-sequestration/en/>

FAO. 2016. Payments for Forest Environmental Services in Sub-Saharan Africa - A Practical Guide. [verkkodokumentti] [viitattu 19.10.2020] Saatavissa: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/155cb599-1646-461b-ace1-6774c63e3ae7/>
<http://www.fao.org/3/a-i5578e.pdf>

Finnwatch. 2020. Kompensaatio tuo lohtua yksilön ilmastohäpeään, mutta yrityksille se on brändityötä. [verkkosivu] [viitattu 15.11.2020] Saatavissa: <https://finnwatch.org/fi/blogi/713-kompensaatio-tuo-lohtua-yksiloen-ilmastohaepaeaen,-mutta-yrityksille-se-on-braendityoetae>

Gebreselassie, E. 2017. Ethiopia looks to carbon trading as it gears up to be net carbon neutral by 2025. Mongabay. [verkkosivu] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: <https://news.mongabay.com/2017/03/ethiopia-looks-to-carbon-trading-as-it-gears-up-to-be-net-carbon-neutral-by-2025/>

Gibbs, D., Harris, N., Seymour, F. 2018. By the Numbers: The Value of Tropical Forests in the Climate Change Equation. World Resource Institute. [verkkosivu] [viitattu 7.11.2020] Saatavissa: <https://www.wri.org/blog/2018/10/numbers-value-tropical-forests-climate-change-equation>

Gold Standard. n.d. a. Land Use Activities + Nature Based Solutions. [verkkosivu] [viitattu 15.11.2020] Saatavissa: <https://marketplace.goldstandard.org/collections/projects/land-use-activities-nature-based-solutions>

Gold Standard. n.d. b. Ethiopian Forest Regeneration Cooperative. [verkkosivu] [viitattu 15.11.2020] Saatavissa: <https://marketplace.goldstandard.org/collections/projects/products/ethiopian-forest-regeneration-cooperative>

Hagelberg, E., Wikström, U., Joonas, J., Mattila, T. 2020. Regeneratiivinen eli uudistava maatalous: ruuantuotannon uusi suunta. [verkkodokumentti] [viitattu 21.10.2020] Saatavissa: <https://carbonaction.org/ensiesittelyssa-uusi-termi-regeneratiivinen-maatalous/>

Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC). 2013. Ilmastonmuutos v. 2013: Luonnontieteellinen perusta. Yhteenveto päätöksentekijöille suomeksi. Ensimmäisen työryhmän osuus IPCC:n 5. arviointiraportissa. Ilmatieteen laitos, Helsinki. [verkkodokumentti] [viitattu 21.9.2020] Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/42362/ipcc5-yhteenveto-suomennos.pdf/4332dffbd472-41c9-a23d-24215c5cbbac>

- Heinonsalo, J. 2020. Hiiliopas – katsaus maaperän hiileen ja hiiliviljelyn perusteisiin. [verkkodokumentti] [viitattu 13.11.2020] Saatavissa: <https://carbonaction.org/materiaalit/julkaisuja-carbon-action-alustalta/>
- Herrero, M. et al. 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. [tieteellinen artikkeli] [viitattu 19.1.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1073/pnas.1308149110>
- ICAP. 2018. Emissions Trading Worldwide: Status Report 2018. Berliini: ICAP. [verkkodokumentti] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: <https://icapcarbonaction.com/en/icap-status-report-2018>
- IPCC. 2014a. Africa. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [verkkodokumentti] [viitattu 30.10.2020] Saatavissa: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/africa/>
- IPCC. 2014b. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [verkkodokumentti] [viitattu 14.11.2020] Saatavissa: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/agriculture-forestry-and-other-land-use-afolu/>
- Itkonen, J. 2020. Välineet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. [verkkodokumentti] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: <https://www.ilmastoraportti.fi/hiilivero.html>
- Jose, S., Bardhan, S. 2012. Agroforestry for biomass production and carbon sequestration: an overview. *Agroforestry Systems* volume 86, pages105–111 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 5.11.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9573-x>
- Kaczan, D., Pfaff, A., Rodriguez, L., Shapiro-Garza, E. 2017. Increasing the impact of collective incentives in payments for ecosystem service. *Journal of Environmental Economics and Management* 86 (2017) 48-67. [tieteellinen artikkeli] [viitattu 16.11.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.06.007>
- Karhu, J., Siltala, R. 2020. Oikeudellinen pluralismi. [verkkosivu] [viitattu 17.11.2020] Saatavissa: http://tieteentermipankki.fi/wiki/Oikeustiede:oikeudellinen_pluralismi

- Kassa, G. 2013. Profitability analysis and determinants of fruit tree based agroforestry system in Wondo District, Ethiopia. *Academic Journals* vol 10(11), p. 1273-1280 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 24.11.2020] Saatavissa: DOI: 10.5897/AJAR2014.9272
- Landström, M. 2020. Onko päästöjen kompensointi rahastusta? [verkkosivu] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: <https://www.sitra.fi/blogit/onko-paastojen-kompensointi-rahastusta/>
- Mellino, C. 2015. Farmers Rewarded for Practicing 'Carbon Farming'. EcoWatch. [verkkojulkaisu] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: <https://www.ecowatch.com/farmers-rewarded-for-practicing-carbon-farming-1882002542.html>
- Nair, P., Nair, V., Mohan Kumar, B., Showalter, J. 2010. Carbon Sequestration in Agroforestry Systems. *Advances in Agronomy*. 108. 237–307. [tieteellinen artikkeli] [viitattu 5.11.2020] Saatavissa: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08005-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08005-3)
- Neupane, R., and Thapa, G. B. 2001. Impact of the Agroforestry Intervention on Soil Fertility and Farm Income under the Subsistence Farming System of the Middle Hills, Nepal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84: 157–167. [tieteellinen artikkeli] [viitattu 23.11.2020] Saatavissa: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00203-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00203-6)
- Nigam, S., Thomas, N. 2018. Twentieth-Century Climate Change over Africa: Seasonal Hydroclimate Trends and Sahara Desert Expansion. *J. Climate*, 31, 3349–3370 [Tieteellinen artikkeli] [Viitattu 13.10.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0187.1>
- OECD. 2003. Economic Instruments (Environmental Protection Policy). [verkkosivu] [viitattu 7.11.2020] Saatavissa: <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=723>
- Palmer, P., Feng, L., Baker, D., Chevallier, F., Bösch, H., Somkuti, P. 2019. Net carbon emissions from African biosphere dominate pan-tropical atmospheric CO₂ signal. *Nature Communications* 10, Article number: 3344 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: doi:10.1038/s41467-019-11097-w
- Pearson, T. et al. 2013. Transaction costs for carbon sequestration projects in the tropical forest sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 19 (8) [tieteellinen artikkeli] [viitattu 27.1.2021] Saatavissa: DOI: 10.1007/s11027-013-9469-8
- Pohjola, M. 2019. Taloustieteen oppikirja. 14. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro

Reynolds, T. 2011. Institutional Determinants of Success Among Forestry-Based Carbon Sequestration Projects in Sub-Saharan Africa. *World Development* Vol. 40, No. 3, pp. 542–554. [tieteellinen artikkeli] [viitattu 18.11.2020] Saatavissa: doi:10.1016/j.worlddev.2011.09.001

Steffen, Will et al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* vol. 347 no. 6223 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 18.10.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1126/science.1259855>

Suomen YK-liitto. Kestävän kehityksen tavoitteet – Agenda 2030. [verkkodokumentti] [viitattu 16.11.2020] Saatavissa: <https://www.ykliitto.fi/julkaisut/kestavan-kehityksen-tavoitteet-agenda2030>

The World Bank. n.d. CO2 emissions (metric tons per capita) – Sub-Saharan Africa. [verkkosivu] [viitattu 9.11.2020] Saatavissa: https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?locations=ZG&name_desc=true

The World Bank. 2015. Ethiopia Rising: Aspiring to Become a Carbon Neutral Middle Income Manufacturing Hub by 2025. [verkkosivu] [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa: <https://www.worldbank.org/en/news/speech/2015/07/14/ethiopia-rising-carbon-neutral-middle-income-manufacturing-hub>

The World Bank. 2019. Using Carbon Revenue. World Bank, Washington, DC. [verkkodokumentti] [viitattu 10.11.2020] Saatavissa: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/685291565941690701/using-carbon-revenues>

Tongwane, M., Moeletsi, M. 2018. A review of greenhouse gas emissions from the agriculture sector in Africa. *Agricultural Systems* Volume 166 Pages 124–134 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 14.11.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.08.011>

Tumwebaze, S., Byakagaba, P. 2016. Soil organic carbon stocks under coffee agroforestry systems and coffee monoculture in Uganda. *Agriculture, Ecosystems & Environment* Volume 216 pages 188–193 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 5.11.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.037>

United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). 2020. The Great Green Wall: Implementation Status and Way Ahead to 2030. [verkkodokumentti] [viitattu 21.10.2020] Saatavissa: <https://www.unccd.int/publications/great-green-wall-implementation-status-and-way-ahead-2030>

UNFCCC. 2013. Afforestation and Reforestation Projects under the Clean Development Mechanism. [verkkodokumentti] [viitattu 10.11.2020] Saatavissa: <https://unfccc.int/documents>

UNFCCC. n.d. a. What is the CDM. [verkkosivu] [viitattu 10.11.2020] Saatavissa: <https://cdm.unfccc.int/about/index.html>

UNFCCC. n.d. b. The Clean Development Mechanism. [verkkosivu] [viitattu 10.11.2020] Saatavissa: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/mechanisms-under-the-kyoto-protocol/the-clean-development-mechanism>

UN-REDD. 2020. About REDD+. [verkkosivu] [viitattu 3.11.2020] Saatavissa: <https://www.unredd.net/about/what-is-redd-plus.html>

Unruh, J. 2008. Carbon sequestration in Africa: The land tenure problem. *Global Environmental Change* Volume 18, Issue 4, October 2008, Pages 700–707. [tieteellinen artikkeli] [viitattu 14.11.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.008>

Yhdistyneet kansakunnat (YK). 2015. Paris agreement. [verkkodokumentti] [viitattu 30.10.2020] Saatavissa: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

Ympäristöministeriö. Kioton pöytäkirja. [verkkosivu] [viitattu 10.11.2020] Saatavissa: <https://ym.fi/kioton-poytakirja>

Yosef, G., Walko, R., Avisar, R., Tatarinov, F., Rotenberg, E., Yakir, D. 2017. Large-scale semi-arid afforestation can enhance precipitation and carbon sequestration potential. *Sci Rep* 8, 996 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 13.11.2020] Saatavissa: doi:10.1038/s41598-018-19265-6

Waldén, P., Ollikainen, M., Kahiluoto, H. 2020. Carbon revenue in the profitability of agroforestry relative to monocultures. *Agroforestry Systems* 94, pages 15–28 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 15.11.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00355-x>

Watson, J. et al. 2018. The exceptional value of intact forest ecosystems. *Nature: Ecology & evolution* 2, pages 599–610 [tieteellinen artikkeli] [viitattu 12.11.2020] Saatavissa: <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0490-x>

World Agroforestry. 2020. What is agroforestry? [verkkosivu] [viitattu 2.11.2020] Saatavissa: <https://www.worldagroforestry.org/about/agroforestry>

Worldometer. 2020. Africa Population [verkkosivu] [viitattu 23.11.2020] Saatavissa: <https://www.worldometers.info/world-population/africa-population/>

KUVA 1. Zomer, R., Bossio, D., Sommer, R., Verchot, L. 2017. Global Sequestration Potential of Increased Organic Carbon in Cropland Soils. *Sci Rep* 7, 15554 (2017) [kartta] <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15794-8>