



Vastuullisella metsälannoituksella ilmastohyötyjä

VaMeLa

VN/5198/2021-MMM-2

Loppuraportti



Sisällysluettelo

1 Hankkeen esittely	3
1.1 Perustiedot hankkeesta	3
1.2 Hankkeen tavoitteet	3
1.3 Yhteenveto hankkeesta	5
2 Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi.....	9
2.1 Menetelmät ja aineisto	9
2.2 Aikataulu ja resurssit (sis. toteutuksen organisaatio ja yhteistyökumppanit)	9
2.3 Kustannukset ja rahoitus	10
2.4 Raportointi, julkaisut ja seuranta	11
2.5 Toteutusvaiheen arviointi.....	12
TP1: Koordinointi	12
TP2: Kestävät metsälannoitteet	12
TP3: Metsälannoituksen käytännöt ja kehitystarpeet	13
TP4: Lannoituksen vaikutusten simulointi ja analysointi	13
TP5: Tulosten vienti käytäntöön.....	13
3 Tulokset ja niiden arviointi	15
3.1 Tulosten esittely	15
3.2 Tulosten vienti käytäntöön.....	18
3.3 Tulosten merkitys ja jatkotoimenpiteet	19

1 Hankkeen esittely

Metsälannoitus on nopea ja tehokas keino kasvattaa talousmetsien hiilinieluja. Useimmissa tapauksissa lannoitus on myös metsänomistajan näkökulmasta erittäin kannattava sijoitus tulevaisuuden hakkuutulojen kasvattamiseksi. Tästä huolimatta metsälannoituspinta-alat ovat pitkään olleet hyvin vaatimattomat, luokkaa 60 000 hehtaaria vuodessa, joka on noin neljännes huippuvuosien tasosta. Valtio ja suurmetsänomistajat ovat tavallisesti tunnistaneeet metsälannoituksen hyödyt paremmin ja olleet yksityis- ja pienmetsänomistajia aktiivisempia lannoitustoiminnassa. Siksi tämä hanke keskittyy lannoituskäytäntöihin liittyvien kehittämiskohteiden ja lannoitusten vaikutusten tarkasteluun sekä koko maan tasolla, että erityisesti yksityismetsissä. Metsänhoidon konseptina lannoitus liitetään usein negatiivisesti latautuneena ympäristöarvoja haastavaan käsitykseen ”tehometsätaloudesta”. Tästä syystä hanke selvittää myös skenaarioarviointina keinoja lisätä metsälannoituksen hyväksyttävyyttä.

Hankkeen keskeisimpänä tavoitteena oli selvittää ne käytännön esteet, jotka hidastavat lannoituksen käyttöä Suomen yksityismetsien nettokasvun ja hiilinielun lisäämisessä, selvittää lannoitustoiminnan elinkaari vaikutukset, etsiä kehityspotit, joilla metsälannoituksen (mineraalilannoitteet, tuhka- ja kierrätyslannoitteet) avulla saatavia kokonaisyötyjä voitaisiin mahdollisimman nopeasti kasvattaa. Lisäksi tavoitteena oli koulutuksen ja tiedottamisen avulla antaa sekä lannoituspäätöksiä, että niitä käytännössä toteuttaville paremmat valmiudet löytää kuhunkin tilanteeseen sopivat ratkaisut.

1.1 Perustiedot hankkeesta

Vastuullisella metsälannoituksella ilmastohyötyjä – VaMeLa

Hanke käynnistettiin 1.4.2021 ja se päättyi 31.3.2023

Hankkeen toteuttivat **VTT**, **LUKE** ja **TAPIO**

1.2 Hankkeen tavoitteet

Vastuullisella metsälannoituksella ilmastohyötyjä -hankkeen yksityiskohtaiset tavoitteet olivat seuraavat:

- Määrittää lannoitevalmistuksen ja levityksen sekä metsän hiilinielun kasvamisen ilmastovaikutukset. Tähän liittyvät myös turvemaiden vesitalous sekä tuhka ja muut metsätalouteen soveltuvat kierrätyslannoitteet.
- Selvittää metsälannoituksen nykyiset toimintamallit, kustannukset, toimijat, sekä lannoitusta haittaavat tekijät ja ehdottaa parhaita toimintamalleja lannoitusliiketoiminnan kehittämiseksi.
- Laatia sekä koko maata, että yksityistä metsänomistajaa koskevia skenaarioita, miten lannoituksella voidaan lisätä puuston kasvua ja hiilen sidontaa.
- Laatia metsänomistajaa koskevia skenaarioita, miten lannoitustoiminnan hyväksyttävyyttä voitaisiin lisätä.
- Laatia laskelmia, miten lannoitus vaikuttaa metsänkasvatuksen kannattavuuteen erilaisilla lannoitusintensiteeteillä ja jakaa päivitettyä tietoa metsälannoitusten talous- ja ilmastohyödyistä metsänomistajille.
- Tehdä toimintamalliehdotuksia metsälannoituksen lisäämiseksi.
- Jalkauttaa hankkeen tulokset vahvistamalla metsänomistajien ja käytännön toimijoiden osaamista metsälannoituksen hyvistä käytännöistä, lisätä lannoituspalveluiden tarjontaa ja kysyntää sekä

innostaa metsänomistajia vastuulliseen lannoitukseen soveltuvilla kohteilla ja tuhkan käyttöön erityisesti turvemaille.

Hanke liittyy Hiilestä kiinni -kehittämishankehaun teemaan 1. ”Ilmastokestävän metsätalouden edistäminen”. Hanke edistää hiilineutraalisuustavoitteen 2035 saavuttamista kartoittamalla keinovalikoimaa ja kehityspolkuja lannoituspinta-alojen kasvattamiseen. Hanke ylläpitää ja vahvistaa hiilinieluja tavoitteenaan lisätä metsälannoitusten avulla saatavaa kokonaisyötyä edistämällä metsälannoituspinta-alojen lisäämistä parhailla lannoituskohteilla kangas ja turvemaille, selvittämällä mineraalilannoitteiden ja typpipitoisten kiertotalous- ja tuhkalannoitteiden käyttökelpoisuutta ja saatavuutta sekä edistämällä tähän liittyvää hiilinieluja tukevaa ilmastokestävää metsien hoitoa ja käyttöä.

Hanke selvittää reittejä lannoitevalmistuksen pienempään hiilijalanjälkeen tarkastelemalla kiertotalouslannoitevaihtoehtoja ja keinoja niiden parempaan saatavuuteen. Lannoitusten vaikutuksia arvioidaan metsänkasvatuksen kannattavuuden, hiilensidonnan kustannustehokkuuden ja toiminnan hyväksyttävyyden kautta sekä koko maan, että yksityisen metsänomistajan näkökulmista. Hyväksyttävyyteen vaikuttavat sekä arvioidut ympäristövaikutukset että odotettavissa oleva lisäyöty joko lisääntyvien hakkuutulojen tai tehokkaamman hiilensidonnan myötä.

Hankkeessa tuotetaan lannoituksen ympäristövaikutuksista ja hyödyistä puuston kasvuun ja metsien hiilensidontaan metsänomistajille suunnattua viestintämateriaalia sekä koulutusaineistoja ja taustatietoa metsäammattilaisille tarkoitettuun verkkopalveluun. Hankkeen tuloksia, lannoitusten toteutusten toimintamalleja ja vaikuttavuutta esitellään seminaareissa/webinaareissa metsäammattilaisille ja metsänomistajille sekä sisällytetään soveltuvin osin metsänhoidon suosituksiin.

Hankkeen relevanssi maankäyttösektorin toimenpidekokonaisuuteen voidaan jakaa seuraavasti:

Metsän kasvunlisäyksellä kivennäis- ja turvemaille on suora vaikutus hiilinieluihin ja varastoihin. Hanke jalkauttaa tulokset metsänomistajille ja pyrkii kasvattamaan metsälannoitusten avulla saatavaa kokonaisyötyä, jota voidaan mitata sekä hiilinielujen lisäämisellä, että taloudellisella kannattavuudella. Metsälannoitus on nopea keino kasvattaa nieluja ja uusien, kestävien lannoituskonseptien luomisella tavoitellaan lannoituspinta-alojen lisäämistä myös pitkällä aikavälillä.

Hanke tarkastelee typpilannoitteiden käyttöä kivennäismailla ja tuhkalannoitteita turvemaille, joilla lannoituksella voi olla maaperän vesitaloutta parantava vaikutus ja joka voi samalla vähentää turvemaiden kasvihuonepäästöjä.

Hyväkuntoinen, terve metsä on vahva työkalu ilmastonmuutoksen torjunnassa. Hanke tukee ilmastotoimia vahvistamalla metsänomistajien ja toimijoiden osaamista vastuulliseen metsälannoitukseen. Hiilineutraalisuustavoitteeseen pääsemistä pyritään edistämään kokoamalla uusin tutkimustieto metsätalouteen soveltuvista, kestävästä kiertotalouslannoitteista. Metsäteollisuuden sivuvirroista tunnistetaan typpipitoisia jakeita, joita olisi mahdollista hyödyntää metsälannoitteen raaka-aineena.

Hanke ylläpitää hiilinieluja etsimällä simuloinneilla ja skenaariotyöllä tehokkaimpia metsänkasvatusmalleja ja puretuu metsälannoitustoiminnan hyväksyttävyyteen vaikuttaviin seikkoihin. Hanke tavoittelee hiilinielujen vahvistamista lannoitukseen liittyviä toimialan parhaita käytäntöjä etsimällä.

Hanke edistää kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä maankäyttösektorilla selvittämällä metsälannoitteiden elinkaaripäästöt ja suosittamalla tehokkaita kestäviä lannoiteratkaisuja sekä turve- että kivennäismaille tavoitteena puuntuotoksen ja hiilensidonnan lisäys. Puuston kasvua kiihdyttämällä voi olla mahdollista parantaa turvemaiden vesitaloutta ja siten vähentää kunnostusojitusten tarvetta sekä muuttaa turvemaita päästölähteistä nieluiksi.

Toisin kuin hakkuisiin liittyvät metsänhoitotoimet, lannoitus ei luo tulovirtaa metsänomistajalle ennen kuin kasvunlisäys on ehtinyt tapahtua ja puu korjataan. Tämän rahoitushaasteen voittamiseksi hanke kartoittaa ja selvittää uusia rahoitusmalleja metsänomistajan metsälannoitustoiminnan tueksi ja arvioi mahdollisia tukitarpeita lannoitelevitystoimialalle ja metsälannoitukseen.

Hanke tuottaa ja jakaa tietoa ilmastotoimien tueksi viestimällä tehokkaasti metsälannoituksen kannattavuudesta metsänomistajan näkökulmasta ja ilmastohyödyistä. Hankkeessa tuotetut toimintamallit sisällytetään metsänhoidon suosituksiin.

1.3 Yhteenvedo hankkeesta

Vastuullisella metsälannoituksella ilmastohyötyjä (VaMeLa) -hanke toteutettiin VTT:n, LUKEn ja Tapion yhteistyönä osana maa- ja metsätalousministeriön keväällä 2020 käynnistämää maankäyttösektorin Hiilestä kiinni -ilmastotoimenpidekokonaisuutta, jonka avulla pyritään vähentämään maa- ja metsätalouden sekä muun maankäytön kasvihuonekaasupäästöjä ja vahvistamaan hiilinieluja ja -varastoja.

VaMeLa -hanke keskittyi lannoituskäytäntöjen kehittämiseen ja lannoitusten vaikutusten tarkasteluun erityisesti yksityismetsissä. Hanke tuotti ja jakoi tietoa ilmastotoimien tueksi viestimällä tehokkaasti metsälannoituksen kannattavuudesta ja ilmastohyödyistä.

Hankkeen tavoitteena oli:

- selvittää käytännön esteet, jotka hidastavat lannoituksen käyttöä Suomen yksityismetsien nettokasvun ja hiilinielun lisäämisessä
- selvittää lannoitustoiminnan elinkaarivaikutukset
- etsiä kehityspolut, joilla metsälannoituksen (mineraalilannoitteet, tuhka- ja kierrätyslannoitteet) avulla saatavia kokonaishyötyjä voitaisiin mahdollisimman nopeasti kasvattaa
- koulutuksen ja tiedottamisen avulla antaa sekä lannoituspäätöksiä, että niitä käytännössä toteuttaville paremmat valmiudet löytää kuhunkin tilanteeseen sopivat ratkaisut

Hankkeen toteutettiin jaettuna viiteen alla esitettyyn työpakettiin. Vastuuhenkilöt hankkeen eri tehtävissä on esitetty alla olevassa taulukossa 1.

TP1 Koordinointi

TP2 Kestävät metsälannoitteet

TP3 Metsälannoituksen käytännöt ja kehitystarpeet

TP4 Lannoituksen vaikutusten simulointi ja analysointi

TP5 Tulosten vieni käytäntöön.

Taulukko 1. Vastuuhenkilöt hankkeen eri osatehtävissä.

Toteuttaja	Osapuoli	Asiantuntemus ja osaaminen	Tehtävät hankkeessa
Matti Virkkunen MMM, Metsänhoitaja	VTT	Metsäteknologia, liiketoimintakonseptit, logistiikka	TP1 Projektikoordinaatio 15.5.2022 asti. TP3 Lannoituskonseptien ja toimijoiden kartoitus, liiketoimintamallit ja toimenpide- ehdotukset
Jyrki Raitila MMM, Metsänhoitaja	VTT	Metsäteknologia, liiketoimintakonseptit, logistiikka	TP3 Lannoituskonseptien ja toimijoiden kartoitus, liiketoimintamallit ja toimenpide- ehdotukset
Kirsi Korpijärvi DI	VTT	Energiantuotannon tuhkat, niiden muodostuminen, ominaisuudet ja hyötykäyttö. Lannoitelainsäädäntö.	TP2 Tuhkien saatavuus metsälannoitekäyttöön skenaariot, kierrätyslannoitteet. TP1 Projektikoordinaatio 16.5.2022-
Eliisa Järvelä FM	VTT	Erotustekniikka, ravinteiden talteenotto, kemia	TP2 Ravinteiden talteenotto ja kierrätyslannoitteet.
Laura Sokka MMM, FT	VTT	Elinkaarianalyysit	TP2 Mineraali- ja kierrätyslannoitteiden elinkaarianalyysit.
Tenhola Tommi MMM, Metsänhoitaja	Tapio	Ympäristötalouden asiantuntija, tuhkan hyötykäytön edistäminen	TP 5 Viestintäaineistojen sisältö -koulutusmateriaalien sisältö ja tekniset ratkaisut
Varpu Kuutti MMM, Metsänhoitaja	Tapio	Metsänhoidon asiantuntija	TP5 Metsälannoitus, metsänhoidon suositusten päivitys
Valamo Asta MMM, Metsänhoitaja	Tapio	Viestintäasiantuntija	TP5 Viestintäaineistojen sisältö sekä viestinnän suunnittelu ja toteutus
Hannu Salminen MMT	Luke	Metsien kehitystä kuvaavat mallit	TP4 Optimointi ja tulosten koostaminen
Jari Hynynen MMT, Tutkimusprofessori	Luke	Metsänkasvatuksen strategiat	TP4 Suunnittelu ja raportointi
Soili Haikarainen MMT	Luke	Skenaarioanalyysit, erityisesti turvemaiden metsätalous	TP4 Vaihtoehtoisten käsittelyketjujen muodostaminen, tulosten koostaminen
Mika Lehtonen DI	Luke	Tietojärjestelmät	TP4 Simulointi
Kristian Karlsson MMM, Metsänhoitaja	Luke	Tilastolliset analyysit ja paikkatietoaineistot	TP4 Ympäristövaikutukset

Hankkeen kokonaisbudjetti ja rahoitussuunnitelma on esitetty alla taulukossa 2. Kullekin osatoteuttajalle oli tehty erillinen myöntöpäätös. Tapion työ laskutetaan palvelusopimuksen (MMM nro 110/07.03/2019) mukaisesti.

Taulukko 2. Hankkeen kokonaisbudjetti ja rahoitussuunnitelma.

	MMM	Oma rahoitus	Yhteensä	MMM	Oma rahoitus
VTT	89 000	38 143	127 143	70 %	30 %
Luke	76 000	32 839	108 839	70 %	30 %
Tapio	99 000		99 000	100 %	0 %
	264 000	70 982	334 982		

Tiivistelmä hankkeen tuloksista:

Metsälannoitus on nopea ja tehokas keino kasvattaa talousmetsien hiilinieluja. Kasvupaikan ja pääpuulajin mukaan arvioituna selvästi yli puolet puuntuotannon metsämaan alasta on sellaista, jossa lannoitus olisi mahdollinen toimenpide ainakin jossakin puuston kehitysvaiheessa. Nykyään lannoitetaan vuosittain noin 60 000–80 000 hehtaaria, josta kasvatuslannoitusten osuus on 70–80 %. Viime vuosien vuotuiset kasvatuslannoitusten pinta-alat ovat olleet 0,19 % puuntuotannon pinta-alasta ja 7 % harvennushakkuiden pinta-alasta, joten lannoituksen mahdollisuuksia hyödynnetään vain osittain.

Lannoituksen keskimääräinen yksikkökustannus on viime vuosina ollut, energiakriisin aikaansaamaa markkinahäiriötä lukuun ottamatta, 340 €/ha. Tuhkalannoitteet ovat mineraalilannoitteita edullisempia, mutta niiden levitysmäärät ja levityskustannukset ovat suuremmat. Metsälannoituksen haasteiksi ja haittaaviksi tekijöiksi tunnistettiin huoli lannoituksen ympäristövaikutuksista ja luontoarvojen korostuminen metsänomistajan näkemyksissä. Metsänomistajilla on myös tietopuutteita, tilakoot ovat pieniä ja omistajat asuvat muualla, eikä lannoitusta kovinkaan usein nähdä sijoituksena metsän kasvuun. Lannoituksen kustannukset ja rahoitus voivat myös olla haaste lannoitteiden hintojen nousun myötä. Kehitysmahdollisuuksina hankkeessa nähtiin lannoituksen myönteisistä vaikutuksista viestiminen, metsänomistajien neuvonta lannoitusasioissa, taloudellisten elementtien kehittäminen ja uudet palvelut, kuten esimerkiksi hiilensidontaa tarjoavat yritykset.

Puutuhkat ovat tunnettuja ja hyväksi havaittuja turvemaametsien lannoitteita, joilla aikaansaadaan pitkäaikainen lannoitusvaikutus. Tuhkaa arvioidaan riittävän lannoitukseen tulevaisuudessakin, mikäli puun polttoainekäyttöön ei tule merkittäviä rajoituksia ja lannoitekäyttö saadaan pysymään kilpailukykyisenä vaihtoehtona tuhkien hyötykäyttövaihtoehtona. Elinkaariarvioinnin perusteella itsekovetettujen tuhkalannoitteiden ympäristövaikutukset ovat alhaisimmat. Rakeistettujen tuhkalannoitteiden aiheuttamat vaikutukset ovat muita vaihtoehtoja korkeammat johtuen muun muassa tuhkan alhaisesta ravinnepitoisuudesta, jonka seurauksena käsittelyn ja kuljetuksen osuudet kokonaisvaikutuksista muodostuvat suuriksi suhteessa tuotteen ravinnepitoisuuteen. Itsekovetettuun tuhkalannoitteeseen verrattuna rakeistetussa tuhkassa on varmistettu ravinnepitoisuus, sen on tasalaatuisempaa ja helpompaa levittää. Rakeistetun tuhkan valmistusta tulisikin pyrkiä tehostamaan, jotta ympäristövaikutukset olisivat mahdollisimman matalat suhteessa tuotteen ravinnemäärään. Tuhkien houkuttelevuutta metsälannoituksessa voitaisiin lisätä kasvattamalla niiden ravinnepitoisuutta kierrätysravinteilla tai jalostamalla niistä kivennäismaametsien lannoitteita. Uudistuva lannoitelainsäädäntö edistää kierrätyslannoitteiden markkinoille pääsyä ja voisi mahdollistaa jatkossa muidenkin kierrätyslannoitevalmisteiden käytön metsälannoitteina.

Lannoitukset lisäävät puuston kasvua, minkä turvin on mahdollista kasvattaa puustopääomaa ja lisätä hakkuumääriä. Kaksinkertaistamalla lannoitusten pinta-alat, voitaisiin saada aikaan noin yhden prosentin

suuruusluokkaa oleva lisäys puuston kasvuun koko maan tasolla. Pidemmän aikavälin tarkastelussa keskimääräisen kasvunlisäyksen suuruusluokka on noin 1 milj. m³ vuodessa, mutta arvio riippuu lannoituskohteiden valinnasta ja käytetyistä lannoitelajeista. Kasvun, kannattavuuden ja erilaisten ympäristövaikutusten näkökulmista merkittävää on se, missä suhteessa lisäkasvu ohjataan hakkuukertymiin ja hiilivarastoihin. Lannoituksella saavutetaan puuston kasvunlisäyksen ansiosta huomattavasti suurempi hiilinielu kuin lannoitteiden tuotannosta ja käytöstä aiheutuvat päästöt ovat. On kuitenkin tärkeä muistaa, että lannoitukset tulee valita niille soveltuville kohteille ja tehdä ne oikeaan aikaan, jotta positiiviset vaikutukset saavutetaan.

Hankkeesta julkaistiin ”Vastuullisella metsälannoituksella ilmastohyötyjä” -esite, jossa on esitetty hankkeen tulokset tiiviissä muodossa. Tämä esite ja yksityiskohtaisemmat tulosaineistot on koottu Tapion ylläpitämille hankkeen [www-sivuille tapio.fi/vamela](http://www.sivuilla.tapio.fi/vamela).

2 Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi

2.1 Menetelmät ja aineisto

Elinkaariarviointi (LCA) on kokonaisvaltainen menetelmä ympäristövaikutusten arviointiin. LCA:n perusteet on määritetty standardeissa ISO 14040:2006 (Environmental Management–Life Cycle Assessment–Principles and Framework) ja ISO 14044:2006 (Environmental Management–Life Cycle Assessment–Requirements and Guidelines). Menetelmä toimii pohjana myös esimerkiksi hiili- ja vesijalanjäljille sekä ympäristötuoteselosteille (Environmental Product Declaration, ISO 14025), ja sitä käytetään myös esimerkiksi uusiutuvan energian direktiivin (EU 2018/2001) kestävyyskriteerien pohjana. Lisäksi EU on julkaissut Product Environmental Footprint (PEF) menetelmän tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutusten arviointiin, joka perustuu elinkaariarviointiin ja se mahdollistaa yhdenmukaisen ympäristövaikutusten arvioinnin eri tuotekategorioiden sisällä koko Euroopan alueella. Tässä hankkeessa elinkaariarviointia käytettiin tuhasta valmistettujen metsälannoitteiden hiilijalanjäljen ja muiden ympäristövaikutusten arviointiin sekä mineraalilannoitteilla ja tuhalla/kierrätyslannoitteilla tehtävän metsälannoituksen ympäristö- ja ilmastovaikutusten arviointiin metsien hakkuuseen asti. Mineraalilannoitteiden tuotannon elinkaarisista ympäristövaikutuksista oli jo runsaasti tietoa olemassa.

Metsälannoitustoimialan kartoituksessa hyödynnettiin kyselyjä ja haastatteluja uusimman tutkimustiedon kokoamiseksi teknologiasta ja liiketoimintamalleista. Lannoituksen toteutuksen peruslinja määriteltiin hyvän metsänhoidon suositusten mukaan. Kootun aineiston ja sidosryhmähaastattelujen perusteella hahmoteltiin uusia, relevantteja toimintakonsepteja.

Skenaariotarkastelun aineiston muodostivat valtakunnan metsien inventoinnin maastokoealat (noin 52 000 kappaletta). Jokaiselle koelalle laskettiin useita vaihtoehtoisia käsittelyohjelmia, joissa metsänhoidon intensiteetti vaihteli. Ennusteet tuotettiin laajoihin mittausaineistoihin perustuvilla kasvu- ja tuotosmalleilla (MOTTI-ohjelmisto). Koelakohtaisista ennusteista poimittiin lineaarisen ohjelmoinnin välineillä sellainen yhdistelmä, joka toteutti kulloinkin halutun skenaarion. Lannoitusten ympäristövaikutuksia arviointiin valmiiden skenaarioiden perusteella hyödyntäen Luken ravinnehuuhtoutumamalleja.

Hankkeessa hyödynnettiin lähtöaineistona nykyisiä, metsänhoidon suositusten mukaisia lannoitussuosituksia, jotka ovat saatavissa suositusten digiversiosta (metsanhoidonsuosituks.fi). Metsänhoidon suositukset ovat metsänomistajien ja metsäammattilaisten käyttöön tarkoitettuja, vapaaehtoisesti noudatettavia metsänhoidon parhaita käytäntöjä. Ne perustuvat pitkäjänteiseen tutkimukseen ja käytännön kokemuksiin sekä yhteiskunnan tavoitteisiin.

2.2 Aikataulu ja resurssit (sis. toteutuksen organisaatio ja yhteistyökumppanit)

Hankekonsortion muodostivat VTT, Luonnonvarakeskus (Luke) ja Tapio. Hanke jakautui viiteen työpakettiin, joissa vetovastuu jakautui seuraavasti: VTT (TP1, TP2 ja TP3) Luke (TP4) ja Tapio (TP5) (Kuva 1). Hankkeen vastuuhenkilöt on esitelty kappaleen 1.3 alla taulukossa 1.

VaMeLa: toteutus	2021												2022												2023		
Startti, 04/2021, kesto 2v	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
Hankekuukausi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
TP1 Koordinointi, VTT, Matti Virkkunen	Kickoff, Ohry I												Ohry II									Ohry III					
TP2 Kestävät metsälannoitteet, VTT, Kirsi Korpijärvi	Tuhaskenaarion laadinta, kierrätysravinne-selvitys												LCA			Raportointi											
TP3 Lannoite- ja tuhkalogistiikan sekä lannoitelevityksen käytännöt ja kehitystarpeet, VTT, Jyrki Raitila	Toimijoiden, kustannusten ja teknologian kartoitus						Haastattelut			Lannoituskonseptit				Raportointi													
TP4 Lannoituksen vaikutusten (kasvunlisäys, talous, hiilensidonta) simulointi ja analysointi, LUKE, Hannu Salminen						Skenaarioiden määrittely		Toimenpid eketajujen määr.	Simulointi		Optimointi		Raportointi ja osallistuminen tiedotukseen														
TP5 Tulosten vieni käytäntöön, TAPIO, Tommi Tenhola	Verkko Tied sivut ote		Artikkeli VTT		Artikkeli Tied LUKE ote		Artikkeli Tapio		Tied Artikkeli ote VTT		Webi naari LUKE		Artikkeli Tapio		Tied ote		Tied ote		Webinaari ja Tiedote								

Kuva 1. Vastuullisella metsälannoituksella ilmastohyötyjä -hankkeen työpakettien toteutuksen aikataulut.

Hanketta koordinoi VTT. Kukin toteuttajaorganisaatio nimesi vastuuhenkilön johtamalleen työpaketille. Työpakettien vetäjät ja tarvittaessa mukaan kutsutut muut organisaatioiden asiantuntijat muodostivat hankkeen johtoryhmän, joka kokoontui säännöllisesti online-työpalaveriin. Konsortiota koskevat päätökset tehtiin konsensusperiaatteella. Hankkeelle asetettiin ohjausryhmä, joka seurasi hankkeen etenemistä ja tavoitteiden saavuttamista. Ohjausryhmään kuuluvat seuraavat henkilöt:

- Satu Rantala, MMM, Puheenjohtaja
- Matti Mäkelä (11/2022 asti), Jimi Rajajärvi (11/2022 alkaen), Metsäteollisuus Ry
- Mikko Syri, MTK
- Paavo Ojanen, Helsingin yliopisto
- Petri Korttejärvi, OP
- Markku Remes, Metsäkeskus
- Matti Virkkunen (15.5.2022 asti), Kirsi Korpijärvi (16.5.2022 alkaen), VTT

Konsortion osapuolet vastasivat vuorovaikutteisessa yhteistyössä kukin oman kokonaisuutensa tuloksellisesta toteuttamisesta ja raportoivat välitavoitteiden saavuttamisesta. Raportoinnissa noudatettiin Maa- ja Metsätalousministeriön yhteistutkimusrahoituksesta annettuja ohjeita. Hankkeen ulkoista viestintää ja tulosten jalkauttamista koordinoi Tapio. Lisäksi kaikki konsortio-osapuolet viestivät tuloksistaan vuorovaikutussuunnitelman mukaisesti.

2.3 Kustannukset ja rahoitus

Hanke raportoi edistymisestään rahoittajalle Taulukossa 3 esitetyn aikataulun mukaisesti.

Taulukko 3. VaMeLa-hankkeen maksatuskaudet. Väliraportit hankkeen edistymisestä toimitettiin joulukuussa 2021 ja 2022.

Raportointikausi
1.4.2021 - 30.10.2021
1.11.2021 - 30.4.2022
1.5.2022 - 31.10.2022
1.11.2022 - 31.3.2023

Koko hankkeen toteutuneet kustannukset olivat noin 15 000 euroa budjetoitua pienemmät, kuten on esitetty taulukossa 4. VTT:n ja Tapiion kustannukset toteutuivat täysimäärisinä. Maa- ja metsätalousministeriön rahoitus VTT:lle ja Lukelle oli 70 % toteutuneista kustannuksista ja Tapiolle 100 %.

Taulukko 4. VaMeLa -hankkeen budjetti, toteutuneet kustannukset ja rahoitus.

	Budjetti ja rahoitussuunnitelma			Toteutuneet kustannukset ja rahoitus				
	MMM	Oma rahoitus	Yhteensä	MMM	Oma rahoitus	Yhteensä	MMM	Oma rahoitus
VTT	89 000	38 143	127 143	89 000	38 232	127 232	70 %	30 %
Luke	76 000	32 839	108 839	65 549	28 093	93 642	70 %	30 %
Tapio	99 000		99 000	99 000		99 000	100 %	0 %
Yhteensä	264 000	70 982	334 982	253 549	66 325	319 874	79 %	21 %

Toteutuneita kustannuksia ei voida raportoida kustannuskategorioittain, koska hankkeen tutkimusosapuolet eivät ole velvollisia toimittamaan tietoja toisilleen. Yleisesti voidaan todeta, että hankkeen kustannukset muodostuivat suurimmaksi osin palkkakustannuksista, koska COVID-pandemian seurauksena työskentely tapahtui pääsääntöisesti etänä, kaikki kokoukset pidettiin online, ja myös tulosseminaarit toteutettiin webinaareina. Matkakustannuksiin varattu osuus käytettiin suurelta osin tutkimuksen toteuttamiseen.

2.4 Raportointi, julkaisut ja seuranta

Hankkeesta ja sen tuloksista viestittiin tiedotteiden, blogikirjoitusten, someviestinnän, webinaarien, esitteen ja tuloskalvojen muodossa. Lisäksi tuotettiin aineistoa metsänhoidon suositusten päivytykseen. Hankkeessa tuotetut julkaisut on lueteltu alla aikajärjestyksessä.

Hankkeen tavoitteista ja hankkeessa tehtävistä selvityksistä sekä niiden hyödyntämisestä julkaistiin Tapion verkkosivuilla mediatiedote 26.8.2021 otsikolla ”Miksi metsänomistajat eivät lannoita metsiään? – uusi hanke selvittää syyt ja ehdottaa vastuullisia toimintamalleja”. Mediatiedote ylitti usean lehden uutiskynnyksen.

Matti Virkkusen (VTT) blogikirjoitus aiheesta ”Miksi metsälannoitus sakkaa? Vastuullinen lannoitus tuo hyötyjä niin metsänomistajalle kuin ilmastolle” julkaistiin Tapion verkkosivuilla 29.9.2021. Hannu Salmisen (Luke) blogikirjoitus aiheesta ”Metsälannoitus tutkijan näkövinkkelistä” julkaistiin 24.11.2021. Varpu Kuutin (Tapio) blogikirjoitus aiheesta ”Metsälannoituksen vuosisata – tehometsätaloudesta kestäviin ilmastotoimiin” julkaistiin 22.12.2021.

Hankkeen toinen mediatiedote julkaistiin 28.2.2022 aiheella ”Lannoitteiden hinta rajussa nousussa – kuinka käy metsälannoituksen?”. Mediatiedote sai näkyvyyttä Maaseudun Tulevaisuudessa. Hanke tuotti myös Tapion YouTube-kanavalla, sosiaalisen median kanavissa ja hankkeen verkkosivuilla maaliskuussa 2022 julkaistun videon turvemaametsien tuhkalannoituksesta.

Hankkeen väliseminaari järjestettiin webinaarina 28.4.2022. Webinaarin esitykset on julkaistu hankkeen verkkosivuilla.

19.10.2022 julkaistiin Hannu Salmisen (Luke) blogiteksti, jonka aiheena oli ”Mitä lannoitus merkitsee metsien monimuotoisuudelle?”. 12.1.2023 julkaistiin Kirsi Korpijärven ja Jyrki Raitilan (VTT) blogikirjoitus ”Hyvälaatuiset tuhkat tarvitaan lannoituskäyttöön” ja 20.2.2023 Varpu Kuutin (Tapio) blogiteksti ”Suometsien tuhkalannoitus lisää puuston kasvua ja hiilensidontaa”.

Hankkeen loppuseminaari pidettiin webinaarina 21.3.2023. Webinaaria markkinoitiin sähköposti- ja sosiaalisen median kanavissa sekä Hiilestä Kiinni -uutiskirjeessä. Hankkeen tulostiedote ”Vastuullinen

lannoitus on ilmastoteko” julkaistiin loppuwebinaarin yhteydessä 21.3.2023. Samalla julkaistiin tulokset ja 24.3.2023 hankkeen tulosesite sähköisessä muodossa. Sosiaalisen median kampanja toteutettiin hankkeen lopussa ja sitä jatkettiin vielä hankkeen päättymisen jälkeen. Metsänhoidon suositusten päivitys tuotettiin ja se julkaistaan metsänhoidon suositusten ohjausryhmän käsittelyn jälkeen.

2.5 Toteutusvaiheen arviointi

Hanke toteutettiin kokonaisuudessaan hankesuunnitelman mukaisesti, eikä hanke sisäisesti kohdannut odottamattomia haasteita. Kaikkia tehtäviä ei onnistuttu suorittamaan suunnitellun aikataulun mukaisesti, mutta aikataulu kirittiin kiinni hankkeen viimeisten kuukausien aikana. Tämä aiheutti haasteita hankkeen yhteisten lopputulosten ja päätelmien kokoamisessa.

Toimintaympäristössä sen sijaan tapahtui isoja muutoksia hankkeen aikana. Jo syksyllä 2021 voimakkaan energian hinnan nousun myötä metsälannoitteiden hinta kohosi yllättäen jopa kolmikertaiselle tasolle hankkeen alkuvaiheen tasosta, mikä tarkoitti käytännössä metsälannoitusten toteutuksen katkeamista ja lannoitustuotannon pysähtymistä. Vuoden 2022 puolella Ukrainan kriisi alkoi vaikuttaa voimakkaasti lannoitemarkkinoihin ja kivennäislannoitteet varattiin pääsääntöisesti maatalouden tarpeisiin. Nämä toimintaympäristömuutokset asettivat suuren haasteen hankkeen yhdelle taustatavoitteelle, metsälannoituspinta-alojen kasvattamiselle. Tällä hetkellä näyttää siltä, että lannoitteiden markkinahinnat ovat palautumassa kriisiä edeltävälle tasolle. Hintojen laskun myötä lannoitusten urakointialat ovat palaamassa viime vuosien tasolle ja joillakin toimijoilla ne ovat jo kasvaneet. Metsähallitus on jopa kaksinkertaistanut metsälannoituspinta-alansa.

Hankkeessa toteutetut toimenpiteet on esitetty alla työpaketeittain:

TP1: Koordinointi

Hankekokonaisuutta koordinoitiin työpaketin 1 kautta. Hankkeen ensimmäisen vuoden projektipäällikkönä toimi Matti Virkkunen VTT:ltä, kunnes siirtyi toisen työnantajan palvelukseen. 16.5.2022 alkaen hankkeen päättymiseen saakka projektipäällikkönä toimi Kirsi Korpijärvi, VTT:ltä. Hankkeen käynnistyskokous pidettiin 21.5.2021 ja hankkeen osapuolten edustajista koostunut johtoryhmä kutsuttiin koolle tarpeen mukaan, mutta kuitenkin säännöllisesti sisäisen tiedonkulun varmistamiseksi hankkeen aikana. Hankkeelle nimitetty ohjausryhmä kokoontui kolme kertaa hankkeen aikana, 17.08.2022, 08.03.2022 ja 15.03.2023. Projektipäällikön johdolla hoidettiin hankkeen väliraporttien ja loppuraportin laadinta. Covid-pandemian johdosta kaikki hankkeen kokoukset järjestettiin online-kokouksina. Etäkokoukset mahdollistivat sujuvan ja tehokkaan kokouksen, koska hankkeen tekijöiden työpisteet sijaittivat eri puolilla Suomea.

TP2: Kestävät metsälannoitteet

VTT:n työpaketissa 2 laadittiin yhteenveto biomassatuhkien muodostumisesta Suomessa nykytilanteessa sekä niiden soveltuvuudesta metsälannoitteeksi. Polttoaineiden käyttöön perustuen laadittiin alustava skenaario tuhkien muodostumisesta vuoteen 2030 sekä arvioitiin näiden tuhkien riittävyttä metsälannoitukseen. Sähkön- ja lämmöntuotannon polttoaineissa on tapahtunut isoja muutoksia viime vuosina, ja myös tulevaisuuden tilanteen ennustaminen on haasteellista. Tämän vuoksi tarkastelun tulokset päädyttiin esittämään kuvaajan muodossa, josta tuhkien määrä voidaan arvioida puun polttoainekäytön pohjalta. Lisäksi työpaketissa kartoitettiin metsäteollisuuden sivu- ja jätevirtoja, joista voitaisiin erottaa kierrätysravinteita tuhkien jalostamiseksi monipuolisemmin metsälannoitukseen soveltuviksi. Erityisesti keskityttiin typpi (N) lähteiden etsimiseen, joista voitaisiin jalostaa epäorgaanisia typpilannoitteita. Lisäksi kerättiin tietoa mahdollisista erotus- ja käsittelytekniikoista, joita näiden kierrätysravinteiden jalostaminen sivuvirroista vaatisi. Kiertotalouden tavoittelun myötä Suomessa oli jo tehty metsäteollisuuden toimesta ravinnetaseselvitys, jonka tuloksia pystyttiin hyödyntämään hankkeessa. Ravinteiden talteenotto sivu- ja jätevirroista on kuitenkin vielä uutta, joten tarvittavat erotustekniset konseptit jäivät tässä hankkeessa vielä

ideatasolle. Lisäksi lannoitelainsäädännön uudistus oli vielä kesken hankkeen aikana, eikä ollut täysin selvää, millaisia kierrätyslannoitevalmisteita saa levittää metsiin tulevaisuudessa.

Hankkeen toisen vuoden aikana työpaketissa laadittiin elinkaariarviointi (LCA) käyttäen kahden eri tuhkalannoitteen tuotannon ympäristövaikutuksia suhteessa mineraalilannoitteeseen. Vertailtavat tuhkalannoitteen tuotantotavat olivat kovetus ja rakeistus. Lisäksi verrattiin kahta eri lannoitteen levitystapaa: Traktori- ja helikopterilevitystä. Rakeistetun tuhkan valmistuksessa tarvittavien materiaalien sekä sähkön ja lämmön määrä arvioitiin tuhkanrakeistuslaitosten ympäristölupien avulla. Kuljetustarpeet sekä levityksen polttoainekulutus arvioitiin yhteistyössä VTT:n muiden tutkijoiden kanssa. Vertailtavan mineraalilannoitteen koostumuksen oletettiin vastaavan ForestVital Oy:n Rautainen MetsänPK-lannoitetta. Mineraalisten fosfori- ja kaliumlannoitteiden tuotannon elinkaariset raaka-aineet, energia ja päästöt saatiin Ecoinvent-elinkaariarviointitietokannasta.

TP3: Metsälannoituksen käytännöt ja kehitystarpeet

Työpaketissa 3 selvitettiin ja kartoitettiin VTT:n toimesta metsälannoituksen nykyiset toimintamallit, kustannukset ja keskeisimmät toimijat. Yritysten ja organisaatioiden edustajia haastateltiin nykytilanteen hahmottamiseksi. Samalla kuvattiin lannoitusta haittaavia tekijöitä ja koottiin parhaat toimintamallit lannoitusliiketoiminnan kehittämiseksi. Muuttuneen maailmanmarkkinatilanteen vuoksi kustannustekijöitä jouduttiin päivittämään useaan otteeseen. Äkilliset markkinatilanteen muutokset vaikuttivat myös lannoitteiden saatavuuteen ja aiheuttivat koko toimintaan epävarmuutta siten vähentäen lannoittamista radikaalisti. Hankkeen loppupuolella havaittiin kuitenkin paluuta 'normaaliin', jossa lannoitteiden saatavuus ja hinnat palautuivat keskimääräiselle tasolle.

Vaikka metsälannoituksen edut ovat selkeät ja niistä on viestitty jo ennen tätä hanketta, lannoitusmäärät eivät silti yksityismetsissä ole kovin merkittävästi nousseet, vaikka viimeaikainen trendi onkin ylöspäin. Tässä hankkeessa kartoitettiin yleisesti lannoitusta estäviä tai sen yleistymistä haittaavia tekijöitä. Resursseja ei kuitenkaan ollut laajaan metsänomistajakyselyyn, jolla voitaisiin tarkemmin selvittää, millaiset taustatekijät ovat kytköksissä lannoituksen hyväksyttävyyteen. Näiden tarkempi kartoittaminen auttaisi löytämään paremmin erilaisia tapoja palvella metsänomistajaa lannoitusasioissa ja sen myötä lisätä lannoitusmääriä.

TP4: Lannoituksen vaikutusten simulointi ja analysointi

Luken työpaketissa 4 tarkasteltiin metsälannoituksen vaikutuksia puuston kasvuun ja kehitykseen sekä hakkuumahdollisuuksiin ja hiilensidontaan. Lisäksi laadittiin kuvaus metsänkasvatuksen toimenpiteiden vesistövaikutuksista. Tarkastelu pohjautui lannoitustasojä ja lisäkasvun hyödyntämisvaihtoehtoja kuvanneisiin valtakunnallisiin skenaarioihin. Laskentatulokset tuotettiin VMI-koealatasolla ja skenaariot laadittiin maakunnittaisten tilastotietojen ohjaamana. Laskennan jälkeen iso tulokokonaisuus tiivistettiin raportiksi ja laadittiin johtopäätökset. Skenaarioiden toisessa päälinjassa lannoituksen tuottama lisäkasvu hyödynnettiin lisääntyvinä hakkuina ja toisessa kasvavana hiilivarastona. Vertailutasona oli viimeisten vuosien tilastotietoihin "nykymeno jatkuu" -skenaario. Sen vaihtoehtoiksi tuotetut hiilensidontaan ja puuntuotantoa kuvaavat skenaariot olivat teoreettisia, jossain määrin ääreviä ja varsin kaukana käytännön mahdollisuuksista. Syvemmälle viety analysointi olisi vaatinut käytännön toimintaa lähempänä olevien lisäskenaarioiden tuottamista, mihin tässä hankkeessa ei ollut mahdollisuuksia.

TP5: Tulosten vienti käytäntöön

Työpaketin 5 kautta koordinoitiin hankkeen kaikkia viestintätoimenpiteitä Tapion toimesta. Viestintää ohjattiin viestintäsuunnitelmalla, jota päivitettiin hankkeen etenemisen mukaan. Aineiston kokoamista ja tulosten jakoa varten hankkeelle perustettiin verkkosivut, joiden osoite on tapio.fi/vastuullisella-metsalannoituksella-ilmastohyotyja.

Hankkeesta laadittiin kolme mediatiedotetta, jotka julkaistiin hankkeen käynnistyessä, päättyessä ja noin puolessa välissä. Lisäksi projektin toteuttajat kirjoittivat kuusi blogikirjoitusta hanketta tukevista ajankohtaisista aiheista, jotka julkaistiin hankkeen verkkosivuilla. Hankkeessa tuotettiin myös videomateriaalia turvemaametsien tuhkalannoituksesta. Hankkeen tuloksia esiteltiin väliwebinaarissa ja loppuwebinaarissa. Lisäksi hankkeesta työstettiin tiivis tulosesite ja tuloskalvosarjat. Koko hankkeen ajan ja vielä sen päättymisen jälkeen toteutettiin aktiivista viestintää sosiaalisessa median ja uutiskirjeiden kautta. Tässä viestinnässä painottuivat etenkin hankkeen tuloksista ja webinaareista viestiminen. Hankkeessa tuotettiin myös metsänhoidon suositusten päivitys ja se julkaistaan metsänhoidon suositusten ohjausryhmän käsittelyn jälkeen.

3 Tulokset ja niiden arviointi

3.1 Tulosten esittely

Kasvupaikan ja pääpuulajin mukaan arvioituna selvästi yli puolet puuntuotannon metsämaan alasta on sellaista, jossa lannoitus olisi mahdollinen toimenpide ainakin jossakin puuston kehitysvaiheessa. Nykyään lannoitetaan vuosittain noin 60 000–80 000 hehtaaria (v. 2021 83 000 ha), josta kasvatuslannoitusten osuus on 70–80 %. Viime vuosien vuotuiset kasvatuslannoitusten pinta-alat ovat olleet 0,19 % puuntuotannon pinta-alasta ja 7 % harvennushakkuiden pinta-alasta, joten lannoituksen mahdollisuuksia hyödynnetään vain osittain.

VaMeLa-hankkeessa selvitettiin ja kartoitettiin metsälannoituksen nykyiset toimintamallit, kustannukset ja keskeisimmät toimijat haastatteleamalla yritysten ja organisaatioiden edustajia. Useimmiten metsänomistaja tai metsänhoitoyhdistys ostaa lannoitteet ja tilaa levittäjän. Yksittäisillä yrityksillä on myös kokonais-toimintamalleja, joihin kuuluu suunnittelu ja toteutus. Lannoituksen kokonaiskustannus muodostuu kuljetuksesta, levityksestä, lannoitteesta, suunnittelusta ja organisoinnista. Keskimääräinen yksikkökustannus on viime vuosina ollut, energiakriisin aikaansaamaa markkinahäiriötä lukuun ottamatta, 340 €/ha. Tuhkalannoitteet ovat mineraalilannoitteita edullisempia, mutta niiden levitysmäärät ja levityskustannukset ovat suuremmat.

Hankkeen tavoitteena oli selvittää käytännön esteet, jotka hidastavat lannoituksen käyttöä Suomen yksityismetsien nettokasvun ja hiilinielun lisäämisessä. Metsälannoituksen haasteiksi ja haittaaviksi tekijöiksi tunnistettiin huoli lannoituksen ympäristövaikutuksista ja luontoarvojen korostuminen metsänomistajan näkemyksissä. Metsänomistajilla on myös tietopuutteita, tilakoot ovat pieniä ja omistajat asuvat muualla, eikä lannoitusta kovinkaan usein nähdä sijoituksena metsän kasvuun. Lannoituksen kustannukset ja rahoitus voivat myös olla haaste pienelle metsätalalle, etenkin nyt kun lannoitteiden hinnat ovat nousseet.

Hankkeessa mietittiin keinoja vastata metsälannoituksen haasteisiin. Taloudelliset elementit vaatisivat edelleen kehitystyötä, kuten esimerkiksi metsänhoitotili tai edullinen laina, jolta voi maksaa metsänparannustoimia. Erilaiset uudet palvelut, kuten hiilensidontaa tarjoavat yritykset, koettiin myös positiivisiksi, vaikkakin niiden toiminnan standardisointi vielä puuttuu. Joka tapauksessa lannoituksen myönteisiä vaikutuksia hiilensidontaan ja metsätalouden talouteen on syytä korostaa voimakkaasti viestinnässä. Yleensäkin viestintää pitää tehostaa ja metsälannoitusasiat pitäisi sisällyttää metsänomistajien palveluneuvontaan sekä metsäpalvelusopimuksiin. Metsäkeskusten metsään.fi -palvelu toimii erinomaisena työkaluna löytää sopivat lannoituskohteet yksityismailla. Työkalu on syytä tehdä mahdollisimman kattavaksi niin nopeasti kuin resurssit antavat myöden.

Fosforia, kaliumia ja kalsiumia sisältävät puutuhkat ovat tunnettuja ja hyväksi havaittuja turvemaametsien lannoitteita, joilla saadaan aikaan pitkäaikainen lannoitusvaikutus. Tuhkalannoitus onkin erinomainen tapa kierrättää puutuhkan sisältämät ravinteet takaisin metsään ja edistää näin metsien kasvua ja hiilensidontaa. Biomassatuhkia on muodostunut Suomessa viime vuosina noin 500 000 tonnia vuodessa. Turpeen polton vähentymisen myötä muodostuvien tuhkien kokonaismäärän arvioidaan laskevan lähes puoleen, mutta puuperäisten tuhkien määrän oletetaan pysyvän ennallaan tai jopa hieman kasvavan. Puupolttoaineiden osuuden lisääntyminen kasvattaa teoriassa metsälannoitukseen soveltuvien tuhkien määrää. Kaikki tuhkat eivät kuitenkaan tule täyttämään lannoitelainsäädännön vaatimuksia tai niiden lannoitekäyttö ei ole taloudellisesti kannattavaa sijainnin, määrän tai laadun näkökulmasta. Tuhkaa arvioidaan riittävän turvemaametsien lannoitukseen tulevaisuudessakin, mikäli puun polttoainekäyttöön ei tule merkittäviä rajoituksia ja tuhkien toimittaminen lannoitekäyttöön saadaan pysymään kilpailukykyisenä muihin hyötykäyttövaihtoehtoihin verrattuna.

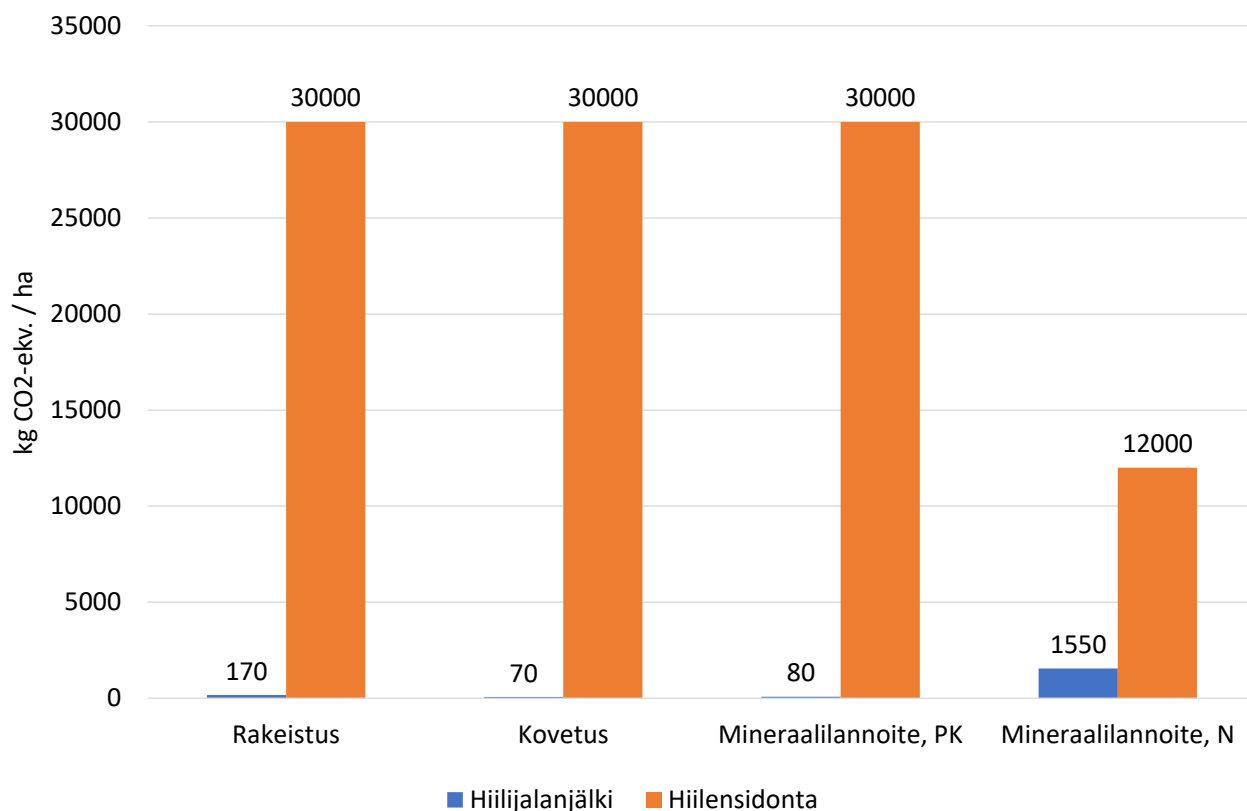
Tuhkien houkuttelevuutta metsälannoituksessa voitaisiin lisätä kasvattamalla niiden ravinnepitoisuutta kierrätysravinteilla tai jalostamalla niistä typpeä sisältäviä kivennäismaametsien lannoitteita. Orgaanisten kierrätyslannoitteiden levittäminen metsiin ei ole toistaiseksi sallittua, joten mahdollisia epäorgaanisten kierrätysravinteiden lähteitä kartoitettiin metsäteollisuuden sivu- ja jätevirroista. Suurin osa metsäteollisuuden sivuvirtojen sisältämästä fosforista ja kaliumista päätyy sivuvirtojen mukana polttoon ja edelleen tuhkaan. Lähes 70 % näistä tuhista on hyödynnetty maarakentamisessa ja noin 20 % lannoitevalmisteena. Sivuvirtojen sisältä typpi ohjautuu polttoon kuoren, purun, hakkeen ja lietteiden mukana, josta typpi vapautuu ilmaan. Typpeä voitaisiin ottaa talteen esimerkiksi sellutehtaiden kaasuvirroista, mutta talteenotto vaatisi uusia prosessivaiheita ja uutta teknologiaa sekä tutkimusta. EU:n ja Suomen lannoitelainsäädännön uudistus on ollut käynnissä hankkeen aikana ja on vielä kansallisen lannoiteasetuksen osalta kesken tätä raporttia kirjoitettaessa. Uudistuva lainsäädäntö edesauttaa kierrätyslannoitteiden markkinoille pääsyä ja mahdollistaa biomassatuhkien laajemman käytön lannoitevalmisteiden raaka-aineina.

Elinkaariarvioinnin tulosten perusteella itsekovetettujen tuhkalannoitteiden ympäristövaikutukset ovat muita vaihtoehtoja alhaisemmat. Rakeistettujen tuhkalannoitteiden aiheuttamat vaikutukset ovat muita vaihtoehtoja korkeammat johtuen muun muassa tuhkan alhaisesta ravinnepitoisuudesta, jonka seurauksena käsittelyn ja kuljetuksen osuudet kokonaisvaikutuksista muodostuvat suuriksi suhteessa tuotteen ravinnepitoisuuteen. Itsekovetettuun tuhkalannoitteeseen verrattuna rakeistettu tuhka on tasalaatuisempaa ja helpompaa levittää. Lisäksi rakeistuksella varmistetaan oikeat ravinnemäärät. Rakeistetun tuhkan valmistusta tulisikin pyrkiä tehostamaan, jotta ympäristövaikutukset olisivat mahdollisimman matalat suhteessa tuotteen ravinnemäärään.

Lannoitukset lisäävät puuston kasvua, minkä turvin on mahdollista kasvattaa puustopääomaa ja lisätä hakkuumääriä. Kaksinkertaistamalla lannoitusten pinta-alat, voitaisiin saada aikaan noin yhden prosentin suuruusluokkaa oleva lisäys puuston kasvuun koko maan tasolla. Pidemmän aikavälin tarkastelussa keskimääräisen kasvunlisäyksen suuruusluokka on noin 1 milj. m³ vuodessa, mutta arvio riippuu lannoituskohteiden valinnasta ja käytetyistä lannoitelajeista. Kasvun, kannattavuuden ja erilaisten ympäristövaikutusten näkökulmista merkittävää on se, missä suhteessa lisäkasvu ohjataan hakkuukertymiin ja hiilivarastoihin.

Oikein tehtynä metsälannoitus lisää puiden kasvua ja elinvoimaa, ja on siten tehokas keino kasvattaa talousmetsien hiilinieluja. Se myös korjaa ravinnepuutoksista johtuvia kasvuhäiriöitä. Ojitetuilla soilla lannoitus lisää puuston haihduntaa, mikä puolestaan vähentää kunnostusojitusten tarvetta. Useimmissa tapauksissa lannoitus on metsänomistajan näkökulmasta kannattava sijoitus tulevaisuuden hakkuutulojen kasvattamiseksi.

Lannoituksella saavutetaan puuston kasvunlisäyksen ansiosta suurempi hiilinielu kuin lannoitteiden tuotannosta ja käytöstä aiheutuvat päästöt ovat (kuva 2). On kuitenkin tärkeää muistaa, että lannoitukset tulee valita niille soveltuville kohteille ja tehdä oikeaan aikaan, jotta positiiviset vaikutukset saavutetaan.



Kuva 2. Lannoitteiden tuotanto ja levitys aiheuttavat hyvin vähän kasvihuonekaasupäästöjä (kuvassa hiilijalanjälki) verrattuna niillä saavutettavaan lisäkasvuun ja hiilensidonnan lisäykseen.

Hankkeen yhtenä tavoitteena oli koulutuksen ja tiedottamisen avulla antaa sekä lannoituspäätöksiä, että niitä käytännössä toteuttaville paremmat valmiudet löytää kuhunkin tilanteeseen sopivat ratkaisut. Tämän tavoitteen täyttämiseksi hankkeen tavoitteita, toimenpiteitä ja tuloksia on tuotu esille aktiivisen viestinnän kautta. Aineiston kokoamista ja tulosten jakoa varten hankkeelle perustettiin verkkosivut, joiden osoite on tapio.fi/vastuullisella-metsalannoituksella-ilmastohyotyja. Verkkosivuilla on vierailtu tähän mennessä 2280 kertaa.

Hankkeen tavoitteista ja hankkeessa tehtävistä selvityksistä sekä niiden hyödyntämisestä julkaistiin Tapion verkkosivuilla [tiedote 26.8.2021](#). Tiedotetta on luettu verkkosivuilla 236 kertaa. Tiedote julkaistiin myös VTT:n verkkosivuilla. Tiedotetta jaettiin sosiaalisen median kanavissa sekä medialle STT-tiedotejakelupalvelun kautta. Tiedote sai näkyvyyttä verkkomediaa Kauppalehdessä, Maaseudun Tulevaisuudessa, Metsälehdessä, Talouselämässä, Tekniikka & Talous -lehdessä ja Vastuullisuus uutiset.fi-sivustolla.

Mediatiedote otsikolla ”[Lannoitteiden hinta rajussa nousussa – kuinka käy metsälannoituksen?](#)” julkaistiin 28.2.2022. Tiedotteen pohjalta saatiin medianäkyvyyttä muun muassa Maaseudun Tulevaisuudessa 28.2.2022 otsikolla ”Lannoitteiden hintojen nousu voi romahduttaa metsälannoitusten määrän jopa puoleen normaalista”.

Hankkeen verkkosivuilla julkaistuilla blogikirjoituksilla oli iso rooli hankkeen viestinnässä. Hankkeessa kirjoitettiin alle listatut blogitekstit, joille haettiin näkyvyyttä sosiaalisen median uutiskanavissa sekä erilaisissa uutiskirjeissä.

- [Miksi metsälannoitus sakkaa? Vastuullinen lannoitus tuo hyötyjä niin metsänomistajalle kuin ilmastolle](#), 29.9.2021, 474 lukukertaa
- [Metsälannoitus tutkijan näkövinkkelistä](#), 24.11.2021, 384 lukukertaa
- [Metsälannoituksen vuosisata – tehometsätaloudesta kestäviin ilmastotoimiin](#), 22.12.2021, 436 lukukertaa
- [Mitä lannoitus merkitsee metsien monimuotoisuudelle?](#), 19.10.2022, 329 lukukertaa
- [Hyvälaatuiset tuhkat tarvitaan lannoituskäyttöön](#), 12.1.2023, 183 lukukertaa
- [Suometsien tuhkalannoitus lisää puuston kasvua ja hiilensidontaa](#), Tapio, 20.2.2023, 223 lukukertaa

Hanke tuotti myös [videon](#) turvemaametsien tuhkalannoituksesta, joka julkaistiin maaliskuussa 2022 Tapion YouTube-kanavalla, sosiaalisen median kanavissa ja hankkeen verkkosivuilla.

Hankkeen tulostiedote ”[Vastuullinen metsälannoitus on ilmastoteko](#)” julkaistiin loppuwebinaarin yhteydessä 21.3.2023. Samalla julkaistiin tulosdiat verkkosivuilla sekä 24.3.2023 hankkeen tulosesite sähköisessä muodossa. Sosiaalisen median kampanja toteutettiin hankkeen lopussa ja sitä jatkettiin vielä hankkeen päättymisen jälkeen.

Metsänhoidon suosituksen päivitys lannoitus-työlajin osalta tuotettiin hankkeessa. Se hyväksytetään metsänhoidon suositusten ohjausryhmässä ennen julkaisua. Suositusten osalta päivitettiin metsälannoituksen kokonaisuus nykyaikaan, muotoiltiin sisältöä uusiksi ja tuotiin päivitettyjä esimerkkejä suosituksiin. Itse lannoitusteema on suosituksissa hyvin esillä, mutta osa sisällöstä on vanhentunutta ja vaati päivityksen, kuten esimerkiksi lannoitemerkit ja esimerkkilaskelmien hinnat. Samalla tuotiin selkeämmin esiin hiilensidonnan merkitys lannoituksissa ja ilmastohyödyt. Metsänhoidon suositukset ovat kaksikieliset, joten myös suositussisällön ruotsinkielinen osuus tuotettiin.

Hankkeen tuloksista järjestettiin [väliwebinaari](#) 28.4.2022 ja [loppuwebinaari](#) 21.3.2023, joissa esiteltiin työpakettien tulokset. Hankkeen loppuwebinaaria markkinoitiin sähköposti- ja sosiaalisen median kanavissa sekä Hiilestä Kiinni -uutiskirjeessä. Väliwebinaariin ilmoittautui 82 ja loppuwebinaariin 121 osallistujaa monipuolisesti eri organisaatioista. Webinaarien esitykset ja työpakettien tulosdiat koottiin hankkeen [verkkosivuille](#). Hankkeen keskeiset tulokset koottiin myös tiiviiksi [esitteeksi](#).

3.2 Tulosten vienti käytäntöön

Lannoitukset lisäävät puuston kasvua, minkä turvin on mahdollista kasvattaa puustopääomaa ja lisätä hakuumääriä. Kaksinkertaistamalla lannoitusten pinta-alat, voitaisiin saada aikaan noin yhden prosentin suuruusluokkaa oleva lisäys puuston kasvuun koko maan tasolla. Pidemmän aikavälin tarkastelussa keskimääräisen kasvunlisäyksen suuruusluokka on noin 1 milj. m³ vuodessa kyseisillä lannoitusmäärillä, mutta arvio riippuu lannoituskohteiden valinnasta ja käytetyistä lannoitelajeista. Kasvun, kannattavuuden ja erilaisten ympäristövaikutusten näkökulmista merkittävää on se, missä suhteessa lisäkasvu ohjataan hakkuukertymiin ja hiilivarastoihin.

Hankkeen tulosten levittäminen käytännön toimijoiden tietoon toteutettiin viestintätoimenpiteiden kautta hankkeen aikana ja vielä sen päättymisen jälkeen. Hankkeen keskeisimmät tulokset koottiin esitteen muotoon, joka on saatavilla hankkeen muiden aineistojen kanssa verkkosivuilta. Päivitettyä tietoa metsälannoituksesta viedään myös metsänhoidon suosituksiin. Hankkeen tuloksilla vahvistetaan metsänomistajien ja käytännön toimijoiden osaamista metsälannoituksen hyvistä käytännöistä. Tavoitteena on lisätä lannoituspalveluiden tarjontaa ja kysyntää sekä innostaa metsänomistajia vastuulliseen lannoitukseen soveltuvilla kohteilla ja tuhkan käyttöön erityisesti turvemilla.

Hankkeen tulokset tukevat maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuuden saavuttamista monin tavoin. Metsän kasvunlisäyksellä kivennäis- ja turvemaidella on suora myönteinen vaikutus hiilinieluihin ja varastoihin. Hankkeen tulokset jalkautetaan viestinnän voimin metsäomistajille, jotta metsälannoitusten avulla saatavaa kokonaishyötyä kasvaisi. Tätä hyötyä voidaan mitata sekä hiilinielujen lisäyksenä, että taloudellisella kannattavuudella. Metsälannoitus on nopea keino kasvattaa nieluja ja uusien, kestävien lannoituskonseptien luomisella tavoitellaan lannoituspinta-alojen lisäämistä myös pitkällä aikavälillä.

Hyväkuntoinen, terve metsä on vahva työkalu ilmastonmuutoksen torjunnassa. Hanke tulokset tukevat ilmastotoimia vahvistamalla metsänomistajien ja toimijoiden osaamista vastuulliseen metsälannoitukseen. Tiedonlisäys tuhkan ja muiden kiertotalouslannoitteiden saatavuudesta ja mahdollisuuksista tukee osaltaan hiilineutraalisuustavoitteeseen pääsemistä. Turvemaiden tuhkalannoituksella voidaan myös saavuttaa maaperän vesitaloutta parantava vaikutus, mikä voi samalla vähentää turvemaiden kasvihuonepäästöjä.

Hiilinielujen ylläpitoa tukevat hankkeessa suoritettut simuloinnit ja skenaariotyö tehokkaimpien metsänkasvatusmallien löytämiseksi sekä pureutuminen keskeisiin metsälannoituksen hyväksyttävyyteen vaikuttaviin seikkoihin. Hankkeessa suoritettu metsälannoituksen parhaiden käytäntöjen etsintä tukee myös hiilinielujen vahvistamista.

Hankkeessa selvitetty metsälannoitteiden elinkaaripäästöt auttavat vähentämään maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöjä. Suositellut, tehokkaat ja kestävät lannoitusratkaisut lisäävät puuntuotosta ja hiilensidontaa. Turvemaiden vesitalouden parantaminen puuston kasvua kiihdyttämällä voi vähentää kunnostusojitusten tarvetta sekä muuttaa turvemaita päästölähteistä nieluiksi.

3.3 Tulosten merkitys ja jatkotoimenpiteet

Hankkeessa koottiin olemassa olevaa lannoitukseen liittyvää tietoa laajalta aihealueelta, joka kattoi metsälannoituksen valmistuksen ja käytön vaikutukset monipuolisesti.

Koko maan mittakaavassa tehty skenaariotarkastelu avasi lannoituksen mahdollisuuksien suuruusluokkaa metsän vuotuisena kasvuna mitattuna. Pelkkä tieto kasvunlisäyksen potentiaalista ei kuitenkaan riitä. Olennainen kysymys on, ohjautuisiko lannoituksen tuoma lisäkasvu puuntuotantoon vai metsien hiilivarastoihin vai molempiin. Puunkorjuu tuottaa taloudellista hyötyä, mutta sisältää myös riskin kasvavista ympäristövaikutuksista. Käytännön toteuttajien oikeilla valinnoilla voidaan saavuttaa eri näkökohdat huomioon ottava kompromissi, jossa hyötyjä ei menetä, vaikka haitat minimoidaan.

Hankkeessa suoritettujen viestintätoimenpiteiden lisäksi hankkeessa mukana olleet toimijat ovat koko ajan paljon tekemisissä alan sidosryhmien kanssa, joten tieto hankkeesta ja sen tuloksista leviää näiden kontaktien kautta. Jo VaMeLa-hankkeen aikana käytiin keskusteluja ja suoritettiin tiedonvaihtoa muun muassa Suomen metsäkeskuksen koordinoiman ”Kohdennetulla metsälannoituksella kestävää kasvua ja hiilensidontaa – KoMe” -hankkeen kanssa.

Tulokset osoittavat, että metsälannoituksella saavutettavat ilmastohyödyt lisääntyneen kasvun kautta ovat selvästi suuremmat kuin lannoitteiden valmistuksesta aiheutuvat päästöt. Erityisesti tuhkan käyttöä lannoitukseen kannattaa lisätä merkittävästi. Tällä on erityisesti merkitystä nyt kun Suomi pohtii kustannustehokkaita keinoja kasvattaa maankäytön ja metsätaloussektorin hiilinieluja. Uudistumassa olevan lannoitelainsäädännön antamia uusia mahdollisuuksia muidenkin kierrätyslannoitevalmisteiden kuin tuhkan käyttöön metsälannoituksessa olisi hyvä selvittää. Kierrätyslannoitteiden raaka-aineisiin, soveltuvuuteen, tuotantoon ja sen kustannuksiin sekä ympäristövaikutuksiin liittyy vielä monia asioita, joita ei tunneta riittävästi.

Hiilensidonnan ympärille muodostumassa olevat erilaiset palkitsemisjärjestelmät ja markkinaehtoiset menettelyt asettavat metsälannoitukselle uudenlaisia kysymyksiä. Nykyiset lannoitussuosituksot ja

lannoituksen vaikutuksia ennustavat mallit pohjautuvat puuntuotannon tehostamisesta lähtevään tavoitteiden asettamiseen. Puuntuotannossa lannoituksen hyöty saadaan myöhemmissä hakkuissa, joiden ajoittuminen suhteessa lannoituksen vaatimaan investointiin on kannattavuuden kannalta merkittävää. Hiilimarkkinoille tähtäävän biomassan tuotannon investointien takaisinmaksuajan aikajänne voi olla puuntuotantoa merkittävästi lyhyempi ja myös lannoituskohteiden valinta perustuu nettosidontaan eikä hakkuukertymiin. Niinpä sekä lannoitusvaikutuksia ennustavia malleja että hiilensidontaan tähtääviä metsänkasvatusstrategioita on uusittava sitä mukaa, kun hiilimarkkinoiden käytännöt ja merkitys selkiintyvät, ja mielellään jo ennen sitä.

Yksi tämän hankkeen johtopäätöksistä on, että lannoituspäätösten tekijöille on pystyttävä tarjoamaan monipuolista tietoa metsälannoituksen hyödyistä ja haitoista. Esimerkiksi eri lannoitelajien elinkaaritarkastelu sekä lannoittamisen taloudelliset ja ympäristövaikutukset on tuotava päättäjien nähtäville mahdollisimman tasapuolisella tavalla. VaMeLa hankkeen tulosten pohjalta päivitetään myös metsänhoidon suosituksia. Suositusten kautta tietoisuus lannoituksen hyödyistä ja vaikutuksista leviää laajasti.

Tiedon lisäksi tarvitaan käytännön ratkaisuja. Sellainen voisi olla jonkinlainen sähköinen kauppapaikka, jossa metsänomistajat voisivat muodostaa logistiikan ja lannoitteiden levityksen kannalta riittävän isoja kokonaisuuksia. Sen myötä yksikkökustannuksia saadaan pienemmäksi.