

Marko Ahola

Tuhkalannoituksen organisointi, teknologia ja yhteishankkeiden järjestäminen

Opinnäytetyö

METSÄTALOUDEN KOULUTUSOHJELMA

Kesäkuu 2014




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

		Opinnäytetyön päivämäärä 2.6.2014
Tekijä Marko Ahola	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Metsätalouden koulutusohjelma Metsätalous	
Nimeke Tuhkalannoituksen organisointi, teknologia ja yhteishankkeiden järjestäminen		
Tiivistelmä Etelä-Savon alueella on ollut käynnissä vuodesta 2013 lähtien Biolannoite – Tuhkasta kasvuun metsissä - hanke. Hankkeen tavoitteena on lisätä tuhkan hyötykäyttöä. Hankkeeseen liittyen järjestettiin maaliskuussa 2014 tuhkalannoituksen tiedotusseminaarit metsänomistajille ja metsäammattilaisille Mikkeliissä, Pieksämäellä ja Savonlinnassa. Tilaisuuksiin osallistui 105 asiasta kiinnostunutta henkilöä. Opinnäytetyössäni käsittelem tuhkalannoitusta, tuhkalannoituksen organisointia ja teknologiaa sekä yhteishankkeiden järjestämistä. Työni tavoitteena on tuoda tuhkalannoituksen hyödyt ja käytännön valmistelut tutuksi metsänomistajille ja tuleville metsäammattilaisille. Toiminta on hyvin suunniteltuna ja ketjutettuna tehokasta ja kannattavaa. Yhteishankkeiden merkitys korostuu, kun lasketaan lannoituksen kustannuksia. Tuhkalannoitus olisi tärkeää saada osaksi suometsänhoitoa, sillä tuhkan positiiviset vaikutukset on todettu lukuisissa eri tutkimuksissa. Metsäntutkimuslaitoksen tutkimuksissa tuhkalannoitteen on todettu lisäävän puuston kasvua 1-6 m ³ hehtaarille vuodessa. EU:n ilmasto- ja energiapolitiittiset tavoitteet velvoittavat Suomea lisäämään uusiutuvan energian käyttöä. Kansallisen metsäohjelman tavoitteena on kasvattaa metsähakkeen käyttöä ja tulevaisuudessa on odotettavissa, että tuhkamäärät kasvavat merkittävästi. Tuhka on stabiloitava ennen levitystä ja sen pitää täyttää lannoitelain vaatimukset ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksien osalta. Tuhkalannoituksen avulla saadaan lämpö- ja energialaitosten jätetuhka kierrätettyä ja tuhkalannoituksesta tulee yksi metsänhoitotapa.		
Asiasanat (avainsanat) Tuhkalannoitus, organisointi, teknologia, yhteishanke		
Sivumäärä 22 p. + liit. 1 s.	Kieli Suomi	URN URN:NBN:fi:amk-2014060111257
Huomautus (huomautukset liitteistä) Opinnäytetyöhön kuuluu PowerPoint esitys opetustarkoitukseen.		
Ohjaavan opettajan nimi Kati Kontinen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin ammattikorkeakoulu Metsätalouden koulutusohjelma	

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis June 2, 2014
Author Marko Ahola	Degree programme and option Forestry	
Name of the bachelor's thesis The organization of ash fertilization: technology and joint projects		
Abstract <p>The project called <i>Biolannoite – Tuhkasta kasvuun metsissä</i> (Organic fertilizer: From ashes to growth in forests) project has been going on in South Savo since 2013. The aim of the project is to increase the utilization of ash as a fertilizer. In March 2014, three publicity seminars related to the ash fertilizer were held for forest owners and forest professionals in Mikkeli, Pieksämäki and Savonlinna. A total of 105 people interested in the topic participated in the seminars.</p> <p>My study related to the organization and technology of fertilizing with ash as well as the organization of joint projects. The aim of the study was to introduce the benefits and practical preparations of the ash fertilizer to forest owners and future forestry professionals. The procedure is efficient and economical when the operation is well-planned and consists an efficient chain of activities. When calculating the costs of fertilization, the benefits of joint projects become very clear.</p> <p>It is important to make ash fertilization a part of swamp silviculture because the positive effects of ash have been proven in several different studies. In studies carried out by the Finnish Forest Research Institute, the ash fertilizer has been proven to increase the growth of trees 1–6 m³ per hectare per year.</p> <p>The objectives of the EU climate and energy policy obligate Finland to increase the use of renewable energy. The aim of the National Forest Programme is to increase the use of forest woodchip, and it is expected that the amount of ash will increase significantly in the future. Ash must be stabilized before it is spread on the ground, and it must also meet the requirements set forth in the fertilizer act in terms of the concentration of nutrients and heavy metals. With ash fertilization, the remnant ash from heat and energy facilities is recycled and ash becomes a method of silviculture.</p>		
Subject headings, (keywords) Ash fertilization, organization, joint projects		
Pages 22 p. + apps 1 p.	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:amk-2014060111257
Remarks, notes on appendices The bachelor's thesis includes a PowerPoint presentation for teaching purposes		
Tutor Kati Kontinen	Bachelor's thesis assigned by Mikkeli University of Applied Sciences Degree Programme in Forestry	

SISÄLTÖ

KUVAILULEHDET

1	JOHDANTO	1
2	TUHKAN METSÄLANNOITUSKÄYTTÖ	2
2.1	Energiapolitiikka.....	2
2.2	Tuhkan ominaisuudet.....	2
2.3	Lannoituksen vaikutus kasvuun.....	5
3	METSÄNLANNOITUS TUHKALLA.....	6
3.1	Tuhkan vaikutus maaperään	6
3.2	Tuhkalannoituskohteet.....	7
3.3	Lehti- ja neulasnäyte.....	8
3.4	Terveyslannoitus	8
3.5	Kasvatuslannoitus	8
3.6	Tuhkalannoituksen ympäristövaikutukset	9
3.7	Lannoitelaki	10
4	TUHKALANNOITUKSEN LEVITYSTEKNOLOGIA JA ORGANISOINTI... 10	
4.1	Maalevitys.....	10
4.2	Lentolevitys	12
4.2.1	Lentolevityksen perusedellytykset.....	12
4.2.2	Lentolevityksen ketjutus	13
4.3	Tuhkalannoitteiden tuottaja FA Forest Oy	15
4.4	Tuhkalannoitteiden levittäjä ForestVital Oy	16
5	TUHKALANNOITUKSEEN KÄYTETTÄVÄ TUHKA	17
5.1	Metsälannoitukseen soveltuva tuhka	17
5.1.1	Lentotuhka	17
5.1.2	Arinatuhka.....	18
5.2	Tuhkan käsittely metsälannoitteeksi.....	18
5.2.1	Stabilointi.....	18
5.2.2	Tuhkan itsekovetus	19
5.2.3	Tuhkan rakeistus	19
6	YHTEISHANKKEIDEN JÄRJESTÄMINEN	20
6.1	Yhteishankkeiden organisointi	20

6.2	Kestävän metsätalouden rahoitustuki	21
7	POHDINTA	21
	LÄHTEET	23

1 JOHDANTO

Eu:n tavoitteena on lisätä uusiutuvan energian käyttöä. Tuhkan määrä on kasvanut ja kasvaa edelleen, kun oletetaan metsäenergian käytön kaksinkertaistuvan lähivuosina. Etelä-Savossa käytetään tällä hetkellä 0,5 milj. m³ metsäenergiaa. Määrän voisi yli kolminkertaistaa, sillä mahdollinen käyttöpotentiaali on 1,8 milj. m³. Suomen tavoitteena on, että energiatuotantolaitosten jätteistä hyödynnettäisiin 70 %. Etelä-Savo, Pohjois-Karjala ja Pohjois-Savo eli Itä-Suomen alue tuottaa vuosittain 100 000 tonnia arina- ja lentotuhkaa. Etelä-Savon energiatuotantolaitosten tuottaman arina- ja lentotuhkan määrä on vuosittain n. 21 400 tonnia. Nykyisin suurin osa tuhkasta kuljetetaan kaatopaikalle ja vain 28 % tuhkasta käytetään erilaiseen maarakentamiseen ja metsien lannoitukseen. (Soininen & Kontinen 2013.)

Etelä-Savon suurimmat tuhkan tuottajat ovat Etelä-Savon energian Pursialan voimalaitos, Suur-Savon Sähkö Oy:n Savonlinnan voimalaitos, Versowood Oy, Järvi-Suomen Voima Oy, UPM:n Pelloksen vaneritehdas, Finncore Oy:n Punkaharjun vaneritehdas sekä Savon Voima Oy:n Pieksämäen voimalaitos. Yhdessä nämä laitokset tuottavat 93% alueen tuhkamäärästä. (Soininen & Kontinen 2013.)

Etelä-Savossa on kerätty tietoa metsäojituksista 1930-luvulta alkaen. Alueella on ojitettuja suo- ja kangasmetsiä 190 000 ha. Tästä alasta kolmannes on kunnostusojitettu viimeisten 25 vuoden aikana. Tuhkalannoitukseen soveltuvaa pinta-alaa on noin n. 62 000 hehtaaria. Kun tästä alasta vähennetään kankaat, soistuneet kankaat, ohutturpeiset ojitusalueet, lehdot, varputurvekankaat, lehtipuuvaltaiset kuviot ja työtekniisesti hankalat kuviot, niin jäljelle jää arviolta 19 000 ha ehdottomasti lannoitettavaa aluetta. Ehdottomasti lannoitettavia alueita ovat ruoho-, mustikka- ja puolukaturvekankaat (II), jotka ovat kehitysluokiltaan vakiintuneita taimikoita, nuoria kasvatusmetsiä ja varttuneita kasvatusmetsiä. (Ollikainen 2014.)

BIOLANNOITE- TUHKASTA KASVUUN METSISSÄ on Suomen Metsäkeskuksen Etelä-Savon alueyksikön ja Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy:n yhteishanke. Hankkeen tavoitteena on edistää puu- ja turvetuhkan käyttöä turvemaiden metsälannoitukseen. Voimalaitoksilla syntyvälle tuhkalle halutaan ekologisesti paras käyttökohde. Tarkoituksena on antaa metsänomistajille, metsätoimihenkilöille sekä maa- ja metsä-

talousyrittäjille tietoa metsänlannoituksesta. Tavoitteena on samalla aktivoida metsänomistajia ja alalla toimivia yrittäjiä ja lisätä näin lannoituksen suunnitelmallisuutta ja taloudellista kannattavuutta. (Soininen & Kontinen 2013.)

2 TUHKAN METSÄLANNOITUSKÄYTTÖ

2.1 Energiapolitiikka

EU:n ilmasto- ja energiapoliittiset tavoitteet velvoittavat Suomea lisäämään uusiutuvan energian käyttöä 38 % vuoteen 2020 mennessä. Suomessa uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta on 28 %. (Maa- ja metsätalousministeriö 2010, 18). Vuonna 2008 laadittiin Kansallinen metsäohjelma 2015. Ohjelman yhtenä tavoitteena on kasvattaa metsähakkeen käyttöä 8–12 milj. m³:iin vuonna 2015. (Makkonen 2008, 5). Vuonna 2012 kokonaiskäyttö voima-, lämpölaitoksissa ja pientaloissa oli 8,3 milj. m³ haketta (Metsätilastollinen vuosikirja 2013). Kansallisen metsäohjelman viimeisimmässä tarkistuksessa vuonna 2013 uudeksi tavoitteeksi tuli 13 milj. m³:n vuotuinen käyttömäärä metsähaketta vuoteen 2020 mennessä (Ylitalo 2012,1). Metsähakkeen, turpeen ja peltobiomassojen tuottama vuotuinen tuhkamäärä on n. 600 000 tonnia. Metsänlannoitukseen parhaiten soveltuvaa puuntuhkaa syntyy n. 250 000 tonnia vuodessa ja puun ja turpeen sekatumua n. 350 000 tonnia. (Makkonen 2008, 4.) Syntyvästä tuhkamäärästä käytetään 10 % metsien lannoitukseen (Maa- ja Metsätalousministeriö 2011, 30). KMO 2015 tavoitteena on lannoittaa 80 000 ha metsää vuodessa, kun nykyinen lannoitusala on 32 000 ha, josta terveyslannoituksia oli 11 000 ha (Metsätilastollinen vuosikirja 2013). Vuonna 2010 tuhalla lannoitettiin yhteensä 7 100 metsähehtaaria, joista valtion ja metsäteollisuuden metsiä oli 5 200 ha ja yksityisten 1 900 ha (Metsätilastollinen vuosikirja 2011). Nykyinen tuhkalannoitusala on arvioiden mukaan yli 10 000 hehtaaria vuodessa (Suvanto 2014.)

2.2 Tuhkan ominaisuudet

Tuhkan metsävaikutuksia on tutkittu n. 100 vuotta. Varhaisimmat kokeilut tuhalla tehtiin 1930-1940 -luvuilla. Kokeilut tehtiin irtotuhkalla uudisojitetuille nevoille Metsäntutkimuslaitoksen toimesta. 1970 -luvulta lähtien tuhkaan liittyvä koetoiminta on ollut laajamittaista ja vaikutuksia on seurattu tähän päivään saakka. Kokeilussa olivat

erilaiset tuhkalaadut ja annostusvaihtoehdot. Ympäristövaikutuksia alettiin tutkia 1990- ja 2000 -luvulla, koska tuhkasta arveltiin olevan haittaa raskasmetallien ja huuhtoutumien vuoksi. (Moilanen 2014.)

Puupolttoaineiden tuhkapitoisuus on keskimäärin 2 %. Turpeen tuhkapitoisuus on noin yli kaksi kertaa suurempi kuin puuntuhkalla eli noin 5 %. Tuhkaa tulee eniten lehdistä, neulasista ja oksien ja latvan versoista eli kasvavista osista. Oksien tuhkapitoisuus on 1–2 %, kuoren 2,5 % ja runkopuun 0,4–0,6 %. (Isännäinen ym. 2006, 6.)

Puu ottaa maaperästä ja ilmasta tärkeitä hivenaineita, joten kasvupaikka vaikuttaa merkittävästi tuhkan laatuun (Isännäinen ym. 2006, 6-7). Tuhkaan jää polttoaineen epäorgaanisista aineista valtaosa ja tuhkan koostumus vaihtelee riippuen polttoaineesta, polttoainetekniikasta ja esikäsitteystä. Tuhkan keskimääräiset ravinnepitoisuudet ovat fosforia (P) 1–2 %, kalsiumia (Ca) 10-30 %, kaliumia (K) 1–2 %. Tuhka sisältää myös sinkkiä (Zn), booria (B) ja kuparia (Cu). Tuhkassa on myös raskasmetalleja kuten arseenia (As), nikkeliä (Ni), kromia (Cr), kadmiumia (Cd), lyijy (Pb) titaania (Ti) ja vanadiiniä (V). (Moilanen 2014.)

Puuntuhkassa (taulukko 1) fosforin, 15 g/kg ja kaliumin, 40 g/kg, suhde on tasapainoinen. Turpeentuhkassa on 11 g/kg fosforia ja 3g/kg kaliumia, mikä on huomattavasti vähemmän kuin puuntuhkassa. Puuntuhkan tekee hyödylliseksi myös sen suuri kalsiumpitoisuus (230 g/kg) verrattuna turpeentuhkaan, joka sisältää kalsiumia vain 69 g/kg. Turvetuhkassa on arseenia enemmän, mutta muut raskasmetallipitoisuudet ovat puolestaan pienempiä. (Moilanen 2014.)

TAULUKKO 1. Tuhkalaatujen ravinnepitoisuuksia verrattuna kemialliseen lannoitteeseen (Moilanen 2014)

Tuhkien alkuainepitoisuuksia

Ravinne	Puu	Turve	RautaPK
Fosfori (P), g/kg	15	11	80
Kalium (K), g/kg	40	3	140
Kalsium Ca, g/kg	230	69	148
Rauta (Fe), g/kg	12	115	25
Sinkki (Zn), g/kg	1,4	0,3	0
Boori (B), g/kg	0,3	0,1	3

TAULUKKO 2. Lannoitelain sallimat enimmäispitoisuudet 1A7 metsätuhkalle (Maa- ja Metsätalousministeriö 24/11)

Metsätaloudessa käytettävien haitallisten metallien enimmäispitoisuudet

Alkuaine	Metsätuhka
Arseeni (As) mg/kg	40
Elohopea (Hg) mg/kg	1
Kadmium (Cd) mg/kg	25
Kromi (Cr) mg/kg	300
Kupari (CU) mg/kg	700
Lyijy (Pb) mg/kg	150
Nikkeli (Ni) mg/kg	150
Sinkki (Zn) mg/kg	4500

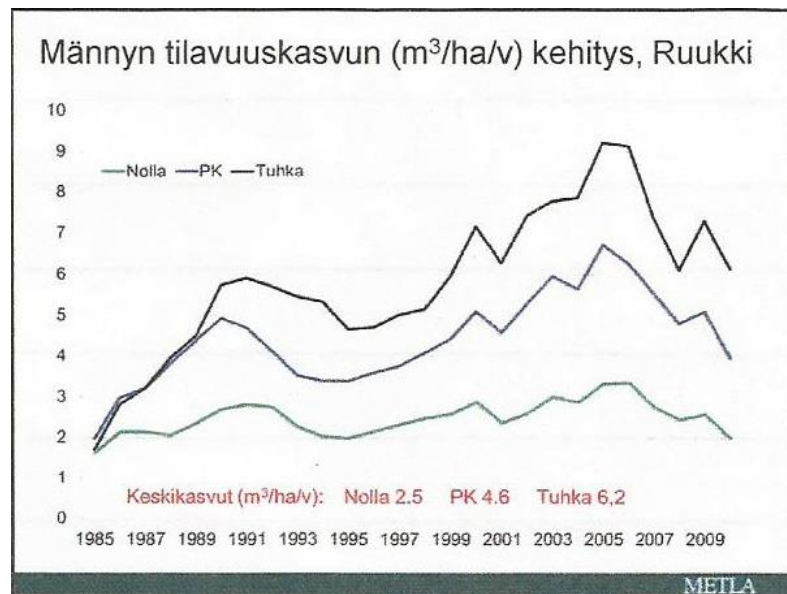
Lannoitelaisissa on määritelty, kuinka paljon ja kuinka pitkällä ajanjaksolla haitallisia metalleja saa levittää luontoon. Esimerkiksi arseenia voi käyttää metsätaloudessa 160 grammaa ja kadmiumia 100 grammaa hehtaarille 60 vuoden ajanjaksolla. (Maa- ja Metsätalousministeriö 24/11.)

Lannoituksiin käytettävä tuhka on yleensä puun-, turpeen ja peltobiomassojen sekaturhua. Turpeentuhkaa on vaikeampi rakeistaa ja sen lannoitusominaisuudet ovat huonommat. (Isännäinen ym. 2006, 7.)

2.3 Lannoituksen vaikutus kasvuun

Runsastyyppisillä alueilla kasvunlisäys on noin 2–6 m³/ha/v ja kasvun voi havaita 2–3 vuoden kuluttua lannoituksesta. Niukkatyyppisillä alueilla lannoituksen vaikutus kasvuun alkaa 7–8 vuoden kuluttua. Tällaisilla alueilla kasvunlisäys on 1–3 m³/ha/v. (Huotari 2012, 23). Tuhkalannoituksen ansiosta puuston ravinnetila pysyy hyvällä tai tyydyttävällä tasolla 20–50 vuoden ajan.

Alla olevassa kaaviossa 1 näkyvät lannoittamattoman ja eri lannoitustavoilla lannoitetujen alueiden puuston kasvu Siikajoen Ruukin koealueella. Luvut edustavat yleisesti keskimääräistä kasvua.



KUVA 1. Tilavuuskasvun kehitys (Moilanen 2014)

Ruukin alue toimii hyvänä esimerkkinä lannoituksen vaikutuksista. Alue lannoitettiin vuonna 1985 ja vuonna 2010 alueella tehtiin harvennushakkuu, kun lannoituksesta oli kulunut 25 vuotta. Harvennuspoistuma lannoittamattomalla alueella oli 40 m³/ha ja tukkiprosentti oli siitä 3. Kemiallisella PK lannoitteella lannoitetulla alueella harvennuspoistuma oli 63 m³/ha ja tukkipuun osuus 14 %. Puuntuhkalla lannoitetulla alueella saatiin poistumaksi 88 m³/ha ja siitä 17 % oli tukkipuuta. Tuoton osalta puuntuhkalla lannoitetulta alueelta saatiin noin kolminkertainen kantorahatulo. Huomioitava on myös hakkuussa jäävän puuston osuus. Lannoittamattomalla alueella jäävä puusto oli 48 m³/ha, josta tukkipuun osuus oli 21 %. PK lannoitteella lannoitetulle alueelle jää-

vän puuston määrä oli 81 m³/ha ja tukkiprosentti 47 %. Puuntuhkalla lannoitetun alueen jäävän puuston määrä oli 89 m³/ha ja tukkiosuus 51 %. (Moilanen, 2014.)

3 METSÄNLANNOITUS TUHKALLA

3.1 Tuhkan vaikutus maaperään

Metsät eivät kasva ilman ravinteita, vettä, auringon valoa ja lämpöä. Ravinteiden puutos näkyy silmämääräisestikin, kaksihaaraiset latvukset ja pituuskasvun hidastuminen kielivät boorin puutoksesta. Kaliumin puutos taas näkyy neulasten kellastumisena ja fosforin vähäisyys aiheuttaa heikkoa pituuskasvua. (Metsänlannoitusopas, Yara 2008). Tuhkan sisältämä kalsium neutraloi maaperää ja siten vilkastuttaa ravinnekiertoa. Kalsium jää juuristokerrokseen ja vaikuttaa voimakkaasti 10 cm syvyydellä pintamaassa, mutta 10–20 cm syvyydellä vaikutus on vähäistä. Mikro-organismitoiminta elpyy alkuaineiden kuten mm. fosforin ja kaliumin vaikutuksesta, bakteerimäärät kasvavat ja mikrobien ja sienien lajisuhteet muuttuvat. Kasvien aineenvaihdunnassa ja energiataloudessa tarvitsema fosfori ei huuhtoudu maaperään, koska tuhkan sisältämä rauta sitoo fosforin itseensä ja vapauttaa sen hitaasti puuston käyttöön. Lannoitteiden vaikutus on alussa erittäin voimakasta, mutta vaikutus laimenee kahden vuoden sisällä. (Moilanen 2014.)

Suomen suo- ja kangasmetsät ovat happamia ja tuhkalla voidaan vaikuttaa maaperän happamuuteen. Emäksisenä (pH-luku 9–13) tuhka muuttaa kangas- ja suometsien happamuutta 1–3 yksikköä. Turvemaiden kaasupäästöjä on seurattu, eivätkä metaanin ja typpioksiduulin päästöt ole muuttuneet kohtuuttomasti lannoituksen vaikutuksesta. Hiilidioksidia vapautuu enemmän, kun ravinnekierto vilkastuu, mutta määrä on pienempi, kuin mitä kasvava puusto sitoo itseensä. Lannoitus vaikuttaa myös aluskasvillisuuteen niin, että osa lajeista voi hävitä ja lajisto muuttua. Herkästi reagoivat kasvit kuten sammaleet ja jäkälät kärsivät yhtäkkisestä fosfori- ja suolamäärästä. Viljavuustaseen noustessa lannoitetulle alueelle ilmestyy uusia kasveja kuten esim. saniaisia ja putkilokasveja. (Moilanen 2014.)

Kaliumin ja boorin vaikutus näkyy turvemaiilla jo ensimmäisenä vuonna lannoituksesta neulasten vihertymisenä ja kasvuna. Fosforin vaikutus näkyy kolmantena tai neljän-

tenä vuonna levityksestä. Kangasmailla kasvu on vähäistä, jos lannoitteeseen ei lisätä typpeä. Koska tuhkalannoite on hidasliukoista, tuhkan kasvatusvaikutus kestää pitkään ja puu kasvaa tasaisesti, eikä se aiheuta puun laatuun vaikuttavia kasvupyrähdyksiä. (Moilanen 2014.)

3.2 Tuhkalannoituskohteet

Lannoituskohteiksi sopivat ruohoturvekankaat ja kakkostyyppin mustikkaturvekangas (II) ja puolukkaturvekangas (II), jotka ovat alkuaan puuttomia avosoita. Ojituksen jälkeen nämä kakkostyyppin suot ovat alkaneet kasvaa puuta, koska maaperässä on ollut runsaasti typpeä. Tuhkalannoituksella saadaan tasapainotettua turpeen ravinnevarat. Jos ojitettu suo ei ole aikanaan lähtenyt kasvuun kohde on niin karu, ettei sitä kannata lannoittaa. Ykköstyyppin suot eli rämeet ja korvet ovat jo alkuaan puustoisia, eikä tuhkalannoitus vaikuta niihin merkittävästi, koska maaperä on niukkatyypistä. (Moilanen, 2014.)

Puuston ravinnetilaa arvioidaan turvekangastyyppin, turvekerroksen paksuuden, turvelajin ja turpeen maatuneisuuden, ulkoisten puutosoireiden (P, K, B) ja neulasten ja lehtien ravinneanalyysien pohjalta. Tunnistamisessa auttaa myös kohteen kasvillisuus. Runsastyyppisillä soilla kasvaa mm. kataja, pihlaja, talvikki, tuomi ja orvokki, joten runsastyyppiset suot voidaan tunnistaa mm. näiden kasvilajien perusteella. Samoin maatuneisuus kertoo typpipitoisuudesta. Von Post on luokitellut turpeen maatuneisuustasteen kymmeneen eri luokkaan. Menetelmässä otetaan 5 cm pintamaata pois ja 5–10 cm väliltä kaivetaan näyte. Sitä puristamalla voidaan tutkia veden määrää, sameutta ja kasvirakenteiden tunnistettavuutta. Esimerkiksi täysin maatuneessa (H10) turpeessa kasvirakennetta ei voi erottaa ja vettä ei juuri erkane. Turve on niukkatyypistä, kun typpipitoisuus on alle 1 %, mikä tarkoittaa Von Postin asteikolla maatuneisuusluokkaa H3 eli hyvin heikosti maatunut. Heikosti maatunut eli H4 tarkoittaa 2 % typpipitoisuutta. Runsastyyppisellä suolla turve on kohtalaisesti maatunut (luokka H6), kun typpeä on noin 3 %. Hyvä typpipitoisuus tuhkalannoituksen kannalta on 1,8–2 % eli H4. (Moilanen 2014.)

3.3 Lehti- ja neulasnäyte

Puuston ravinne-epätasapaino todetaan maa- ja neulasnäytteillä. Ravinteiden puutos olisi hyvä todeta jo taimikkovaiheessa. (Jyväskylä 2013.) Loka-maaliskuussa havupuista otetaan neulasnäytteet ja ne lähetetään laboratorioon. Näytteen koko on noin 200 grammaa. Näytteet otetaan 5–10 etelänpuoleisesta valtapuusta, jotka ovat terveitä ja näytteisiin kerätään viimeisintä vuosikasvua. Lehtipuusta otetaan latvuksen yläosasta 50–100 lehteä elokuussa kasvun loputtua ennen lehtien kellastumista, mutta ennen kuin ravinteet ovat siirtyneet lehdistä oksiin. Näytteitä ei saa kerätä ojanvarsilta. (Suomen Viljavuuspalvelu.)

3.4 Terveyslannoitus

Terveyslannoituksen tarkoituksena on korjata metsän ravinnetilaa ja auttaa heikkokuntoisia ja vaurioituneita metsiä toipumaan. Turvemaat kärsivät yleisesti kaliumin, fosforin ja boorin puutteesta. Fosforin ja kaliumin puutteesta johtuen suometsät eivät voi hyödyntää niiden sisältämää typpeä. Pahimmat ravinnepuutokset ovat paksuturpeisissa suometsissä, joiden turvekerros on yli 40 cm, koska niissä juuristo ei saa riittävästi ravinteita. Tällaisissa kohteissa lannoituksella saadaan parhaat tulokset. (Jyväskylä 2014.) Terveyslannoitukset keskittyvät yleensä nuoriin ja varttuneisiin kasvatusmetsiin, mutta myös taimikoita lannoitetaan, jos on ennakoitavissa ravinnepuutoksia. Terveyslannoituksella voidaan vahvistaa puustoa torjumaan metsätuhoja. Puuston kasvun lisäys on kuitenkin heikompaa kuin kasvatuslannoitetuissa terveissä metsissä. (Metsänlannoitusopas, Yara 2009.)

3.5 Kasvatuslannoitus

Kasvatuslannoituksella on tarkoitus lisätä metsän tuottavuutta kivennäismailla. Lannoitteeseen lisätään typpeä, koska kivennäismailla puuston kasvua rajoittava tekijä on typen puute. (Soininen & Kontinen 2013.) Nuorten ja varttuneiden kasvatusmetsien kemiallinen kasvatuslannoitus tuottaa parhaiten. Myös kuivahkojen, tuoreiden ja lehtomaisten kankaiden havupuustot hyötyvät kasvatuslannoituksesta. Paras aika lannoittaa on ensiharvennuksen jälkeen. Lannoituksen vaikutuksesta kuitupuu järeytyy nopeammin tukkipuuksi ja lisää näin arvokasvua. Kivennäismailla lannoituksen vaikutus

kestää 6–10 vuotta, joten lannoitus voidaan tehdä 3–4 kertaa kiertoajan kuluessa. (Metsänlannoitusopas, Yara 2009.)

Käytettäessä typpilannoitteita neulasten hiili–typpisuhde muuttuu, mikä lisää niiden valkuaisainepitoisuutta. Sen seurauksena hirvi- ja muut nisäkástuhot voivat lisääntyä samoin kuin sienitaudit kuten harmaakariste, surmakka ja juurikäpä. Nuoret kasvatusemetsät varsinkin Pohjois-Suomessa voivat kärsiä runsaan typen aiheuttamista ilmastollisista vaurioista kuten kevätahavasta. (Hynynen ym. 2005, 82-83.)

3.6 Tuhkalannoituksen ympäristövaikutukset

Lannoituksen haittavaikutukset ympäristöön voidaan minimoida hyvällä ennakkosuunnittelulla. Ensiksi on arvioitava lannoitustarve, valittava oikea lannoite ja levitysmenetelmä sekä sopiva ajankohta. Fosfori ja typpi ovat vesistöille haitallisimmat ravinteet. (Työopas vesiensuojeluun, 50.) Vesistöjen reunoille on jätettävä 50 metrin ja purojen reunoille 10–15 metrin suojakaista. Pohjavesialueita ei pääsääntöisesti lannoiteta. Levityksessä on otettava huomioon maaston kaltevuus, etteivät pintavedet pääse valumaan vesistöihin. Tuhka on lentolevityksessä levitettävä ojien suuntaisesti. Lentolevityksessä myös tuuliolosuhteilla on suuri vaikutus lannoituksen onnistumiseen. (Makkonen 2008, 24.)

1990-luvulla alettiin kiinnittää huomiota tuhkan haitallisiin ympäristövaikutuksiin. Tuhkan vaikutusta maaperään on tutkittu Metsäntutkimuslaitoksen ja Helsingin yliopiston toimesta. Marja- ja sienisadoissa ei ole havaittu muutoksia, mutta marjoissa ja sienissä on esiintynyt lyhyellä aikavälillä kohonneita ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksia. Vanhoilla lannoitusalueilla raskasmetallipitoisuuksien on päinvastoin todettu olevan pienempiä, koska tuhka on sitonut raskasmetalleja ja tuhkan kalkitusvaikutus on hidastanut metallien liukoisuutta. Boori, rikki, kalium ja natrium liukenevat tuhkasta nopeasti maaperään. Fosforia ja typpeä ei ole huuhtoumissa havaittu mainittavia määriä. Tuhkan rakeistamisella hidastetaan tuhkan liukenemistä maaperään. Pääsääntöisesti tuhkalla ei ole haitallisia ympäristövaikutuksia. (Moilanen 2014.)

3.7 Lannoitelaki

Lannoitteessa käytettävässä tuhkassa on oltava ravinteita, jotka edistävät kasvien kasvua. Metsätuhkan pitää sisältää kaliumia (K) ja fosforia (P) yhteensä 2 % sekä kalsiumia (Ca) 6 %, että se täyttää lannoitelain vaatimat ravinnepitoisuudet. Epäorgaanisia lannoitevalmisteita saa käyttää rakeistetussa tuhkalannoitteessa, että lannoite saadaan käyttökelpoiseksi ja se täyttää vähimmäisvaatimukset. Pohjavesi- ja suojelualueilla ei saa levittää tuhkalannoitetta, johon on lisätty booria. (Maa- ja Metsätalousministeriö 2011, 7.)

4 TUHKALANNOITUKSEN LEVITYSTEKNOLOGIA JA ORGANISOINTI

4.1 Maalevitys

Tuhkalannoitus maalevityksenä kannattaa ajoittaa oikeaan aikaan. Kasvatushakkuut tehdään talvella, jolloin hakkuiden jäljiltä on valmiit, kantavat ajourat. Tuhkan maalevitys tehdään tammi- maaliskuussa, kun maa ja ajourat ovat jäässä. Tiet on silloin aukaistu valmiiksi puunkorjuuketjulle ja samoja teitä voidaan hyödyntää lannoitus- ja levityskalustokuljetuksille. Lannoitusalue on helppo määrittää kartalla, kun hakkuussa on ajopiirturilla tallennettu hakatut ajourat. Tallennetut ajourat nopeuttavat tuhkalannoitusurakoitsijan ajolinjasuunnittelua ja näin ollen levitystä. Suorilla ajourilla saadaan tasaisempi levitysjälki ja puustovauriota tulee vähemmän. Maalevityksessä harvennuksesta ei saa olla kulunut yli viittä vuotta, koska siinä ajassa puusto on kasvanut ja ajourat kaventuneet. Työ on tehokasta, kun vältetään päällekkäisyydet. Tuhkien levittämisestä ojiin kunnostusojitusalueella ei ole haittaa, koska tuhka siirtyy ojitettaessa maan mukana pois aukaistavista ojista, eikä lannoite siten pääse kulkeutumaan vesistöihin. (Jyväskylä 2014.)



KUVA 2. Rakeistetulla tuhkalla levitysjälki on tasalaatuista (ForestVital Oy.)

Maalevityksen jälki on tasaista ja se on kustannuksiltaan huomattavasti edullisempää kuin lentolevitys. Maalevityksenä tuhkalannoituskustannus on noin 220–380 €/ha ja tunnissa pystytään lannoittamaan noin 1,5 ha/h. Tuottavuuteen vaikuttaa suuresti päästäänkö tuhkaa levittämään jäätyneillä ajourilla. Jos työkuviolla ei ole valmiita ajouria, ajourat täytyy käydä polkemassa pari viikkoa ennen levitystä. Keskimääräinen kustannus ajourien polkemisesta on noin 15 €/ha. Ajourien teossa metsäkone on parempi kuin maataloustraktori, koska metsäkoneessa on leveät renkaat ja silloin riittää kertapolkeminen. Maalevitystä ei ole syytä tehdä ojituksen jälkeen, koska ojiin joudutaan silloin viemään ennakkoon puita tai tekemään siltoja, että päästään ojien yli vaurioittamatta niitä. Parhaimpaan levitysjälkeen päästään tasalaatuisella rakeistetulla tuhkalalla. Tällöin levitysjälki on tasaista ja rakeet lentävät jopa 30 metrin säteelle. Tasaaisella ajouraverkostolla ja ennakkoraivatulla kohteella saadaan sivuttaispeitteisyyttä. Tällä tarkoitetaan, että keskipakolevitin levittää lähelle enemmän tuhkaraketta ja kahden ajouran väliin jäävälle alueelle tuhkaa levittyy molemmilta ajourilta. (Jyväskylä 2014.)



KUVA 3. Tuhka levitetään metsätraktoriin asennetulla keskipakolevittimellä

Itsekovetetun tuhkan (kostutettu tuhka) ongelma on hienoaineksen suuri määrä. Mitä hienoaineksisempaa tuhka on, sitä pienemmälle alueelle se leviää. Itsekovetetusta tuhkasta suurin osa leviää noin seitsemän metrin säteelle. Itsekovetetun tuhkan kosteus saattaa olla 15–45 %. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kosteampaa tuhkaa joudutaan käyttämään tonneittain enemmän, että saadaan tarvittava ravinnemäärä. Lannoitusalueelle on valittava ravinteiltaan sopivin tuhka. (Jyväskylä 2014.)

4.2 Lentolevitys

4.2.1 Lentolevityksen perusedellytykset

Tuhkalannoituksista suurin osa tehdään lentolevityksinä. Helikopterilannoitus vaatii suuret pinta-alat ja hyvät lannoitealakeskittymät, sekä laskeutumis- ja varastopaikat. Lentolevitys on kallimpaa, mutta huomattavasti tehokkaampaa kuin maalevitys. Tunnissa voidaan levittää 30 ha:lle ja keskimääräinen lannoitusala on n. 100–150 ha päivässä. (Jyväskylä 2013.)

Tuhkaa levitetään noin 4 000–5 000 kg/ha, näin ollen kustannukseksi tulee noin 380–580 €/ha. Kemialliset lannoitteet tulevat edullisemmiksi lentolevityksessä, koska kemiallisia lannoitteita tarvitaan huomattavasti vähemmän. Lentolevityksessä ei ole väliä onko kyseessä taimikot, suot tai harventamattomat metsikkökuviot, koska maasto-

vaurioita ei synny. Riukuuntuneilla metsikkökuvioilla lentolevitys on ainoa kannattava levitysmuoto, sillä harvennus ei niillä yleensä kannata, koska ainespuumäärä on olematon ja korjuukustannukset korkeat. Lentolevityksiä voidaan tehdä ympäri vuoden. (Jyväskylä 2014.)

Lentolevityksessä varaston minimimäärä on noin 40 tn, mikä riittää noin kymmenelle hehtaarille. Yksittäisen työkuvion minimikoko on 1 ha. Lentomatka varastolta levitettävälle työkuviolle ei saa ylittää 2 kilometriä. Optimaalinen lentomatka varastopaikalta työkuviolle olisi alle 1 kilometrin. (Suvanto 2014.)

Alla olevassa kuvassa 4 helikopterin vapaavirtalevitin täytetään tuhkalannoitteella oikealla olevasta täyttöautosta.



KUVA 4. Tuhkalannoitusta Piippolassa 2014

4.2.2 Lentolevityksen ketjutus

Ketjutus tapahtuu näin: Lentolevittäjäyrittäjä saa 4–8 viikkoa ennen lentolevitystä metsätoimijoilta tiedot suunnitelluista lannoitusalueista. Suunnitelmista löytyy tietoa lentolevityksen nousu- ja laskupaikoista ja varastojen sijainneista. Urakoitsija käy

tarkastamassa alueet, lasku- ja nousupaikat sekä varastoalueet ja ilmoittaa metsätoimijoille mahdollisista muutoksista. Lasku- ja nousupaikkoja joudutaan joskus raivamaan tai puita kaatamaan turvallisen toiminnan takaamiseksi. Urakoitsija laatii saadut paikkatietoaineistot työkuvioksi ja lentokartoiksi. Lentokartoissa näkyvät levitettävät työalueet, ojat, luonnonsuojelualueet sekä varastopaikat. Lentokartoissa rajataan pois vaikeasti lannoitettavat työkohteet kuten pienet alle 0,5 ha kuviot tai tilarajojen jyrkät ja kapeat kulmat. Metsänomistaja maksaa vain lannoitettavasta alasta. Helikopterissa GPS aktivoi lannoittimen päälle, kun helikopteri saapuu työalueelle ja GPS tallentaa helikopterin lentämän lentoreitin lannoitusalueella. Helikopterin virtauslevittimeen mahtuu noin 800–900 kg tuhkalannoitetta eli yhden hehtaarin lannoittamisen aikana helikopteri käy 4–5 kertaa täyttämässä levitintä. (Suvanto 2014.)



KUVA 5. Lannoitettavan alueen lentokartta

Tuhkalannoituksen organisointi on monen toimijan tapahtumaketju. Aloite tulee metsäorganisaatiosta, joka tekee tuhkalannoitussopimuksen tuhkantoimittajien ja levittäjäorganisaatioiden kanssa. Levittäjäorganisaatiolla on omat sopimukset tuhkan tuottajien kanssa. palvelun myyntiaika metsänomistajille on keskimäärin 6–12 kuukautta ennen levitystä. (Suvanto 2014.)

4.3 Tuhkalannoitteiden tuottaja FA Forest Oy

Kuopiolainen FA Forest Oy valmistaa tuhkasta metsälannoitteita. Tehtaat sijaitsevat Pohjois-Karjalassa Liperissä ja Keski-Suomessa Viitasaarella. Tehtaan tuotemerkki on Ecolan ja tuhkalannoitteita valmistetaan kolmella eri koostumuksella. Lannoitteet valmistetaan puuvaltaisesta tuhkasta, jossa puutuhkan osuus on 70–100 %. FA Forest Oy rakeistaa tuotteensa kuiva- ja märkägranuloimalla, minkä jälkeen lannoite siirretään kuivattavaksi, kovetettavaksi ja seulottavaksi. (Suvanto 2014.)

FA Forest Oy toimittaa lannoitteen 40 tonnin irtokuormana tai 700 kg, 1 000 kg tai 1 400 kg suursäkeissä. Rakeet ovat kooltaan 0–35 millimetriä ja ne soveltuvat hyvin urakointikäyttöön. (Suvanto 2014.)

Ecolanin lannoitteisiin on aina lisätty booria. 3 000 kg tuhkamäärällä hehtaarille saadaan pidettyä yllä booritasapainoa. Boorin puutoksesta kärsivät alueet tarvitsevat suuremman tuhkamäärän. Metsää voi lannoittaa kaksi kertaa sen kiertoaikana, kun kerralla levitetään 4 000 kg hehtaarille. Maksimissaan tuhkan määrä hehtaarille on 8 000–8 500 kg. Metsälannoitteiden suositeltu levitysmäärä on 3 000–5 000 kg/ha. Lannoitteiden haitta-aineet kuten kadmium, arseeni ja kromi pysyvät silloin hyväksyttävillä tasoilla. Ensimmäinen lannoitus voidaan tehdä nuorille vakiintuneille taimikoille ja toinen lannoitus 20–25 vuotta ennen päätehakkuuta. (Suvanto 2014.)

T-4000 metsätuhka on kehitetty suomaiden metsiin, jotka kärsivät fosforin, kaliumin ja kalsiumin puutoksesta. BT-4000 metsätuhka ovat myös tarkoitettu turvemaille. BT-4000 metsätuhka sisältää saman verran ravinteita kuin T-4000, mutta siinä on booria 0,05 % kuiva-aineesta ja se on tarkoitettu boorin puutoksesta kärsiville alueille. T-4000 sisältämä boorin määrä on 0,02 %.

Ecolan BT-300 boorilannoite on tarkoitettu turve- ja kivennäismaiden boorin puutteesta kärsiville taimikoille ja nuorille metsille. Tuotteessa tuhka on boorihapon sidosaaine ja se tekee tuotteesta hidasliukoisen. Hidasliukoisuus varmistaa sen, ettei metsikköön tule boorimyrkytystä. Suositeltu lannoitemäärä on 250–350 kg/ha. (Ecolan 2014.)

Ecolan on kehittänyt uuden rakeistetun lannoitteen, jonka toimituskosteus on 12 %. Sen raekoko on 3–20 millimetriä, mikä tekee tuotteesta entistä paremmin urakointikäyttöön soveltuvan. Tuote tulee markkinoille keväällä 2014.

Rakeista tehdään ilmavia, jotta niiden jäätymisriski on pienempi. Rakeet eivät pölyä häiritsevästi, koska niissä on vähän hienoainesta, mikä on tärkeää työntekijöiden terveyden ja tuhkan käsiteltävyyden takia varastoilla ja levittämisessä. (Suvanto 2014.)

FA Forest Oy on toimittanut Etelä-Savon alueelle lannoitteet 500 hehtaarille kahden viimeisen vuoden aikana. Vuotuinen saavutettavissa oleva lannoitusala on 2 000–3 000 hehtaaria vuodessa. (Suvanto 2014.)

4.4 Tuhkalannoitteiden levittäjä ForestVital Oy

ForestVital Oy:n toimialaa on tuhkalannoitteiden ja kemiallisten lannoitteiden maa- ja lentolevitys. Yhtiö huolehtii myös yhteishankkeiden koordinoinnista. Palvelu on kokonaispalvelu, jossa ForestVital hankkii lannoitteet, huolehtii rahdista, lannoituskarttojen saattamisesta sähköiseen muotoon, levityksestä ja lannoitesäkkien kierrätyksestä ja laatii lopuksi laaturaportoinnin GPS-jäljellä metsänomistajalle. (Jyväskylä 2014.)

Kustannukset koostuvat seuraavista tekijöistä: tuhkan laatu ja käyttömäärä, kuljetusmatkan pituus ja säkityksen tarve. Maalevityksen hinta vaihtelee 220–380 €/ha. Hintaan sisältyy levitys 100–200 €/ha käyttömäärän vaihdellessa 4 000–6 000 kg/ha sekä kuljetukset 20–150 €/ha. Tuhkan hinta vaihtelee 0–140 €/ha riippuen käytettävän tuhkan laadusta ja onko tuhka itsekovetettua vai rakeistettua. Kustannustehokkaan maalevityksen lannoitealan pinta-ala yhdeltä varastopaikalta on yli 30 ha ja kuvioiden pitäisi sijaita yhden kilometrin sisällä varastopaikasta. Maalevityksen minimipinta-ala on 5 hehtaaria. (Jyväskylä 2014.)

Helikopterilevityksen osalta kustannukset jakaantuvat seuraavasti. Kokonaishinta on 380–580 €/ha, jossa levityksen osuus on 200–350 €/ha käyttömäärän ollessa 3 000–4 000 kg/ha ja lisäksi kuljetukset maksavat 40–180 €/ha. Lentolevityksessä on käytettävä säkitettyä rakeistettua tuhkaa, joten se nostaa kustannuksia 120–170 € hehtaarille. Kustannustehokkaan helikopterilevityksen lannoitealan pitäisi olla yli 30 ha ja mini-

mipinta-ala yhdeltä varastopaikalta 10 ha. ForestVital Oy ostaa lentopalvelut ja rakeistetun tuhkan FA Forest Oy:ltä. (Jyväskylä 2014.)

5 TUHKALANNOITUKSEEN KÄYTETTÄVÄ TUHKA

5.1 Metsälannoituksen soveltuva tuhka

Metsään levitettävä metsätuhka tulee voima- ja lämpölaitoksilta, kun metsähaketta, turvetta ja peltobiomassoja käytetään energialähteenä. Metsälannoitteeksi soveltuva lentotuhkaa syntyy leijupoltossa ja arinatuhkaa arinapoltossa. (Motiva 2014.)

5.1.1 Lentotuhka

Tuhkalannoitukseen soveltuvaa lentotuhkaa eli savukaasuista poistettua tuhkaa saadaan biopolttoaineita käyttäviltä lämpö- ja voimalaitoksilta. Lentotuhkaa syntyy kerros- ja kiertoleijukattilapoltossa. Leijupoltossa käytetään leijutushiekkaa, joka on kerrosleijussa halkaisijaltaan 1–3 millimetriä ja kiertoleijussa alle 0,5 millimetriä. Kerrosleijussa arinan päälle asetetaan 0,5–1 metriä korkea petihiekka ja polttoaine syötetään leijukattilaan yläpuolelle. (Bioenergiatieto 2014.) Polttoaine saadaan leijuvaksi puhaltamalla esilämmitettyä ilmaa arinan läpin suurella nopeudella. Savukaasun mukana kulkeutuva lentotuhka otetaan sitten talteen suodattimilla. (Motiva 2014.)

Kiertoleijupoltossa hiukkaset kulkeutuvat pois tulipesästä, koska siinä käytetään suurempaa leijutusnopeutta. Hiukkaset ohjataan sykloniin, missä petihiekka erotetaan savukaasuista. (Bioenergiatieto 2014.) Kiertoleijupoltossa palaminen on tehokasta ja häikä-, hiilivety- ja typenoksidipäästöt jäävät pieniksi (Motiva 2014). Leijupoltossa polttoaineesta jää palamatta alle 10 %. Poltettaessa syntynyttä pohjatuhkaa ei ole hyvä käyttää lannoitteeksi, koska se koostuu pääasiassa leijutushiekasta ja muusta palamattomasta aineesta (Isännäinen ym. 2006, 6). Voima- ja energialaitosten teho leijukattiloita käyttävissä laitoksessa on 5 MW – 400 MW väliltä (Motiva 2014).

5.1.2 Arinatuhka

Arinakattiloita käytetään pienemmissä 2 MW – 15 MW voima- ja energialaitoksissa. Arinakattiloissa polttoaine syötetään arinan päälle ja tuhka sekä palamaton aines tip-puvat arinan läpi. Arinapoltossa käytetään kiinteitä tasoarinoita, kiinteitä viistoarinoita ja mekaanisia viistoarinoita. Kiinteitä arinoita käytetään enää teholtaan aivan pienim- missä lämpö- ja energialaitoksissa. Yleisimmin käytössä on liikkuva mekaaninen ari- na, jossa polttoaine saadaan liikkeen avulla sekoitettua tasaisesti. Arinakattiloissa syn- tyy enemmän tuhkaa kuin leijukerroskattiloissa. Pienet polttimot jäähdytetään ilmalla, kun taas suuret polttimot ovat yleensä vesijäähdytteisiä ja niissä jäähdytys on suunni- teltu osaksi vedenkiertojärjestelmää. (Motiva 2014.) Jos polttoaine on palanut kunnol- la arinakattilassa, niin pohjatuhkan voi käyttää lannoitteeksi toisinkuin leijukerroskat- tilan pohjatuhkan, koska se ei sisällä niin paljon raskasmetalleja. Tuhkan poistaminen joko kuivana tai märkänä vaikuttaa oleellisesti tuhkan jatkokäsittelyyn. Kuivaa tuhkaa on helpompi jatkojalostaa, mutta sitä on hankala käsitellä pölyämisen takia. Tuhkia jäähdytetään usein vesialtaassa, mutta jos tuhkan itsekovettuminen pääsee alkamaan, siitä on vaikeampi saada tasalaatuista lannoitetta. (Isännäinen ym. 2006, 7-8.)

5.2 Tuhkan käsittely metsälannoitteeksi

5.2.1 Stabilointi

Tuhka on käsittelemättömänä pölyävää, hienojakoista ja reaktiivista. Hienojakoisuutta voidaan vähentää tuhkan stabiloimisella, mikä tekee kuljettamisen ja levittämisen hel- pommaksi. Stabiloiminen vähentää myös ympäristö- ja terveysriskejä, koska pölyämi- nen on vähäisempää. Käsitelty tuhka hidastaa tuhkan aiheuttamaa voimakasta pH:n nousua maaperässä hidasliukoisuutensa takia. Stabilointi auttaa myös tekemään tuh- kasta pitkävaikutteisempaa, joten puusto kasvaa tasaisemmin. Stabiloinnin perusläh- tökohtana on tuhkan kostuttaminen vedellä. Kovettumisprosessi alkaa, kun tuhkan kalsium reagoi veden ja hiilidioksidin kanssa muodostaen kalsiumhydroksidia ja – karbonaattia, jotka rakeistavat tuhkan. Tuhkan kovettuminen vie muutamia viikkoja. Yleisesti tuhkan kovettamiseen käytetään kahta eri menetelmää, itsekovetusta ja ra- keistusta. (Motiva 2014.)

5.2.2 Tuhkan itsekovetus

Itsekovetuksessa tuhkaan lisätään vettä noin 30 % tuhkan ja veden yhteismassasta ja sen jälkeen tuhka kasataan kovettumaan. Itsekovetettuun tuhkaan jää hienojakoista ainesta, mutta se pölyää huomattavasti vähemmän kuin irtotuhka. (Korpilahti 2003, 9.) Itsekovetusmenetelmä on yksinkertainen ja edullinen menetelmä. Tuhkan kostutukseen voidaan käyttää esimerkiksi betonin tasosekoitinta tai ruuvikostuttimia, jotka on sijoitettu tuhkasiilon alle, mistä vesi sumutetaan tuhkan sekaan. Veden säätämisessä on oltava tarkka, että lopputuotteesta tulee mahdollisimman tasalaatuista. Ennen levitystä kasasta seulotaan suurimmat kokkareet pois. Itsekovetetun tuhkan loppukosteus vaihtelee 15–45 % välillä. Tuhkan kosteus vaikuttaa suuresti levitysmääriin, koska kosteaa tuhkaa tarvitaan huomattavasti enemmän saman ravinnemäärän saavuttamiseksi kuin kuivemmalla tuhalla. (Jyväskylä 2014.)

5.2.3 Tuhkan rakeistus

Rakeistetun tuhkan valmistusmenetelmä on sama kuin itsekovetetun tuhkan eli tuhkaan sekoitetaan vettä, jolloin syntyy rakeita (Isännäinen ym. 2006, 9). Tuhkan rakeistamiseen on olemassa useita menetelmiä, kuten lautasrakeistus, rumpurakeistus ja valssaus. Rumpurakeistuksessa tuhka kostutetaan ja valutetaan pyörivän sylinterin läpi, jolloin tuhka rakeistuu. Lautasrakeistuksessa tuhka syötetään pyörivään kaltevaan lautaseen, johon on kiinnitetty vastakkaiseen suuntaan pyörivä lapa. Kun tuhkaa valutetaan lautaselle, muodostuu rakeita. Valssauksessa tuhkan vesipitoisuus saadaan 3–5 %, koska menetelmässä tuhkaa tarvitsee kostuttaa hyvin vähän. Tuhkasta tehdään puristusvoiman avulla levyjä, jotka rikotaan pieniksi palasiksi. Toinen valssausmenetelmä on, että uritettujen valssien avulla tehdään nauhamaisia ja pötkömäisiä valsseja, jotka voidaan sitten pieniä lyhyemmiksi. Pelletoinnissa tuhka puristetaan matriisin läpi. Tuhkapellettien valmistus on Suomessa melko vähäistä, koska tuhkan puristaminen reikälevyn läpi kuluttaa matriisipuristinta ja käyttökustannukset ovat suuret. Rakeet voidaan vielä seuloa ennen levitystä. (Korpilahti 2003, 11-17.) Rakeistettu tuhka soveltuu hyvin niin lento- kuin maalevitykseen, koska se on tasalaatuista ja vähemmän pölyävää. Rakeistetussa tuhkassa on itsekovetettua tuhkaa matalampi kosteusprosentti, mikä vaikuttaa levitysmäärään. (Isännäinen ym. 2006, 10.)



KUVA 6. Rakeistettua tuhkalannoitetta Ecolan BT 4000

6 YHTEISHANKKEIDEN JÄRJESTÄMINEN

6.1 Yhteishankkeiden organisointi

Lannoituksen organisointi on toimenpidekokonaisuus, johon voi kuulua metsäsuunnitelma, hakkuusuunnitelma, kunnostusojitussuunnitelma, neulasanalyysi, lannoitus-suunnitelma, lannoitusmäärän laskeminen, harvennushakkuu, asiapapereiden täyttö, lannoitus ja kunnostusojitus. Kaikki nämä toimenpiteet eivät ole välttämättömiä, koska lannoitettavalle alueelle on jo voitu tehdä esimerkiksi harvennushakkuu ja kunnostusojitus. Metsäsuunnitelma on hyvä apuväline, kun halutaan tietoa metsän tarvitsemista hoitotoimenpiteistä.

Metsänhoitoyhdistykset, Otso-metsäpalvelut ja metsäyhtiöt UPM, Harvestia ja Metsä Group organisoivat yhteishankkeita, joiden avulla voidaan keskitetysti hoitaa lannoituksen suunnittelu, lannoitteiden hankinta ja levitysketju. Yhteishankkeissa lannoitetaan yleensä usean metsänomistajan lannoistuskohdeet ja yhteishanke on metsänomistajalle vaivaton tapa toteuttaa lannoitus. Helikopterilevityksen osalta kustannukset pienenevät oleellisesti, kun samalta varastopaikalta voidaan levittää mahdollisimman suuri pinta-ala. (Jyväskylä 2014.)

Lannoitustarve voidaan todeta silmämääräisesti metsäsuunnitelmaa tai puukauppaa tehtäessä. Kasvupaikka- ja puustotiedot löytyvät metsäsuunnitelmasta ja niiden perusteella voidaan kaukokartoittaa sopivat lannoituskohteet. Lannoituksen suunnittelussa keskitytään metsän kasvun ja terveyden kannalta parhaimpien kohteiden kartoitukseen. Metsäsuunnitelmassa olisi hyvä pystyä määrittämään, onko levitettävä kuvio lento- vai maalevityskohde. Harvennuskohteelle tuleva lannoitus voidaan sopia puukaupan yhteydessä.

6.2 Kestävän metsätalouden rahoitustuki

Valtion kestävän metsätalouden rahoitustuki kattaa terveyslannoituksen suunnittelun kustannukset kokonaan ja 40–65 % lannoitteiden hinnasta ja levityskustannuksista. Vuonna 2013 terveyslannoitukseen oli budjetoitu 996 000 euroa ja terveyslannoituksia tuettiin -1 446 970 eurolla eli budjetoitu määrä ylittyi. Vuodelle 2014 on budjetoitu 1 446 000 euroa, josta huhtikuuhun mennessä on käytetty 10 %. Uuden Kemera-lain on tarkoitus astua voimaan vuonna 2015 ja siinä terveyslannoituksen tuki arviolta pienenee. Tuen määrä riippuu siitä, millä rahoitusvyöhykkeellä alue sijaitsee. Ravinneanalyysin kulut korvataan kokonaisuudessaan, jos kuviolla on ravinne-epätasapaino. Arvonlisäveron osuuden hoitaa metsänomistaja. Jos tilalla ei ole voimassa olevaa metsäsuunnitelmaa tuen määrä pienenee 10 %. Lannoitettavan pinta-alan tulee olla vähintään 1 ha. Terveyslannoitettavasta alueesta pitää olla ennakkosuunnitelma ja työt voidaan aloittaa vasta suunnitelman hyväksymisen jälkeen. Terveyslannoitukseen saa tukea, jos puustot ovat 1–3 kehitysluokan metsikkökuvioita ja metsän kasvua hidastaa ravinne-epätasapaino, vaikka metsänhoidollisia töitä on tehty. (Suomen Metsäkeskus 2014.)

7 POHDINTA

Tuhkalannoitus olisi hyvä saada yhdeksi olennaiseksi osaksi suometsänhoitoa. Tuhka on voima- ja energialaitoksille ensisijaisesti jätettä, josta joutuu maksamaan jätevero. On luonnollista palauttaa metsään se, mitä sieltä on otettu. Tällä tavoin saamme myös ekologisesti lisäkasvua puustoon. Tuhkan käytöstä on haittaa vain vähäisten raskasmetallipitoisuuksien vuoksi, mutta muuten tuhkan käyttö on ympäristön kannalta hyödyllistä.

Metsähallitus on tällä hetkellä suurin tuhkalannoitteiden käyttäjä, vaikka yli kaksi kolmasosaa Suomen metsistä on yksityisessä omistuksessa. Tiedon jakaminen tuhkalannoituksesta on ensiarvoisen tärkeää, että lisääntyvälle tuhkalalle saadaan hyödyllinen loppusijoituspaikka.

Terveyslannoituksen tuen haku hidastaa osaltaan metsälannoitusketjua. Lannoitus siirtyy helposti seuraavalle vuodelle, koska neulasnäytteet pitää ottaa loka-helmikuun välisenä aikana ja Kemera-tuen haku voidaan tehdä vasta sen jälkeen. Koska tuen määrä on suuri, on metsänomistajalla suuri houkutus saada puolitettyä kustannukset. Jos terveyslannoituksen kaikkiin mahdollisiin kohteisiin haettaisiin tukea, eivät kemera-varat riittäisi alkuunkaan.

Tuhkan hyötykäyttökohteita tutkitaan jatkuvasti ja tuotteita kehitellään. Kehitys on ollutkin merkittävää tuhkalannoitteiden osalta viimeisten kymmenen vuoden aikana. Kangasmetsiä joudutaan vielä lannoittamaan kemiallisilla lannoitteilla, koska typpeä sisältäviä tuhkalannoitteita ei ole saatavilla. Puunkorjuu tehostuu koko ajan, mikä johtaa maaperän köyhtymiseen ja siksi on entistä tärkeämpää saada ravinteet palautetuksi takaisin metsään.

LÄHTEET

Bioenergiatieto. 2014. WWW-dokumentti.

http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/energian_tuotanto/energiatuotannon_tekniikka/polttotekniikka_kiinteille_polttoaineille/leijupoltto/. Ei päivitystietoja. Luettu 6.4.2014.

Ecolan 2014. Ympäristö. PDF-dokumentti. <http://www.ecolan.fi/fi/puuntuottajille/>. Ei päivitystietoja. Luettu 18.3.2014.

Eurofins Viljavuuspalvelu Oy. Näytteenotto ohjeet. PDF-dokumentti.

http://viljavuuspalvelu.fi/sites/default/files/sites/default/files/neulas_ja_metsamaasaate2014_eskp.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 10.4.2014.

Huotari, Noora. 2012. Tuhkan käyttö metsälannoitteena. Vammalan kirjapaino Oy

Hynynen, Jari. Valkonen, Samuli & Rantala, Satu. 2005. Tuottava metsänkasvatus. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Isännäinen, Saara. Rinne, Samuli. Järvelä, Eliisa & Lindh, Tuulikki. Tuhkan käyttö metsälannoitevalmisteena. PDF –dokumentti.

[http://www.skogsstyrelsen.se/Global/myndigheten/Projekt/RecAsh/Handb%C3%B6cker%20Handbooks/RecAsh%20handbok%20\(finska\).pdf](http://www.skogsstyrelsen.se/Global/myndigheten/Projekt/RecAsh/Handb%C3%B6cker%20Handbooks/RecAsh%20handbok%20(finska).pdf). Ei päivitystietoja. Luettu 10.4.2014.

Joensuu, Samuli. Kauppila, Maija. Linden, Maria & Tenhola, Tommi. 2013. Hyvän metsänhoidon suositukset - Vesiensuojelu työopas. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Jyväskylä, Petri. 2014. Tuhkalannoitusketju ja lannoituksen kustannukset. ForestVital Oy. Kasvua metsiin tuhkasta – seminaari. Pieksämäki 19.3.2014.

Jyväskylä, Petri. 2013. Metsänlannoitus. Menetelmät, lannoitteet ja kannattavuus. ForestVital Oy Luentoaineisto. 2013.

Korpilahti, Antti. 2003. Tuhkan esikäsittely metsäkäyttöä varten. PDF-dokumentti.

http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti_143.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 18.4.2014.

Maa- ja metsätalousministeriö, asetus nro. 24/11. PDF- dokumentti.

http://www.mmm.fi/attachments/elo/newfolder/lannoiteaineet/61fA18BFZ/MMMMa_24_11_lannoitevalmisteista_FI.PDF. Ei päivitystietoja. Luettu 1.2.2014.

Maa- ja metsätalousministeriö 2011. Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa.

Työryhmämuistio mmm. 2011. PDF-dokumentti.

http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmanmuistiot/newfolder_25/5xN59IPQI/trm2011_5.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 2.3.2014.

- Maa- ja metsätalousministeriö 2010. Kansallinen metsäohjelma 2015. Metsäalasta biotalouden vastuullinen edelläkävijä valtioneuvoston periaatepäätös 16.12.2010. PDF-dokumentti
http://www.mmm.fi/attachments/metsat/kmo/5ywLDJ2Uy/Kansallinen_metsaohjelma_2015_Valtioneuvoston_periaatepaatos_16.12.2010.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 2.3.2014
- Makkonen, Timo. (toim.) 2008. Tuhkalannoitus. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Porvoo: Metsäkustannus Oy.
- Makkonen, Timo. ja Häggman, Bjarne. (toim.) 2008. Metsälannoitus. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
- Metsäntutkimuslaitos 2013, Tilastollinen vuosikirja 2013. Sastamala: Vammalan kirjapaino Oy
- Metsäntutkimuslaitos 2011, Tilastollinen vuosikirja 2011. Sastamala: Vammalan kirjapaino Oy
- Metsänlannoitusopas. 2009. YARA SUOMI OY. Jyväskylä: Kirjapaino Kari Ky
- Motiva Oy. 2014 . WWW-dokumentti.
http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_tuotantotekniikka. Päivitetty 28.3.2014. Luettu 6.4.2014
- Moilanen, Mikko. 2014. Tuhkalannoituksen vaikutusmetsän kasvuun ja elinvoimaisuuteen sekä ympäristöön. METLA. Kasvua metsiin tuhkasta – seminaari. Pieksämäki 19.3.2014.
- Ollikainen, Seppo. 2014. Tuhkalannoituksen käytön mahdollisuudet Etelä-Savossa. Metsäkeskus Etelä-Savon yksikkö. Kasvua metsiin tuhkasta – seminaari. Pieksämäki 19.3.2014.
- Soininen, Hanne & Kontinen, Kati. 2013. Etelä-Savon metsät kasvuun tuhkalannoitteilla Biolannoite-hankkeen tiedote.
- Suomen Metsäkeskus. Kemera-tuet 2014 – valtion tukea kestävän metsätalouden harjoittamiseen. Päivitetty 23.5.2013. Luettu 20.2.2014.
- Suvanto, Heikki. 2014. Tuhkalannoitetuotteet ja niiden ominaisuudet. FA Forest Oy. Kasvua metsiin tuhkasta – seminaari. Pieksämäki 19.3.2014.
- Suvanto, Heikki. 2014. Henkilökohtainen tiedonanto. 28.3.2014. Myyntipäällikkö. FA Forest Oy.
- Ylitalo, Esa. 2012. Puun energiakäyttö, metsäntutkimuslaitos, metsätilastollinen tietopalvelu. Metsätilastotiedote 16/2012. PDF -dokumentti.
<http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/mtt/2012/puupolttoaine2011.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 11.4.2014.

