

Marja Himanka

TUHKAT MAATALOUSKÄYTÖSSÄ

Oppimateriaalia ammattikorkeakouluihin

TUHKAT MAATALOUSKÄYTÖSSÄ

Oppimateriaalia ammattikorkeakouluihin

Marja Himanka
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma, Agrologi (AMK)

Tekijä: Marja Himanka

Opinnäytetyön nimi: Tuhkat maatalouskäytössä Oppimateriaalia ammattikorkeakouluihin

Työn ohjaaja: Anu Hilli

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 33 + 26

Suomessa, muualla Euroopassa ja maailman laajuisesti pyritään edistämään kiertotaloutta. Kiertotalouden keskeisenä tavoitteena on säästää luonnonvaroja sekä hyödyntää materiaalit kestävästi. Kiertotalousmallin omaksuminen tehostuu opetuksen ja koulutuksen avulla. Suomen tavoitteena on päästä puhtaiden ratkaisujen edelläkävijäksi. Kiertotalousopetuksen kehittämiseen on myönnetty hankerahoituksia. Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja, Oulun ammattikorkeakoulun Tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö, toimii opetus- ja kulttuuriministeriön rahoittamassa Kiertotalousosaamista ammattikorkeakouluihin -hankkeessa. Hankkeen tavoitteena on lisätä kiertotalouden osaamista ja yhteistyötä ammattikorkeakouluissa. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia ammattikorkeakouluopintoihin oppimateriaalia tuhkasta peltolannoitteena. Oppimateriaalin tuli soveltua niin etä- kuin luokkaopetukseen sekä itsenäiseen opiskeluun. Tuloksena on PowerPoint-esitys tuhkasta peltolannoitteena sekä oppimista tukevia tehtäviä.

Fossiilisten polttoaineiden käytön vähentäminen on yksi olennainen osa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä ja ilmaston muutoksen hillintää. Peltosten vuosittaisella pitkällä kasvipeitteisyydellä ja kasvien tehokkaalla yhteyttämisellä sidotaan hiiltä ilmakehästä. Tehokas tuotanto on pitkälti peräisin peltomaan hyvästä kunnosta. Ammattitaitoisten viljelijöiden panostukset maan kasvukunnon parantamiseen ja tasapainoiseen lannoittamiseen tuottavat hyviä satoja.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään tuhkan ominaisuuksia maanparannusaineena ja peltolannoitteena. Kalkkikivijauheita käytetään yleisesti maan happamuuden hallintaan ja mururakenteen parantamiseen. Tuhkan kalkitusvaikutus on hieman pienempi kuin kalkkikivijauheiden, mutta se sisältää myös kasveille tärkeitä ravinteita sekä hivenravinteita. Puhtaan puun tuhka saattaa sisältää myös haitallisia raskasmetalleja. Tuhkaerät on analysoitava ennen jatkokäsittelyä tai varastointia. Saman polttolaitoksen tuhkaerien alkuainepitoisuudet pysyvät samassa suuruusluokassa pienistä materiaalivaihteluista huolimatta.

Tuhkaa syntyy polttolaitoksien sivutuotteena. Energiankulutuksen ja -tuotannon tulevaisuuden näkymät vaikuttavat syntyvän tuhkan laatuun, määrään ja sijaintiin. Oppimateriaaliin on koottu tietoja tuhkamääristä, erilaisten tuhkien ravinnepitoisuuksista ja jatkojalostamisesta sekä soveltuvuudesta peltolannoitukseen ja peltojen kalkitukseen huomioiden peltojen ravinnetasevaatimukset. Tuhkien ravinnepitoisuuksien kohottaminen esimerkiksi biolietteilä lisää niiden käyttömahdollisuuksia peltolannoitteena.

Asiasanat: tuhka, peltotuhka, lentotuhka, kalkitusaineet, kierrätyslannoitteet

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Rural Industries

Author: Marja Himanka

Title of thesis: Ashes for agricultural use, teaching material to the university of applied sciences

Supervisor: Anu Hilli

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021 Number of pages: 33 + 26

In Finland, other parts of Europe, and globally are working to promote the circular economy. The key objective of the circular economy is to save natural resources and to make efficient use of materials. The adoption of the circular economy model is enhanced through education and teaching. Finland's goal is to be a pioneer in clean solutions. Project funding has been granted for the development of circular economy education. The client of this thesis is the School of Engineering and Natural Resources of Oulu University of Applied Sciences which operates on a project funded by the Ministry of Education and Culture. The aim of the project is to increase circular economy knowledge and cooperation in university of applied sciences. The aim of the thesis was to prepare study material on ash as a field fertilizer. The material is made for studies at universities of applied sciences. The study material to be suitable for both distance and classroom teaching as well as independent studies. The result is a PowerPoint presentation of ash as a field fertilizer as well as learning support tasks.

Reducing the use of fossil fuels is an essential part of reducing greenhouse gas emissions and mitigating climate change. Crop rotation, cover crops and efficient photosynthesis by plants sequester carbon from the atmosphere to the soil. Efficient production comes from the good condition of the soil. The investments of professional farmers in improving the health and vitality of farm soil and in balanced fertilization produce good yields.

In this thesis the features of ash as a soil improver and field fertilizer are examined. Liming powders are commonly used to control soil acidity and to improve soil structure. The liming effect of ash is slightly lower than that of liming powders, but it also contains nutrients that are important to plants, as well as micro-nutrients. Pure wood may ash may also contain harmful heavy metals. Batches of ash must be analysed before further processing or storage. The ash from the same energy production plant has almost the same elemental content although the material to be burned changes slightly.

Ash is formed as a by-product of energy production plants. The future of energy consumption and production will affect the quality, quantity and location of the ash. The study material contains information on ash quantities, nutrient concentrations, and further processing of various ashes. The study material also contains information on the suitability of ash as a field fertilizer and for liming the field and it takes the nutrient level requirements of the fields into account. Increasing the nutrient content of the ash for example with bio-sludge increases their use as field fertilizer.

Keywords: ash, field ash, fly ash, liming agents, recycled fertilizers

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KIERTOTALOUS	7
3	TUHKA KIERRÄTYSLANNOITTEENA	9
3.1	Tuhkan muodostuminen voimalaitoksilla	9
3.2	Tuhkaan liittyvä lainsäädäntö	10
3.3	Tuhkan koostumus ja ominaisuudet	13
3.4	Tuhkan käyttökohteet	16
3.5	Tuhkan käyttö kalkitusaineena	18
4	TEHTÄVÄN KUVAUS	23
5	TULOKSET	24
6	KEHITTÄMISEHDOTUKSET	26
7	POHDINTA	28
	LÄHTEET	30
	LIITE	34

1 JOHDANTO

Maataloudessa ravinteiden kierrätyksen tehostaminen on avainroolissa. Ravinteiden kierrätys tukee ilmaston muutoksen hillintää sekä fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämistä. Lannoitus ja maanparannus ovat välttämättömiä hyville sadoille ja tehokkaalle tuotannolle. Kemiallisten lannoitteiden valmistaminen kuluttaa energiaa. Runsaan käytön vuoksi väkilannoitteiden fosfori joudutaan louhimaan epäpuhtaampana ja vaikeammista olosuhteista kuin aikaisemmin. Fosfori on kriittinen ja rajallinen luonnonvara, sen vaikeampi saatavuus johtaa hintojen vaihteluun. Kierrätyslannoitteiden käyttö edistää suomalaista taloutta kotimaisilla ravinteiden jatkojalostusratkaisilla. Kierrätyslannoitteiden käyttö parantaa myös Suomen elintarviketeollisuuden huoltovarmuutta ja ruokaturvaa.

Ravinteiden tehokas kierrätys on kestävä vaihtoehto. Suomessa vuosittain syntyvien biomassojen kierrätettäväksi sopivan fosforin osuus riittäisi kattamaan koko suomalaisen kasvintuotannon vaatiman vuotuisen fosforitarpeen. Eri biomassoista, erilaisissa polttolaitoksissa sekä erilaisilla tuhkan talteenottomenetelmillä syntyvien tuhkien soveltuvuudesta peltolannoitteeksi ollaan kiinnostuneita. Peltokäytössä tuhkan hyödyt perustuvat sen kalkitusvaikutukseen sekä fosfori-, kalium- ja hivenravinnepitoisuuksiin. Metsien lannoitukseen tuhkaa on hyödynnetty pitkään, ja sen positiivisesta vaikutuksesta metsien kasvuun on tutkimustuloksia. Tuhkan käytön ja jatkojalostamisen edut perustuvat edullisen sivutuotteen tai jätteen ravinteiden hyödyntämiseen kotimaisilla ratkaisilla ja usein myös paikallisesti.

Opinnäytetyön toimeksiantaja, Oulun ammattikorkeakoulun Tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö, toimii opetus- ja kulttuuriministeriön rahoittamassa Kiertotalousosaamista ammattikorkeakouluihin-hankkeessa. Hankkeen tavoitteena on lisätä kiertotalouden osaamista ja yhteistyötä ammattikorkeakouluissa. Hankkeen yleisenä tavoitteena on lisätä kiertotalouden osuutta opetuksessa sekä tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnassa. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia ammattikorkeakouluopintoihin oppimateriaalia tuhkasta peltolannoitteena. Oppimateriaalin tuli soveltua niin etä- kuin luokkaopetukseen sekä täysin itsenäiseen opiskeluun.

2 KIERTOTALOUS

Kiertotalous on talousmalli, jossa ei tuoteta jatkuvasti lisää tavaroita, vaan kulutus perustuu omistamisen sijasta palveluiden käyttämiseen: jakamiseen, vuokraamiseen sekä kierrättämiseen. Materiaaleja ei lopuksi tuhota, vaan niistä syntyy yhä uudelleen uusia tuotteita. Kiertotalouden keskeisenä tavoitteena on säästää luonnonvaroja sekä hyödyntää materiaalit tehokkaasti ja kestävästi. Luonnonvarojen ja materiaalien tehokas ja kestävä hyödyntäminen vähentävät riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. Kiertotalouden avulla voidaan luoda myös uusia työpaikkoja. (Sitra 2019, viitattu 15.1.2020; Maa- ja metsätalousministeriö 2020a, viitattu 15.1.2020.)

Euroopan komission toimintasuunnitelmassa (2015) pyritään nopeuttamaan Euroopan siirtymistä kiertotalouteen, lisäämään maailmanlaajuisia kilpailukykyä, edistämään kestävää talouskasvua ja luomaan uusia työpaikkoja. Maankäyttöä, maankäytön muutosta ja metsätaloussektoria koskevalla LULUCF-asetuksella on merkitystä myös Suomen maa- ja metsätalouden suunnitelmille. Asetus koskee mm. metsien kasvun ja hakkuiden myötä tapahtuvia hiilinielujen sekä -päästöjen muutoksia. (Maa- ja metsätalousministeriö 2020b, viitattu 13.10.2020.) Sipilän hallitus (2015) asetti tavoitteekseen nostaa Suomi bio- ja kiertotalouden ja puhtaiden ratkaisujen edelläkävijäksi, mm. kaikkien kouluasteiden kiertotalousopetuksen kehittämiseen on myönnetty hankerahoituksia. Kiertotalouteen siirtyminen nopeutuu, kun ikäluokat, jotka ovat omaksuneet kiertotalousmallin opetus- ja koulutusjärjestelmässä, tulevat työelämään. (Maa- ja metsätalousministeriö 2020a, viitattu 9.2.2020; Ympäristöministeriö 2020, viitattu 9.2.2020.)

Marinin hallitusohjelman (2019) tavoitteena on, että Suomi on hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä ja ensimmäinen fossiilivapaa hyvinvointiyhteiskunta. Hallitus pyrkii tarttumaan ilmastonmuutoksen, luonnon monimuotoisuuden kadon ja ylikulutuksen juurisyihin. Keinoihin kuuluvat muun muassa kiertotalouden edistäminen ja ilmastoystävällinen ruokapolitiikka. (Maa- ja metsätalousministeriö 2020a; Ympäristöministeriö 2020, viitattu 9.2.2020.)

Ravinteiden tehokas kierrätys on kestävä vaihtoehto. Kierrätyslannoitteiden käyttö edistää suomalaista taloutta yleensä paikallisilla ratkaisuilla. Erilaisista biomassoista peräisin olevat kierrätysravinteet ovat lannoitekäytössä ennen kaikkea fosforin lähteitä. Suomessa fosforia louhitaan Siilinjärven kaivoksesta. EU-komissio on nimennyt raakafosforin kriittiseksi raaka-aineeksi, sillä EU on tällä hetkellä erittäin riippuvainen EU:n ulkopuolella louhitun raakafosforin tuonnista. Yli 90 %

EU:ssa käytetyistä fosforilannoitteista on tuontitavaraa, jota tuodaan pääasiassa Marokosta, Tuni-
siasta ja Venäjältä. Kehitysmaissa väkimäärän kasvu lisää myös peltolannoituksen tarvetta, jolloin
fosforin kysyntä kasvaa. Hyvien satojen saamiseksi fosfori, typpi ja kalium ovat tärkeitä ravinteita
maataloudessa. (Lindell 2018, viitattu 6.3.2020; Heinonen, Rahtola, Tampio, Vainio & Virkkunen
2018, viitattu 6.3.2020.)

3 TUHKA KIERRÄTYSLANNOITTEENA

Tuhkaa voidaan käyttää epäorgaanisena lannoitteena tai maanparannusaineena metsä-, maa- ja puutarhataloudessa. Lainsäädännössä tuhka kuuluu sellaisenaan tai vähäisessä määrin jalostetuna lannoitevalmisteena käytettäviin sivutuotteisiin, maanparannusaineisiin, kalkitusaineisiin sekä lannoitteisiin. Tuhkaa koskevat lannoitteille asetetut vaatimukset myös mm. levityksestä ja varastoinnista. Tuhkan hyödyntämisessä suurimmat kustannukset syntyvät varastoinnista, kuljetuksesta ja levittämisestä. (Ruokavirasto 2020a, viitattu 16.5.2020.)

3.1 Tuhkan muodostuminen voimalaitoksilla

Suomessa energian kokonaiskulutuksen nousu on tasoittunut ja uusiutuvan energian kulutuksen osuus on noussut. Ensimmäistä kertaa uusiutuvan energian ja fossiilienergian käyttöosuudet olivat yhtä suuret energian kokonaiskulutuksessa vuonna 2017. Kokonaisenergian kulutuksesta puuperäisillä polttoaineilla tuotettiin vajaa kolmasosa. Puuperäisistä polttoaineista lämpö- ja voimalaitosten kiinteillä polttoaineilla sekä puun pienkäytöllä tuotettiin reilu puolet tästä energiasta. Kiinteitä puupolttoaineita käytettiin lämpö- ja voimalaitoksissa vuonna 2018 19,9 milj. m³. (Luonnonvarakeskus 2019, viitattu 4.6.2020.) Puupolttoaineet olivat 28 %:n osuudellaan Suomen käytetyin energian lähde vuonna 2019 (Tilastokeskus 17.4.2020, viitattu 4.6.2020).

Suurin osa Suomessa tuotetusta tuhkasta syntyy lämmön tuotannossa sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannossa puun, turpeen ja kivihiilen poltossa. Puhdasta puutuhkaa muodostuu melko vähän, suurin osa on puun ja turpeen seostuhkaa. Tuhkan loppusijoitus ja toimittaminen jatkojalostettavaksi tai lannoitteeksi aiheuttaa kustannuksia. Kustannuksia kertyy erilaisista laatuanalyysistä, tuhkan kuljettamisesta ja tuhkan vastaanottamisesta. Myös muiden kuin puun eri tavoilla hyödynnettyjen biomassojen kuivajae voidaan hyödyntää edelleen polttamalla. Poltto vaatii kuiva-ainepitoisuudeltaan yli 50 % olevan syötemateriaalin. (Biomassa- Atlas 2020; Heinonen ym. 2018, viitattu 17.4.2020.)

3.2 Tuhkan liittyvä lainsäädäntö

Tuhkan hyötykäytön kannalta merkittävimpiä lakeja ja säädöksiä ovat ympäristönsuojelulaki, jätelaki ja -asetus, lannoitevalmistelaki ja -asetukset sekä asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Lainsäädäntö asettaa hyötykäytettävän tuhkan alkuainepitoisuuksille raja-arvoja ja enimmäispitoisuuksia. (Anttila 2008, viitattu 12.8.2020.)

Tuhka luokitellaan jätelaissa jätteeksi, jolloin ympäristölainsäädäntö säätelee sen käsittelyä ja hyödyntämistä. Jäteasetuksesta löytyy esimerkkityyppinen jäteluettelo yleisimmistä jätteistä sekä vaarallisista jätteistä. Jätteen määritelmän tulkinnassa halutaan huomioida jätteistä terveydelle ja ympäristölle aiheutuvan vaaran tai haitan merkitys. Sivutuotteeksi määritellään ainoastaan tuotantoprosesseissa syntyviä ns. jäännöstuotteita, jotka syntyvät prosessin sivutuotteena varsinaisen päätuotteen ohella. Sivutuotteelle on arviointiperusteet, joissa arvioidaan tapauskohtaisesti kaikki sivutuotteeksi määrittelyyn vaikuttavat tosiasialliset seikat ja jätelain tavoitteet. Tuotannossa syntyvä jäännös, joka täyttää jätelain arviointiperusteet, on sivutuote. Sivutuote ei ole jätelaissa tarkoitettua jätettä, eikä siihen sovelleta jätelain tai sen nojalla annettuja säännöksiä. Käyttö lannoitevalmisteenä ei edellytä luokittelua sivutuotteeksi, mutta se ei myöskään poista jätteiden osalta niiden jätestatusta. (Ympäristöministeriö 2019, viitattu 16.5.2020.)

Tuhkan käyttö sellaisenaan lannoitteena tai muutoin lannoitevalmisteenä ei edellytä ympäristölupaa jätteen ammattimaisessa tai laitospäiväisessä hyödyntämisessä, jos tuhkan laatu ja käyttö täyttävät lannoitelainsäädännön mukaiset vaatimukset. Pienimuotoinen tuhkan rakeistaminen betonimyllyssä tai muulla vastaavalla tavalla ei edellytä ympäristölupaa. Rakeistetun tuhkan käyttö lannoitevalmisteenä ei edellytä ympäristölupaa. (Ympäristöministeriö 2019, viitattu 16.5.2020.)

Luonteeltaan laitospäiväinen tai ammattimainen tuhkan varastointi ja rakeistaminen tai muu esikäsittely ennen käyttöä lannoitteena on jätteen hyödyntämistä, joka vaatii ympäristöluvan. Lannoitevalmisteen valmistaminen tuhkasta edellyttää ilmoitusta Ruokavirastolle. Lämpölaitoksen, joka toimittaa toiminnassaan syntyvää tuhkaa käytettäväksi lannoitteen valmistuksessa on tehtävä lannoitevalmistelain mukainen ilmoitus Ruokavirastolle. (Ympäristöministeriö 2019, viitattu 16.5.2020.)

Kansallisessa lannoitevalmisteteita koskevassa asetuksessa säädetään lannoitevalmisteteiden tyypeistä, tyyppinimiryhmistä ja tyyppinimikohtaisista vaatimuksista. Tyyppinimikohtainen vaatimus

puun ja turpeen tuhkalta muussa kuin metsäkäytössä on, että fosforin ja kaliumin yhteisravinnemäärän on oltava vähintään 2 %, kalsiumin 6 % sekä neutraloivan kalsiumin määrän on oltava vähintään 10 %. (Taulukko 1.) Eläinperäinen tuhka on muodostunut tuotantoeläinten lannan polttamisesta. Siinä fosforin ja kaliumin yhteisravinnemäärän on oltava vähintään 5,0 %. (Ruokavirasto 2020b viitattu 16.5.2020). Tyypillisimmissä kalkitusaineissa kalsiumia on 25 – 35 % ja kokonaisneutralointikyky on 30 – 40 % (Kalkkitaulukko, viitattu 16.5.2020).

TAULUKKO 1. Kansallisessa lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelossa tuhkalannoitteet jaetaan puun ja turpeen tuhkaan sekä eläinperäiseen tuhkaan (Ruokavirasto 2020b, viitattu 16.5.2020)

1A7 Tuhkalannoitteet

Nro 1A7	Tyyppinimi / voimaan tulo	Valmistusmenetelmä ja siihen liittyvät vaatimukset	Keskeisten aineosien vähimmäispitoisuus	Tuoteselosteessa ilmoitettavat tiedot
1	Puun ja turpeen tuhka MMMa 12/07 MMMa 19/09 MMMa 24/11	Puun, turpeen tai peltohiomassojen tuhka. Booria sisältävien metsälannoitteiden käyttörajoitukset maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 24/11 mukaisesti.	2 % P+K 6 % Ca Muussa kuin metsäkäytössä neutraloiva kyky 10 % (Ca)	Kokonaisfosfori (P) Kokonaiskalium (K) Kokonaiskalsium (Ca) Neutraloiva kyky % (Ca) Kosteus % Haitallisten metallien pitoisuudet Raaka-aineet
2	Eläinperäinen tuhka MMMa 19/09 Komission asetus (EU) N:o 592/2014 Komission asetus (EU) N:o 2017/1262	Sivutuote muodostuu poltettaessa tuotantoeläinten lantaa valtioneuvoston asetuksen jätteen polttamisesta (151/2013) tai komission asetuksen (EU) N:o 2017/1262 mukaisesti tai siipikarjan lantaa komission asetuksen (EU) N:o 592/2014 mukaisesti. Poltossa saa olla mukana puun, turpeen ja peltohiomassan poltossa sallittuja raaka-aineita.	5 % P+K	Kokonaisfosfori (P) Vesiliukoinen fosfori Kokonaiskalium (K) Kokonaiskalsium (Ca) Sivu- ja hivenravinteet asetuksen 24/11 liitteen II mukaisesti Neutraloiva kyky % (Ca) Kosteus % Haitalliset metallit Raaka-aineet ja lisätyt aineet

Lannoitevalmisteiden lainsäädännön mukaan rakeistettuun tuhkalannoitteeseen voidaan lisätä epäorgaanista lannoitevalmistetta sen käyttökelpoisuuden lisäämiseksi tai vähimmäisvaatimusten täyttämiseksi. Tuhkan rakeistus nestemäisellä epäorgaanisella lannoitevalmisteella nostaa ravinnepitoisuuksia. (Ruokavirasto 2020c, viitattu 16.5.2020.) Jätevesilietteet eivät tällä hetkellä ole sallittu ainesosa EU:n lannoitevalmistelainsäädännön luonnoksessa, ja tuhkapohjaisten tuotteiden lisäämistä sallittujen ainesosien listalle selvitetään (Heinonen ym. 2018, viitattu 17.4.2020).

Kansallisessa lannoitevalmisteasetuksessa lannoitteiden haitallisille aineille on asetettu enimmäispitoisuuksia. Kemiallisten ja tuhkaa sisältävien lannoitteiden haitta-aineiden raja-arvot poikkeavat hieman toisistaan (taulukko 2). Raja-arvoja ylittävä valmiste luokitellaan jätteeksi, ei lannoitevalmisteeksi. Sen levitys edellyttää ympäristöviranomaisen myöntämän ympäristöluvan. Valmistetta voidaan käyttää yleisöltä suljettujen alueiden, kuten teollisuusalueiden ja kaatopaikkojen maise-moinnissa. (Heinonen ym. 2018, viitattu 17.4.2020.) Lisättyä booria sisältävien tuhkalannoitteiden käyttö on kielletty pohjavesialueella. Maa- ja puutarhataloudessa keskimääräinen kadmiumin enim-

mäiskuormitus saa olla enintään 7,5 g/ha 5 vuoden aikana annettuna. Maisemoinnissa ja viherrakentamisessa kadmiumin enimmäiskuormitus saa olla 15 g/ha 10 vuoden ajanjaksolla annettuna. (Ruokavirasto 2020d, viitattu 16.5.2020.)

TAULUKKO 2. Maa- ja puutarhataloudessa käytettävien tuhkalannoitteiden ja niiden raaka-aineiden haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet (mg/kg ka) (Ruokavirasto 2020d, viitattu 16.5.2020)

Alkuaine		Alkuaineen enimmäispitoisuus
arseeni	As	40
elohopea	Hg	1,0
kadmium	Cd	2,5
kromi	Cr	300
lyijy	Pb	150
nikkeli	Ni	150
sinkki	Zn	4500

On huomioitava, että tuhka on lannoite, joten sitä koskevat nitraattiasetuksen velvoitteet. Maatalouden tukijärjestelmän mukaan lannoitevalmisteiden käytössä tulee noudattaa täydentäviä ehtoja ja nitraattiasetuksen vaatimuksia, vaikka ympäristösitoumusta ei olisi tehty. Tuhkan osalta huomioitavaa on, että peltohehtaarille levitettävä fosforin yhteismäärä saa olla enintään 325 kg/ha/5 vuotta maataloudessa ja 560 kg/ha/5 vuotta puutarhataloudessa. Viiden vuoden lannoituskauden alkamisajan tulee löytyä lohko-kohtaisista muistiinpanoista. Ympäristökorvauksen tilakohtaisissa toimenpiteissä lannoitustasot ovat vähimmäisvaatimuksia tiukemmat. (Ruokavirasto 2020e, viitattu 16.5.2020.)

Luomutuotannon tulisi perustua pääasiassa uusiutuvien ja paikallisten luonnonvarojen käyttöön. Maanparannuksen, viljavuuden ja viljelykasvien ravinnevaatimuksien kannalta on kuitenkin sallittua käyttää myös laajaa valikoimaa luomutuotantojärjestelmän ulkopuolelta saatavia maanparannusaineita ja lannoitteita. (Taulukko 3.) (Heinonen ym. 2018, viitattu 17.4.2020.)

TAULUKKO 3. Luonnonmukaiseen tuotantoon soveltuvat lannoitevalmisteet, ”Luomulannoiteluettelo” (Ruokavirasto 2020f, viitattu 17.4.2020)

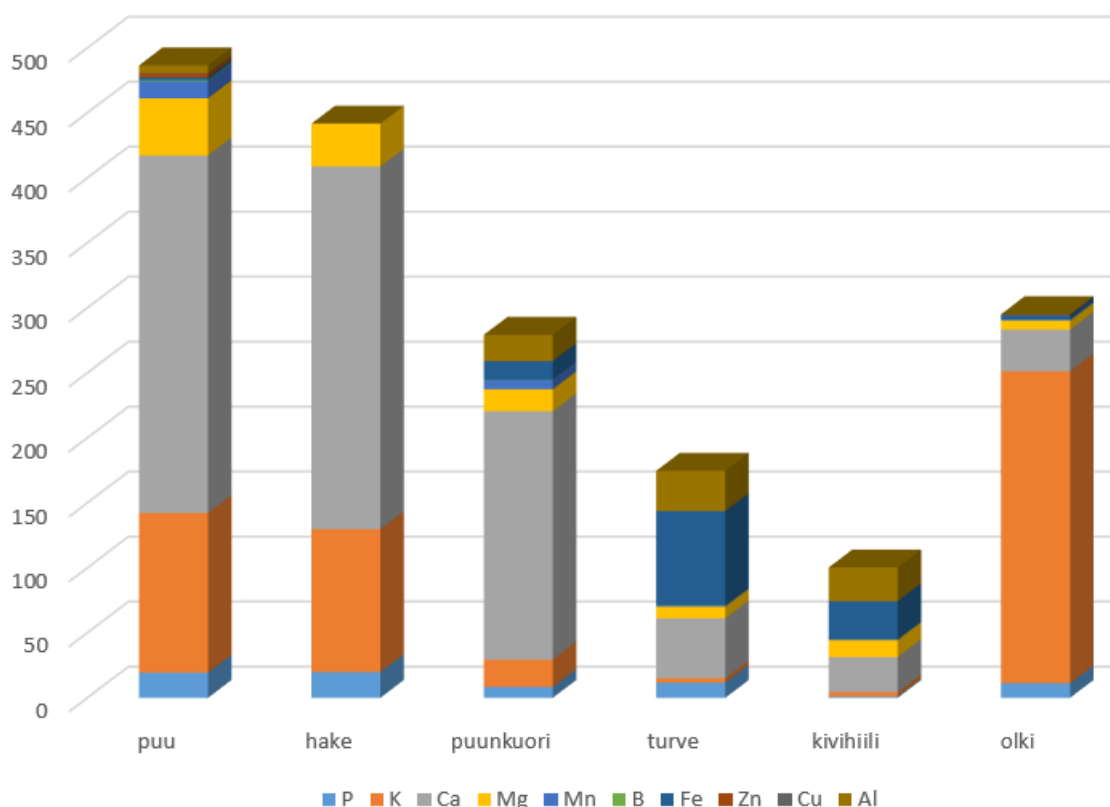
1A Epäorgaaniset lannoitteet (30.4.2019)	
Markkinoija	Lannoitteen kauppanimi
Cemagro Oy	AgroEko PK/aska från trä och torv
Humuspehtoori Oy	Pehtoorin luomutuhka/träaska
Iisalmen sahat Oy	Puuntuhka/träaska
Järvi-Suomen Voima Oy	Riastiinan voimalaitoksen pohjatuhka
PRT-Woods Oy	Puuntuhka/träaska
Tuhka Hukka Oy, Kitee	Haku-tuhka kuiva/torr aska
	Haku-tuhka märkä/våt aska
	Arppen tuhka/träaska
Versowood Oy, Hankasalmi	Puunkuorituhka/aska av träbark

3.3 Tuhkan koostumus ja ominaisuudet

Poltossa biomassan orgaaninen aines muutetaan energiaksi, jäännöstuotteena muodostuu epäorgaanista pölymäistä tuhkaa. Kun biomassaa poltetaan, sen tilavuus pienenee ja kuljetettavuus paranee. Biomassaperäisessä tuhkassa ravinteet ovat suoloina, oksideina, karbonaateina ja silikaateina. (Heinonen ym. 2018, viitattu 17.4.2020.)

Erilaisissa polttolaitoksissa tuhkat voidaan ottaa talteen kuivina tai ne voidaan sammuttaa vedellä. Sammutettu tuhka on koostumukseltaan kuin märkä hiekka. Useimmat polttolaitokset pystyvät vaihtelevaan poltettavien biomassojen suhteita. Muodostuvan tuhkan laatuun vaikuttavat sekä poltettavien materiaalien suhteet että koostumus. Puun tuhkan laatuun vaikuttavat mm. puulaji ja kasvupaikka ja se, onko kyseessä runkopuu, hakkuutähde tai kuori. Tuhkapitoisuus voi runkopuussa olla alle 0,5 % ja kuoressa sekä neulasissa yli 2 %. Tuhkapitoisuus on suurin niissä puun osissa, joissa kasvu tapahtuu. (Alakangas, E. 2000, viitattu 17.4.2010). Puun tuhkan vallitsevat ainesosat ovat kalsium, kalium, magnesium ja fosfori (kuvio 1). Niiden vaihtelut erilaisten tuhkalajien välillä voivat olla suuretkin. Tuhka on emäksistä, sen pH on 10 – 13 (Ojala 2010, viitattu 17.4.2020).

tuhkien alkuainepitoisuuksia, g/kg



KUVIO 1. Eri tuhkalajien alkuainepitoisuuksia g/kg (Ojala, E. 2010, viitattu 17.4.2020)

Polttolaitoksien kattiloista poistettua tuhkaa kutsutaan pohjatuhkaksi ja savukaasuista poistettua tuhkaa lentotuhkaksi. Pohjatuhka on karkeampaa, lentotuhka on hienorakeista ja kuivana voimakkaasti pölyävää. Käytetty polttotekniikka vaikuttaa pohjatuhan ja lentotuhkan määrään ja laatuun. Karkeammassa tuhkajakeessa on yleensä vähemmän haitta-aineita kuin hienommassa. (Isännäinen, Huotari & Mursunen 1997, viitattu 25.1.2020.) Suoraan polttoprosessista tuleva lentotuhka on yleensä täysin kuivaa. Pitkään varastoituna vesipitoisuus on 40 – 60 %. Lentotuhkan kiintotiheys on tyypillisesti 2,3 – 3,2 t/m³. (Anttila 2008, viitattu 12.8.2020.)

Polttolaitoksissa on tärkeää kehittää tuhkan jakeiden lajittelua eri käyttötarkoituksiin. Parempiläiset ja ravinnepitoisimmat tuhkat kannattaa hyödyntää lannoitteina, vähäravinteisemmat tuhkat maarakentamiseen. (Joensuu 2018, viitattu 15.1.2020.) Peltokäyttöön soveltuvia tuhkia muodostuu Suomessa arvioiden mukaan 60 000 tonnia vuodessa. Puhtaan puun polton yhteydessä muodostunutta tuhkaa voidaan pitää jopa kalkin arvoisena maanparannusaineena. (Myllyviita & Rintamäki 2018, viitattu 15.1.2020.)

Puun tuhka sisältää puun mukana maaperästä ja ilmasta otettuja ravinteita ja hivenaineita. Myös kasvuympäristön mahdollisesti sisältämät raskasmetallit ja radioaktiiviset aineet päätyvät tuhkaan. (Laine-Ylijoki, Mäkelä, Peltola, Pihlajaniemi & Wahlström 2002, viitattu 8.7.2020.) Polttolaitoksen tuhkat kerätään yleensä samaa linjastoa käyttäen pohja- ja lentotuhkan seokseksi. Korkeimmat raskasmetalliarvot ovat savukaasuista suodatettavassa lentotuhkassa. Puun tuhkan raskasmetalleista lannoitekäyttöä rajoittaa usein korkea kadmiumarvo. Tuhkan käyttöä halutaan laajentaa pelto- ja metsämaahan ravinteiden kierrättämisen tehostamiseksi. Tähän tarkoitukseen on kehitetty uutta erotustekniikkaa, jolla raskasmetalleja saadaan poistettua tuhkakomponenteista. (Gango & Kuokkanen 2018, viitattu 21.2.2020.)

YK:n ilmastopöytäkirjassa turve on luokiteltu fossiiliseksi polttoaineeksi, Suomessa määrittely on ollut hitaasti uusiutuva biomassa tai -polttoaine. Turpeen tuhkapitoisuus on noin 5 % eli yli kaksinkertainen määrä havupuun kuoren tuhkapitoisuuteen verrattuna. Kuorettoman runkopuun tuhkapitoisuus on usein alle 0,5 %. (Ojala 2010, viitattu 17.4.2020.) Turvetta käytetään seospolttoaineena puun kanssa, koska sillä voidaan tasata puupolttoaineiden saatavuutta ja pienentää käytettävän polttoaineen laadun vaihteluita. Turpeen poltosta syntyvän rikin ansiosta puupolttoaineiden kattiloiden likaantumista ja korroosiota aiheuttava vaikutus pienenee. (Alm, M. 2019, viitattu 17.4.2020.)

Tuotantoeläinten lannan poltossa muodostuvaa tuhkaa voidaan käyttää ja saattaa markkinoille tyyppinimellä eläinperäinen tuhka. Muiden eläinperäisten sivutuotteiden poltosta muodostuvaa tuhkaa voidaan käyttää lannoitteena tietyin rajoittein. (Ruokavirasto 2020c, viitattu 19.5.2020.)

Kivihiilen tuhkaa ei voida käyttää lannoitevalmisteena sen poltossa muodostuvien haitta-aineiden vuoksi. Luvanvaraisesti sitä voidaan käyttää maarakennuksessa, kaivoksissa sekä sementin ja betonin valmistuksessa. (Lounais-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2009, viitattu 29.2.2020.) Jätevedenpuhdistamoissa syntyvän lietteen polttaminen on Suomessa harvinaista, siinä muodostuvan tuhkan käytölle on rajoitteita. Suomessa on kehitetty puhdistamolietteiden ravinteiden talteenottoon menetelmiä myös energiantuotannon polttovaiheeseen. Ne vaativat kuitenkin suuren yksikön, osa tekniikoista on vielä kehitysvaiheessa ja laajempi käyttö ei ole kannattavaa. (Heinonen ym. 2018, viitattu 17.4.2020.) Yhdyskuntajätteenpolttolaitoksien tuhkaa ei voida käyttää lannoitevalmisteena (Lounais-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2009, viitattu 29.2.2020).

Polttolaitoksista kuivana talteen otettu tuhka on voimakkaasti pölyävää. Jotta tuhkan kuljetus ja levitys olisi helpompaa, se kannattaa stabiloida itsekovettamalla, pelletoimalla tai granuloimalla.

Stabiloinnin peruslähtökohtana on tuhkan kostuttaminen vedellä. Itsekovetuksessa tuhka jätetään kostumaan ja kovettumaan tiiviin alustan päälle. Lastausvaiheessa paakkuuntunut tuhka seulotaan välpällä tai seulakauhalla tasakokoisemmiksi paakuiksi tai muruiksi. Kosteana talteen otettu tuhka on sammutettu vesihautteessa, mistä kuljetin kuljettaa sen keräyspaikalle. Kosteaa tuhkaa on ras-kasta. Se kannattaakin hyödyntää sellaisenaan tai jatkojalostaa siihen sopivalla laitoksella.

Rakeistuksessa, granuloinnissa ja pelletoinnissa tuhka kostutetaan samaan tapaan kuin itsekove-tuksessa. Rakeistusmenetelmiä on useita kuten lautas- ja rumpurakeistus sekä valssaus. Pelle-toinnissa tuhkamassa puristetaan matriisin läpi. Tuhkan kostutus voidaan tehdä myös ravinnerik-kailla liemillä kuten biolietteellä. (Isännäinen ym. 1997, viitattu 30.4.2020.) Hienojakoista lentotuh-kaa voidaan käyttää ravinnerikkaista biomassoista valmistettujen pellettien tai rakeiden rikastavana kuorutteena. Esimerkiksi biokaasuprosessin jälkimädäte voidaan jatkojalostaa ja rikastaa halu-tuilla ravinteilla, näin saadaan valmistettua monipuolinen ja kotimainen kierrätyslannoite. (Gango & Kuokkanen 2018, viitattu 21.2.2020.)

3.4 Tuhkan käyttökohteet

Suurin osa tuhkasta muodostuu voimalaitoksissa, joiden polttoaineena käytetään yhä enemmän puuta. Puutuhka sisältää tyyppä lukuun ottamatta puun mukana tulleita ravinteita juuri oikeassa suhteessa metsälannoitteeksi. Tuhka sopiikin parhaiten palautettavaksi sinne, mistä poltettava ma-teriaali on peräisin: puuperäiset metsään lannoitteeksi ja turvetuhkat maarakentamiseen. Tuhka-lannoitteena tai sen raaka-aineena voidaan käyttää turpeen, peltobiomassan tai puun tuhkaa sekä eläinperäistä tuhkaa (Ympäristöministeriö 2019, viitattu 16.5.2020.) Puun ja turpeen tuhkista, ns. biotuhkista, hyötykäyttöön päätyy 90 %, lannoitukseen on käytetty runsaat 15 %. (Joensuu 2018, viitattu 15.1.2020).

Vuonna 2015 tyyppinimellä tuhkalannoite käytettiin Suomessa 150 000 tonnia lannoitetta, josta 55 500 tonnia eli yli kolmannes metsätaloudessa, 28 500 tonnia maataloudessa, 4 500 tonnia vi-herrakentamisessa. Lannoitteeksi kelpaavaa tuhkaa meni 16 500 tonnia jatkojalostukseen ja 46 500 tonnia maarakentamiseen. Maatalouden osuus käsittää pelto- ja puutarhakäytön sekä am-mattimaisen kasvihuonekäytön.(Kuvio 2.) (Gango & Kuokkanen 2018. viitattu 6.6.2020.)



KUVIO 2. Lannoitevalmisteksi soveltuvan tuhkan käyttö vuonna 2015 (Gango & Kuokkanen 2018, viitattu 6.6.2020.)

Puun ja turpeen tuhkan lannoitevaikutuksia metsiin on tutkittu jo 1930-luvulla. 1970-luvulta alkaen koetointia on ollut laajamittaista. Parhaat tulokset tuhkalannoituksilla on saatu paksuturpeisissa suometsissä. (Ahola 2014, viitattu 2.5.2020.) Tuhkaa voidaan hyödyntää myös soran ja hiekan kaltaisena maanrakennuksessa: tuhkan läjitysalueiden pohjissa, väylä- ja kenttärakentamisessa, valleissa sekä teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteissa sekä teiden pohja- tai pintamateriaalina. (Joensuu 2018, viitattu 15.1.2020.) Tuhkaa voidaan käyttää myös sementin seosaineena (Anttila 2008, viitattu 12.8.2020).

Viljelykasveilla on maaperälle erilaiset pH-vaatimukset, myös maalaji ja multavuus vaikuttavat pelon sopivaan pH-tasoon. Suomalainen peltomaa on luonnollisesti melko hapanta. Yleensä pH:n tavoitteena voidaan pitää viljavuusanalyysin tyydyttävän ylärajaa – hyvän alarajaa. Myös liian nopea pH:n nosto tai liian korkea pH voivat häiritä maan toimintaa ja heikentää monien ravinteiden käyttökelpoisuutta. Kalkitusaineiden tyypilliset kertalevitysmäärät vaihtelevat 1–5 t/ha kalkitusaineesta, maalajista sekä multavuudesta riippuen. (Rajala 2005, viitattu 6.6.2020.)

Luomuviljelyn periaatteisiin kuuluu säästeliäs kalkitusaineiden käyttö, koska pyritään käyttämään mahdollisimman vähän ulkopuolisia ja uusiutumattomista lähteistä peräisin olevia tuotantopanoksia. Karjanlantaa käytävillä tiloilla kivennäisrehuista tulee hivenravinteita tilan ravinnekiertoon. Puun tuhka sisältää monipuolisesti hivenravinteita. Tuhkan käyttö maataloudessa perustuukin sen

emäksisyyteen, pH:ta ylläpitävään ja nostavaan vaikutukseen sekä kalium- ja hivenravinnelannoitukseen. (Rajala 2005, viitattu 6.6.2020.)

Tuhkat, kuten muutkin jalostamattomat tai vähän jalostetut kierrätyslannoite ja – maanparannusvalmisteet, ovat yleensä edullisia. Kustannukset voivat syntyä pelkästään lannoitteen kuljetuksesta ja levityksestä. Monet lannoitevalmistajat tarjoavat tuotteelleen sopivia levitys- ja kuljetuspalveluita. (Luostarinen, Pesonen & Seppänen 2019, viitattu 9.4.2020.)

3.5 Tuhkan käyttö kalkitusaineena

Maanparannusaineiden tarkoituksena on pH:n noston tai ylläpidon lisäksi maan rakenteen parantaminen. Maan happamuuden säätöön sopivia maanparannusaineita kutsutaan kalkitusaineiksi. Ne voivat sisältää myös ravinteita. Kalkitusaineen valintaan vaikuttavat mm. pellon maalaji ja multavuus, pH:n lähtö- ja tavoitetaso, Ca/Mg-suhde, tavoiteltu ravinnevaikutus, ravinteiden merkitys ja lannoitusvaikutus, viljelykierron vaihe sekä taloudellisuus ja ympäristövaikutukset. (KM 6/2020. Ad-vertoriaali.)

Maan tiivistymistä pyritään estämään mm. keventämällä muokkauksia sekä välttämällä ajoa määrällä pelloilla painavilla koneilla. Kalkitusaineet pyritään levittämään pellolle roudan päälle. Haasteita tähän on viime vuosina tuonut peltojen riittämätön routaantuminen tai paksu lumipeite. Hyvä aika rakennekalkituksen tekoon on juuri ennen kevät- tai syyskylvöjä. (KM 6/2020. Lyhyesti.)

Rakeistettuja tai pelletoituja kalkitusaineita voidaan levittää kylvölannoittimilla, mutta parhaiten levitykseen soveltuvat keskipakoislevittimet sekä kalkinlevityslaitteisto. Tarkempaan levitykseen voidaan käyttää kalkitusvaunua, jossa on levitysjärjestelmä lannoiterakeille. Keskipakoislevittimellä haasteita voi aiheuttaa kalkitusaineen rakeiden hajoaminen, holvautuminen sekä epätasainen levityskuvio. Väkilannoitteille tyypillisen ravinnemäärän sisältäville sekä raekoon ja -kovuuden omaaville lannoitevalmisteille voidaan käyttää kylvölannoitinta. Kalkitusaineita voidaan levittää myös kuivalannan levityslaitteistolla. (Luostarinen ym. 2019, viitattu 9.4.2020.)

Maan pH-luvut määritetään viljavuusanalyysissä maalajin ja multavuuden mukaan. Useimmille peltoviljelykasveille tavoiteltu viljavuusluokka on ”hyvä”, ruokaperuna viihtyy paremmin happamamassa maassa, viljavuusluokassa ”tydyttävä”. (Taulukko 4.) Viljavuusluokan muutokseen tarvitaan kalkitusainetta sen koostumuksesta, maalajista ja multavuudesta riippuen eri määriä. Yhden viljavuusluokan muutoksella tarkoitetaan 0,4 pH-yksikön muutosta. Multavimmat kivennäismaat ja eloperäiset maat vaativat enemmän kalkitusainetta happamuuden torjuntaan kuin vähemmän multavat. (Taulukko 5.) (Eurofins 2020, viitattu 18.8.2020.)

TAULUKKO 4. Viljavuustutkimuksen tulkinta (Eurofins 2020, viitattu 18.8.2020)

Maan ominaisuus ja maalajiryhmä	Multavuus	VILJAVUUSLUOKKA							
		Huono	Huononlainen	Välttävä	Tyydyttävä	Hyvä	Korkea	Arvel. korkea	
Happamuus, pH									
- savimaat	vm	- 5,4	- 5,8	- 6,3	- 6,7	- 7,2	- 7,6	-	
	m	- 5,2	- 5,6	- 6,0	- 6,4	- 6,9	- 7,3	-	
	rm	- 5,0	- 5,4	- 5,8	- 6,2	- 6,6	- 7,0	-	
	erm	- 4,8	- 5,2	- 5,6	- 6,0	- 6,4	- 6,8	-	
- karkeat kivennäismaat	vm	- 5,1	- 5,5	- 5,9	- 6,3	- 6,7	- 7,1	-	
	m	- 5,0	- 5,4	- 5,8	- 6,2	- 6,6	- 7,0	-	
	rm	- 4,9	- 5,3	- 5,7	- 6,1	- 6,5	- 6,9	-	
	erm	- 4,7	- 5,1	- 5,5	- 5,9	- 6,3	- 6,7	-	
- multamaat		- 4,6	- 5,0	- 5,4	- 5,8	- 6,2	- 6,6	-	
- turvemaat		- 4,4	- 4,8	- 5,2	- 5,6	- 6,0	- 6,4	-	

Kalkitusaineen valintaa helpottamaan yrityksillä on kalkituslaskureita ja kalkkitaulukoita. Niiden avulla voidaan määritellä mm. kalkitusaineen sopiva käyttömäärä sekä hinta pellolle levitettynä. Kalkkitaulukosta löytyy myös tiedot mm. aineen neutralointikyvystä, kosteudesta ja hienousasteesta. Taulukon hintatiedot sisältävät kalkitusaineen, rahdin ja levityksen hinnat sekä niiden yhteishinnan. (KM 6/2020)

TAULUKKO 5. Yhden viljavuusluokan parantamiseen tarvittavan puun ja turpeen tuhkan ja tuhka-pitoisten kalkkirakeiden määrä, t/ha, kosteus- % 1-21 (KM 6/2020)

kalkitusaine	tuotantopaikka	karkea kivennäismaa	savinen kivennäismaa	hietasavi, hiuesavi, hiesusavi	aitosavi	multamaa, turvemaata, liejusavi
Soilfood Ravinnekalkki II	Varkaus	1,9 - 5,6	2,8 - 6,5	3,7 - 7,4	5,6 - 8,3	9,3
Kiteen Lämmön Tuhka, Tuhka Hukka Oy	Kitee	2,7 - 8,2	4,1 - 9,6	5,5 - 11,0	8,2 - 12,4	13,7
Soilfood Kalkkituhka I	Joutseno	3,7 - 11,0	5,5 - 12,9	7,3 - 14,7	11 - 16,5	18,4
Soilfood Ravinnekalkki I	Äänekoski	4,2 - 12,6	6,3 - 14,7	8,4 - 16,9	12,6 - 19,0	21,1
Soilfood PK-hivenkalkki	Imatra	8,4 - 25,3	12,6 - 29,5	16,9 - 33,7	25,3 - 37,9	42,1

Tietojen perusteella kalkitusaineille voidaan laskea viljavuusluokan parantamiseen tarvittavat aineen, rahdin ja levityksen vertailukelpoiset kustannukset (€/ha). Tuhka ja tuhkapitoiset kalkitusaineet eivät pärjää viljavuusluokan kohottamiseen tähtäävässä kilpailussa kustannuksissa tavanomaisempia kalkitusaineita vastaan pelkän kalkitusvaikutuksen osalta. Kuljetuskustannuksilla on suuri merkitys hinnan muodostumiseen. Tuhkan ja tuhkaa sisältävien kalkitusaineiden etuna ovat niiden tuomat ravinteet: kalsium, fosfori, kalium, magnesium, rikki sekä hivenravinteet: boori, mangaani ja sinkki. Taulukosta 6 voidaan nähdä vaalean harmaalla pohjalla olevien pH:n nostoon tehokkaammin vaikuttavien kalkitusaineiden hintavertailua. Sarakkeessa "tuhka" näkyvät kalkitusaineen kuljetuksesta ja levityksestä aiheutuvat kustannukset. (Taulukko 6.)

TAULUKKO 6. Yhden viljavuusluokan kohottamiseen multavalla kivennäismaalla tarvittavien kalkitusaineiden kustannusvertailua, €/ha (KM 6/2020)

kalkitusaine	nopeavaikutteinen neutraloitukyky %	kokonaisneutralointikyky %	hinta lastauspaikalla €/tn	pellossa levitettyinä (kalkitusaine, rahti 100km, levitys) €/tn	multavalle karkealle kivennäismaalle tarvittava määrä t/ha	viljavuusluokan kohottamisen hinta €/ha pellossa
Soilfood Ravinnekalkki II	24	36	18,8	35,97	2,8	100,716
Kiteen Lämmön Tuhka, Tuhka Hukka Oy	16	30	15	35,5	4,1	145,55
Soilfood Kalkkituhka I	11	34	16	32,9	5,5	180,95
Soilfood Ravinnekalkki I	11	30	18,8	35,97	6,3	226,611
Soilfood PK-hivenkalkki	6	19	25	40,65	12,6	512,19
Soilfood Tehokalkki I	40	42	18	35,17	1,8	63,306
Nordkalk Aito Kalsiitti	33	35	27,5	42,25	1,8	76,05
Teräskuona Beston	23	36	18	32	2,9	92,8
Cresco Normal Kalsium	19	38	20	34,7	3,3	114,51
"tuhka"	16	30	0	20,5	4,1	84,05

Karkeilla kivennäismailla happamuuden hallintaan tarvittava kalkitusaineen määrä on vähäisin muihin maalajeihin verrattuna. Esimerkiksi turvemaalla yhden viljavuusluokan kohottamiseen tarvitaan yli kaksinkertainen määrä kalkitusainetta. Tuhkan käytöllä saadaan maahan edullisesti myös magnesiumia, fosforia sekä kaliumia. Käyttämässäni KM 6/2020 lehden Kalkkitaulukko 2020 -taulukossa on kotimaisista tuhista ainoastaan Kiteen Lämmön Tuhka. Sen käyttömäärillä on taulukossa "taulukkoarvotuhkat min ja max" havainnollistettu muiden energiantuotantolaitosten tuhkien ravinteista maahan kertyviä kasveille hyödyllisten alkuaineiden määriä. (Taulukko 7.)

TAULUKKO 7. Yhden viljavuusluokan kohottamiseen tarvittavalla määrällä tuhkaa ja tuhkaa sisältävää kalkitusainetta hehtaarille kertyvien ravinteiden määrä, ka kg/ha (KM 6/2020; Ojala)

kalkitusaine	multavalle karkealle kivennäismaalle ka t/ha	kg Ca/ha	kg Mg/ha	kg P/ha	kg K/ha
Soilfood Ravinekalkki II	2,5	806	88	4	4
Kiteen Lämmön Tuhka, Tuhka Hukka Oy	3,7	634	116	45	410
Soilfood Kalkkituhka I	5,4	272	11	3	25
Soilfood Ravinekalkki I	5,4	1029	179	3	18
Soilfood PK-hivenkalkki	10,0	1394	159	91	319
"taulukkoarvotuhka" min		869	82	0	90
"taulukkoarvotuhka" max		1353	144	90	254

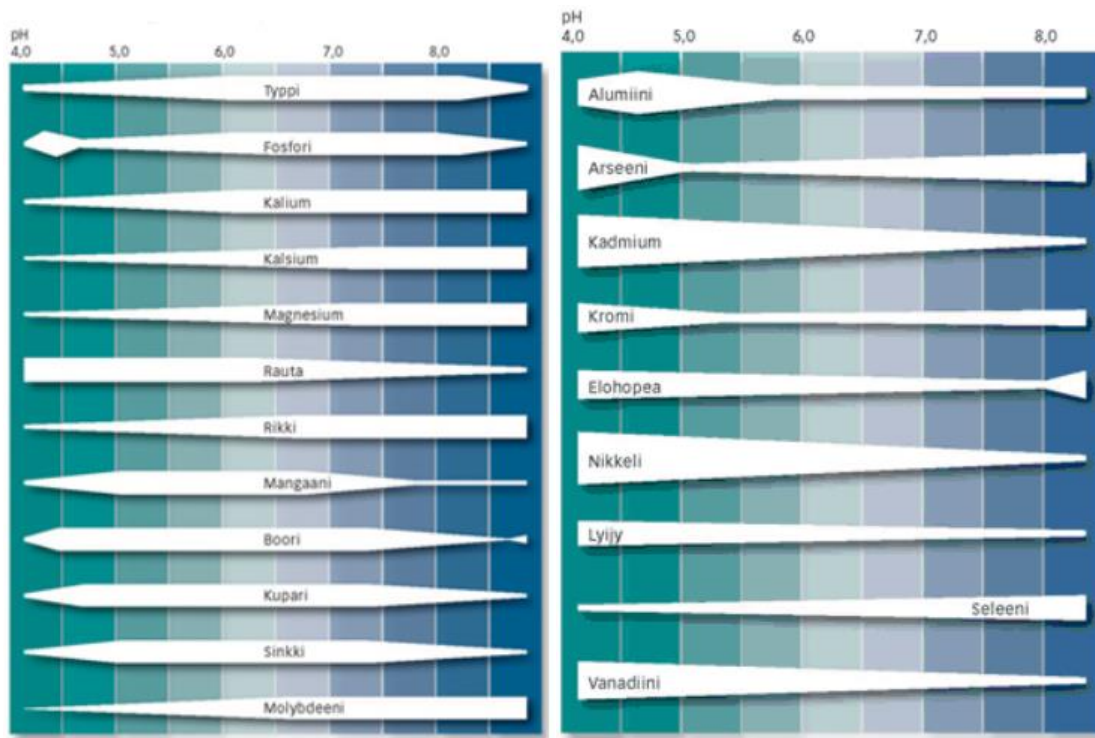
Kasvien kasvulle hyödyllisten ravinteiden lisäksi tuhkan, tuhkaa sisältävän kalkitusaineen ja tuhkanlannoitteen mukana peltoon joutuu myös haitallisia alkuaineita. Taulukon raja-arvotuhkalla* tarkoitetaan tuhkaa, jonka haitta-ainepitoisuudet ovat Ruokaviraston taulukkoarvojen enimmäispitoisuuksia. Pohjatuhkat** ja lentotuhkat** ovat Motivan raportin puunpolton taulukkoarvotuhkia. Haitallisten alkuaineiden kertyminen on laskettu taulukkoon määrällä, jota Kiteen Lämmön Tuhkaa tarvitaan yhden viljavuusluokan kohottamiseen multavalla karkealla kivennäismaalla. (Taulukko 8.)

TAULUKKO 8. Yhden viljavuusluokan kohottamiseen tarvittavalla määrällä tuhkaa hehtaarille kertyvien ravinteiden määrä, ka g/ha (Ruokavirasto 2020d, KM 6/2020; Ojala, E. 2010)

	ka tn/ha	g As/ha	g Hg/ha	g Cd/ha	g Cr/ha	g Pb/ha	g Ni/ha	g Zn/ha
Raja-arvotuhka*	3,895	156	4	10	1169	584	584	17528
Pohjatuhka min**	3,895	1	0	2	234	58	156	58
Pohjatuhka max**	3,895	12	2	3	234	234	974	3895
Lentotuhka min**	3,895	4	0	23	156	156	78	156
Lentotuhka max**	3,895	234	4	156	974	3895	390	2727

Lannoitekäyttöön sallitusta raja-arvotuhkasta kertyvien haitallisten aineiden määrää voidaan pitää turvallisenä. Tyypillinen puunpolton pohjatuhka soveltuu lannoitekäyttöön. Ainoastaan nikkeliä kertyy runsaasti yli sallitun määrän. Savukaasuista talteen otetun puun poltossa syntyneen lentotuhkan pitoisuudet ylittävät sallittuja raja-arvoja arseenin, kadmiumin ja lyijyn osalta.

Kun peltomaan pH on sopivassa viljavuusluokassa, maan ravinteet ovat liukoisessa muodossa, parhaiten kasvien saatavissa, eivätkä sitoutuneina maahan. Useimmat maaperän alkuaineet ovat sitoutuneina happamassa maassa maahiukkasiin. (Kuvio 3.)



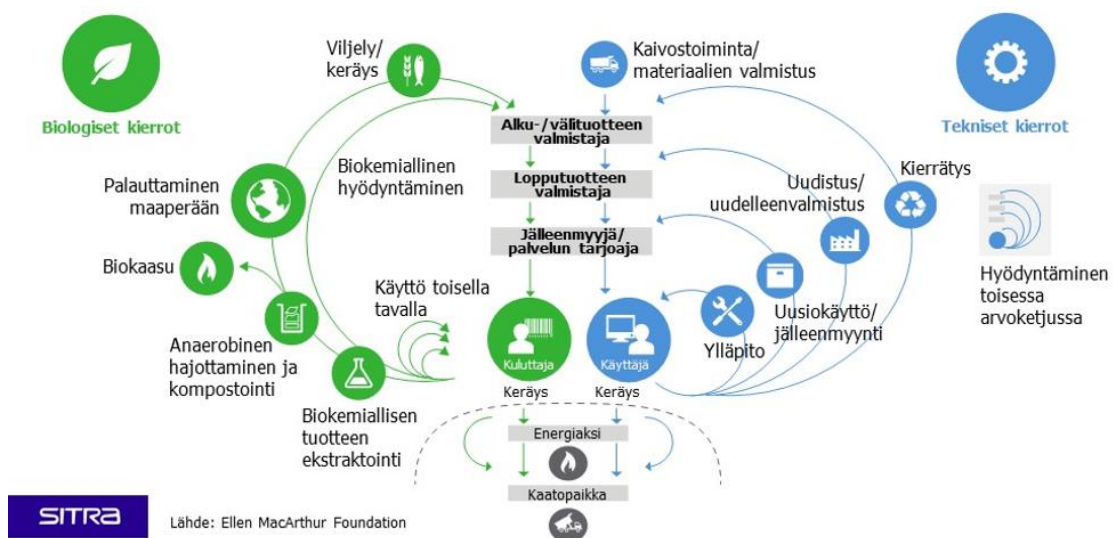
KUVIO 3. Ravinteiden ja haitallisten aineiden liukoisuus maassa eri pH-tasolla (Farmit 2020, viitattu 31.8.2020)

4 TEHTÄVÄN KUVAUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia oppimateriaalia tuhkasta peltolannoitteena. Oppimateriaalin tuli soveltua niin etä- kuin luokkaopetukseen sekä itsenäiseen opiskeluun.

Tuhkan ravinteiden hyödyntämisestä koostettiin PowerPoint-esitys ja laadittiin aihetta tukevia oppimistehtäviä. Monia biomassoja voidaan lopuksi hyödyntää energian tuotannossa erilaisissa polttolaitoksissa. Erilaisissa polttolaitoksissa syntyvien tuhkien määristä ja laaduista on saatavilla kattavasti tietoja. Oppimateriaalia kootessa hyödynnettiin erityisesti polttolaitoksien kehittämiseksi laadittuja tutkimuksia, metsien tuhkalannoituksista kertovia oppaita sekä ravinteiden kierrätyksen tehostamiseksi tehtyjä tutkimuksia. Ruokaviraston sivuilla on myös paljon tietoja erilaista lannoitteista, niiden valmistuksesta ja käytöstä. PowerPoint-esityksen liitettiin linkit aiheeseen liittyviin videoihin ja aiheen taustaa laajemmin aukaiseviin tutkimustuloksiin, ohjeistuksiin tai oppaisiin. (Liite 1.)

Powerpoint-esityksessä käsitellään myös kiertotaloutta, sillä tuhkien hyödyntäminen lannoituskäytössä tai muulla tavoin on osa kiertotaloutta. Oppimateriaalin tavoitteena oli kasvattaa ammattikorkeakouluopiskelijoiden tietoutta kiertotaloudesta (kuvio 4).



KUVIO 4. Kiertotalouden malli (Sitra 2018)

5 TULOKSET

PowerPoint-esityksessä on tiivistetysti tietoa tuhkan käytöstä peltolannoitteena. Esityksessä on koottu runsaasti taustatietoa syistä, joiden vuoksi tuhkan lannoitekäyttöä kannattaa edistää (kuvio 5). Taustatieto koostuu kierto- ja biotalouden keskeisistä aiheista, Suomessa syntyvistä ravinnerikkaista biomassoista, biomassoista kertyvistä fosforimäärästä, energiankulutuksesta ja puuperäisen energiantuotannon jakautumisesta. Lisäksi käsitellään syntyvän tuhkan muodostumista, tuhkan sisältämiä ravinteita sekä haitta-aineita ja tuhkan käyttämiseen liittyvää lainsäädäntöä.



KUVIO 5. Ruoantuotannon sivuvirtojen hyödyntäminen osana kiertotaloutta (Maa- ja metsätalousministeriö 2015)

Tuhkan tuottajia, jatkojalostajia, markkinoijia ja käyttäjiä koskevat monet lait ja asetukset. Tuhkalannoitteita tuottavat monet hyvin erityyppiset yritykset, esimerkiksi Napapiirin Energia ja Vesi Oy tuottaa Naturlan-tuhkalannoitetta (Gango & Kuokkanen 2018, viitattu 4.8.2020.) Biotuhkaa sisältäviä kierrätyslannoitteita tuottavat Suomessa mm. Ecolan Oy, Rakeistus Oy, Humuspehtoori Oy ja Tuhka Hukka Oy. Tuhkaa sellaisenaan peltolannoitus- ja kalkituskäyttöön myy UPM Kymmene Oyj:n Kaipolan tehtaat. (Matilainen 2017, viitattu 4.8.2020.) KM-lehden mukaan tuhkaa sisältäviä maanparannusaineita tuottaa ja toimittaa Soilfood Oy. Lehden mukaan Viljelijän Avena Berneriltä on saatavana BioA:n kalkitsevaa NK-lannoitetta, sekä Kone – Laihanen Oy suunnittelee Tuhkalkalkiseoksen markkinoille saattamista. (KM 6/2020. Lyhyesti.)

Vaikka tuhkan ravinnemäärät ovat melko matalat, se luokitellaan pellolle levitettäessä lannoitteeksi, ja sitä koskevat suomalaisen maataloustukijärjestelmän ehdot.

Joihinkin aiheisiin löytyi YouTubesta videoita havainnollistamaan aiheita kuvin ja puhein. Esityksestä löytyy linkit käyttämiini lähteisiin ja myös muihin hyviin tuhka-aiheesta kertoviin julkaisuihin. Alle on listattu muutama esimerkki aiheeseen liittyvistä videoista.

- Orgaanisten lannoitevalmisteiden levitys ja käytönsuunnittelu: Pellettimäisen kuivarakeen käyttö: https://www.youtube.com/watch?time_continue=138&v=58wRqKpx2rs&feature=emb_title
- Ravinteet kiertoon: Kierrätyslannoitteiden vertailua <https://www.youtube.com/watch?v=WiOxDQIAWLM&t=2s>
- Multavuus ja kalkitus: <https://www.youtube.com/watch?v=EMX6t0VzwJM>
- Kierrätyslannoitteet ja – maanparannusaineet: https://www.youtube.com/watch?v=jT9n8wzTA7I&list=PLW7ogpoRfg7f-OZBWx_M5pzc24zrwC59q&index=10

MUUTA MATERIAALIA

- Tietoutta kierrätyslannoitteista: <http://ravinnejaenergia.fi/materiaali/omalannoitteet/yleista-kierratyslannoitteista/>
- Tietokortit ravinnekierrätyksestä ja kierrätysravinteista: https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2019/07/tietokortit-jarki-lannoite_0.pdf
- materiaaleja <https://www.bsag.fi/fi/kestava-maatalous-aineistoa-muualta/>
- https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161419/MMM_2019_5_Orgaaniset_lannoitevalmisteet.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Oppimista tukevissa tehtävissä kiteytyy tuhkan peltolannoitekäytön, ravinteiden kierrätyksen, kiertotalouden sekä kasvihuonekaasupäästöjen tärkeät teemat. Tehtäviin yhdistyy myös peltupuolen tietämystä lannoitelaskelmista sekä maan kasvukunnon parantamisesta.

6 KEHITTÄMISEHDOTUKSET

Energiantuotantolaitosten kannattaa hyödyntää tuhka. Haitta-aineiden raja-arvoja ylittävä tuhka on jätettä, joka on puhdistettava. Jätettä, jonka haitta-ainepitoisuudet ylittävät lannoituskäytön raja-arvoja, on mahdollista käyttää maarakentamisessa ympäristöluvan tai asetuksen, eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa, niin salliessa. Toisaalta kasveille hyödyllisten ravinteiden raja-arvoja alittavaa tuhkaa voidaan käyttää maarakentamiseen.

Energiantuotantolaitoksilta tuleva lentotuhka sisältää polttoaineesta lähtöisin olevia raskasmetalleja, jotka tulee poistaa lannoitelainsäädännön minimitasolle, jotta tuhka sopii pelto- tai metsälannoitukseen. Raskasmetallien poistamista tuhkasta on viime vuosina selvitetty ja tekniikkaa kehitetty. Kiertotalousmallin mukaan jätteiden syntymistä vähennetään. Materiaaleista syntyy yhä uudelleen uusia tuotteita, lopulta pienempi osa tuhoetaan esimerkiksi polttamalla energiantuotannossa. Poltosta voidaan saada sekä sähkö- että lämpöenergiaa. Tuhkan lajittelutekniikkojen kehityksessä suurempi osa erilaisia materiaaleja polttavien energiantuotantolaitoksien tuhkista voidaan hyödyntää lannoitteina tai maarakennuksessa.

Peltojen kalkitus- ja lannoitustarpeen tulee perustua viljavuusanalyysiin. Peltolannoitukseen soveltuvien tuhkien on oltava Ruokaviraston hyväksymiä kalkitusaineita. Tuhkat sisältävät kalsiumin lisäksi fosforia, kaliumia ja muita pääravinteita sekä hivenravinteita. Tuhkat sisältävät myös haitallisia alkali- ja raskasmetalleja. Peltokasvien vuosittainen ravinnetarve on huomattavasti suurempi kuin metsien parempaan kasvuun vaadittavat ravinnemäärät, joten metsälannoitteena voidaan hyödyntää alhaisemman ravinnepitoisuuden tuhkia.

Tuhkat eivät sisällä typpeä, eivätkä orgaanista ainesta. Karjan kuiva- tai lietelantaa lannoitteena käytävillä tiloilla osa viljelykasvien typen tarpeesta saadaan karjanlannasta. Lannasta saadaan maahan myös orgaanista ainesta. Viljelykasvien ravinnetarpeen sekä ravinteiden huuhtoutumisriskin kannalta karjanlanta sisältää runsaasti fosforia verrattuna typpeen. Runsaalla karjanlannan käytöllä maahan voi kertyä myös liikaa kaliumia. Peltomaan ravinteiden epäsuhteesta sekä sopimatomasta pH:sta voi aiheutua ravinteiden pidättäytymistä maahiukkasiin, jolloin kasvien on vaikea saada olemassa olevia ravinteita käyttöönsä.

Kotieläintilojen fosforipäästöjen hallintaa helpottaisi lannan jakaminen laajemmalle alueelle, mutta se lisää mm. kuljetuskustannuksia. Etenkin tilakeskuksen lähipeltojen fosforin viljavuusluokat ovat nousseet vuosien lannanlevityksien vuoksi korkeiksi. Näillä pelloilla joudutaan rajoittamaan lannan käyttöä maataloustukiehtojen mukaisesti. Tuhkan käyttäminen kalkitusaineena lisäisi tällaisilla tiloilla maan fosfori- ja kaliumarvoja entisestään. Tuhka sopii maanparannukseen ja lannoitukseen pelloille, joissa fosforin viljavuusluokka on matala. Parhaiten tuhka sopii käytettäväksi kasvinviljelytiloille lähelle tuhkan syntypaikkaa. Puhtaan puun poltosta syntyneet tuhkat ja tuhkapitoiset kalkitusaineet ovat hyväksytyjä luonnonmukaiseen tuotantoon.

7 POHDINTA

Työurani nautaeläinten parissa on saanut minut kiinnostumaan myös eläinten ruokinnasta ja rehuntuotannosta. Niillä on merkittävä vaikutus eläinten hyvinvointiin ja maatalan talouteen. Tehokkaat, usein väkilannoitteisiin ja karjan lantaan perustuvat, viljelykäytännöt hallitaan maatalousalalla hyvin. Luonnonmukaisen tuotannon periaatteiden ja kotimaisten ravinteiden tehokkaampi hyödyntäminen pellon paremman kasvukunnon saavuttamiseksi kiinnostavat minua tavanomaiseen tuotantoon tuotuna. Regeneratiivinen eli uudistava maatalous on kiinnostava termi. Se on maaperän kasvukuntoa parantavaa, ravinteita kierrättävää, maaperän hiilivarastoa kasvattavaa ja luonnon monimuotoisuutta edistävää maanviljelyä. Hyvinvoiva maaperä ja monipuolinen viljely voivat parantaa ruuan ravitsemuksellista arvoa. Paikallisemmilla tai suljetuilla ravinnekiertoilla voidaan lisätä sosiaalista kestävyyttä sekä ruoantuotannon läpinäkyvyyttä.

Ravinteiden kierrättämiseen ja kierrättämisen tehostamiseen tarvitaan lisää tutkittua tietoa. Kaupalliset väkilannoitteet ovat tehokkaita, suhteellisen edullisia ja helppoja käyttää. Kierrätyslannoitteiden kuten lannan ja tuhkan ravinnepitoisuudet ovat melko matalat, joten niiden kuljetuksesta ja levityksestä kertyy käyttäjälle kustannuksia. Kasvien ravinnetarvetta voidaan vielä joutua täydentämään muilla lannoitteilla. Karjan lannalle on jo olemassa useita prosessointimenetelmiä. Niiden laajemman käytön toivotaan kehittävän menetelmiä ja laskevan laitteiden hintoja. Kehitystyön toivotaan jatkuvan myös tuhkalannoitteen jatkojalostuksen kanssa. Muilla paikallisilla ravinnerikkailla biomassoilla voidaan tuhkalannoitteen ravinnesisältöä muokata kysyntää vastaavaksi. Tuhkan lannoitekäytöllä saadaan maatalan hiilitaselaskennassa energiantuotannon sivutuotteena syntyvän tuhkan hiilidioksidipäästöt laskea polttolaitoksille, joten ne eivät kohdistu maatilalle kuin kuljetuksen ja levityksen osalta.

Tuhkan levitysmenetelmät ovat maataloudessa tavanomaisia. Kalkitusaineiden neutralointinopeuteen vaikuttaa kalkitusaineen hienojakoisuus. Tuhkan kuten muidenkin kalkitusaineiden vaikutus on melko hidaskasvu. Yhden kasvukauden kestäville käytännön koejärjestelyillä ei saada merkittäviä neutralointivaikutuksia näkyviin. Hivenravinneläisen vaikutus voisi näkyä kasvustossa jo yhden kasvukauden aikana. Pelloilla voisi tehdä pitempiaikaisia käytännön kokeita vertaamalla tuhkan vaikutusta tavanomaisempaan kalkitusaineeseen. Myös eri tavoin prosessoitujen tuhkalannoitteiden toi-

mivuudesta erilaisilla tai samanlaisilla levitysmenetelmillä voisi tehdä käytännön kokeita. Raskasmetallien ja muiden haitta-aineiden kertymisestä maaperään ja sen eliöihin tarvitaan pitkäaikaisia tutkimuksia.

Erilaiset hankkeet ovat hyvä tapa opastaa viljelijöitä paikallisesti saatavissa olevien ravinteiden hyödyntämiseen. Tuhkan tuottajien, jalostajien ja käyttäjien kokemukset tuhkan kierrätysprosessin eri vaiheista voisivat kehittää koko ketjun toimintaa ja näin ollen edistää ravinteiden kierrätystä. Eri toimialojen välisen yhteistyön kehittäminen on tärkeää. Pienemmissä energiantuotantolaitoksissa muodostuvan kalkitusaineeksi tai maarakennukseen soveltuvan tuhkan hyödyntäminen paikallisesti ja pienimuotoisesti helpottaisi tuhkan tuottajan varastointi- ja kuljetuskustannuksia.

LÄHTEET

Ahola, M. 2014. Tuhkalannoituksen organisointi, teknologia ja yhteishankkeiden järjestäminen. Metsätalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Viitattu 2.5.2020, https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77916/Ahola_Marko.pdf?sequence=1

Alm, M. 2019. Toimialaraportti – Uusiutuva energia. Työ- ja elinkeinoministeriö. Viitattu 17.4.2020, http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161928/TEM_2019_65.pdf

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedote. Viitattu 17.4.2020, http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161928/TEM_2019_65.pdf

Anttila, H. 2008. Polttoainekoostumuksen vaikutus lentotuhkan laatuun ja hyötykäyttömahdollisuuksiin UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan tehtailla. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 12.8.2020, http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161928/TEM_2019_65.pdf

Biomassa- Atlas. 2020. Viitattu 27.2.2020, http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161928/TEM_201965.pdf

Eurofins 2020. Viljavuustutkimuksen tulkinta. Viitattu 18.8.2020, <https://www.eurofins.fi/agro/analyysit/viljavuustutkimukset-maasta/>

Farmit 2020. Kalkituksen vaikutukset. Viitattu 31.8.2020, https://www.farmit.net/sites/default/files/role_15/kalkitus_haitalliset.gif

Gango, A. & Kuokkanen, E. 2018. Biopohjaisen lentotuhkan hyötykäyttö lannoitteena. Erotustekniikan tutkimuskeskus- hankkeen loppuraportti. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Viitattu 21.2.2020, https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/152061/XAMK_kehittaa_45_net_02072018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Heinonen, S., Rahtola, M., Tampio, E., Vainio, M. & Virkkunen, E. 2018. Opas kierrätyslannoitevalmisteiden tuottajille. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. Luonnonvarakeskus. Viitattu 6.3.2020, https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542240/luke-luobio_37_2018_2X.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Isännäinen, S. Huotari, H. & Mursunen, H. 1997. Lentotuhkan itsekovetus. Metsätehon raportti 030. Viitattu 30.4.2020, <http://www.metsäteho.fi/lentotuhkan-itsekovetus/>

Joensuu, S. 2018. Puutuhka kivennäismetsien lannoituksessa. Projektiraportti. Tapio. Viitattu 15.1.2020, <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Puutuhka-kivennaismaametsien-lannoituksessa-loppuraportti-2016-2018.pdf>

Kalkkitaulukko, kokonaisneutralointikyky. Oulun ammattikorkeakoulu. Viitattu 16.5.2020, <http://www.oamk.fi/cdn/fileuploads/kokonaisneutralointikyky.pdf>

KM 6/2020. Lyhyesti; Maanparannusaineita tuottavien ja toimittavien yritysten yhteystiedot. 57

KM 6/2020. Advertoriaali; Tee maan paras kalkkivalinta. Soilfood. 15

Laine-Ylijoki, J., Mäkelä, E., Peltola, K., Pihlajaniemi, M. & Wahlström, M. 2002. Seospolton tuhkien koostumus ja ympäristölaadunvarmistusjärjestelmä. VTT tiedotteita 2141. Viitattu 8.7.2020, <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2002/T2141.pdf>

Lindell, P. 2018. Yhdyskuntaliikenteen ravinteiden kierrätyksen haasteet ja mahdollisuudet. Vesilaitosyhdistys. Onko kiertotalous uhka vai mahdollisuus-seminaari 15.2.2018. YouTube-tallenne

Lounais-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 09/2009. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnittelu. Taustaraportti. Tuhkat ja kuonat. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Viitattu 29.2.2020, https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134019/LOSra_9_2009%20Etel%c3%a4-%20ja%20L%c3%a4nsi-Suomen%20j%c3%a4tesuunnittelu%20taustaraportti%20Tuhkat%20ja%20kuonat.pdf?sequence=2&isAllowed=yhttps://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2002/T2141.pdf

Luonnonvarakeskus 2019. Viitattu 4.6.2020, <https://www.luke.fi/uutinen/puun-energiakaytto-liisaantyy-edelleen/>

Luostarinen, S., Pesonen, L. & Seppänen, A. 2019. Kierrätyslannoitus. Suunnittelu, käytännöt ja mahdollisuudet tulevaisuudessa. Luonnonvarakeskus. Viitattu 9.4.2020, https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/544071/LUKE_Kierr%c3%a4tyslannoitus_opas.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Maa- ja metsätalousministeriö 2015. Maatalouden ravinteet hyötykäyttöön- uutiskirje. <https://uutiskirje.luke.fi/archive/show/3290872>

Maa- ja metsätalousministeriö 2019. Uusi EU-lannoitevalmisteasetus vauhdittaa orgaanisten ja jätepohjaisten lannoitevalmisteiden käyttöä. Tiedote. Viitattu 9.2.2020

Maa- ja metsätalousministeriö 2020a. Vastuualueet. Bio- ja kiertotalous. Kiertotalous. Viitattu 15.1.2020, <https://mmm.fi/kiertotalous>

Maa- ja metsätalousministeriö 2020b. Vastuualueet. Luonto ja ilmasto. Energia- ja ilmastopolitiikka. EU:n energia- ja ilmastopolitiikka. LULUCF-asetus. Viitattu 13.10.2020, <https://mmm.fi/lulucf>

Matilainen, M. 2017. Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa: hajautetun biolämpöenergian tuhkan kierrätyksen merkitys ja taloudellisen ekosysteemimallin luominen. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. YAMK. Karelia ammattikorkeakoulu. Viitattu 4.8.2020, https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Matilainen_Mervi_opinnaytetyo.pdf

Myllyviita, T. & Rintamäki, H. 2018. Ruuantuottajien näkemyksiä ja kokemuksia kierrätyslannoitteiden käytöstä ja kehitystarpeista. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 31/2018. Viitattu 4.8.2020, https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/276964/SYKEra_31_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ojala, E. 2010. Selvitys puu- ja turvetuhkan lannoite- sekä muusta hyötykäytöstä. Energiateollisuus. Motiva. Viitattu 17.4.2020, https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/selvitys_puu-ja_turvetuhkan_lannoite_seka_muusta_hyotykytosta_energiateollisuus_2010.pdf

Rajala, J. 2005. Luomuviljelyn suunnittelu. Viitattu 6.6.2020, <https://luomu.fi/tietoverkko/wp-content/uploads/sites/5/2014/12/5.7.-5.8.-Kalkitus-ja-hivenlann-190405.pdf>

Ruokavirasto 2020a. Viitattu 16.5.2020, <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/pakkausmerkinnat/>

Ruokavirasto 2020b Kansallinen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo. Viitattu 16.5.2020, https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/lannoiteala/tiedostot/tyyppinimiluettelo_konsolidoitu_22_11_2019.pdf

Ruokavirasto 2020c. Viitattu 16.5.2020, <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/kierratysravinteet/tuhkalannoitteet/>

Ruokavirasto 2020d. Viitattu 16.5.2020, <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/haitalliset-aineet-ja-hygienia/>

Ruokavirasto 2020e. Viitattu 16.5.2020, <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/ymparistokorvaus/lannoitus/>

Ruokavirasto 2020f. Viitattu 17.4.2020, <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/viljelijat/luomutilat/lannoite-ja-torjunta-aine/luomulannoiteluettelo-2020-6.pdf>

Sitra 2019a. Uutiset. Kriittinen siirto – Suomen kiertotalouden tiekartta. Viitattu 15.1.2020, <https://www.sitra.fi/uutiset/kiertotalouden-tiekartan-jatko-osa-tarjoaa-hyvinvoinnin-rahoitukselle-uuden-perustan/>

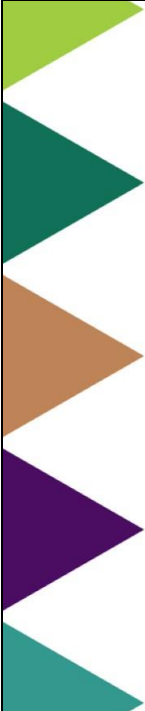
Tilastokeskus 17.4.2020. viitattu 4.6.2020, http://www.stat.fi/til/ehk/2019/04/ehk_2019_04_2020-04-17_tie_001_fi.html

Ympäristöministeriö 2019. Jätelain eräiden säännösten tulkintalinjauksia. Muistio 19.12.2014. Viitattu 16.5.2020, https://www.ym.fi/fi-fi/ymparisto/lainsaadanto_ja_ohjeet/jatelainsaadanto/ohjeet_ja_oppaat

Ympäristöministeriö 2020. Ilmasto- ja energiapoliittinen ministerityöryhmä valmistautui ensi viikon ilmastoseminaariin. Ajankohtaista 30.1.2020. Viitattu 9.2.2020, [https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Kiertotalouden_edistamisohjelma_kaynnist\(53134\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Kiertotalouden_edistamisohjelma_kaynnist(53134))

LIITE

Dia 1




Tuhkat maatalouskäytössä

Oppimateriaalia ammattikorkeakouluihin

15.12.2020
Nimi ja organisaatio: Marja Himanka Oamk

kiertotalousamk.fi

**kierto-
talous
AMK**
CIRCULAR ECONOMY AMK
CIRCULAR ECONOMY AMK

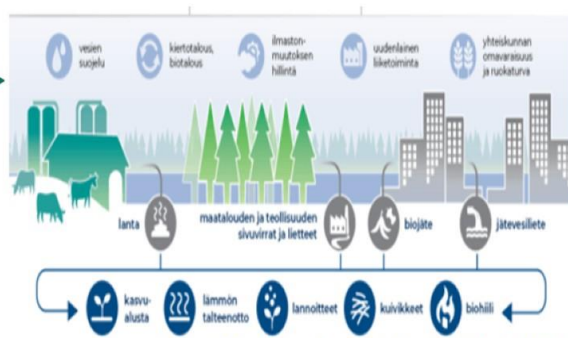


Opetus- ja
kulttuuri-
ministeriö

Kierto- ja biotalous

Keskeisenä tavoitteena on säästää luonnonvaroja sekä hyödyntää materiaalit tehokkaasti ja kestävästi.

Luonnonvarojen ja materiaalien tehokas ja kestävä hyödyntäminen vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista.



- Kansainväliset ja kansalliset tavoitteet
- Kestävän talouskasvun edistäminen
- Uusien työpaikkojen luominen usein paikallisesti

➤ Kierrätys ja uusiutuvat materiaalit sekä energia
<https://www.youtube.com/watch?v=HVy8tiFTQIk>

➤ Ravinteiden kierto ja kiertotalous
<https://www.youtube.com/watch?v=CNtGnUVmTsA>

Kuva: Luke, Maatalouden ravinteet hyötykäyttöön

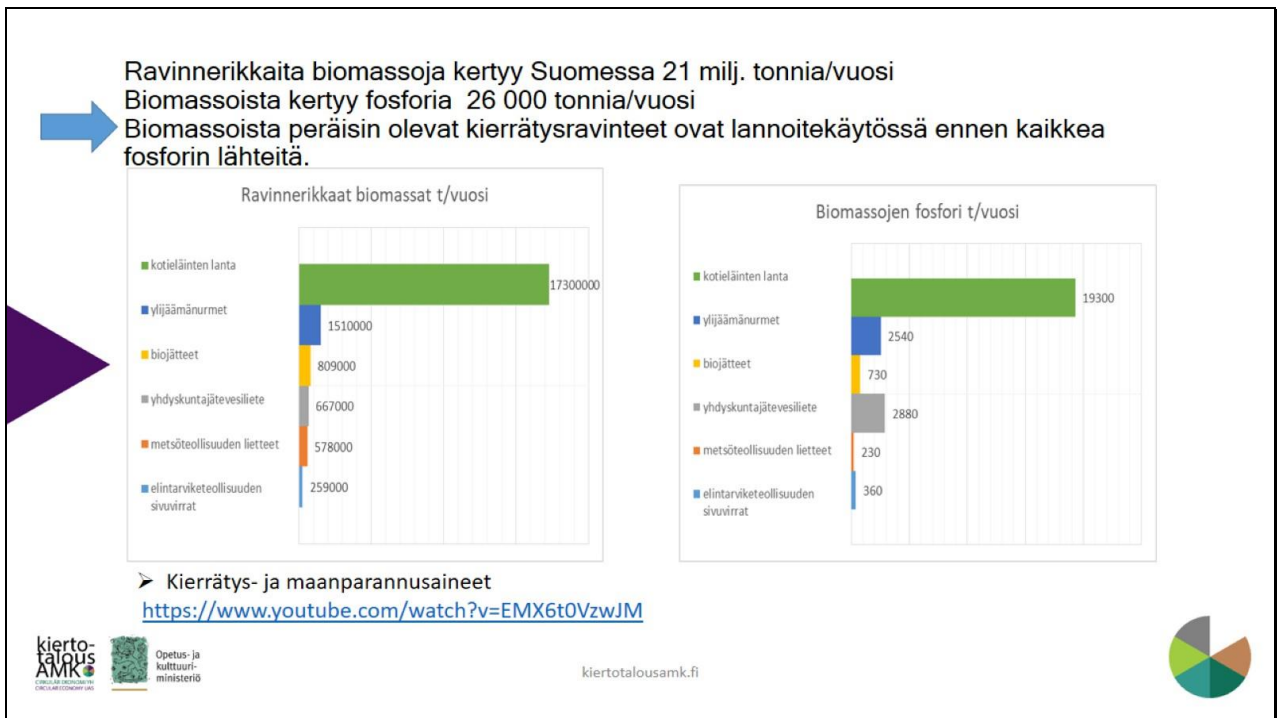
kierto-
talous
AMK

Opetus- ja
kulttuuri-
ministeriö

kiertotalousamk.fi



- Ravinnerikkaita biomassoja muodostuu runsaasti: kotieläinten lantaa, maatalouden ja teollisuuden sivuvirtoja ja lietteitä, biojätteitä ja jätevesilietteitä.
- Biomassoja voidaan hyödyntää mm. kasvualustoina, lannoitteina, kuivikkeina ja biohiilenä.
- Biomassojen käsittelyissä, sivu- tai valmistusprosesseissa, muodostuva lämpö hyödynnetään.
- Biomassoja hyödyntämällä pyritään parantamaan vesien suojelua ja hillitsemään ilmastomuutosta. Kierto- ja biotalouden kehittämällä aikaansaadaan uudenlaista liiketoimintaa. Kotimaisia ravinnerikkaita biomassoja tehokkaasti hyödyntämällä voidaan parantaa yhteiskunnan omavaraisuutta ja ruokaturvaa.

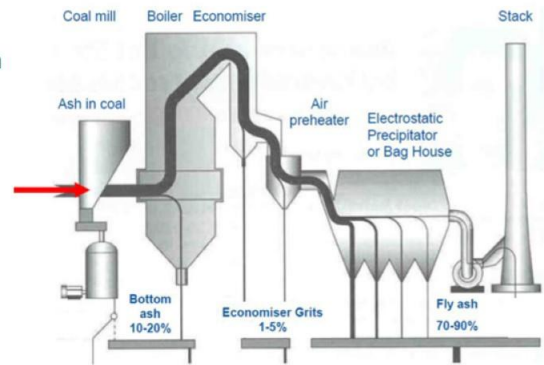


- Suomessa vuosittain syntyvien biomassojen kierrätettäväksi sopiva fosfori riittäisi kattamaan koko suomalaisen kasvintuotannon vaatiman vuotuisen fosforitarpeen.
- Suomessa fosforia louhitaan Siilinjärven kaivoksesta. EU-komissio on nimennyt raakafosforin kriittiseksi raaka-aineeksi, sillä EU on tällä hetkellä erittäin riippuvainen EU:n ulkopuolella louhitun raakafosforin tuonnista.
- Yli 90 % EU:ssa käytetyistä fosforilannoitteista on tuontitavaraa, jota tuodaan pääasiassa Marokosta, Tunisiasta ja Venäjältä.

Tuhkaa muodostuu biomassoja polttamalla

- Polttolaitoksien kattiloissa muodostuu pohjatuhkaa ja savukaasuista poistettavaa lentotuhkaa
- Pohja - ja lentotuhka voidaan sammuttaa vedellä → kosteaa tuhkaa, noin 45 kosteus-%
- Poltettavista materiaaleista peräisin olevat haitta-aineet päätyvät tuhkaan
- Karkeammassa tuhkajakeessa on yleensä vähemmän haitta-aineita kuin hienommassa

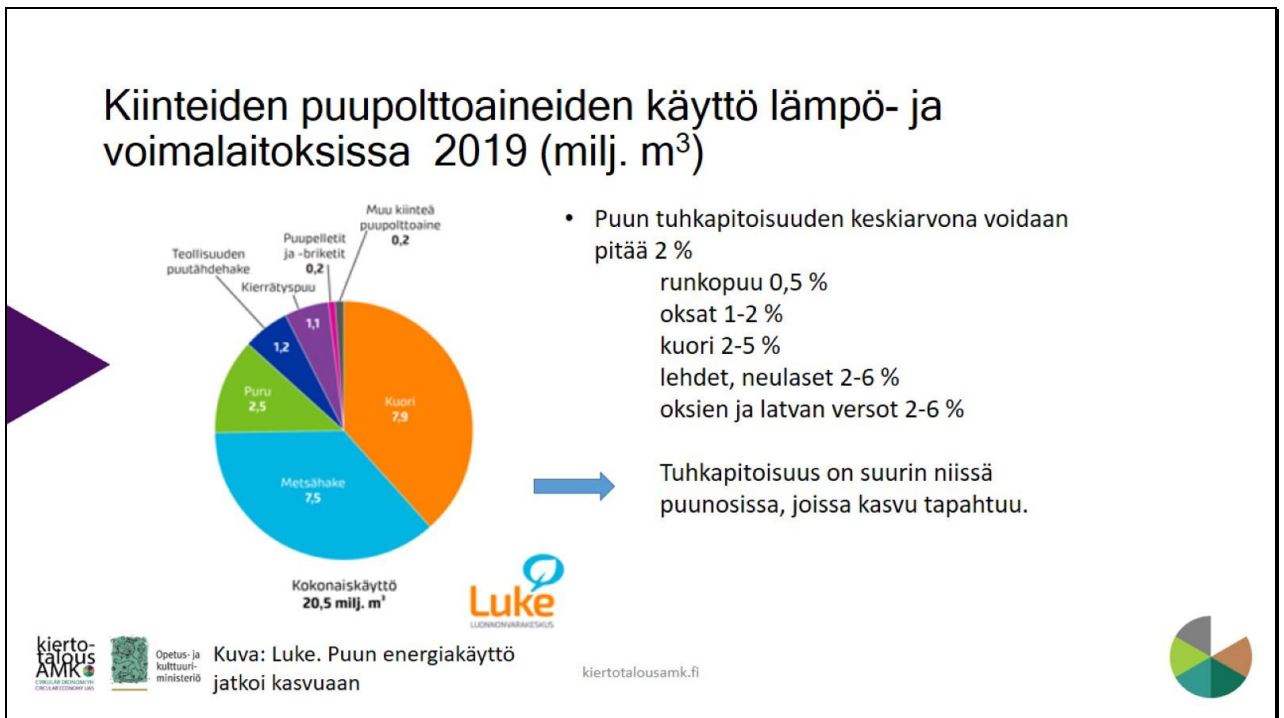
- Pohjatuhka on karkeampaa
- Lentotuhka on hienojaloista ja kuivana hyvin pölyvää



Kuva: Bayllynx



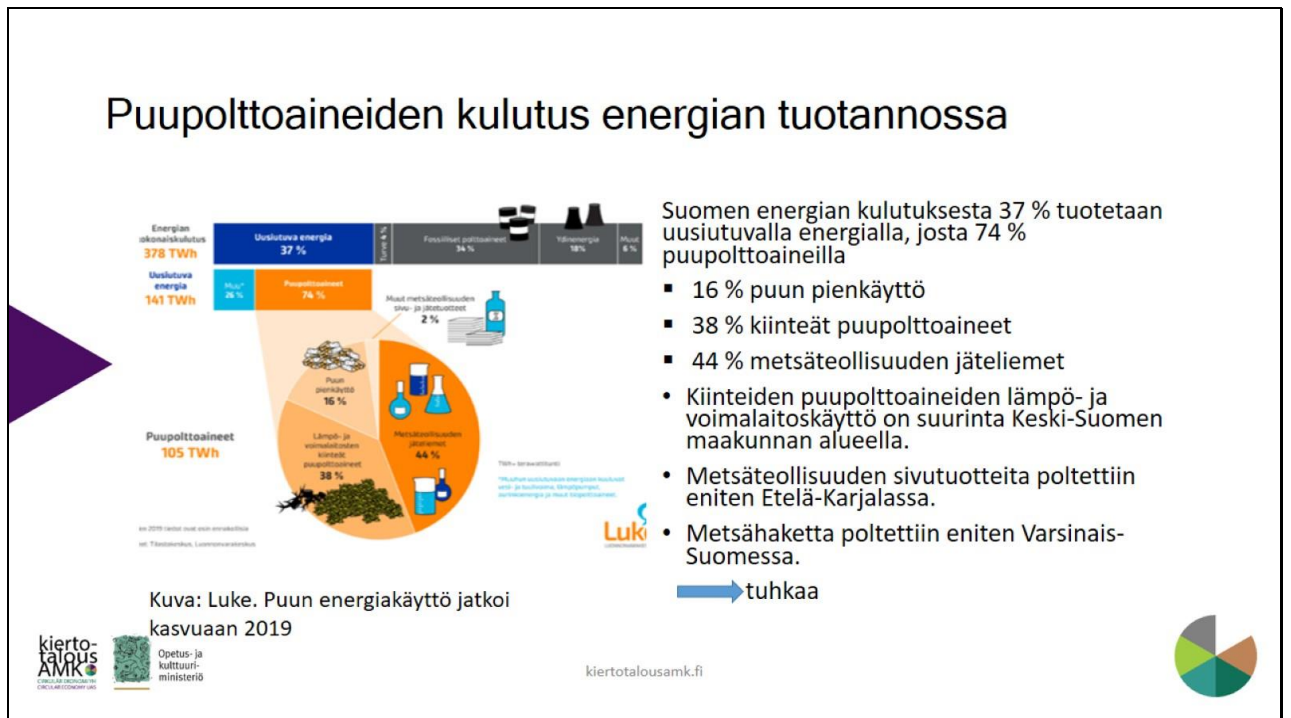
- Muodostuvan tuhkan laatuun vaikuttavat polttotapa, poltettavien materiaalien suhteet ja koostumus. Puun tuhkan laatuun vaikuttavat mm. puulaji ja kasvupaikka sekä se, onko kyseessä runkopuu, hakkuutähde vai kuori.
- Erilaisissa energian tuotantolaitoksissa on erilaisia tuhkan talteenottojärjestelmiä.
- Kuvassa havainnollistetaan hiilen poltossa muodostuvan tuhkan suhteita. Muodostuvasta tuhkasta 10–20 % on pohjatuhkaa ja 70–80 % lentotuhkaa. Palokaasuista erotetaan lentotuhka neljässä suodatinkentässä. Erottelussa viimeisten kenttien hienoin ja epäpuhtain tuhka olisi hyvä saada eroteltua vähemmän raskasmetalleja sisältävistä karkeammista tuhkajakeista.



- Vuonna 2019 lämpö- ja voimalaitoksissa poltettiin kuorta 7,9 milj. m³, metsähaketta 7,5 milj. m³, purua 2,5 milj. m³, teollisuuden puutähdehaketta 1,2 milj. m³, kierrätyspuuta 1,1 milj. m³, puupellettejä ja -brikettejä 0,2 milj. m³ ja muita kiinteitä puupolttoaineita 0,2 milj. m³.
- Kiinteiden puupolttoaineiden kokonaiskäyttö oli 20,5 milj. m³.
- Runkopuu kannattaa hyödyntää korkeamman jalostusasteen tuotteiksi.
- Kiinteistä puupolttoaineista muodostui tuhkaa noin 0,41 milj. m³



eli noin 3600 kuormaa tällaisella yhdistelmällä. Mutta tuhkan m³-paino on korkea, tällaisella yhdistelmällä yhteen lavaan voi ottaa kuormaa vain noin 1/3 tilavuudesta.



- Suomessa energian 378 TWh:n kokonaiskulutuksesta tuotettiin turpeella 5 %, fossiililla polttoaineilla 34 %, ydinvoimalla 18 % ja muilla 6 %.
- Uusiutuvalla energialla tuotetusta 141 TWh:sta 74 % tuotetaan puupolttoaineilla, 26 % vesi- ja tuulivoimalla, lämpöpumpuilla, aurinkoenergialla sekä muilla biopolttoaineilla.

Tuhkaa muodostuu

- Useimmat polttolaitokset pystyvät vaihtelemaan poltettavien biomassojen suhteita, tuhkan laatuun vaikuttavat sekä poltettavien materiaalien suhteet että koostumus.
- Polttolaitoksissa on tärkeää kehittää tuhkan jakeiden lajittelua eri käyttötarkoituksiin. Ravinnepitoisimmat tuhkat kannattaa hyödyntää lannoitteina, vähäravinteisemmat tuhkat maarakentamiseen.

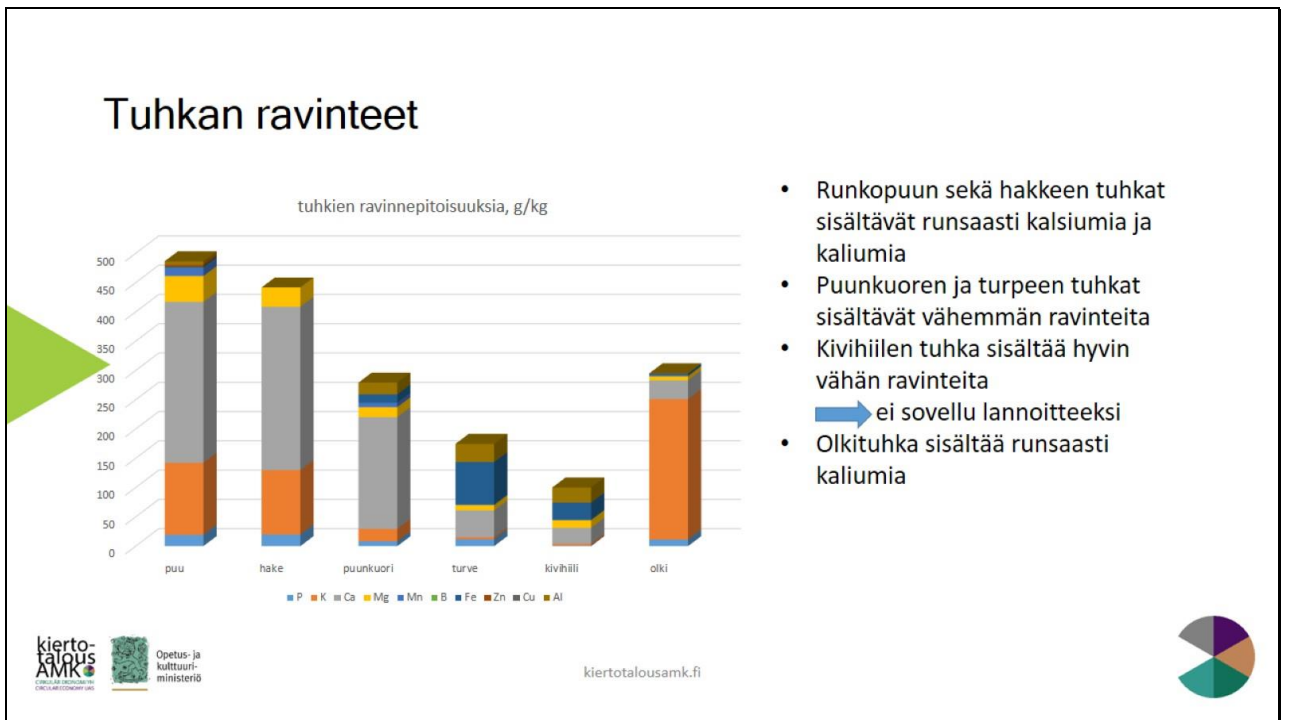
Pohjatuhkaa kuljettimessa veden alla



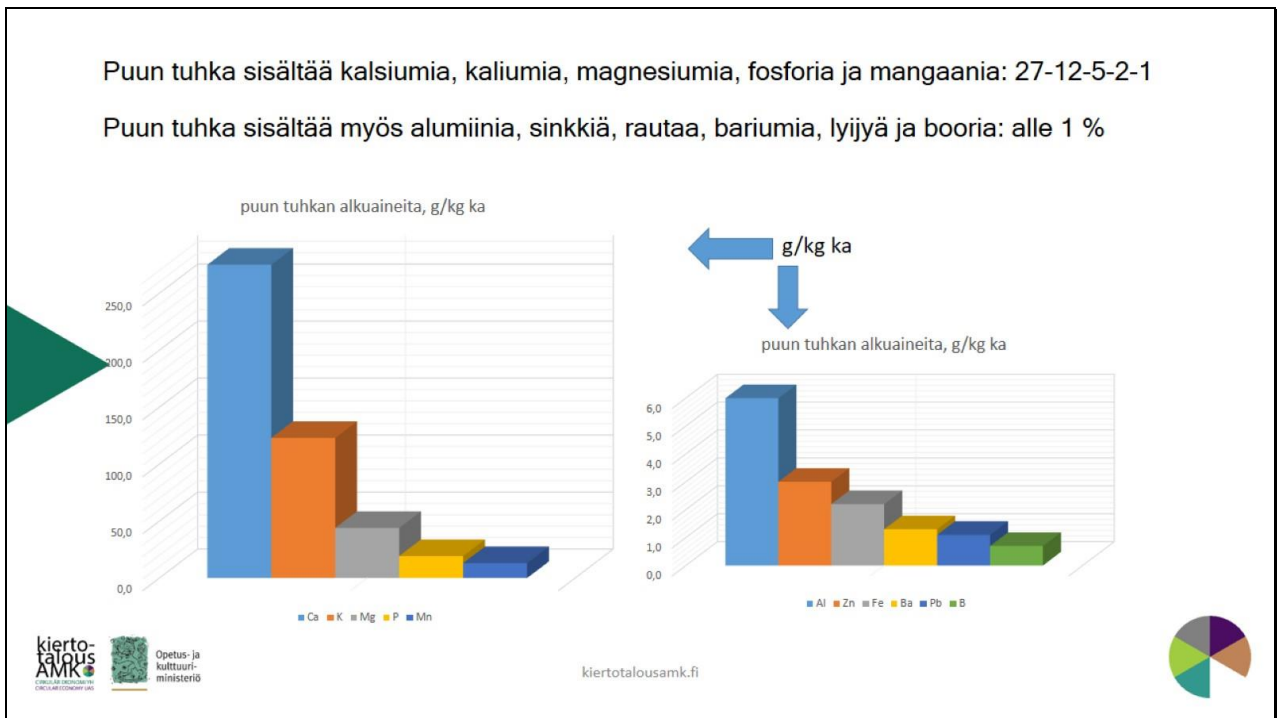
Kuva: Marja Himanka



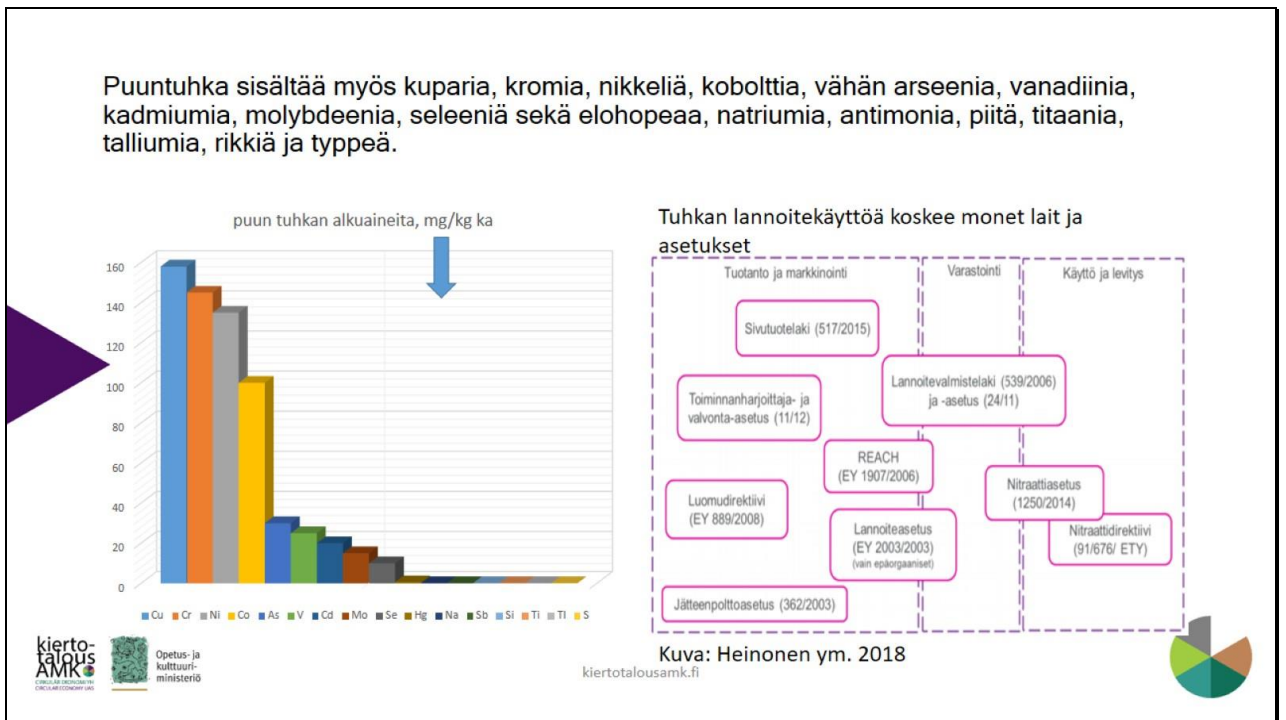
- Erilaisissa polttolaitoksissa tuhkat voidaan ottaa talteen kuivina tai ne voidaan sammuttaa vedellä. Vedellä sammutettu tuhka on koostumukseltaan kuin märkä hiekka.
- Suoraan polttoprosessista tuleva lentotuhka on täysin kuivaa.
- Lentotuhkan kiintotiheys on tyypillisesti 2,3–3,2 tn/m³.
- Pitkään varastoituna vesipitoisuus on 40–60 %.



- Diagrammissa vertaillaan runkopuun, hakkeen, puunkuoren, turpeen, kivihillen ja oljen tuhkan fosfori-, kalium-, kalsium-, magnesium-, mangaani-, boori-, rauta-, sinkki-, kupari- ja alumiinipitoisuuksia.



- Ravinteiksi hyödynnettävien alkuaineiden (kalsium, kalium, magnesium, fosfori ja mangaani) määrä ilmoitetaan g/kg kuiva-ainetta.
- Haitallisten alkuaineiden ja hivenravinteiden määrä ilmoitetaan yleensä mg/kg kuiva-ainetta.
- Kuvan diagrammien pylväät eivät ole keskenään vertailukelpoiset. Niissä kuvataan vain kyseisen diagrammin alkuaineiden määriä, vasemmalla (asteikko 0-270 g/kg ka) Ca, K, Mg, P sekä Mn ja oikealla (asteikko 0-6 g/kg ka) alumiini, sinkki, rauta, bariumi, lyijy sekä boori.



- Tuhkan sisältämien erilaisten alkuaineiden vuoksi sen lannoitekäyttöön liittyviä toimenpiteitä koskevat monet lait ja asetukset.

Tuhkan käyttöä koskevia lakeja ja asetuksia

- Ympäristönsuojelulaki
- Jätelaki
 - Jäte
 - Sivutuote
 - Jätteen luokittelun päätyminen (End-of-Waste)
- Jäteasetus
- Sivutuoteasetus
- Ympäristölupa
- Ilmoitusmenettely
- MARA-asetus
- (Ympäristöministeriö. Jätelain tulkintamuistio)

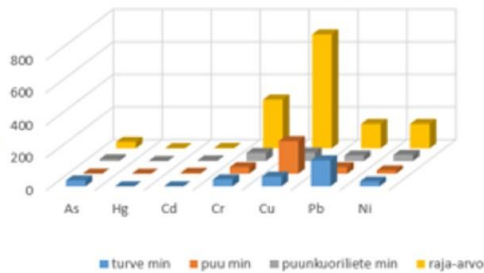
```
graph TD; A["Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA), jos käsittelykapasiteetti ylittää 20 000 t/v (ELY-keskus)"] --> B["Ympäristölupa (AVI) Rakennuslupa (kunta)"]; B --> C["Ilmoitus toiminnan aloittamisesta (EVIRA) - Tyypinimi - Tuoteseloste - Omavalvontasuunnitelma"]; C --> D["Käyttöönottovaihe"]; D --> E["Tuotetta syntyy"]; E --> F["Tuhkalannoitevalmisteen saattaminen markkinoille"];
```

kiertotalousamk.fi Kuva: Heinonen ym. 2018

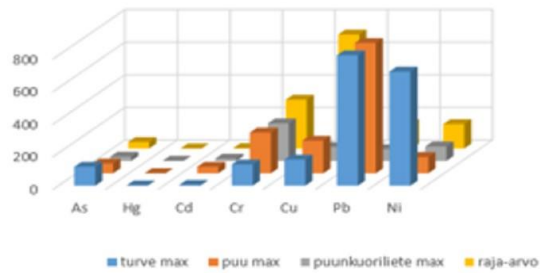
- Oikealla on tuhkalannoitevalmisteen markkinoille saattamisprosessin vaiheita.
- Pienimuotoinen tuhkan rakeistaminen betonimylyssä tai muulla vastaavalla tavalla ei edellytä ympäristölupaa. Luonteeltaan laitospäinen tai ammattimainen tuhkan varastointi ja rakeistaminen tai muu esikäsittely ennen käyttöä lannoitteena on jätteen hyödyntämistä, joka vaatii ympäristöluvan.

Erilaisista tuhista mitattujen haitallisten metallien pitoisuudet vaihtelevat paljon

Tuhissa mitattujen metallipitoisuuksien vertailua raja-arvoihin, mg/kg



Analysoitujen minimiarvojen perusteella turvetuhkan lyijypitoisuus ylittää raja-arvon, muut soveltuvat lannoitekäyttöön.







Analysoitujen maksimiarvojen perusteella ainoastaan puunkuoriilietteen tuhka soveltuu lannoitekäyttöön.



- Diagrammien takarivin keltaiset pylväät kuvaavat lannoitekäyttöön sallitun tuhkan haitallisten metallien korkeinta sallittua arvoa.
- Tuhkien metallipitoisuuksista ilmoitetaan yleensä matalimmat ja korkeimmat analysoidut arvot. Vasemman puoleisen diagrammin pylväät kuvaavat turpeen, puun ja puunkuoriilietteen tuhkien matalimpia arvoja. Oikeanpuoleinen diagrammi kuvaa saman laitoksen tuhkien korkeimpia analysoituja arvoja.

Maa- ja puutarhataloudessa keskimääräinen Cd enimmäiskuormitus saa olla enintään 7,5 g/ha 5 vuoden ajanjaksolla annettuna.
 Lannoitteissa, joiden P-pitoisuus on vähintään 2,2 % saa olla enintään 50 mg Cd:a P-kg kohden.
 → $(Cd(mg/kg\ ka) \times 100) / P(\%)$ esim. $(2,45mg/kg\ ka \times 100) / 13,85 = 17,69\ mg\ Cd/kg\ P$

alkuaine	tuhkalannoitteiden ja niiden raaka-aineiden haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet, mg/kg ka	3500 kg kuivaa tuhkaa voi sisältää	kg		kg
arseeni	40	kalium	252	SINKKI	15
elohopea	1,0	magnesium	107	LYIJY	0,5
kadmium	2,5	fosfori	48	KROMI	1,0
kromi	300	mangaani	4635	ARSEENI	0,14
lyijy	150	boori	1,8	KADMIUM	0,009
nikkeli	150				
sinkki	4500				

- Vasemmanpuoleisessa taulukossa on kansallisessa lannoitevalmisteasetuksessa määritellyt enimmäispitoisuudet tuhkalannoitteille ja niiden raaka-aineissa käytetyille haitallisille aineille.
- Oikeanpuoleisessa taulukossa on 3,5 tn tuhkasta kertyvien hyödyllisten ja haitallisten aineiden määrät.
- Jos kadmiumpitoisuudeltaan juuri sallitun arvon alittavaa tuhkaa käytetään 3,5 tn/ha, enimmäiskuormitus 5 vuoden ajanjaksolla annettuna ylittyy.

Tuhkan käyttö peltolannoitteena

- sisältää monia ravinteita
- pH 9-13
- ei sisällä typpeä, hiiltä ja orgaanista ainesta
- on kuivana voimakkaasti pölyävää
- viljelysuunnittelussa lannoitelaskelmat tehdään kuten väkilannoitteilla

Kosteaa tuhkaa läjitysalueella, etualan tuhka vaaleampaa ja kuivempaa



Kuva: Marja Himanka

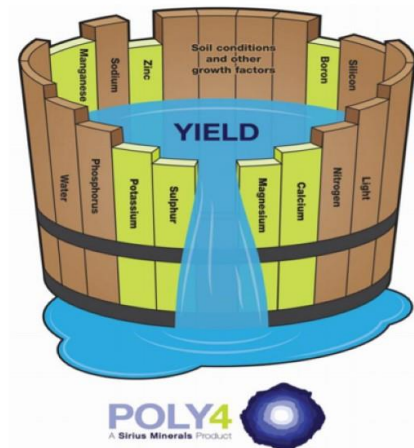


- Kansallisessa lannoitevalmisteita koskevassa asetuksessa säädetään lannoitevalmisteiden tyypeistä, tyyppinimiryhmistä ja tyyppinimikohtaisista vaatimuksista. Tyyppinimikohtainen vaatimus puun ja turpeen tuhkalle muussa kuin metsäkäytössä on, että fosforin ja kaliumin yhteisravinne määrän on oltava vähintään 2 %, kalsiumin 6 % sekä neutraloivan kalsiumin määrän on oltava vähintään 10 %.

Maan kasvukunnon parantaminen ja huolehtiminen eivät tarkoita pelkästään kasvien kasvulle tärkeimpien ravinteiden lisäämistä maahan.

Kaikkia kasvutekijöitä on oltava riittävästi tarjolla.

- Toimiva ojitus
- Hyvä vesitalous
- Sopiva pH
- Riittävä eloperäinen aines
- Tasapainoinen lannoitus sekä pää- että hivenravinne
- Ei tiivistymiä
- Ei haitallisia aineita
- Lannoituksen vaikutus multavuuteen ja kalkitukseen
<https://www.youtube.com/watch?v=EMX6t0VzwJM>



- Kun peltomaan pH on sopiva, maan ravinteet ovat liukoisessa muodossa, parhaiten kasvien saatavissa eivätkä sitoutuneina maahan. Useimmat maaperän alkuaineet ovat sitoutuneina happamassa maassa maahiukkasiin.
- Ravinteiden vajausta voidaan kuvata vanhalla kimpisaavilla, vesi vuotaa siitä kohti, missä on lyhin kimpä. Satoa rajoittaa se ravinne, jota on vähiten tarjolla kasvin tarpeisiin nähden. Pääravinteiden puute jättää sadon pieneksi ja heikentää laatua. Hivenravinteiden tarve on pieni, mutta nekin ovat tärkeitä sadon muodostumiselle.

Maan pH-luvut määritetään viljavuusanalyysissä maalajin ja multavuuden mukaan. Yhden viljavuusluokan muutoksella tarkoitetaan 0,4 pH-yksikön muutosta.

Maan ominaisuus ja maalajiryhmä	Multavuus	VILJAVUUSLUOKKA						
		Huono	Huononlainen	Välttävä	Tyydyttävä	Hyvä	Korkea	Arvel. korkea
Happamuus, pH								
-savimaat	vm	- 5,4	- 5,8	- 6,3	- 6,7	- 7,2	- 7,6	-
	m	- 5,2	- 5,6	- 6,0	- 6,4	- 6,9	- 7,3	-
	rm	- 5,0	- 5,4	- 5,8	- 6,2	- 6,6	- 7,0	-
	erm	- 4,8	- 5,2	- 5,6	- 6,0	- 6,4	- 6,8	-
-karkeat kivennäismaat	vm	- 5,1	- 5,5	- 5,9	- 6,3	- 6,7	- 7,1	-
	m	- 5,0	- 5,4	- 5,8	- 6,2	- 6,6	- 7,0	-
	rm	- 4,9	- 5,3	- 5,7	- 6,1	- 6,5	- 6,9	-
	erm	- 4,7	- 5,1	- 5,5	- 5,9	- 6,3	- 6,7	-
-multamaat		- 4,6	- 5,0	- 5,4	- 5,8	- 6,2	- 6,6	-
-turvemaat		- 4,4	- 4,8	- 5,2	- 5,6	- 6,0	- 6,4	-

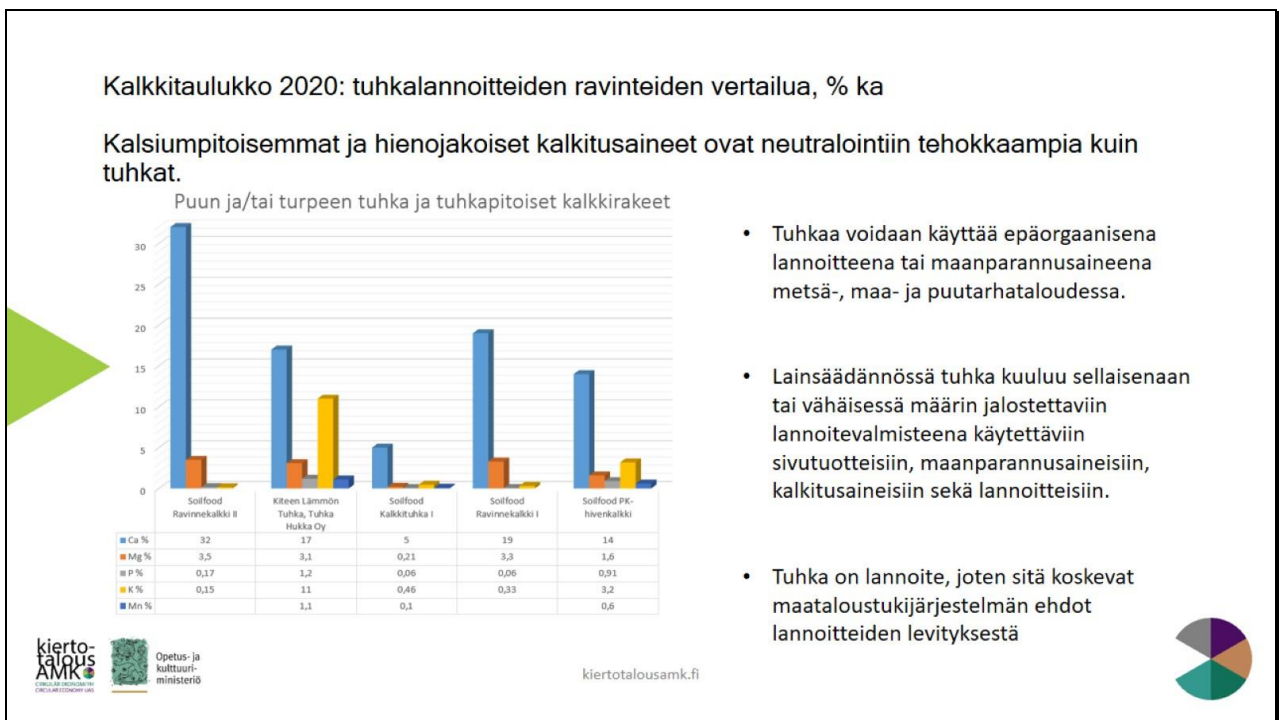
Multavimmat ja eloperäiset maat vaativat enemmän kalkitusainetta happamuuden torjuntaan kuin vähemmän multavat. Esim. multamaalla yhden viljavuusluokan nostoon tarvitaan 9 – 21 tn tuhkapitoista kalkitusainetta (1-21 kosteus-%)

karkea kivennäismaa	savinen kivennäismaa	hietasavi, hiesusavi	aitosavi	multamaa, turvemaata, liejusavi
1,9 - 5,6	2,8 - 6,5	3,7 - 7,4	5,6 - 8,3	9,3
2,7 - 8,2	4,1 - 9,6	5,5 - 11,0	8,2 - 12,4	13,7
3,7 - 11,0	5,5 - 12,9	7,3 - 14,7	11 - 16,5	18,4
4,2 - 12,6	6,3 - 14,7	8,4 - 16,9	12,6 - 19,0	21,1

Kuva: Eurofins. Viljavuusanalyysin tulkinta







- Viljavuusanalyysissä runsasmultaisen karkean kivennäismaan viljavuusluokka on tyydyttävä, kun maan pH on 5,7- 6,1. Turvemaalla viljavuusluokka on tyydyttävä pH:n ollessa 5,2–5,6.
- Oikeanpuoleisessa taulukossa vertaillaan neljän erilaisen kalkitusaineen levitysmääriä eri maalajeille.



- Ravinne-kalkki 2. sisältää runsaasti kalsiumia.
- Ravinne-kalkki 1. ja hivenkalkin kalsiumin määrä on samaa suuruusluokkaa kuin tuhkalla.
- Tuhka sisältää runsaasti enemmän kaliumia kuin vertailussa mukana olevat kalkitusaineet.

Kalkkitaulukko 2020:
Yhden viljavuusluokan kohottamiseen multavalla karkealla kivennäismaalla tarvittavien kalkitusaineiden kustannusvertailua.

Nopeavaikutteinen neutralointikyky %	Kokonais-neutralointikyky %	Hinta lastauspaikalla €/tn	Hinta: kalkitusaine, rahti 100km, levitys	Multavalle karkealle kivennäismaalle t/ha	Viljavuusluokan kohottamisen hinta €/ha
24	36	18,8	35,97	2,8	100,72
16	30	15	35,5	4,1	145,55
33	35	27,5	42,25	1,8	76,05
23	36	18	32	2,9	92,8
16	30	0	20,5	4,1	84,05

- Taulukossa on neljän erilaisen (sekä maksuttoman) kalkitusaineen kustannuksien vertailua.
- Kalkitusaineita, joilla on matala neutralointikyky, tarvitaan enemmän pH:n kohottamiseen. Rahti- ja levityskuluja kertyy enemmän. Viljavuusluokan kohottamisen hinta voi olla korkeampi.
- Tuhkan käytöllä saadaan kalkitusvaikutuksen lisäksi maahan kasveille tärkeitä ravinteita ja hivenravinteita.

Tuhkan maatalouskäyttö käytännössä

Kuiva tuhka (kosteus-% noin 5)

- Kostuu läjitettynä, kutsutaan vanhentamiseksi, itsekovetukseksi tai stabiloinniksi
- Voidaan kostuttaa kuljettimessa
- Levitetään kalkin levityslaitteistolla
 - Levitysmäärä 4-9 tn/ha

Kosteaa tuhka (kosteus-% noin 50)

- Läjitettyinä jäätyy talvella, sulaa kesällä
- Levitetään syksyllä kuivalannan levityslaitteistolla
 - Levitysmäärä 10-20 tn/ha



Kuva: Marja Himanka



- Puutuhka sisältää typpeä lukuun ottamatta puun mukana tulleita ravinteita juuri oikeassa suhteessa metsälannoitteeksi.
- Tuhka sopiikin parhaiten palautettavaksi sinne, mistä poltettava materiaali on peräisin: puuperäiset metsään lannoitteeksi ja turvetuhkat maarakentamiseen.
- Kivihiilen tuhkaa ei voida käyttää lannoitevalmisteena sen poltossa muodostuvien haitta-aineiden vuoksi.
- Peltolannoitukseen tuhkan ravinnemäärät ovat melko matalat, mutta parhaimmillaan monipuoliset.

Tuhkan maatalouskäyttö käytännössä

Lähes täysi kontti kosteaan tuhkaa
lajitustyöalueelle vietäväksi ↓

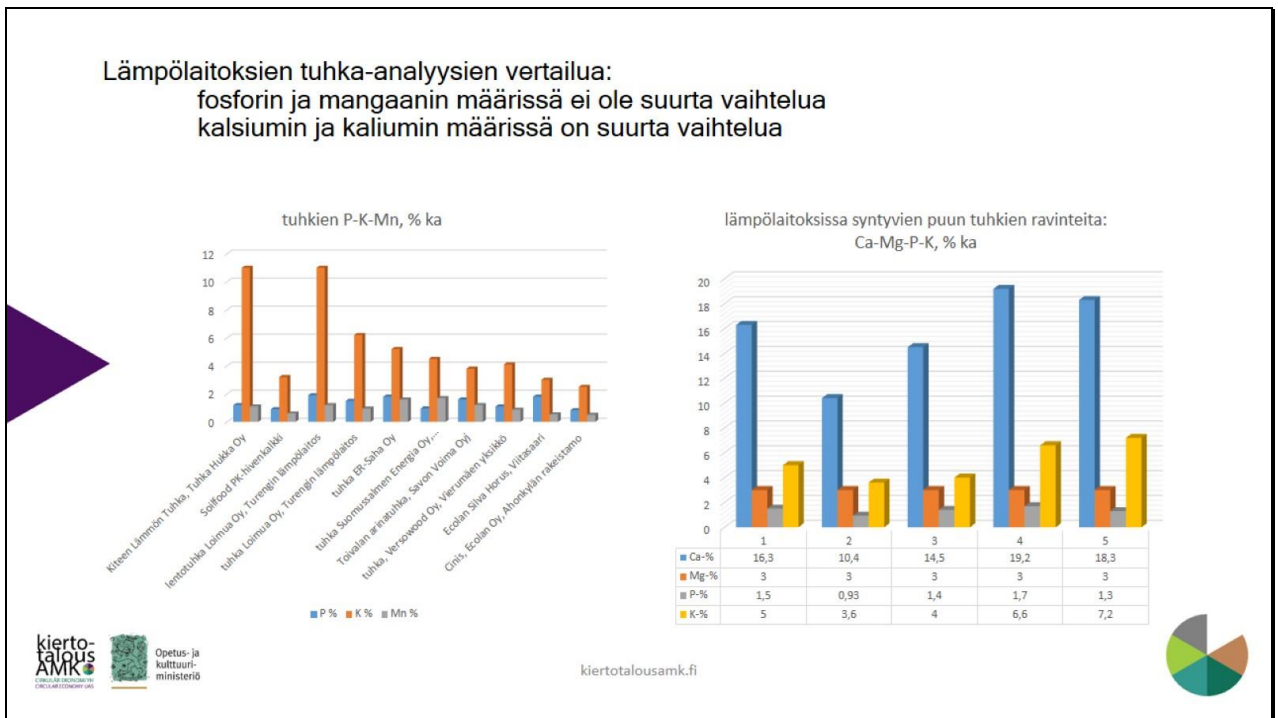


Kuva: Marja Himanka

- Tuhkat lajitellaan lajityöalueelle analyysitulosten perusteella pelto- ja metsäkäyttöön, maarakentamiseen tai jätteeksi
- Fosforista huomioidaan 40 %
- Fosforin yhteismäärä 325 kg/ha/5v
- Kuparin ja sinkin ylitys voidaan sallia, kun maaperäanalyysin perusteella niistä on puutetta
- Levitysmäärään vaikuttavat:
 - Pellon viljavuusluokka
 - Tuhkan neutralointikyky
 - Kosteus-%




- Tuhkaa voidaan hyödyntää myös soran ja hiekan kaltaisena maanrakennuksessa: tuhkan lajityöalueiden pohjissa, väylä- ja kenttärakentamisessa, valleissa sekä teollisuus- ja varistorakennusten pohjarakenteissa sekä teiden pohja- ja pintamateriaaleina.
- Tuhkat kuten muutkin jalostamattomat tai vähän jalostetut kierrätyslaajoneite ja – maanparannusvalmisteet ovat yleensä edullisia.



- Vasemmalla diagrammissa nähdään eri lämpölaitosten tuhkien fosfori-, kalium- ja mangaanipitoisuuksien vertailua.
- Oikealla voidaan vertailla lämpölaitostuhkia, joista on analysoitu kalsium-, magnesium-, fosfori- sekä kaliumpitoisuudet.

Tuhkan käyttö

- Puun ja turpeen tuhkista ns. biotuhkista hyötykäyttöön päätyy 90 %, lannoitukseen on käytetty runsaat 15 %. Lannoitukset kohdistuvat suurilta osin metsien lannoituksiin.
- Kosteaa tuhkaa jäätyy  levitetään yleensä syksyllä
- Kuljetuksen, levityksen ja ravinnepitoisuuksien parantamiseksi kuiva tuhka stabiloidaan itsekovettamalla, pelletoimalla tai granuloimalla. Stabiloinnin peruslähtökohtana on tuhkan kostuttaminen vedellä.
- Tuhkan kostutus voidaan tehdä myös ravinne-rikkailla liemillä kuten biolietteellä.
- Biolietteestä puristetut pelletit/rakeet voidaan kuorruttaa tuhalla.



- Lannoitevalmisteeksi soveltuvasta tuhkasta runsas 1/3 käytettiin metsätaloudessa, vajaa 1/3 muussa kuin lannoitevalmisteena, noin 2/6 maataloudessa, noin 1/6 jatkojalostetaan ja pieni osa viherrakentamiseen.

Maan happamuuden säätöön sopivia maanparannusaineita kutsutaan kalkitusaineiksi - voivat sisältää myös ravinteita

- Voidaan levittää kuivalannan tai kalkin levityslaitteistolla tai keskipakoislevittimillä juuri ennen kevät- tai syyskylvöjä
- Rakeistettuja tuotteita voidaan levittää kylvölannoittimilla
- Vältetään raskasta konetta märällä pellolla – vältetään maan tiivistymistä
- Pellettimäisen kuivarakeen levitys https://www.youtube.com/watch?time_continue=138&v=58wRqKpx2rs&feature=emb_title

Kuivalannan tarkkuuslevitin →



Kuva: Marja Himanka

kiertotalousAMK Opetus- ja kulttuuriministeriö
kiertotalousamk.fi

- Monet lannoitevalmistajat ja tuhkan toimittajat tarjoavat tuotteelleen sopivia levitys- ja kuljetuspalveluja.
- Suurin osa kustannuksista voi syntyä kuljetuksesta ja levityksestä.

Tehtäviä:

Perustele lyhyesti kiertotalouden näkökulmasta tuotantoeläimien lannan haasteet ja mahdollisuudet maatalouskäytössä.

Mihin perustuu tuhkan lannoite- ja maanparannusvaikutus?

Miksi tuhka kannattaa esim. rakeistaa (pelletoida tai granuloida)?

Perustele lyhyesti tuhkan hyödyntämisen haasteet ja edut

- a) polttolaitoksen
- b) tuhkaa käyttävän maatalan näkökulmasta.

Perustele, miksi tuhka olisi (tai ei) hyvä lannoite

- a) maalle, missä matala pH.
- b) maalle, missä matala kalium.
- c) lypsykarjatilalle, jossa vähän lannanlevitysalaa.
- d) kasvinviljelytilalle



T1

Lähteet:

Alm, M 2019. Uusiutuva energia – kohti vähähiilistä yhteiskuntaa. Toimialaraportti. Työ- ja elinkeinoministeriö http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161928/TEM_2019_65.pdf

Baylynx <https://baylynx.co.uk/education/why-use-fly-ash-and-slag-in-concrete/>

Biomassa-atlas. <https://www.luke.fi/biomassa-atlas/biomassojen-kuvaukset/tuhka/>

Castell-Rudenhause, M., Grönroos, K., Iho, A., Kauppila, J., Koikkalainen, K., Koskiaho, J., Laine-Ylijoki, J., Lantto, R., Lehtonen, E., Luostarinen, S., Marttinen, S., Oasmaa, A., Rasa, K., Sarvi, M., Tampio, E., Turtola, E., Valve, H., Venelampi, O. & Ylivainio, K. 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa. Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus.

https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540214/luke-luobio_45_2017.pdf?sequence=12&isAllowed=y

Eurofins <https://www.eurofins.fi/agro/analyysit/viljavuustutkimukset-maasta/>

Heinonen, S., Rahtola, M., Tampio, E., Vainio, M. & Virkkunen, E. 2018. Opas kierrätyslannoite-valmisteiden tuottajille. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542240/luke-luobio_37_2018_2X.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Huotari, N. 2012. Tuhkan käyttö metsälannoitteena. Metla. <http://www.metla.fi/julkaisut/isbn/978-951-40-2371-2/tuhkan-kaytto-metsalannoitteena.pdf>

kierto-
talous
AMK



Opetus- ja
kulttuuri-
ministeriö

kiertotalousamk.fi



Lähteet:

Isännäinen, S., Huotari, H. & Mursunen, H. 1997. Lentotuhkan itsekovetus. Metsätehon raportti 030.
<http://www.metsateho.fi/lentotuhkan-itsekovetus/>

Maatalouden ravinteet hyötykäyttöön <https://uutiskirje.luke.fi/archive/show/3290872>

Laine-Ylijoki, J., Mäkelä, E., Peltola, K., Pihlajaniemi, M. & Wahlström, M. 2002. Seospolton tuhkien koostumus ympäristölaadunvarmistusjärjestelmä. VTT.
<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2002/T2141.pdf>

Luke 2020. Puunenergiäkäyttö jatko kasvuun 2019 <https://www.luke.fi/uutinen/puun-energiakaytto-jatkoi-kasvuun-2019/>

Ojala, E. 2010. Selvitys puu- ja turvetuhkan lannoite- sekä muusta hyötykäytöstä
https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/selvitys_puu-ja_turvetuhkan_lannoite_seka_muusta_hyotykaytosta_energiateollisuus_2010.pdf

Ympäristöministeriö 2019. Jätelain eräiden säännösten tulkintalinjauksia. Muistio 19.12.2014.
https://www.ymparisto.fi/fi-fi/ymparisto/lainsaadanto_ja_ohjeet/jatelainsaadanto/ohjeet_ja_oppaat

