

# KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

## ympäristötekniikan koulutusohjelma

Ville Makkonen

Poltosta syntyvän puutuhkan hyötykäytön mahdollisuudet

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2015



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Syksy 2015**  
**Ympäristötekniikan koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
Puh. 013 260 6900

Tekijä  
Ville Makkonen

Nimeke  
Poltosta syntyvän puutuhkan hyötykäytön mahdollisuudet  
Toimeksiantaja  
Enon energiaosuuskunta

**Tiivistelmä**

Tämä opinnäytetyö käsittelee poltosta syntyvän puutuhkan hyödyntämisen mahdollisuuksia. Opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Enon energiaosuuskunnalla. Työn tarkoituksena oli löytää Enon energiaosuuskunnalle sopivin menetelmä tuhkan hyötykäytön toteuttamiseksi.

Opinnäytetyöprosessi alkoi kartoittamalla tuhkan hyödyntämisen menetelmiä ja tutustumalla aiheesta julkaistuihin materiaaleihin. Tutkimusaineistoa hankittiin haastattelututkimuksella, jossa haastateltiin tuhkan hyötykäytön parissa työskenteleviä henkilöitä. Haastatteluilta kerättiin materiaalia käytännön kokemuksista tuhkan käyttämisestä metsälannoitteena ja hyödyntämisestä metsäteiden rakentamisen ja kunnostamisen materiaalina.

Tuhkan levittäminen metsään lannoitteeksi onnistuu parhaiten käyttämällä metsäkoneeseen rakennettuja tuhkanlevityskalustoa. Enon energiaosuuskunnalla syntyvä tuhkan määrä on liian vähäinen, jotta investointi metsäkoneeseen rakennettuun tuhkanlevityskalustoon olisi kannattavaa.

Ulkopuolisen urakoitsijan käyttäminen tuhkan levittämisessä metsälannoitteeksi on haastattelujen perusteella kannattavin vaihtoehto tuhkalannoituksen suorittamiseksi. Haastattelujen mukaan tuhkan levittäminen onnistuu käyttämällä pienen kokoluokan kalustoa, mutta silloin on ilmennyt ongelmia käytännön levitystyön parissa. Poltosta syntyvä tuhka soveltuu hyvin raaka-aineeksi metsäteiden rakentamiseen ja kunnostamiseen, mutta sen käyttäminen on luvanvaraista. Haastatteluissa ilmeni, että metsälannoitteeksi soveltuvan tuhkan käyttäminen metsäteissä nähtiin lannoitusvarojen hukkaamisena.

Kieli

Suomi

Sivuja 44

Liitteitä 4

Asiasanat

tuhka, lannoitus, hyötykäyttö



**THESIS**  
**Autumn 2015**  
**Degree program of Environmental**  
**technology**

Karjalankatu 3  
80200 Joensuu  
Tel. 358-013-260 6900

Author  
Ville Makkonen

Title  
Possibilities of utilising wood ash

Commissioned by  
Eno Energy Cooperative

Abstract

The aim of this thesis was to find a way to possibilities of reclaim wood ash and find best technique to reclaim wood ash for Eno Energy Cooperative. The study was commissioned by Eno Energy Cooperative.

The process started by researching different techniques to reclaim wood ash systems and explores to published research of ash. The material was gathered by survey. The purpose of the survey was to find out practical experiences of reclaims wood ash in forest fertilization and use of building and the repair of forest roads.

The best way to spreading of ash is to use forestry equipments, where is auxiliary equipment for spreading ash. The amount of generated wood ash in Eno Energy Cooperative is too small to invest in a forestry equipment for spreading ash.

By survey the most profitable way to spreading ash as fertilizer is to use an outside contractor. According to the survey ash spreading by small-scale machine is one working technique to spreading ash, but there have been problems in practical experience spreading ash as fertilizer. Ash is a good raw material for building and repair of forest roads, but its use is subject to licence. Use of Food ash which is suitable for forest fertilization to a raw material for building and repair of forest roads was seen wasting the fertilizer.

Language

Finnish

Pages 44

Appendices 4

Keywords

ash, fertilisation, utilisation

## Sisällys

1	Johdanto.....	6
1.1	Taustaa.....	6
1.2	Toimeksiantaja.....	6
1.3	Keskeiset käsitteet.....	7
2	Tuhkan stabilointi.....	8
2.1	Itsekovetus.....	8
2.2	Rakeistus.....	9
2.3	Pelletointi.....	10
3	Tuhkaan liittyvä lainsäädäntö.....	11
3.1	Lannoitevalmisteen tyyppinimi ja tuhkan tuoteseloste.....	13
3.2	Omavalvonta.....	14
3.3	Reach-asetus.....	14
3.4	Jäteverolaki.....	15
4	Tuhkan ominaisuudet.....	16
5	Tuhkalannoituksen käyttökohteet.....	17
6	Tuhkalannoituksen ympäristövaikutukset.....	18
6.1	Maaperä.....	18
6.2	Vesistöt.....	19
6.3	Kasvillisuus.....	20
6.4	Sienet.....	21
6.5	Marjat.....	21
6.6	Säteily.....	22
7	Lannoituksen vaikutukset puuston kasvulle.....	22
8	Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet, tutkimustehtävät ja aiheen rajaus.....	24
8.1	Tarkoitus ja tavoitteet.....	24
8.2	Aiheen rajaus.....	25
9	Aineisto ja menetelmät.....	25
9.1	Tutkimusmenetelmä ja aineiston hankinta.....	25
9.2	Aineiston käsittely ja analyysi.....	27
10	Tuhkan levittämismenetelmät ja kokemukset niistä.....	27
10.1	Nykyiset käytössä olevat tuhkan levittämistavat.....	28
10.1.1	Tuhkan levittäminen moottorikelkalla.....	28
10.1.1	Tuhkan levittäminen lumilingolla.....	28
10.2	Tuhkalannoituksen maalevitystavat.....	29
10.2.1	Pölytuhkan levittäminen.....	29
10.2.2	Itsekovetetun tuhkan ja raetuhkan levittäminen.....	29
10.3	Tuhkan hyödyntäminen metsäautoteiden rakentamisessa.....	30
10.4	Muut tuhkan hyödyntämisen menetelmät.....	33
10.4.1	Tuhkan vieminen jalostukseen.....	33
10.4.2	Tuhkan levittäminen ulkopuolisen tahon puolesta metsään.....	34
11	Tulokset.....	34
11.1	Tuhkan levittäminen käyttämällä metsätaloustraktoreita.....	34
11.2	Tuhkan levittäminen käyttämällä pienen kokoluokan kalustoa.....	35
11.3	Tuhkan levittäminen käyttämällä ulkopuolista urakoitsijaa.....	36
11.4	Tuhkan vieminen tuhkan jalostuslaitokselle.....	36
11.5	Tuhkan käyttö metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa.....	37
12	Pohdinta.....	38
12.1	Johtopäätökset.....	38
12.2	Luotettavuus ja virhearviointi.....	41
12.3	Oppimisprosessi.....	41

12.4	Jatkotutkimukset.....	42
	Lähteet.....	43

#### Liitteet

Liite 1	Tuhkan tuoteselostemalli
Liite 2	Jäteveron piiriin kuuluvat jätteet
Liite 3	Kyselylomake tuhkan maalevittämisestä metsän lannoitteena
Liite 4	Kyselylomake tuhkan hyödyntämisestä metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa

#### Kuvat

Kuva 1	Itsekovetettua tuhkaa
Kuva 2	Rakeistettua tuhkaa
Kuva 3	Pölytuhkan levittämistä puhallinlevittimellä
Kuva 4	Itsekovetetun tuhkan levittämistä
Kuva 5	UPM:n käyttämän tuhkamursketien kaaviokuva

#### Taulukot

Taulukko 1	Metsälannoitteena käytettävälle tuhkalannoitteelle on annettu raskasmetallien osalta enimmäispitoisuudet.
Taulukko 2	Polttoaineiden tuhkapitoisuuksia
Taulukko 3	Kivihiilen, turpeen ja puuperäisen aineksen kokonaispitoisuus- ja liukoisuusraja-arvot
Taulukko 4	Jätetuhkien ilmoitusmenettelyä ja ympäristölupaa koskevat keskeiset periaatteet ja asiaa käsittelevät viranomaiset

#### Kuviot

Kuvio 1.	Turvetuhkan vaikutus männyn kasvuun ojitetulla rämeellä
----------	---

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on poltosta syntyvän puutuhkan levittämisen mahdollisuudet metsään. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää eri mahdollisuuksia ja menetelmiä puutuhkan levittämiseksi metsään lannoitteeksi sekä kartoittaa myös muita menetelmiä, joiden avulla tuhkaa voidaan hyödyntää.

Opinnäytetyö tehdään toimeksiantona Enon energiaosuuskunnalle. Työn ohjaaja on Asko Puhakka Karelia-ammattikorkeakoulun puolelta ja tarkastajana on Esa Etelätalo. Toimeksiantajan yhdyshenkilönä ja ohjaajana on puheenjohtaja Teuvo Hirvonen.

## 1.1 Taustaa

Enon energiaosuuskunnan toiminnassa syntyy puutuhkaa. Syntynyttä puutuhkaa on aikaisemmin käytetty osuuskunnan osakkaiden metsien lannoitukseen. Tuhkan levittämisen menetelmiin halutaan osuuskunnan puolesta parannuksia, sillä nykyisin käytössä olevat menetelmät ovat työläitä. Lisäksi halukkuutta on saada tietoa myös muista mahdollisista tuhkan hyödyntämisen keinoista lannoitteen lisäksi, kuitenkin siten, että lannoite-tarkoitus olisi etusijalla osuuskunnan tarpeita ajatellen.

## 1.2 Toimeksiantaja

Enon energiaosuuskunta on Enossa toimiva lämpöyrittäjäyysosuuskunta, joka on perustettu vuonna 1999 (Lämpöyrittäjäyttä vuodesta 1999). Enon energiaosuuskunta lämmitteää puuhakkeeseen perustuvalla lämmitysmuodolla lämmitettävää tilavuutta yhteensä noin 291 000 r-m<sup>3</sup> (Enon energiaosuuskunta vuonna 2015). Osuuskunnalla on puuhakkeeseen perustuvia hakelämpölaitoksia kolme kappaletta. Hakelämpölaitokset sijaitsevat Enon alakylällä, Enon yläkylällä ja Uimaharjussa (Enon energiaosuuskunta vuonna 2015). Energiaosuuskunnan Enossa sijaitsevien hakelämpölaitosten kokonaisteho on 4,8 MW (Enon ener-

giaosuuskunta – lämpölaitokset.) Lämmitysenergiaa tarvitaan Enon yläkylällä n. 2 700 MWh ja alakylällä n. 6 500 MWh. Uimaharjussa myytävän energian tarve on n. 6 000 MWh. Enon osuuskunnan kolmen oman hakelaitoksen energiantuotanto on noin 15 200 MWh ja hakkeen käyttö n. 27 000 i-m<sup>3</sup>. (Enon energiaosuuskunta vuonna 2015.) Lisäksi osuuskunnan hoidossa on Uimaharjussa Hoitokoti Tuuliharjun pellettilaitos ja myös metsähakkeen toimitus Kontioniemen hakelämpölaitokselle. Hoidossa tai raaka-ainetoimituksen piirissä on kaikkiaan 7 biokattilaa yhteisteholtaan n. 6,5 MW. (Enon energiaosuuskunta – lämpölaitokset.)

Vuosittain Enon energiaosuuskunnan toiminnasta syntyy yhteensä 97 tonnia tuhkaa. Tuhkaa syntyy Enon alakylän hakelaitoksella 39 tonnia vuodessa, Uimaharjun hakelaitoksella 39 tonnia vuodessa ja Enon yläkylän hakelaitoksella 19 tonnia vuodessa. (U. Hassinen, henkilökohtainen tiedonanto 22.5.2015.) Tuhkaa levitetään nykyään noin kymmenen hehtaarin alueelle (T. Hirvonen, henkilökohtainen tiedonanto 12.11.2014).

### 1.3 Keskeiset käsitteet

**Kuivatuhka** on poltosta syntyvää tuhkaa, joka on polton jälkeen hienojakoista ja helposti pölyävää kuivaa materiaalia.

**Lannoitevalmisteena metsässä käytettävä tuhka** on puhtaan puun tai turpeen tai niiden seospoltosta syntynyttä tuhkaa. Lannoitteena ei saa käyttää tuhkaa, joka on peräisin puu- ja turve-erien poltosta mikä on sisältänyt epäpuhtauksia. (Isännäinen, Rinne, Järvelä & Lindh 2006, 5.)

**Märkätuhka** on poltosta syntyvää tuhkaa, joka on sekoittuneena veden kanssa.

**Omavalvonta** on toiminnanharjoittajan oma valvontajärjestelmä, jonka tarkoituksena on varmistaa, että lannoitevalmiste ja sen käsittely täyttää niille asetetut vaatimukset (Lannoitevalmistelaki 539/2006 4. §).

## **2 Tuhkan stabilointi**

Poltosta syntyvä tuhka on hienojakoista ja helposti pölyävää. Tuhka on käsiteltävä siten, että sen pölyäminen on mahdollisimman vähäistä (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11). Levittämisen ja kuljettamisen helpottamiseksi tuhka on stabiloitava ennen levittämistä. Tuhkan stabilointi suoritetaan kostuttamalla tuhkaa vedellä ja stabiloinnin toteuttamiseen käytännössä on useampia menetelmiä. (Makkonen 2008, 8 - 10.)

Tuhkaa kostutettaessa vesi reagoi tuhkan kalsiumin ja myöhemmin hiilidioksidin kanssa muodostaen kalsiumhydroksidia ja -karbonaattia, jotka kovettavat tuhkan suuremmiksi rakeiksi. Tuhkan kovettuminen on perusreaktiona hidas. (Rinne 2007, 3.)

### **2.1 Itsekovetus**

Tuhkan stabiloimiseksi yksinkertaisin menetelmä on itsekovetus. Menetelmässä tuhka kostutetaan sekoittamalla siihen vettä. Kostutettu tuhka ajetaan kaasaan, jossa sen annetaan kovettua. Menetelmällä saadaan 15 - 40 % kosteus. (Rinne 2007, 3.)

Itsekovetettu tuhka muistuttaa hienojakoista multaa, joka sisältää erikokoisia rakeita. Ennen itsekovetetun tuhkan levittämistä siitä kannattaa esimerkiksi kuormauksen yhteydessä seulakauhalla rikkoa suurimpia kokkareita. Itsekovetettu tuhka pölisee kuitenkin levittäessä, mutta selkeästi vähemmän kuin kovettamaton tuhka. (Rinne 2007, 3.; Makkonen 2008, 9.)





Kuva 1. Itsekovetettua tuhkaa (Makkonen 2008, 9.)

## 2.2 Rakeistus

Tuhkan stabilointi rakeistamalla on tehokas menetelmä vähentää tuhkan pölyämistä ja hidastaa sen liukoisuutta (Rinne 2007, 3). Kostutettu tuhka voidaan rakeistaa, joko lautasella tai rummussa pyörittämällä. (Isännäinen ym. 2006, 10.) Rakeistamalla tavoitteena on saada alle senttimetrin halkaisijaltaan olevia rakeita. Käytännössä menetelmällä saatujen rakeiden koko kuitenkin vaihtelee. (Makkonen 2008, 9 - 10.)

Rakeiden laatuun vaikuttaa käytetyn tuhkan laatu, parhaimmanlaatuisia rakeita saadaan käyttämällä puutuhkaa, joka ei ole seissyt ulkona. Usein kuitenkin käytännössä joudutaan käyttämään muuta kuin puhdasta puutuhkaa, joka ei ole seissyt ulkona. Tällöin on hyvä, jos rakeistus voitaisiin tehdä kaksivaiheisesti käyttämällä huonolaatuisempaa tuhkaa ensiksi prosessissa ja sen jälkeen kuoruttamaan hyvälaatuisella puutuhkalla rakeet. Tällä menetelmällä rakeisiin saadaan riittävän kova pinta kestämään käsittelyä. (Isännäinen ym. 2006, 9 - 11.)

Itsekovetettuun tuhkaan verrattuna rakeistettu tuhka kovettuu nopeammin, se pölyyää vähemmän ja sen loppukosteus on pienempi. Pienempi loppukosteus vähentää esimerkiksi kuljetus- ja levityskustannuksia. Rakeistaminen on kuitenkin menetelmänä kalliimpi kuin itsekovettaminen. (Makkonen 2008, 9 - 10.)

Tuhkan rakeistamista suoritetaan Suomessa teollisessa mittakaavassa ja kiinteitä rakeistamoja ovat: Enocell Oy:n sellutehtaan yhteydessä Uimaharjussa ja FA Forest Oy:llä Liperissä ja Viitasaarella. (Rinne 2007, 3).



Kuva 2. Rakeistettua tuhkaa (Makkonen 2008, 7)

### 2.3 Pelletöinti

Tuhkaa voidaan käsitellä puristamalla se matriisien läpi eli pelletöimällä. Menetelmä ei ole Suomessa käytössä suuressa mittakaavassa tuhkanrakeistuksessa. Pelletöinnillä saadaan aikaan hyvälaatuinen lopputuote. Tuhkan pelletöinnissä ongelmana on pelletöintimatriisien nopea kuluminen, minkä takia kustannukset nousevat korkeaksi. Menetelmä sopiikin lähinnä pienimuotoiseen toimintaan, jossa tuhkan pelletöinnin määrät ovat vähäistä. (Rinne 2007, 3.; Huotari 2012, 10.)

### **3 Tuhkan liittyvä lainsäädäntö**

Tuhkan käyttöä metsälannoitteena säätelevät lannoitevalmistelaki (539/2006) sekä sen perusteella annettu Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/1. Lannoitevalmistelaissa (539/2006) määritellään tuhkalta asetetut laatuvaatimukset, tuhkalta tehtävästä tuoteselosteesta ja tuotannon omavalvonnasta. Säädöksillä varmistetaan tuotteen hyvä laatu ja käytön turvallisuus. Lannoitevalmistelaki 539/2006 14 § edellyttää laitoksen hyväksyntää Elintarviketurvallisuusvirastolta, ennen kuin se voi aloittaa toimintansa. Elintarvikekeskus Evira ylläpitää ja valvoo tuhkan tuotantoa, laatuvaatimuksia ja tuoteselosteita. (Lannoitevalmistelaki 539/2006 17 §.)

Metsälannoitteena käytettävän tuhkan ravinnepitoisuuksien on oltava vähintään fosforin ja kaliumin osalta 2,0 prosenttia ja kalsiumin osalta 6,0 prosenttia painoprosenttia kuiva-aineesta. Tuhkan ravinteet ja ainesosat ilmoitetaan painoprosentteina kuiva-aineesta. Epäorgaanisia lannoitevalmisteita saa lisätä rakeistetun tuhkan käyttökelpoisuuden parantamiseksi tai annettujen vähimmäisvaatimusten täyttämiseksi. Tuhkan levittäminen pohjavesialueille ja suojelualueille on kielletty, jos tuhkalannoitteeseen on lisätty booria. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11.)

Taulukko 1. Metsälannoitteena käytettävälle tuhkalannoitteelle on annettu raskasmetallien osalta enimmäispitoisuudet. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11Liite IV).

Alkuaine	Metsätaloudessa käytettävissä tuhkalannoitteissa tai niiden raaka-aineena käytettävässä tuhkassa enimmäispitoisuus mg/kg ka.
Arseeni (As)	40
Elohopea (Hg)	1,0
Kadmium (Cd)	25
Kromi (Cr)	300
Kupari (Cu)	700
Lyijy (Pb)	150
Nikkeli (Ni)	150
Sinkki (Zn)	4 500

Tuhkan hyötykäyttöä ohjeistaa jätelaki (646/2011). Jätelain 8 §:n mukaan kaikessa toiminnassa on noudatettava mahdollisuuksien mukaan etusijajärjestystä, jonka tarkoituksena on lisätä jätteen uudelleenkäyttöä.

Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmistettava jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä se. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä. (Jätelaki 646/2011 8 §.)

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteista 24/11 on määritelty, mitä saa käyttää tuhkalannoitteen polttoaineena.

Tuhkalannoitteena tai sen raaka-aineena voidaan käyttää turpeen, peltobiomassan tai puun tuhkaa sekä eläinperäistä tuhkaa. Tuhka on käsiteltävä siten, että sen pölyäminen on mahdollisimman vähäistä.

Turpeen ja puun tuhalla tarkoitetaan sivutuotetta, joka on eroteltu turpeen, puuhakkeen, kuorijätteen, ensiomassan tuotannon tai massasta valmistettavan paperin tuotannon yhteydessä syntyvän kuituainetta sisältävän kasviperäisen jätteen, käsittelemättömän puujätteen tai muun näihin verrattavan puhtaan puuperäisen aineksen tai peltobiomassojen kuten ruokohelpi, olki, vilja, öljykasvit, paju ja järviruoko taikka niiden seoksen poltossa syntyvistä savukaasuista mekaanisesti tai sähköisesti tai joka on poistettu polttolaitoksen polttokammion pohjalta. Myös puu-

turve- tai kasvibiomassapohjaisen polttoaineen valmistuksessa syntyvä tuhka on lannoitekäyttöön soveltuvaa tuhkaa.

Eläinperäisellä tuhkalla tarkoitetaan sivutuotetta, joka on syntynyt poltettaessa luokan 2 ja 3 eläinperäisiä sivutuotteita tai niistä johdettuja tuotteita valtioneuvoston asetuksen jätteen polttamisesta (362/2003) mukaisesti tai sivutuoteasetuksen (EY) 1069/2009 24 artiklan mukaisesti hyväksytyssä poltto- tai rinnakkaispolttolaitoksessa. Poltossa saa olla mukana puun, turpeen ja peltobiomassan poltossa sallittuja raaka-aineita. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11.)

### **3.1 Lannoitevalmisteen tyyppinimi ja tuhkan tuoteseloste**

Lannoitevalmisteella tulee olla tyyppinimi, joka on kansallisessa lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelossa tai EY-lannoitteiden osalta lannoiteasetuksen liitteenä julkaistavassa Euroopan yhteisön (EY) lannoitetyyppien luettelossa, jotta sitä voidaan tuoda maahan, saattaa markkinoille tai valmistaa markkinoille saattamista varten. Tarvittaessa uutta tyyppinimeä voidaan hakea hakemuksella Elintarviketurvallisuusvirastolta. (Lannoitevalmistelaki 539/2006 6 §.)

Tuhkalannoitteesta on tuottajan laadittava tuoteseloste, jossa valmistajan tulee ilmoittaa kirjallisesti tiedot lannoitevalmisteen tyyppi- ja kauppanimestä, ominaisuuksista, käytöstä, koostumuksesta, valmistajasta ja maahantuojasta. Tuoteselosteen on oltava lannoitevalmistepakkauksessa kiinteänä, esimerkiksi painettuna tuotteen pakkaukseen. Irtotavaran yhteydessä tuoteseloste voi olla lannoitevalmisteeseen liittyvien asiakirjojen mukana siten, että se on helposti saatavilla valvontaa varten. (Lannoitevalmistelaki 539/2006 8 §.) Liitteessä 1 on tuhkan tuoteselostemalli.

### **3.2 Omavalvonta**

Toiminnanharjoittajan on lannoitevalmistelain momentin 13 mukaan velvollisuus laatia omavalvonta. Omavalvontaa ei kuitenkaan tarvitse järjestää, jos toiminnanharjoittaja yksinomaan kuljettaa tai käyttää lannoitevalmisteita tai niiden raaka-aineita, jollei lannoiteasetus tai sivutuoteasetus sitä edellytä. (Lannoitevalmistelaki 539/2006 13 §.)

Toiminnanharjoittajan on laadittava ja toimitettava omavalvonnasta kirjallinen suunnitelma Elintarviketurvallisuusvirastolle. Toiminnanharjoittaja on velvollinen tiedottamaan työntekijöille omavalvonnasta. Toiminnanharjoittajan on tiedettävä lannoitevalmisteen valmistuksen kannalta kriittiset tuotannonvaiheet, jotta toiminnasta ei aiheudu vaaraa. Näitä kriittisiä vaiheita toiminnanharjoittajan on valvottava säännöllisesti. (Lannoitevalmistelaki 539/2006 13 §.)

### **3.3 Reach-asetus**

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen N:o 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä tarkoituksena on edistää ympäristön suojelua ja ihmisten turvallisuutta kemikaalien osalta. REACH-järjestelmä (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) on luotu kemikaalien rekisteröintiä, arviointia ja lupamenettelyjä varten. Yritykset, jotka maahantuovat tai valmistavat kemikaaleja ovat asetuksen mukaan velvollisia arvioimaan kemikaalien käytöstä aiheutuvat riskit ja laatimaan ohjeet kemikaalien turvallisesta käyttämisestä. REACH-järjestelmän (Kemikaalien rekisteröinti-, arviointi-, rajoitus- ja lupamenettely) myötä vastuu kemikaalien turvallisuudesta siirtyy teollisuudelle viranomaisilta. (Soininen, Mäkelä, Kyyhkynen & Muukkonen 2010,10–11 ; Punta & Tolvanen 2011, 38–39.)

REACH-asetus koskee aineita, joita yritys maahantuo tai valmistaa EU:n alueella vähintään tonnin vuodessa. REACH-asetuksen mukainen rekisteröinti tulee tehdä, jos ainetta aiotaan valmistaa tai markkinoida. Rekisteröintiä ei kuitenkaan tarvitse tehdä, jos aine on jo aikaisemmin rekisteröity ja siitä on laadittu

käyttäjälle käyttöturvallisuustiedote ja vaaratiedot aineesta. (Soininen ym. 2010, 10–11 ; Punta & Tolvanen 2011, 38–39.)

REACH-asetusta ei sovelleta, jos tuhkaa hyödynnetään jätteenä käyttökohteessa ja eikä sitä markkinoida. Kun tuhka täyttää end-of-waste- tai sivutuotekriteerit siihen sovelletaan REACH-asetusta. Tällöin REACH-asetusta sovelletaan samanaikaisesti lannoitelainsäädösten kanssa. Jos tuhka on vaaratonta, niin siihen sovelletaan lannoitelainsäädäntöä. (Soininen ym. 2010, 10–11 ; Punta & Tolvanen 2011, 38–39.)

### **3.4 Jäteverolaki**

Jätevero on kannustintyyppinen ympäristövero. Jäteveronlain (1126/2010) tarkoituksena on kerätä valtiolle verotuloja, mutta ensisijaisena tarkoituksena on vähentää jätteen kaatopaikkasijoittamista ja edistää jätteen hyötykäyttöä. (HE 126/2014 Hallituksen esitys, 1.)

Jäteveroa sovelletaan jätteille, joiden hyödyntäminen on mahdollista teknisesti ja ympäristöperusteisesti. Ympäristöperusteisessa jätteen hyödyntämisessä syntyvien ympäristöhyötyjen tulee olla haittoja suuremmat. Jäteveron piiriin kuuluvat jätteet ovat lueteltuna jäteverolaissa 1126/2010, liite 2. Jätevero kohdistuu vain jätteisiin, joiden loppusijoittaminen suoritetaan kaatopaikalle kaatopaikkakäsittelyllä. Jätevero ei koske niitä jätteitä, joiden hyödyntäminen ei ole mahdollista teknisesti ja ympäristöperusteisesti. (HE 126/2014 Hallituksen esitys, 1.)

Jäteveron suuruus oli aikaisemmin 50 euroa tonnilta jätettä jäteverolaissa (1126/2010). Jäteveron määrä nousi 50 eurosta tonnilta 55 euroon tonnilta jätettä uudessa jäteverolaissa, joka tuli voimaan 1. päivänä tammikuuta 2015. (HE 126/2014 Hallituksen esitys, 1.)

## 4 Tuhkan ominaisuudet

Tuhka on polttoaineen poltosta syntyvä epäorgaaninen jäännöstuote, johon jää suurin osa polttoaineen epäorgaanisista aineksesta. Tuhkan ominaisuuksiin vaikuttaa millaista polttoainetta on käytetty. Tuhkan laatuun vaikuttaa polttoaineen kasvupaikka ja millaista polttoainetta on käytetty, pienikokoista runkopuuta, hakkuutähdettä tai kuorta. (Isännäinen ym. 2006, 6.)

Puu ottaa kasvaessaan maaperästä ja ilmasta ravinteita ja hivenaineita, mitkä siirtyvät myös puutuhkaan. Puutuhka sisältääkin ravinteita siinä suhteessa missä puu on niitä kasvaessaan ottanut. (Ojala, E. 2010, 4. & Huotari 2012, 6.). Puun kasvuympäristöllä on merkitystä siihen, millaisia pitoisuuksia puutuhka sisältää raskasmetalleja. Tuhkan sisältämät ravinteet ovat tuhkassa helposti liukenevina suoloina ja osittain vaikeampiliukoisina yhdisteinä kuten oksideina, karbonaateina ja silikaatteina. (Isännäinen ym. 2006, 6 - 7.). Polttoaineen lisäksi polttotekniikalla on merkitystä tuhkan laatuun. Lisäksi tuhkan laatuun voidaan vaikuttaa tuhkan varastoinnilla ja erittelemällä eri tuhkalaatuja. (Ojala, E. 2010, 4.)

Tuhkapitoisuus on suurinta puun osissa missä puun kasvu tapahtuu. Puupolttoaineiden tuhkapitoisuuden keskiarvo on 2 % polttoaineesta (Isännäinen ym. 2006, 6). Taulukossa 2 on ilmoitettu polttopuuaineiden tuhkapitoisuuksia.

Taulukko 2. Polttoaineiden tuhka pitoisuuksia (Isännäinen ym. 2006, 6. & Ojala, E. 2010, 5.)

Polttoaine	Tuhka pitoisuus, %
Runkopuu	0,4-0,6
Puunkuori	2-5
Puun oksat	1-2
Lehdet, neulaset	2-6
Turve	5

Tuhka sisältää suhteellisen vähän ravinteita muihin metsälannoitteisiin verrattuna. Puutuhka sisältä 10–30 % kalsiumia, noin 2 % kaliumia ja magnesiumia ja



noin 1 % fosforia. Rauta sitoo tuhkan sisältämän fosforin ja täten luovuttaa sen hitaasti kasvillisuuden käyttöön. (Makkonen 2008, 8.) Puutuhka ei sisällä orgaanista ainesta eikä typpeä. Rikki häviää polton yhteydessä puutuhkasta. (Ojala 2010, 5.) Puutuhkan pH on 10 - 13 pH-yksikköä, emäksisyyden takia se nostaa maan pH-arvoa kalkin tavoin. (Makkonen 2008, 8 - 16.)

Turvetuhkassa on selkeästi vähemmän ravinteita kuin puutuhkassa, ja etenkin kaliumia ja booria on vähemmän (Makkonen 2008, 8 ; Isännäinen ym. 2006, 7 ). Turvetuhka sisältää vähemmän raskasmetalleja kuin puutuhka. Raskasmetalleista arseenia turvetuhka sisältää kuitenkin enemmän kuin puutuhka. (Isännäinen ym. 2006, 7.)

## **5 Tuhkalannoituksen käyttökohteet**

Tuhkan luonnolliset käyttökohteet ovat suometsät, jotka sisältävät runsaasti typpeä ja joissa kasvua rajoittaa fosforin ja kaliumin puute. Kasvuhäiriöistä kärsivien suometsien ravinnetilan parantamiseen käytetään tuhkalannoitusta. Turvekerroksen paksuudella on merkitystä tuhkalannoitukseen. Tuhkalannoitukseen soveltuu parhaiten ohutturpeiset alueet. Ohutturpeisuuden raja on, että turvekerros on alle 0,3 - 0,4 metriä. (Makkonen 2008, 11.) Metsätyypeistä, etenkin paksuturpeiset II-tyyppin puolukka- ja mustikkaturvekankaat soveltuvat tuhkalannoituksen käyttökohteiksi (Huotari 2012, 41).

Kangasmailla tuhkalannoituksella voidaan torjua kasvuhäiriöitä, jotka johtuvat ravinteiden epätasapainosta, kuten boorin puutoksesta johtuvien kasvuhäiriöiden torjumiseen (Huotari 2012, 43). Koska tuhka ei sisällä typpeä, se ei lisää kasvua kangasmailla, joissa on typen puutosta (Makkonen 2008, 11.).

Tuhkalannoitus sopii turvetuotannosta poistuneiden alueiden metsittämiseen tai maisemointiin. Turvetuotannosta vapautuneiden alueiden metsänkasvatuksen kelpoisuus vaikuttaa merkittävästi jäljelle jääneen turvekerroksen paksuus. (Huotari 2012, 42.)

Tuhkalannoitusta käytetään metsitettyjen suopeltojen ravinne-epätasapainon korjaamiseen ja turvaamaan puuston häiriöttömän kasvun. Kaliumin ja boorin puute heikentävät puiden kasvua metsitetyillä suopelloilla, tätä pyritään korjaamaan tuhkalannoituksella. Suopeltojen ravinnetila vaihtelee huomattavasti mm. maanviljelyssä käytetyistä maanparannus- ja viljelymenetelmistä, alkuperäisestä suotyypistä ja turpeen paksuudesta riippuen. (Huotari 2012, 43.)

## **6 Tuhkalannoituksen ympäristövaikutukset**

### **6.1 Maaperä**

Tuhkalannoituksen ympäristövaikutukset maaperään ovat hyvin pitkäaikaisia. Tuhkalannoitus aiheuttaa muutoksia maaperän happamuuteen ja alkuainepitoisuuksiin. Lannoituksen aiheuttamat muutokset on mahdollista havaita selvästi vielä 40–60 vuoden jälkeen tuhkan levityksestä. (Makkonen 2008, 16)

Tuhka on emäksistä, joten sillä on vaikutusta maaperän happamuuteen. Tuhkalannoitus nostaa maaperän pH-lukua 1 - 3 pH-yksikköä riippuen kasvupaikasta, tuhkan laadusta ja levitetystä tuhka-annoksesta. Tuhkalannoituksen aiheuttavat muutokset maaperässä näkyvät aivan pintakerroksessa 0 - 10 cm syvyydessä maaperässä. (Makkonen 2008, 16; Moilanen & Issakainen 2000, 4; Huotari 2012, 14.)

Tuhkalannoitus nostaa huomattavasti pintamaan alkuainepitoisuuksia. Lannoitussuosituksien mukaisilla tuhkan levitys määrillä 4 000 – 5 000 kg/ha pintakerroksen alkuainepitoisuudet kasvavat. Kalsiumin pitoisuus voi nousta kymmenkertaiseksi, mangaanin ja sinkin pitoisuus viisinkertaiseksi, fosforin pitoisuus nelinkertaiseksi ja kadmiumin kaksinkertaiseksi verrattuna lannoittamattomaan pintakerrokseen. (Makkonen 2008, 16.)

Tuhkalannoituksen on havaittu nopeuttavan maaperän hajotustoimintaa ja typpien vapautumista kasville käytettävään muotoon. (Makkonen 2008, 16; Huotari, 17)

## 6.2 Vesistöt

Puutuhka sisältää fosforia, ravinteita ja raskasmetalleja. Puutuhkan levittäminen voi olla ympäristöriski, koska tuhkan sisältämät ravinteet voivat päästä vesistöön. Tuhka ei sisällä typpeä, mutta sen levittäminen runsastyyppiin maaperiin voi lisätä typen vapautumista maaperästä. Lisääntyneestä typen vapautumisesta johtuen sen huuhtoutumisen riski lannoitettavan alueen vesistöihin kasvaa. (Huotari 2012, 38.)

Aikaisempien tutkimuksien perusteella tuhkalannoitus ei ole aiheuttanut välittömiä muutoksia vesistöihin. (Huotari 2012, 38; Makkonen 2008, 16.) Ravinteiden ja raskasmetallien huuhtoutuminen on ollut vähäistä lannoitetuilta alueilta vesistöihin (Huotari 2012, 38). Rehevöitymisen kannalta merkittävän fosforin huuhtoutuminen valuma-alueen vesistöihin on ollut vähäistä. (Tulonen, Arvola, Pihlström, Mäkinen, Rummukainen & Rask 2003, 29.) Fosforin vähäisen liukenemisen todennäköisenä syynä on, että fosfori sitoutuu tiukasti tuhkan sisältämiin rauta- ja alumiiniyhdisteisiin. Tuhkan joutumista suoraan ojiin tai vesistöihin levittämisen yhteydessä tulisi välttää. Tuhkan joutuminen vesistöihin lisää merkittävästi ravinteiden ja raskasmetallien huuhtoutumista. (Makkonen 2008, 16.)

### 6.3 Kasvillisuus

Tuhkalannoitus aiheuttaa muutoksia lannoituspaikan alkuperäiseen kasvillisuuteen. Levitetyn tuhkan määrä sekä lannoituspaikan maaperän alkuperäinen ravinnepitoisuus vaikuttavat keskeisesti tuhkalannoituksen aiheuttamiin muutoksiin kasvillisuudessa. (Huotari 2012, 30.) Tuhkalannoitus aiheuttaa levitetulle alueelle muutoksia kasvillisuuteen pH- ja suolashokin takia heti levityksen jälkeen. (Moilanen 2011, 6.) Shokista johtuen alkuperäiset kangas- ja suometsien sammaleet ja jäkälät kärsivät ja vähenevät. Tuhkalannoitus lisää heinä- ja ruoholajien määrää kangas- ja suometsissä. Varpukasvit yleensä ovat vähentyneet tuhkalannoituksen seurauksena. Tuhkan aiheuttamat muutokset ovat olleet typpirikkailla mailla voimakkaampia, kuin kangas- ja suometsissä. Tuhkalannoituksesta johtuvat kasvillisuuden muutokset näkyvät selkeimmin alueen kasvillisuuden muuttumisena rehevämmäksi. Tuhkalannoituksen seurauksena tuhkan levityspaikan kasvillisuus monipuolistuu, kun alueella esiintyy sekä uusia että vanhoja lajeja. (Huotari 2012, 30–32.)

Tuhkalannoituksen aiheuttamat muutokset lannoitusalueen kasvillisuuden raskasmetallipitoisuuksissa ovat kestäneet samoissa vaihtelurajoissa, mitä on mitattu suomalaisista kasveista (Makkonen 2008, 17). Tuhkalannoitusalueella kasvavien ruoho- ja heinäkasveista mitatut raskasmetallipitoisuudet ovat kestäneet alhaisina. Tuhkalannoituksessa on havaittu olevan ohimenevänä vaikutuksena hieman kohonneet kadmiumpitoisuudet mustikan ja maitohorsman lehdisissä parina vuotena tuhkan levittämisen jälkeen. (Moilanen & Issakainen 2003.) Kasvillisuuden raskasmetallipitoisuuksien muutoksiin merkittävänä tekijänä vaikuttavat eri tuhkalaatujen vaihtelevat alkuainepitoisuudet ja lannoitukseen käytetyn tuhkan määrä. (Huotari 2012, 30–32.)

## 6.4 Sienet

Tuhkalannoitus kohottaa sienien ravinnepitoisuuksia, erityisesti fosforin, kaliumin, kalsiumin ja boorin pitoisuuksia. Sienien ravinnepitoisuuksien nousu tapahtuu yleensä 1 - 2 vuodessa tuhkalannoituksen tekemisestä. Myöhempinä vuosina ravinnepitoisuuksien erot tasoittuvat. Ravinnepitoisuuksien muutokset sienissä näkyvät jopa 10 - 20 vuoden ajan tuhkan levittämisestä. Selkeitä raskasmetallienpitoisuuksien muutoksia ei ole kuitenkaan todettu sienissä tuhkalannoituksen takia verrattaessa lajien välisiin luontaisiin eroihin. (Huotari 2012, 34–35; Makkonen 2008, 19; Moilanen & Issakainen 2000, 35.)

Sienien keruuta olisi syytä välttää tuhkalannoitusalueilta sinä vuonna, kun lannoitus tehdään. Sienien pinnalle kertyvän irtotuhkan takia sienien keräämistä tulisi välttää etenkin, jos ei ole levitetty raetuhkaa. (Huotari 2012, 35.)

## 6.5 Marjat

Tuhkan levityksen vaikutukset näkyvät marjoissa jo heti levitysvuonna. Tuhkalannoitus aiheuttaa muutoksia marjojen alkuainepitoisuuksiin. Marjojen fosforin, kaliumin, kalsiumin ja boorin pitoisuudet kasvavat. Heti tuhkalannoituksen jälkeen kahtena ensimmäisenä vuonna kromin, titaanin ja arseenin pitoisuudet kohoavat marjoissa tilapäisesti. Marjoihin kohdistuvat muutokset riippuvat käytettävästä tuhkan laadusta ja sen sisältämästä alkuainekoostumuksesta. (Makkonen 2008, 18; Moilanen & Issakainen 2000, 21.)

Marjojen raskasmetallipitoisuudet eivät muutu selkeästi tuhkalannoituksen myötä. Tuhkalannoituksen vaikutukset marjoihin lannoitetulla alueella tasaantuvat kymmenessä vuodessa tuhkan levittämisestä. (Huotari 2012, 32.) Marjojen keräämistä tulisi välttää tuhkan levitysvuonna (Moilanen 2011, 15).

## 6.6 Säteily

Tshernobylin ydinvoimalan onnettomuudesta johtuen puutuhka sisältää vaihtelevasti radioaktiivista säteilyä. Tuhkan sisältämä säteily on peräisin isotoopista Cesium-137. Suomeen Tshernobyl-laskeuma levisi epätasaisesti. Eniten laskeumaa tuli Keski- ja Etelä-Suomeen ja vähiten Pohjois- ja Itä-Suomeen. (Cesium-137...) Puuta poltettaessa radioaktiiviset ainekset päätyvät polton myötä tuhkaan. Tuhkalannoituksen sisältämällä radioaktiivisella säteilyllä ei ole merkitystä kehon ulkopuolisesti saatuna. Tuhkan parissa työskentelevien vuosittainen säteilyannos ei nouse yli sallitun vuosiannoksen (1 mSv/v). (Makkonen 2008, 20.)

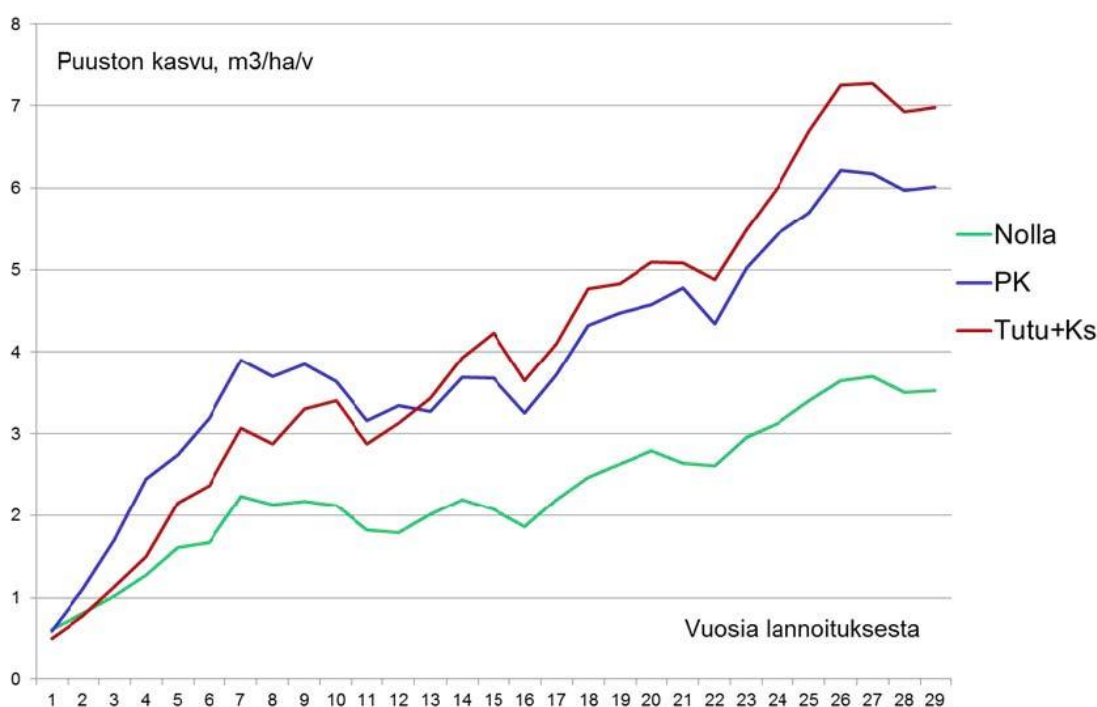
## 7 Lannoituksen vaikutukset puuston kasvulle

Tuhkalannoituksella on havaittu olevan positiivinen vaikutus puuston kasvulle sopivilla lannoituskohteilla. Tuhkalannoitus parantaa puuston ravinnetilaa pitkäaikaisesti. Puiden ravinnetilassa tapahtuviin muutoksiin vaikuttavat mm. kasvupaikan ravinteisuus, puulaji, levitetyn tuhkan määrä ja laatu sekä puuston ravinnetila ennen lannoitusta. Tuhkan lannoitusvaikutus on hyvä erityisesti alueilla joiden maaperässä on runsaasti typpeä, mutta vähän kaliumia ja fosforia, kuten runsastyypisillä ojitetuilla soilla. (Moilanen ym. 2002. & Huotari 2012, 22 - 23.)

Puutuhkalannoituksen vaikutus ilmenee jo muutaman vuoden kuluessa levityksessä puuston ilmiössä. Kaliumin ja boorin puutoksesta kärsivien alueiden puuston neulaset muuttuvat tummanvihreiksi ja neulasten koko kasvaa, kun lannoituksen jälkeen alueen kaliumin ja boorin pitoisuudet kohoavat puutosrajan yläpuolelle. Fosforin puutos korjaantuu 3 - 4 vuoden kuluttua tuhkalannoituksesta. Tuhkalannoituksella tavoitellaan 40 kilon fosforiannosta hehtaarille, mutta jo pienemmillä annoksilla on saatu ravinnetilanteen parantuminen ja siten puuston kasvun parantuminen. Tuhkalannoituksella saadaan parannettua lannoitettavan alueen ravinnetila hyväksi tai tyydyttäväksi 20 - 50 vuoden ajaksi riippuen lannoituksessa käytettävästä tuhkan annostuksesta. (Makkonen 2008, 12–14.) Puutuhkan lannoitus vaikutus on havaittu kestävän kauemmin kuin kaupallisilla

lannoitteilla, jonka syynä on todennäköisesti ravinteiden hitaampi liukeneminen. (Moilanen & Issakainen 2003, 73.)

Runsastyyppisillä alueilla tuhkalannoitus voimisti puuston tilavuuskasvua jo 2 - 3 vuoden kuluessa lannoituksesta. Niukkatyyppisillä alueilla puuston tilavuuskasvu alkoi ilmetä vasta 7 - 8 vuoden kuluttua lannoituksesta. Puutuhkalannoitus vaikuttaa hitaammin puuston kasvuun kuin kaupalliset lannoitteet. Lannoituksesta johtuvat kasvuerot tasoittuvat ajanmittaa ja 10 vuoden kuluttua tuhkalannoitetulla alueella puusto kasvaa yhtä hyvin tai paremmin kuin kaupallisella lannoitella lannoitetun alueen puusto. (Moilanen & Issakainen 2000, 36; Makkonen 2008, 14.) Tuhkalannoituksella saatava puuston kasvun lisäys oikein valitulla kohteella voi olla 2 - 4m<sup>3</sup> hehtaarilla vuodessa (Makkonen 2008, 14.) Kuviossa 1 on esitetty turvetuhkan vaikutus männyn kasvulle ojitetulla rämeellä. Kuviossa on esitetty myös vertailuksi PK-lannoitteen vaikutus männyn kasvulle. (Tuhkalannoituksen vaikutuksia 2015.) Kangasmailla tuhkalannoitus ei ole metsänkasvatuksellisesti kannattavaa. Tuhkalannoitus ei lisännyt puuston kasvua, vaan ennemmin jopa pienensi sitä. Puuston kasvun heikentyminen on seurausta tuhkalannoituksen aiheuttamasta ravinne epätasapainosta puuston kannalta. Kasveille käyttökelpoisen typen niukkuus tuhkalannoitetuilla kangasmailla korostui. (Moilanen & Issakainen 2000, 36.; Makkonen 2008, 14.)



Kuvio 1. Turvetuhkan vaikutus männyn kasvuun ojitetulla rämeellä (Tuhkalannoituksen vaikutuksia 2015)

Lannoitesuosituksen mukaisen ravinnemäärän saavuttamiseksi tuhkaa on ravinnepitoisuuksista riippuen levitettävä noin 3–5 tonnia/ha. Lannoitesuosituksena ravinnemäärissä on fosforille 40–50 kg/ha ja kaliumille 80–100 kg/ha. (Huotari 2012, 23.)

## 8 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet, tutkimustehtävät ja aiheen rajaus

### 8.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Enon energiaosuuskunnan toiminnasta syntyvälle puutuhkalle toimintatapoja, joilla puutuhkaa voidaan levittää metsään lannoitteeksi. Yhtenä toimintatapana käsitellään puutuhkan hyödyntämisen mahdollisuutta raaka-aineena metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa.



Enon energiaosuuskunnassa nykyään poltosta syntyvää puutuhkaa levitetään osakkaiden metsiin mutta menetelmiin halutaan parannuksia. Tuhkaa on levitetty tieltä käsin käyttämällä apuna lumilinkoa. Lumilinkoa apuna käyttävässä levitysmenetelmässä tuhka levitetään tielle lumen päälle, josta se lumilingolla levitetään metsän puolelle. Toisena toimintatapana on ollut tuhkan levittäminen moottorikelkan avustuksella pulkasta käsin. (T. Hirvonen, henkilökohtainen tiedonanto 12.11.2014.) Tutkimuksen tavoitteena olisi saada selville jo olevien eri tuhkan levitysmenetelmistä sopivin Enon energiaosuuskunnan käyttöön, sekä selvittää muiden tuhkan hyödyntämisen vaihtoehtojen sopivuus Enon energiaosuuskunnalle.

## **8.2 Aiheen rajaus**

Tutkimus rajataan koskemaan vain maasta käsin tapahtuvaan tuhkan levittämiseen. Tällöin tutkimuksesta rajataan pois lentokoneella tai helikopterilla tapahtuva tuhkan levittäminen. Ilmasta käsin tapahtunutta tuhkan levittämistä on aikaisemmin kokeiltu Enon energiaosuuskunnassa tuhkan levittämisen menetelmänä. Tällöin on todettu, ettei se ole kannattava tapa levittää tuhkaa Enon energiaosuuskunnan tarpeisiin nähden.

## **9 Aineisto ja menetelmät**

### **9.1 Tutkimusmenetelmä ja aineiston hankinta**

Opinnäytetyön ensimmäinen vaihe oli tutustuminen aikaisemmin julkaistuu materiaaliin. Materiaalia löytyi hyvin liittyen tuhkan ainesisältöihin ja lannoituksen vaikutuksista metsän kasvulle ja maaperään. Eri tuhkan levittämisen tavoista ja hyödyntämisen tavoista materiaalia oli kuitenkin suhteellisen vähän tarjolla. Käytännökokemuksien saamiseksi materiaalia hankittiin olemalla suoraan yhteydessä tuhkaa lannoitteena käyttävien henkilöiden kanssa ja henkilöiden, jotka ovat tekemisissä tuhkan loppukäsittelyn parissa.

Opinnäytetyö on kvalitatiivinen tutkimus, joka toteutettiin teema-haastatteluna. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus on tutkimusmenetelmä, jossa tutkimuksen tulos perustuu koko tutkimusprosessin ymmärtämiseen. Haastateltavat olivat tarkoituksella valittuja henkilöitä, joilla on kokemusta aiheeseen liittyen. (Laadullisen ja... 2015.) Teemahaastattelu on tiedonkeruumuoto, jossa haastattelutilanteessa nostettavat teemat ovat edeltäkäsinkin harkittuja. Haastattelussa keskustelun luonteva kulku on tärkeää. Menetelmän etu on, että haastattelusta saatava aineisto on saatu haastateltavan kokemuksista tutkijan etukäteen valitsemista teemoista. (Teemahaastattelu 2015.)

Aineiston hankkimisen menetelminä käytettiin tutustumista aiemmin tehtyihin aiheeseen liittyviin tutkimuksiin ja puhelinhaastatteluja. Puhelinhaastattelu suoritettiin teemahaastatteluna tarkoituksen mukaisesti valikoidulle kohdejoukolle. Haastateltavat yritykset olivat Forest Vital Oy, Koneurakointi KaiValta, FA Forest Oy, Tapio Oy ja Urakoitsija Kalevi Partanen.

Haastattelut suoritettiin käyttämällä apuna kysymyslistoja (liite 4 ja liite 5), joita tarpeen mukaan muokattiin haastattelevalle henkilölle sopivaksi. Kysymyslistoja oli kaksi. Kysymyslista, joka soveltui tuhkan maalevittämiseen lannoitustarkoituksessa ja kysymyslista, joka soveltui tuhkan hyödyntämiseen metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa. Puhelimitse suoritettavat haastattelut nauhoitettiin haastateltavan suostumuksella materiaalin ylöskirjaamisen helpottamiseksi. Puhelinhaastatteluissa haastattelu suoritettiin joko heti soiton yhteydessä tai sovittiin erillinen aika haastattelulle. Puhelinhaastattelun yhteydessä oli mahdollista kertoa työn taustassa ja esittää tarkentavia kysymyksiä esille nousseista asioista ja vastata haastateltavan esittämiin kysymyksiin.

## 9.2 Aineiston käsittely ja analyysi

Puhelinhaastatettuluilla kertynyt materiaali analysoitiin käyttämällä sisällönanalyysimenetelmää. Sisällönanalyysimenetelmässä aineistosta eritellään tiivistäen yhtäläisyydet ja erot (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Kertynyt materiaali luokiteltiin vastauksien mukaan, jotta sen pystyi tulkitsemaan ja kirjoittamaan.

## 10 Tuhkan levittämismenetelmät ja kokemukset niistä

Tuhkan levittäminen suoritetaan pääsääntöisesti käyttämällä kahta erilaista levitystapaa, joko lentolevitystä tai maalevitystä. Tuhkalevitys on kannattavaa suorittaa mahdollisimman laajalle alueella kerralla. Tuhkan levityskustannukset pysyvät kohtuullisina kun lannoitus alue on riittävän suuri. (Makkonen 2008, 21.)

Tiedottaminen tuhkalannoittamisesta tulisi olla avointa. Väärinymmärryksien välttämiseksi levityksestä olisi hyvä ilmoittaa lannoitusalueen lähellä asuville, sekä kesäasukkaille. (Makkonen 2008, 21.)

Tuhkan levittämiseksi suometsiin ongelmana on turpeen huono kantavuus. Tuhkalannoitus tulee tehdä siten, että maa on riittävän kantavaa koneille, joiden avulla tuhka levitetään. Käytännössä tuhkan levittäminen suoritetaan talvisin, jolloin jäätynyt turve ja lumi kantavat paremmin tuhkan levityskoneita. Tuhkan levittäminen kannattaa suorittaa käyttämällä avuksi hakkuusta syntyneitä ajouria, jotka kantavat pakkasella paremmin tuhkan levityskalustoa. Tuhkalannoitus kannattaa suorittaa hakkuiden jälkeen, jotta ajouria voidaan hyödyntää. Tuhkan maalevityksessä toimenpiteiden ajoitus on tärkeää: ensin harvennus-hakkuu, sitten tuhkalannoitus ja lopuksi kunnostusojitus. (Isännäinen ym. 2006, 12. & Makkonen 2008, 23.)

Tuhkalannoituksen suorittamiseksi levitettävälle tuhkalle on järjestettävä varastopaikka. Varastopaikan on oltava riittävän tilava alue ja teiden varastopaikalle on kestävä raskasta liikennettä. Pitkän varastoinnin aikana tuhkan levitysominaisuudet heikkenevät. Itsekovetettu tuhka voi vaatia uutta murskausta, jos

sitä varastoidaan pidempiä aikoja maastossa ennen levitystä. (Makkonen 2008, 21.)

Tuhkan lentolevitys tehdään pääsääntöisesti helikoptereilla. Tuhkan lentolevitys voidaan suorittaa kaikkina vuoden aikoina, eikä se ole riippuvainen lannoitettavan maaperän kantavuudesta. Menetelmänä lentolevitys on kalliimpi kuin tuhkan maalevitys. Lentolevityksen kustannuksien minimoimiseksi tulisi pyrkiä mahdollisimman suuriin levityskohteisiin. (Isännäinen ym. 2006, 13.; Makkonen 2008, 23.) Suurien levitysalueiden vuoksi tuhkan lentolevitys ei sovellu hyvin pienille tuhkan lannoituskohteille.

## **10.1 Nykyiset käytössä olevat tuhkan levittämistavat**

### **10.1.1 Tuhkan levittäminen moottorikelkalla**

Nykyisin Enon energialla poltosta syntyvää tuhkaa on levitetty osakkaiden metsiin käyttämällä apuna moottorikelkkaa. Menetelmässä tuhkaa levitetään moottorikelkan vetämästä pulkasta. Menetelmässä tuhka joudutaan lapiomaan ja lastaamaan pulkkaan käsin, mikä vaatii huomattavan paljon fyysistä työtä. Tuhkan levittämiseen käytetty pulkka on ollut rakenteeltaan tukevampi, jotta se kestäisi paremmin levittämisen aiheuttamat rasitukset. Menetelmällä tuhka saadaan levitettyä metsään, mutta sen käyttö on fyysistä ja aikaa vievää. (T. Hirvonen, henkilökohtainen tiedonanto 12.11.2014.)

### **10.1.1 Tuhkan levittäminen lumilingolla**

Toisena tuhkan levittämisen menetelmänä on käytetty menetelmää, jossa käytetään apuna lumilinkoa. Menetelmässä tuhka levitetään metsätielle lumen päälle, josta se lumilingon avulla levitetään metsään. Menetelmässä tuhkan levitys metsään rajoittuu metsäteiden yhteyteen ja lähelle metsäteitä. Menetelmä ei vaadi fyysisyyttä ja on nopeahko suorittaa, mutta sen avulla tuhkan levitys keskittyy ainoastaan tiestön reunoilla. (T. Hirvonen, henkilökohtainen tiedonanto 12.11.2014.)

## 10.2 Tuhkalannoituksen maalevitystavat

### 10.2.1 Pölytuhkan levittäminen

Pölytuhkaa on levitetty maataloustraktorikäyttöisellä puhallinlevittimellä. Puhallinlevitin on tehty metsäperävaunun alustaan. Levitin soveltuu tuhkan levittämiseen kangasmaille ja jäätyneille turvemaille. (Korpilahti 2004, 13.) Pölytuhkan levittämistä Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen lannoitevalmisteista 24/11 nojalla ei saisi levittää sellaisenaan vaan se olisi käsiteltävä ennen levitystä tuhkan pölyämisen minimoimiseksi.



Kuva 3. Pölytuhkan levittämistä puhallinlevittimellä (Korpilahti 2004, 7)

### 10.2.2 Itsekovetetun tuhkan ja raetuhkan levittäminen

Yleisin tapa itsekovetetun ja raetuhkan levittämiseksi metsään on käyttää levittämässä kevyitä tai keskiraskaita metsätraktoreita. Tuhka levitetään käyttämällä metsätraktoriin asennettua keskipakoislevitintä, lautaslevitintä tai kalkinle-

vitintä. Tuhkasiilon koko on 4 - 10 m<sup>3</sup>. Levityskapasiteetti on 5 - 10 tonnia tunnissa. (Rakeistetun tuhkan maalevitys, Rinne 2007, 4.; Korpilahti 2004.) Helppoissa maastoissa tuhkaa voidaan levittää käyttämällä maataloustraktorin vetämää kalkinlevitysvaunua (Rinne 2007, 4).



Kuva 4. Itsekovetetun tuhkan levittämistä (Korpilahti 2004, 8)

Itsekovetetun ja raetuhkan levittämisessä metsään on huomioitavaa, että lannoitettavan kohteen maasto kestää raskaat levityskoneet. Tämä tarkoittaa, että tuhkan levittäminen suoritetaan talvisin hyödyntäen hakkuusta syntyneitä ajouria, jotka kantavat pakkasella paremmin tuhkan levityskalustoa. (Isännäinen ym. 2006, 12; & Makkonen 2008, 23.)

### 10.3 Tuhkan hyödyntäminen metsäautoteiden rakentamisessa

Tuhkaa voidaan hyödyntää maarakentamisessa sellaisenaan tiivistettynä, seostettuna toisen aineksen kanssa tai sideainemaisesti. Tierakentamisessa, kenttärakentamisessa, kaato-paikkarakenteiden rakentamisessa ja maisemoinnissa voidaan hyödyntää tuhkaa. (Huttunen 2005, 3.; Tuhkarakentamisen käsikirja 2012, 22–23.) Metsätalouteen liittyen tuhkan hyödyntämiselle maarakentamisessa suurin potentiaali on metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa.

Pohjatuhka ja lentotuhka eroavat toisistaan raekokonsa takia, siksi niillä on eri käyttötarkoitukset maarakentamisessa. Lentotuhka on hienorakeisempaa kuin mitä pohjatuhka. Lentotuhkaa voidaan käyttää kiviainesfillerin tapaisen raekokonsa takia mm. sideaineena tai täytejauheena asfaltissa ja betonissa. Pohjatuhkaa voidaan käyttää raekokonsa takia hiekkojen ja soran tapaan maarakentamisessa. (Huttunen 2005, 3.; Tuhkarakentamisen käsikirja 2012, 22–23.)

Tuhkien hyödyntäminen maarakentamisessa vaatii jäteluokituksen takia, joko ilmoittamismenettelyn tai ympäristöluvan. (Tuhkarakentamisen käsikirja 2010, 8.) Jossain tapauksissa tuhkaa voidaan hyödyntää rekisteröintimenettelyn avulla, jos sellainen on kunnassa käytössä. Rekisteröintimenetelmä on pienille sivutuotemäärille suunniteltu toimintatapa. Selkeästi koetoimintatyyppisessä toiminnassa voidaan toimia koetoimintailmoituksen mukaisen menettelyn mukaan. Tuhkan hyötykäyttöön liittyvät viranomaiset ovat Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, aluehallintovirasto sekä kunnan ympäristölupaviranomaiset. Viranomaisten tehtävät ovat jakautuneet siten, että ELY-keskukset rekisteröivät ilmoittamismenettelyn mukaisia lupia ja kuntien ympäristölupaviranomaiset ja aluehallintovirastot käsittelevät ympäristölupia. (Tuhkarakentamisen käsikirja 2012, 40.)

Tuhkan hyödyntäminen onnistuu ilmoittamismenettelyllä, jos se täyttää Valtioneuvoston asetuksen eräiden jätteiden hyödyntämisestä (MARA-asetus, VNa 591/2006 ja VNa 403/2009, Liite 1) vaatimukset ja kuuluu sen soveltamisen piiriin. Kivihiilen, turpeen ja puuperäisen aineksen polton tuhkat kuuluvat asetuksen piiriin, jos ne täyttävät asetuksessa annetut kokonaispitoisuus- ja liukoisuusraja-arvot. (Tuhkarakentamisen käsikirja 2012, 40–41.)

Taulukko 3. Kivihiilen, turpeen ja puuperäisen aineksen kokonaispitoisuus- ja liukoisuusraja-arvot. (VNa 403/2009)

Haitallinen aine	Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta			Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta		
	Perustutkimukset			Laadunvalvontatutkimukset		
	Pitoisuus	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Peitetty rakenne	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Päällystetty rakenne	Pitoisuus	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Peitetty rakenne	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Päällystetty rakenne
PCB	1,0					
PAH	20/40					
DOC		500	500			
Antimoni (Sb)		0,06	0,18			
Arseeni (As)	50	0,5	1,5	50		
Barium (Ba)	3 000	20	60	3 000		
Kadmium (Cd)	15	0,04	0,04	15		
Kromi (Cr)	400	0,5	3,0	400	0,5	3,0
Kupari (Cu)	400	2,0	6,0	400		
Elohopea (Hg)		0,01	0,01			
Lyijy (Pb)	300	0,5	1,5	300	0,5	1,5
Molybdeeni (Mo)	50	0,5	6,0	50	0,5	6,0
Nikkeli (Ni)		0,4	1,2			
Vanadiini (V)	400	2,0	3,0	400	2,0	3,0
Sinkki (Zn)	2 000	4,0	12	2 000		
Seleen (Se)		0,1	0,5		0,1	0,5
Fluoridi (F <sup>-</sup> )		10	50		10	50
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )		1 000	10 000		1 000	10 000
Kloridi (Cl <sup>-</sup> )		800	2 400		800	2 400

Mikäli tuhka ei täytä valtioneuvoston asetuksen eräiden jätteiden hyödyntämisestä mukaisia vaatimuksia tai mikäli tuhkalaatu tai sen käyttösovellutus ei kuulu asetuksen piiriin, tuhkan käytölle maarakentamisessa on haettava ympäristönsuojelulain (86/2000) 28 §:n mukainen ympäristölupa. Ympäristölupa haetaan joko kunnan ympäristöviranomaiselta tai aluehallintoviranomaiselta. Kunnan ympäristöviranomaiselta lupa haetaan, jos vuosittainen hyödynnettävän tuhkan määrä on alle 10 000 tonnia. Kun vuosittainen hyödynnettävän tuhkan määrä on 10 000 tonnia tai sen yli, ympäristölupa haetaan aluehallintoviranomaiselta. (Tuhkarakentamisen käsikirja 2012, 40–41.)

Pienien tuhkamäärien hyödyntäminen on mahdollista ympäristönsuojelulain (86/2000) 19 §:n mukaisella kuntien ympäristönsuojelumääräyksien rekisteröintimenettelyllä. Tuhkaa voidaan hyödyntää maanrakentamisessa ympäristönsuojelulain 61 §:n mukaisen koetoimintailmoituksen mukaisesti. Toiminta kyseisellä menettelyllä on lyhytaikaista, jolloin testataan menetelmien ja laitteiden toimintaa. (Tuhkarakentamisen käsikirja 2012, 40–41.)



UPM on hyödyntänyt polttolaitoksista syntynyttä tuhkaa metsäteiden valmistusmateriaalina. UPM:n käyttämässä menetelmässä metsätien runkoon tehdään 20 – 25 cm paksuinen tuhkatatja, jonka päälle levitetään 10 cm paksuinen murskekerros. UPM:n metsänhoitopäällikön Jyri Schildtin mukaan kokemukset tuhkan käytöstä metsäteissä ovat olleet hyviä. Metsäteiden kelirikkokesävyys ja kantavuus ovat parantuneet tuhkan käytön ansiosta. Tuhkamurskerakenteella tehtyjen teiden tienrunko on säilyttänyt ryhtinsä pitkään ja metsäteiden kunnossapidon tarve on vähentynyt. Hyvänä käytännön esimerkkinä UPM:n tuhkamurskerakenteella kunnostamasta metsätiestä on Jämsässä Kaipolan lähellä oleva metsätie. Metsätien kantavuus on parantunut, ja tien pinta on kestänyt hyvänä kunnostuksen jälkeen. (Mäki 2013, 30–31.)



Kuva 5. UPM:n käyttämän tuhkamursketien kaaviokuva (Kuva: Mäki 2013, 30–31.)

## 10.4 Muut tuhkan hyödyntämisen menetelmät

### 10.4.1 Tuhkan vieminen jalostukseen

Poltosta syntynyt tuhka voidaan käsitellä viemällä se jalostettavaksi laitokselle, jossa se jatkojalostetaan. Tuhka voidaan rakeistaan lannoituskäyttöön tai maarakentamisen raaka-aineeksi. Tuhkaa vastaanottavat muun muassa Enocell

Oy:n sellutehtaan yhteydessä Uimaharjussa ja FA Forest Oy:llä Liperissä ja Viitasaarella olevat rakeistamot (Rinne 2007, 3).

Viedystä tuhkasta joutuu maksamaan käsittelymaksun. Maksu on suuruudeltaan kuitenkin pienempi, kuin mitä kulut olisivat jos tuhkan joutuisi viemään kaatopaikalle. Tuhkan sijoittamisella rakeistamolle saadaan tuhka hyötykäyttöön.

#### **10.4.2 Tuhkan levittäminen ulkopuolisen tahon puolesta metsään**

Poltosta syntyvä tuhka voidaan levittää metsään lannoitteeksi käyttämällä levittämisessä ulkopuolista urakointia. Tuhkan levittäminen tehdään urakoitsijan koneilla ja urakoitsija vastaan tuhkan levittämisestä. Levitettävä tuhka voidaan käsitellä jo valmiiksi polttolaitoksen toimesta. Jos levittämiseen käytetään polttolaitoksessa syntynyttä tuhkaa, tulee sen täyttää lannoitevalmistelain (539/2006), sekä sen perusteella annettu MMM asetuksen lannoitevalmisteista (24/11) vaatimukset tuhkan käytölle metsälannoitteena.

## **11 Tulokset**

Tässä luvussa esitetään kerätyn aineiston perusteella saadut tulokset koskien tuhkan hyödyntämisen eri menetelmien käytön mahdollisuutta Enon Energian Osuuskunnalle. Tulokset on jaoteltu eri tuhkan hyödyntämisen menetelmien mukaisesti.

### **11.1 Tuhkan levittäminen käyttämällä metsätaloustraktoreita**

Enon Energia osuuskunnassa tuhkaa syntyy vuosittain alle 100 tonnia (U. Hasinen, henkilökohtainen tiedonanto 22.5.2015). Syntyvän tuhkan määrä on liian pieni, että sen levittämisen takia kannattaisi investoida metsätaloustraktoreita. Kyseisellä kalustolla tuhkan saisi levitettyä metsään nopeasti ja laadukkaasti.

Metsätaloustraktorit soveltuvat ominaisuuksiensa puolesta parhaiten tuhkan levittämiseen metsiin. Niiden maasto-ominaisuudet riittävät liikkumiseen hankalissa maastoissa, joita tuhkan levittämisen kohteet suurimmaksi osaksi ovat. Tuhkan levittämisessä on tärkeää, että levitettävän kohteen maaperä kantaa koneet. Tämä tarkoittaa, että levitys tapahtuu talvisin käyttämällä hyväksi pakkasen jäädyttämiä hakkuukoneiden ajouria. (Isännäinen ym. 2006, 12; Makkonen 2008, 23.)

Käytettävän tuhkan levittimen on hyvä olla säädettävissä, jotta tuhkan levittämistä voidaan säätää. Säädettävällä levittimellä pystytään välttämään tuhkan joutuminen metsäojiin. Ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksiin huuhtoutumisen lisääntymistä vesistöihin on havaittu, kun tuhkaa on joutunut levittämisen yhteydessä metsäojiin (Makkonen 2008, 16).

Haastatteluissa ilmeni, että metsätaloustraktoreiden ja metsäkoneiden käyttäminen oli yleisin tapa suorittaa tuhkalannoitus tuhkalannoituksen parissa työskentelevien urakoitsijoiden parissa. Kaikki haastatellut urakoitsijat käyttivät omassa toiminnassaan tuhkan levittämisessä metsätaloustraktoria tai metsäkone pohjasta konetta.

## **11.2 Tuhkan levittäminen käyttämällä pienen kokoluokan kalustoa**

Tuhkan levittäminen lannoitteeksi metsään onnistuu käyttämällä pienen kokoluokan kalustoa, kuten mönkijää tai traktoria. Pienessä kokoluokassa tuhkan levittämisessä voidaan käyttää apuna keskipakoislevittimiä, jotka on suunniteltu maatalouskäyttöön, kuten kalkinlevitintä. Pienessä kokoluokassa tuhkan levittämisen kalustoa mönkijälle ja traktorille tarjoaa Ht-tuote.

Tuhkaa levittäneiden urakoitsijoiden haastatteluissa ilmeni, että pienen kokoluokan kalustolla toimiessa on syntynyt ongelmia. Kalustolla on ollut vaikeuksia liikkua lannoitettavassa maastossa, ja tuhkan levittämisessä käytettävissä pienemmissä keskipakoislevittimissä on ollut ongelmia kestävyuden kanssa. Etenkin varastopaikalta tuhkan sekaan joutuneet epäpuhtaudet ovat olleet ongelmallisia. Haastattelujen perusteella urakoitsijat eivät suositelleet tuhkan levittämistä pienellä kalustolla ainakaan vähänkään suuremmissa määrissä.

Tuhkan levittäminen onnistuu pienellä kalustolla helppoissa maastoissa ja tilanteissa, jossa levittämisestä aiheutuva työmäärä ei ole ongelma. Kyseisellä menetelmällä saadaan levitettyä tuhka osuuskunnan metsiin omatoimisesti.

### **11.3 Tuhkan levittäminen käyttämällä ulkopuolista urakoitsijaa**

Tuhkan levittämiselle metsään lannoitteeksi yhtenä mahdollisena menetelmänä on käyttää levittämisessä ulkopuolista urakoitsijaa. Urakoitsija omistaa laitteiston, jolla tuhka levitetään metsään. Urakoitsija voi käyttää metsän lannoittamisessa laitoksilta syntynyttä tuhkaa. Tuhkan tulee täyttää lannoitevalmistelain (539/2006), sekä sen perusteella annettu MMM asetuksen lannoitevalmisteista (24/11) vaatimukset tuhkan käytölle metsälannoitteena. Tuhka voidaan käsitellä laitoksella itsekovettamalla.

Menetelmällä saadaan tuhkan sisältämät ravinteet takaisin osuuskunnan metsiin. Kyseisellä menetelmällä saadaan tuhkan ravinteet kiertämään osuuskunnan metsien sisällä. Tuhkan levittäminen ulkopuolisen urakoitsijan toimesta vaatii, että alueella on tuhkalannoitukselle sopivia kohteita.

Tuhkan levittäminen ulkopuolisella urakoitsijalla ei aiheuta kuluja tuhkan levittämisen laitteiston hankkimiseen ja niiden huoltamiseen. Tuhkan levittäminen ulkopuolisen urakoitsijan toimesta maksaa. Haastattelujen mukaan tuhkalannoituksen kustannukset määräytyvät lannoituskohteen mukaan.

### **11.4 Tuhkan vieminen tuhkan jalostuslaitokselle**

Poltosta syntyvä tuhka voidaan viedä käsiteltäväksi laitoksille, jossa se jalostetaan lannoitteeksi tai maarakentamiseen sopivaksi tuotteeksi. Viemällä tuhka käsiteltäväksi laitokselle päästään tuhkasta suhteellisen pienellä vaivalla eroon ja tuhka saadaan hyötykäyttöön. Tuhkan jalostuslaitokset ottavat vastaan pieniäkin erinä tuhkaa. Tuhkan viemisestä jalostukseen syntyy kuluja, jotka ovat peräisin tuhkan viemisestä aiheutuvista kuluista ja maksusta, jonka laitos perii vastaan otettavasta tuhkasta.

## 11.5 Tuhkan käyttö metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa

Tuhkan hyödyntäminen metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa on yksi toimiva menetelmä, josta on saatu hyviä kokemuksia, kuten Karstulassa pidetystä Tuhkatie-hankkeesta ilmeni (Joensuu 2015).

Tuhkan käyttämisestä metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa on saatu hyviä käytännön kokemuksia. Metsäteiden kelirikkokestävyys ja kantavuus ovat parantuneet. Metsätiet, joissa on käytetty tuhkaa, eivät pölyä samalla tavalla kuin metsätiet, jotka on tehty normaaleista kiviaineksista. Tuhkateiden rakentamisessa on tärkeää teiden kuivatus, sillä märkä ja yli 30 %:n tuhkaseos voi olla liukas. Metsätien kuivatus on oltava kunnossa, jotta tuhkan käytön hyvät ominaisuudet ilmenisivät. (Mäki 2013, 30–31; Joensuu & Vanhanen 2013, 17; Joensuu 2015.)

Tuhkan hyödyntämisestä metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa haasteena on toiminnan luvanvaraisuus. Tuhkien hyödyntäminen maarakentamisessa vaatii jäteluokituksen takia, joko ilmoittamismenettelyn tai ympäristöluvan. (Tuhkarakentamisen käsikirja 2012, 8.)

Taulukko 4. Jätetuhkien ilmoitusmenettelyä ja ympäristölupaa koskevat keskeiset periaatteet ja asiaa käsittelevät viranomaiset (Tuhkarakentamisen käsikirja 2012, 40)

Tuhkan luokitus	Menettelytapa	Tuhkalaatu	Viranomainen
MARA-asetus täyttyy	Ilmoitusmenettely	Biotuhkat / Kivihiilituhkat	ELY-keskus
MARA-asetus ylittyy / Muut kuin MARA-asetuksen sivutuotteet tai sovellukset	Ympäristölupa	Kaikki tuhkat	Kunnan ympäristölupaviranomainen: hyödynnettävä määrä < 10 000 t/a Aluehallintoviranomainen: hyödynnettävä määrä ≥ 10 000 t/a

Haastatteluissa tuhkan hyödyntämistä metsäteiden kunnostamisessa suositeltiin tuhkan käytöstä ilmenevien hyvien ominaisuuksien takia. Tuhkan käytöllä saadaan korvattua kiviaineksen käyttöä metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa ja samalla saadaan syntyneet tuhkat hyötykäyttöön. Tuhkateiden rakentaminen ja kunnostaminen voidaan suorittaa käyttämällä samoja koneita, kuin mitä käytetään kiviaineksesta tehtävien metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa. Metsäteiden kunnostamisessa ja rakentamisessa tarvittavan tuhkan määrä oli riippuvainen kohteesta. Tuhkan käytön määrä ja toimintatapa valikoitui kohteen mukaan.

Tuhkalannoitusta suorittavien urakoitsijoiden haastatteluissa ilmeni, että tuhkan käyttäminen metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa nähtiin haaskauksena, jos siinä käytettävä tuhka olisi sopivaa metsälannoitteeksi. Metsälannoitteeksi sopivasta tuhkasta nähtiin, että sen luonnollinen loppukäsittely olisi lannoitekäyttö. Tällöin puista peräisin olevat ravinteet palasivat takaisin maaperään ja puuston käytettäväksi. Tuhkan hyödyntäminen metsäautoteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa nähtiin hyväksi tavaksi toimia jos tuhka ei ollut sopivaa metsälannoitteeksi tai sen ravinnepitoisuus on alhainen. Tuhkan hyödyntäminen metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa nähtiin sopivana hyödyntämistapana, jos tuhkaa ei voida lannoituskohteiden puuttumisen takia levittää metsää.

## **12 Pohdinta**

### **12.1 Johtopäätökset**

Tuhkan käyttämisestä metsälannoitteena on saatu hyviä kokemuksia aikaisemmista tutkimuksista. Tuhkalannoitus on parantanut merkittävästi sopivissa olosuhteissa metsän kasvua. Tutkimuksessa tehdyissä haastatteluissa tuhkaa levittäneet urakoitsijat ovat huomanneet selkeitä eroja tuhkalla lannoitetun metsän ja lannoittamattoman metsän välillä. Tuhkalannoitettu metsä on kasvanut paremmin kuin lannoittamaton metsä. Tuhkasta saatujen hyvien kokemusten takia, tuhkalannoituksen käyttäminen soveltuu hyvin Enon Energiaosuuskunnalle tuhkan hyödyntämisen menetelmäksi.

Aikaisemmin tehtyjen tutkimusten perusteella ja haastattelujen pohjalta tuhkan levittäminen metsään lannoitteeksi onnistuu parhaiten käyttämällä levittämisessä keskiraskaita metsätraktoreita, joissa on keskipakoislevittimet. Enon Energiaosuuskunnassa syntyy vuosittain alle 100 tonnia tuhkaa, joka on määrältään liian vähäinen, että olisi kannattavaa sijoittaa raskaampaan tuhkanlevityskalustoon. Syntyvällä tuhkan määrällä raskaammalla tuhkanlevityskalustolle ei tulisi riittävästi käyttöä. Nykyinen poltosta syntyvä tuhkan määrä riittää noin 20–35 hehtaarille, kun tuhkaa levitetään ravintosisällöstä riippuen 3 - 5 tonnia hehtaarille (Huotari 2012, 23).

Suosittelavana tuhkan levittämistapana Enon energiaosuuskunnalle selvityksen mukaan olisi suorittaa tuhkalannoitus käyttämällä ulkopuolista urakoitsijaa. Ulkopuolisen urakoitsijan avulla tuhka pystytään levittämään lannoitusalueille laadukkaasti ja ongelmitta, kun käytössä on levittämiseen soveltuva kalusto. Ulkopuolista urakoitsijaa käyttämällä lannoituksen levittämiseen ei mene paljoa omaa työaikaa, eikä lannoitusta varten tarvitse tehdä investointeja. Ulkopuolista levittäjää käyttämällä osuuskunnan metsistä peräisin olevan puunpoltosta syntyvä tuhka saadaan levitettyä takaisin metsään puuston ravinteeksi.

Tuhkan levitystä tarjoavat esimerkiksi Koneurakointi KaiValta ja Forest Vital Oy. Levitettäväksi menevä tuhka voidaan käsitellä itsekovettamalla. Itsekovettaminen onnistuu sekoittamalla tuhkaan vettä, jotta saadaan aikaiseksi 15 - 40 %:n kosteus (Rinne 2007, 3). Tuhkan esikäsittelyssä voidaan hyödyntää sekoittamalla keskenään märkätuhkaa ja kuivatuhkaa.

Tuhkan levittäminen onnistuu käyttämällä pienen kokoluokan tuhkanlevityskalustoa, kuten mönkijöitä ja maataloustraktoreita. Pienen kokoluokan tuhkanlevityskalusto soveltuu paremmin helposti liikuttaviin maastoihin. Tutkimuksessa ilmeni, että tuhkaa levittäneiden urakoitsijoiden kokemukset pienellä kalustolla tehdystä levityksestä eivät olleet kovin hyviä. Pienessä kokoluokassa tuhkan levittämisessä oli ollut ongelmia kaluston kestävyuden kanssa ja maastossa liikkumisen kanssa. Pienellä kokoluokalla tehtävä tuhkalannoitus vie enemmän aikaa kuin raskaammalla kalustolla suoritettu tuhkalannoitus.

Enon energiaosuuskunnassa syntyvä tuhka on mahdollista viedä käsiteltäväksi tuhkan jalostuslaitokselle. Poltosta syntyvää tuhkaa ottaa pienissä erissäkin vastaan esimerkiksi FA Forest Oy. Toimintatapana menetelmä on helppo ja yksinkertainen tapa päästä syntyvästä tuhkasta eroon ja vielä siten, että se menee hyötykäyttöön. Tuhkan vieminen jalostuslaitokselle on hyvä vaihtoehto tuhkan hyödyntämiselle, jos sitä ei voida hyödyntää muuten Enon Energiaosuuskunnan omissa tarpeissa.

Tuhkan hyödyntäminen metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa on hyvä vaihtoehto tuhkan hyötykäytölle lannoituskäytön lisäksi. Aikaisemmista tutkimuksista ilmeni, että tuhka soveltuu hyvin ominaisuuksiensa puolesta materiaaliksi metsäteiden rakentamiseen ja kunnostamiseen. Tehdyissä haastatteluissa tuhkan hyödyntämisestä metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa nousi esille samat hyvät ominaisuudet, kuin mitä aikaisimmissakin tutkimuksissa oli todettu. Haastatteluissa nousi esille aikaisemmista tutkimuksista poiketen, että lannoituskäyttöön sopivan tuhkan käyttäminen metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa nähtiin lannoitusvarojen haaskauksena.

Enon Energiaosuuskunnalle tuhkan hyödyntäminen metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa on toimiva vaihtoehto. Osuuskunnan toiminnasta syntyvä tuhka saadaan hyötykäyttöön osuuskunnan omiin tarpeisiin, kun se käytetään metsäteiden rakentamiseen ja kunnostamiseen. Ennen kuin tuhkaa voidaan hyödyntää metsäteissä, on sen soveltuvuus siihen selvitettävä ja hankittava toiminnalle soveltuva toimintalupa.



## 12.2 Luotettavuus ja virhearviointi

Opinnäytetyö tehtiin käyttämällä mahdollisimman laajaa aineistopohjaa. Käytettyjen aineistojen sisältöjä vertailtiin keskenään, jotta asiasisällöt olisivat samankaltaisia eri aineistojen välillä. Käytetyt aineistot valittiin luotettaviksi luokiteltujen julkaisijoiden aineistoista. Näin varmistettiin työssä olevan aikaisemmista tutkimuksista ja julkaisuista peräisin olevan aineiston sisällön luotettavuus.

Työtä varten haastateltavat henkilöt valittiin tarkoituksella tuhkan parissa työskenteleviä henkilöitä. Pidempään alalla työskennelleiden käytännönkokemukset ovat muodostuneet ajan mittaan ja siten niitä voi pitää myös luotettavina. Työtä varten olisi voinut haastatella isomman joukon parantaakseen haastattelujen luotettavuutta. Nykyisellä haastattelujen määrällä saadut tulokset olivat eri haastateltavien henkilöiden kesken samankaltaisia. Tulosten samankaltaisuus antaa olettaa työssä esitettyjen tuloksien olevan luotettavia haastatteleamalla kerätyn aineiston osalta.

## 12.3 Oppimisprosessi

Tutkimuksen kannalta olisi ollut mahdollista, että suoritettu haastattelu olisi voitu tehdä toisin. Haastattelun olisi voinut kohdistaa lämpölaitoksille ja selvittää eri laitoksien toimintatavat tuhkan käsittelyssä.

Opinnäytetyön tekeminen tuhkan hyötykäytön mahdollisuuksista syvensi tietojani aiheesta. Työn tekemisen aikana perehtyi hyvin aiheeseen, joka oli ennen työn aloittamista vieras ja johon liittyvät lähtötiedot olivat hyvin alhaiset. Tutkimuksen tekeminen auttoi ymmärtämään, miten tuhkan sisältämät ravinteet kiertävät metsälannoituksessa ja ymmärtämään kuinka suuri potentiaali tuhkalla on hyötykäytön suhteen.

Opinnäytetyön tietoperustan laatiminen paransi tiedonhakutaitojani ja tieteellisen tekstin tulkintaa, kuten myös lähdekriittisyyttä. Työn vaatima tieteellisen tekstin kirjoittamisprosessi kehitti tieteellisen tekstin kirjoittamisen taitojani, josta on varmasti hyötyä minulle tulevaisuudessa.

#### **12.4 Jatkotutkimukset**

Jatkotutkimusta aiheesta voisi tehdä haastattelututkimuksena, jossa haastateltaisiin esimerkiksi Pohjois-Karjalan pienenkokoluokan polttolaitoksia tuhkan hyötykäytöstä. Haastettututkimuksella saataisiin selvitettyä, kuinka polttolaitokset käsittelevät tuhkansa ja millainen kiinnostus ylipäättänsä tuhkan hyötykäyttöle on olemassa.

Enon energiaosuuskunnan alueella jatkotutkimuksena voisi olla tuhkalannoitukseen ja metsäteiden kunnostukseen ja rakentamiseen soveltuvien kohteiden kartoittaminen ja tarkempien kustannuslaskelmien laatiminen eri tuhkan hyödyntämisen menetelmien välillä taloudellisesti kannattavimman menetelmän selvittämiseksi.

## Lähteet

- Cesium-137 ja elohopea kaloissa ja sienissä. 2014.  
[http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/asiakokonaisuudet/vieras\\_aineet/tutkimukset+ja+projektit/cesium-137+ja+elohopea+kaloissa+ja+sienissa/](http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/asiakokonaisuudet/vieras_aineet/tutkimukset+ja+projektit/cesium-137+ja+elohopea+kaloissa+ja+sienissa/). 11.9.2015.
- Enon energiaosuuskunta – lämpölaitokset. 2009. <http://enonenergia.fi/node/9>. 15.4.2015.
- Enon energiaosuuskunta vuonna 2015. 2009. <http://enonenergia.fi/node/2>. 15.4.2015.
- Huotari, N. 2012. Tuhkan käyttö metsälannoitteena.  
<http://www.metla.fi/julkaisut/isbn/978-951-40-2371-2/tuhkan-kaytto-metsalannoitteena.pdf>. 16.9.2015.
- Isännäinen, S., Rinne S., Järvelä E. & Lindh, T. 2006 Tuhkan käyttö metsälannoitevalmisteena.  
[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). 16.8.2015.
- Joensuu, S. & Vanhanen, H. 2013. TuhkaTie-hankkeen tuloksia 2011–2013.  
<http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/TuhkaTie-hankkeen%20tuloksia%202011-2013%20%E2%80%93%20Samuli%20Joensuu%20Tapio%209.12.2013.pdf>. 28.10.2015.
- Joensuu, S. 2015. Tuhka tienrakennuksen materiaalina.  
<http://tapio.fi/palvelumme/luonnonhoito/tuhka-tienrakennuksen-materiaalina/>. 26.10.2015.
- Jäteverolaki 1126/2010.
- Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto, Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto.  
<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>. 19.10.2015.
- Korpilahti, A. 2004. Tuhkan kuljetus ja levitys metsään.  
[http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/tuhkan\\_kuljetus\\_ja\\_levitys\\_metsateho\\_2004.pdf](http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/tuhkan_kuljetus_ja_levitys_metsateho_2004.pdf). 16.9.2015.
- Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen erot 2015.  
<https://www.stat.fi/virsta/tkeruu/01/07/>. 19.10.2015.
- Lannoitevalmistelaki 539/2006.
- Lämpöyrittäjyyttä vuodesta 1999. 2009. <http://enonenergia.fi/node/1>. 15.4.2015.
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11.
- Makkonen, T. (toim.) 2008. Tuhkalannoitus.  
[http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/tuhkalannoitus\\_tapio\\_2008\\_pakattu.pdf](http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/tuhkalannoitus_tapio_2008_pakattu.pdf). 16.9.2015.
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 2000. Tuhkalannoituksen metsävaikutukset.  
[http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/metsatehon\\_raportti\\_093.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/metsatehon_raportti_093.pdf). 16.9.2015.
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 2003. Puu- ja turvetuhkien vaikutus maaperään, metsäkasvillisuuden alkuainepitoisuuksiin ja puuston kasvuun.  
[http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/puu-ja\\_turveuhkan\\_vaikutukset\\_maaperaan\\_kasvillisuuteen\\_ja\\_puuston\\_kasvuun\\_metsateho\\_2003.pdf](http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/puu-ja_turveuhkan_vaikutukset_maaperaan_kasvillisuuteen_ja_puuston_kasvuun_metsateho_2003.pdf). 16.9.2015.

- Moilanen, M. 2011. Tuhkalannoitus nykytiedon valossa.  
<http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/moilanen.2011.pdf>. 16.9.2015.
- Mäki, P. 2013. Kelirikkokestävä tuhkatie lisää leimikon arvoa. Metsän henki: 1/2013: 30–31.
- Ojala, E. 2010. Selvitys puu- ja turvetuhkan lannoite- sekä muusta hyötykäytöstä. [http://energia.fi/sites/default/files/tuhkaselvitys\\_eo\\_final.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/tuhkaselvitys_eo_final.pdf). 16.9.2015.
- Punta, E. & Tolvanen, H. 2011. Metsäteollisuuden sivutuote- ja jätevirrat teollisena raaka-aineena – lait ja määräykset.  
<http://www.linnunmaa.fi/binary/file/-/id/40/fid/200/>. 29.9.2015.
- Rakeistetun tuhkan maalevyys. 2015.  
<http://www.forestvital.com/tuhkanmaalevyys.html>. 29.9.2015.
- Ramboll Finland Oy. 2012. Tuhkarakentamisen käsikirja Energiantuotannon tuhkat väylä-, kenttä- ja maarakentamisessa.  
[http://energia.fi/sites/default/files/tuhkarakentamisen\\_kasikirja.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf). 26.10.2015.
- Rinne, S. 2007. Biopolttoaineiden tuhkaa metsälannoitteeksi.  
[http://www.motiva.fi/files/3052/Biopolttoaineiden\\_tuhkaa\\_lannoitteesi.pdf](http://www.motiva.fi/files/3052/Biopolttoaineiden_tuhkaa_lannoitteesi.pdf). 16.9.2015.
- Soininen, H., Mäkelä, L., Kyyhkynen, A. & Muukonen, E. 2010. Biopolttoaineita käyttävien energiantuotantolaitosten tuhkien hyötykäyttö- ja logistiikkavirrat Itä-Suomessa.  
[https://www.mamk.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/mamk/embeds/mamkwwwstructure/14235\\_1473-URNISBN9789515883049.pdf](https://www.mamk.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/mamk/embeds/mamkwwwstructure/14235_1473-URNISBN9789515883049.pdf). 29.9.2015.
- Teemahaastattelu. 2015. <https://www.stat.fi/virsta/tkeruu/04/03/>. 19.10.2015.
- Tuhkalannoituksen vaikutuksia. 2015.  
[http://www.metsakeskus.fi/tuhkalannoitus-materiaalit#.Vj8Hzr\\_Javh](http://www.metsakeskus.fi/tuhkalannoitus-materiaalit#.Vj8Hzr_Javh). 8.11.2015.
- Tulonen, T., Arvola, L., Pihlström, M., Mäkinen, A., Rummukainen, P. & Rask, M. 2003. Tuhkalannoituksen vaikutus metsäjärvissä.  
[http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/tuhkalannoituksen\\_vaikutus\\_metsajarvissa\\_metsateho\\_2003.pdf](http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/tuhkalannoituksen_vaikutus_metsajarvissa_metsateho_2003.pdf). 16.9.2015.



Esittelijä Titta Suoniitty  
Hyväksyjä Olli Venelampi

Sivu/sivut 3 / 3  
Ohje / versio 12504/02  
Käyttöönotto 21.12.2012

Rehu- ja lannoitevalvontayksikkö

## Tuhkalannoitteen tuoteselosteohje

---

### Tuoteselostemalli

<b>Tyypinimi</b>	Puun ja turpeen tuhka
<b>Kauppanimi</b>	Tuhkatien voimalaitoksen metsätuhka
<b>Ravinteet</b>	Fosfori (P) 1,2 % Kalium (K) 2,1 % Kalsium (Ca) 11,2 %
<b>Neutraloiva kyky</b>	16,5 % (Ca)
<b>Kosteus</b>	20 %
<b>Haitalliset metallit enintään</b>	Arseeni (As) 10 mg/kg Elohopea (Hg) 0,2 mg/kg Kadmium (Cd) 3,5 mg/kg Kromi (Cr) 40 mg/kg Kupari (Cu) 120 mg/kg Lyijy (Pb) 30 mg/kg Nikkeli (Ni) 45 mg/kg Sinkki (Zn) 1700 mg/kg
<b>Raaka-aineet</b>	Puun puru, kuori ja hake
<b>Käyttö ja käyttörajoitukset</b>	Tuhkan käyttö on sallittu ainoastaan metsätaloudessa. Enimmäiskäyttömäärä metsätaloudessa on tuhkan sisältämien haitallisten metallien perusteella 16 tonnia hehtaarille 60 vuoden ajanjaksona annettuna. Levityksessä on huomioitava riittävät suojavyöhykkeet vesistöihin.
<b>Valmistaja</b>	Tuhkatien voimalaitos Tuhkatie 1 12345 VOIMALAITOS

## Jäteveron piiriin kuuluvat jätteet

## Jätteryhmä

- 02 Maataloudessa, puutarhataloudessa, vesiviljelyssä, metsätaloudessa, metsästyksessä, kalastuksessa sekä elintarvikkeiden valmistuksessa ja jalostuksessa syntyvät jätteet, ei kuitenkaan — nimikkeen 02 02 01 pesu- ja puhdistuslietteet
- 03 Puun käsittelyssä sekä levyjen ja huonekalujen, massan, paperin ja kartongin valmistuksessa syntyvistä jätteistä:
- 03 01 Puun käsittelyssä sekä levyjen ja huonekalujen valmistuksessa syntyvät jätteet
- 03 03 Massojen, paperin ja kartongin valmistuksessa ja jalostuksessa syntyvät jätteet, ei kuitenkaan — nimikkeen 03 03 02 soodasakka (joka syntyy keittolipeän hyödyntämisessä)
- 04 Nahka-, turkis- ja tekstiiliteollisuuden jätteet
- 05 Öljynjalostuksessa, maakaasun puhdistuksessa ja hiilen pyrolyytisessä käsittelyssä syntyvät jätteet
- 07 Orgaanisissa kemian prosesseissa syntyvät jätteet
- 08 Pinnoitteiden (maalien, lakkojen ja lasimaisten emalien), liimojen, tiivistysmassojen sekä painovärien valmistuksessa, sekoituksessa, jakelussa ja käytössä syntyvät jätteet
- 09 Valokuvateollisuuden jätteet
- 10 Termisissä prosesseissa syntyvistä jätteistä:
- 10 01 Voimalaitoksissa ja muissa polttolaitoksissa syntyvät jätteet (lukuun ottamatta nimikeryhmää 19), ei kuitenkaan — nimikkeen 10 01 07 savukaasujen rikinpoistossa syntyvät lietemäiset kalsiumpohjaiset reaktiojätteet — nimikkeen 10 01 21 muut kuin nimikkeessä 10 01 20 mainitut, jätevesien käsittelyssä toimipaikalla syntyvät lietteet
- 10 02 Rauta- ja terästeollisuudessa syntyvät jätteet, ei kuitenkaan — nimikkeen 10 02 01 kuonan käsittelyssä syntyvät jätteet — nimikkeen 10 02 14 muut kuin nimikkeessä 10 02 13 mainitut kaasujen käsittelyssä syntyvät lietteet ja suodatuskakut
- 11 Metallien ja muiden materiaalien kemiallisessa pintakäsittelyssä ja pinnoittamisessa sekä ei-rautametallien hydrometallurgiassa syntyvistä jätteistä:
- 11 05 Kuumaupotuksessa syntyvät jätteet

- 12 Metallien ja muovien muovauksessa sekä fysikaalisessa ja mekaanisessa pintakäsittelyssä syntyvät jätteet
- 15 Pakkausjätteet, absorboimisaineet, puhdistusliinat, suodatinmateriaalit ja suojavaatteet, joita ei ole mainittu muualla
- 16 Jätteistä, joita ei ole mainittu muualla luettelossa:
- 16 Romuajoneuvot eri liikennemuodoista (liikkuvat työkonet mukaan luettui-  
01 na) ja romuajoneuvojen purkamisessa ja ajoneuvojen huollossa syntyvät jät-  
teet (lukuun ottamatta nimikeryhmiä 13, 14, 16 06 ja 16 08)
- 16 Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden ja muiden laitteiden jätteet  
02
- 16 Epäkurantit tuotteiden valmistuserät ja käyttämättömät tuotteet  
03
- 16 Painepakkauksissa ja -säiliöissä olevat kaasut ja käytöstä poistetut kemikaalit  
05
- 16 Paristot ja akut  
06
- 16 Kuljetussäiliöiden, varastosäiliöiden ja tynnyrien puhdistuksessa syntyvät  
07 jätteet (lukuun ottamatta nimikeryhmiä 05 ja 13)
- 16 Käytetyt katalyytit (katalysaattorit mukaan luettuina)  
08
- 16 Vesipitoiset nestemäiset jätteet, jotka on tarkoitus käsitellä muualla kuin toi-  
10 mipaikassa
- 17 Rakentamisessa ja purkamisessa syntyvistä jätteistä (pilaantuneilta alueilta  
kaivetut maa-ainekset mukaan luettuina):
- 17 Betoni, tiilet, laatat ja keramiikka  
01
- 17 Puu, lasi ja muovit  
02
- 17 Bitumiseokset, kivihiiliterva ja -tervatuotteet  
03
- 17 Metallit, niiden seokset (lejeeringit) mukaan luettuina  
04
- 17 Muut rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet  
09

- 18 Ihmisten ja eläinten terveyden hoidossa tai siihen liittyvässä tutkimustoiminnassa syntyvät jätteet (lukuun ottamatta keittiö- ja ravintolajätteitä, jotka eivät ole syntyneet välittömässä hoitotoiminnassa)
- 19 Jätehuoltolaitoksissa, erillisissä jätevedenpuhdistamoissa sekä ihmisten käyttöön tai teollisuuskäyttöön tarkoitetun veden valmistuksessa syntyvät jätteet
- 20 Yhdyskuntajätteet (asumisessa syntyvät jätteet ja niihin rinnastettavat kaupan, teollisuuden ja muiden laitosten jätteet), erilliskerätyt jakeet mukaan luettuina



## Haastattelu tuhkan maalevittämisestä metsän lannoitteena

1. Kuinka paljon vuodessa levitätte tuhkaa ja kuinka suurille aloille (tn/v ja ha/v)?
2. Onko lannoitettava tuhka miten käsitelty ennen levittämistä?
3. Minkälaisia menetelmiä käytätte tuhkan maalevittämisessä?
4. Millä perusteilla valitsitte käytössä olevat tuhkan maalevittämisen menetelmät?
5. Minkälaisia käytännön kokemuksia tuhkan maalevittämisestä on ilmennyt, hyviä ja huonoja asioita?
6. Minkälaista maalannoitus menetelmää suosittelisitte käyttämään pienen kokoluokan lannoituksessa, jossa vuotuinen tuhkan levittämismäärä olisi noin 100 tonnia vuodessa?

## **Haastattelu tuhkan hyödyntämisestä metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa**

1. Kuinka paljon vuodessa käytätte tuhkaa metsäteiden rakentamiseen ja kunnostamiseen?
2. Millaista tuhkaa käytätte metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa?
3. Minkälaisilla menetelmillä hyödynnätte tuhkaa metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa?
4. Millä perusteilla valitsitte käytössä olevat menetelmät?
5. Minkälaisia käytännön kokemuksia tuhkan käyttämisessä maarakentamisessa on ilmennyt, hyviä ja huonoja asioita?
6. Minkälaista tuhkan hyödyntämisen menetelmää metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa suosittelisitte käyttämään pienessä kokoluokassa, jossa vuotuinen tuhkan käyttömäärä olisi noin 100 tonnia vuodessa?