

Alexi Kulmala

TUHKAN KÄYTÖN TOIMINTAMALLIT METSÄTALOUESSA

Opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma

2020



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkintonimike	Aika
Aleksi Kulmala	Metsätalousinsinööri (AMK)	Lokakuu 2020
Opinnäytetyön nimi Tuhkan käytön toimintamallit metsätaloudessa		35 sivua 5 liitesivua
Toimeksiantaja Tapio Oy		
Ohjaaja Kalle Karosto		
Tiivistelmä Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää nykyiset tuhkan hyötykäytön toimintamallit ja toimitusketjut. Tavoitteena oli myös selvittää onko tuhkan hyötykäytössä ongelmakohtia ja niiden piirteitä. Työ rajattiin koskemaan tuhkan käyttöä metsälannoitteena ja metsäteiden rakennusmateriaalina. Suomessa syntyy vuosittain 500 000 tonnia biotuhkaa, joka on merkittävä sivuvirta energiantuotannossa. Puun ja turpeen poltosta syntyvästä tuhkasta on moneksi, sillä se sisältää ravinteita lannoituksiin ja se sopii myös käytettäväksi rakennusmateriaalina. Tuhkan käyttö edistää kiertotaloutta. Opinnäytetyössä haastateltiin 19 tuhkan parissa toimivaa ammattilaista, joiden edustamien yritysten toimintaketju selvitettiin. Lisäksi kysyttiin heidän ajatuksiaan tuhkan hyötykäytöstä. Opinnäytetyön pohjatiedot on kerätty kirjallisista lähteistä. Teoriaosuudessa tarkasteltiin keskeisimpiä asioita ja lainsäädäntöä, jotka vaikuttavat teollisuudessa syntyvään tuhkaan sekä sen hyötykäyttöön rakennusmateriaalina ja lannoitteena. Työssä tarkasteltiin ympäristösuojelulakia, lannoitevalmistelakia, jätelakia, ympäristönsuojeluasetusta sekä MARA-asetusta. Tutkimuksessa sivuttiin myös maanrakentamista, joka täydentää ymmärrystä tuhkan toimitusketjuista. Tutkimuksessa vertailtiin energiateollisuuden ja metsäteollisuuden tuhkien toimitusketjuja sekä tuhkien erilaisia hyötykäyttökohteita. Energiateollisuuden ja metsäteollisuuden pohjatuhkat menivät useimmiten maanrakennuskäyttöön. Lentotuhkien sijoituskohteet vaihtelevat puolestaan enemmän. Lentotuhkat menivät rakeistamoille, maanrakennukseen tai itsekovettumisen kautta lannoitekäyttöön. Osa tuhista edelleen loppusijoitetaan kaatopaikalle. Työn toimeksiantajana toimi Tapio Oy. Tutkimus on osana Vastuullista liiketoimintaa tuhka -hanketta.		
Asiasanat tuhka, metsälannoite, kiertotalous, tuhkalannoite, maanrakennus		

Author (authors)	Degree	Time
Aleksi Kulmala	Bachelor of Natural Resources	October 2020
Thesis title		
Operating models of using ash in forestry		35 pages 5 pages of appendices
Commissioned by		
Tapio Oy		
Supervisor		
Kalle Karosto		
Abstract		
The aim of the thesis was to find out the current operating models and supply chains of using ash. The aim was also to find out if there were any problem areas in the utilization of ash. The subject was limited to the use of ash as a forest fertilizer and as a building material for forest roads. Finland produces 500,000 tonnes of organic ash annually, which is a significant by-product of energy production. Different types of ash are produced from the burning of wood and peat. It contains nutrients for fertilizing and is also suitable for a building material. The use of ash promotes the circular economy. Nineteen different professionals working with ash were interviewed in the thesis. They helped to bring this thesis up to date. The basic information for the thesis was collected from written sources. The theoretical part examined the most important topics and legislation affecting the utilization of industrial ash as a building material and fertilizer. The laws in the work were included. Environmental Protection Act, Fertilizer Act, Waste Act, Environmental protection decree and the MARA decree. The study also observed civil engineering which complements understanding of ash chains. The study compared the ash supply chains of the energy and forest industries and various uses of ash. The studies showed that bottom ashes from the energy and forest industries were mostly used for civil engineering. The use of fly ash, on the other hand, varied more. Fly ash went to granulators, civil engineering or through self-compacting for fertilizer use. Some of the ash was still disposed on a landfill. The study was commissioned by Tapio Oy and was a part of the Responsible business from ash project.		
Keywords		
ash, forest fertilizer, circular economy, ash fertilizer, civil engineering		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TUHKAN TUOTANTO	6
3	TUHKAN VAIKUTUS RAVINTEISUUTEEN	7
3.1	Tuhkan vaikutus puihin	7
3.2	Tuhkalannoituskohteet.....	8
3.3	Terveys- ja kasvatuslannoitus.....	9
4	YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	10
5	TUHKAN SOVELTUVUUS LANNOITTEEKSI	10
6	TUHKAN KÄSITTELY LANNOITTEEKSI	12
7	TUHKALANNOITUKSEN LEVITYSTAVAT	13
7.1	Levittäminen	13
7.2	Lentolevitys.....	13
7.3	Maalevitys.....	14
8	TUHKAN KÄYTTÖ METSÄTEIDEN RAKENTAMISESSA	15
9	KESTÄVÄN METSÄTALOUDEN RAHOITUSLAKI.....	16
10	LAINSÄÄDÄNTÖ	17
11	TUTKIMUS	19
12	LIIKETOIMINTAMALLIT	20
12.1	Tuhkan tuottajien toimintamallit	20
12.2	Tuhkan tuottajan kustannuslaskelma.....	24
12.3	Tuhkalannoitteiden jalostajien toimintamallit.....	25
12.4	Tuhkalannoitteiden levittäjien toimintamallit.....	25
12.5	Tuhkan käyttö valtion mailla	27
13	KEHITYSKOhteet JA MAHDOLLISUUDET	27
14	TULOSTEN TARKASTELU	29
14.1	Loppusijoitus on huonoin vaihtoehto.....	29
14.2	Tuhkan käyttöä on lisättävä metsissä ja pelloilla	29

14.3	Jatkotutkimukset	30
14.4	Opinnäytetyön luotettavuus	31
15	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	33

LIITTEET

Liite 1: Haastateltavat

Liite 2: Haastattelukysymykset

1 JOHDANTO

Lisääntyvät todisteet ilmastonmuutoksesta ja kasvava energiantuotanto ovat painostaneet Euroopan unionia kannustamaan jäsenvaltioitaan uusiutuvien energianlähteiden käyttöön. Tämä on lisännyt voimakkaasti esimerkiksi puu-pohjaisten polttoaineiden käyttöä. Metsäteollisuuden tuottamat sivutuotteet ja jätetuu on saatu entistä paremmin hyödynnettyä, mikä on lisännyt myös puun käyttöä energianlähteenä. (Ylitalo & Torvelainen 2018, 123.)

Puun ja turpeen energiakäytöstä syntyy suuria määriä tuhkaa. Lämpö- ja voimalaitosten tuhkan hyötykäyttöpotentiaalia ei ole vielä täysin hyödynnetty. Tuhkaa voidaan hyödyntää metsätaloudessa metsien lannoituksessa ja muussa hyötykäytössä, kuten esimerkiksi metsäteiden rakentamisessa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää nykyiset tuhkan hyötykäytön toimintamallit ja toimitusketjut. Valmiin opinnäytetyön tarkoituksena on toimia apuna tuhkan tuottajille, metsätoimihenkilöille, urakoitsijoille ja metsänomistajille. Prosessiketjuissa oli tavoitteena selvittää, millaisia ongelmakohtia oli ja kuinka ne voitaisiin mahdollisesti ratkaista. Toivottavaa olisi myös lisätä yritysten keskinäistä yhteydenpitoa ja tuhkan hyötykäytön tunnettavuutta, jotta tuhkan käyttöä pystyttäisiin hyödyntämään entistä paremmin. Perehtyminen erilaisiin toimintatapoihin suoritettiin haastattelemalla yritysten henkilöstöä. Haastattelut henkilöt työskentelevät tuhkan tuotannossa, lannoitteiden valmistuksessa ja levityksessä sekä maanrakennuksessa. Laajemman tiedon takamiseksi haastateltiin lisäksi myös muita asiantuntijoita, joilta löytyy erikoisosaamista asiasta.

2 TUHKAN TUOTANTO

Metsä- ja energiateollisuuden energiantuotannossa syntyy erilaisia tuhkamateriaaleja, kun poltetaan kiinteitä biomassapohjaisia polttoaineita. Poltettaessa syntyy lento- ja pohjatuhkaa, jotka ovat rakenteeltaan ja ravinteisuudeltaan erilaisia (taulukko1). Lentotuhka koostuu pienistä hiukkasista, jotka kerätään talteen suodattimilla savukaasujen seasta. Pohjatuhkalla puolestaan tarkoite-

taan kattilan pohjalle kerääntyvää raskaampaa tuhkaajetta. Suomessa käytetyimmät polttotekniikat ovat leijukerros- ja arinapoltto. Polttotekniikalla on suuri merkitys pohja- ja lentotuhkien suhteellisiin määriin. Leijupoltossa käytetään lisäksi tukiaineena hiekkaa, joka päättyy lopulta myös pohjatuhkaan. Suomessa syntyy turpeen ja puun poltosta biotuhkaa noin 500 000 000 kg/vuosi. (Matilainen 2018, 8; Energiategollisuus 2012, 8 - 9.)

	Leijukerrospoltto	Arinapoltto
Lentotuhkan osuus	80–100 %	5–40 %
Pohjatuhkan osuus	0–20 %	60–95 %
Erityistä	-rikinpoistoprosessi -mahdollista polttaa hyvin erilaisia polttoaineita -pohjatuhkassa leijukerrosmateriaalia eli luonnonhiekkaa -syötetään mahdollisesti kalkkia	-hehkutushäviö usein keskimääräistä suurempi

Taulukko 1. Polttoprosessityypin vaikutus tuhkien muodostumiseen (Energiateollisuus 2012, 9)

Tuhkan laatua voidaan parantaa mekaanisilla ja kemiallisilla tavoilla. Mekaanisia ovat erilaiset erottelumenetelmät, sähkösuodattimet ja ilmaluokittelumenetelmä. Kemiallisia ovat uittomenetelmä ja sidosaineiden käyttö. Haitta-aineiden pitoisuuksien vähentämiseen on puolestaan omat menetelmänsä esimerkiksi ikäännyttäminen, joka voidaan tehdä luonnollisesti tai nopeutettuna. Yksinkertaisin tapa on varastoida tuhkat tietyksi ajaksi kentälle, jossa se stabiloituu ja haitta-aineiden liukeneminen vähentyy. (Korpijärvi ym. 2009, 3, 20 - 21.)

3 TUHKAN VAIKUTUS RAVINTEISUUTEEN

3.1 Tuhkan vaikutus puihin

Puut tarvitsevat ravinteita kasvaakseen. Puiden ravinteet jaetaan pää- ja hivenravinteisiin. Pääravinteita ovat typpi, kalium, fosfori, kalsium, magnesium ja rikki. Tärkeimmät hivenravinteet puille ovat boori, mangaani ja sinkki (Metsäkeskus 2006, 6). Ravinne-epätasapaino on hyvin yleistä turvemaidella. Suo-
metsissä ravinnepuutokset johtuvat yleisimmin fosforin heikosta saatavuudesta. Muita yleisimpiä turvemaiden ravinnepuutoksia aiheuttavat kalium ja boori. (Vanhatalo ym. 2019, 61 - 62.)

Tuhka sisältää kaikkia niitä ravinteita, joita puut ja muu kasvillisuus tarvitsevat kasvaakseen, lukuun ottamatta typpeä. Turvemaiden typpeä on harvemmin puutetta, joten puu- ja turvetuhka sopivat sinne loistavasti. (Joensuu 2018, 3 - 4.)

Puutuhka sisältää runsaasti lähes kaikkia puiden tarvitsemia ravinteita oikeissa suhteissa. Turvetuhkassa puolestaan löytyy lähes samat ravinteet kuin puutuhkassa, mutta turvetuhkassa on kaliumin, kalsiumin ja boorin pitoisuudet ovat matalampia. (Taulukko 2.)

	Fosfori (P)	Kalium (K)	Kalsium (Ca)	Boori (B)
Puutuhka	0,2-3 %	0,5-10 %	5-40 %	> 0,1 %
Turvetuhka	0,5-2 %	0,2-0,4 %	5-10 %	> 0,01 %

Taulukko 2. Puu- ja turvetuhkan ravinnepitoisuudet (Huotari 2012, 6.)

Ravinnetila on syytä selvittää ennen lannoitusta. Ravinnetila pystytään arvioimaan silmävaraisesti kasvupaikasta, turpeesta ja neulasista tai lehdistä. Ravinnepuutos pystytään havaitsemaan vanhempien neulasvuosikertojen kellastumisesta kesän lopulla, latvojen pensastumisesta, neulasten vähäisestä määrästä ja puuston huonosta kasvusta. Tarkempi selvitys on kuitenkin suotavaa tehdä neulasanalyysillä, jolla saadaan varmistettua puiden ravinnetilanne. (Vanhatalo ym. 2019, 61 - 62.)

3.2 Tuhkalannoituskohteet

Tuhkalle sopivia lannoituskohteita ovat runsaasti typpeä sisältävät suometsät, joilla puuston kasvua hidastaa fosforin ja kaliumin ravinnepuute. Turvemaiden on luontaisesti vähemmän fosforia, kaliumia, kalsiumia ja booria kangasmaihin verrattuna. Turpeen määrällä on merkitystä ravinteisuuteen. Paksuturpeisilla alueilla ravinnehäiriöt ovat hyvin yleisiä ohutturpeisiin alueisiin verrattuna. Turpeen maatuneisuus vaikuttaa myös merkittävästi typen määrään, koska typpi sitoutuu maatuviin kasveihin ja sitä kautta siirtyvät maahan ravinteiksi. Suo on ohutturpeinen, kun sen turpeen paksuus on alle 0,3 - 0,4 metriä. Parhaimpia tuhkalannoituskohteita ovat typpirikkaat II-typin mustikka- ja puolukkaturvekankaat, joiden ravinnetilanne on kaikista epätasapainoisin. Epätasapaino

juontaa juurensa siihen, että ne ovat olleet alkujaan sararämeitä, jotka ovat olleet vähäpuustoisia ja märkiä soita, joissa tiettyjä ravinteita ei ole kertynyt ajansaatossa. (Makkonen 2008, 11 - 12.)

Sopivien lannoituskohteiden edellytyksenä on kunnossa oleva vesitalous, joko kunnollisen ojituksen tai riittävän haihduttavan puuston avulla (Metsäkeskus 2014). Sopivilla kohteilla puuston kasvunlisäys vaihtelee 2 - 4 m³/ha/v. Paikasta riippuen yhdellä lannoituskerralla voidaan lisätä nuorissa metsissä puuston kasvua 80 - 200 m³/ha. (Makkonen 2008, 11 - 12.)

Kivennäismailla pelkän tuhkalannoitteen levitys ei ole kannattavaa, sillä kivennäismailla on usein puutosta tyypestä. Biomassaa poltettaessa typpi poistuu palamisreaktiossa, joten tuhkaan sitä ei päädy ollenkaan. Lannoitetta valmistettaessa tuhkaan voidaan lisätä typpeä sekaan, jolloin siitä tulee myös kivennäismaille sopiva lannoite. Tuhkan ja typen käyttö yhdessä antaa metsälle monipuolisen lannoituksen. Osassa lannoituskokeista on havaittu typen ja tuhkan yhteislannoituksen antavan metsälle pidemmän vaikutusajan, koska se varmistaa kohteelle tasapainoisen lannoituksen. (Joensuu 2018, 67.)

3.3 Terveys- ja kasvatuslannoitus

Terveyslannoituskohteilla on todettu ravinteiden epätasapaino tai vähäisyys, joka häiritsee puiden kasvua. Pahimmissa tapauksissa puut voivat jopa kuolla ravinnepuutokseen. Terveyslannoituksen avulla pystytään korjaamaan ravinne-epätasapaino ja lisäämään puiden kasvua. (Makkonen 2008, 11 - 12.) Terveyslannoituksissa voidaan levittää suometsiin tuhkalannoitetta. Tuhkaa levitetään kohteen mukaan noin 4 000 - 5 000 kiloa hehtaarille. Terveyslannoitukseen myönnetään Kemera-tukea, joka on valtion rahoittama. Onnistuneen tuhkalannoituksen vaikutuksen pystytään huomaamaan puiden neulasista hyvinkin nopeasti levityksen jälkeen. Neulaset muuttuvat kellertävistä tummanvihreiksi ja niiden koko kasvaa. Lannoitusmääristä riippuen puuston ravinnetila pystytään korjaamaan hyväksi 20 - 50 vuoden ajaksi. (Makkonen 2008, 11 - 12, 25.)

Kasvatuslannoituksissa tavoitteena on lisätä puuston kasvua, jolloin hakkuita pystytään aikaistamaan ja metsän taloudellista tuottoa lisäämään. Turvemaidella kasvatuslannoituksia tehdään vähemmän kuin kivennäismailla. Sopivimpia turvemaiden kasvatuslannoituskohteita tuhalla ovat typpirikkaat II-typin mustikka- ja puolukkaturvekankaat. (Äijälä ym. 2019, 163.)

4 YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Tuhka on luontaisesti emäksistä, joten tuhkalannoitus poistaa maaperästä happamuutta. Happamuuden väheneminen nopeuttaa pitkällä aikavälillä maaperän hajotustoimintaa ja alentaa raskasmetallien liukoisuutta. Tuhkalannoitus lisää pintakerroksen ravinnepitoisuuksia. Tutkimusten perusteella ravinteiden ja raskasmetallien huuhtoutuminen tuhka-aloilta vesistöihin on ollut hyvin vähäisiä. Huuhtoutumisen riski lisääntyy huomattavasti, jos tuhkaa levitetään suoraan ojiin tai vesistöihin. Lähtökohtaisesti tuhkan käytöstä ei saa aiheutua ympäristöhaittoja. Ympäristöhaittojen ehkäisyksi tuhkan käytölle on luotu asetukset ja lupamenettelyt. (Makkonen 2008, 24.)

Tuhkalannoitus lisää myös pintakasvillisuuden, marjojen ja sienten ravinnepitoisuuksia. Ravinnepitoisuuksien kasvaminen ei näy selkeästi suurempina marja- tai sienisatoina, vaan se lähinnä muuttaa niiden sisältämiä ravinnepitoisuuksia. (Makkonen 2008, 16 - 19.)

5 TUHKAN SOVELTUVUUS LANNOITTEEKSI

Metsien lannoituksiin käytetään tuhkaa, joka on syntynyt enimmäkseen puun tai turpeen poltossa. Suomessa suoritetaan tuhkalannoituksia vuosittain noin 10 000 hehtaarille, joista lähes kaikki kohdistuvat turvemaille. (Karppinen 2020.)

Lannoituksessa käytettävien tuhkien tyyppinimeksi on määritelty metsätuhka. Tuhkan valmistajat voivat hakea erikseen tarvittaessa tyyppinimiluetteloon myös uutta tyyppinimeä tai muutosta tyyppinimeen. Lannoitevalmistajat pystyvät tekemään hakemuksen Elintarviketurvallisuusvirastossa eli Evirassa, joka valmistelee tarvittavat asetusmuutokset. (Elintarviketurvallisuusvirasto Evira 2016; Makkonen 2008, 6 - 10.)

Suomessa on käytössä lannoitevalmistelaki, jonka tavoitteena on kasvintuotannon sekä elintarvikkeiden ja ympäristön laadun turvaaminen. Sen avulla pystytään edistämään hyvälaatuisten, turvallisten ja tuotantoon sopivien lannoitteiden valmistusta. Lannoitevalmistelakia sovelletaan lannoitteiden raaka-aineiden valmistukseen, markkinoille viemiseen, käyttöön, kuljettamiseen, maahantuontiin sekä maastavientiin. Tuhkalannoitteella täytyy olla tyyppinimi, joka kuuluu joko kansalliseen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon tai EY-lannoitteiden lannoitetyyppien luetteloon. (Lannoitevalmistelaki 29.6.2006/539.)

Metsätaloudessa käytettäville tuhkalannoitteille on asetettu haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet (taulukko 3). Pitoisuus on ilmoitettu Mg/kg ka, joka tarkoittaa kuinka monta milligrammaa alkuainetta löytyy kilosta kuiva-ainetta kohden. (Elintarviketurvallisuusvirasto 2016.)

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

Taulukko 3. Haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet tuhkassa (Elintarviketurvallisuusvirasto 2016)

Tuhkalannoitteen tulee täyttää maa- ja metsätalousministeriön asetukset lannoitevalmisteista. Lannoitteena käytettävä tuhka voi muodostua kasviperäisten raaka-aineiden tai lannan poltosta. Metsälannoitusikäytössä puun ja turpeen tuhkan on sisällettävä vähintään fosforia ja kaliumia yhteensä 2,0 %

sekä kalsiumia vähintään 6,0 %. Muussa puun ja turpeen tuhkan käytössä kalsiumia on oltava vähintään 10 %. Pitoisuuksien rajoitukset voivat kuitenkin vaihdella tietyillä alueilla, joilla on todettu tiettyjä puutoksia neulasanalyysillä tai kohde on esimerkiksi pohjavesialue. (Elintarviketurvallisuusvirasto Evira 2016.)

6 TUHKAN KÄSITTELY LANNOITTEEKSI

Metsätuhka useimmiten kovetetaan tai rakeistetaan ennen käyttöä, jotta tuhka pölyäisi vähemmän levityksessä ja se olisi tiiviimpää. (Kuva 1.) Tiivistetty tuhka pienentää kuljetus- ja levityskustannuksia. Kun kosteutta saadaan vähennettyä, tuhka on kevyempää ja näin kuljetuskustannuksissa voidaan säästää. Tuhkan esikäsittely lisäksi hidastaa liukenemista ja siten vähentää myös huuhtoutumista. (Makkonen 2008, 6 - 10.)



Kuva 1. Rakeistettua tuhkaa (Metsäkeskus 2016a)

Rakeistusmenetelmässä tuhkaa sekoitetaan ja lisätään samanaikaisesti kosteutta, jolloin tuhkasta alkaa muodostua rakeita. Tuhkan ollessa lämmintä rakeistaminen onnistuu parhaiten. Rakeistuksen lopputulokseen vaikuttavat tuhkan ominaisuudet, sekoitustapa ja kosteuden määrä. Rakeistetun tuhkan valmistus verrattuna itsekovetukseen on kalliimpi menetelmä. Rakeistettu tuhka pölyää huomattavasti vähemmän ja rakeet ovat lannoitekäytössä helppokäyttöisempiä. (Makkonen 2008, 6 - 10.)

Itsekovetusmenetelmässä tuhkaan sekoitetaan vettä, jonka jälkeen sen annetaan kovettua kasassa. Kovettumisen jälkeen kasaa murskataan pienemmiksi kokkareiksi kuormauksen yhteydessä ennen levitystä. Itsekovetus ei poista tuhkan pölyämistä kokonaan, mutta vähentää sitä kuitenkin huomattavasti. (Makkonen 2008, 6 - 10.)

7 TUHKALANNOITUKSEN LEVITYSTAVAT

7.1 Levittäminen

Lannoitus kannattaa tehdä isoina lannoitushankkeina, jolloin siitä muodostuvat kustannukset saadaan mahdollisimman pieniksi. Lannoituskohteet kannattaa suunnitella siten, että ne ovat mahdollisimman lähellä toisiaan, jotta varastopaikkojen etäisyys ja siirtymät eivät muodostuisi liian pitkiksi. Varastopaikalle on varattava tarpeeksi laaja alue, jotta kuljetuskalusto pystyy liikkumaan siellä sulavasti. Teiden on oltava myös tarpeeksi kantavat raskasta liikennettä varten. Tuhkaa ei kannata varastoida liian pitkäksi aikaa, ettei se pääsisi pussissa kastumaan ja muuttumaan yhdeksi isoksi köntiksi. Lannoituksen onnistumista voidaan tarkastella heti levityksen jälkeen mittasuppiloilla, josta pystytään arvioimaan lannoitemäärät ja levityksen tasaisuus. (Makkonen 2008, 6 - 10; Rantala 2018, 121 - 125.)

Suomessa on käytössä erilaisia lannoitustapoja. Yleisimmät tavat ovat lentolevitys helikopterilla ja maalevitys traktorilla tai ajokoneella. Käsityönäkin on mahdollista levittää lannoitetta, mutta se on muita tapoja huomattavasti hitaampaa. Pienialaisiin kohteisiin käsin levitys soveltuu kuitenkin mainiosti. (Rantala 2018, 121 - 125.)

7.2 Lentolevitys

Ennen lentolevitystä kannattaa tarkistaa, ettei varastopaikalla ja sen ympäristössä ole esteitä, kuten esimerkiksi sähkölinjoja. Varastopaikan ja lannoituskuvioiden etäisyys kannattaa pitää mahdollisimman lyhyenä, jotta säästyttäisiin lisäkustannuksilta. Lentolevitys tehdään ojitetuilla alueilla ojien suuntaisesti, ettei lannoitetta pääsisi vesistöihin. Lentolevityksen voi tehdä eri vuodenaikoina, eikä maaston kantavuus haittaa levitystä. Tuulisuus voi kuitenkin haitata levitystä ja sen onnistumista. (Makkonen 2008, 6 - 10.)

Lentolevitysprosessi aloitetaan lannoitesäkkien tuonnista varastopaikalle kuljetusautolla. Varastopaikalle saapuu seuraavaksi lastausauto, jonka säiliöön säkit tyhjennetään. Lastausauton säiliöstä lannoite annostellaan levityssuppi-

loon. Levityssuppilo kiinnitetään helikopteriin ilman että sen tarvitsee laskeutua. (Kuva 2.) Suppiloita on kaksi, joita helikopteri käyttää vuorotellen. Levityksen aikana lastausauto ehtii täyttää tyhjäksi menneen suppilon ennen sen vaihtoa. (Forestvital Oy 2014.)



Kuva 2. Helikopteri lähtemässä täyden suppilon kanssa levittämään (Kontiainen 2018).

Helikopteri lentää levitysalueelle noin 50 m välein, jotta lannoite saadaan tarpeeksi tasaisesti levitettyä. Lentokorkeus vaihtelee puiden koosta ja lannoitteen rakenteesta riippuen. Helikopterin nopeudella ja levityssuppilon mallilla pystytään myös vaikuttamaan lannoitusmääriin. Päivässä pystytään lentolevittämään jopa 100 hehtaarin pinta-ala. (Rantala 2018, 124; Forest vital Oy 2016.)

7.3 Maalevitys

Maalevityksessä traktorin tai ajokoneen perään on kiinnitetty keskipakoislevitin, jota pystytään säätämään haluttuihin levitysasentoihin (kuva 3). Varastopaikalta ajokone lastaa lannoitussäkit kyytiinsä, jonka jälkeen se kiertää alueen vanhoja ajouria pitkin. (Forest Vital 2011.)



Kuva 3. Maalevitystä kuormatraktorilla (Parviainen 2014)

Suometsissä lannoitteiden maalevitystä vaikeuttaa turpeen huono kantavuus. Maalevityksenä lannoitetaan usein talvisin, jolloin jäätynyt maa ja lumi parantavat koneiden kantavuutta. Talvilevityksessä hyödynnetään kuormatraktorin tiivistämiä ja pakkasen kovettamia ajouria. Levitystasaisuutta on vaikea saada maalevityksessä täydelliseksi, sillä koneiden on pakko liikkua ajourilla ja niiden välialueille voi jäädä lannoittamattomia kaistoja. (Makkonen 2008, 6 - 10.)

8 TUHKAN KÄYTTÖ METSÄTEIDEN RAKENTAMISESSA

Puun ja turpeen tuhkan hyötykäyttöä on testattu ja käytetty metsäteiden ja muiden yksityisteiden rakentamisessa (kuva 4). Teiden rakenteena on käytetty tuhkan ja kalliomurskeen erilaisia seossuhteita. Tuhka soveltuu erinomaisesti murskeen sideaineeksi. Perusparannuksissa tuhalla pystytään parantamaan kantavuutta pitemmällä aikavälillä verrattuna tuhkatomiin teihin. Tuhka-murskeseoksista parhaimmat kantavuusmittaustulokset ovat saatu teillä, joissa tuhkaa oli 15 % painosta ja murskeen koko oli 0 - 16 mm. Murskeseoksessa tuhka muuntautuu kovaksi pinnoitteeksi, jonka avulla tie pystyy pitämään muotonsa ja irtomurske ei kasaannu niin helposti palteiksi. Tuhkamurskeen pölyäminen on hyvin vähäistä. Tuhkatien tulee antaa kuivua, jotta se ehtii asettua tiiviiksi. (Joensuu & Vanhanen 2013; Joensuu & Vanhanen 2019.)



Kuva 4. Tuhkan hyötykäyttöä metsätien pintamateriaalina (Joensuu 2019)

Sateisella säällä märkä tuhcaseos saattaa olla liukas, etenkin jos tie ei ole ehtinyt asettua kunnolla. (Joensuu & Vanhanen 2013; Joensuu & Vanhanen 2019.)

Tuhkan käyttö tienrakennuksen materiaalina ei merkitsevästi muuta pinta- tai pohjaveden laatua. Metsä- ja yksityisteillä voidaan käyttää tuhkaa rakennusmateriaalina pelkällä ilmoitusmenettelyllä, mikäli tuhka täyttää MARA-asetuksen vaatimukset. (Joensuu & Vanhanen 2019.)

9 KESTÄVÄN METSÄTALOUDEN RAHOITUSLAKI

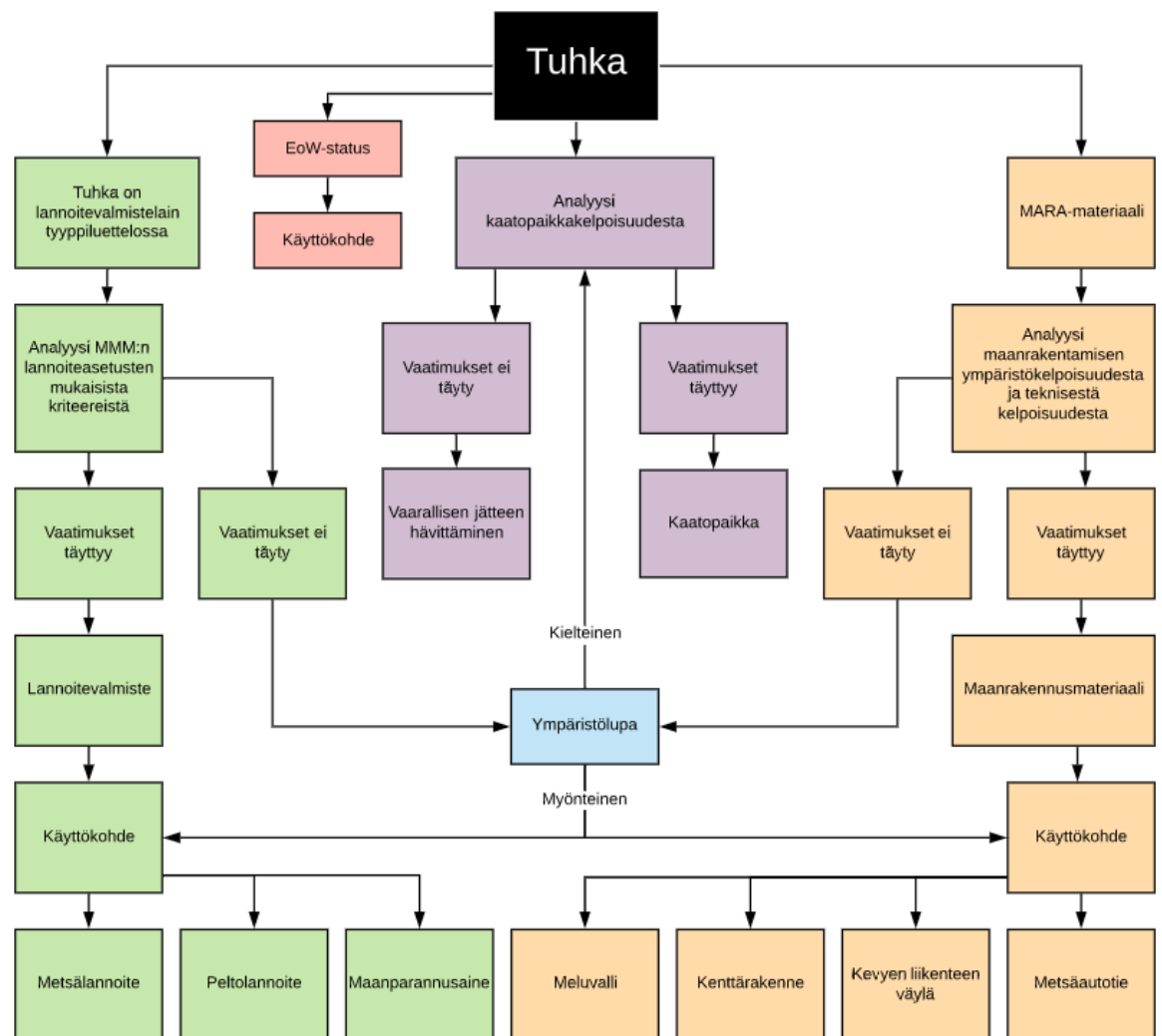
Metsäkeskus on laatinut ohjeet metsän terveyslannoituksen tuen myöntämisestä. Kestävän metsätalouden rahoituslain mukaan Kemera-tukea myönnetään metsien terveyslannoituksiin, mutta ei kasvatuslannoituksiin. Terveyslannoitukseksi määritellään kohteet, joissa on kyseessä puuston kehitystä haittaava maaperän ravinteiden epätasapaino ja se on mahdollista korjata lannoittamalla. Tuki kattaa 30 prosenttia kokonaiskustannuksista. Kokonaiskustannuksiin sisältyy suunnittelu-, työ- ja tarvikekustannukset. (Metsäkeskus 2016b.)

Kemera-tukeen tuli muutoksia tuhkalannoitusten osalta 1.5.2020 alkaen. Muutos koskee puuston ravinne-epätasapainon osoittamista neulasanalyysillä, jota ei enää jatkossa tarvitse tehdä. Muilta osin terveyslannoituksen Kemera-tuen säädökset pysyivät ennallaan. Muutoksen tavoitteena on lisätä tuhkalannoitusten määrää. (Maa- ja metsätalousministeriö 2020.)

Terveyslannoituskohteen täytyy täyttää Kemera-tuen vaatimukset. Kohteen pinta-ala on oltava vähintään 2 hehtaaria ja kuviokoko minimissään 0,5 hehtaaria. Kasvupaikaltaan alueen pitää olla puolukaturvekangas tai sitä ravinteikkaampi. Terveyslannoitus tehdään hyväksytyillä lannoitevalmisteilla. Vesistö- ja ympäristövaikutukset on otettava huomioon. (Metsäkeskus 2016b.)

10 LAINSÄÄDÄNTÖ

Energiantuotannossa syntyvät tuhkat luokitellaan jätteeksi, joten niiden hyödyntämistä säätelevät erilaiset lait ja säädökset (kuva 5). Niiden tarkoituksena on varmistaa, ettei käyttö aiheuta haittaa ihmisille tai ympäristölle. Tuhkan hyödyntämistä ja loppusijoitusta säätelevät ympäristönsuojelulaki, lannoitevalmistelaki, jätelaki, ympäristönsuojeluasetus sekä MARA-asetus. (Korpijärvi ym. 2009, 13 - 14.)



Kuva 5. Tuhkan käytön vaihtoehdot.

Jätelaissa määritellään, että jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä tai on velvollinen poistamaan käytöstä. Aine tai esine ei ole jäte vaan sivutuote, jos se syntyy sellaisessa tuotantoprosessissa, jonka ensisijaisena tarkoituksena ei ole sen valmistaminen, ja

- 1) aineen tai esineen jatkokäytöstä on varmuus;
- 2) ainetta tai esinettä voidaan käyttää suoraan sellaisenaan tai sen jälkeen, kun sitä on muunnettu enintään tavanomaisen teollisen käytännön mukaisesti;
- 3) aine tai esine syntyy tuotantoprosessin olennaisena osana; sekä
- 4) aine tai esine täyttää sen suunniteltuun käyttöön liittyvät tuotetta sekä ympäristön- ja terveydensuojelua koskevat vaatimukset eikä sen käyttö kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. (Jätelaki 17.6.2011/646.)

Jätelain tarkoituksena on ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa tai haittaa terveydelle ja ympäristölle. Lailla pyritään myös vähentämään jätteen määrää ja haitallisuutta sekä niiden kautta edistämään luonnonvarojen kestäväää käyttöä, ehkäistä roskaantumista ja varmistaa toimiva jätehuolto. (Jätelaki 1. § mom 2.)

Kaatopaikalle toimitetuista jätteistä on suoritettava valtiolle veromaksu. Voimalaitoksissa ja muissa polttolaitoksissa syntyvät jätteet ovat luokiteltu omaksi jätteryhmäksi verotaulukossa. Tuhkaa voidaan säilyttää muista jätteistä erotettuna väliaikaisesti alle kolmen vuoden ajan ennen käsittelyä tai hyödyntämistä, jolloin siitä ei tarvitse maksaa jäteveroa. (Jäteverolaki 17.12.2010/1126.)

Kaatopaikoille vietävästä tuhkasta on testattava sen kaatopaikkakelpoisuus. Tuhkan on täytettävä valtioneuvoston kaatopaikka-asetuksen raja-arvot. Tuhkan ominaisuudet on testattava ennen kaatopaikalle vientiä. Tuhkaa ei saa laimentaa tai sekoittaa muuhun aineeseen, jotta kaatopaikalle hyväksyttävälle

jätteelle asetettujen kelpoisuusvaatimukset täytyisivät. Raja-arvot ylittävä tuhka täytyy siis käsitellä ennen loppusijoitusta. (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 2.5.2013/331.)

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa eli MARA-asetus määrittelee edellytykset tuhkan käyttöön maanrakentamisessa. Asetuksen tarkoituksena on edistää jätteiden hyödyntämistä ilman ympäristönsuojelulain mukaista ympäristölupaa. (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 7.12.2017/843.)

Ympäristönsuojelulaissa ja ympäristönsuojeluasetuksessa on määritelty jätteiden hyödyntämisen ja käsittelyn olevan luvanvaraista toimintaa. Lannoitevalmistelain tai MARA-asetuksen mukaiset haitattomat tuhkat eivät vaadi ympäristölupaa. (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.)

EOW eli End Of Waste menettelyllä voidaan rajatulle tuotteelle hakea jätestatuksen päättymistä silloin, kun tuotteelle on olemassa ympäristövaikutuksia vähentävä käyttötarkoitus. (Hämeen ELY-keskus 2019.)

11 TUTKIMUS

Opinnäytetyön tutkimus toteutettiin haastattelemalla. Haastateltavat valittiin tarkasti, jotta tuhkaa tarkasteltaisiin kattavasti eri näkökulmista. Haastattelut toteutettiin kasvokkain, puhelimitse tai sähköpostiviestien välityksellä. Haastatteluiden kysymykset olivat valmisteltu etukäteen, joita muotoiltiin tarvittaessa haastatteluiden kulun mukaan. Vastauksien perusteella muodostettiin tämänhetkiset toimintamallit ja etsittiin ongelmakohtia sekä niihin mahdollisia ratkaisuja.

Tutkimus osa koostui 19 haastattelusta (Liite 1). Haastateltavat henkilöt työskentelevät tuhkan tuotannossa, lannoitteiden valmistuksessa, lannoitteiden levityksessä, maanrakennuksessa sekä muissa asiantuntijatehtävissä. Haastateltavat jaettiin erilaisiin ryhmiin, joilla oli kohdennetut kysymyspatteristot (Liite 2). Haastateltavien asema yrityksissä vaihteli, mutta pääosin he olivat toimitusjohtajia tai henkilöitä, joiden vastuulla käsiteltävä tuhka oli.

12 LIKETOIMINTAMALLIT

12.1 Tuhkan tuottajien toimintamallit

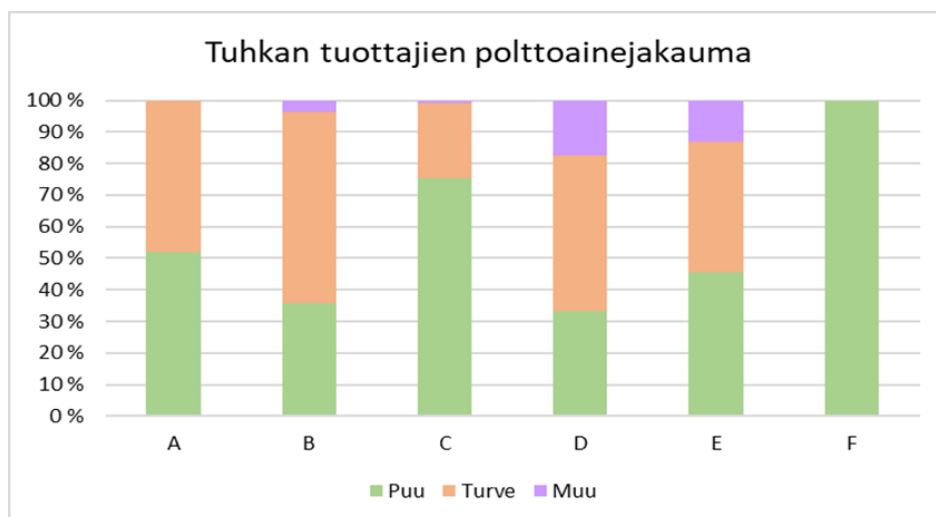
Tuhkan tuottajan asemassa oli kahdeksan erilaista yritystä, jotka on merkitty opinnäytetyöhön koodeilla. Laitoksien koot vaihtelivat suuresti, mikä vaikuttaa suuresti myös siitä syntyvään tuhkan määrään. Esimerkiksi vuodessa 800 GWh polttoaineita käyttävä laitos tuottaa noin 6 000 tonnia tuhkaa. (Taulukko 4.)

Koodi	Tuhkaa tuottava kohde
A	Lämpövoimalaitos
B	Lämpölaitos
C	Lämpövoimalaitos
D	Lämpövoimalaitos
E	Lämpövoimalaitos
F	Lämpölaitos
G	Metsäteollisuuden tehdas ja sen yhteydessä oleva lämpövoimalaitos
H	Metsäteollisuuskonsernin laitokset

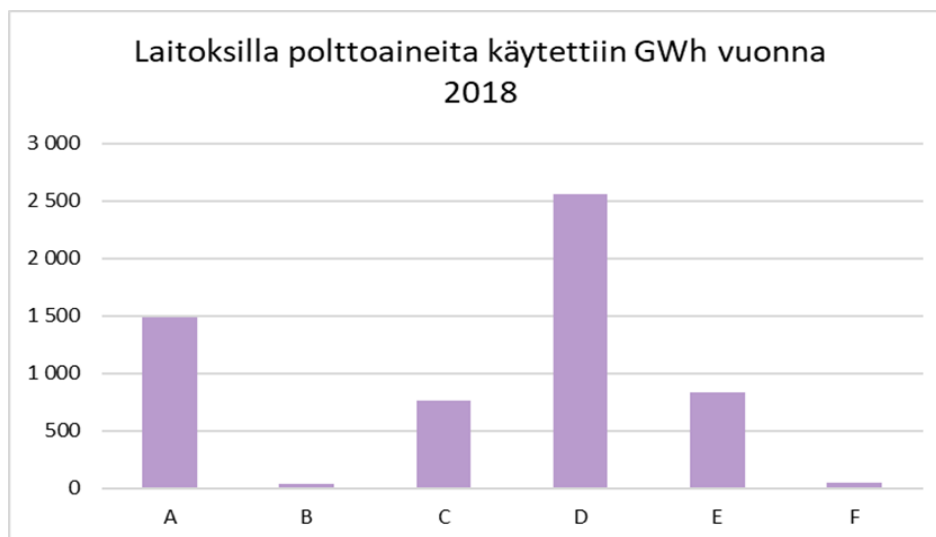
Taulukko 4. Haastateltavat tuhkan tuottajat

Laitoksilla oli käytössä enimmäkseen käytössä leijukerros poltto, josta syntyy lannoitukseen sekä maanrakennukseen sopivaa tuhkaa. Muutamassa laitoksessa oli käytössä kuorenkaasuttimet. Kuorenkaasuttimista syntyy kalkkipitoista tuhkaa, joka kelpaa erinomaisesti peltolannoitteeksi. Yhdellä tehtaista käytetään myös siistauslietettä polttoaineena. Siistausprosessissa syntyy sivutuotteena lietettä, jota kuivataan ja puristetaan polttoaineeksi. Siistausliettestä syntyvä tuhka on hyvälaatuista metsälannoituskäyttöön.

Tuhkan hyödyntämisen lähtökohtia ovat käytetty polttoaine, tuhkan koostumus, määrä, ominaisuudet sekä lainsäädännön rajoitukset tuhkan käytölle. Haastatteluiden perusteella energiantuotannon tuhkat päätyvät useimmiten maarakentamiseen, lannoitteeksi, välivarastoon tai loppusijoitukseen. (Taulukot 5 & 6)



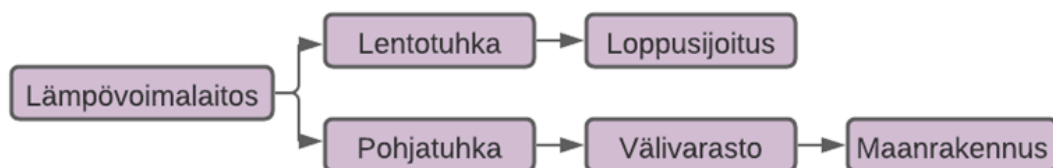
Taulukko 5. Tuhkan tuottajien polttoainejakauma



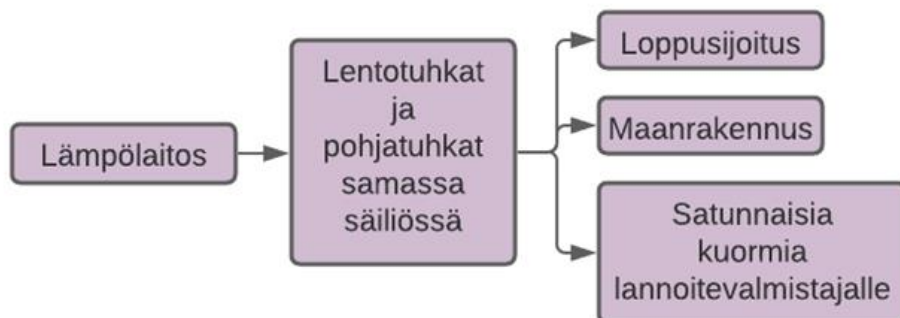
Taulukko 6. Tuhkan tuottajien polttoaine määrät, joiden avulla voidaan arvioida syntyviä tuhka määriä

Tuhkan tuottajien liiketoiminta kohdistuu enimmäkseen energiantuotantoon ja tuhka on heille lähinnä sivutuote, joten useat pitävät vain kulueränä. Tuottajat etsivät jatkuvasti uusia kannattavampia hyödyntämisketjuja. Osa tuhkan tuottajista onkin löytänyt toimivia ratkaisuja, joilla on pystytty tekemään jätteestä tuote.

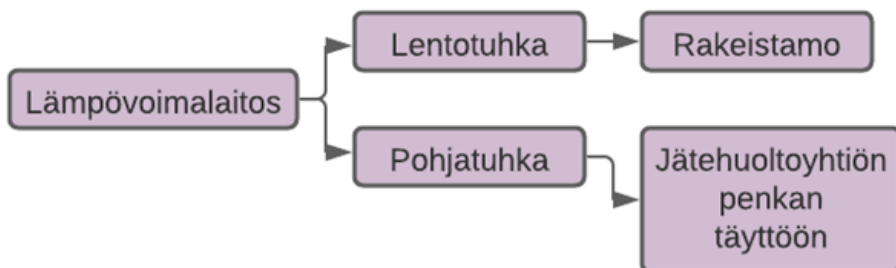
Haastatteluiden perusteella laitoksien pohjatuhkat menevät useimmiten maanrakennuskäyttöön. Lentotuhkien sijoituskohteet vaihtelevat enemmän. Lentotuhkat menivät rakeistamoille, maanrakennukseen tai itsekovettumisen kautta lannoitekäyttöön. Tuhkan kuljetukset laitoksilta oli järjestetty aliurakoitsijoiden avulla. Kuljetuskustannuksista vastasivat useimmiten tuhkan tuottajat. (Kuvat 6 - 13.)



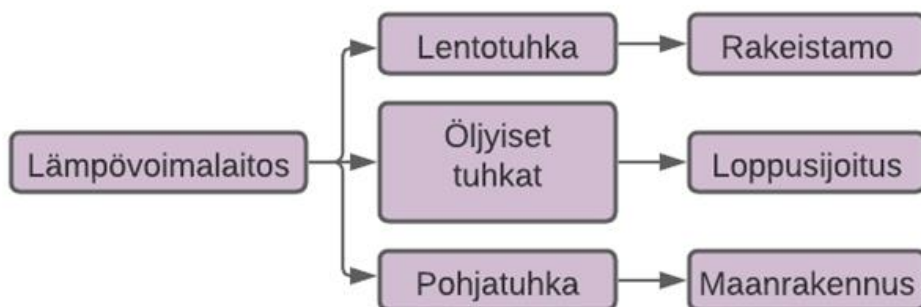
Kuva 6. A. Lämpövoimalaitoksella on käytössä kaksi kattilaa, joiden polttotekniikkana on kup-
laleijupoltto ja kiertoleijupoltto.



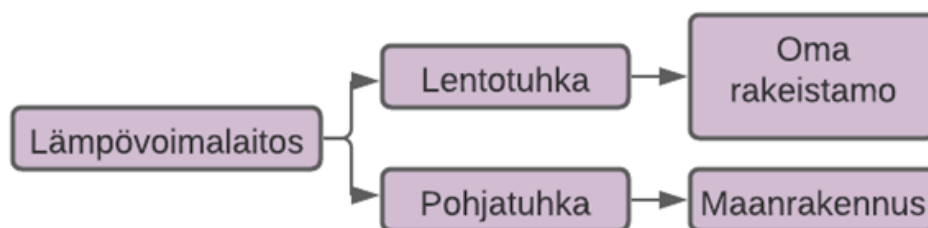
Kuva 7. B. Lämpölaitoksella on käytössä kaksi kattilaa, joiden polttotekniikkana on leijukerros-
poltto.



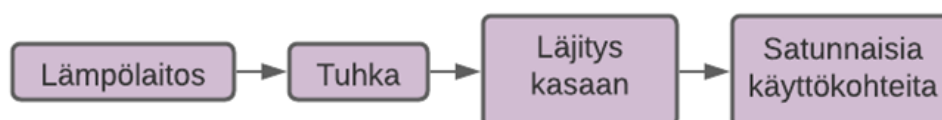
Kuva 8. C. Lämpövoimalaitoksella on käytössä kolme kattilaa, joiden polttotekniikkana on kier-
toleijupoltto, leijukerros-poltto ja arinapoltto.



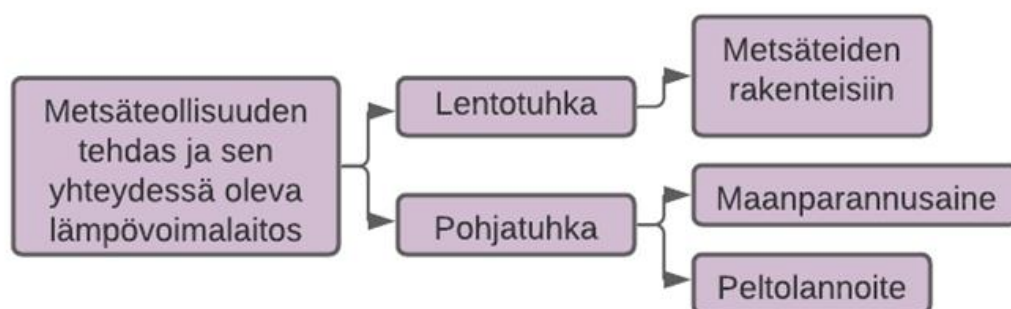
Kuva 9. D. Lämpölaitoksella on käytössä kaksi kattilaa, joiden polttotekniikkana on leijukerros-
poltto ja kiertopetipoltto.



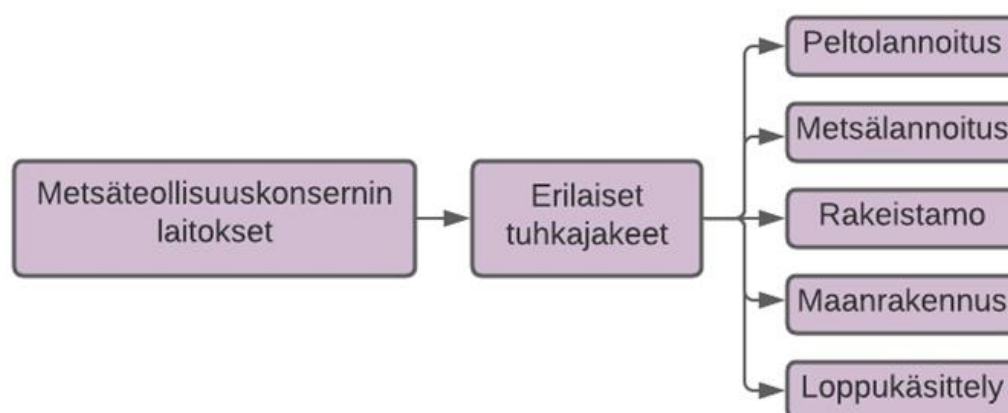
Kuva 10. E. Konsernilla on useita kattiloita, joiden polttotekniikkana on leijukerrospoltto.



Kuva 11. F. Yrityksellä on kolme lämpölaitosta, joiden polttotekniikkana on arinapoltto.



Kuva 12. G. Metsäteollisuuden tehtaan vieressä oleva lämpövoimalaitos käyttää polttoaineena metsäteollisuuden sivutuotteita. Raskaspolttoöljyä käytetään käynnistyksissä varapoltoaineena. Kattilan polttotekniikkana on leijukerrospoltto.



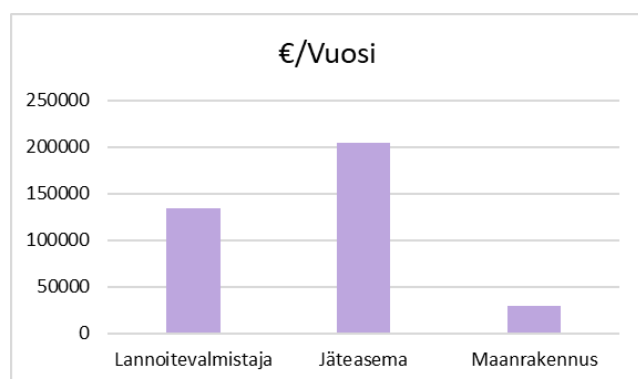
Kuva 13. H. Metsäteollisuuskonsernin laitoksilla on omat energiantuotantoyksikkönsä, joissa pääsääntöisesti käytetään metsäteollisuuden sivutuotteita sekä turvetta. Sahoilla on käytössä pienempiä arinakattiloita ja isommissa tehdasintegraatioissa on leijupetikattilat paria laitosta lukuun ottamatta, joissa on käytössä kuorenkaasuttimet.

12.2 Tuhkan tuottajan kustannuslaskelma

Laskuesimerkissä 3 000 tonnia tuhkaa on sijoitettu lannoitevalmistajalle, maanrakennukseen tai jäteasemalle. Laskelman luvut perustuvat haastatte- luissa saatuihin tietoihin. Laskelmasta huomaa, että tuhkat kannattaa kustan- nuksien kannalta ensisijaisesti sijoittaa maanrakennuskäyttöön. Maanrakenta- misessa tuhkan käytölle saattaa tarvita lisäksi myös ympäristöluvan, joka nos- taisi hieman kustannuksia. Ympäristölupien kustannuksia ei ole otettu mu- kaan, vaan laskelmissa oletetaan tuhkan täyttävän MARA-asetuksen. (Kuva 14.)

Muuttuja	Määrä	Yksikkö
Tuhka	3000	tonnia
Kasettiauton tuntihinta	100	€/h
Kasettiauton maksimikuorma	45	t
Lastaus ja purku	100	€/kerta
Lannoitevalmistajan porttimaksu	25	€/t
Jäteaseman vastaanottomaksu (+jätevero)	80	€/t
Maanrakennuksen vastaanottomaksu	0	€/t
Kaatopaikkakelpoisuus ja vastaavuusanalyysi	300	€/vuosi
Tuhka analyysi	300	€/vuosi
Etäisyys kohteeseen	100	Km
Kuljetuskerrat	66,66667	Kpl

Kustannukset sijoituskohteittain	€/Vuosi
Lannoitevalmistaja	91490
Jäteasema	256490
Maanrakennus	16490



Kuva 14. Kuvakaappaus toimeksiantajalle laaditusta laskurista, joka kuvaa tuhkan eri käyttö- kohteiden kustannuksia.

Tuhkat ovat erilaisia koostumukseltaan, mikä vaikuttaa niiden soveltuvuuteen erilaisissa käyttökohteissa. Kaikki tuhkat eivät siis sovellu maanrakentamiseen tai lannoitteeksi, joten niistä voidaan päästä eroon vain jäteasemalla.

12.3 Tuhkalannoitteiden jalostajien toimintamallit

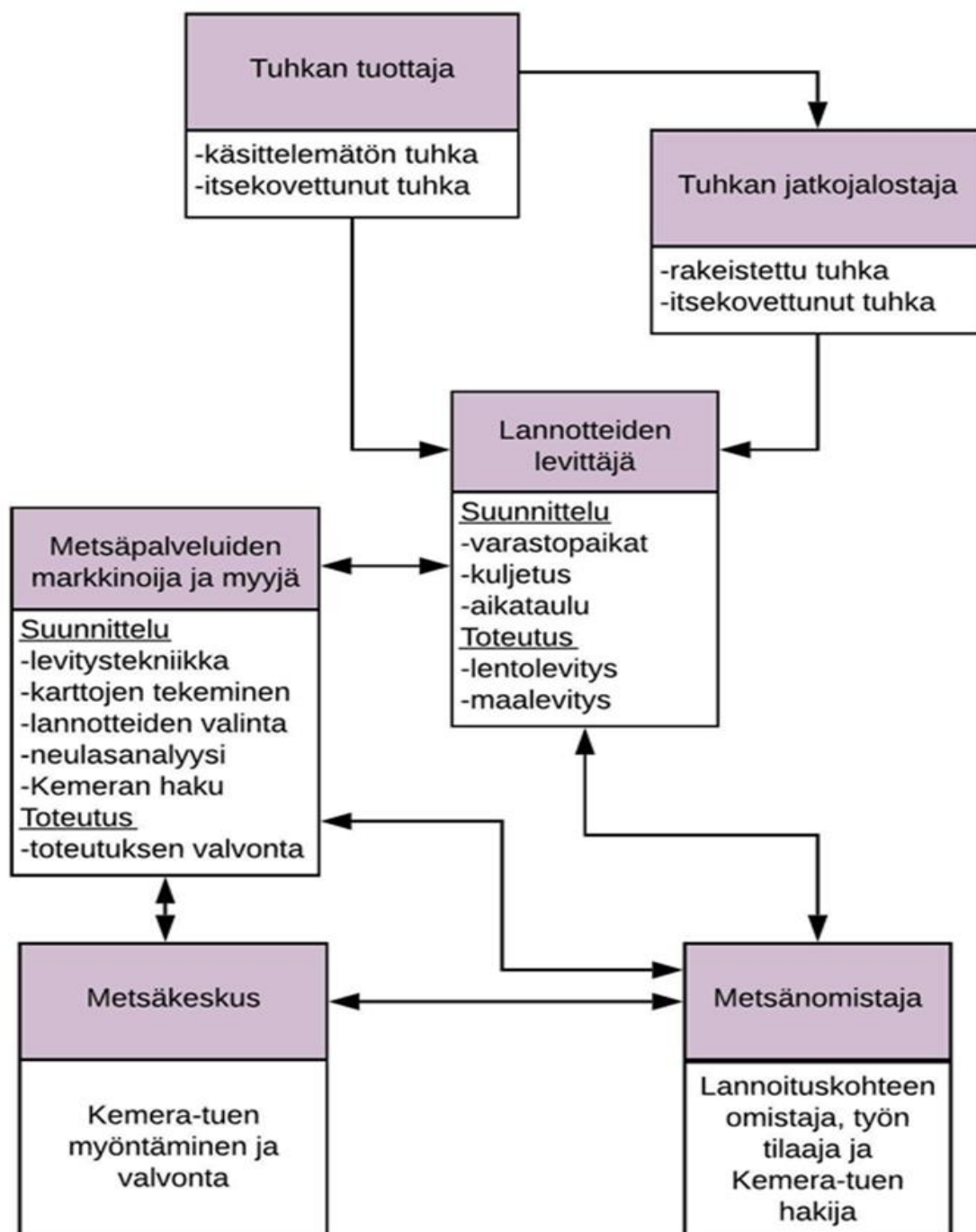
Haastateltavien joukossa oli kaksi erilaista tuhkan jalostajaa, joiden toimintamallit olivat erilaiset. Yritys A vastaanottaa lentotuhkaa ja jalostaa siitä rakeistettua tuhkaa. Rakeistamon tuhkat tulevat pääosin läheisyydessä olevalta voimalaitokselta, jonka tuhkasäiliöstä kulkee putkilinja suoraan rakeistamolle. Saapuvista ja lähtevistä tuhkaeristä otetaan analyysit, joista tarkastetaan ravinteisuustasot ja raskasmetallien määrä. Tuhkasta peritään sen tuojalta vastaanottomaksu. Rakeistuksen yhteydessä sekoitetaan tarvittavat lisäaineet, joista yleisimmät ovat boori, kalium sekä fosfori. Lopuksi tuhkalannoitteet säkitetään ja ne ovat näin ollen käyttövalmiita kuljetettavaksi käyttökohteelle.

Yritys B tuotteistaa, markkinoi, kuljettaa ja levittää irtotuhkaa pelloille ja metsiin itse. He vastaanottavat puun ja turpeen poltosta syntyviä lentotuhkia. Vastaanottamisesta peritään tuhkan tuottajalta maksu. Tuhkat kuljetetaan yrityksen tai tuhkan tuottajan välivarastoon, jossa ne kastellaan ja annetaan itsekovettua. Tuhkan tuottaja tekee toimitettavista tuhista ennen vastaanottamista analyysit ja lähettävät ne yritykselle. Tuhista tarkastetaan vielä tuloksien ajantasaisuus sekä niiden mukaan tehdään tuoteselosteet ja määritellään käyttömäärät. Tulokset lopulta määrittelevät, onko tuhka pelto- vai metsäkel-poista. Tuhkiin ei lisätä tuotteistuksen yhteydessä enää lisäaineita, koska se vaatisi haastateltavan mukaan uudet tutkimukset. Itsekovettunut tuhka murskataan seulakauhalla lastauksen yhteydessä ja kuljetetaan käyttökohteeseen.

12.4 Tuhkalannoitteiden levittäjien toimintamallit

Haastatteluiden perusteella tuhkalannoitteiden levitystyylit pystytään karkeasti jakamaan kahteen eri koulukuntaan. Tyyliä ovat lentolevitys helikopterilla ja maalevitys ajokoneella tai traktorilla. Lentolevityksessä käytetään pääosin rakeistettua tuhkaa. Maalevityksissä käytetään rakeistetun tuhkan lisäksi myös itsekovettunutta tuhkaa ja vähäisissä määrin tuoretta tuhkaa.

Levittäjät saavat lannoituskohteet pääosin suuremmilta metsäpalveluiden tarjoajilta, joissa he toimivat sopimusurakoitsijoina tai saavat työmaat aliurakana. Metsäpalveluiden tarjoajat markkinoivat tuhkalannoituksia metsänomistajille erityisesti lokakuusta huhtikuuhun. Osa levittäjistä saa työmaita myös suoramarkkinointina maanomistajilta sekä lannoitteiden valmistajan kautta. (Kuva 14.)



Kuva 14. Tuhkalannoituksen toteutus

Maalevitykset pyritään tekemään jäiseen ja lumiseen aikaan, mikä määräytyy pitkälti säätilojen mukaan. Maalevityksen kytkeminen harvennuksen yhteyteen helpottaa levityksen toteuttamista, koska metsään on jo tullut valmis ajouraverkosto ja metsänomistajilla on puukaupan ansiosta maksukykyä. Helikopterilla tuhkalevityksiä tehdään pääosin syksyllä, mutta tarvittaessa se on mahdollista ympäri vuoden.

12.5 Tuhkan käyttö valtion mailla

Valtion omistamia maa- ja vesialueita hallinnoi Metsähallitus. Sen hallinnassa on kokonaisuudessaan 12,6 miljoonaa hehtaaria maa- ja vesialueita, joista talouskäytössä olevia monikäyttömetsiä on 4,9 miljoonaa hehtaaria. Valtion omistamat maat sijaitsevat pitkälti Itä- ja Pohjois-Suomessa. (Metsähallitus 2020.)

Metsähallitus tekee kasvatuslannoituksia tuhkalla valtion metsissä noin 3 000 hehtaaria vuodessa. Lannoitukset se hankkii kokonaispalveluna kilpailutetulta yrittäjältä, jolloin palveluun kuluu tuhkalannoite ja levitys. Maanrakennukseen käytetään vuodessa muutamia kymmeniä tonneja tuhkaa. Tähän mennessä tuhkan käyttö metsäteiden rakenteena on ollut lähinnä kokeiluhankkeen tasolla.

13 KEHITYSKOhteet JA MAHDOLLISUUDET

Haastatteluiden perusteella kehitettävää olisi lainsäädännössä, jossa on liian tiukat rajat. Varsinkin maanrakennuskohteisiin menevälle tuhkalta joudutaan hakemaan useimmissa tapauksissa ympäristölupa, koska tuhka ei täytä tiukkaa MARA-asetusta. Analyysien tarkastelu voisi myös kohdistua kokonaiskuormitukseen eikä kuormakohtaisiin pitoisuuksiin, koska tuhkaerät ovat välillä pieniä. Jos toiminta on luonteeltaan laitosmaista tai ammattimaista analyysit on kuitenkin tehtävä, jos tuhkaa halutaan hyödyntää.

Vastaanottomaksuista mielipiteet vaihtelivat laidasta laitaan. Tuhkan tuottajat pitivät useimmiten vastaanottomaksuja liian suurina. Rakeistajat ja muut vastaanottajat pitivät vastaanottomaksuja puolestaan kohtuullisina tai liian pieninä.

Tuhkaa on pystytty tuotteistamaan lannoitteiksi ja maanrakennusmateriaaliksi. Sen arvo on pysynyt silti suhteellisen pienenä verrattuna sen määrään jokaisessa toimitusketjussa. Tuhkalannoitteiden hintojen kasvattaminen saattaisi kadottaa metsänomistajien kysynnän ja jopa maksukyvyn. Maanrakennuksessa puolestaan tuhkan korkeampi hinnoittelu heikentäisi sen kilpailukykyä, koska halvempia ja teknisesti parempia materiaaleja löytyisi helposti sen korvaajaksi.

Pienten lämpölaitosten ongelmana tuhkan hyötykäytössä on liian pienet tuhkamäärät. Hyötykäyttö edellyttäisi analyysijä ja omavalvontasuunnitelmaa, jotka toisivat pienille lämpölaitoksille suhteellisen kalliit kulut. Yhtenä mahdollisena ratkaisuna pidettiin kiertävää yritystä, joka vastaanottaisi pienten laitosten tuhkat ja analysoisi ne heidän puolestaan. Kiertävä tuhkan vastaanottaja saisi sitä kautta kerättyä suuremman erän ja luultavasti löytäisi sitä kautta käyttökohteenkin helpommin.

Useimmat pitivät hyvänä ratkaisuna tuhkan varastoimista, kunnes sille keksitään hyvä käyttökohde. Ongelmana on, että tuhkaa voidaan säilyttää maksimissaan muista jätteistä erotettuna kolmen vuoden ajan ennen käsittelyä tai hyödyntämistä, jolloin siitä ei tarvitse maksaa jäteveroa. Jos tuhka viedään kaatopaikalle jätteenä, siitä on maksettava jäteveroa. Jäteveron suuruus tällä hetkellä on 70 euroa tonnilta.

Mahdollisena tuhkan käyttökohteena pidettiin sen muokkaamista jalostamista rakennuskäyttöön. Tuhkaa voitaisiin jalostaa esimerkiksi perustuksien eristeeksi tai stabilointiaineksi, jota voitaisiin käyttää teiden rakentamisessa. Tuhkan hyötykäyttö maanrakennuksessa säästäisi luonnon kiviaineksia, joita on rajallinen määrä.

Tuhkien hyötykäyttöön kaivattiin enemmän toimijoita. Varsinkin maanrakennustoimintaan toivottiin lisää yksityisiä yrittäjiä. Haastatteluissa korostui erityisesti yhteistyön merkitys eri yritysten ja alojen välillä, sen avulla käyttökohteita löytyisi entistä sulavammin.

14 TULOSTEN TARKASTELU

14.1 Loppusijoitus on huonoin vaihtoehto

Haastatteluiden perusteella puuta ja turvetta tullaan vielä jatkossakin käyttämään polttoaineena, joten tuhkaakin tulee vielä jatkossakin syntymään. Turpeen osuus tulee näillä näkymin vähenemään lähitulevaisuudessa, mikä puolestaan vaikuttaa tuhkan laatuun positiivisesti.

Energian- ja lämmöntuottajat pyrkivät löytämään ympäristöystävällisiä ja järkeviä käyttökohteita tuhkalle. Heidän olisi järkevintä löytää tuhkille hyötykäyttökohteet joko maanrakennuspuolelta tai lannoitevalmistajilta. Tuhkan tuottajille tämän kaltaisten kohteiden löytäminen merkitsisi sitä, että heidän ei tarvitsisi viedä tuhkaa loppusijoitukseen. Loppusijoitus on kaikista kallein vaihtoehto eikä siinä päästä hyödyntämään tuhkan mahdollisuuksia.

Maanrakennukseen tarvitaan selvästi enemmän yrittäjiä, jotka olisivat avoimia käyttämään kiertotaloutta edistäviä materiaaleja. Tulevaisuudessa tämän kaltaisten yritysten määrä tulee luultavasti lisääntymään, koska kiertotalous ja jätteen hyötykäyttö ovat selvästi nousussa olevia trendejä.

14.2 Tuhkan käyttöä on lisättävä metsissä ja pelloilla

Tuhkan käyttö metsälannoituksessa ja maarakentamisessa on ollut melko vakiintunutta Suomessa jo pitkään. Metsälannoitus ja maanrakennus ovat myös todennäköisimpiä ratkaisuvaihtoehtoja tuhkan tuottajille. Uutena käyttökohteena tuhkalle oli peltolannoituskäyttö, jota kehitetään edelleen. Peltolannoitukseen sopii kuitenkin vain murto-osa tuhkasta, koska maa- ja metsätalousministeriön lannoitevalmisteista koskevassa asetuksessa on tiukemmat raja-arvot maanviljelyn suhteen esimerkiksi raskasmetallien osalta. Tuhkan tuottajan oma aktiivisuus on erittäin tärkeää käyttökohteiden löytämisessä. Haasteltujen tuhkan tuottajien ratkaisut vaihtelivat toimitusketjun rakenteen ja siinä toimivien kumppaneiden roolien suhteen merkittävästi.

Suomessa ollaan myös entistä enemmän kiinnostuneita metsien kasvusta ja niiden hyvinvoinnista. Suomessa on hyvin runsaasti turvemaita, joilla on kasvua hidastavia ravinnepuutoksia. Tuhkalannoitteiden käytön lisääminen näin ollen parantaisi turvemaiden puuston kasvua ja sitä kautta kasvattaisi myös hiilinieluja.

Tuhkan käyttöä peltolannoituksissa voitaisiin tutkia enemmän. Monet yritykset pitivät tätä erittäin potentiaalisena hyötykäyttökohteena. Selkeätä tutkimusta aiheesta ei ole kuitenkaan vielä tehty. Tuhkan käyttö peltolannoituksissa vaikuttaisi olevan vielä alkutekijöissä ja siihen olisi syytä perehtyä lisää tutkimuksilla.

14.3 Jatkotutkimukset

Toimijoiden yhteistyöhön voisi kehittää omat verkkosivut tai sovelluksen, jolla voitaisiin kätevästi tarjota tuhkia ja muita sivuvirtoja toimijoiden kesken. Yhteisellä selkeällä kauppapaikalla olisi mahdollista edistää tuhkan hyötykäyttöä ja luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia.

Tuhkalannoitteiden markkinointia voitaisiin kehittää. Suomessa on runsaasti yksityisiä metsänomistajia, jotka omistavat sopiville turvemaille olevia metsiä. Tuhkalannoituksen markkinointi juuri näille metsänomistajille on tärkeässä asemassa. Ilmakuvien tai laserkeilausaineistosta voisi yrittää selvittää lannoitustarpeen. Ilmakuvaus ja laserkeilaus kehittyvät tällä hetkellä kovaa vauhtia, joten olisikohan mahdollista selvittää ravinnepuutokset niiden avulla ja kohdistaa markkinointia niiden perusteella.

Itsekovetutun tuhkan levittimien kehittymismahdollisuudet pitäisi selvittää. Raakeistaminen on suhteellisen arvokasta toimintaa, joten olisiko mahdollista kehittää toimivampi laitteisto itsekovetetun tuhkan levitykseen.

EoW-statusen käyttö tuhkan hyödyntämisessä tulisi selvittää. Kyseisestä käytännöstä voisi tehdä tutkimuksen, miten tämä toimisi käytännössä. EoW-statuksesta oli muutenkin hyvin vähän suomenkielistä sisältöä.

14.4 Opinnäytetyön luotettavuus

Tutkimus koostui kirjallisesta ja empiirisestä osasta. Kirjallisuusosassa käytiin läpi keskeiset asiat tuhkasta materiaalina ja tuhkan hyödyntämisen teknisistä ratkaisuista sekä tuhkien hyödyntämiseen vaikuttava lainsäädäntö. Tutkimuksessa käsitelty aineisto kattaa merkittävimmän tuhkan hyödyntämiseen liittyvän peruskirjallisuuden sekä viimeaikaisia tutkimustuloksia. Työssä tuhkan hyödyntämisvaihtoehtojen tarkempi tarkastelu rajattiin toimeksiantajan kanssa metsälannoitukseen ja metsäteiden rakenteisiin. Lisäksi käsitelin muita mahdollisia käyttökohteita lyhyesti. Aineistoon sisältyy myös internet-lähteitä ja haastatteluja, joista osa on yritysten omaa kuvausta toiminnastaan.

Tämän aineiston tarkoitus oli muodostaa kuva tuhkan hyödyntämisen toimintamalleista Suomessa. Empiirinen osa koostui 19 haastattelusta. Haastattelututkimuksen luotettavuutta lisää haastattelukysymysten ja haastattelurungon valmistelu etukäteen. Kysymyksiä muotoiltiin hieman uudelleen haastattelun kulun mukaan. Laajempi otanta haastatteluissa olisi lisännyt tulosten luotettavuutta. Haastateltavien valinta toteutettiin pääosin yhteistyössä Tapion kanssa.

15 YHTEENVETO

Tuhkien hyötykäyttö ja kiertotalous ovat kehittyvässä vaiheessa. Tuhkaa ei pitäisi nähdä jätteenä, vaan potentiaalisena raaka-aineena. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, minkälaisia toimintamalleja tuhkan käyttöön liittyy Suomessa. Selvitettyjen toimintamallien avulla erilaiset toimijat voisivat ottaa mallia toisiltaan ja siten kehittää omaa toimintaansa. Opinnäytetyössä tarkasteltiin keskeisimpiä asioita ja lainsäädäntöä, jotka vaikuttavat teollisuuden tuhkiin sekä niiden hyötykäyttöön rakennusmateriaalina tai lannoitteena. Työssä tarkastellut lait olivat ympäristönsuojelulaki, lannoitevalmistelaki, jätelaki, ympäristönsuojeluasetus sekä MARA-asetus.

Opinnäytetyössä haastateltiin yhteensä 19 erilaista toimijaa, jotka työskentelevät tuhkan parissa. Haastateltavat toimivat tuhkan tuotannossa, jalostuksessa, markkinoinnissa, levityksessä, loppukäsittelyssä tai asiantuntijatehtävissä. Haastattelut toteutettiin kasvotusten, puhelimitse tai sähköpostien välityksellä maaliskuussa 2020.

Tutkimuksessa tarkasteltiin energiateollisuuden ja metsäteollisuuden tuhkien toimintamalleja sekä niiden hyötykäyttöä. Suomessa tullaan käyttämään vielä monia vuosia puuta ja turvetta polttoaineena, joten tuhka tulee olemaan jatkossakin merkittävä sivuvirta. Potentiaalisia tuhkia syntyy myös siistauslietettä poltettaessa. Opinnäytetyössä tutkittiin tuhkan hyötykäyttökohteita metsätaloudessa, niitä ovat metsälannoitus ja metsäteiden rakennusmateriaali. Lisäksi opinnäytetyössä sivuttiin myös muita mahdollisia tuhkan sijoituskohteita.

Kuljetusmatka ja sen tuomat kustannukset vaikuttivat vahvasti tuhkan sijoituskohteen määrittelyyn. Tuhkat menivät laitoksilta useimmiten rakeistajalle, maanrakennukseen, kaatopaikalle tai suoraan lannoitteen levittäjälle. Tuhkan varastointi vaihteli sijoituskohteen mukaan, esimerkiksi käytön takia tuhka saattoi vaatia itsekovettumista tai stabiloitumista väliaikaisessa varastossa.

Kustannukset, vaivattomuus ja ympäristöystävällisyys olivat mielestäni suurimmat vaikuttavat tekijät energiateollisuuden toimintamallien kehittymiseen. Kustannukset muodostuivat tutkimuksista, luvista, käsittelystä, kuljetuksista ja vastaanottomaksuista. Kasvavana trendinä tällä hetkellä on ympäristöystävällisyys ja kiertotalous, jotka ovat varmasti osittain edistäneet tuhkien hyötykäyttöä. Hyötykäyttöratkaisut ovat myös tuhkan tuottajille kustannuksien puolesta kannattavia, sillä kaatopaikkaverot on suhteellisen kalliit.

Haastatteluiden perusteella tuhkan hyötykäytön edistämiseksi tarvittaisiin enemmän tuhkaa hyödyntäviä yrityksiä. Lisäksi toimijoiden välistä yhteistyötä tulisi lisätä sekä lainsäädännössä tuhkien pitoisuuksien raja-arvoja tulisi hellittää.

LÄHTEET

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. 2016. Tuhkan käyttö lannoitteena. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://aineisto.ruokavirasto.fi/evira20181231/www/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/kieratysravinteet/tuhkan-kaytto-lannoitteena/index.html> [viitattu 12.1.2020].

Energiateollisuus. 2012. Tuhkarakentamisen käsikirja. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://energia.fi/files/1137/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf [viitattu 11.1.2020].

Forest Vital Oy. 2016. Forest Vital. Videoleike. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=iWHJir_tvDg [viitattu 12.1.2020].

Forest Vital Oy. 2011. Forest Vital Metsänlannoitus - Maalevitys. Videoleike. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=6nE8qSPpC1k> [viitattu 12.1.2020].

Huotari, N. 2012. Metsäntutkimuslaitos Metla. Tuhkan käyttö metsälannoitteena. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/isbn/978-951-40-2371-2/tuhkan-kaytto-metsalannoitteena.pdf> [viitattu 11.1.2020].

Hämeen ELY-keskus. 2019. Yhdyskuntajätteet. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Jatteet_ja_jatehuolto/Jatesuunnittelu/Etela_ja_LansiSuomen_jatesuunnittelu/Alueellista_jate-tietoa/Hameen_ELYkeskus\(30763\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Jatteet_ja_jatehuolto/Jatesuunnittelu/Etela_ja_LansiSuomen_jatesuunnittelu/Alueellista_jate-tietoa/Hameen_ELYkeskus(30763)) [viitattu 26.4.2020].

Joensuu, S & Vanhanen, H. 2013. TuhkaTie - hankkeen tuloksia 2011-2013, Tapion julkaisuja. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/TuhkaTie-hankkeen%20tuloksia%202011-2013%20%E2%80%93%20Samuli%20Joensuu%20Tapio%209.12.2013.pdf> [viitattu 13.1.2020].

Joensuu, S & Vanhanen, H. 2019. Tuhkan käyttö tienrakennuksen materiaalina, Ympäristövaikutusten seuranta. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Tuhkan-kaytto-tienrakennuksen-materiaalina.pdf> [viitattu 13.1.2020].

Joensuu, S. 2018. Tapio. Puutuhkan käyttö kivennäismetsien lannoituksessa – Loppuraportti 2016-2018. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Puutuhka-kivennaismaametsien-lannoituksessa-loppuraportti-2016-2018.pdf> [viitattu 11.1.2020].

Joensuu, S. 2019. Tapio. Tuhkan käyttö tienrakennuksen materiaalina. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Tuhkan-kaytto-tienrakennuksen-materiaalina.pdf> [viitattu 10.9.2020].

Jätelaki 17.6.2011/646.

Jäteverolaki 17.12.2010/1126.

Karppinen, S. 2020. Lisää kierroksia tuhkalannoitukseen. *Metsälehti* 6/2020. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/lisaa-kierroksia-tuhkalannoitukseen/#d80cf317> [viitattu 28.8.2020].

Kontiainen, J. 2018. Helikopteri pommittaa metsäpalstaa teollisuuden biotuhkasta tehdyillä rakeilla – lannoituksella saadaan metsälle lisää tuottoa. *Kaleva* 22.11.2018. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.kaleva.fi/uutiset/oulu/helikopteri-pommittaa-metsapalstaa-teollisuuden-biotuhkasta-tehdyilla-rakeilla-lannoituksella-saadaan-metsalle-lisaa-tuottoa/810772/> [viitattu 9.5.2020].

Korpijärvi, K., Mroueh, U., Merta, E., Laine-Ylijoki, J., Kivikoski, H., Järvelä, E., Wahlström, M. & Mäkelä, E. 2009. VTT Tiedotteita 2499, Energiantuotannon tuhkien jalostaminen maarakennuskäyttöön. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2499.pdf> [viitattu 26.4.2020].

Lannoitevalmistelaki 5.6.2006/539.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2020. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://mmm.fi/-/metsien-tuhkalannoituksen-tuki-laajenee-valtioneuvosto-hyvakysi-asetusmuutoksen> [viitattu 27.8.2020].

Makkonen, T. (toim.) 2008. Tuhkalannoitus, Hyvän metsänhoidon opassarja. Tapion julkaisuja. Saatavissa: https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/tuhkalannoitus_tapio_2008_pakattu.pdf [viitattu 12.1.2020].

Matilainen, M. 2018. Apila Group Ltd. Tuhka osana kiertotaloutta. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Tuhka-osana-kiertotaloutta_Matilainen.pdf [viitattu 10.1.2020].

Metsähallitus. 2020. Metsähallituksen hallinnoimat valtion maa- ja vesialueet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metsa.fi/maat-ja-vedet/pinta-alat/> [viitattu 17.9.2020].

Metsäkeskus. 2014. Suometsien uudistaminen. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/suometsien-uudistaminen.pdf> [viitattu 25.9.2020].

Metsäkeskus. 2006. Tuhkan käyttö metsälannoitevalmisteenä. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/tuhka_metsanlannoitteena_vtt.pdf [viitattu 24.8.2020].

Metsäkeskus. 2016a. Tuhkalannoitus materiaalit. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metsakeskus.fi/tuhkalannoitus-materiaalit> [viitattu 9.5.2020].

Metsäkeskus. 2016b. Tuki metsän terveyslannoitukseen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metsakeskus.fi/tuki-metsan-terveyslannoitukseen> [viitattu 13.1.2020].

Parviainen, J. 2014. Metsäkeskus. Lannoitushankkeet. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/lannoitushankkeet-mhy-lakeus-parviainen.pdf> [viitattu 9.5.2020].

Rantala, S. 2018. Tapion taskukirja. Metsäkustannus. Latvia: Jelgava Printing House.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 7.12.2017/843.

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 2.5.2013/331.

Vanhatalo, K., Väisänen, P., Joensuu, S., Sved, J., Koistinen, A. & Äijälä, O. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset suometsien hoitoon, työopas. Tapion julkaisuja. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.metsanhoitosuosituks.fi/wp-content/uploads/2016/06/Metsanhoidon_suosituksset_suometsien_hoitoon_TAPIO_2019_12_30.pdf [viitattu 13.1.2020].

Ylitalo, E. & Torvelainen, J. 2018. Luonnonvarakeskus. Suomen metsätilastot. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://stat.luke.fi/sites/default/files/suomen_metsatilastot_2018_verkko.pdf [viitattu 10.1.2020].

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidonsuosituksset. Tapion julkaisuja. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.metsanhoitosuosituksset.fi/wp-content/uploads/2019/06/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf [viitattu 12.1.2020].

N.N. 2020. Polttoaineiden hankintapäällikkö. Haastattelu 17.3.2020.

N.N. 2020. Toimitusjohtaja. Haastattelu 11.3.2020.

N.N. 2020. Tuotantojohtaja. Haastattelu 4.3.2020.

N.N. 2020. Polttoainejohtaja. Haastattelu 24.3.2020.

N.N. 2020. Polttoainevastaava. Haastattelu 2.4.20020.

N.N. 2020. Hallituksen puheenjohtaja. Haastattelu 2.4.2020.

N.N. 2020. Ympäristöpäällikkö. Haastattelu 18.3.2020.

N.N. 2020. Ympäristöpäällikkö. Haastattelu 27.3.2020.

N.N. 2020. Toiminnanjohtaja. Haastattelu 6.4.2020.

N.N. 2020. Metsienkäyttö- ja suunnittelujohtaja. Haastattelu 20.3.2020.

N.N. 2020. Kehitysjohtaja. Haastattelu 20.3.2020.

N.N. 2020. TKI-johtaja. Haastattelu 6.4.2020.

N.N. 2020. Liiketoimintajohtaja. Haastattelu 24.3.2020.

N.N. 2020. Myyntipäällikkö. Haastattelu 23.3.2020.

N.N. 2020. Toimitusjohtaja. Haastattelu 26.3.2020.

N.N. 2020. Yrittäjä. Haastattelu 2.4.2020.

N.N. 2020. Yrittäjä. Haastattelu 24.3.2020.

N.N. 2020. Yrittäjä. Haastattelu 24.3.2020.

N.N. 2020. Toimitusjohtaja. Haastattelu 24.3.2020.

Tuhkan tuottajat

1. Mihinkä tämänhetkiset tuhkat sijoitetaan?
2. Mikä on tämän tuotantolaitoksen polttotekniikka? Leijukerros poltto, Arinapoltto vai jokin muu?
3. Säilötäänkö lento- ja pohjatuhka erikseen?
4. Seurataanko tuhkien raskasmetallipitoisuuksia ja laatua?
5. Koetteko tuhkan olevan tällä hetkellä olevan ongelma vai mahdollisuus?
6. Poltetaanko puupolttoaineet ja turve sekaisin?
7. Millä hinnalla olette myyneet tuhkia?
8. Kuinka suuri osa tuhkasta on hyödyntämiskelvollista?
9. Mitenkä tuhkien siirrot ovat järjestetty?
10. Näettekö puupolttoaineiden ja turpeen käyttösuhteiden muuttuvan tulevaisuudessa ja miten olette siihen varautuneet?
11. Käytetäänkö öljyä tai jotain muuta ainetta tukipolttoaineena?
12. Suodatetaanko tuhkasta raskasmetalleja vielä erikseen, jotta se saavuttaisi lainmukaiset raja-arvot?
13. Käsittelettekö tuhkaa varastoinnin aikana mitenkään, esim. kastelemalla?
14. Onko teillä erillisiä varastointialueita tuhkalta laitoksen ulkopuolella?
15. Oletteko harkinneet omaa tuhkanjalostus tuotantoa?
16. Mitä toivoisitte jalostajilta ja käyttäjiltä?
17. Käytättekö sähkösuodattimia?
18. Pystytäänkö polttoprosessia tehostamaan tuhkan laadun parantamiseksi?
19. Prosessikuvaus siitä, miten toiminta organisoidaan polttolaitoksella ja laitokselta ulos.
20. Minkälaisia kustannuksia tuhkasta aiheutuu tällä hetkellä? Miten kustannuksia voitaisiin minimoida?
21. Onko tuhkalta ollut kysyntää? Minkälaiselle tuhkalta? Mihin käyttöön tuhka on ohjautunut?
22. Kuinka paljon tuhkaa ohjautuu kaatopaikalle?
23. Miten tuhkan hyötykäyttöä voisi edistää? Mitkä ovat suurimmat esteet?
24. Mikä parantaisi kustannustehokkuutta tuhkan hyötykäytössä?

Lannoitteiden valmistajat

1. Minkälaiset tuhkat kelpaavat teille?
2. Mistä tuhkat tällä hetkellä tulevat?
3. Miten käsittelemättömän tuhkan logistiikka on toteutettu laitokselta teidän jalostuspisteellenne?
4. Onko teidän mielestänne tuhkan saatavuus hankalaa?
5. Onko käsittelemättömän tuhkan vastaanottomaksu kohdillaan?
6. Tarkastatteko saapuneen tuhkan?
7. Mitenkä säilötte käsittelemättömän tuhkan?
8. Miten käsittelette tuhkan lannoitteeksi?

9. Mitenkä seuraatte tuotteittenne laatua?
10. Minkälaiset olosuhteet tuhkalannoitteen varastoinnissa pitää olla?
11. Kuinka kauan lannoitetta voidaan säilää säkissä?
12. Voiko lannoite pilaantua tai muuttua käyttökelvottomaksi?
13. Kuvatkaa prosessi; tuhkan saapumisesta jatkokäyttöön.
14. Miten tuhkan hyötykäyttöä voitaisiin teidän mielestänne edistää? Mitkä ovat suurimmat haasteet?
15. Mikä parantaisi kustannustehokkuutta tuhkan hyötykäytössä?
16. Miten vastuullisuuskysymykset otetaan huomioon tuhkan hyötykäytössä?

Lannoitteiden levittäjät

1. Mitenkä tuhkalannoitusprosessi etenee ja mitkä ovat sen päävaiheet? (Esimerkki)
2. Millä tavoin levitätte tuhkalannoitteet?
3. Mikä on maa- ja lentolevityksen suhde?
4. Kuinka nopeasti esimerkiksi 10 hehtaaria pystytään levittämään eri levitystyyliellä?
5. Paljonko maa- ja lentolevitys maksaa keskimäärin hehtaarilta?
6. Käytättekö lannoituksessa pelkästään rakeistettua tuhkaa?
7. Mitä ongelmia on tullut vastaan tuhkalannoitteiden käytössä?
8. Osaavatko metsätoimihenkilöt mielestänne markkinoida oikein lannoitusta?
9. Minkälainen vuosikello teillä on lannoituksien suhteen?
10. Voitaasiinko lannoitus tehdä harvennushakkuiden lähikuljetuksen yhteydessä
11. samanaikaisesti?
12. Kuinka suuri varastoalue tarvitaan?
13. Mitä teette, jos lannoite on päässyt säkissä kastumaan, jäätymään tai kovettumaan?
14. Näetkö jotain uutta toimintatapaa, jolla pystyttäisiin edistämään tuhkan käyttöä?
15. Liiketoimintamallin kannattavuus, mitä voisi tehdä toisin, millä saataisiin tuottavammaksi?
16. Miten tuhkan hyötykäyttöä voitaisiin teidän mielestänne edistää? Mitkä ovat suurimmat haasteet?
17. Löytyykö lannoituskohteita helposti? Hyödynnetäänkö paikkatietoa?
18. Mikä parantaisi kustannustehokkuutta tuhkan hyötykäytössä?
19. Miten tuhkan käytön vastuullisuuskysymykset otetaan huomioon? Aiheuttaako tuhkan käyttö kysymyksiä esim. lähialueiden asukkailta?

Tuhkan käytön ja kestävän kehityksen asiantuntijat

1. Aiheutuuko tuhkankäytöstä ympäristöhaittoja? Mitä nämä haitat ovat? Kuinka niihin varaudutaan?
2. Mitenkä maanrakennukseen tai lannoitukseen soveltumattomat tuhkat pitäisi käyttää?
3. Haittaako jos osa tuhkasta raja-arvot ylittävää, mutta se on vain osa suurempaa massaa?
4. Onko tuhkalannoitteiden joutuminen vesistöihin haitallista? Miten?
5. Onko tuhkalannoitteet haitallisia ihmisille tai eläimille? Miten?

6. Ovatko tuhkalannoitukset kiellettyjä pohjavesialueilla? Miksi?
7. Onko tuhka otettu metsäteiden rakennusaineena yleiseen käyttöön?
8. Millä tavoin pienien energiatuotantolaitosten tuhkan hyötykäyttöä voitaisiin lisätä?
9. Minkälaisen tulevaisuuden näet tuhkalla olevan lannoitteena ja maanrakennusaineena?
10. Entä muuta hyödyntämistä?
11. Miten tuhkan hyötykäyttöä voisi edistää? Mitkä ovat suurimmat haasteet, pullonkaulat?
12. Löytyykö hyötykäyttökohteita helposti? Hyödynnetäänkö paikkatietoa?
13. Mikä parantaisi kustannustehokkuutta tuhkan hyötykäytössä?
14. Onko hyötykäytön parissa riittävästi toimijoita?
15. Miten vastuullisuuskysymykset otetaan huomioon tuhkan hyötykäytössä?

Tuhkan markkinoijat metsänomistajille

1. Kuva lannoitusprosessi, kuinka se hoidetaan? (Markkinointi, suunnittelu, toteutus)
2. Minkälainen vuosikello teillä on lannoituksien suhteen?
3. Lähtevätkö asiakkaat helposti lannoitus ehdotuksiin mukaan, jos sopiva kohde löytyy?
4. Kuka suunnittelee lannoituksen toteutuksen?
5. Onko lannoituskohteiden löytäminen hankalaa?
6. Onko mielestäsi lannoituksen toteutumisprosessi mielestäsi työläs toimihenkilölle?
7. Markkinoitko pelkästään rakeistettua tuhkaa vai myös irtotuhkaa?
8. Onko tuhka otettu metsäteiden rakennusaineena käyttöön ja minkälainen vastaanotto siitä on ollut?
9. Millä tavoin tuhkan käyttöä voitaisiin sinun mielestäsi lisätä?
10. Minkälaisen tulevaisuuden näet tuhkalla olevan lannoitteena ja maanrakennusaineena?
11. Onko teillä riittävästä tietoa tuhkalannoituksesta, sen hyödyistä ja vaikutuksista?
12. Miten tuhkan hyötykäyttöä voisi edistää? Mitkä ovat suurimmat haasteet?
13. Löytyykö hyötykäyttökohteita helposti? Hyödynnetäänkö paikkatietoa?
14. Mikä parantaisi kustannustehokkuutta tuhkan hyötykäytössä?
15. Miten vastuullisuuskysymykset otetaan huomioon tuhkan hyötykäytössä?

Tuhkan käyttö valtion mailla

1. Kuinka paljon valtion mailla käytetään tuhkalannoitetta vuosittain?
2. Mistä saatte tuhkalannoitteet?
3. Käytättekö tuhkaa metsäteiden rakenteissa?
4. Millaisia määriä tuhkaa menee vuositasolla maanrakennukseen?
5. Mihin vuodenaikaan suoritate lannoituksia?
6. Suoritateko kasvatuslannoituksia tuhkalla?
7. Minkälaisen tulevaisuuden näet tuhkan käytöllä olevan valtion metsissä?
8. Onko tuhkalannoitteita helposti saatavissa?

9. Kuvatkaa prosessit Metsähallituksessa.
10. Miten tuhkan hyötykäyttöä voisi edistää? Mitkä ovat suurimmat haasteet, pullonkaulat?
11. Löytyykö hyötykäyttökohteita helposti? Hyödynnetäänkö paikkatietoa?
12. Mikä parantaisi kustannustehokkuutta tuhkan hyötykäytössä? Miten tuhkan toimitusketju saataisiin tehokkaaksi?
13. Miten vastuullisuuskysymykset otetaan huomioon tuhkan hyötykäytössä?