



Kuva: Saara Lilja-Rothsten

PUUTUHKAN KÄYTTÖ KIVENNÄISMAAMETSIEN LANNOITUKSESSA – pilotointi Loppuraportti 2016-2018

Sisällys

Hankkeen taustaa	3
Tuhkan hyötykäytön mahdollisuuksia	3
Hankkeen tavoitteet ja hyödyt	6
Suunniteltu aikataulu 2016	8
Koejärjestely	8
Koealueiden sijainti	8
Tuhkan levitys ja levitystasaisuuden mittaaminen	15
Analysit tuhkan levityksen jälkeen	15
Kirjallisuusselvitykset	15
Ohjausryhmä	17
Ohjausryhmän kokoonpano 2016	17
Ohjausryhmän kokoukset	17
Viestintä	18
Tuhkaretkeily	18
Puutuhkaseminaari 29.11.2016	21
Muu viestintä	22
Toiminta vuonna 2017	23
Viestintä 2017	23
Hankkeen toteutuksen suunnitellut vaiheet 2017	24
Tuhkatyöpaja	24
Kooste esitelmistä	26
World café-työpaja: Puutuhkan hyödyntäminen lannoitevalmisteena	33
Puutuhka-hankkeen retkeilypäivä 19.5.2017	40
Ohjausryhmä	47
Ohjausryhmän kokoukset	47
Vuonna 2017 valitut koealueet	48
Toiminta vuonna 2018	50
Ohjausryhmän kokoukset	50
Projektiryhmän kokoukset	50
Koealueiden toteutus 2018	50
Retkeily 2018	53
Yhteenvetoa retkeilystä	56
Loppuseminaari	63
Yhteenveto	65
Tuhka metsälannoitteena	66
Tuhkalannoituksen vaikutus marjoihin ja sieniin	68
Tuhka osana kiertotaloutta	69
Kirjallisuutta	71

Hankkeen taustaa

Tuhkan hyötykäytön mahdollisuuksia

EU on kannustanut jäsenvaltioitaan uusiutuvien energianlähteiden käyttöön, mikä on lisännyt voimakkaasti esimerkiksi puupohjaisten polttoaineiden käyttöä. Biomassan energiakäytöstä syntyy suuria määriä erilaista tuhkaa, kuten puutuhkaa, jota voidaan hyödyntää metsien lannoituksessa ja muussa hyötykäytössä, kuten maanrakentamisessa. Puutuhkan käyttäminen metsälannoitteena on kestävä kehityksen mukaista toimintaa. Puutuhkan käyttäminen metsälannoitteena edistää myös kiertotaloutta, jossa resurssitehokkuus ja jätteen synnyn ehkäiseminen ovat avainasemassa. Puutuhka sisältää kaikkia niitä ravinteita, joita puut ja muu kasvillisuus tarvitsevat kasvaakseen, lukuun ottamatta typpeä (N), joka poistuu puun poltossa savukaasujen mukana (esim. Huotari ym. 2015). Puutuhka on hyvä fosforin (P) ja kaliumin (K) lähde, mitä voitaisiin käyttää nykyistä paljon enemmän ja samalla korvata keinolannoitteiden käyttöä metsälannoituksessa. Tuhkalannoituksella voidaan lisätä puuntuotantoa sille soveltuvilla kohteilla, erityisesti turvemaametsissä, joissa on runsaasti typpeä, mutta niukasti puustolle käyttökelpoisessa muodossa olevaa fosforia ja kaliumia. Tuhka voidaan levittää maa- tai lentolevityksenä. Levityksen tasaisuuteen vaikuttavat muun muassa tuhkan laatu, levityskalusto, ajouraväli ja puusto (Kyngäs 2015). Levityksen tasaisuus on olennainen asia puuston kasvunlisäyksen kannalta. Tuhkan traktorilevityksen tasaisuudesta tarvitaan lisää tietoa levityskaluston kehittämiseksi ja levityksen teknisen toteutuksen ohjeistamiseksi.

Puutuhka sisältää ravinteita, joiden palauttaminen metsään on sekä metsänkasvatuksellisesti että ekologisesti perusteltua, kun otetaan huomioon tuhkan laatu ja määrä, kasvupaikkatyyppi sekä metsikön kehitysvaihe. Puutuhkan kierrätys metsälannoitteena paitsi edistää ravinteiden kierrätystä luonnossa, myös vähentää tuhkan päätymistä jätteeksi sekä torjuu metsämaiden happamoitumista (Emilsson 2006). Myös kiertotalouden näkökulmasta tuhkalannoituksen lisääminen on erittäin suositeltavaa ja kannatettavaa. Puutuhka on metsä- ja energiateollisuuden hyötykäyttökelpoinen sivuvirta, joka tulisi hyötykäyttää, ei loppusijoittaa jätteenä kaatopaikalle.

Kaikkiaan Suomessa arvioidaan syntyvän noin 1,5 miljoonaa tonnia tuhkaa. Metsä- ja energiateollisuudessa syntyy huomattava määrä puu- ja turvetuhkaa, arvioiden mukaan 300 000 -600 000 tonnia vuosittain (esim. Pajukallio ym. (toim.) 2011). Eri sektoreilla ja erikokoisissa polttolaitoksissa syntyvien tuhkamäärien tilastointi on erittäin puutteellista ja hajanaisesti toteutettu. Siten vuosittain syntyvien, hyötykäyttökelpoisten tuhkamäärien tarkempi arviointi ja kokonaiskuvan luominen tuhkaan liittyvän liiketoiminnan edistämiseksi on erittäin haasteellista. Metsäteollisuusyrityksille tehdyn kyselytutkimuksen mukaan Suomessa syntyi vuonna 2012 225 000 t tuhkaa, josta lannoituskäyttöön ohjautui 21 % eli noin 47 000 t (Matilainen ym. 2013). Tuhkan osuus metsälannoituksessa on ollut melko vähäinen, 2000-luvulla tuhkalannoituksen laajuus on ollut vain muutamia tuhansia hehtaareja vuosittain (Ojala 2010).

Tuhkan hyödyntäminen on keskittynyt erityisesti turvemaille, mutta myös kivennäismailla on potentiaalia puutuhkan käytölle. Kivennäismailla puiden kasvua rajoittaa yleensä typen puute, joten pelkkä tuhkalannoitus ei välttämättä lisää puiden kasvua. Tuhkalannoituksella on kuitenkin todettu olevan puuntuotosta parantavaa vaikutusta myös kivennäismaiden metsissä, kun tuhkan lisäksi on käytetty typpeä (Emilsson 2006, Saarsalmi ym. 2014). Tuhkalannoitus voi myös tehostaa kivennäismaiden puuston kykyä hyödyntää typpilisäystä, ja sillä

voidaan estää puiden kasvuhäiriöitä, jotka johtuvat esimerkiksi ravinteiden epätasapainosta tai boorin (B) puutteesta. Tuhkalannoitusta voidaan myös käyttää esimerkiksi energiapuun korjuukohteilla, joissa neulasten, latvusten ja kokopuiden poisto saattaa muuttaa metsikön ravinnetasapainoa (Kuusinen ja Ilvesniemi 2008). Ravinteiden hävikki on erityisesti energiapuunkorjuukohteilla korvattava, koska esimerkiksi booria tulee sadannan mukana vain 7g/ha (Wikner 1983), ja poistuu kokopuukorjuussa jopa 1500 g/ha (Helmisaari 1995, Finer 1989) ja huuhtoumana noin 1g/ha/v. Lisäksi muita ravinteita häviää kiertoajalla, jossa on tehty kaksi ainespuuharvennusta ja lopuksi kokopuukorjuu, koska puuston mukana aloilta poistuu ravinteita keskimäärin: fosforia 40 kg/ha, kaliumia 180 kg/ha, kalsiumia 450 kg/ha ja magnesiumia 60 kg/ha (Räisänen 2015).

Ravinteiden ohella tuhka sisältää raskasmetalleja, kuten kadmiumia (Cd), lyijyä (Pb), nikkeliä (Ni), arseenia (As) ja kromia (Cr), jotka ovat peräisin polttoaineena käytetystä puuraaka-aineesta (kuori, hakkuutähteet, sahanpuru ym). Tuhkalannoituksen seurauksena alun perin suuremmalta metsäpinta-alalta puustoon kertyneet alkuaineet kasautuvat paikallisesti, mikä lisää raskasmetallien, kuten kadmiumin, kokonaisvarantoa tuhkalannoitetuilla kohteilla maaperässä (Huotari 2012). Puutuhkan raskasmetallisisältöä arvioitaessa on syytä ottaa huomioon, ettei puutuhka yleensä sisällä mitään luonnolle vierasta ainetta. Raskasmetalleja esiintyy luonnostaan kallioperässä, josta niitä vapautuu ympäristöön; maaperään, veteen ja ilmaan, kallioperän rapautumisen seurauksena. Maantieteellisesti raskasmetallien luontaisissa taustapitoisuuksissa voi olla suuria eroja (Pasanen ym. 2001). MMM:n asetuksessa lannoitevalmisteista määritellään tuhkan sisältämät sallitut haitta-aineiden enimmäispitoisuudet. Esimerkiksi kadmiumin määrä tuhkassa ei saa ylittää 25 mg/kg, ja sitä saa levittää enintään 100 grammaa hehtaarille 60 vuoden aikana. Polttoainekoostumus, polttotekniikka ja savukaasujen puhdistustekniikka vaikuttavat merkittävästi tuhkan laatuun, kuten sen raskasmetallisisältöön. Olennaista tuhkan raskasmetallisisältöä arvioitaessa on myös se, puhutaanko lentotuhkasta vai pohjatuhkasta. Esimerkiksi, jos polttotekniikkana on leijupetipolttol, merkittävä osa raskasmetalleista päättyy lentotuhkaan, jota leijupetipoltossa syntyy noin 80 % tuhkan kokonaismäärästä (Ramboll Finland Oy 2012).

Tuhkalannoitus vaikuttaa niin turve- kuin kivennäismailla maaperän mikrobiologisiin prosesseihin ja sitä kautta myös maaperän kasvihuonekaasujen eli hiilidioksidin (CO₂), metaanin (CH₄) ja dityppioksidin (N₂O) päästöihin (Huotari 2012). Turvemaidella on esimerkiksi havaittu tuhkalannoituksen nopeuttavan orgaanisen aineksen hajoamista ja hiilen vapautumista maaperästä ilmakehään. Toisaalta lannoituksen tuoma puuston kasvun lisäys voi lisätä metsikön hiilensidontaa ja hiilinielua. Tuhkalannoituksen kokonaisvaikutusten arvioimiseksi on myös huomioitava tuhkan käytön merkitys metsien hiilinieluihin.

Tuhkalannoitus on vakiintunut osaksi suomalaista metsänhoitoa ja sille on olemassa omat markkinansa turvemaiden hoidossa. Tuhkan laajemmasta käytöstä metsien lannoituksessa ollaan erittäin kiinnostuneita myös kivennäismailla, mutta käyttöönottoon liittyy esteitä (Tuovinen 2015). Tuhkalannoitemarkkinatoimijat pitävät korkeita logistisia kustannuksia harvennushakkuiden tai päätehakkuun yhteydessä yhtenä merkittävimpana esteenä tuhkalannoitukselle. Markkinaesteinä pidetään myös lannoitukseen soveltuvien tuhkien vähäistä määrää, yksityisten metsänomistajien tiedonpuutetta tuhkalannoitteista sekä toimijoiden kykenemättömyyttä markkinoida tuhkalannoitteita. Lisäksi tuhkan kierrätys käsitteenä on toimijoille ristiriitainen: osa katsoo sen tarkoittavan ravinteiden kierrätystä, osa taas yhdistää kierrättämiseen mm. tuhkan käytön maa- ja tienrakennuksessa (Tuovinen 2015). Tuhkalannoitemarkkinoiden kasvua rajoittaa ilmeisesti myös markkinoille tulon este. Se on syntynyt edellä mainittujen ongelmien lisäksi siitä käsityksestä, että markkinoilla toimiminen vaatii huomattavan määrän tietoa. Näiden tekijöiden vuoksi käytännön ja tutkimuksen välistä yhteistyötä tarvitaan tuhkan hyötykäytön lisäämiseksi uuden hallitusohjelman mukaisesti kiertotalouden aikana.

Tapion vetämässä Tuhkan tuotanto- ja käyttöpotentiaalit -hankkeessa vuoden 2017 keväällä tehdyssä kyselyssä tuhkan tuottajille ja käyttäjille saatiin kommentteja, jotka sopivat erittäin hyvin myös tämän hankkeen raportissa esiteltäväksi. Kommentit kuvastavat samaa käsitystä tiedon puutteesta tuhkan suhteen kuin mitä tämän hankkeen eri katsauksissa ja yhteenvedoissa on tuotu esille. Tuhkasta tiedetään liian vähän, jotta sen käyttö saataisiin yleisemmäksi niin lannoituksessa kuin maarakentamisessakin (ks. kohta Hankkeen tavoitteet ja hyödyt, kohta 3).

- Metsälannoitukseen sopivia tuhkalannoitteita valmistavia laitoksia pitäisi saada myös Etelä-Suomeen
- Lisätään hankesuunnittelijoiden tuhkatietoisuutta
- Lisätään potentiaalisten hyötykäyttäjien tuhkatietoisuutta
- Helpotetaan lupaprosessia lainsäädäntöä muuttamalla
- Lisätään tutkimusta ja markkinointia
- Lisäämällä tuottajien ja käyttäjien tietoisuutta toisistaan
- Järkevämät raja-arvot. Tuhka peräisin metsästä ja soilta, joten tuhkan tulisi olla mahdollista palauttaa sinne myös takaisin. Vertaus esim. metsäpalo.
- Tuhkan tuottajien on tiedettävä tuottamansa tuhkan laatu ja itse aktiivisesti analysoitava tuhkan ja kartoitettava hyötykäyttökohteita. Ei voi jäädä passiivisesti odottelemaan.
- Metsänomistajien tietoisuutta tuhkan lannoitusvaikutuksista pitäisi lisätä.
- Tienrakennuksen tuhkaa ei ole tarvetta luvittaa jokaisessa kohteessa.
- Asetusmuutoksella saataisiin myös arinatuhkat hyötykäytettyä metsälannoitteena.
- Tuhkan hyötykäytön markkinoinnin tehostaminen lannoitukseen ja maanrakennukseen.
- Hyvien kohteiden esitteleminen esimerkiksi retkeilyllä. Osallistujat näkevät miten tuhka on vaikuttanut.
- Tuhkan käsittely on tuhkan tuottajille vain kulu. Mikäli tuhalla lannoittajat / tuhkan jalostajat saavat tuotteita, joista taloudellista hyötyä ja jota voi mahdollisesti jakaa tuottajillekin asti, niin tuhkan hyötykäytön edistämiseksi on mahdollisuuksia.
- Puuperäisen tuhkan lannoitus- ja maarakennuskäytön suhteen ei tulisi olla turhia rajoitteita ainakaan lainsäädännöllisesti, mikäli niistä on osoitettu olevan selkeää hyötyä käyttökohteessa. Puuperäinen tuhka on täysin luonnonmukainen tuote
- Selkeät ohjeet tuhkan tuottajille erilaisiin käyttötarkoituksiin. Tuhkamarkkinoiden luominen.
- Kullakin paikkakunnalla/maakunnalla olisi tuhka-asema/asemia, jonne tuhkan tuottajat voisivat tuoda tuhkan. Asemalta tuhka vietäisiin keskitetysti hyötykäyttöön.
- Toimivat ja taloudellisesti motivoivat käytännöt.
- Helppo saatavuus, helppo levitys, kokonaispalvelu = suunnittelu, toteutus
- Tuhkan maarakennus hyötykäyttö tulisi onnistua MARA-ilmoituksella ilman ympäristölupaa.
- Tuhkan parempi markkinointi esim. tuhkaa tuottavien laitosten taholta. Parempi tuhkan jakeluverkosto - tietoisuuden lisääminen tuhkan mahdollisuuksista.
- Tiedotus, yhteishankkeet-kannattavuus, ym.
- Lisätään tuhkan tarjontaa ja tietoa mihin sitä voi käyttää.
- Ongelmana on tuhkan levittäminen; helikopteri pienille aloille ei sovellu ja kustannus on kallis.
- Pitäisi löytää keskitetty tuhkan keräilijä, joka hakisi tuhkat ilman veloitusta.

Puutuhkan käyttö kivennäismaa metsien lannoituksessa -tutkimus liittyy EU:n seitsemännen puiteohjelman Valerie-hankkeeseen, jonka tavoitteena on ollut viedä maa- ja metsätalouden tutkimuksen uusia innovaatioita käytäntöön yhdessä sidosryhmien kanssa. Hankkeessa rakennettiin vuosina 2014–2017 AskValerie-hakukone keskeisimpien tutkimusartikkelien koostamisen ja vahvan sidosryhmien kuulemisen avulla. Suomen sidosryhmäalue oli Joensuussa ja teemana oli puutuhkan kierrätys. Hankkeessa tehtiin käytäntöä ja tutkimusta yhteen liittävä pilotointi. Suomen tapaustutkimusta koordinoi Tapio Oy yhdessä EFI:n kanssa (www.Valerie.fi). Hanke päättyi vuonna 2017.

Hankkeen tavoitteet ja hyödyt

Työ nivoutuu vahvasti käytäntöön. Valerie-pilotoinnin tavoitteena oli testata tuhkalannoitusta kivennäismaiden metsissä ja yhdessä sidosryhmäyhteistyössä kerätä tietoa tuhkan hyötykäytön mahdollisuuksista ja käytännön esteistä metsämaalla. Uusien perustettavien levityskohteiden lisäksi tässä hankkeessa on hyödynnetty LUKE:n viimeisten vuosikymmenien aikana perustettuja kivennäismaiden tuhkalannoituskokeita.

Työ on tärkeä, koska tuhkalannoituksen hyödyistä kivennäismailla sellaisenaan ja yhdistettynä typpilannoitukseen tarvitaan lisäselvityksiä. Tuhkalannoituksen ja koko kierrätysketjun; tuhkan tuottajien, lannoitevalmistajien ja muiden jatkojalostajien, kuljetusyriyötyksien, lannoituksia tekevien toimijoiden ja muiden metsäalan palveluntarjoajien, sekä metsänomistajien, kannalta olisi ensi arvoisen tärkeää saada tutkimukseen perustuvaa tietoa sekä tuhkalannoituksen turvallisuudesta, että hyödyistä, kuten esimerkiksi imagohyödyistä ravinteiden kierrätyksen näkökulmasta tarkasteltuna. Ilman tutkittua tietoa em. toimijat eivät pysty tekemään kauaskantoisia päätöksiä toiminnan jalkauttamisesta käytäntöön. Toimijoiden täytyy muun muassa tietää, mitkä ovat turvalliset raja-arvot tuhkan käytölle, kuinka paljon tuhkaa voidaan turvallisesti käyttää samalla kohteella. Olennaista on, että saadaan sellaista tietoa, jonka avulla voidaan kehittää tarpeet kohtaavia tuotteita, täydentää/ päivittää typen lisäyskohteilla kasvuyhyötyyn pohjautuvia suosituksia ja standardeja (vrt. Tapion Turvemaiden metsänhoitosuosukset) sekä konkretisoida tuhkalannoitukseen liittyviä hyötyjä. Näkökulma on käytännössä; kierrätyksen hyödyissä ja toissijaisesti sen kerrannaishyödyissä, jossa kasvun lisäksi on tavoitteena. Puuntuotos näkökulmassa huomioidaan myös toiminnan kestävyys, esimerkiksi ekosysteemipalveluiden turvaaminen niin aluetasolla kuin kohdekohtaisestikin (vesiensuojelukysymykset, luonnon monimuotoisuudelle arvokkaat kohteet yms.).

Työssä selvitetään kokeellisesti ja kirjallisuuskatsausten avulla:

1. Aiheuttaako tuhkalannoitus vaaraa ihmisen terveydelle? Ovatko marjojen ja sienten sisältämien raskasmetallien pitoisuudet ensimmäisinä vuosina tuhkalannoituksen jälkeen nousseet liian korkeiksi? (Pilottitutkimus ja kirjallisuuskatsaus)
2. Lisääkö tuhkalannoitus yhdistettynä typpilisään puuston kasvua kivennäismaalla? (Kirjallisuuskatsaus)
3. Miten voitaisiin purkaa tuhkalannoituksen käytännön esteitä, jotta tuhkan kierrättäminen onnistuisi paremmin? Käytännön esteisiin kuuluvat esimerkiksi 1) monimutkainen toimintaympäristö, 2) korkeat

logistiset kustannukset, 3) yksityisten metsänomistajien ja viranomaisten tietoisuus
tuhkalannoituksesta ja 4) tuhkalannoitteen levityksen tasaisuuden varmistaminen (Kirjallisuuskatsaus
ja asiakaskysely retkeilyn yhteydessä)

Työ tukee kiertotalouden vahvistumista Suomessa. Tuhkassa on runsaasti hyödyllisiä, puuntuotannon kannalta tarvittavia alkuaineita. Oikein käytettynä, ts. sopiva määrä, sopivanlaista tuhkaa, sopivalle kasvupaikalle, tuhkaa voidaan käyttää metsälannoitteena ja siten palauttaa metsästä alun perin peräisin oleva tuhka takaisin suomalaiseen luontoon. Samalla voidaan vähentää keinolannoitteiden käyttöä metsälannoitteina ja siten vähentää keinolannoitteiden käyttöön liittyviä ympäristökuormituksia. Tuhkan kierrätys edistää myös niukkojen luonnonvarojen riittävyyttä ja vähentää tuhkan loppusijoittamista jätteenä kaatopaikoille. Puutuhkan käyttäminen metsälannoitteena edistää metsä- ja energiateollisuuden sivuvirtojen materiaalitehokasta ja resurssiviisasta käyttöä.

Metsien käytön intensiivisyys ja esimerkiksi energiapuun korjuun laajamittaisuus voivat alueellisesti lisätä ravinnehävikkiä. Tämän vuoksi tuhkan kierrätyksen lanseeraaminen myös kivennäismaametsiin on perusteltua. Tutkimuksessa saadaan tietoa tuhkan hyötykäytön mahdollisuuksista ja erityisesti tuhkan vaikutuksista ihmisen terveydelle. Tiivis yhteistyö metsänomistajien ja lannoitusasiantuntijoiden kanssa paranee sekä käytännön edellytykset tuhkan hyötykäytölle paranevat.

Ilmastonmuutos on väistämätön ja tulevaisuudessa on erityisesti pohdittava, millä keinoilla hiiltä saadaan sitoutumaan ekosysteemien eri osiin. Ilmastostrategian tavoitteena on päästöttömän, uusiutuvan energian käyttöä lisääminen kestävästi niin, että sen osuus 2020-luvulla nousee yli 50 prosenttiin, ja omavaraisuus yli 55 prosenttiin sisältäen mm. turpeen. Tämä tarkoittaa puun ja turpeen energiakäytön lisääntymistä, ja täten myös tuhkan määrän lisääntymistä. Tällä tutkimuksella saadaan tietoa tuhkan lannoitus- ja hyötykäytön merkityksestä energiapuun käytön kestäväyydelle ja tuhkan käytön turvallisuudesta ihmisen terveydelle metsissämme.

Tutkimuksen ensisijainen kohde oli 2016 raetuhka (Ecolan PK3000) ja raetuhka yhdessä typen kanssa. Tämän ohella on todettu keskusteluissa, että on tarpeellista selvittää vertailun vuoksi myös muiden tuhkalaatujen, kuten rakeistamattoman tuhkan käytettävyyttä. Tämän vuoksi vuoden 2017 aikana valmisteltiin käytännön kohteille koealaverkosto, jossa tutkitaan itsekovetetun tuhkan (Tuhka-Hukka Oy) vaikutuksia ympäristöön.

Pohjois-Karjalan alueella on runsaasti hajautetun energiantuotannon laitoksia, pienlämpölaitoksia, joissa syntyy pieniä määriä puutuhkaa. Laitosten tuhkien hyödyntäminen lannoitevalmisteina ei ole toteutunut kustannustehokkaasti, ja tyypillisesti rekisteröityneet toimijat levittävät tuhkat itse omiin metsiinsä perinteisillä tekniikoilla. Monet toimijoista eivät ole rekisteröityneet lannoitevalmistajien rekisteriin ollenkaan, ja tällöin tuhkan ainoa sijoittelumahdollisuus on kaatopaikka. Tuhkan ravinteiden kierron kannustamiseksi tässä tutkimuksessa huomioidaan myös pienempien tuhkan tuottajien puhtaat puutuhkat ja tarkastellaan aihetta kirjallisuustarkastelun yhteydessä.

Suunniteltu aikataulu 2016

Toteutuksen suunnitellut vaiheet 2016 kuukausikohtaisesti:

Työvaihe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0. Suunnitelman tarkentaminen												
1. Perustamiskokous			X									
2. Toteutuksen suunnittelu												
3. Lähtötila-analyysit												
4. Tuhkaretkeily						X						
5. Kirjallisuusselvitykset												
6. Ohryt			X			X				X		
7. Tuhkien levitys								X				
8. Analyysit												
9. Seminaari										X		
10. Loppuraportti												X
11. Päätöskokous												X

Koejärjestely

Koealueiden sijainti

Pilotointialueet toteutettiin yhteistyössä Valerie-hankkeen kanssa. Ne sijaitsevat Kiihtelysvaarassa ja Tohmajärvellä lähellä Joensuuta. Pilotointialueet oli alustavasti valittu syksyllä 2015. Ensimmäiset koealueet valittiin keväällä 2016 ja rajattiin maastoon syksyllä 2016.

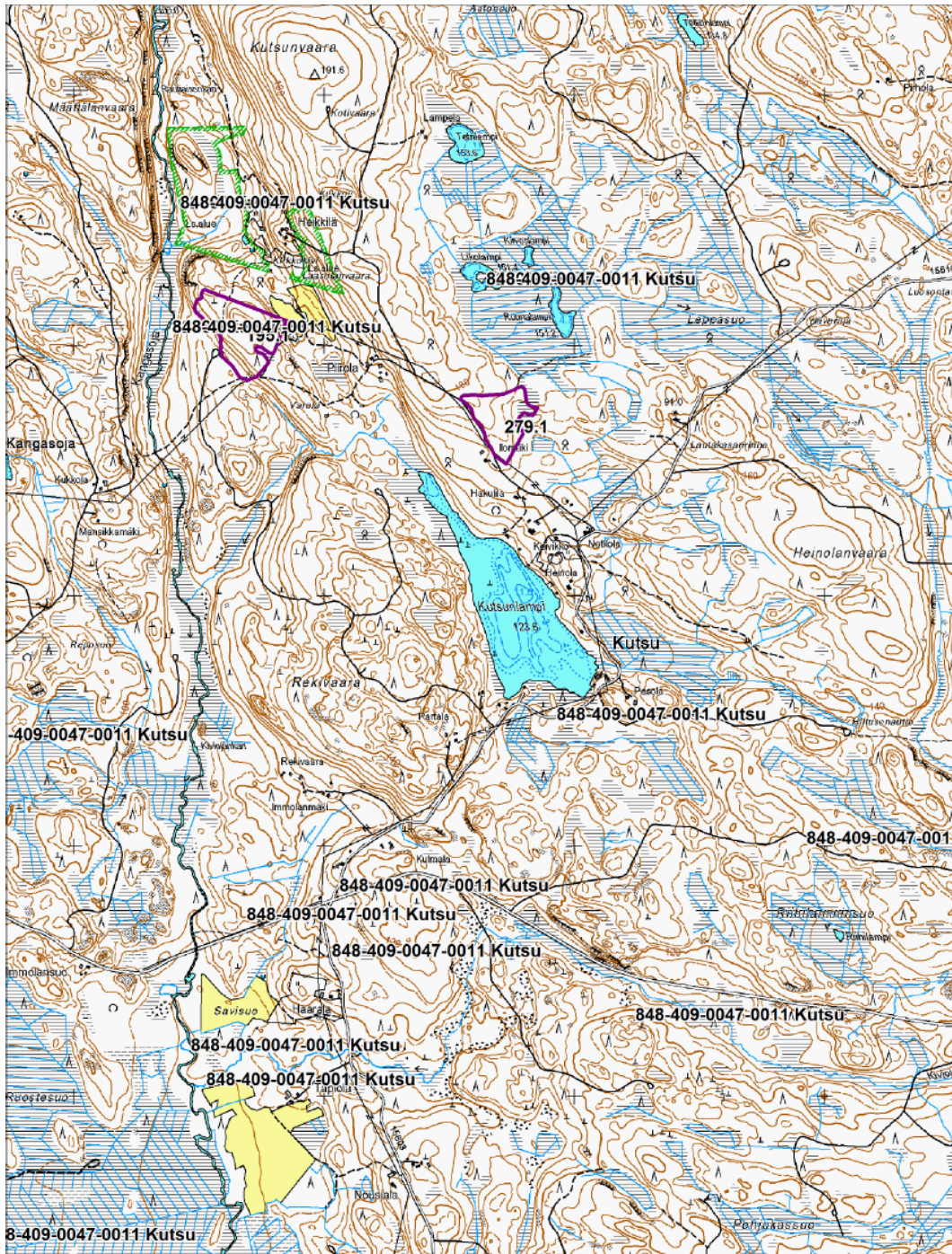
Lannoituskokeet vuonna 2016

Lannoituskäsittelyt männikössä ja kuusikossa sisältävät kolme käsittelyä, kolmena toistona. Työ toteutettiin traktorilevityksenä harvennusvaiheen metsiköissä 28.-29.12.2016 seuraavilla kohteilla:

- VT-männikkö (UPM), kuvat 4 - 6
- OMT-kuusikko (UPM), kuvat 1 - 3

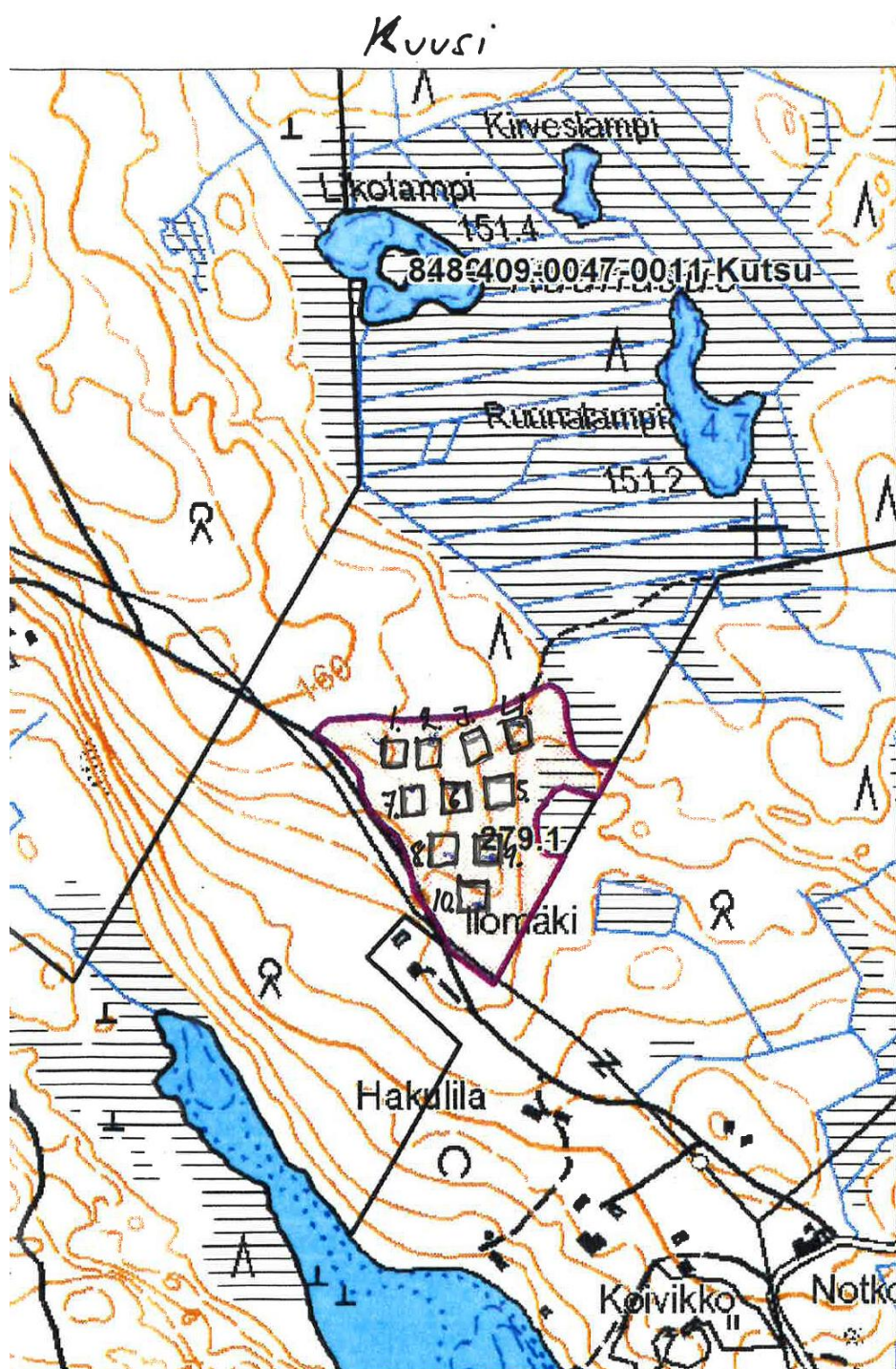


Kuva 1 Kuusikkokoealojen sijainti 1:100 000

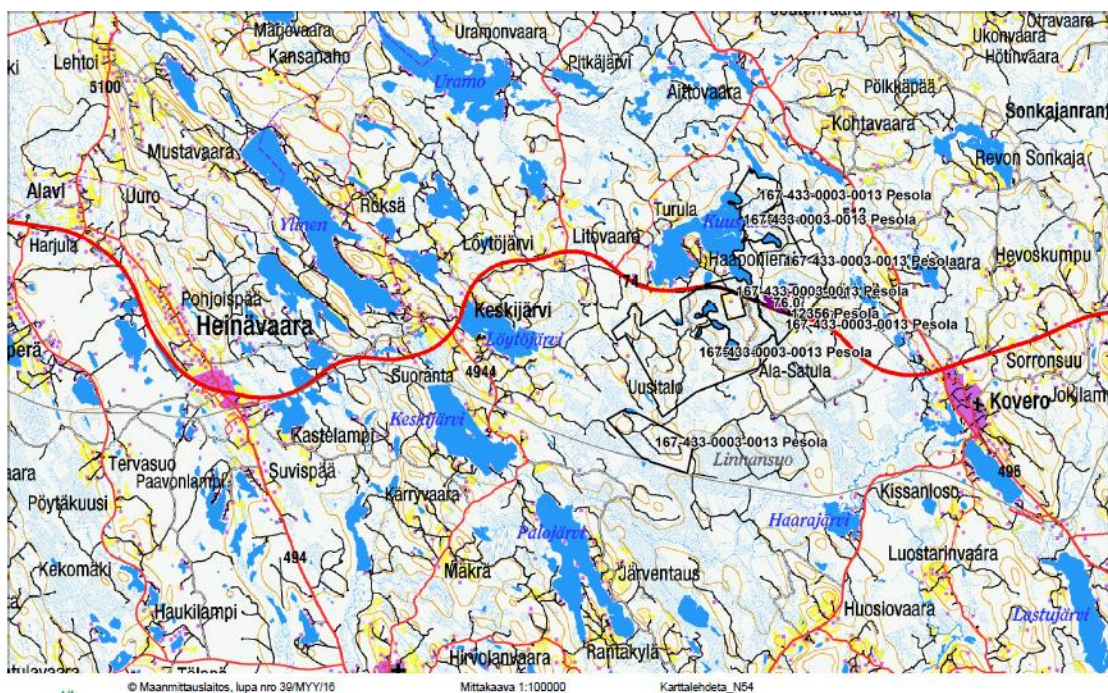


© Maanmittauslaitos, lupa nro 39/MYY/16 Mittakaava 1:20000 Karttalehdetä UN54332

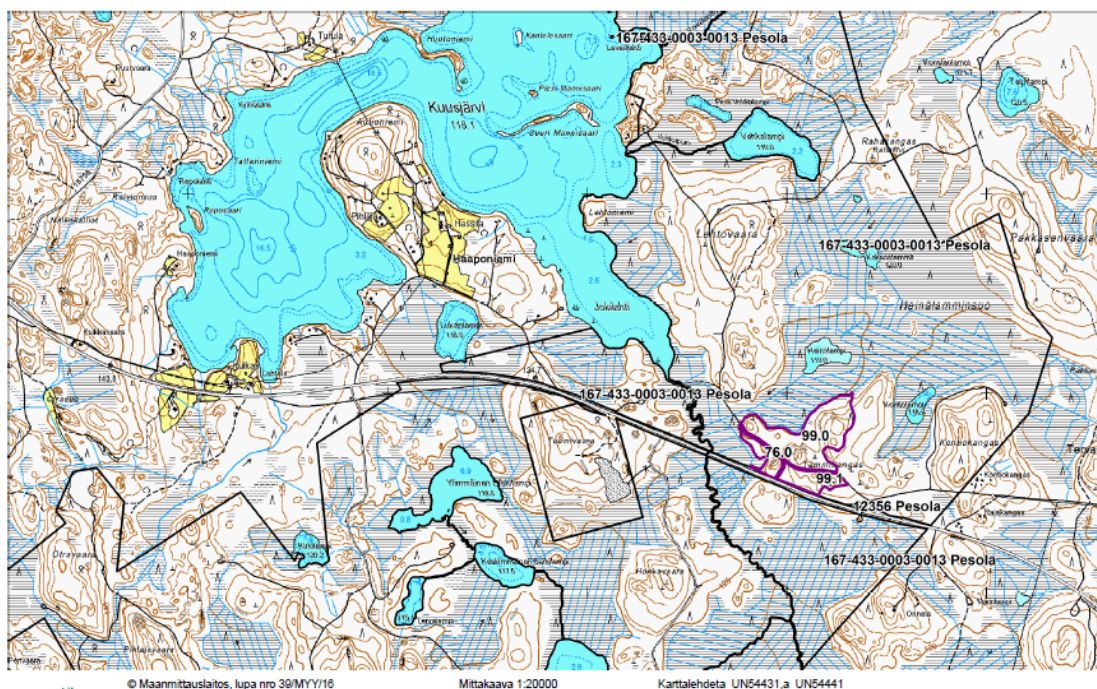
Kuva 2 Kuusikkokoeloiden sijainti 1:20 000



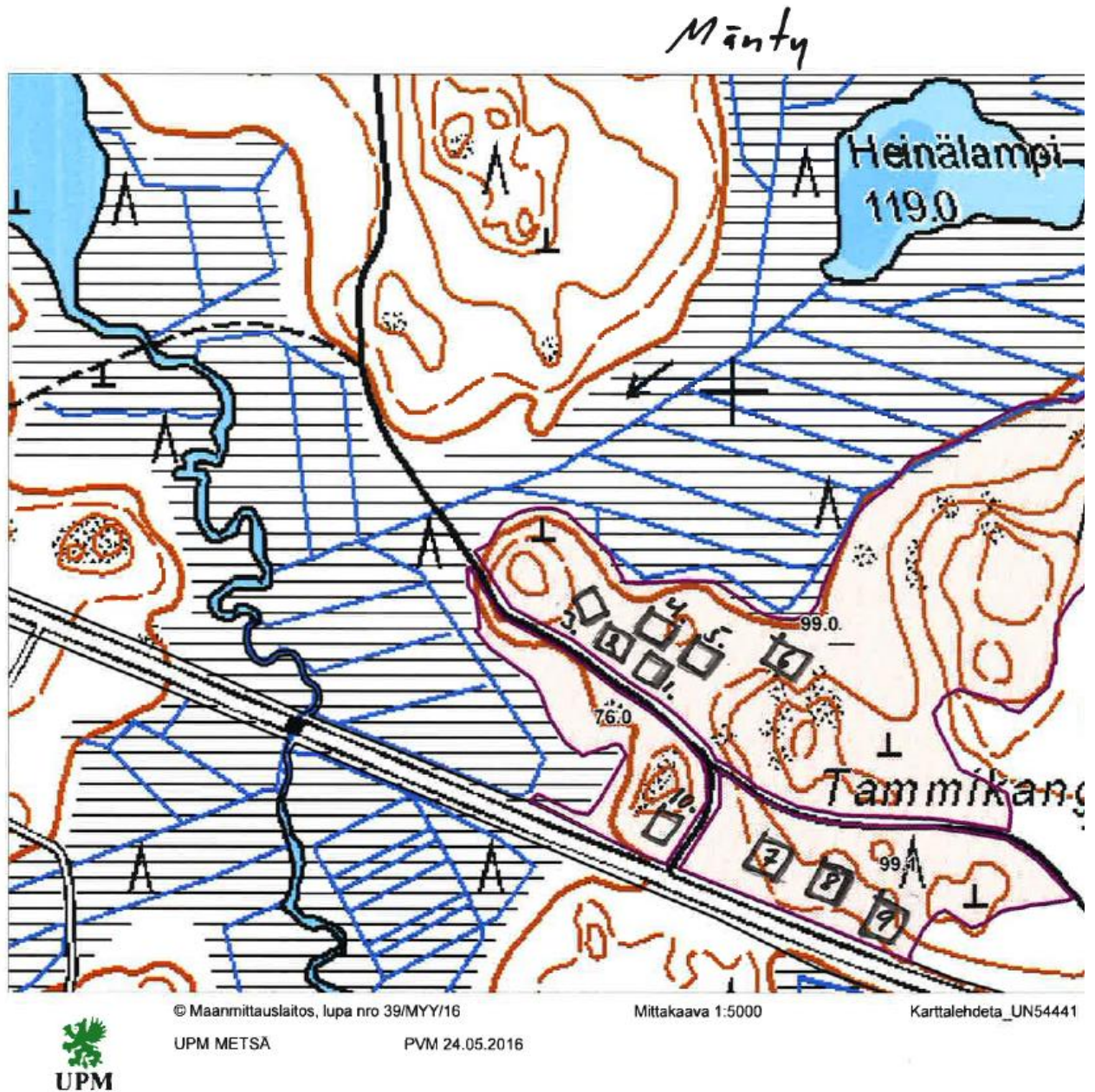
Kuva 3 Kuusikoealat



Kuva 4 Männikkökoelajojen sijainti 1:100 000



Kuva 5 Männikkökoelajojen sijainti 1:20 000

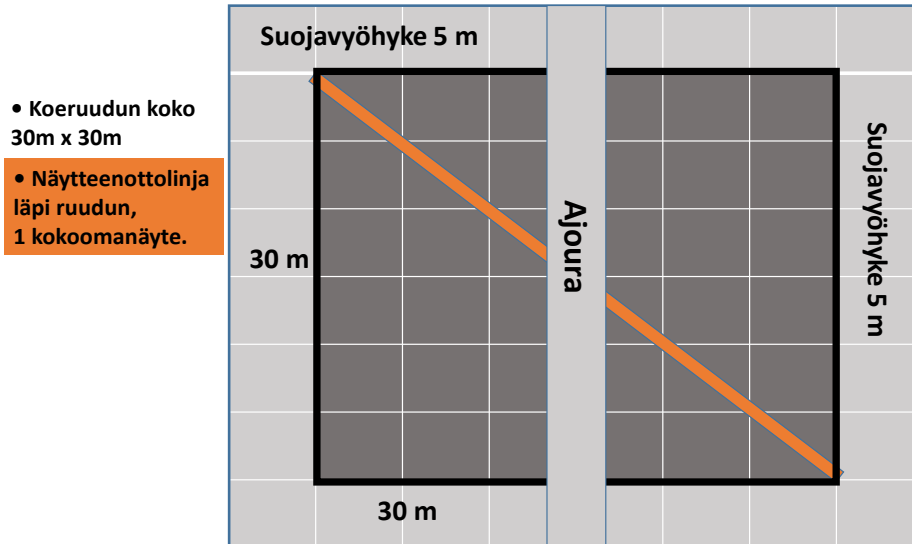


Kuva 6 Männikkökoealat

Käsittelyt:

Sekä kuusi- että mäntykoealoilla arvottiin käsittelyjen toteuttaminen seuraavasti:

Koeala nro	Käsittely
5	kontrolli (0)
7	kontrolli (0)
1	kontrolli (0)
6	tuhka 3000 kg
8	tuhka 3000 kg
9	tuhka 3000 kg
4	tuhka 3000 kg + N
2	tuhka 3000 kg + N
10	tuhka 3000 kg + N
3	tuhka 9000 kg



Kuva 7 Koerutukohtainen otanta. Näytteenotanta tehdään myös ajouralta

Lähtötila-analyysi (ennen lannoituskäsittelyitä)

Toteutus

Toteutusajankohta

Maaperäanalyysi

Vesi

Valuma-alue tarkastelu

Tuhkan analysointi

Puustotunnukset

Marjat, sienet, versot

Tuhkan levitys ja levitystasaisuuden mittaaminen

Levityksen yhteydessä tutkittiin levityksen tasaisuutta. Tuhka levitettiin traktorilevityksenä. Levityksen tasaisuuden mittaamiseksi maastokohteille sijoitettiin tasaisin välimatkoin keräyslaatikoita (10–20 osanäytettä/ koeala). Laatikkoon päätynyt tuhka punnittiin, jolloin voitiin laskea, kuinka paljon tuhkaa levittyi pinta-alayksikköä kohden.

Analyysit tuhkan levityksen jälkeen

Tuhkan levityksen jälkeen maaperä-, marja-, sieni- ja versonäytteet kerättiin ja analysoitiin 2017 keväällä tuhkalannoituksen jälkeen kuten ennen toimenpiteitä -vaiheessa

Kirjallisuusselvitykset

Uusien perustettavien levitystutkimus- ja seurantakohteiden lisäksi tässä hankkeessa hyödynnetään LUKE:n viimeisten vuosikymmenien aikana perustettuja tuhkalannoituskokeita. Viimeiset tuhkakokeet on perustettu vuonna 2015. Tulokset kootaan hankkeessa toteutettaviin kirjallisuusselvityksiin:

- i. Tuhkalannoituksen käytännön esteet ja mahdollisuudet (Samuli Joensuu)

Katsauksessa käydään läpi metsälannoituksen suosion kehityskaari 1960-luvulta nykypäivään. Lannoitusinnostukseen vaikuttivat alkuaikoina muun muassa hyvät tutkimustulokset, ajankohtaan sopivat edulliset rahoitusehdot ja tottuneisuus laajoihin yhteishankkeisiin.

Tällä hetkellä toimijoiden mielestä tuhkan käytön esteiksi nähdään: Tiedon puute tuhkan hyvistä ominaisuuksista eri käyttömuodoissaan, puute hyvästä ja helppotajuisesta markkinointimateriaalista, jota voisi jakaa metsänomistajille tilakäyntien yhteydessä.

Tuhkan käyttö lannoitteena tunnetaan jotenkuten, mutta tuhkan käyttö tienrakennuksen materiaalina on tuntematon. Toimijoilla on paljon ennakkoluuloja tuhkasta jätteenä erityisesti metsätienrakentamisessa. Muu ”metsänhoitoaktiivisuus” ajaa yleensä tuhkan käytön edistämisen edelle. Tarvitaan innostusta ja innostuksen lisäystä toimihenkilöille, jotta he nykyisiltä työpaineiltaan näkevät tuhkan mahdollisuudet.

Tuhkalannoitushankkeen koostaminen ja markkinointi metsänomistajille koetaan työlääksi. Tarvitaan tietoa rahoitus- ja tukimahdollisuuksista lisää. Tarvitaan neuvontaa ja koulutusta aihepiiristä, jotta sana leviää. Pienten lämpölaitosten tuhkat eivät ole metsätoimihenkilöille tuttuja. Yhteydenpitoa ja tunnettuutta pitää lisätä, jotta metsäammattilainen osaa kysyä materiaalia käyttöön lähialueelta

ii. Tuhkalannoituksen vaikutus puuston kasvuun ja hiilen sidontaan (Mervi Matilainen)

Matilainen tutki Karelia AMK:n opinnäytetyössään hajautetun energiantuotannon tuhkan ravinteiden kierron merkitystä kustannusperusteisesti. Tässä hankkeessa tarkastellaan tuhkalannoituksen merkitystä puuston kasvun lisääntymisen kannalta, ja tausta-aineistona hyödynnetään jo toteutettuja koekohteita sekä kirjallisuudessa raportoituja tuloksia. Puuston kasvun lisäys on suoraan verrannollinen hiilen sitoutumisen tehokkuuteen. Toisaalta tuhkan merkitys hiilen sitoutumiseen riippuu myös sen aiheuttamista kemiallisista muutoksista ja reaktioista maaperässä.

Ilmastostrategian 2016 mukaan uusiutuvaan energiaan perustuvaa hajautettua sähkön ja lämmön tuotantoa edistetään. Bioenergian käyttöä kasvatetaan noin 35 % vuoden 2015 tasolta. Uusiutuvien puupolttoaineiden käyttö kasvaa yli 30 %:iin Suomen energiankulutuksesta vuoteen 2030 mennessä ja on edelleen yli 80 % kaikesta uusiutuvasta energiasta (<https://www.theseus.fi/handle/10024/136418>).

Uusi energia- ja ilmastostrategia edistää erityisesti metsäteollisuuden puusivuvirtojen sekä energiapuun hyödyntämistä uusiutuvan energian lähteenä. Puubiomassaa polttavan hajautetun energiantuotannon rooli on tärkeä.

Katsauksessa käytiin läpi Pohjois-Karjalan alueella hajautetun hiilenkierron malli ja sen kustannukset versus hyöty.

iii. Tuhkalannoituksen vaikutus marjojen, versojen ja ruokasienten käytettävyyteen (SYKE/LUKE) (Nanna Tuovinen, Raimo Heikkilä, Tapio Lindholm ja Hannu Ilvesniemi)

Tuhkalannoituksen vaikutusta marjojen ja sienten raskasmetallipitoisuuksiin tarkastellaan kirjallisuuden pohjalta. Erityisesti keskitytään puutuhkan sekä puu- ja turvetuhkan vaikutuksiin. Olemassa olevan tiedon pohjalta arvioidaan mahdollisia merkityksellisiä haittavaikutuksia. Vertailupohjana käytetään myös Joensuun ympäristöterveyden äskettäin kokoamia tietoja marjojen ja sienten raskasmetallipitoisuuksista kaivosalueiden ympäristössä. Hankkeen lannoituskokeilualoilta ja lannoittamattomilta vertailualueilta mitattuja

raskasmetallipitoisuuksia verrataan kirjallisuustietoihin, ja SYKE ja LUKE tekevät yhteistyössä tulosten analyysit ja tulkinnat.

Tutkijat toteavat, että useimpien sienten raskasmetallipitoisuudet eivät ole merkittävästi kohonneet tuhkalannoituksen jälkeen. Poikkeuksia ovat kehnäsieni, kuusenherkkusieni, ja vähemmässä määrin korvasieni ja herkkutatti. Erityisesti kuusenherkkusienellä on mitattu korkeita kadmium-, lyijy- ja arseenipitoisuuksia. Yhteenvedona voidaan todeta, että tuhkalannoituksessa ekosysteemiin kulkeutuvia raskasmetalleja ei todennäköisesti keräydy suurissa määrissä sieniin eikä marjoihin. Lajikohtaiset erot ovat kuitenkin suuret sienillä. Raskasmetallit kertyvät marjoihin seuraavassa järjestyksessä marjat < lehdet < verso < juuret. Tämän takia on tärkeää, että uusissa tutkimuksissa otetaan näytteet myös esim. mustikan ja puolukan juurista ja varvuista marjojen lisäksi

Kirjallisuusselvitykset ovat raportin liitteenä Tapion verkkosivuilla:

Ohjausryhmä

Ohjausryhmän kokoonpano 2016

Pirjo Salminen	MMM
Kaisa Pirkola	MMM
Hannu Ilvesniemi	LUKE
Raimo Heikkilä (varalla Tapio Lindholm)	SYKE
Mervi Matilainen	Apila Group Oy
Mikko Räisänen	Ecolan Oy
Tapio Saara Lilja-Rothsten (1.12.2016 saakka)	Tapio Oy
Samuli Joensuu (1.12.2016 -)	Tapio Oy
Olli Äijälä	Tapio Oy

Ohjausryhmän kokoukset

16.3.2016

8.6.2016 (tapaaminen tuhkaretkeilyn yhteydessä)

29.11.2016 (tapaaminen Tuhkaseminaarin yhteydessä)

Viestintä

Tuhkaretkeily

Hankkeella järjestettiin puutuhkaretkeily 8.6.2016 Joensuun ympäristössä. Retkeily toteutettiin tiiviissä yhteistyössä EU-Valerie -hankkeen kanssa. Retkeilylle osallistui 27 henkilöä useista eri organisaatioista. Retkeilystä oli uutinen Tapion verkkosivuilla.

Ohjelma

Tuhkan käyttö kivennäismaiden lannoittamisessa-pilotti

Puutuhka metsälannoitteena ja maanrakentamisessa

8.30 Lähtö (Sokos Hotel Kimmelin edestä, Itäranta 1, Joensuu)

Yhteiskuljetus linja-autolla:

- Tervetulosanat ja päivän ohjelman esittely (Saara Lilja-Rothsten, Tapio Oy)
- Ministeriön terveiset puutuhkan käytöstä (Pirjo Salminen, MMM)
- Valerie-hankkeen esittely (Michael den Herder, EFI)
- Tuhkapilotin esittely (Saara Lilja-Rothsten, Tapio Oy)
- Tuhkan hyötykäyttö Joensuun seudulla (Teuvo Hirvonen, Enon energiaosuuskunta)

9.30 Puutuhka metsälannoitteena kivennäismaalla – maastokohde 1 (Kovero)

- Tuhkalannoitus käytännössä, maalevitys
- Puutuhkan käyttö kivennäismaiden metsälannoitteena; uusi toimintakulttuuri
- Tuhkalannoitteiden tuotanto; kysyntä ja tarjonta (Mikko Räisänen, Ecolan)

Kommenttipuheenvuoro: Metsänomistajan näkökulma (Panu Mielonen, UPM)

Kahvit maastossa

10.30 Siirtyminen

Matkan aikana:

- Puutuhkan kemialla metsämaassa (Mervi Matilainen, Apila Group)
- Puutuhkalannoituksen valitukset marjoihin ja sieniin sekä luonnon monimuotoisuuteen (Raimo Heikkilä SYKE)

11.30 Puutuhka metsälannoitteena turvemaalla – maastokohde 2 (Tohmajärvi)

- Puutuhkan käyttö suometsätaloudessa
- Tuhkalannoitus kiertotalouden näkökulmasta (Hannu Ilvesniemi, LUKE)

12.30 Paluumatka Joensuuhun, lounas matkan aikana (Honkavaara)

14.30 Puutuhka maanrakentamisessa – maastokohde 3 (Joensuun keskusta)

- Puutuhka maanrakentamisen materiaalina
- Puutuhka maanrakentamisessa - mahdollisuudet ja hyvät käytännöt (Mikko Räisänen, Ecolan)

Kommenttipuheenvuoro: Tuhkan tuottajan näkökulma (Timo Partanen, Fortum)

15.00-15.30 Päivän päätös

- Yhteenvedo ja päätössanat (Saara Lilja-Rothsten, Tapio Oy)

Osallistujat

Pirjo Salminen, neuvotteleva virkamies, MMM

Tapio Lindholm, johtava asiantuntija, Suomen ympäristökeskus

Raimo Heikkilä, johtava tutkija, Suomen ympäristökeskus

Teuvo Hirvonen, puheenjohtaja, Enon energiaosuuskunta

Esa Kurki, toimittaja, Karjalainen

Mervi Matilainen, toimitusjohtaja, Apila Group Oy Ab

Hannu Ilvesniemi, professori, Luonnonvarakeskus

Susanne Heiska, innovaatioasiantuntija, Luonnonvarakeskus

Mika Leino, alueympäristöpäällikkö Itä-Suomi, Metsä Board ja Metsä Fibre

Heikki Suvanto, myyntipäällikkö Ecolan Oy

Mikko Räisänen, kehityspäällikkö, Ecolan Oy

Ria Kiuru, sales manager, Fortum Power and Heat Oy

Timo Partanen, aluejohtaja, Fortum Power and Heat Oy

Timo Tanskanen, ylitarkastaja, Pohjois-Karjalan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Michael den Herder, senior researcher, EFI

Minna Korhonen, managing editor, EFI

Reetta Hurmekoski, ympäristöasiantuntija, Linnunmaa Oy

Kirsi Korpijärvi, research scientist, VTT

Urpo Hassinen, bioenergian ja biotalouden asiantuntija, Suomen metsäkeskus

Esa Kinnunen, bioenergian ja biotalouden asiantuntija, Suomen metsäkeskus

Hannu Liimatta, rahoituksen ja tarkastuksen asiantuntija, Suomen metsäkeskus

Panu Mielonen, metsäpalvelupäällikkö, UPM Metsä

Leena Kunnas, senior technologist, UPM R&D

Mika Nousiainen, metsäpalvelualue-esimies, OTSO

Saara Lilja-Rothsten, luonnonvara-asiantuntija, Tapio Oy

Hanna Vanhanen, Tapio Oy

Kari-Pekka Hietala, Savo-Karjalan Linja Oy

Keskustelua ja johtopäätöksiä

Retkeilyn yhteydessä osallistujille järjestettiin myös kysely koskien tuhkan hyötykäyttömahdollisuuksia. Osallistujilta kysyttiin:

Mitkä ovat tuhkalannoituksen merkittävimmät käytännön esteet? Rastita kolme (3) merkittävintä vaihtoehtoa tai kirjoita omin sanoin.

Mitkä ovat tuhkalannoituksen merkittävimmät riskit/haasteet keinolannoitteiden käyttöön verrattuna?

Miksi tuhkalannoitusta pitäisi edistää, mitä hyviä asioita tuhkalannoitukseen liittyy?

Vastauksista nousivat esille seuraavat kohdat:

- Tiedon puute ehdoton ykkönen (9 mainintaa), kun kysyttiin, mitkä ovat tuhkalannoituksen merkittävimmät käytännön esteet.
- Toiseksi eniten mainintoja saivat (4 mainintaa kumpikin) 'Tuhkalannoituksen korkeampi kokonaiskustannus keinolannoitukseen verrattuna' ja 'Tuhkalannoitusta tarjoavia toimijoita/urakoitsijoita (kuljetus ja levitys) vähän/ ei laisinkaan'.
- Tuhkalannoituksen kokonaiskustannukset saivat 4 mainintaa, mutta 'Korkeammat levityskustannukset' sai vain 1 maininnan ja 'Korkeammat kuljetuskustannukset' 2 mainintaa, mikä selityksenä? Voi olla useitakin. Tässä muutama. Kustannuksista ei ole todellista, todennettua tietoa tarpeeksi, jotta voisi oikeasti eritellä, mistä kokonaiskustannus muodostuu. Voi olla myös mahdollista, että kyselystä puuttui jokin merkittävä kustannuslaji. Kolmas mahdollinen selitys voi olla se, että suurin osa ajattelee niin, että kokonaisuus ratkaisee, tällöin kokonaiskustannukset rules! Näitä kustannusasioita olisi tosi mielenkiintoista pohtia vähän tarkemmin, ja kustannushyötyanalyysille voisi olla suurempaakin kysyntää tällä saralla!
- Tuhkan jätestatus sai kolme mainintaa, samoin kuin 'Tuhkalannoitukseen liittyvä yleinen epävarmuus – ei yleisesti käytössä, ei voi toimia' –ajatus'
- Tuhkalannoituksen ympäristövaikutuksia ei koeta tuhkalannoituksen merkittävimiksi käytännön esteiksi;
- 'maaperävaikutukset', 'haitallisten aineiden pitoisuudet' ja 'Tuhkalannoituksen vaikutukset marjoihin ja sieniin' saivat kukin vain yhden maininnan
- Huom! 'Tuhkalannoituksen vesistövaikutukset' ei saanut yhtään mainintaa!
- Kun kysyttiin, mitä pitäisi tehdä esteiden poistamiseksi, koulutus (8 mainintaa) ja tiedotus (7 mainintaa) olivat ykköset
- jokaiseen avoimeen kysymykseen tuli paljon kommentteja, arvokkaita kommentteja jatkoa ajatellen!

Puutuhkaseminaari 29.11.2016

OHJELMA

Paikka: Metla-talo (Yliopistokatu 6, Joensuu), Käpy-Sali

9.30-10.00	Aloituskahvit
10.00-10.10	Seminaarin avaus Neuvotteleva virkamies Pirjo Salminen maa- ja metsätalousministeriö
10.10-10.20	Puutuhkan merkitys metsien kiertotaloudelle: Kokemuksia EU:n Valerie-hankkeen sidosryhmätyöstä ja Puutuhkaa kivennäismaalle T&K-pilotista Luonnonvara-asiantuntija Saara Lilja-Rothsten Tapio Oy
10.20-10.35	Tuhkan mahdollisuudet metsikön ravinnetaloudessa - Lisääkö tuhkalannoitus typpilannoituksen kasvuvaikutusta kivennäismaalla? Professori Hannu Ilvesniemi LUKE
Keskustelutauko	Kommentti Miksi boori on tärkeä metsänkasvulle? Kehityspäällikkö Mikko Räisänen Ecolan Oy
11.00-11.10	Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa: Hajautetussa energiantuotannossa syntyvän tuhkan merkitys ravinnekierron kannalta Toimitusjohtaja Mervi Matilainen Apila Group Oy
11.10-11.20	Aiheuttaako tuhkalannoitus vaaraa ihmisen terveydelle? Nousevatko marjojen ja sienten sisältämien haitallisten metallien pitoisuudet ensimmäisinä vuosina tuhkalannoituksen jälkeen? Ryhmäpäällikkö Raimo Heikkilä SYKE
Keskustelutauko	Kommentti Metsänomistajan näkökulma Panu Mielonen UPM
11.50-12.40	Lounas
12.40-12.50	Valerie-hankkeen työpajan tavoitteet Luonnonvara-asiantuntija Saara Lilja- Rothsten Tapio Oy
12.50-13.40	Ask Valerie-hakukoneen testaus Tutkija Michael den Herder EFI
13.40-14.00	Keskustelu: Voiko Ask Valerie-hakukone auttaa tuhkan hyötykäytössä? Miten hakukonetta pitäisi kehittää?
14.00-14.15	Kahvi

- 14.15–14.45 Kesän tuhkaretkeilyn tulokset: Miten tuhkan hyötykäyttöä voitaisiin edistää?
Samuli Joensuu Tapio Oy
- 14.45–15.30 Päivän yhteenveto ja tulokset. Palautteen kerääminen ja Valerie-hankkeen
päättymisen vuonna 2017. Minkälaista yhteistyötä tarvitaan tuhkan hyötykäytön
edistämiseksi keväällä 2017 ja tulevaisuudessa?

Puutuhkaseminaarin osallistujat

Saara Lilja-Rothsten	Tapio Oy
Panu Mielonen	UPM Metsä
Ria Kiuru	Fortum Power and Heat Oy / City Solutions
Jaakko Soini	Ekokem
Tommi Kauhanen	Fortum Power and Heat Oy Joensuun voimalaitos
Teuvo Hirvonen	Enon Energia Osuuskunta
Leena Kunnas	UPM Tutkimuskeskus
Kati Mustonen	UPM NERC
Vuokko Mähönen	Pohjois-Savon ELY-keskus
Tapio Lindholm	Suomen ympäristökeskus
Urpo Hassinen	Suomen metsäkeskus
Mika Nousiainen	Suomen metsäkeskus
Aarne Leskinen	Metsähallitus, Metsätalous Oy
Pirjo Salminen	Maa- ja metsätalousministeriö
Hannu Ilvesniemi	Luke
Mikko Räisänen	Ecolan Oy
Mervi Matilainen	Apila Group Oy
Raimo Heikkilä	SYKE
Michael den Herder	EFI
Samuli Joensuu	Tapio Oy

Muu viestintä

Hankkeen internetsivut

Hankkeelle luotiin nettisivut Tapion sivujen alle (<https://tapio.fi/konsultointi/kaynnissa-olevat-hankkeet/puutuhkan-kaytto-kivennaismaiden-metsien-lannoituksessa/>). Sivuille koottiin hankkeessa järjestettävien tilaisuuksien aineistot ja sivujen kautta pääsi ilmoittautumaan tapahtumiin.

Metsäneuvoston retkeily

Hannu Ilvesniemi esitteli hanketta Metsäneuvoston retkeilyllä 7.9.2016

Metsätieteen päivät

Saara Lilja-Rothsten piti Metsätieteen päivillä ryhmän yhteisen (Saara Lilja-Rothsten, Hannu Ilvesniemi, Michael den Herder, Mervi Matilainen, Hanna Vanhanen, Mikko Räisänen ja Raimo Heikkilä) esitelmän aiheesta: Puutuhkan käyttömahdollisuudet: pilotoinnissa puutuhkan turvallinen käyttö kivennäismaametsissä. Aiheesta on tiedote raportin liitteenä.

Toiminta vuonna 2017

Viestintä 2017

Biotalous Hankkeiden seminaari Säätytalo 28.2.2017

Tuhkahankkeiden esittely seminaarissa poiki useita tuhka-aiheisia lehtiartikkeleita maaliskuussa 2017, muun muassa tuhkaa koskeva artikkeli Skogsbruket -lehdessä, Suomen Metsäyhdistyksen verkkolehdestä (<https://www.smy.fi/artikkeli/avoin-tieto-ja-uudet-asetukset-kirittamaan-kiertotaloutta/>) sekä artikkeli Tanskan metsäyhdistyksen julkaisemassa Dansk Skovforening -lehdessä. Lisäksi Metsäradion haastattelut: Tuhkan käyttö metsätienrakennuksen raaka-aineena (<https://areena.yle.fi/1-4019822>) ja Tuhkalannoitus maaliskuussa 2017 (<https://areena.yle.fi/1-4091283?autoplay=true>)

Joensuu, S. 2017. Tuhkalannoituksesta potkua suometsiin. Kanta-Hämeen metsänhoitoyhdistyksen jäsenlehden artikkeli.

Tapion ylläpitämä Metsänhoitokortiston tuhkalannoitus-kortti päivitettiin huhtikuussa 2017 (<http://tapio.fi/metsanhoitokortisto/>)

Metsälehden Makasiini numerossa 6/2017 oli artikkeli metsälannoituksesta, joka sisälsi osion tuhkalannoituksesta.

Yhteistyötä jatkettiin muun muassa Aalto-yliopiston Ari Serkkolan vetämän tuhkahankkeen kanssa. Samuli Joensuu osallistui Aalto-yliopistossa 28.2.2017 tuhkahankkeella järjestettyyn työpajaan. Vastaavasti hankkeella työskennellyt Tiia Merenheimo osallistui Joensuussa pidettyyn Tuhkatyöpajaan 23.3.2017

Samuli Joensuu osallistui Ecolan Oy:n Nokian tuotantolaitoksen avajaisiin 20.3.2017

Samuli Joensuu osallistui Kuntatalolla Helsingissä 26.10.2017 järjestettyyn UUMA 2 vuosiseminaariin, jossa käsiteltiin muun muassa Maarakennusasetuksen päivytystä. Uusi MARA-asetus tulee voimaan 1.1.2018 ([http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Uusi_asetus_ohjaa_jatteita_hyotykayttoon\(45318\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Uusi_asetus_ohjaa_jatteita_hyotykayttoon(45318))).

Mervi Matilaisen tuhkan käsittelymahdollisuuksia koskeva opinnäytetyö valmistui marraskuussa 2017 (<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017112818552>).

Hankkeen toteutuksen suunnitellut vaiheet 2017

Työvaihe/kk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Suunnitelman tarkentaminen	x	x										
2. Tuhkатыöpaja			x									
3. Viestintä			x	x						x	x	
4. Tuhkaretkely					x	x						
5. Tuhkakoejärjestelyt						x	x	x	x	x	x	x
6. OHRYt		x	x									x

Tuhkатыöpaja

TUHKATYÖPAJAN OHJELMA

Aika: Torstai 23.3.2017 klo 9.30—16.00

Paikka: Metla-talo (Yliopistokatu 6, Joensuu), Käpy-Sali

Puutuhkan käyttö kivennäismaiden lannoittamisessa - pilotti

Ask Valerie -hakukone osana puutuhkan hyötykäyttöä

Paikka: Metla-talo (Yliopistokatu 6, Joensuu), Käpy-Sali

9.30-10.00 Aloituskahvit

10.00-10.10 Tilaisuuden avaus
Neuvotteleva virkamies Pirjo Salminen Maa- ja metsätalousministeriö

10.10-10.30 Katsaus käynnissä oleviin tuhkaa koskeviin tutkimus- ja kehittämishankkeisiin
Vesiensuojelun asiantuntija Samuli Joensuu Tapio Oy

- 10.30-10.50 **Luomumetsätalous ja tuhkalannoitus**
Tutkija Birgitta Partanen Helsingin yliopisto
- 10.50-11.15 **Ask Valerie -hakukoneen esittely**
Michael den Herder EFI
- 11.15-12.00 Lounas**
- 12.00-12.30 **Enon Energia Osuuskunta -esittely**
- 12.30-12.45 **Maaseututoiminnan kehittämisen rahoitusmahdollisuudet**
Mauri Räsänen ELY-keskus
- 12.45-13.00 **Tuhkan käsittelymahdollisuudet**
Mervi Matilainen Apila Group
- 13.00-13.15 **Tuhkan levityslaitteet**
Mikko Räsänen Ecolan Oy
- 13.15-15:00 **World café-työpaja with fruits.**
1. Tuhkalannoitus arkiseksi
 2. Valmiudet verkostoitumiseen?
- 15:00—15:15 **Tulosten koostaminen ja esittely (fasilitaattorit)**
- 15:15—16:00 **Keskustelua ja loppusanat**

TUHKATYÖPAJAN OSALLISTUJALISTA

23.3.2017

Nimi	Työnantaja	Sähköposti
Kiuru Ria	Fortum	ria.kiuru@fortum.com
Hirvonen Teuvo	Enon Energia Oy	teuvo.hirvonen@jns.fi
Julkunen Kalevi		kalevi.julkunen@hotmail.com
Partanen Birgitta	Helsingin yliopisto	birgitta.partanen@helsinki.fi
Saarinen Eeva	Vapo Oy	eeva.saarinen@vapo.fi
Kuittinen Simo	Otso Metsäpalvelut Oy	simo.kuittinen@otso.fi
Nousiainen Mika	Suomen metsäkeskus	mika.nousiainen@metsakeskus.fi
Kauppinen Jyri	UPM-Kymmene Oyj	jyri.kauppinen@upm.com
Salminen Pirjo	MMM	pirjo.salminen@mmm.fi
Joensuu Samuli	Tapio Oy	samuli.joensuu@tapio.fi
Äijälä Olli	Tapio Oy	olli.aijala@tapio.fi
Lindholm Tapio	Suomen ympäristökeskus	tapio.lindholm@ymparisto.fi
Räsänen Mikko	Ecolan Oy	mikko.raisanen@ecolan.fi

Matilainen Mervi	Apila Group Oy Ab	mervi.matilainen@apila.fi
Merenheimo Tiia	Aalto-yliopisto	tiia.merenheimo@aalto.fi
Den Herden Michael	EFI	michael.den@efi.fi
Kauhanen Taina	Nurmes	taina.kauhanen@hotmail.com
Rasilainen Tiina	Apila Group Oy Ab	tiina.rasilainen@apila.fi
Kiviniemi Sakari	Rakeistus Oy	sakari.kiviniemi@rakeistus.fi
Kammonen Arto	Metsähallitus Metsätalous Oy	arto.kammonen@metsa.fi
Mikkonen Riitta	Vapaa toimittaja	riitta.mikkonen@live.fi
Mäentausta Olli	Mfibrils Oy	olli.maentausta@gmail.com



Kuva 8 Tuhkатыöpaja 23.3.2017

Kooste esitelmistä

Koonnut Tiina Rasilainen, Apila Group Oy Ab

Pirjo Salminen, Maa- ja metsätalousministeriö: Avauspuheenvuoro

Salminen nosti avauspuheenvuorossaan esiin SITRAn suuressa lannoitekeskustelussa (22.3.2017) esiin tulleet ohjeet siitä, millainen lannoitevalmisteen tulee olla, sillä ne soveltuvat myös tuhkan lannoitekäyttöön. Tuotteen on oltava kunnossa ja hyvämaineinen ja sen on täytettävä lainsäädännön vaatimukset. Lannoitteen tuottajalla on oltava suora kontakti asiakkaisiin ja yhteistyökumppaneihin, jotka tuhkalannoituksessa ovat paikallisia toimijoita. Tuhkalannoitteen vastaanottajalla on oltava tarve kyseiselle tuotteelle. Lannoitteen tuottajan on oltava myös valmis myöntämään virheensä ja korjaamaan ne sekä kyettävä jatkamaan tämän jälkeen eteenpäin. Toiminnan on perustuttava molemminpuoliseen luottamukseen, ja vaikka lainsäädäntö ja byrokratia koettaisiin hankaliksi, suhteiden on oltava luottamukselliset ja avoimet myös viranomaisiin.

Puheenvuoron jälkeen esitettiin kysymys tuhkalannoitteen erilaisista puhtausvaatimuksista metsä- ja peltolannoitekäytössä. Salminen selitti erojen johtuvan siitä, että peltolannoituksessa lannoitusvälit ja vaikutusajat ovat paljon lyhyemmät kuin metsälannoituksessa, joten peltolannoitteen on oltava puhtaampaa. Lisäksi kysyttiin EU:n lannoiteasetuksen vaikutuksista kansalliseen lainsäädäntöön, mihin Salminen vastasi, että sallittuja haitta-ainepitoisuuksia, kuten kadmiumin raja-arvoa, tuskin tullaan nostamaan, sillä Suomen maaperä- ja ilmasto-olosuhteet vaativat näiden rajoittamista.

Samuli Joensuu, Tapio Oy: Katsaus käynnissä oleviin tuhkaa koskeviin tutkimus- ja kehittämishankkeisiin

Joensuu kertoi, että Suomessa on tutkittu tuhkan käyttöä suometsien lannoituksesta jo 1930-luvulta lähtien useilla eri tutkimusalueilla. Nykyään tuhkaa syntyy Suomessa vuosittain yli 1 000 000 t, josta biotuhkaa on 500 000 t. Suuri osa tästä hyödynnetään maarakennuksessa, esim. meluvallien täytteinä, mutta kaatopaikallekin päätyy vielä 10-30 %. Lannoitekäytössä hyödynnetään vain alle 10 % syntyvästä tuhkamäärästä, ja mm. kiertotalouden ja hiilidioksiditaseen parantamisen kannalta tätä osuutta pitäisi saada nostettua. Tuhkan käyttöä maarakennuksessa säätelee MARA-asetus ja lannoitekäyttöä MMM:n lannoiteasetus.

LUKE:n tuhkalannoituskokeissa 30-luvulta alkaen on todistettu, että runsaan kalium- ja fosforipitoisuutensa takia puutuhkalannoitus parantaa selvästi metsän kasvua erityisesti runsastyypisillä soilla, ja sillä on hyviä vaikutuksia myös niukkatyypisillä turvemailla. Tuhkassa ravinteet ja kivennäisaineet ovat puuston kannalta optimaalisessa muodossa, eikä tuhkalannoituksella ole havaittu olevan haitallisia vaikutuksia valumavesiin. Puutuhkan käytöstä metsälannoitteena on laadittu ohjeistus ja suosituksia. Kangasmetsissä tuhkan käyttöä on tutkittu vähemmän. Niissä vaikutusaika on lyhyempi, ja positiivisten vaikutusten saaminen vaatii yleensä tuhkan ohella myös tyypillisän antamista. LUKE on perustanut vuonna 2009 useita testialueita ympäri Suomea sekä kuusi- että mäntyvaltaisiiin kangasmetsiin ja tutkii näillä tuhka + typpi –lannoituksen vaikutusta metsän kasvuun. Lisäksi tutkitaan lannoituksen vaikutuksia marjoihin ja sieniin.

Tuhkan käyttöä on tutkittu myös metsäautoteiden ja yksityisteiden rakennemateriaaleina: tuhkan ja murskeen seosta tien pintamateriaalina sekä ”tuhkapatjaa” rakennekerroksena. Tuhkan on todettu parantavan tien kantavuutta ja vähentävän kosteana tien pölinää, eikä se aiheuta vesistö päästöjä. MARA-asetusta tullaan näiden tulosten perusteella päivittämään niin, että tuhkan käyttö teiden rakentamisessa helpottuu. MARA-asetus on muuttumassa vielä vuoden 2017 aikana, mm. haitallisille aineille tullaan asettamaan erilaiset raja-arvot eri käyttökohteisiin ja kokonaispitoisuuksien raja-arvot lievenevät tai poistuvat.

Lisäksi on tutkittu tuhkan tuotanto- ja käyttöpotentiaalia. Nykyisin on jo käytössä VAHTI-tietokanta, jonne ympäristölupavolliset tuhkan tuottajat ilmoittavat tuottamansa tuhkamäärät. Tietokanta on tällä hetkellä vain viranomaisten käytössä, mutta se haluttaisiin liittää Biomassa-atlakseen tuhkarokisteriksi, josta tiedot olisivat tuhkan mahdollisten hyötykäyttäjien saatavilla.

Esityksen jälkeen kysyttiin, salliiko MARA tuhkan käytön rakennusten alla ja vaikuttaako tuhkan hiilipitoisuus sen maarakennuskäyttöön. Ecolan Oy:n Mikko Räisänen vastasi, että käyttö rakennusten alla ei ole sallittua ja että MARA:ssa on raja-arvot TOC:lle (kokonaishiilipitoisuudelle). Lisäksi kysyttiin mahdollisuuksista käyttää tuhkaa metsäautoteiden ja yksityisteiden lisäksi myös pienillä paikallisilla sorateilla, mihin Joensuu vastasi, että tuhkan käyttö pelkällä ilmoitusmenettelyllä edellyttää sitä, että rakentamisesta tai perusparantamisesta on olemassa virallisesti hyväksytty suunnitelma. Yleisöstä huomautettiin, että kun tie on kuiva, tuhka pölisee siinä

kuin sepelimurskekin, johon Joensuu vastasi kokemukseen pohjautuen, että tuhka-mursketie ei vastoin oletuksia pölise.

Birgitta Partanen, Helsingin yliopisto/Ruralia-instituutti: Luomumetsätalous ja tuhkalannoitus

Partanen aloitti esityksensä kertomalla lyhyesti Luomumetsistä moneksi –tiedotushankkeesta, jolla on saatu lisättyä Etelä-Savon luomusertifioitujen metsien määrää ja luomukeruualueita. Ainoastaan luomusertifioituista metsistä kerättyjä sieniä ja marjoja saa myydä luomu -statuksella.

Metsän luomusertifiointi ei estä metsänhoitoa, vaan kieltää ainoastaan tiettyjen torjunta-aineiden ja kemiallisten lannoitteiden käytön. Tällaisten kiellettyjen aineiden käytön jälkeen on kolmen vuoden siirtymäaika ennen kuin luomusertifikaatti voidaan myöntää. Metsätilat voivat liittyä luomujärjestelmään itse omasta aloitteestaan, tai selvittäjä voi koota luomukeruualueita ja olla yhteydessä metsien omistajiin. Kuten muussakin luomutuotannossa, koko luomuketjun on oltava valvottua, ja marjojen, sienten ym. alkuperän todennettavissa. Jos keruualueella ei ole luomusertifiointia, ei luonnontuotteita saa myydä luomuna, vaikka niiden myyjä tietäisi, että keruualue täyttää luomukriteerit.

Luomujärjestelmään liittymisessä on rekisteröinti- ja valvontamaksut sekä liittymisen jälkeen vuosittaiset valvontamaksut. Evira myöntää luomusertifikaatit ja valvoo kriteerien noudattamista, ja luomujärjestelmän hakulomakkeet löytyvät Eviran nettisivuilta.

Partanen antoi useita esimerkkejä erilaisista onnistuneista luomuun siirtymisistä, kuten Kamparsin luomutila, Arctic Birchin luomumahlan keruualueet, Tertin kartano, jolla markkinointivalttina on mm. luomuruoka ja Kiantama Oy:n teollisen mittakaavan marjanpoiminta ja –jalostus sekä vienti. Mahlaforest tuottaa mahlajuomia ja muita puuvesiä. Pohjois-Karjalassa Nordic Koivu tekee yhteistyötä metsäyhtiön kanssa ja tuottaa luomumahlaa. LUKE on tutkinut pakurin ja muiden erikoissienten luomuviljelyä.

Luomuleima nostaa keruutuotteiden arvoa erityisesti ulkomailla ja matkailijoiden silmissä. Suomessa arvonnousu ei ole yhtä selkeä, mutta esim. markkinoilla ja messuilla on havaittu luomun kiinnostavan kuluttajia. Suomessa oli v. 2015 noin 12,2 milj. ha luomukeruualueita, mikä on 40 % Suomen maapinta-alasta ja 30 % koko maailman luomukeruualueista.

Kemiallisesti käsittelemättömän puutuhkan käyttö on sallittua luomualueilla, jos lisäksi sen kadmiumpitoisuus on niin matala, että sallittu vuosikuormitus ei ylitä. Metsänomistaja saa käyttää itse tuottamaansa tuhkaa oman metsänsä lannoitteena, mutta silloinkin tuhkan on oltava analysoitua ja täytettävä raja-arvot, ja lannoitekäytöstä on ilmoitettava.

Yleisöstä esitettiin kysymys luomuun siirtymisen siirtymäajoista, johon Partanen vastasi, että aika on kolme vuotta kiellettyjen aineiden käytön lopettamisesta. Jos metsän omistaja voi todentaa, että näitä aineita ei ole käytetty lainkaan, sertifiointiin saa ilman siirtymäaikaa. Toinen kysymys koski sitä, riittääkö luomutarkastajien asiantuntemus metsien luomusertifiointiin. Partanen kertoi, että monella tarkastajalla ei ole vielä riittävää asiantuntemusta tässä, mutta koulutusta ollaan järjestämässä. Kysymykseen riistan ja luonnonkalan luomustatuksesta Partanen vastasi, että niille ei voi saada luomusertifiointia, koska niitä ei voi valvoa. Luomutuotteiden viennin arvoa koskevaan kysymykseen Partanen ei osannut vastata suoraan, sillä se

vaihtelee paljon vuosittain. Viennin arvoa voisi lisätä luomun jalostusastetta nostamalla, sillä tällä hetkellä esim. marjoja viedään paljon pyöreänä ulkomaille jalostettavaksi. Viimeinen yleisökysymys koski Suomen luomukriteerien alkuperää ja mahdollisia eroja muihin maihin sekä sitä, saako luomumetsiä hakata. Partanen selitti, että luomukriteerit ovat peräisin EU-lainsäädännöstä, ja avohakkuut ovat sallittuja luomumetsissä.

Michael den Herder, EFI: Ask Valerie –hakukoneen esittely

den Herder esitteli Ask Valerie –EU –hanketta, jonka tavoitteena on saada maa- ja metsätaloutta koskevat tutkimustulokset paremmin niitä tarvitsevien ihmisten kuten maanviljelijöiden sekä metsänomistajien ja –hoitajien saataville. Tieteellisten tutkimustulosten lisäksi halutaan levittää myös muuta informaatiota, tietoa uusista innovaatioista ym. Hankkeessa keskeistä on Ask Valerie –hakukone, joka on helpompi käyttää ja antaa tarkempia vastauksia kuin esim. Google. Hakukone etsii tuloksia samojen sanojen lisäksi myös esim. synonyymien ja samaan aihepiiriin liittyvien käsitteiden perusteella. Hankkeeseen liittyy myös tapaustutkimuksia hankkeeseen osallistuvissa maissa, esim. Suomessa tuhkan käyttö. Tapaustutkimukset auttavat kehittämään hakukonetta, ja tutkimuksissa mukana olevat sidosryhmät oppivat hankkeesta ja saavat luotua uusia kontakteja.

Ask Valerie:n hakukenttään voi kirjoittaa suoraan kysymyksiä, kieliksi käyvät englanti, suomi ja muutamat muut EU:n alueella puhutut kielet, ja kysymystä voi tarkentaa ja rajata hakutermien avulla. Hakutulokset voi rajata haluamilleen kielille eli kysymyksen voi kirjoittaa suomeksi ja saada tuloksissa suomen- ja englanninkieliset artikkelit. Vastauksina saatuja artikkeleja voi ladata omalle koneelleen, mutta aivan kaikki sisältö (esim. Elsevierin julkaisemat tieteelliset artikkelit) eivät ole vapaasti saatavilla. Palvelussa on myös interaktiivinen osa, jonne käyttäjät voivat ladata omia artikkelejaan. Lisäksi palvelun alle tulee interaktiivinen yhteisö, jossa rekisteröityneet käyttäjät voivat luoda tiettyyn aihepiiriin keskittyviä ryhmiä ja käydä keskustelua.

Hakukone aukeaa noin huhtikuun puolivälissä 2017, mutta sen kehittäminen jatkuu Horizon 2020 –ohjelman puitteissa. Ask Valerie tulee ehkä myös EIP-AGRI –hankkeen käyttöön, ja hakukoneeseen johtava linkki voitaisiin liittää myös kirjastojen ja muiden julkisten organisaatioiden nettisivuille. Tavoitteena on kehittää hakukonetta koko ajan ja ladata sinne lisää aihepiireihin liittyviä artikkeleja.

Yleisöstä kysyttiin, miten omien dokumenttien lataaminen tapahtuu, ja valvooko kukaan, mitä sinne ladataan. den Herder vastasi, että latausta varten tulee oma nappi, ja ladattujen tiedostojen sopivuutta kyllä valvotaan, mutta vielä ei tiedetä, kuka sen tulee tekemään. Toinen kysymys koski palveluun rekisteröitymistä, mihin den Herder selitti, että hakukonetta voi käyttää myös rekisteröitymättä, mutta rekisteröityminen parantaa vastauksia ja helpottaa palvelun käyttöä.

Teuvo Hirvonen, Enon Energia Osuuskunta: Enon Energia Osuuskunnan esittely

Hirvonen kertoi, että Enon Energia Osuuskunta on perustettu vuonna 2000, jolloin jäseniä oli 12. Nykyisin jäseniä on 54 ja osuuskuntaa johtavassa organisaatiossa on 9 jäsentä. Kokemusta tuhkan levittämisestä omiin metsiin Hirvosella on 10 vuoden ajalta.

Lämpöyrittäjyyden mahdollisuuksia Enossa ja muillakin paikkakunnilla ovat alueen väestön myönteinen suhtautuminen, hyödyt paikallistaloudelle ja työllisyydelle (polttoaineeseen menevät rahat jäävät alueelle ja

lämpölaitosten käyttö sekä puunkorjuu työllistävät ihmisiä), merkitys metsätaloudelle, uusiutuvuus ja paikallisuus, huoltovarmuus, hintojen vakaus verrattuna esim. öljyyn ja CO₂-päästöjen väheneminen. Sopivia käyttökohteita on paljon ja voidaan kehittää myös uusia puuenergiatuotteita.

Enon Energia Osuuskunta mahdollisti siirtymisen Enon kirkonkylässä öljystä hakelämpöön. Nyt hakekattilat ovat käytössä Enon yläkylässä, alakylässä ja Uimaharjussa ja tuottavat lämpöä yhteensä noin 15 400 MWh/v. Lämpöverkon kokonaispituus on n. 10,9 km ja haketta kuluu 27 000 i-m³/v. Lisäksi vanhusten hoivakodin yhteydessä toimii hakekontti. Kevyttä polttoöljyä käytetään vain hyvin vähän, noin 1 % kaikesta polttoaineesta. Luonto pyritään huomioimaan toiminnassa. Haasteena on taajamien hajanaisuus, mikä vaatii paljon putkistoja.

Aluelämmön hyötyinä Enossa on, että se on halvempaa kuin kaukolämpö ja korvaa joka vuosi noin 2 milj. litraa öljyä. Aluelämpö on turvallinen ja vakaa energiamuoto. Lähialueelta kerätään energiapuuta noin 11 000 k-m³/v, ja kaikki poltossa muodostunut kuivatuhka levitetään takaisin metsämaalle. Koko toiminta työllistää noin 7-10 henkilöä vuosittain ja vähentää netto-CO₂ -päästöjä huomattavasti verrattuna öljyn käyttöön. Lisäksi energiapuun korjuusta on maisemallista hyötyä. Energiaosuuskunta on säästänyt vuosina 2001-2015 kunnan varoja 1,81 milj. € ja yksityisten varoja 2,28 milj. € verrattuna kaukolämpöön.

Lämpölaitosten tuottaman tuhkan laatua on seurattu koko ajan, eli tuhkan tuoteselosteet ovat olemassa. Puu on enimmäkseen peräisin harvennushakkuista (koneellinen korjaus) sekä peltojen reunavyöhykkeiden harvennuksista. Latvusmassan osuus poltetusta puusta pyritään pitämään pienenä, koska latvusten poltto aiheuttaa enemmän päästöjä ja haitta-aineita tuhkaan. Jos energiapuuta varastoidaan tienvarressa, se tehdään oikeaoppisesti eli rungot karsitaan ja peitetään. Osuuskunnan talouden ongelmana on, että kesäkuukausina tulosta ei juuri tule, koska silloin ei tarvitse lämmittääkään.

Yleisöstä esitettiin kysymys tuhkan levittämisestä, mihin Hirvonen vastasi, että tuhkaa on levitetty metsiin, vaikka miten, esim. harvennettuun metsään talviaikaan lumilingolla, hakattuun suometsään moottorikelkan perään kiinnitetystä pulkasta lapiomalla sekä helikopterista. Kuivaa tuhkaa voi levittää vain talvella, ja koska tuhkan määrä on kaikkiaan noin 60 t/v, ei rakeistaminen itse kannata. Toinen kysymys koski sitä, miten rankojen osto on hoidettu. Hirvosen mukaan ostoja osuuskunta ei tee itse, vaan Turunen Oy ostaa rangat pystyyn ja lisäksi on pienempiä hankkijoita. Viimeinen kysymys koski latvusmassojen polton määrää, johon Hirvonen sanoi, että niiden osuus pyritään pitämään alle 10 %:ssa. Suurempien haitta-ainepitoisuuksien lisäksi latvusten ongelmana on huono lämpöarvo, ja niiden polttaminen isommassa määrin vaatisi lämmönvaihtimet lämpölaitoksille.

Mauri Räsänen, ELY-keskus: Maaseututoiminnan kehittämisen rahoitusmahdollisuudet

Räsänen esitteli, millaisia yritystukia tuhkan hyötykäytön (levitys ja tuottaminen) tukemiseksi olisi saatavilla. Hyrrä-palvelun kautta voi hakea maaseudun investointi- ja perustamistukia. Parhaillaan on käynnissä Maaseutuohjelma 2014-2020, jonka puitteissa tukia voi hakea. Tuen myöntämistä ohjaavat EU- ja kansalliset asetukset. Tukia voi hakea sekä aineellisiin (rakentaminen, korjaaminen, laajentaminen, laitehankinnat ym.) että aineettomiin (ohjelmistot, patentit, aineettomat oikeudet) investointeihin. Puutuhkan käyttö ja käsittely ovat maataloustuotteiden jalostuksen ulkopuolista toimintaa, johon sovelletaan uusiutuvan energian tuotantoon ja jakeluun liittyviä valtiontukisääntöjä.

Investointituessa tukikelpoisia kustannuksia ovat rakentaminen, laajentaminen, korjaaminen, maa-alueiden sekä uusien koneiden ja laitteiden hankkiminen, suunnittelun ja toteutuksen yleiskustannukset sekä lupa- ja rekisteröintimaksut. Maa-alueiden hankinnan osuus saa olla korkeintaan 10 % kokonaiskustannuksista, ja esim. motojen tai traktorien hankintaan, turpeen tuotantoon ja liikennealalle tukia ei myönnetä. Tukikelpoisen investoinnin suuruus on 10 000 – 2 milj. €, ylärajan voi ylittää erityisistä syistä (esim. jos työllisyysvaikutus on merkittävä). Tuen määrä riippuu yrityksen tyypistä ja toiminnan laadusta, esim. uusiutuvan energian hankkeille tuki on 20 % investoinneista ja uusille laitoksille 30 %. Tukea voi saada myös investoinnin toteutettavuustutkimukselle, jossa selvitetään aineellisen investoinnin toiminnalliset, taloudelliset ja tekniset edellytykset. Investoinnin toteuttamista ei edellytetä. Tuen määrä on 50 % toteutettavuustutkimuksen kuluista. Investointitukien valintaperusteina on mm. toiminnan sijainti, työllisyysvaikutus, alue- ja kerrannaisvaikutukset ja vaikutukset markkina-alueeseen ja yrityksen uudistamiseen.

Perustamistukea voi saada aloittava yritys, joka on toiminut alle 3 vuotta. Yli 3 vuotta toimineelle yritykselle tukea voidaan myöntää, jos kyseessä on kokonaan uusi toimialue yritykselle. Tukea myönnetään yrityksen perustamiseen liittyviin asiantuntijapalveluihin, tuotekehitykseen, perustamisvaiheen toimenpiteisiin, messuille osallistumiseen ja markkinointiin ym. Tuki myönnetään liiketoimintasuunnitelman perusteella, ja sen suuruus on 5 000 -35 000 €. Yhdelle yritykselle tukea myönnetään ohjelmakauden aikana korkeintaan 70 000 €.

Perustamistukea voi hakea myös kokeiluihin. Se myönnetään vain kerran, ja sen suuruus on 2 000 – 10 000 €. Tuen hakija voi olla aloittava yritys, tai jo toiminnassa oleva voi hakea sitä esim. uusien tuotteiden kokeiluun. Perustamistuen pohjana olevassa liiketoimintasuunnitelmassa on esiteltävä yrityksen perustiedot ja toiminta-ajatus, taloudellinen lähtötilanne, aikataulut, kustannusarviot, rahoitussuunnitelmat ja työllisyysvaikutukset. Liiketoimintasuunnitelmaan voidaan pyytää täydennyksiä ja tarkennuksia tuen hakuprosessin aikana. Myöntämisperusteet ovat pääosin samoja kuin investointituessa, mutta hieman eri painotuksin, ja mm. toiminnan uutuusarvo huomioidaan.

Finnpron laina ja Kehpoa voi saada samaan aikaan perustamistuen kanssa, mutta starttirahaa ei. Perustamistuki maksetaan 2-3 erässä, joista ensimmäinen heti päätöksen jälkeen, ja investointituki maksimissaan 4 erässä. Perustamistukea voi hakea yksityishenkilönä, mutta kaikkia muita tukia yrityksenä eli yritystunnus oltava.

Mervi Matilainen, Apila Group Oy Ab: Tuhkan käsittelymahdollisuudet

Matilainen puhui puutuhkan käsittelymahdollisuuksista lähinnä Pohjois-Karjalan hajautetun energiantuotannon toimijoiden näkökulmasta. Aihepiiri liittyy hänen tekeillä olevaan opinnäytetyöhönsä sekä ilmastostrategiaan 2016, jossa yhtenä tavoitteena on uusiutuvan energian käytön edistäminen. Puun polttamisen lisääntyminen lisää myös syntyviä tuhkamääriä, jotka on saatava hyödynnettyä.

Pohjois-Karjalan hajautetun energiantuotannon toimijoille tehtiin haastattelututkimus marraskuussa 2016. 33 laitosta vastasi kyselyyn. Laitosten koko oli välillä 0,33 – 35 MWh ja niistä syntyi tuhkaa vuositasolla 3-1000 t, eli toimijoiden koot vaihtelivat hyvin paljon. Laitoksissa syntyvät tuhkat olivat enimmäkseen hyvin puhtaita ja joitain yksittäisiä ylityksiä lukuun ottamatta lannoituskäyttöön sopivia. Myös pienet tuhkamäärät kannattaa saada kiertoon, koska sillä on sekä taloudellista merkitystä, lannoitusvaikutukset ovat hyviä ja metsien CO₂:n sitominen tehostuu, kun puun kasvu lisääntyy.

Tuhkan lannoitekäyttö edellyttää, että tuhkat on analysoitu: haitta-aineille on sallitut maksimipitoisuudet, ja ravinteiden taas tulee ylittää tietyt vähimmäismäärät. Lannoitekäyttö edellyttää myös tuoteselostetta. Tuhkan tuottajien tulee olla laitosrekisterissä ja huolehtia omavalvonnasta, ja heillä on ilmoitus- ja kirjanpitovelvollisuus.

Tuhkan rakeistus voidaan tehdä omalla laitteistolla tai tilauspalveluna. Rakeistulaitteita on erilaisia. Pyörivässä rumpulaitteessa on pitkittäisen akselinsa ympäri pyörivä rumpu, jonne kostutettu tuhka syötetään, ja rummun jälkeen rakeet voidaan lajitella koon mukaan. Rumpu vaatii oheislaitteikseen mm. siilon irtotuhkan säilytykseen sekä kuljettimet ennen ja jälkeen rummun. Rakeistimia on saatavana useissa koko- ja hintaluokissa. RecAsh-hankkeella on ollut mobiili rumpurakeistin. Olli Äijälä Tapio Oy:stä mainitsi, että heillä on konttiin rakennettu siirrettävä rumpumallinen laitteisto, jonka kapasiteetti on sadoista kymmeniintuhansiin tonneihin ja rakeistuksen hinta noin 30-45 €/tonni.

Lautasrakeistimessa 45 ° kulmassa olevalle pyörivälle lautaselle (halkaisija 2-4 m) syötetään kosteaa tuhkkaa, joka rakeistuu lautasen liikkeen vaikutuksesta. Kuten rumpurakeistin, lautasrakeistin vaatii oheen siilon ja kuljettimen. Suomessa laitteistoja tekee Tecwill Oy, ja niitä voi hankkia myös ulkomailta useissa koko- ja hintaluokissa.

Yksinkertaisin tapa tuhkan rakeistukseen on itsekovetus, jossa kostean tuhkan annetaan kovettua läjissä ja murskataan sitten kauhamurskaimella.

Rumpu- ja lautaslaitteistojen tilantarve on suuri ja ne vaativat myös oheislaitteita ja tarvikkeita, joten pienille toimijoille ja pienille tuhkamäärille kaivattaisiin ideoita tuhkan rakeistukseen. Mobiilit laitteet tai useiden tuhkan tuottajien yhteinen laite voisivat myös olla hyviä ratkaisuja. Pienet tuhkamäärät voisi myös kustuttaa betonimyllyssä, antaa itsekovettua muotissa ja murskata kauhamurskaimella. Ruuvisuulakepuristus ja valssauspuristus voisivat myös soveltua pienille tuhkamäärille. Yhteisen rakeistuslaitoksen ongelmana voi olla, että eri laitosten tuhkaa ei saa sekoittaa, joten jokaisen toimittajan tuhkat pitäisi rakeistaa erikseen. Pohjois-Karjalan energiantuotantolaitoksista 21:n tuhkat soveltuisivat luomukeruualueille, joten tuhkan markkinointi lannoitekäyttöön olisi kannattavaa.

Mikko Räisänen, Ecolan Oy: Tuhkan levityslaitteet

Viimeisenä esityksenä Räisänen esitteli Ecolan Oy:n käyttämiä tuhkan levitystapoja.

Ecolanilla yleisin tapa on kopterilevitys, joka kattaa 60-70 % levitetyistä määristä. Suomen tasolla kopterilla levitetään >50 % metsälannoitteena käytetyistä tuhista. Kopterilevityksen etuna on, että se ei ole sidottu vuodenaikaan. Työmaakoko kopterilla on noin 10 ha ja tuhkat saadaan levitettyä kuviolle tasaisesti. Kuvioiden tulee kuitenkin olla tarkkarajaisia ja niiden leveyden yli 20 m. Lentokonelevitystä on kokeiltu kahdella eri pienkonetyypillä, mutta ongelmia aiheuttavat esim. lentokenttävaatimukset sekä levityksen tarkkuus, sillä koneiden lentonopeus on noin 200 km/h ja Suomessa levitysalat verrattain pieniä.

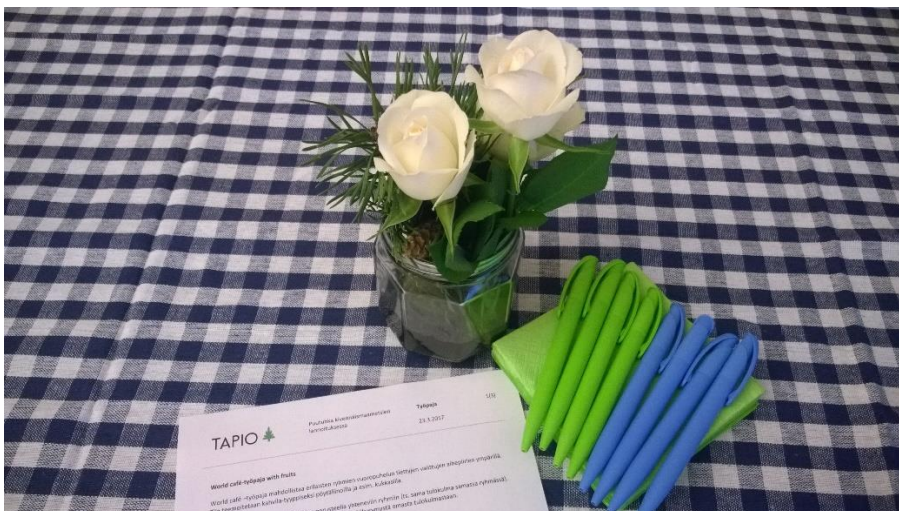
Metsätraktorilevityksessä käytetään säiliötä, jonka takaosassa olevat hyrrät heittävät rakeistetun tuhkan metsään. Tässä levityksessä ongelmana on, että hienoin aines leviää hyvin heikosti mutta isoimmat rakeet lentävät jopa 15 m päähän: lannoitus on epätasaista ja alueelle jää kokonaan lannoittamattomia laikkuja.

Tällöin ei saavuteta parasta mahdollista maksimikasvua, joka käytetyillä lannoitemäärillä olisi mahdollinen. Lannoitusalueiden maastoinventoinneissa on saatu selville, että maaperäprofiileissa ja maan pH:ssa on selvä ero lannoitetuilla ja lannoittamattomilla alueilla. Lannoitettu kerros on hyvin ohut ja tarkkarajainen, joten jos tutkitaan lannoituksen vaikutuksia maaperään, tulee huomioida esim. maakerrosten sekoittuminen näytteenoton yhteydessä. Myös havupuiden neulasten kasvulla on havaittu selvä yhteys lannoituksen määrään.

Vuodesta 2015 alkaen on kokeiltu kompaktoidun tuhkan traktorilevitystä.

Tuhkan käyttö turvemaiden metsissä on kannattavaa, sillä vaikutus kasvuun on huomattava. Ilman lannoitusta metsän kokonaiskasvu vähenee ajan myötä, lannoitetuilla alueilla kasvu paranee ja kokonaiskasvu pysyy vakiona.

Yleisöstä esitettiin kysymys siitä, onko lannoitteen epätasaisesta levityksestä haittaa, koska puilla on kuitenkin laajat juuriverkostot ja ravinteet ovat vesiliukoisia. Räisänen vastasi, että tutkimusten perusteella ravinteet eivät etene maaperässä pitkälle, joten tasaisella levityksellä on todella merkitystä hyvän lannoitusvaikutuksen saamiselle.



Kuva 9 Tuhkatyöpaja

World café-työpaja: Puutuhkan hyödyntäminen lannoitevalmisteenä

Pirjo Rinnepelto, Mervi Matilainen ja Tiina Rasilainen

Johdanto

Puutuhka-työpaja toteutettiin osana Puutuhka-seminaaria, joka järjestettiin Joensuussa 23.3.2017. Työpaja toteutettiin world café –metodilla. World café mahdollistaa erilaisten ryhmien vuoropuhelun. Työpajan organisoijana toimi Apila Group Oy Ab.

Osallistujat jakautuivat kolmeen eri pöytään, joissa oli kussakin eri pääteema, ja sen alla kysymykset. Ryhmät kiersivät työpajassa kaikki kolme pöytää. Jokaiselle ryhmälle täytettiin lomake keskustelun kuluessa, ja tulokset yhdistettiin. Yhteenvetona saatu ratkaisumalli on alueellinen.

Tulokset

Pöytä 1. Tuhkalannoitus arkiseksi. Fasilitaattori: Pirjo Rinnepelto

Kysymys	Muistiinpanot
Miten tieto parhaiten jalkautuu kentälle?	- Tarvitaan kokonaisvaltaista lannoituspalvelua, erityisesti ei-aktiivisille metsänomistajille. - Esimerkiksi salkunomistajia, jotka huolehtivat metsänhoidosta. - Palveluntuottajina esimerkiksi metsä- ja maarakennusurakoitsijat. Maarakennusurakoitsijoilla ei kevättalvella töitä – tästä lisäbisnes? - Lämpövoimalaitoksille sivutuote tuhkalannoitteesta vrt pelletti. - Tietoa metsänomistajille puukauppaa tehtäessä. Puun ostajat tiedon viejinä. - Ojitus- ja harvennussuunnitelmia tehtäessä ja suomaiden uudistamisten yhteydessä → näissä työvaiheissa myös lannoitusta tehtävissä. Tässä olevat haasteet: harvennus tehdään kesällä, jolloin maapohja ei kestä mahdollista lisärasitusta; metsäurakoitsijoilla kiire oman bisneksen kanssa, ei välttämättä kiinnosta aihe joka vie huomion ydinbisneksestä - Suora kontakti asiakkaisiin (maanomistajiin ja metsänhoitoyhdistyksiin) urakoitsijoiden ja metsäpalvelujen kautta. Biomassa-Atlas tietolähteenä. - Tuhka pitää ajatella tuotteena, jolla lisäarvoa. - Tuhka tule saada tuotteeksi, jota voi ostaa tavanomaisen lannoitesäkin vierestä.
Myyntiargumentit?	- Kiistattomat kasvuvaikutukset "Huoltovapaa lannoite" Tasainen lannoittava vaikutus 30 vuoden ajan vrt. keinolannoitteet lannoittavat 10 vuotta, jonka jälkeen lannoitus uusittava "Tuottava lannoite" SUOMAILLA Kertakustannus verrattuna kiertoaikaan - tuhkalannoitus kannattaa. Ts. takaisinmaksu ja ansaintalogiikka voidaan investoinnille osoittaa.

	• "Paras/ylivertainen saatavissa oleva luomulannoite": metsään palautuu se mikä on metsästä otettu. Luonnollinen kiertokulku. • "Kokonaisvaltaista maanparannusta" - boori ja kalium lisäarvotekijöitä
• Edut, luomusertifikaatti, hinta?	• Keräilyalueiden luomusertifiointi varmasti myyntivaltti. Puutuhka ylivertainen luomulannoite. • Tuo kaivattua jalostusarvoa tuotteelle.
• Avoimia kysymyksiä & ristiriitoja	• Onko tuhkalannoitus kannattava investointi kivennäismailla? vrt. suomilla. • Luomutarpeisiin, onko puutuhkaa riittävästi? Tuotetaanko puutuhkaa luomusertifioitujen keräilyalueiden lähellä? • Tuhkan vaikutus puolukoihin? • "Tottuuko" puut keinolannoitukseen, eli menettääkö keinolannoite tehonsa/oppiiko puu vaatimaan sitä enemmän, jolloin kustannukset on korkeat (joku muisteli tällaista lukeneensa) – tällöin tuhka vieläkin erinomaisempi luonnollinen ravinne. • Ristiriita: investoinnin suuruus, eri näkökulmia, kokemuksia: - 10 ha tuhkalannoitus 5000 eur investointi – kallista; - voidaanko tuotteen hinta saada alas? Nyt tuottajille pelkkä kuluerä, eli raaka-ainetta saatavilla edullisesti; - tuhkalannoituksen investointi voidaan helposti perustella sillä lisätuotolla, jonka metsänomistaja investoinnista myöhemmin saa.

Pöytä 2. Hajautetun energiantuotannon toimijoiden valmiudet verkostoitumiseen? Fasilitaattori: Mervi Matilainen

Kysymys	Muistiinpanot
• Mitä voidaan tehdä yhdessä? Lämpölaitokset versus maanomistajat ja jo olemassa olevat maa- ja metsätaloutta tukevat organisaatiot	• Aiemmin lämpölaitoksilla on ollut yhteisenä toimintana mm. öljynostoringit, joten kokemusta yhteistyöstä on. Tarjoukset pyydettiin aiemmin yhdessä. • Nyt voisi esim. yhdessä pyytää tarjousta porttimaksuista. • Myynti metsänomistajille voisi tapahtua yhteisen kanavan kautta? • Periaatteessa pienimmille toimijoille ollut halvinta viedä tuhka itse suoraan metsään. • Esim. osuuskunnat toimivat tyypillisesti näin.
• Miten yhteistyö toimisi parhaiten? Osuuskunta, verkosto, ulkopuolinen toimija?	• Yhteistyön pohjalle tarvitaan palvelukonsepti, jossa palvelun tuottaja huolehtii mm. paperityöt ja hyväksynnän. • Esim. ulkopuolinen käytännön urakoitsija toteuttamaan työtä • Tuotteistaminen tärkeää • Alueellinen ratkaisu löydettävä.

	Osuuskuntien osalta laitoskohtaiset määrät niin pieniä, ettei kiinnosta.
Miten katetaan kustannukset?	- Tuhka annettava urakoitsijalle ilmaiseksi, lähtökohtaisesti. - Nykyinen kaatopaikkatoimitus määrittelee maksimihinnan vastaanotolle. - Käyttäjä on valmis maksamaan lannoitevalmisteista. - Erityisesti märkätuhkan osalta tuottajan maksuvalmius on olemassa
Haasteet ja mahdollisuudet, halukkuus?	- Urakoitsijan kanssa kyettävä tekemään 3—5 vuoden sopimus. - Metsänhoitopuoli saatava toimintaan mukaan; vaikeaa, mutta ei ole pullonkaula. - Kunnostushankkeet lisääntyvät, myös suoramyyntiä vanhoille asiakkaille. - Rahti?
Pohdittavaa?	- Miten alueellinen metsänhoito voisi auttaa? - Onko tuotteistaminen kesken? - Kuka voisi olla veturiyritys? - Miten saadaan tarjolle, miten tuotteistetaan? - Ainoa vaihtoehto suometsiin, ei kilpailua, mutta silti myynti ja kysyntä eivät kohta?

Pöytä 3. Tuhkan käsittely. Fasilitaattori: Tiina Rasilainen

Kysymys	Muistiinpanot
- Kaupalliset tekniikat? - Rakeistus - Levitys	- Kaikki Suomessa yleisesti käytetyt tekniikat rakeistuksen ja levityksen osalta esiteltiin teemapäivän esityksissä. - Tuhkan rakeistus on kannattavaa: rakeistetun tuhkan levitys on helpompaa kuin irtotuhkan. Lentolevitykseen kelpaa ainoastaan rakeistettu tuhka. Ravinteet liukenevat rakeista hitaammin. Rakeiden varastointi on helpompaa. Kompaktoimalla rakeistetun tuhkan kosteuspitoisuus on sen verran alhainen, että se ei edes jäädy. - Ruotsissa käytetään rakeistukseen myös jonkinlaista nopeasti pyörivää sekoituslaitteistoa. - Tanskassa peltomassoja (olkea tms.) pelletöidään poltto varten. Voisiko siellä käytettyjä pelletöintilaitteistoja soveltaa tuhkaan? - Ulkomailla ollaan kiinnostuneita siitä, miten rakeistus tehdään Suomessa.
- Uudet innovaatioideat? - Rakeistus - Levitys	Tuhkan käsittelystä yleisesti: - Tuhkan kuljetus lämpölaitoksilta kokoomapaikalle, josta eri tuottajien tuhkat vietäisiin kerralla käsittelylaitokselle? - Imuauton käyttö tuhkan keräyksessä ja kuljetuksessa? - Ravinteiden eristäminen tuhkasta ja lisääminen kemiallisiin lannoitteisiin tai haitta-aineiden poistaminen tuhkasta kemiallisin menetelmin ennen rakeistusta → olisiko tällainen taloudellisesti kannattavaa ja jäisikö tällaisista käsittelyistä

	käsiin haitallisia kemikaaleja, joille sitten taas pitäisi tehdä jotakin? - Tuhkan laatuun vaikuttaminen jo polttovaiheessa: poltetaan erilaatuista puumateriaalia sen mukaan, kuinka puhdasta tuhkaa halutaan, tai lisätään polttoon mukaan haitta-aineita sitovia yhdisteitä → vaikutukset savukaasujen laatuun ja mahdollisiin ongelmiin savukaasujen puhdistuksessa huomioitava. Rakeistus: - Tuhkan sulatusta ja sulan tuhkan ekstruudausta pelleteiksi mietittiin, mutta koska tuhkan sulamislämpö on 900 °C:n kieppeillä, tällainen menetelmä tuskin olisi taloudellisesti kannattavaa. - Voisiko tuhkan sekoittaa esim. jätelietteeseen ja granuloida tämän seoksen? Lietteen granulointia ja näiden granulaattien kuorrutusta tuhalla on ainakin kokeiltu. - Kuivan ja märän tuhkan tai arina- ja lentotuhkien sekoittaminen helpottamaan rakeistusta ja säätämään tuhkan ravinnepitoisuuksia? - Tuhkan rakeistus samalla, kun tuhkaa siirretään pois polttokattilasta: kuljetushihnalle jonkinlainen puristin, joka pelletoi tuhkan ja tiputtaa pelletit suoraan säkkeihin, tai kuljetetaan tuhka vesisäiliön kautta, minkä jälkeen kostea tuhka granuloidaan valssimyllyllä tms. Etuna tässä olisi se, että lämpölaitoksilta tuhkaa tulee suhteellisen tasaisesti ja granuloinnin voisi tehdä pienissä erissä, eikä irtotuhkaa tarvitsisi erikseen varastoida Levitys: - Kuljetettava levityslaitteisto (oli se sitten millainen tahansa), joka kiertäisi lannoitettavalta alueelta toiselle? - Pieniä aloja pystyy melko helposti lannoittamaan esim. moottorikelkan perään kiinnitetystä säiliöstä lapioidmalla.
Mobiili vai pysyvä laite?	- Pysyvän rakeistamon voisi perustaa johonkin tyhjilleen jääneeseen toimitilaan, jolle ei ole enää muuta järkevää käyttöä. - Irtotuhkan varastoiminen ja kuljettaminen on hankalaa ja kallista, joten mobiilia laitetta, joka kiertäisi lämpölaitokselta toiselle, pidettiin yleisesti parempana. - Pienten lämpölaitosten polttoaineet tulevat yleensä läheltä, joten tuhkan kuljetusta pitkien matkojen päähän ei pidetty järkevänä, ja sillä olisi myös haitalliset vaikutukset puunpolton ja tuhkan hyötykäytön CO₂-taseeseen. - Bisnes-idea: yrittäjä, jolla olisi mobiili rakeistuslaitteisto ja joka hoitaisi myös lannoitukset, eli rakeistus olisi oma toimintonsa eikä lämpölaitosyrittäjien vastuulla
Vapaampaa ideointia ja ratkaisun hakua, mahdollisuuksia ja haasteita, mahdollisia pelle pelottomia apuun?	Tuhkaa saatava myyntiin kuluttajille säkkitavarana esim. huoltoasemille puutarha- ja pensasaitalannoitteeksi.

• Myös ideointia metsälevityksen osalta	• Levitetään suhteellisen isokokoista raetta rinteiden yläreunaan ja annetaan valumavesien hoitoa ravinteiden levittäminen rinteeseen? • Tuhkalannoitteen myyntiä/ostajien löytämistä ei pidetty ongelmana, jos vain paperit ovat kunnossa ja tuote säkitetty. Myyntiä tukee myös se, että Suomessa ei enää valmisteta suometsien lannoitetta. • Byrokratia (kaikkien tarvittavien lupien ja papereiden saaminen kuntoon) koettiin haasteellisenä ja hidastavana tekijänä. • Voiko laboratoriomittakaavan edullista pelletöintilaitetta hyödyntää rakeistukseen? Kapasiteetti esim. 30—50 kg/h, laitteen hinta noin 10 000 € → riittävä pienimmille määrille? Toisaalta hyvin pienille määrille ei tarvita erikoisia menetelmiä, vaan niille riittää tuhkan itsekovetus. • Joissain tuhissa haitta-ainepitoisuudet ja/tai liian matalat ravinnepitoisuudet estävät lannoitekäytön, jolloin tuhka soveltuu vain maanrakennukseen.
---	--

Yhteenveto

Työpajan yhteenveto-osuudessa tulokset käytiin läpi siten, että esitettiin yhteistyön mahdollisuudet ja tarpeet, sitten teknisten ratkaisujen mahdollisuudet ja lopuksi tuhkan tuotteistamisen mahdollisuudet ja tarpeet.

Tuhkan myyntiä tulisi edelleen tehostaa, ja työpajan tulosten perusteella vahvimpia argumentteja olisivat: *Kokonaisvaltaisella, huoltovapaalla luomulannoituksella kiistattomat kasvuvaikutukset puustoon erityisesti turvemaalla. Ylivertainen ja kustannustehokas, perinteinen tapa palauttaa puun ravinteet metsään.*

Yhteinen käytännön toimintamuoto voidaan laatia logistisesti toisiinsa nähden lähekkäin sijaitseville lämpölaitoksille, joiden yhteenlaskettu tuhkamäärä on noin 1000—1500 tonnia vuodessa. Tällöin on kannattavaa hankkia esim. yhteinen tai mobiili rakeistuslaitos. Joka tapauksessa lämpölaitokset eivät ole halukkaita itse tähän työhön, vaan he toivovat ulkopuolista palveluntarjoajaa, joka vastaa tuhkan rakeistamisesta ja kaupallistamisesta, myös levittämisestä. Lisäksi tukea tarvitaan metsänhoitoon erikoistuneilta toimijoilta, jotka ovat kontaktissa metsänomistajiin, ja toimivat näin tuhkan myyjinä.

Liiketoiminnallisena mallina voidaan eri toimijoiden suhteita kuvata seuraavasti:





Kuva 10 Lämpölaitokselta syntynyttä puutuhkaa.

Puutuhka-hankkeen retkeilypäivä 19.5.2017

Mervi Matilainen ja Tiina Rasilainen
Apila Group Oy AB

”Tutkimusten perusteella puutuhkan käyttöä metsälannoituksessa on vara lisätä.”

Pirjo Salminen, Maa- ja Metsätalousministeriö

”Puutuhkalla lannoitetaan nykyisin noin 10 000 hehtaaria vuodessa. Lannoitusala voisi lisätä tuplaten.”

Samuli Joensuu, Tapio Oy

Tapio Oy, Apila Group Oy Ab, Luonnonvarakeskus (LUKE), Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja Ecolan Oy järjestivät 19.5.2017 klo 8-16 retkipäivän, jonka teemana oli Puutuhkan kierto metsästä lämpölaitokselle ja takaisin metsään. Retki oli osa Puutuhka kivennäismaiden lannoituksessa- ja Valerie-hankkeita, joita rahoittavat Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) sekä EU.

Retken aikana tutustuttiin hankkeen tulevaan metsälannoituskohteeseen Joensuun Kiihtelysvaarassa, Kiteen Lämpö Oy:n lämpölaitokseen Kiteellä, sekä seurattiin Tuhka Hukan tuhkan levitystä pellolle. Lopuksi tutustuttiin Stora Enson Kiteen sahaan. Matkan aikana kuultiin asiantuntijoiden puheenvuoroja eri aiheista. Retkipäivään osallistui kaikkiaan 22 henkilöä. Lisäksi Raatevaaran kyläyhdistys järjesti kahvituksen Kiihtelysvaaran metsäkohteella ja Koivikon Kievari Oy lounaan Kiteen Puhoksessa.

Seuraavassa on kooste retken aikana pidetyistä puheenvuoroista ja kohde-esittelyistä.

Puutuhkan hyödyntäminen

Matkalla ensimmäiselle kohteelle Samuli Joensuu (Tapio Oy) puhui tuhkan hyötykäytön tehostamisesta, tuhkan markkinoimisesta lannoitteena sekä tuhkalannoituksen hyötyihin liittyvän tiedon levittämistä. Tuomalla esiin puutuhkan lannoitusvaikutuksia ja jo olemassa olevia hyötykäyttöreittejä voitaisiin sekä puutuhkan tuottajia, että metsänomistajia innostaa hyödyntämään sitä lannoitteena.

Tuhkan hyötykäyttöä voisi tehostaa ja sen hyötyjä yhteishankkeiden avulla. Muun muassa Tapio on aiemmin toteuttanut kenttäorganisaationsa metsänparannuspiirien toimesta tällaisia hankkeita. Nykyään hankkeiden kokoaminen on liiketoimintaa ja sitä tekevät esimerkiksi metsänhoitoyhdistykset, metsäpalveluyrittäjät sekä Otso Metsäpalvelut Oy. Tuhka pitäisi saada niin tunnetuksi, että metsäammattilaiset tarjoaisivat sitä metsänomistajille lannoitteeksi aina kun vain mahdollista. Aiheesta pitäisi järjestää nykyistä enemmän myös koulutuksia, jotta tietoisuus lisääntyisi, ja tiedon lisääntyminen voisi helpottaa myös siihen liittyvien hankkeiden järjestämistä.

Tiedon siitä, mistä tuhkaa saa, pitäisi olla helposti mahdollisten hyötykäyttäjien saatavilla. Yhtenä haasteena on, että suuri osa tuhkan tuottajista on pieniä, yksityisiä lämpöyrittäjiä. Tuhkan keräys ja käsittely olisi saatava organisoitua niin, että myös pienimpien tuottajien kaikki tuhkat saataisiin hyötykäyttöön. Tuottajien intoa tuhkan jalostukseen voisi lisätä niinkin, että tuhkan jalostus lannoitteeksi ei aiheuttaisi heille lisäkustannuksia tai siitä olisi heille selvästi hyötyä.

Puutuhka kivennäismaiden lannoituksessa- ja Valerie -hankkeisiin liittyneessä työpajassa 23.3.2017 oli pohdittu eri vaihtoehtoja tehostaa ja organisoida pienten tuottajien tuottamien tuhkien hyötykäyttöä. Vaihtoehtoiksi oli esitetty esimerkiksi yrittäjää, joka keräisi alueensa kaikkien tuottajien tuhkat ja veisi ne jalostuslaitokselle, tai yrittäjää, joka kiertäisi mobiilirakeistamon kanssa tuottajalta toiselle käsittelemässä tuhkia. Puutuhka kivennäismaiden lannoitteena jatkuu vielä vuonna 2018, joten tuhkan hyödyntämiseen liittyviä kysymyksiä voidaan vielä miettiä ja kehitellä uusia ratkaisuja niihin. Tärkeää tuhkan hyödyntämisessä on myös se, että keskusteluyhteys säilyy tuhkan tuottajien ja sen jalostajien välillä. Tarvittaisiin taho, joka kokoaisi kaikki tuhkan tuottaja- ja jalostajatiedot yhteen paikkaan, esimerkiksi eräänlaiseksi

paikkatietosovellukseksi. Tuhkasta olisi saatava luotua tuote, joka olisi yhtä helposti saatavilla kuin muutkin lannoitteet.

Metsälannoituskohde

Hannu Ilvesniemi (LUKE) esitteli ensimmäistä tutustumiskohdetta, Puutuhka-hankkeen tulevaa metsälannoituskoekenttää Kiihtelysvaarassa Hyypiäntien ja Tohmajärventien risteyksessä (kuva 1). Kohde oli hakkuualue, joka kesällä 2017 aiotaan muokata, lannoittaa puutuhkalla ja istuttaa puuntaimia. Lannoituskokeita varten tullaan perustamaan 30 m * 30 m koealueita, joista osaa ei lannoiteta lainkaan, osalle levitetään tuhkaa 3 t/ha ja osalle 9 t/ha. Tarkoituksena on selvittää erityisesti sitä, miten tuhkalannoitus vaikuttaa sienten ja marjojen raskasmetallipitoisuuksiin.



Kuva 11 Puutuhka-hankkeen tulevalle lannoituskohteelle Kiihtelysvaarassa

Ilvesniemi toi esille myös sen, miten metsäpalot ja sitä kautta tuleva luontainen tuhkalannoitus ovat aina olleet osa pohjoisen havumetsävyöhykkeen luontaista uudistumista. Venäjällä ja Kanadassa metsäpaloja edelleen on, mutta Suomessa niitä ei enää esiinny, ja kulotustakin Suomessa tehdään lähinnä näytösluontoisesti. Myös Suomen viljelykulttuuriin kuulunut kaskeaminen on ollut oman aikansa tuhkalannoitusta. Tuhka palauttaa maahan kasvaviin puihin sitoutuneita ravinteita ja muuttaa maaperän pH:ta. Toisin kuin metsäpalojen ja kulotuksen yhteydessä, levitettäessä metsään puun poltosta saatua tuhkaa ei metsän kaikki orgaaninen aines ole tuhoutunut vaan mm. karikekerros on edelleen tallella. Talousmetsistä korjatusta puusta vain noin 50 % hyödynnetään materiaalina, joten puutuhkan palauttaminen metsiin lannoitteena olisi ehdottomasti kannattavampaa kuin sen dumpaaminen kaatopaikoille tai käyttö maarakentamisessa. Logistisesti olisi melko helppoa järjestää niin, että tuhka levitettäisiin metsiin samassa yhteydessä, kun kaadetut puut haetaan. Metsäntutkimuslaitos on tehnyt 1950-luvulta lähtien tuhkalannoituskokeita metsämailla, ja tuhkan on todettu

todella lisäävän puun kasvua esimerkiksi suomilla useiden vuosien ajan. Näiden kokeiden haasteena on, että niiden toteutus ja kaikkien vaikutusten havaitseminen vaatii paljon aikaa, jopa useita vuosikymmeniä.

Ennen kohteelta lähtöä Anssi Kokkonen (Karelia AMK) kertoi lyhyesti Karelia AMK:n hankkeista mm. alkuperäiskansoihin liittyen sekä laitoksen omasta koelämpövoimalasta. Myös Karelia AMK:lla on suunnitteilla metsälannoituskokeita omalla tuhalla. Tuhkan hiilipitoisuus on niin suuri, että sitä ei saa sijoittaa kaatopaikalle, mutta sen sijaan se soveltuisi lannoituskäyttöön.

Kiteen Lämpö Oy

Seuraavana vierailukohteena oli Kiteen Lämpö Oy:n Arpeen lämpölaitos (Kuva 2), jota esitteli toimitusjohtaja Ilkka Hämäläinen. Lisäksi käytiin laitoksen valvomossa, jossa laitospäällikö esitteli laitoksen prosessikaaviota ja valvontalaitteita, joista pystyi seuraamaan esim. polttokattilan eri osien sekä kaukolämpöverkostoon lähtevän ja sieltä palaavan veden lämpötiloja.



Kuva 12 Kiteen lämpö Oy:n lämpölaitoksella.

Lämpölaitos tuottaa kaukolämpöä Kiteen kaupungille, ja sen käyttämästä polttoaineesta pääosa on puuhaketta. Ympäristölupansa mukaisesti laitoksen käyttämästä polttoaineesta korkeintaan 10 % saa olla muuta kuin puhdasta puuta, ja hakkeen ohella laitoksessa poltetaan jatkuvasti läheiseltä huonekalutehtaalta peräisin olevaa lastulevyjätettä sekä jonkin verran palaturvetta. Varavoimanlähteenä, lähinnä suurten kulutuspiikkien aikana, laitoksella voidaan käyttää kevytpolttoöljyä.

Laitoksen käyttämä puuhake on pääosin peräisin lähialueilta, vain pieni osa tuodaan Venäjältä. Hakekattilaan johtaa kolme kuljetinta, joista kaksi kuljettaa haketta ja yksi lastulevyjätettä, ja kuljettimien avulla huolehditaan polttoaineiden annostelusta niin, että lastulevyn osuus pysyy korkeintaan 10 %:ssa. Koska määrä

on niin vähäinen, lastulevyn sisältämät liimat ja maalit eivät aiheuta ongelmia. Hakkutähdehaketta ei käytetä lainkaan, koska se olisi liian hienojakoista laitoksen laitteisiin. Voimalan tuottama tuhka on kuivatuhkaa ja soveltuu laadultaan peltolannoitteeksi. Kaiken tuhkan hyödyntää paikallinen tuhkayrittäjä Tuhka-Hukka. Tuhka-Hukka hyödyntää myös Kiteen Lämmön toisen lämpölaitoksen (Selkueen laitos) tuottaman märkätuhkan, joka laadultaan soveltuu metsälannoitteeksi. Tuhkat analysoidaan kerran vuodessa, ja koska laitosten käyttämät polttoaineet ovat melko vakioita, ei tuhkan laadussa ole suurta vaihtelua.

Laitoksen polttokattilan nimellisteho on 6 MW, ja Kiteen kaupungin lämmöntarve vuodenajasta riippuen 1,5-18 MW. Kattilassa ei ole avoliekkiä vaan hake poltetaan eräänlaisena hiilloksena. Tässä poltossa muodostuu hääkää, joka myös poltetaan, ja tässä poltossa vapautuvalla lämmöllä lämmitetään kaukolämpöverkkoon johdettavaa vettä. Syötettävän veden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan, eli talviaikaan verkkoon syötetty vesi on kuumempaa, korkeintaan hieman yli 100-asteista. Tutustumiskäynnillä, kun ulkolämpötila oli noin 16 °C, kaukolämpöverkkoon syötettiin noin 70-asteista vettä ja tehontarve oli 2,5 MW.

Arpeen lämpölaitoksen pihassa toimii lisäksi pieni voimalaitos, joka tuottaa pääosan lämpölaitoksen tarvitsemasta sähköstä polttamalla Biokymppi Oy:n kaatopaikalta peräisin olevaa biokaasua. Lisäksi voimalaitoksen polttolämmön avulla esilämmitetään kaukolämpöverkosta palaavaa vettä.

Koivikon Kievari

Lounaan aikana Koivikon Kievarin työntekijä kertoi lyhyesti Koivikon kartanon historiasta ja toiminnasta. Koivikon Kievarin osakas Pekka Partanen sekä Biokymppi Oy:n toimitusjohtaja Mika Juvonen kertoivat Kievarin ja Biokymppin yhteistyöstä: esimerkiksi Kievarista tuleva biojäte hyödynnetään Biokymppin biokaasun tuotannossa. Mika Juvonen esitteli lisäksi Biokymppin toimintaa. Yritys jalostaa orgaanisista jätteistä biokaasua sekä lannoitteita, osa lannoitteista on luomulaatuisia. Biokymppin tuottamaa sähköä myydään kuluttajille Oulun Energian kautta Farmivirran nimellä. Biokaasun poltosta muodostuvan tuhkan hyödyntää Tuhka-Hukka.



Kuva 13 Kievarin viereisellä pellolla seurattiin Tuhka Hukan järjestämää tuhkan koneellista levitystä

Stora Enso Oy/Kiteen saha

Viimeisenä kohteena tutustuttiin Stora Enson yksikköön Kiteellä. Sen toimintaa esitteli Mika Hakulinen. Esittelyyn kuului lyhyt käynti sahan lämpölaitoksella. Lisäksi Tuhka-Hukan toimitusjohtaja Terho Hukka kertoi Tuhka-Hukan toiminnasta.

Kiteen sahalla käsitellään ainoastaan kuusitukkia. Puut tulevat sahalle pääasiassa rekkakuljetuksina määrämittaan pilkottuina, yleensä 5,5-metrisinä. Käsiteltävien puiden maksimihalkaisija saa olla 450 mm. Sahalla tukit kuoritaan, kuori varastoidaan kuorikentälle ja kuoritut tukit vesialtaaseen, joka pidetään sulana myös talvella. Allassäilytyksen etuina on, että puu ei kesäaikana halkeile tai sinisty eikä talvella jäädy. Vuodessa sahalle tulee noin 0,5 milj. kiinto-m³ puuta, josta kuoren osuus on noin 10 %. Sahatavaran lisäksi Kiteellä tuotetaan jonkin verran puupellettiä, jota myydään myös yksityiskuluttajille.

Kuorihake hyödynnetään laitoksen lämpövoimalassa, joka tuottaa kaiken laitoksen tarvitseman lämmön. Eniten lämpöä kuluu puutavaran kuivaukseen sekä varastoaltaan sulana pitämiseen. Kesällä lämmönlähteenä käytetään tuorekuorihaketta, talvella tuore- ja kuivakuorihakkeen sekä puuhakkeen seosta. Lämpövoimalasta tulee sekä kuiva- että märkätuhkaa, jotka molemmat hyödyntää Tuhka-Hukka.

Tuhka-Hukan Terho Hukka kertoi, että yritys on kiinnostunut havupuiden tuhkasta ja erityisesti kuorituhkasta, sillä sen kivennäisainepitoisuudet ovat suurimpia. Yritys huolehtii ostamiensa tuhkien rekisteröinnistä ja käyttää ne tuhkien laadun mukaisesti joko pelto- tai metsälannoitteina. Märkä- ja kuivatuhkat yleensä sekoitetaan, koska siten saadaan laadultaan levitykseen parhaiten soveltuvaa tuhkaa. Tuhkaa ei rakeisteta, sillä varsinkin peltolannoitekäytössä rakeistetusta tuhkasta ravinteet vapautuvat liian hitaasti.



Kuva 14 Tuhka Hukka Oy:n toimitusjohtaja Terho Hukka on esimerkillinen toimija, joka mahdollistaa hajautetun energiantuotannon tuhkan hyödyntämisen alueellisella ratkaisulla

Luken tuhkalannoituskokeet

Paluumatkalla Hannu Ilvesniemi kertasi Luken/Metlan julkaisemaa tutkimusta *Tuhkalannoituksen vaikutus maaperään ja puuston kasvuun* (Saarsalmi, A. ja Kukkola, M. Metsätieteen aikakauskirja 1/2009). Hän nosti julkaisusta esiin erityisesti sen, miten metsäkokeita on tehty eri puolilla Suomea hyvin pitkällä aikavälillä. Tuhkan hyödynnettävyydessä kuljetusmatkat ovat tärkeitä, ja edullisinta olisi käyttää tuhka mahdollisimman lähellä sen syntypaikkaa. Tutkimusten tuloksista nähdään, että jopa samantyyppisillä kasvupaikoilla tuhkan lannoitusvaikutus voi olla hyvin erilainen; yhtenä selityksenä tähän voi olla se, että on käytetty erilaisia (eri puulajeista tai puun eri osista peräisin olevia) tuhkia, jolloin niiden ravinnepitoisuudet ovat olleet erilaisia. Myös se on nähtävissä, että typen ja tuhkan yhdistäminen edistää metsän kasvua: tuhka pidentää typen lannoitusvaikutusta jopa useilla vuosilla. Tuhkalannoitus on aina järkevää, vaikka vieläkin ei välttämättä voida etukäteen ennustaa, kuinka suuri sen vaikutus on käsitellyllä alueella.

”Tuhkan hyödynnettävyydessä kuljetusmatkat ovat tärkeitä, ja edullisinta olisi käyttää tuhka mahdollisimman lähellä sen syntypaikkaa.”

Hannu Ilvesniemi, Luonnonvarakeskus Luke

Ohjausryhmä

Ohjausryhmän kokoonpano 2017

Pirjo Salminen	MMM
Kaisa Pirkola	MMM
Hannu Ilvesniemi	LUKE
Raimo Heikkilä (varalla Tapio Lindholm)	SYKE
Mervi Matilainen	Apila Group Oy
Mikko Räisänen	Ecolan Oy
Samuli Joensuu	Tapio Oy
Olli Äijälä	Tapio Oy

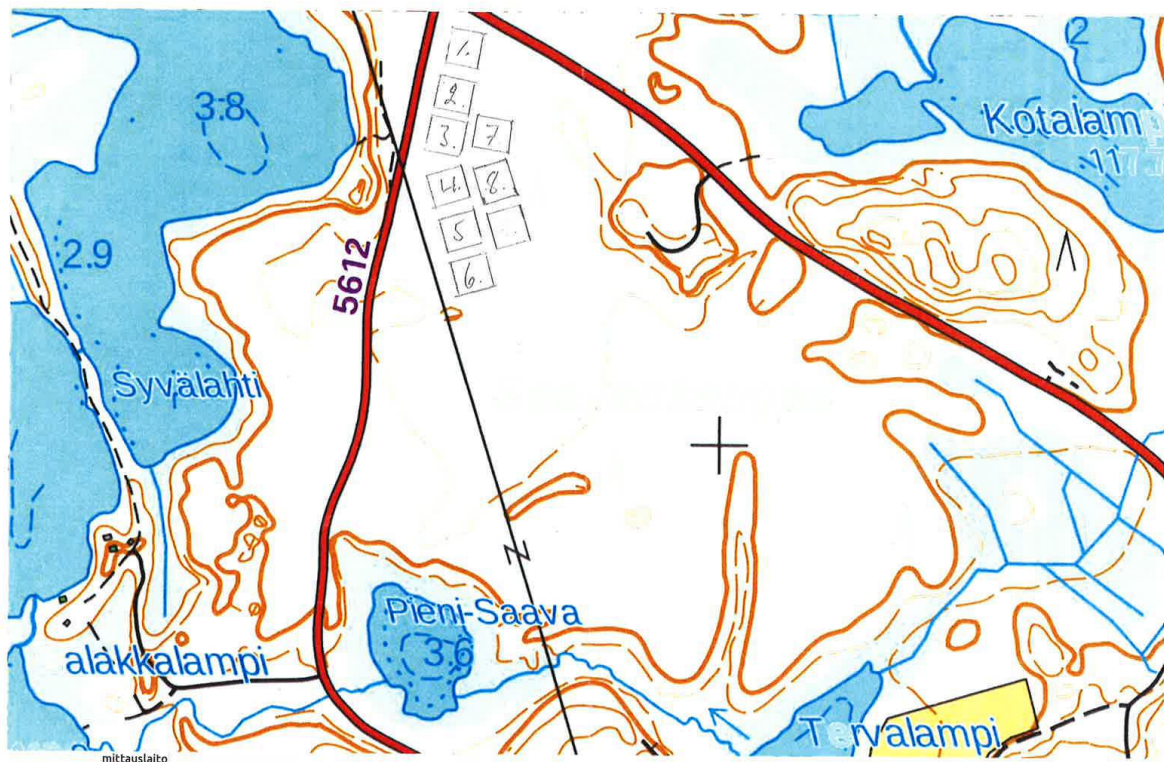
Ohjausryhmän kokoukset

2.2.2017

23.3.2017 (tapaaminen Tuhkatyöpajan yhteydessä)

Vuonna 2017 valitut koealueet

Vuonna 2017 valittiin lisäkohteena UPM-Kymmene Oyj:n mailla sijaitseva metsänuudistusala Kiihtelysvaarasta, jossa kokeillaan tuhkalannoitusta metsänuudistamisen yhteydessä.



Kuva 15 Koealaverkosto 2017



Kuva 16 Kiihtelysvaaran uudistusalakokeet

Edellä olevissa kuvissa näkyvälle alueelle valmisteltiin kesän 2017 aikana tuhkahankkeen kolmas seuranta kohde. Alue on UPM-Kymmene Oyj:n maata ja sijaitsee Kiihtelysvaarassa. Alueelle tehtiin 12.6.2017

koneellinen muokkaus – kylvö. Luken Raino Lievonen kävi rajaamassa ja merkitsemässä koealat kesällä ja otti maa- sekä kasvillisuusnäytteet ennen tuhkan levitystä – tilanteesta heinä-elokuun vaihteessa 2017.

Tuhkan tuottaja on Terho Hukka Tuhka-Hukka Oy:stä Kiteeltä. Hänet tapasimme retkeilyllämme 19.5.2017. Tuhka on peräisin Stora Enson Kiteen sahalta, jossa niin ikään vierailimme retkeilyllä. Tuhka sovittiin levitettäväksi näytteenottojen jälkeen. Yhteensattumien vuoksi levitys on viivästynyt vuodenvaihteeseen saakka ja levittäjä odottelee maan jäätymistä sekä lumen tuloa.

Levitysmäärät ovat seuraavat: 0 kg/ha, 3000 kg/ha ja 9000 kg/ha. Hannu Ilvesniemi on ohjeistanut levityksen ja levitystasaisuuden seurannan järjestämisen, kun tuhkan levityksen aikataulu selviää.

Toiminta vuonna 2018

Ohjausryhmän kokoukset

16.1.2018
3.12.2018

Projektiryhmän kokoukset

8.3.2018
23.3.2018
8.8.2018

Muu viestintä:

Puutuhkahankkeen tulosten esittely; XAMK, Kotka
25.4.2018
Hannu Ilvesniemi ja Samuli Joensuu

Koealueiden toteutus 2018

Tuhkan levitys Kiihtelysvaaran kohteelle toteutui 11.4.2018, jolloin lumen paksuus kohteella oli alentunut niin paljon, että tuhka voitiin levittää. Levitystasaisuutta tarkkailtiin suppiloiden avulla. Levitystapahtumasta on dronekuvaus (<http://tapio.fi/wp-content/uploads/2018/12/tuhkan-levitys.mp4>). Dronekuvauksen toteutti MMyo Antti Nevalainen Itä-Suomen yliopistosta.



Kuva 17 Tuhkan levitystä UPM-Kymmene Oyj:n maalla 11.4.2018. Lumella näkyvät levitystasaisuuden tarkkailuun käytetyt suppilot
Kuva: Antti Nevalainen.

Kiihtelysvaaran koealaverkoston käsittelyt 2018

			Varsinaisen koeruudun koko 30 x 30 m						
Ruudulla 5 m vaipat ->			Todellinen ruudun koko on 40 x 40 m eli 1600 m2				Käsittelyruutujen arvonta		
							Kontrolliruudut	1,6,8	
		ruudun koko, m2		kg/ruutu			3000 kg/ha	3,4,9	
40 m x 40 m	1600	3000	480				9000 kg/ha	2,5,7	
		9000	1440				3000kg/ha + N	10	
Jokaista käsittelyä 3 toistoa eli ruutua									
		Käsittely							
	0 kg/ha	3 000 kg/ha	3000 kg/ha + N	9 000 kg/ha	Yhteensä				
Tarvitaan tuhkaa, yhteensä	0	1440	480	4320	6240				
Typeä ruudulle, kg			24						

Maanparannusaineet			Tulos
FVT33	FV Fosfori (P), vesiliukoinen	Menetelmä : EN 13652	
	Fosfori (P), vesiliukoinen		1,7 mg/kg ka
	Fosfori (P)		1,6 g/tonni
	Fosfori (P)		2,4 g/m³
FVT81	FV Fosfori (P), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
(a)	Fosfori (P), kokonaispitoisuus		6,1 g/kg ka
(a)	Fosfori (P)		5,7 kg/tonni
(a)	Fosfori (P)		8,5 kg/m³
FVT75	FV Kalium (K), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
(a)	Kalium (K), kokonaispitoisuus		75 g/kg ka
(a)	Kalium (K)		71 kg/tonni
(a)	Kalium (K)		100 kg/m³
FVT68	FV Kalsium (Ca), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
(a)	Kalsium (Ca), kokonaispitoisuus		190 g/kg ka
(a)	Kalsium (Ca)		180 kg/tonni
(a)	Kalsium (Ca)		270 kg/m³
FVT76	FV Magnesium (Mg), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
	Magnesium (Mg), kokonaispitoisuus		24 g/kg ka
	Magnesium (Mg)		22 kg/tonni
	Magnesium (Mg)		33 kg/m³
FVT66	FV Boori (B), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
	Boori (B), kokonaispitoisuus		160 mg/kg ka
	Boori (B)		150 g/tonni
	Boori (B)		230 g/m³
FVT65	FV Arseeni (As), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
(a)	Arseeni (As), kokonaispitoisuus		3,8 mg/kg ka
(a)	Arseeni (As)		3,6 g/tonni
(a)	Arseeni (As)		5,4 g/m³
FVT69	FV Kadmium (Cd), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
(a)	Kadmium (Cd), kokonaispitoisuus		<0,11 mg/kg ka
(a)	Kadmium (Cd)		<0,1 g/tonni
(a)	Kadmium (Cd)		<0,15 g/m³
FVT71	FV Kromi (Cr), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
(a)	Kromi (Cr), kokonaispitoisuus		21 mg/kg ka
(a)	Kromi (Cr)		20 g/tonni
(a)	Kromi (Cr)		30 g/m³
FVT72	FV Kupari (Cu), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
FVT72	FV Kupari (Cu), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
(a)	Kupari (Cu), kokonaispitoisuus		110 mg/kg ka
(a)	Kupari (Cu)		100 g/tonni
(a)	Kupari (Cu)		160 g/m³
FVT74	FV Elohopea (Hg), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
(a)	Elohopea (Hg), kokonaispitoisuus		<0,1 mg/kg ka
(a)	Elohopea (Hg)		<0,09 g/tonni
(a)	Elohopea (Hg)		<0,14 g/m³
FVT80	FV Nikkeli (Ni), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
(a)	Nikkeli (Ni), kokonaispitoisuus		31 mg/kg ka
(a)	Nikkeli (Ni)		29 g/tonni
(a)	Nikkeli (Ni)		43 g/m³
FVT82	FV Lyijy (Pb), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
(a)	Lyijy (Pb), kokonaispitoisuus		3,0 mg/kg ka
(a)	Lyijy (Pb)		2,8 g/tonni
(a)	Lyijy (Pb)		4,2 g/m³
FVT86	FV Sinkki (Zn), kokonaispitoisuus	Menetelmä : EN 13650	
(a)	Sinkki (Zn), kokonaispitoisuus		42 mg/kg ka
(a)	Sinkki (Zn)		40 g/tonni
(a)	Sinkki (Zn)		60 g/m³
FVT34	FV Neutralointikyky	Menetelmä : SFS-EN 12945:2002	
	Neutralointikyky		29,5 % Ca
FVT13	FV Kuiva-aine ja kosteus	Menetelmä : ISO 6496:1999	
	Kuiva-aine		94,3 %
	Kosteus		5,72 %
FVT14	FV Tilavuuspaino		
	Tilavuuspaino		1500 kg/m³

Raportti koealalle levitetyn tuhkan sisällöstä (Tuhka-Hukka Oy)

Retkeily 2018

Puutuhkahankkeen vuoden 2018 retkeily järjestettiin Pirkanmaalle yhteistyössä Suomen metsäkeskuksen Pirkanmaan yksikön vetämän Metsäbiotaloutta kestävästi Pirkanmaalla -hankkeen kanssa.

Alla olevasta kutsusta selviää retkeilyn ohjelma ja reitti.

Tervetuloa puutuhkaretkeilylle 31.5.2018!

Tapio Oy, Apila Group Oy, Luonnonvarakeskus, Suomen ympäristökeskus ja Ecolan Oy järjestävät MMM:n rahoittamalla Puutuhka kivennäismaiden lannoituksessa -hankkeilla retkeilyn, jonka teemana on tuhkan kierto metsästä lämpölaitoksen ja tuhkalajostamon kautta takaisin metsään. Retkeilyn järjestelyissä tehdään tiivistä yhteistyötä Suomen metsäkeskuksen Pirkanmaan yksikön Metsäbiotaloutta kestävästi Pirkanmaalla -hankkeen kanssa.

Retkeilyllä kokoonnutaan Kolmen kulman ABC:lle Nokialle 31.5.2018 klo 9.00.

Osoite Rounionkatu 140 37150 Nokia.

Matkan varrella tutustutaan Ecolan Oy:n tuhkalannoitteiden tuotantolaitokseen Nokialla, käydään Oriveden lämpölaitoksella ja tutustutaan tuhkalannoituskokeen tuloksiin Helsingin yliopiston Hyytiälän metsäasemalla Juupajoella. Paluu Tampereelle on klo 16.30.

Kolmen kulman ABC:llä kahvituksesta vastaa Suomen metsäkeskus. Omakustanteinen lounas on tarjolla Hyytiälän metsäaseman ruokalassa. Puutuhka kivennäismaiden lannoituksessa -hanke kustantaa retkeilyyn kuuluvan maastokahvin sekä bussikustannukset. Liitteenä on retkeilyn ohjelma.

Tervetuloa ja lisätietoja koko konsortion puolesta,

Samuli Joensuu

Projektipäällikkö

Tapio Oy

Maistraatinportti 4

00240 Helsinki

samuli.joensuu@tapio.fi

040 5341 043

Ilmoittautuminen www.metsakeskus.fi/tapahtumat?id=7519 23.5.2018 mennessä.

Puutuhkaretkeily Pirkanmaalla 31.5.2018

Tuhka kivennäismaiden lannoittamisessa

Metsäbiotaloutta kestävästi Pirkanmaalla

Aika 31.5.2018 klo 9.00 – 16.30

8:15 Bussi lähtee Tampereen rautatieasemalta ja ottaa mukaansa junalta tulijat

Kokoontuminen Kolmen kulman ABC:lle Nokialle, os. Rounionkatu 140

9.00-9.30 Kahvit ja tilaisuuden avaus

- Tervetuloa retkeilylle! Pirjo Salminen, MMM
- Ecolan Oy:n tuotantolaitoksen lyhyt esittely (Heikki Suvanto)

9:30-10.30 Vierailu Ecolan Oy:n Nokian tuotantolaitoksella (Anu Rissanen ja Heikki Suvanto)

*10.30-11.15 Siirtyminen Oriveden Aluelämpö Oy:n lämpölaitokselle
Bussimatkan aikana tuhkahankkeiden esittelyä*

11.15-12.00 Tutustuminen lämpölaitoksen toimintaan

12.00-13.00 Omakustanteinen lounas Hyytiälän metsäasemalla

13.00- Tutustuminen tuhkalannoituksen tuloksiin
- Tuhka-tyyppi-kokeet kivennäismailla
- Viheriäisenneva
- Käynti Suojuoksulla tutustumassa tuhkalannoituksesta hyötyviin turvemaakohteisiin

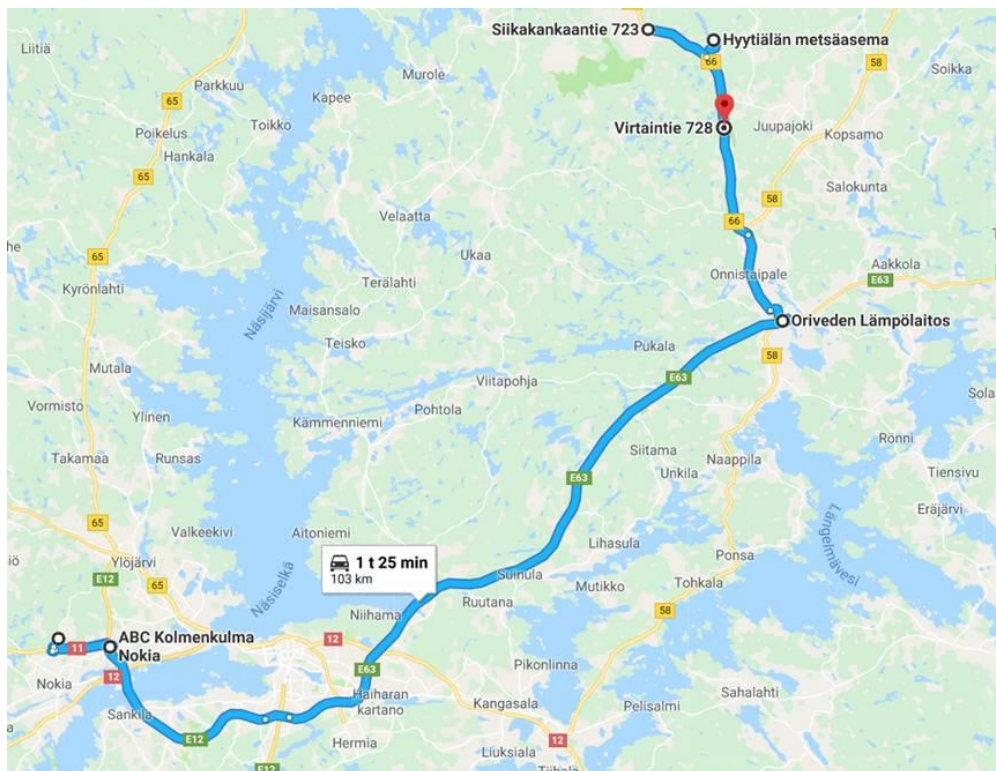
Maastokahvit kohteiden lomassa

15.00-16.30 Paluu Tampereelle

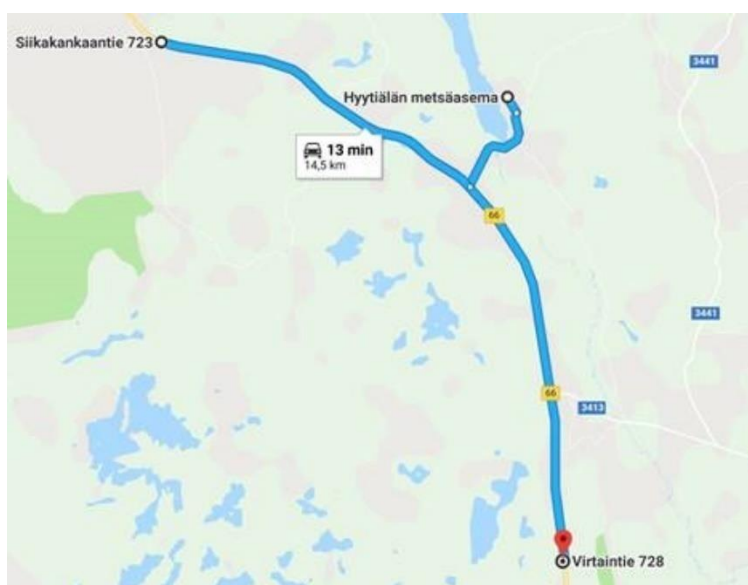
Bussi jättää junalla matkustavat Tampereen asemalle

Ilmoittautuminen www.metsakeskus.fi/tapahtumat?id=7519 23.5.2018 mennessä.

Lisätiedot: samuli.joensuu@tapio.fi ja teuvo.taura@metsakeskus.fi



Kuva 18 Puutuhkaretkelyn reittikartta 31.5.2018 1.



Kuva 19 Puutuhkaretkelyn reittikartta 31.5.2018 2.

YHTEENVETO RETKEILYSTÄ

Retkeilyn aluksi tehtiin tutustumiskierros Ecolan Oy:n Nokian tuotantolaitokselle, jossa myyntipäällikkö Heikki Suvanto ja hankintainsinööri Anu Rissanen esittelivät laitoksen toimintaa.

”Lannoitteeksi kelpaavasta tuhkasta hyödynnetään vasta noin kolmannes” toteaa Heikki Suvanto Eliisa Kallioniemen kirjoittamassa Metsälehden artikkelissa 21.6.2018.



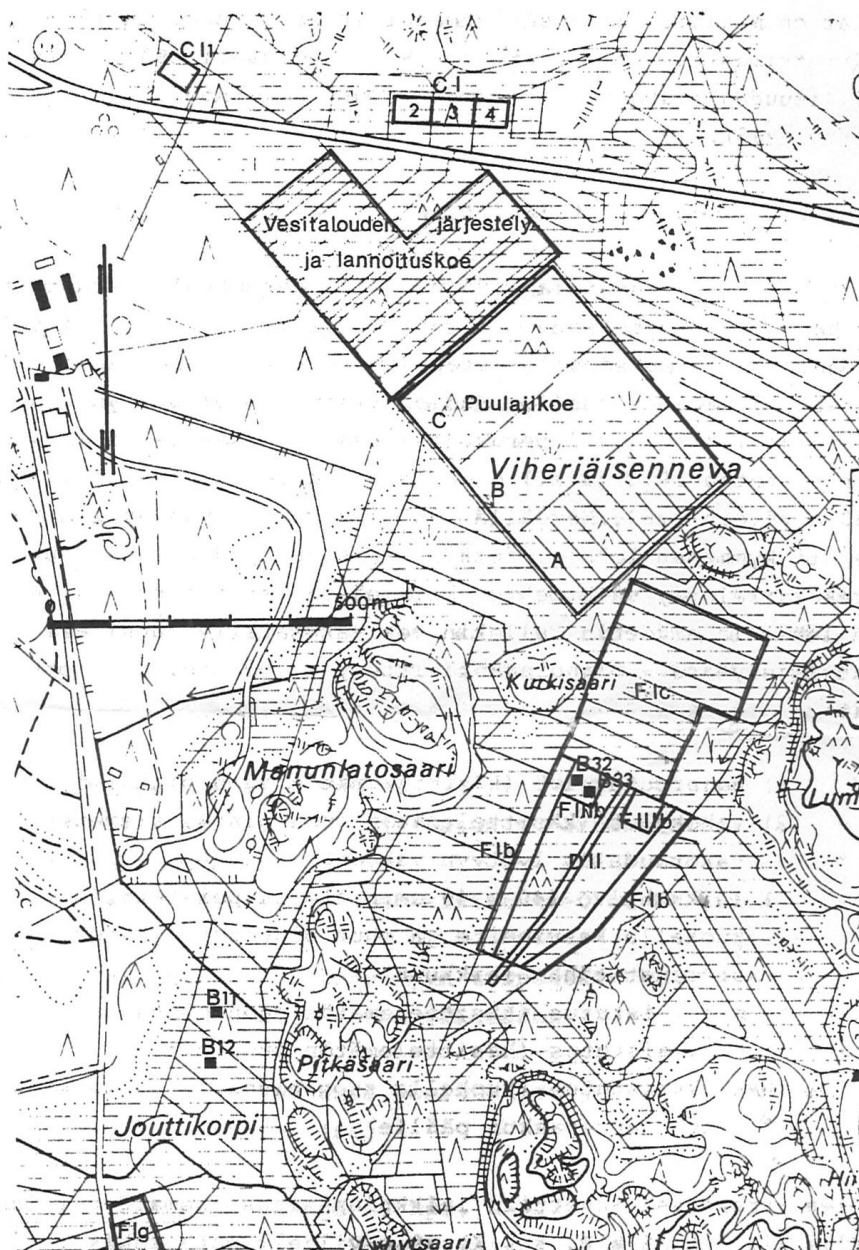
Kuva 20 hakenäytteenottoa lämpölaitoksella. Kuva Eliisa Kallioniemi



Kuva 21 Lämpölaitokselta syntynyttä puutuhkaa. Kuva Eliisa Kallioniemi

Retkeilijät pysähtyivät muun muassa Oriveden lämpölaitoksella. Yläkuvassa Harri Hakala ottaa näytettä juuri saapuneesta hake-erästä. Alakuvassa Harri Hakala ja Heikki Suvanto esittelevät lämpölaitoksella syntyvää tuhkaa. Tuhka kuljetetaan laitokselta Ecolan Oy:n Nokian tuotantolaitokselle.

Viheriäisennevan tuhkalannoituskohte



Kuva 22 Viheriäisennevan tuhkalanhoituskoe C 1; koalat 1-4 sijaitsevat Valtatie 66:n pohjoispuolella noin kuusi kilometriä Hyytiälän metsäaseman tienhaarasta Ruoveden suuntaan

232. Lannoituskokeet (C I)

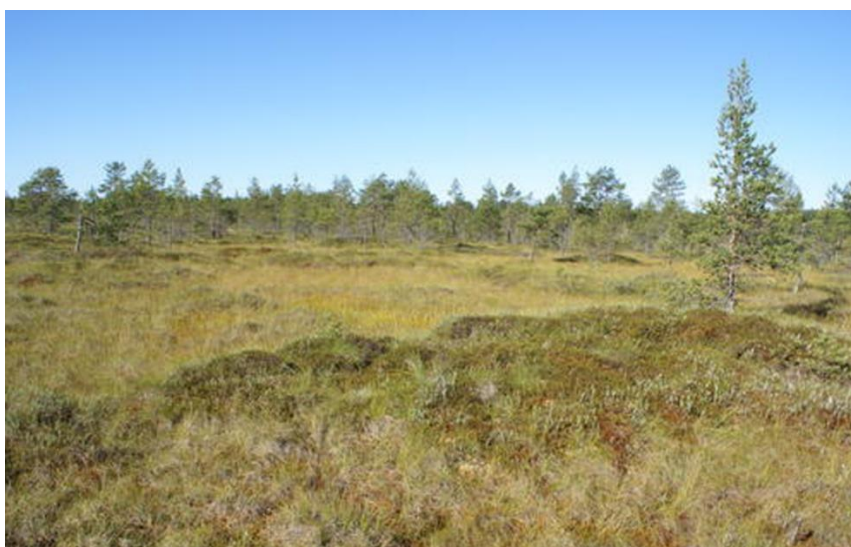
Tuhkalannoituskoe C I. Koealoja 4, pinta-alat, koealalla 1 $40 \times 50 \text{ m}^2 = 0.2 \text{ ha}$, koealoilla 2, 3 ja 4 $50 \times 50 \text{ m}^2 = 0.25 \text{ ha}$, yhteensä 0.95 ha. Perustettu 1948 - 53. Koealat ovat Metsäntutkimuslaitoksen perustamia ja hoitamia. Koealoilla seurataan tuhkalannoituksen vaikutusta karulla ojitetulla avosuolla. Alunperin suo on ollut lyhytkortista nevaa (LkN, koealat 2-4) tai lyhytkortista kalvakkanevaa (LkKN, koeala 1) ja on nyt muuttuma-asteella (LkNmu, LkKNmu). Suo on ojitettu 1931 ja koealat halkaistu naveroin 1970, ojat on perattu 1978. Puustoa on harvennettu 1978. Koealat saivat alunperin seuraavan lannoituksen:

1. 7.12.1948 2000 kg/ha puuntuhkaa
2. 7.12.1948 4000 -" -"
4. 9.12.1948 6000 -" -"
3. 13.10.1953 a) 1/4 hivenlannoitus
 - b) 1/4 kalia (?kalisuolaa) 2000 kg/ha
 - hienofosfaattia 2000 kg/ha
 - c) 1/4 kalia (?kalisuolaa) 2000 kg/ha
 - d) 1/4 hienofosfaattia 2000 kg/ha

1970 koealat jaettiin ristikkäisillä naveroilla neljään osaan joista kaksi lannoitettiin Oulunsalpietarilla (400 kg/ha). Koealat on mitattu suometsätieteen laitoksen toimesta 1961 ja Metsäntutkimuslaitoksen toimesta 1979 (Merisaari 1981). Pinta-kasvillisuuden muutoksista on myös tehty havaintoja (Sarasto 1963).

Kuten edellä olevasta koealakuvauksesta ilmenee, ojitettaessa vuonna 1931 Viheriäisennevan tuhkalannoituskoealat ovat olleet hyvin karuja lähes puuttomia soita. Pintaturve on ollut raakaa tupasvillarahkaturvetta ja pintakasvillisuuden lajisto on ollut hyvin niukkaa.

Juhani Saraston vuonna 1960 laatiman Viheriäisennevan tuhkakokeita koskevan kuvauksen perusteella tuhkalannoitus on vaikuttanut todella merkittävästi kasvilajiston muutoksiin. Tuhkalannoitetuille alueille on ilmestynyt lyhyessä ajassa erittäin vaateliailla soilla tavattavia ruskosammalia, heiniä, ruohoja ja varpuja.



Kuvapari 23 Lannoitettu koealue ja lannoittamaton suotyyppi. Kuvat Eliisa Kallioniemi

70 vuotta sitten tehty tuhkalannoitus on muuttanut Viheriäisennevan koealalla puustoa ja aluskasvillisuutta täysin. Yläkuvassa on koealan osa, joka on saanut pelkästään tuhkaa 2000 kg/ha. Puustoa on tällä hetkellä koealalla 235 m³/ha. Alakuvassa on näkymä vastaavasta suotyypistä luonnontilaisena.

Retkeilyllä tutustuttiin myös Lakkasuon ojitettujen rämeiden koealoihin.

Lakkasuon ojitettujen rämeiden koealojen kuivatus on toteutettu traktorikaivurilla vuonna 1965. Alueella on tehty kunnostusojitus vuonna 1988 perkaamalla vanhat ojat ja kaivamalla täydennysojia. Alue on paksuturpeista. Suo on alun perin ollut varsinaista sararämettä (VSR), mutta kuivatuksen vaikutuksesta alkuperäiset, luonnontilaiselle suotyypille ominaiset suokasvit ovat lähes hävinneet. Suursaroista sekä pullosaraa (*Carex rostrata*) että jouhisaraa (*C. lasiocarpa*) löytyy koealan välittömästä ympäristöstä enää yksittäisinä jäänteinä. Tupasvillaa (*Eriophorum vaginatum*) esiintyy kenttäkerroksessa vielä jonkin verran, mutta pohjakerroksessa rahkasammalia esiintyy enää laikuittain rämevarpuja, suopursua ja vaivaiskoivua. Suotyypille ominaista kuivemman mätäs- ja märemmän välipinnan vuorottelua on enää vaikea havaita. Kasvupaikka luokitellaan nykyisin puolukaturvekankaaksi (Ptkg II).

Puusto on lähes puhdasta, jo tukkipuukokoista männikköä, ja se on käsitelty metsänhoidollisin harvennuksin kaksi kertaa; vuosina 1958 ja 1987. Kantovesoista syntyneen runsaan hieskoivu -alikasvoksen perusteella voidaan päätellä, että vuoden 1958 harvennus on kohdistunut erityisesti koivuun. Hieskoivuahan esiintyy usein sekapuuna alun perin sekatyypialkuisilla ojitusalueiden kasvupaikoilla



Kuva 24 Hyytiälän metsäaseman Lakkasuon ojitetut koealat. Retkellä tutustuttiin koealaan B21



Kuvapari 25 Kuvissa on näkymiä koealalta B21. Kuvat Eliisa Kallioniemi

Keskusteluissa todettiin, että vaikka tilanne näyttää tällä hetkellä kohteen puuston osalta hyvältä, tulevaisuudessa on odotettavissa kohteen alkuperästä johtuvaa ravinnepuutosta, joka edellyttää korjaamista tuhkalannoituksella. Esityksenä olikin, että seuraavaa Kemeraa tulisi korjata siten, että tuhkalannoitus olisi

aina tukikelpoinen toimenpide, jos kasvupaikka on alkuperältään sellainen, joka tuottaa II-tyyppin turvekankaan.

Loppuseminaari

Hankkeen loppuseminaari järjestettiin Jyväskylässä Paviljongin tiloissa KoneAgria -näyttelyn yhteydessä 11.10.2018. Seminaariin osallistui lähes 30 henkilöä.

KUTSU PUUTUHKA KIVENNÄISMAAMETSIIEN LANNOITUKSESSA -HANKKEEN LOPPUSEMINAARIIN

Aika: Torstaina 11.10.2018 klo 12.30 - 16.00

Paikka: KoneAgria-näyttely, Jyväskylä, Paviljonki

Tervetuloa miettimään yhdessä mahdollisuuksia hyödyntää puutuhkaa metsätaloudessa KoneAgrian yhteydessä järjestämässämme seminaarissa. Seminaari liittyy päättymässä olevaan Puutuhka kivennäismaametsien lannoituksessa -tutkimus- ja pilotoitinhankkeeseen. Hanke on toteutettu yhteistyössä Tapio Oy:n, Luonnonvarakeskuksen, Suomen ympäristökeskuksen, Apila Group Oy:n ja Ecolan Oy:n kanssa. Puutuhka kivennäismaametsien lannoituksessa – hankkeessa on kartoitettu tuhkalannoituksen hyötyjä metsätaloudessa. Tarkastelun kohteena on ollut tuhkalannoituksen koko kierrätysketju: tuhkan tuottajat, lannoitevalmistajat ja muut jatkojalostajat, kuljetusyritykset, lannoituksia tekevät toimijat ja muut metsäalan palveluntarjoajat sekä metsänomistajat ja metsien virkistyskäyttäjät.

Tuhkan hyvistä vaikutuksista puuston kasvuun erityisesti turvemaidella tiedetään jo melko paljon. Tuhkan käyttöä kivennäismaiden lannoituksessa sekä tuhkalannoituksen vaikutuksia sieniin ja marjoihin on testattu tässä hankkeessa. Seminaarin tavoitteena on herättää keskustelua ja löytää yhdessä keinoja, miten lisätä tuhkan käyttöä mahdollisimman kustannustehokkaasti metsätaloudessa.

Tiiviillä alustuksilla pohjustetaan keskustelua tuhkan käytön lisäämismahdollisuuksista. Toivomme aktiivista keskustelua ja kehittämisideoita ”lähituhkan” hyötykäytön kehittämiseksi.

Pyydämme ystävällisesti ilmoittautumistanne viimeistään 28.9.2018 mennessä. Seminaari pidetään KoneAgria-näyttelyn yhteydessä Jyväskylässä 11.10.2018. Hanke kustantaa pääsymaksun KoneAgriaan 40:lle ensimmäiselle ilmoittautuneelle. Tilaisuuteen mahtuu 80 henkilöä.

Tervetuloa ja lisätietoja koko konsortion puolesta,

Samuli Joensuu

Projektipäällikkö

Tapio Oy

Maistraatinportti 4

00240 Helsinki

samuli.joensuu@tapio.fi

040 5341 043

Seminaarin ohjelma

- 12.30-12.40 **Tilaisuuden avaus**
Neuvotteleva virkamies Pirjo Salminen Maa- ja metsätalousministeriö
- 12.40-13.00 **Tuhkalannoitusta ohjailevat säädökset ja niiden kehittäminen**
Neuvotteleva virkamies Pirjo Salminen Maa- ja metsätalousministeriö
- 13.00-13.20 **Tuhkalannoituksen vaikutukset puuston kasvuun sekä hiilivarastoon turve- ja kivennäismailla**
Prof. Hannu Ilvesniemi Luonnonvarakeskus
- 13.20-13.40 **Tuhkalannoituksen vaikutukset marjoihin ja sieniin**
Tutkija FT Nanna Tuovinen Suomen ympäristökeskus
- 13.40-14.00 **Tuhkan jalostus lannoitteeksi**
FT Mikko Räisänen Ecolan Oy
- 14.00-14.30 Kahvi**
- 14.30-14.50 **Tuhka osana kiertotaloutta**
Toimitusjohtaja Mervi Matilainen Apila Group Oy
- 14.50-15.10 **Tuhkalannoitus käytännön metsänparannustoiminnassa**
MMT Samuli Joensuu Tapio Oy
- 15.10-15.30 **Kannattaako tuhkalannoitus? – maanomistajan näkökulma**
Puheenjohtaja MTK/Metsävaltuuskunta Mikko Tirola
- 15.30-16.00 **Keskustelua ja loppusanat Liiketoimintajohtaja Olli Äijälä Tapio Oy**

Hannu Ilvesniemen esittämät tulokset tuhkalannoituksen vaikutuksista kivennäismailla herättivät vilkasta keskustelua. Erityisesti tuhkan positiivinen merkitys typpilannoituksen vaikutuksen pidentäjänä oli mielenkiinnon kohteena.

Kivennäismailla lähes aina typpi on eniten kasvua rajoittava ravinne. Pelkkä tuhkalannoitus ei yleensä vaikuttanut lannoitettujen mineraalimaakohteiden puustojen kasvuun. Yhdistetyn tuhka- ja typpilannoituksen vaikutusaika voi olla merkittävästi pidempi kuin pelkän typpilannoituksen

Mikäli turpeessa on runsaasti typpeä, voidaan fosforia ja kaliumia lisäämällä saada aikaan voimakas ja pitkäaikainen, jopa yli 30 vuotta kestävä, kasvureaktio. Monet turvemaametsät ovat erinomaisia tuhkalannoituskohteita

Nanna Tuovisen kuvaus tuhkan vaikutuksista marjoihin ja sieniin vahvisti jo aiemmin todetun asian, että tuhkalannoitetuilta alueilta kerätyt marjat ja sienet ovat turvallisia käyttää. Hänen mukaansa puutuhkalannoituksella ei ole merkittävää vaikutusta puolukan ja mustikan raskasmetallipitoisuuksiin ensimmäisinä vuosina lannoituksen jälkeen. Raskasmetallipitoisuudet säilyvät ennallaan ja joissakin tapauksissa alenevat.

Sienten osalta kadmiumpitoisuudet olivat tuhkalannoitetuilla alueilla korkeammat, mutta vain yhden lajin osalta (tulipunahapero) ero oli merkitsevä. Makro sienten kadmiumpitoisuudet nousevat tuhkalannoituksen jälkeen, mutta nousu tasoittuu kahden vuoden jälkeen. Eräiden sienten kadmiumpitoisuudet laskevat 4 vuotta lannoituksen jälkeen.

Tuhkalannoituksessa raskasmetalleja ei todennäköisesti kerry suurissa määrin sieniin eikä marjoihin. Raskasmetallit kertyvät marjoihin ja sieniin siten, että juurissa on kadmiumia keskimäärin 10 kertainen määrä versoihin verrattuna. Pitoisuus tason muutos on seuraava: marjat<lehdet<verso<juuret.

Sienten osalta huomio pitää tulevaisuudessa kiinnittää hajottajasienten raskasmetallipitoisuuksiin.

Mikko Räisäsen esityksessä päähuomio oli tuhkan jalostuksessa lannoitteeksi nimenomaan Ecolan Oy:n tuotantoprosessissa.

Mervi Matilainen toi esille energia- ja ilmastostrategian keskeisiä linjauksia. Siinä uusiutuva energia on keskeisessä roolissa ja metsähakkeen käytön määrän arvioidaan kasvavan. Metsäbiomassaa tarvitaan myös biopolttoaineena. Hän kuvasi myös tuhkien käytön uusia kehittämisprojekteja, joissa mietitään uusia tuotantoprosesseja tuhkan hyödyntämiseksi. Lannoituskäyttö on yksi suuri käyttömahdollisuus.

Hän kävi läpi myös tässä hankkeessa kehitettyä ekosysteemimallia siihen, miten ketju toimisi paikallisella tasolla
lämpölaitosryhmä – urakoitsija – metsänomistaja

Aihetta käsitellään ja toiminta-alaa laajennetaan PUTKI-hankkeella Keski-Suomessa.

Mikko Tirolan esityksessä tarkasteltiin tuhkalannoituksen kannattavuutta metsänomistajan näkökulmasta. Milloin on paras ajankohta kaupata metsänomistajalle tuhkalannoitusta? Mikon mukaan silloin, kun metsänomistajalla on rahaa – eli silloin, kun hän on saamassa puukaupoista rahaa tililleen.

Yhteenveto

Yhteenveto perustuu Hannu Ilvesniemen, Nanna Tuovisen, Raimo Heikkilän, Tapio Lindholmin, Mervi Matilaisen ja Samuli Joensuun hankkeen aikana laatimiin teksteihin.

Tuhka metsälannoitteena

Historiallisesti tarkasteltuna Suomen metsät ovat palaneet säännöllisesti 50-400 vuoden syklillä. Aina kun biomassaa pala, syntyy tuhkaa. Tuhkan arvo maanparannusaineena on tunnettu maataloudessa jo vuosisatoja. Valtiovaltakun ymmärsi tuhkan arvon jo varhain ja otti käyttöön 1600-luvulla salpietariveron, jonka mukaisesti maataloilta kerättiin kompostia ja tuhkaa ensimmäisen sukupolven ruudin valmistamista varten. Prosessiteollisuudessa, erityisesti metsä- ja energiateollisuudessa, syntyy vuosittain noin 500 000 tonnia turpeen ja puun tuhkia ja puhdasta puutuhkaa noin 100 000 tonnia. Tuhkasta noin 10 % päätyy metsien lannoitukseen, mutta suurin osa metsien lannoitukseen sopivasta tuhkasta viedään kaatopaikoille tai on läjitettynä voimalaitosten tonteilla odottamassa jatkokäyttöä.

Puun tuhka on hyvä metsien lannoite, koska se sisältää tyypeä lukuun ottamatta ravinteita samassa suhteessa kuin edellisen sukupolven puut ovat ne maasta ottaneet. Tämä tarkoittaa, että tuhkassa on runsaasti kalsiumia, kaliumia ja fosforia. Tuhkan sisältämät kalsium (Ca) ja magnesium (Mg) parantavat fosforin ja kaliumin lannoitusvaikutusta. Tuhkan hivenravinteet ovat kemiallisesti sellaisessa muodossa, että ne ovat kasveille helposti käyttökelpoisia. Erityisen hyvän kasvureaktion tuhkalanhoitus tuottaa turvemaiden, joilla on usein runsaasti kasveillekin käyttökelpoisia tyypeä, mutta puutetta fosforista ja kaliumista. Tuhkalanhoituksen vaikuttaa myös maan happamuuteen (pH) vähentäen happamuutta. Vielä 20 vuoden jälkeen pH oli tuhkalanhoitetuilla koealoilla humuskerroksessa 0,6 ja kivennäismaassa 0,5 yksikköä korkeampi kuin lannoittamattomilla koealoilla. Tuhka lisäsi myös maan biologista aktiivisuutta. Sekä hiilen että typen nettomineralisaationopeus oli korkein tuhkalanhoitetuilla aloilla, joilla myös liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus oli suurin. Varputurvekankaalla kalsium-, kalium- ja fosforipitoisuudet olivat ylimmässä 0-5 cm turvekerroksessa tuhkalanhoitetuilla koealoilla merkittävästi korkeammat kuin lannoittamattomilla koealoilla 27 vuotta tuhkalanhoituksen jälkeen. Tuhkalanhoitetuilla koealoilla pH oli 0-5 cm turvekerroksessa 1,0 yksikköä ja 5-10 cm turvekerroksessa 0,7 yksikköä korkeampi kuin lannoittamattomilla koealoilla. Turvekankaalla tuhka kiihdytti hiilen kiertoon liittyviä toimintoja: hiilen mineralisaatio, selluloosan hajotusnopeus ja liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuudet olivat suurimmat tuhka-aloilla. Sitä vastoin typen mineralisaatioon tuhalla ei ollut vaikutusta. Yhdistetty tuhka ja typpilannoitus ei vaikuttanut nettonitrifikaatioon eikä helposti huuhtoutuvan nitraattityypen pitoisuuksiin. Molemmat olivat olemattomia sekä kangasmaa- että turvekokeella.

Tuhkat ovat erilaisia riippuen siitä minkälaisen materiaalin polttamisessa ne ovat syntyneet. Energiantuotannossa suuri osa tuhista syntyy puun, kuoren, metsähakkeen, turpeen ja metsäteollisuuden jäteliemien tai näiden seosten poltosta. Palauttamalla energiantuotannossa puusta syntyvä tuhka metsämaalle korvataan puunkorjuussa ja ravinteiden huuhtoutumisessa syntyvää ravinnemenetystä ja estetään maan happamoitumista. Koska tuhkien ominaisuudet voivat vaihdella niiden alkuperästä johtuen varsin paljon, tuhkalanhoitetta hankittaessa kannattaa pyytää käytettäväksi tuhkan tuoteselosteesta, missä kerrotaan kuinka paljon mitään ravinnetta on kilossa tuhkaa. Tuhkien ominaisuuksista enemmän kiinnostuneille löytyy tarkempaa tietoa esim. julkaisuista Alakangas ym. 2016 ja Laine ym. 2002. Usein suurin ero turvetuhkan ja puutuhkan välillä näkyy kaliumin määrässä. Tuhkissa olevien erojen takia yksinkertaisia hehtaarikohtaisiin

tonnimääriin perustuvia lannoitussuosituksia on vaikea antaa. Usein on myös niin, että suuremmilla lannoitusmäärillä saadaan suurempi vaste, mutta koska suuremmat tuhkamäärät aiheuttavat myös suuremmat kustannukset, tuhkamäärän lisäämiselle ei ole taloudellisia perusteita.

Tuhkan käytöllä maanparannusaineena on jo pitkä historia. Metsäntutkimuslaitoksen (nyk. Luke) ensimmäiset tuhkalannoituskokeet on tehty jo 1930-luvun lopulla. Kokemukset osoittavat, että tuhkan ravinnevaikutukset ovat hyvin pitkäaikaisia. Karkeasti yleistäen voidaan todeta, että kangasmailla kasvavat metsät ovat typpirajoitteisia, turvemailla paras lannoitevaste saadaan fosforilla ja kalilla. Näitä kahta ravinnettä on runsaasti tuhkassa, mutta poltettavassa massassa ollut tyyppi poistuu savukaasujen mukana, eli tuhkassa ei ole typpeä. Sopivimpia kohteita tuhkalannoitukselle ovat typpirikkaat turvekankaat, jotka kärsivät kaliumin ja fosforin puutoksesta. Typpirikkailla turvemailla tuhka lisää puuston kasvua 2 - 6 kuutiometriä hehtaarilla vuodessa. Heikoillakin kohteilla kasvunlisäys on parhaimmillaan 3 kuutiometriä hehtaarilla vuodessa. (mm. Silfverberg 1996, Moilanen ja Issakainen 2000, Moilanen ja Issakainen 2003, Moilanen ym. 2004, Moilanen ym. 2005, Sikström ym. 2010).

Tuhkan sekaan voidaan lisätä typpeä, jolloin siitä tulee myös kivennäismaiden kasvua lisäävä lannoite. Tuhkan käyttö yhdessä typen kanssa varmistaa myös tasapainoisen lannoituksen. Osassa pitkäaikaisista lannoituskokeista on havaittu, että typpilannoituksen lannoitusvaikutus on pidempi aikainen, jos typpeä ja tuhkaa annetaan yhdessä. Läheskään kaikilla kohteilla tällaista pitkittynyttä lannoitusvaikutusta ei kuitenkaan ole havaittu, vaan tuhkalannoitettujen kohteiden vaste on ollut samanlainen kuin pelkällä tyvellä lannoitettaessa eli noin viisi vuotta.

Lisäämällä lannoituksen avulla suopuustojen kasvua, tilavuutta ja haihdutuskkyä voidaan vähentää kunnostusojitusten tarvetta ja samalla parantaa suometsätalouden vesistövaikutusten hallintaa. Vesistöille potentiaalisesti suurimpana ympäristöriskinä pidetään tuhkan sisältämää fosforia (Huotari 2012), mutta useammassa tutkimuksessa on osoitettu, että fosforin ja myös raskasmetallien huuhtoutuminen tuhkalannoitetuilta alueilta on hyvin vähäistä (mm. Tulonen ym. 2003, Nieminen ym. 2005). Tuhkasta liuennut fosfori pidättyy nopeasti maaperän sisältämiin rauta- ja alumiiniyhdisteisiin hidasliukoiseen muotoon (Nieminen ym. 2007), eikä siten huuhtoudu vesistöihin. Myös monet raskasmetallit, kuten lyijy (Pb), nikkeli- (Ni) ja kadmium (Cd) ovat tuhkassa vaikealiukoisessa muodossa (Nieminen 2003, Nieminen ym. 2005). Tuhkan sisältämien aineiden liukoisuutta voidaan vähentää itsekovettamisen, rakeistuksen tai pelletöinnin avulla (Tuhkarakentamisen käsikirja 2012, Nieminen 2003, Nieminen ym. 2007).

Kun kasvupaikkatyyppi, metsikön kehitysvaihe, tuhkan laatu ja määrä sekä metsänhoitosuosituksen mukaiset suojavyöhykkeet otetaan suunnittelussa oikealla tavalla huomioon, tuhkalannoitus ei aiheuta alapuolisten vesistöjen rehevöitymistä, eikä lisää vesistöjen raskasmetallikuormitusta. Tuhkakäsittelyt kohottivat valumaveden rikki- ja kaliumhuuhtoumat yli kymmenkertaisiksi lannoitusta edeltäneeseen tilanteeseen verrattuna jo levitystä seuranneena kesä kautena. Myös kloori- ja natriumpitoisuudet kohosivat ojavedessä, samoin kalsium- ja magnesiumpitoisuudet. Tuhkasta siis huuhtoutuu pääasiassa helpoliukoisia emäskationeja, joilla ei tiedetä olevan haitallisia vaikutuksia vesistöissä.

Turvetuhkan aiheuttamat ainehuuhtoumat jäävät vähäisemmiksi kuin puutuhkan, koska turvetuhkan ravinnepitoisuudet ovat alhaiset. Tuhkan esikäsittely itsekovetuksena tai rakeistamalla hidastaa tuhkan liukenemistä ja sitä kautta vähentää huuhtoumista. Levitysjankohdalla ei ole merkittävää vaikutusta huuhtoumiin (Piirainen ym. 2013).

Puuston kasvun lisääntyminen sekä tuhkalannoituksen jälkeen runsastuva kenttäkerroksen kasvillisuus pidättävät vapautuvia ravinteita tehokkaasti. Vaikka tuhkalannoitus lisää maaperän mikrobiaktiivisuutta (Jokinen ym. 2006) ja siten typen vapautumista, tuhkalannoituksen ei ole todettu aiheuttavan typen huuhtoutumista tuhkalannoitetuilta alueilta.

Tuhkalannoitus lisää maassa elävien mikrobien aktiivisuutta. Tarkasteltaessa erilaisten kasvihuonekaasujen (metaani, dityppioksidi ja hiilidioksidi) tuotanto havaittiin, että tuhkalannoitus ei vaikuttanut dityppioksidin vapautumiseen, se lisäsi hiilidioksidin vapautumista ja pienensi metaanivuota (Maljanen ym. 2006).

Tuhkan käyttöä metsälannoituksessa säätelee lannoitevalmistelainsäädäntö. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteista (24/11) määritellään muun muassa metsään levitettävän tuhkalannoitteen vähimmäisravinnepitoisuudet ja suurimmat sallitut raskasmetallipitoisuudet.

Haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet käyttökohteen mukaan jaoteltuna. Muu käyttö tarkoittaa käyttöä pelto- ja puutarhataloudessa, viherrakentamisessa ja maisemoinnissa.

Alkuaine	Metsäkäyttö mg/kg ka.	Muu käyttö mg/kg ka.
Arseeni (As)	40	25
Elohopea (Hg)	1,0	1,0
Kadmium (Cd)	25	2,5
Kromi (Cr)	300	300
Kupari (Cu)	700	600
Lyijy (Pb)	150	100
Nikkeli (Ni)	150	100
Sinkki (Zn)	4500	1500

Nämä raja-arvot eivät koske tuhkan käyttöä aidattujen, yleisöltä suljettujen alueiden, kuten teollisuusalueiden ja kaatopaikkojen maisemoinnissa.

Tuhkalannoitteissa, joiden fosforipitoisuus on vähintään 2,2 prosenttia (5 % P 20 5) saa olla enintään 50 mg kadmiumia (Cd) fosforikiloa (P) kohden. Tuhkalannoitetta, jossa sinkin tai kuparin enimmäispitoisuus ylittyy, voidaan käyttää alueilla, joilla on todettu maaperäanalyysissä niiden puutetta. Metsätaloudessa sinkin ylitys voidaan sallia suometsissä, jos puute on todettu maaperä-, lehti- tai neulasanalyysillä. Tällöin sinkin enimmäismäärä tuhkaassa saa olla 6000 mg/kg ka. Tuhkalannoitteen, johon on lisätty booria, levittäminen pohjavesialueilla ja suojelualueilla on kielletty.

Tuhkalannoituksen vaikutus marjoihin ja sieniin

Tässä hankkeessa selvitettiin kokeellisesti ja kirjallisuuskatsausten avulla aiheuttaako tuhkalannoitus vaaraa ihmisen terveydelle ensimmäisinä vuosina tuhkalannoituksen jälkeen. Ovatko marjojen ja sienten sisältämien raskasmetallien pitoisuudet nousseet liian korkeiksi?

Hankkeessa laaditun kirjallisuuskatsauksen (Tuovinen 2016) perusteella voidaan todeta, että tuhkalannoituksessa ekosysteemiin kulkeutuvia raskasmetalleja ei todennäköisesti keräydy suurissa määrissä sieniin ja marjoihin. Moilanen & Issakainen (2003) ovat todenneet, että kasveissa kadmium kerääntyy etenkin juuristoon ja pitoisuus vähenee siirryttäessä juuristosta ylös kohti versojen kärkiosia. Lajikohtaiset erot ovat kuitenkin suuret, mutta keskimäärin voidaan sanoa, että juurissa kadmiumia on 10-kertainen määrä versoihin verrattuna. Nilssonin (2001) mukaan raskasmetallit kertyvät marjoihin seuraavassa järjestyksessä marjat < lehdet < verso < juuret. Tämän takia tässä hankkeessa on otettu näytteet myös esim. mustikan ja puolukan varvuista ja lehdistä marjojen lisäksi. Kirjallisuuden perusteella sienten osalta huomio pitää kiinnittää hajottajasiementen, kuten herkkusienten, raskasmetallipitoisuuksiin.

Tässä hankkeessa toteutettujen pilottialueiden (2016 – 2018) tulosten perusteella ei tuhkalannoituksella ole merkitystä marjojen ja sienien käytettävyyteen ensimmäisinä vuosina lannoituksen jälkeen. Samanlaisia tuloksia on saatu myös muissa vastaavanlaisissa tutkimuksissa (Silfverberg ja Issakainen 1991), (Rühling 1996), (Levula ym. 2000), (Nilsson & Eriksson 2001), (Lodenius ym. 2002), (Moilanen ja Issakainen 2003), (Perkiömäki ym. 2003), (Moilanen ym. 2006) ja (Norström ym. 2012). Marjojen raskasmetallipitoisuuksissa ei ole huomattavissa mitään pitoisuuksien nousua. Mustikan- ja puolukanvarpujen pitoisuuksissa oli eroa vuosien 2017 ja 2018 välillä, mutta levitetyn tuhkan määrällä ei ole vaikutusta pitoisuuksiin. Pitoisuuksien nousuun vaikutti todennäköisesti erittäin kuuma ja kuiva kesä 2018 (Tuovinen ym. 2018).

Sienien raskasmetallipitoisuudet olivat korkeammat kuin marjojen, mutta niidenkään kohdalla ei levitetyn tuhkan määrällä ollut vaikutusta pitoisuuksiin. Raskasmetallipitoisuuksien vaihtelu eri sienilajien välillä oli suurempi kuin erot yksittäisten lajien pitoisuuksissa koealojen välillä. Korkeimmat pitoisuudet olivat kehnäsienessä. Kehnäsieni onkin todettu kadmiumin bioakkumuloijaksi (Kuusi ym. 1981). Tämän hankkeen pilottikohteilla mitatut pitoisuudet ovat samaa luokkaa kuin muissa sienten raskasmetallipitoisuuksia selvittäneissä tutkimuksissa (Varo ym. 1980, Kuusi ym. 1980, Lodenius ym. 1981, Kojo ja Lodenius 1989, Eurola ym. 1996, Pelkonen ym. 2006 ja Pelkonen ym. 2008). Pienimmät kadmiumpitoisuudet ovat vahveroissa, rouskuissa ja haperoissa ja suurimmat kehnäsienissä (Rühling 1996, Eurola ym. 1996 ja Pelkonen 2006).

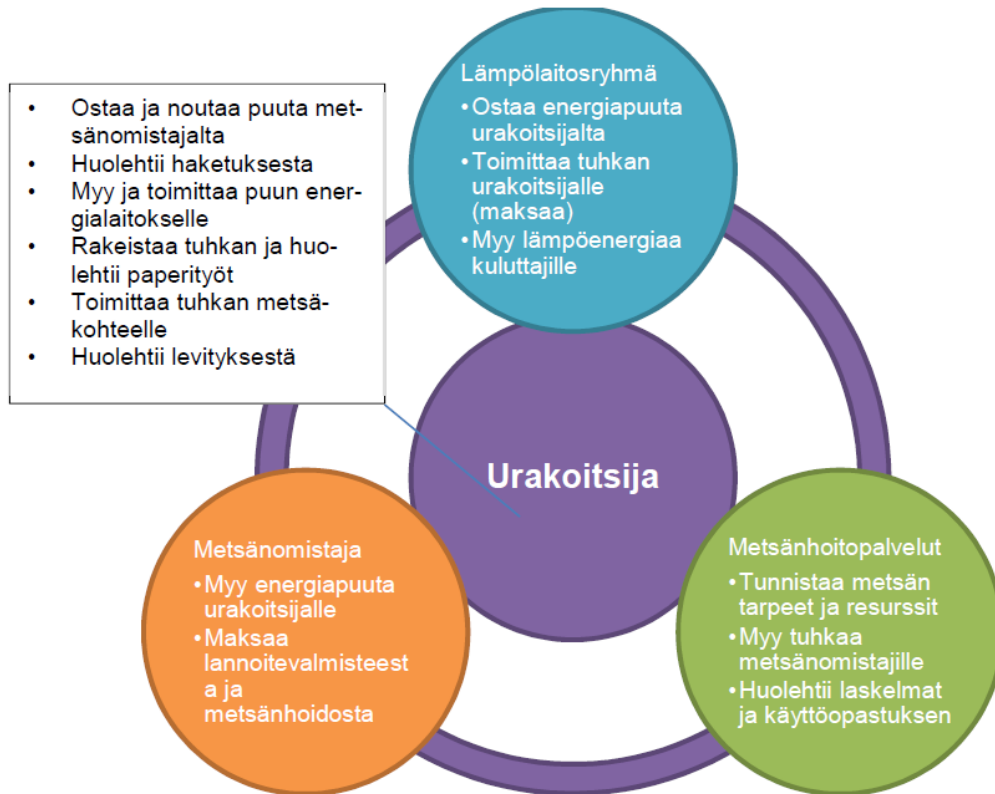
Liitteenä Nanna Tuovisen raportti Puutuhkalannoituksen vaikutukset marjoihin ja sieniin kivennäismailla. Pilotointikoe 2016-2018.

Tuhka osana kiertotaloutta

Hankkeessa järjestetyissä keskustelutilaisuuksissa, seminaareissa ja työpajoissa etsittiin ratkaisuja pienten lämpölaitosten tuhkien hyötykäytön edistämiseen. Keskustelujen perusteella syntyi käsitys siitä, että energiapuun korjuusta lämpölaitokselle ja tuhkana takaisin metsään olisi mahdollista löytää toimivia toteutusketjuja. Yksi tällainen toimintamalli olisi avainasemassa oleva ulkopuolinen urakoitsija. Alla oleva, maaliskuussa 2017 pidetyn työpajan keskustelujen yhteenvetona tehty ehdotus sopii hyvin osaksi koko hankkeen lopputulosta:

”Yhteinen käytännön toimintamuoto voidaan laatia logistisesti toisiinsa nähden lähekkäin sijaitseville lämpölaitoksille, joiden yhteenlaskettu tuhkamäärä on noin 1000–1500 tonnia vuodessa. Tällöin on kannattavaa hankkia esim. yhteinen tai mobiili rakeistuslaitos. Joka tapauksessa lämpölaitokset eivät ole

halukkaita itse tähän työhön, vaan he toivovat ulkopuolista palveluntarjoajaa, joka vastaa tuhkan rakeistamisesta ja kaupallistamisesta, myös levittämisestä. Lisäksi tukea tarvitaan metsänhoitoon erikoistuneilta toimijoilta, jotka ovat kontaktissa metsänomistajiin, ja toimivat näin tuhkan myyjinä.”



Kuvaus ekosysteemimallista: Energiapuun hankinta - korjuu metsästä-kuljetus lämpölaitokselle-tuhkan rakeistus - palautus metsään (Matilainen 2017).

Puutuhka hankkeen vuoden 2018 toteutukseen kuului myös kirjallisuusselvitys liittyen bioöljyjalostamoiden konversioprosesseihin Suomessa. Selvityksessä käytiin läpi olemassa olevat prosessit, ja niiden osalta esiteltiin toiminnassa tai suunnitteilla olevat laitokset. Tavoitteena oli arvioida puubiomassapohjaisen öljyn jalostuksessa sivutuotteena syntyvän, puusta peräisin olevan kiintoaineen laatua poltossa syntyvään tuhkaan verrattuna. Aiheesta on raportti tämän raportin liitteenä Tapio Oy:n verkkosivuilla.

Biomassan termisissä konversioprosesseissa eli **hidaspyrolyysissä**, **torrefioinnissa** ja **nopeapyrolyysissä** raaka-aineena on puuperäinen polttoaine. Halutut lopputuotteet saadaan aikaan olosuhdeparametrejä (lämpötila, aika, paine) ja hapen määrää säätelemällä. Apukemikaaleja ei käytetä. Pyrolyysiprosessien kiinteä lopputuote sisältää tuhkan lisäksi orgaanista ainesta, ja tämä onkin tarkoitettu johdettavaksi vielä energian tuotantoon esim. puuhiilenä. Pyrolyysiprosesseissa erottuu myös tervaa, joka koostuu liukenemattomista, liukoisista ja haihtuvista orgaanisista jakeista.

Kaasutus kuuluu edellisten lisäksi termisten konversiomenetelmien joukkoon ja sen raaka-aineena on puuperäinen biomassa. Erona edellisiin termisiin konversiomenetelmiin on korkeampien lämpötilojen käyttö. Tuhkaa syntyy prosessissa vain vähäisiä määriä. Puuperäisen tuhkan lisäksi kaasutuksessa syntyvä tuhka voi sisältää leijupetimateriaalista peräisin olevaa kalkkia.

Fischer Tropsch -prosessi poikkeaa edellisistä siten, että raaka-aineena voi olla joko fossiilisia tai ei-fossiilisia raaka-aineita. Fossiilinen raaka-aine on tyypillisesti kivihiili, mutta ei-fossiiliset raaka-aineet voivat olla joko kasvi- tai eläinperäisiä biomassoja. Käytetty raaka-aine ja sen alkuainekoostumus vaikuttaa suoraan tuhkan koostumukseen. Kun kysymyksessä on biomassojen konversio, voidaan arvioida, että kasvibiomassan konversiojäännös vastaa koostumukseltaan suunnilleen puun tuhkaa. Eläinperäisen biomassan jäännös voi poiketa tästä, sillä sekä eläinperäinen biomassa että sen tuhka voi sisältää suurempia määriä tiettyjä alkuaineita (fosfori, kalium, magnesium) kuin kasvibiomassan jäännös. Lisäksi FT-prosessissa käytetään katalyyttejä ja apuaineita, jotka saattavat käyttömäärästä riippuen vaikuttaa tuhkan laatuun. FT-prosessin katalyytit ovat yleensä koboltti- tai rautakatalyyttejä.

Vetykäsittelyprosessilla valmistetaan mäntyöljystä dieseliä ja naftaa. Prosessin alussa raaka-aineen esikäsittelyvaiheessa erotetaan raakamäntyöljystä kiinteä jäännös, joka sisältää suoloja, epäpuhtauksia ja kiinteitä partikkeleja. Prosessissa ei synny tuhkaa.

Mädätysprosessin raaka-aineena voivat olla selluteollisuuden lietteet sisältäen puuaineksen pienimolekyyllisiä hajoamistuotteita ja mahdollisia selluprosessin apukemikaaleja. Mädätyksessä olosuhteet ovat hapettomat ja prosessi tapahtuu mikro-organismeille suotuisissa lämpötiloissa, joten prosessissa ei synny tuhkaa. Mädätyksen jälkeinen jäännös voidaan kuivata ja pelletöidä.

Kirjallisuutta

Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J., Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT TECHNOLOGY 258.

Ahtikoski, A., Salminen, H., Hökkä, H., Kojola, S. and, Penttilä, T. 2012. Optimising stand management on peatlands: the case of northern Finland. Can. J. For. Res. 42:247-259. doi: 10.1139/x11-174

Eurola, M., Pääkkönen, K. ja Varo, P. 1996. Raskasmetallit sienissä. Elintarvikeviraston julkaisuja 7/1996, 28 sivua.

Hökkä, H., Salminen, H., Ahtikoski, A., Kojola, S., Launiainen, S., and Lehtonen, M. 2017. Long-term impact of ditch network maintenance on timber production, profitability and environmental loads at regional level – a simulation study. Forestry 90(2): 234-246

Hökkä, H., Repola, J., and Moilanen, M. 2012. Modelling volume growth response of young Scots pine (Pinus sylvestris) stands to N, P, and K fertilization in drained peatland sites in Finland. Can. J. For. Res 42(7): 1359-1370. <http://dx.doi.org/10.1139/x2012-086>.

Hökkä, H., and Salminen, H. 2006. Utilizing information on site hydrology in growth and yield modeling: peatland models in the MOTTI stand simulator. In Proceedings of the international conference: Hydrology and management of forested wetlands, April 8 -12 2006. New Bern, North Carolina, U.S. pp. 302–309.

Hökkä H., and Kojola S. 2003 Suometsien kunnostusojitus – kasvureaktion tutkiminen ja kuvaus (Ditch network maintenance in peatland forests – growth response and it's description). In: Soilla ja kankailla – Metsien hoitoa ja kasvatusta Pohjois-Suomessa (On peatlands and uplands – forest management in northern Finland). Edited by Jortikka, S., Varmola, M., and Tapaninen, S. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja – Finnish Forest Research Institute, Research papers 903: 13–20 (in Finnish)

Hökkä, H. 1997b Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland (Doctoral thesis). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja. Finnish Forest Research Institute, Research papers 651. 45 p. plus 3 appendices.

Holden, J., Chapman, P.J., and Labadz, J.C. 2004. Artificial drainage of peatlands: hydrological and hydrochemical process and wetland restoration. *Geography* 28(1): 95-123.

Holland, J.H. 1975. Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor, Michigan. The University of Michigan Press.

Hynynen, J., Salminen, H., Ahtikoski, A., Huuskonen, S., Ojansuu, R., Siipilehto, J., Lehtonen, M., and Eerikäinen, K. 2015. Long-term impacts of forest management on biomass supply and forest resource development: a scenario analysis for Finland. *Europ. J. For. Res.* 134: 415-431. doi 10.1007/s10342-014-0860-0

Kojola, S., Ahtikoski, A., Hökkä, H., and Penttilä, T. 2012. Profitability of alternative management regimes in Scots pine stands on drained peatlands. *Europ. J. For. Res* 131: 413-426.

Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Hotanen, J-P., Nevalainen, S., Pitkänen, J., Strandström, M., and Viiri, H. 2017. Suomen metsät 2009–2013 ja niiden kehitys 1921–2013. Luonnonvarakeskus, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. 59/2017, 86 p. Natural Resources Institute Finland. [Finnish forests 2009-2013 and their development 1921-2013]. [In Finnish].

Luke Statistics 2017. Statistics database, Natural Resources Institute Finland. Available at: <http://statdb.luke.fi> [Choose Forest Statistics, and further Economy for stumpage prices or Structure and Production for silvicultural costs] [accessed 16 September 2017].

Kojo, M-R. ja Lodenius, M. 1989. Cadmium and Mercury in Macrofungi – Mechanism of Transport and Accumulation, *Journal of Applied Botany*. 63, 279– 92.

Kuusi, T., Laaksovirta, K., Liukkonen-Lilja, H., Lodenius M. ja Piepponen, S. 1981. Lead, cadmium and mercury contents of fungi in the Helsinki area and in unpolluted control areas. *European Food Research and Technology* 173(4), 261-276

Laine-Ylijoki, J., Wahlström, M., Peltola, K., Pihlajaniemi, M. & Mäkelä, E. 2002. Seospolton tuhkien koostumus ja ympäristölaadunvarmistusjärjestelmä. VTT TIEDOTTEITA – RESEARCH NOTES 2141.

Levula, T., Saarsalmi, A. & Rautavaara, A 2000. Effects of ash fertilization and prescribed burning on macronutrient, heavy metal, sulphur and ¹³⁷Cs concentrations in lingonberries (*Vaccinium vitis-idea*) Forest Ecology and Management 126, 269–279.

Lodenius M., Kuusi, T., Laaksovirta, K., Liukkonen-Lilja, H. ja Piepponen, S. 1981. Lead, cadmium and mercury contents of fungi in Mikkeli, SE Finland. *Annales Botanici Fennici* 18: 183-186.

Lodenius, M., Soltanpour-Gargari, A. & Tulisalo, E. 2002. Cadmium in forest mushrooms after application of wood ash. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 68, 211–216.

Maljanen, M., Nykänen, H., Moilanen, M., and Martikainen, P.J. 2006. Greenhouse gas fluxes of coniferous forest floors as affected by wood ash addition. *Forest Ecology and Management* 237 (2006) 143–149.

Moilanen, M. 1993. Lannoituksen vaikutus männyn ravinnetilaan ja kasvuun Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun ojitetuilla soilla. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and growth of Scots pine on drained peatlands in northern Ostrobothnia and Kainuu. *Folia For.* 80. [In Finnish].

Moilanen, M. ja Issakainen, J. 2003. Puu- ja turvetuhkien vaikutus maaperään, metsäkasvillisuuden alkuainepitoisuuksiin ja puuston kasvuun. *Metsätehon raportti* 162.

Moilanen, M., Silfverberg, K., Hökkä, H., and Issakainen, J. 2005. Wood ash as a fertilizer on drained mires – growth and foliar nutrients of Scots pine. *Can.J. For. Res.* 35: 2734-2742. Doi:10.1139/X05-179

Moilanen, M., Fritze, H., Nieminen, M., Piirainen, S., Issakainen, J. & Piispanen, J. 2006: Does wood ash application increase heavy metal accumulation in forest berries and mushrooms? *Forest Ecology and Management* 226, 153–160.

Moilanen M., Hytönen J., Hökkä H., and Ahtikoski A. 2015. Fertilization increased growth of Scots pine and financial performance of forest management in a drained peatland in Finland. *Silva Fennica* 49(3) article id 1301. 18 p. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1301>

Nilsson, T. (2001). Wood ash application effects on elemental turnover in a cutover peatland and uptake in vegetation. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 208. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Soils. Uppsala. 17 s.

Norström, S. H., Bylund, D. Vestin, J. L. K. & Lundström, U. S. 2012. Initial effects of wood ash application to soil and soil solution chemistry in a small, boreal catchment. *Geoderma* 187–188, 85–93

Pelkonen, R., Alfthan, G. & Järvinen, O. 2006. Cadmium, lead, arsenic and nickel in wild edible mushrooms. *The Finnish Environment* 17/2006.

Pelkonen, R., Alfthan, G. & Järvinen, O. 2008: Element concentrations in wild edible mushrooms in Finland. *The Finnish Environment* 25/2008.

Perkiömäki, J., Kiikkilä, O., Moilanen M, Issakainen, J., Tervahauta, A. & Fritze, H. 2003. Cadmiumcontaining

wood ash in a pine forest: effects on humus microflora and cadmium concentrations in mushrooms, berries and needles. Canadian Journal of Forest Research 33, 2443–2451.

Piirainen, S., Domisch, T., Moilanen, M. & Nieminen, M. 2013. Long-term effects of ash fertilization on runoff water quality from drained peatland forests. Forest Ecology and Management 287: 53-66.

Rühling, Å., 1996. Uptag av tungmetaller i svamp och bär samt förändringar i florans sammansättning efter tillförsel av aska till skogsmark. NUTEK R 1996/49. 42 s.

Sikström, U, Almquist, C., and Jansson, G. 2010. Growth of Pinus sylvestris after the application of wood ash or P and K fertilizer to a peatland in southern Sweden. Silva Fenn. 44(3):411-425.

Silfverberg, K. ja Issakainen, J. 1991. Tuhkalannoituksen vaikutukset metsämarjoihin. Folia Forestalia 769, 23 s.)

Silfverberg, K., and Moilanen, M. 2008. Long-term nutrient status of PK fertilized Scots pine stands on drained peatlands in north-central Finland. Suo- Mires and Peat 59(3):71-88.

Strömmer, R., Jokinen, H. and Holma, A. 2003. Tuhka- ja typpilannoitus varttuneessa OMT-kuusikossa Sienijuuret ja typen mobilisaatio. Metsätehon raportti 160.

Varo, P., Lähelmä, O., Nuurtamo, M. ja Saari, E: ja Koivistoinen, P. 1980. Mineral Element Composition of Finnish Foods. VII. Potato, Vegetables, Fruits, Berries, Nuts and Mushrooms. Acta Agriculturae Scandinavica, Suppl. 22, 89–113.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J, Vanhatalo, K., and Väisänen, P. (Editors).2014. Metsänhoidon suositukset [Silvicultural recommendations]. The Forestry Development Centre Tapio. Helsinki, Finland. [In Finnish].