

BIPOHJAISEN LENTOTUHKAN HYÖTYKÄYTTÖ LANNOITTEENA

Erotustekniikan tutkimuskeskus -hankkeen
loppuraportti

Anne Gango & Eveliina Kuokkanen



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Anne Gango & Eveliina Kuokkanen

BIPOHJAISEN LENTOTUHKAN HYÖTYKÄYTTÖ LANNOITTEENA

Erotustekniikan tutkimuskeskus -hankkeen
loppuraportti



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

KYMEN
LAAKSON
LIITTO



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu



XAMK KEHITTÄÄ 45

KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU
KOTKA 2018

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu
Kannen kuva: Toni Väkiparta, Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Taitto- ja paino: Grano Oy
ISBN: 978-952-344-091-3 (nid.)
ISBN: 978-952-344-092-0 (PDF)
ISSN: 2489-2467 (nid.)
ISSN 2489-3102 (verkkójulkaisu)
julkaisut@xamk.fi

LUKIJALLE

Kiertotalous, jonka keskiössä on jo tuotettujen materiaalien hyödyntäminen ennen uusien raaka-aineiden käyttöönottoa, on nostettu entistä useammin esille viime vuosien aikana. Juha Sipilän hallitus on määritellyt tavoitteen, jonka mukaan Suomi nousee bio- ja kiertotalouden edelläkävijäksi vuoteen 2025 mennessä. Biopolttoainetta käyttävän voimalaitoksen lentotuhkan sisältämien ravinteiden hyödyntäminen lannoitteessa on erinomainen kiertotalouden esimerkki, jossa käytetään jo tuotettuja materiaaleja ja sitä kautta vähennetään neitseellisten raaka-aineiden käyttöönottoa.

Jotta lentotuhkaa voidaan hyödyntää osana lannoitetta, täytyy sekä voimalaitoksella käytettävän raaka-aineen että tuhkan kemiallisten ominaisuuksien vastata lainsäädännön määrityksiä. Tässä raportissa esitetään lannoitelainsäädännön asettamia vaatimuksia tuhkaa hyödyntävälle lannoitteelle, esitetään lentotuhkan ominaisuuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä sekä selvitetään kierrätyslannoitteiden tuomia haasteita ja mahdollisuuksia.

Tämä julkaisu tehtiin osana Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (Xamk) hallinnoiman hankkeen Erotustekniikan tutkimuskeskus – ET selvitys- ja kehitystyötä. Hankkeessa Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoululla työskentelivät projektipäällikkö, DI Anne Gango, tutkimus-insinööri, DI Eveliina Kuokkanen ja laboratoriomekaanikko Esa Huuh-tanen. Osatoteuttajana toimi Kotkan-Haminan seudun kehittämissyhtiö Cursor Oy, jossa hankkeessa työskenteli projektipäällikkö Jari Järvinen. Hanke sai rahoitusta Euroopan aluekehitysrahastolta (EAKR 2014–2020) sekä Kotkan-Haminan seudun kehittämissyhtiö Cursor Oy:ltä. Hanke toteutettiin ajalla 1.6.2016–31.7.2018.

Hanketyön etenemistä ohjasi ja valvoi ohjausryhmä, johon kuuluivat toimitusjohtaja Hannu Tukiainen Ecolan Oy:stä, vs. aluekehitysjohtaja Riitta Kallström Kymenlaakson Liitosta, toimitusjohtaja Jari Hämäläinen Kotkan Konepaja Oy:stä, ohjelmapäällikkö Sauli Kivikunnas Cursor Oy:stä, palvelujohtaja Jouni Eho Cursor Oy:stä, toimitusjohtaja Jari Järvinen BioA Oy:stä (aiemmin projektipäällikkö Cursor Oy:stä), tutkimusjohtaja Lasse Pulkkinen Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulusta, painoalapäällikkö Juhani Talvela Kymenlaakson Ammattikorkeakoulusta ja projektipäällikkö Anne Gango Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulusta.

Tekijät kiittävät hankkeen rahoittajia kehittämistyön mahdollistamisesta sekä hankkeen ohjausryhmän jäseniä ja hankkeeseen osallistuneita yrityksiä erittäin aktiivisesta osallistumisesta hanketyöhön. Kiitämme myös Lappeenrannan teknillisen yliopiston laboratorioteknikkoa Toni Väkipartaa julkaisussa olevista SEM-kuvista ja niiden yhteydessä tehdyistä EDS-analyyseistä.

Kotkassa 4.6.2018

Tekijät

KIRJOITTAJAT

ANNE GANGO, DI, projektipäällikkö
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

EVELIINA KUOKKANEN, DI, tutkimus-insinööri
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

SISÄLTÖ

LUKIJALLE.....	3
KIRJOITTAJAT.....	5
EROTUSTEKNIIKAN TUTKIMUSKESKUS -HANKE.....	6
BIOTUHKA – MUODOSTUMINEN, KOOSTUMUS JA VERTAILU.....	7
LANNOITELAINSÄÄDÄNTÖ.....	13
LANNOITTEET JA KIERRÄTYSLANNOITTEET MAATALOUDESSA SEKÄ BIOTUHKAN LANNOITENÄKÖKULMA.....	15
TUHKA KIERTOTALOUDESSA -SEMINAARI.....	19
YHTEENVETO	24
LÄHTEET.....	25

EROTUSTEKNIIKAN TUTKIMUSKESKUS -HANKE

Erotustekniikan tutkimuskeskus – ET -hanke pohjautuu tarpeeseen saada voimalaitosten lentotuhkien sisältämät ravinteet hyötykäyttöön. Suomen lannoitelainsäädäntö mahdollistaa ravinnepitoisen puun, turpeen ja peltobiomassan tuhkan hyödyntämisen tuhkalannoitteena. Tutkiessaan tuhkan hyödyntämismahdollisuuksia Erotustekniikan tutkimuskeskus -hanke vastaa osaltaan hallitusohjelmassa olevaan Suomen tavoitteeseen toimia ravinteiden kierrätyksen mallimaana.

Voimalaitokselta tuleva lentotuhka sisältää polttoaineesta lähtöisin olevia raskasmetalleja. Näiden raskasmetallien määrä on syytä vähentää mahdollisimman pieneksi, jotta tuhkaa voidaan käyttää lannoitteena. Tuhkan puhdistamisen minimivaatimuksena on lannoitelainsäädännön asettama taso. Hankkeen aikana haitallisten raskasmetallien määrät tutkittiin ja niitä pyrittiin vähentämään erotusajoissa. Kyseisissä kokeissa voimalaitoksen lentotuhkaa eroteltiin kahteen eri kokoluokkaan – hienompaan ja karkeampaan. Erotteluajojen avulla saatiin tuhkan hyötykäyttöön tulevan jakeen raskasmetallipitoisuutta pienennettyä ja osa tuhkista, lähtötuhkan puhtausasteesta riippuen, puhdistettua lannoitevalmisteelta vaadittavalle tasolle.

Kotkan-Haminan seudun kehittämissyhtiö Cursor on kehittänyt ravinteiden kierrättämiseen BioA-konseptin. Konsepti mahdollistaa mädätteestä, lisäravinteista ja lentotuhkasta valmistettavan laadukkaan ja ravinnepitoisen lannoitteen tuomisen markkinoille. Erotustekniikan tutkimuskeskus -hankkeen aikana käsiteltiin useiden eri voimalaitosten tuhkia ja pyrittiin tuottamaan BioA-konseptin mukaiseen peltolannoitteeseen soveltuva puhdistettu tuhkakajae.

BIOTUHKA – MUODOSTUMINEN, KOOSTUMUS JA VERTAILU

BIOTUHKA JA SEN MUODOSTUMINEN

Suomen energiatuotannossa syntyy vuosittain noin 1,5 miljoonaa tonnia tuhkaa. Näistä biotuhkaksi määriteltäviä bioperäisen materiaalin, kuten puun ja turpeen, polton yhteydessä syntyvä tuhkia on yli 500 000 tonnia vuodessa. Poltossa syntyvä tuhkia jaetaan pohja- ja lentotuhkaan. Pohjatuhka jää polttokattilaan lentotuhkan siirtyessä savukaasujen mukana savukaasujen puhdistukseen. Poltossa syntyvän tuhkan koostumukseen vaikuttavat monet tekijät, kuten polttotekniikka, savukaasujen puhdistustapa ja polttoaineen koostumus (Rai-ko ym. 2002, 273; Tuhkarakentamisen käsikirja 2012, 8). Erotustekniikan tutkimuskeskus-hankkeessa paneudutaan bioperäisen ja kuivan lentotuhkan käsittelyyn, joihin myös tässä julkaisussa keskitytään.

Poltossa käytetään yleisimmin arina- ja leijukerrostekniikkaan perustuvaa kattilaa. Arina-kattilassa polttoaine poltetaan nimensä mukaisesti arinalla. Arinatyypppejä on erilaisia ja niiden valintaa ohjaa tyypillisesti kattilan teho. Liikkuvaa arinaa hyödynnetään teholtaan suuremmissa kattiloissa, kun taas pienempiin soveltuu kiinteä arina. Leijukerrostekniikkaa edustavat kerrosleijukattilat ja kiertoleiju- eli kiertopetikattilat. Näissä kattiloissa polttoaine syötetään ilman avulla leijumaan saatetun hiekan sekaan. (Huhtinen ym. 2011, 35–37.)

Tuhkarakentamisen käsikirjan (2012, 9) koosteen mukaan arinapoltoissa lentotuhkan osuus on 5–40 % ja pohjatuhkan osuus vastaavasti 60–95 %. Käsikirjan mukaan leijukerros-poltoissa lentotuhkan osuus on arinapoltoa selvästi suurempi, 80–100 %, jolloin pohjatuhkaa muodostuu vain 0–20 %.

Poltossa syntyvän savukaasun puhdistaminen lentotuhkasta voidaan suorittaa esimerkiksi sähkösuodattimilla ja letkusuodattimilla. Kyseessä olevilla puhdistusmenetelmillä lentotuhka on mahdollista saada talteen kuivana, mikä on monessa tapauksessa oleellista tuhkan jatkohyödyntämisen kannalta.

Sähkösuodattimessa lentotuhkan erottelu savukaasusta perustuu sähkövarauksen hyödyntämiseen. Negatiivisesti varautuneet ionit kiinnittyvät tuhkapartikkeleihin muuttaen samalla partikkelit negatiivisesti varautuneiksi. Nämä hiukkaset kiinnittyvät varauksen avulla erotuselektrodille, josta ne saadaan kerättyä talteen erotuskyvyn ollessa yli 99 %. (Pihkala 2011, 79–80.) Sähkösuodattimen pienhiukkasten (\varnothing 0,1–1 μ m) erotustehokkuus on tätä pienempi, 90–99 % (Jokiniemi, 2004, 21).

Letkusuodattimessa savukaasu virtaa systeemissä alhaalta ylös, minkä aikana lentotuhka kiinnittyy suodattimen letkujen sisäpinnoille. Letkuihin tarttunut lentotuhka saadaan talteen alapuolella olevaan säilöön esimerkiksi letkuja ravistamalla. (Pihkala 2011, 77–78.) Letkusuodattimen hiukkastenerottelukyky perustuu letkun ominaisuuksien sijasta letkun pintaan kertyvän pölykerroksen aikaansaamaan tehokkaaseen suodatuskerrokseen (Cooper 1994, 181). Letkusuodattimella päästään yli 99 % pienhiukkasten erotustehokkuuteen. (Jokiniemi 2004, 21).

Polttoaineen koostumus vaikuttaa muodostuvan tuhkan koostumukseen. Esimerkiksi puun poltosta muodostuva tuhka sisältää alkuaineita eri suhteessa turpeen poltosta muodostuvaan tuhkaan nähden. (Raiko ym. 2002, 271) Vastaavasti puun ja turpeen yhteispoltoissa sekä seossuhteiden muuttuessa muodostuvan tuhkan koostumus on erilainen.

EROTUSTEKNIIKAN TUTKIMUSKESKUS -HANKKEEN SEKÄ PUU- JA TURVETUHKAN KOOSTUMUS

Puun tuhka koostuu suurelta osin alkalimetalleista (natrium ja kalium) ja maa-alkalimetalleista (kalsium ja magnesium). Etenkin kalsiumin osuus on merkittävä. Lisäksi puun tuhkassa on muun muassa fosforia ja piitä. Turpeen tuhkissa esiintyy merkittävästi piitä, alumiinia ja rautaa ja joissain määrin natriumia, kaliumia, kalsiumia ja magnesiumia. (Raiko ym. 2002, 270–271.) Tuhkat sisältävät myös metalleja, joiden pitoisuudet voivat vaikeuttaa tuhkien jatkoohjodyntämistä. Korpijärven ym. (2009, 17) koostamissa tiedoissa esitetään eri metallien pitoisuusalueita turpeen ja puun polton lentotuhkalle sekä pelkän puun tuhkalle. Esimerkiksi kadmiumpitoisuus turpeen ja puun lentotuhkalla vaihtelee koosteen mukaan välillä 0,5–5 mg/kg ja puun tuhkalla vastaavasti 6–40 mg/kg välillä. Kadmiumpitoisuus puun tuhkassa ylittää osin Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa (MMM 24/11 2011) esitetyt haitallisten metallien sallitut enimmäispitoisuudet maatalouskäytön osalta (asiaa on käsitelty kappaleessa Lannoitelainsäädäntö). Koosteen mukaan turpeen ja puun lentotuhkassa on arseenia 30–120 mg/kg ja vastaavasti puun tuhkassa 1–60 mg/kg.

Raiko ym. (2002, 271) esittää eri puulajien ja niiden kuorien tuhkien alkuainepitoisuuksia oksidimuodossa painoprosentteina (kooste taulukossa 1). Esimerkiksi koivun tuhkan P_2O_5 -pitoisuus (fosforipentoksidipitoisuus) 3,5 m-% on lähellä koivun kuoren tuhkan P_2O_5 -pitoisuutta, 3,0 m-%. Vastaavasti K_2O -pitoisuus (kaliumoksidipitoisuus) koivun tuhkalla on 15,1 m-% koivunkuoren tuhkan pitoisuuden ollessa 4,1 m-%. Esitetyt arvot ovat lähteen mukaan viitteellisiä, mutta niistä voidaan kuitenkin nähdä myös selviä oksidipitoisuuksien vaihteluvälejä puulajien ja niiden kuorien tuhkien koostumusten välillä. Kun vertailuun lisätään turpeen tuhkien P_2O_5 - ja K_2O -pitoisuudet, huomataan niiden olevan pienempiä esitettyihin puiden tuhkien ja puiden kuorien tuhkien vastaaviin pitoisuuksiin verrattuna.

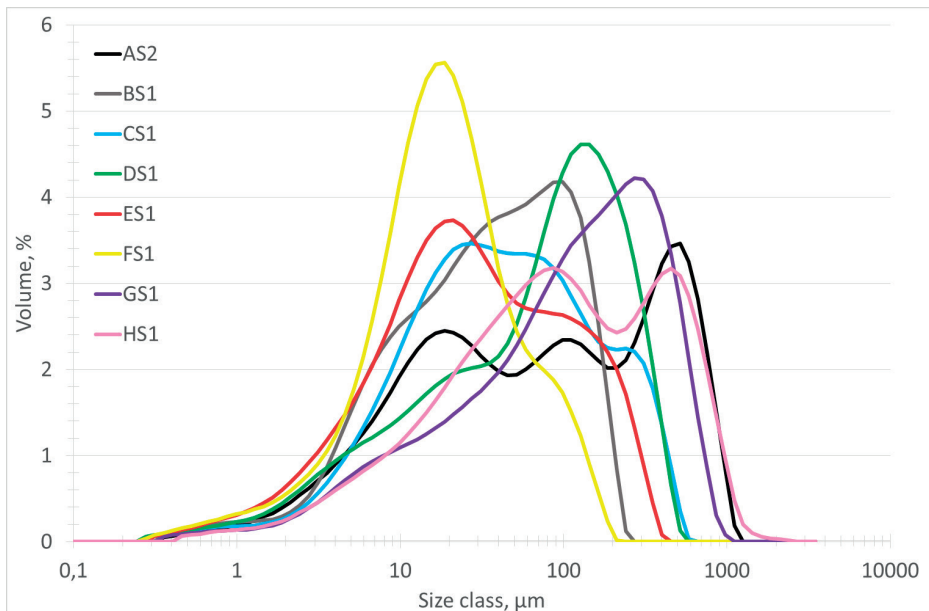
Erotustekniikan tutkimuskeskus -hankkeessa on analysoitu hankkeelle toimitettujen, käsittelemättömien lentotuhkien oksidipitoisuuksia (massaprosentteina). Käytetyt analyysimenetelmät ovat ASTM C1301-95 ja CEN ENV 955-4:1997. Näytteet on esikäsitelty litiumtetraboraatilla. Taulukkoon 1 on koottu saaduista tuloksista P₂O₅-, K₂O-, CaO- ja MgO-pitoisuudet kolmen voimalaitoksen tuhista (A, B ja C). A- ja B-tuhkat ovat pääosin puuperäisen polttoaineen poltosta, C-tuhkassa on lisäksi muun muassa turpeen tuhkaa. Suuntaa antavan vertailun vuoksi taulukossa esitetään lisäksi Raiko ym. esittämät pitoisuudet puiden (koivu, mänty ja kuusi) tuhille ja puiden kuorien tuhille sekä turpeiden tuhille. Taulukosta voi nähdä, että A-, B- ja C-tuhkien P₂O₅-tulokset ovat lähellä puiden, kuorien ja turpeen tuhkien vastaavia tuloksia. A-, B- ja C-tuhkien K₂O-tulokset ovat lähellä puiden kuorien tuhkien vastaavia pitoisuuksia. A-, B- ja C-tuhkien CaO-pitoisuudet jäävät selvästi alle puiden ja niiden kuorien tuhkien CaO-pitoisuuksia. Turpeen tuhkissa CaO-pitoisuus oli joko lähellä hankkeessa tutkittujen tuhkien pitoisuuksia tai selvästi niitä pienempiä. A-, B- ja C-tuhkien MgO-pitoisuudet olivat lähinnä kuorien ja turpeiden tuhkien vastaavia pitoisuuksia. Vertailusta voidaan päätellä, että tarkkoja alkuainepitoisuustietoja varten tarvitaan tuhkakokohtaiset laboratorioanalyysit. Tarve korostuu entisestään, jos tuhka sisältää kahta tai useampaa polttoainelähdettä.

Taulukko 1. Tuhkien alkuaineiden oksidituloksia massaprosentteina.

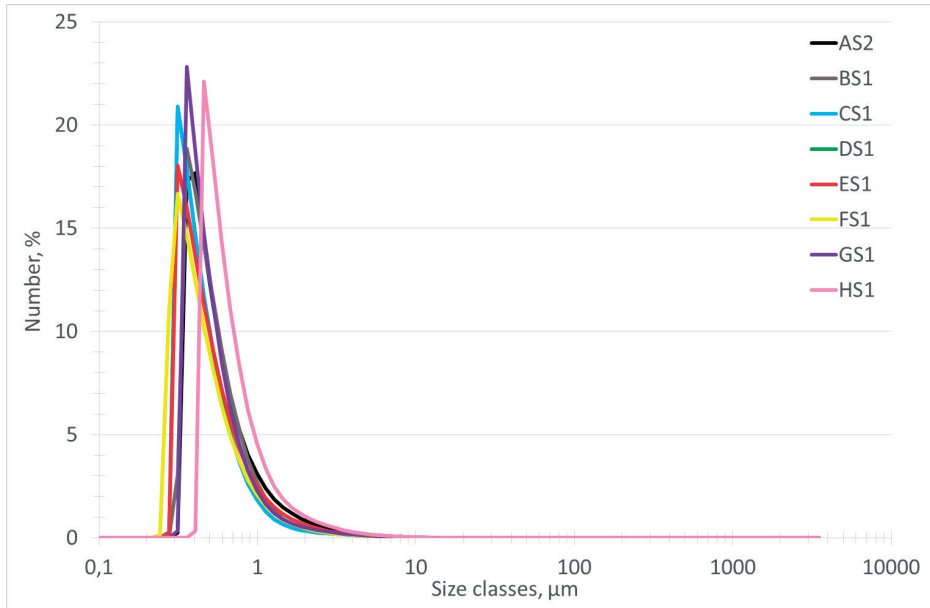
Nimike	Tarkennus	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Lähde
A	Pääosin puuperäisen polttoaineen lentotuhkaa	3,0	4,6	25,6	2,8	ET-hankkeen tulokset
B	Pääosin puuperäisen polttoaineen lentotuhkaa	2,9	7,1	17,1	3,1	
C	Pääosin puuperäisen polttoaineen ja turpeen lentotuhkaa	1,5	3,5	16,6	3,6	
Turpeet	Ei tarkennusta	Ei tulosta	2,0	21,1	6,0	Kooste Raiko ym. 2002. 271
	Ei tarkennusta	2,2	0,7	4,7	0,7	
	Ei tarkennusta	1,6	2,0	4,4	1,4	
Puut	Koivu	3,5	15,1	45,8	11,6	
	Mänty	2,7	15,3	41,8	16,1	
	Kuusi	2,7	29,6	36,8	9,8	
Kuoret	Koivu	3,0	4,1	60,3	5,9	
	Mänty	2,7	3,4	40,0	5,1	
	Kuusi	2,7	3,5	50,5	4,2	

LENTOTUHKAN PARTIKKELIKOKO

Lentotuhkan kemialliseen ja fysikaaliseen koostumukseen vaikuttavat muun muassa käytetävän polttoaineen koostumus ja laatu, voimalaitoksen kattilatyyppe, kattilan kunto, polton parametrit ja tuhkan talteenottomenetelmä. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty eräiden hankkeessa tutkittujen voimalaitosten lentotuhkien partikkelikokojakaumat ja taulukossa 2 ja 3 niiden kokoluokat. Kuvista ja taulukoista nähdään, että eri voimalaitosten lentotuhkien partikkelikokojakaumat ovat hyvin erilaiset. Kuvassa 1 ja 2 on esitettyä samojen analyysien tulokset; ensimmäisessä kuvassa tulokset on esitettyä tilavuusjakauman suhteen, toisessa lukumääräjakauman. Kuten kuvasta 2 nähdään, suurin osa yksittäisistä partikkeleista on kokoluokassa alle 1 μ m.



Kuva 1. Tuhkanäytteiden partikkelien tilavuusjakauma. Analyysit on tehty Mastersizer 3000-laitteella vedessä sekoitusnopeuden ollessa 2500 rpm. Tulos on viiden peräkkäisen analyysin keskiarvo.



Kuva 2. Tuhkanäytteiden partikkelien lukumääräjakauma. Analyysit on tehty Mastersizer 3000-laitteella vedessä sekoitusnopeuden ollessa 2500 rpm. Tulos on viiden peräkkäisen analyysin keskiarvo.

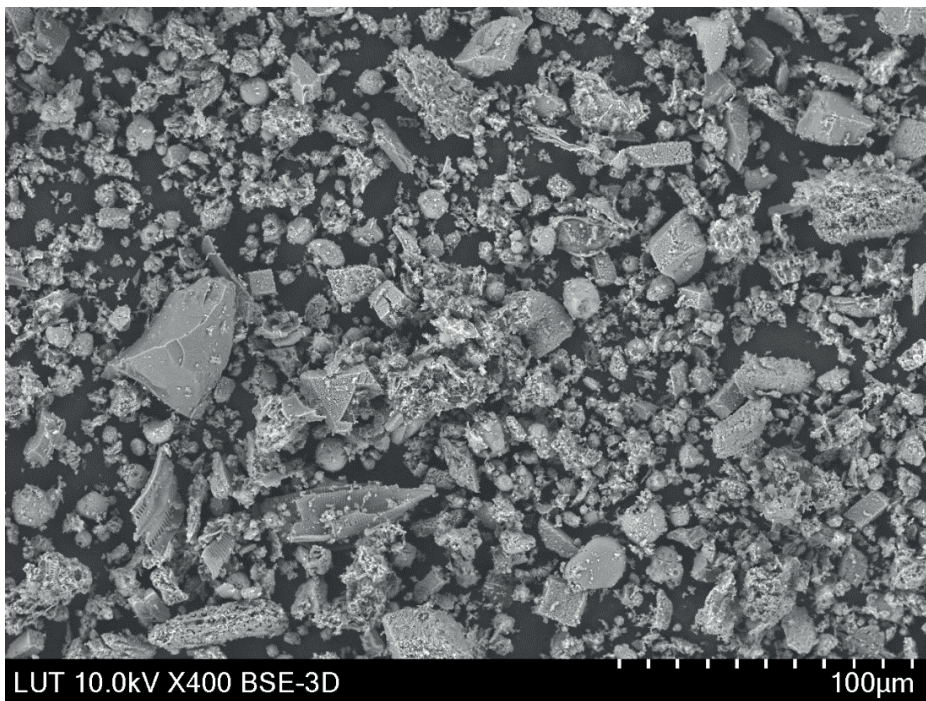
Taulukko 2. Tuhkanäytteiden partikkelien kokoluokat, tulokset tilavuusjakaumasta. Analyysit on tehty Mastersizer 3000-laitteella vedessä sekoitusnopeuden ollessa 2500 rpm. Tulos on viiden peräkkäisen analyysin keskiarvo.

Voimalaitoksen lentotuhkanäyte								
[μm]	AS2	BS1	CS1	DS1	ES1	FS1	GS1	HS1
Dx(10)	6,75	6,08	7,28	6,10	4,55	4,85	10,1	10,5
Dx(50)	79,0	37,5	43,1	82,2	28,1	19,2	128	98,8
Dx(90)	605	136	253	274	173	76,3	470	603
D(4;3)	203	55,9	88,6	113	60,8	31,0	191	216
D(3;2)	15,0	12,1	13,6	13,0	9,72	8,70	20,3	21,4
D(1;0)	0,741	0,682	0,591	0,541	0,654	0,598	0,654	0,881
Mode	523	99,0	29,0	143	21,5	18,8	304	91,1

Taulukko 3. Tuhkanäytteiden partikkelien kokoluokat, tulokset lukumääräjakaumasta. Analyysit on tehty Mastersizer 3000-laitteella vedessä sekoitusnopeuden ollessa 2500 rpm. Tulos on viiden peräkkäisen analyysin keskiarvo.

Voimalaitoksen lentotuhkanäyte								
[μm]	AS2	BS1	CS1	DS1	ES1	FS1	GS1	HS1
Dx(10)	0,383	0,374	0,333	0,294	0,336	0,310	0,377	0,487
Dx(50)	0,527	0,510	0,446	0,400	0,471	0,437	0,494	0,646
Dx(90)	1,20	1,01	0,868	0,849	1,05	0,932	0,969	1,37
Mode	0,411	0,399	0,351	0,309	0,352	0,345	0,397	0,513

Kuvassa 3 on esitetty erään ET-hankkeen biopohjaisen lentotuhkan SEM-kuva (Scanning Electron Microscope -kuva). Kuvasta voi nähdä, että lentotuhka koostuu erikokoisista ja -muotoisista partikkeleista. Biopohjaisen lentotuhkan partikkelit eroavat kivihiilen lentotuhkasta, joka koostuu pallomaisista ja neulasmaisista partikkeleista (Mäkelä ym. 1998, 13).



Kuva 3. Erotustekniikan tutkimuskeskus -hankkeen pääkuva on SEM-kuva bioperäisestä lentotuhkasta (kuva Toni Väkiparta/LUT).

LANNOITELAINSÄÄDÄNTÖ

LANNOITELAINSÄÄDÄNTÖ JA BIOA-KONSEPTIN MUKAINEN KIERRÄTYSLANNOITE

Lannoitevalmistelaki 539/2006, Maa- ja metsätalousministeriön (MMM) asetus lannoitevalmisteista 24/11 sekä MMM:n asetus lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta 11/12 ovat merkittäviä osia kansallisessa lannoitelainsäädännössä, joissa esitetään vaatimuksia eri tarkoituksiin käytettäville lannoitevalmisteille ja niiden tuotannolle. Lainsäädännön tarkoituksena on huolehtia lannoitteiden turvallisesta ja tarkoituksenmukaisesta käytöstä. Asetuksessa (24/11) esitetään muun muassa raja-arvot lannoitteiden haitallisten metallien pitoisuuksille. (Lannoitevalmisteet s.a.)

Suomessa käytettävien lannoitteiden tulee kuulua valmiiksi määriteltyihin lannoitetyyppeihin, jotka on esitetty kansallisessa lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelossa tai lannoitetyyppien luettelossa (Asetus (EY) lannoitteista 2003/2003, liite 1 2003; Lannoitevalmisteet). Uusille, luetteloihin kuulumattomille lannoitevalmisteille on mahdollista hakea luokitusta kansalliseen tyyppinimiluetteloon Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran kautta (Lannoitevalmisteiden kansallinen... s.a.).

Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran ylläpitämässä kansallisessa lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelon kohdassa 1C1 on määritelty orgaaniset kivennäislannoitteet. Kyseisen kohdan tyyppinimi numero 2, orgaaninen kivennäislannoite, vastaa BioA-konseptin mukaista kierrätyslannoitetta. Orgaanisessa kivennäislannoitteessa on nimensä mukaisesti orgaaninen sekä epäorgaaninen osuus. Vastaavasti luettelon kohdassa 1A7 on määritelty tuhkalannoitteet. Tämä kohta käsittää joko puun ja turpeen tuhkan tai eläinperäisen tuhkan. (Eviran määräys... 2016, 8, 15)

HAITALLISTEN METALLIEN ENIMMÄSPITOISUUDET LANNOITEVALMISTEISSA

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen lannoitevalmisteista 24/11 liitteen IV kohdassa A esitetään pelto- ja metsälannoitevalmisteiden haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet arsenin, elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin, lyijyn, nikkelin ja sinkin osalta (kuva 4). Peltolannoitteina käytettäville orgaanisille kivennäislannoitteille hyödynnetään kuvan ensimmäisen sarakkeen enimmäispitoisuuksia. Kuvan selitteen kohdasta 2 nähdään, että kadmiumin enimmäispitoisuus pelkälle tuhkalannoitteelle on korkeampi, 2,5 mg/kg ka (kuiva-aine). Orgaaniselle kivennäislannoitteelle kadmiumipitoisuus vastaavasti on taulukon mukaisesti 1,5 mg/kg ka.

Alkuaine	Enimmäispitoisuus mg/kg kuiva- ainetta	Metsätaloudessa käytet- tävässä tuhkalannoitteissa tai niiden raaka-aineena käytettävässä tuhkassa enimmäispitoisuus mg/kg ka.
Arseeni (As)	25	40
Elohopea (Hg) ¹⁾	1,0	1,0
Kadmium (Cd)	1,5 ²⁾	25
Kromi (Cr)	300 ³⁾	300
Kupari (Cu)	600 ⁴⁾	700
Lyijy (Pb)	100	150
Nikkeli (Ni)	100	150
Sinkki (Zn)	1500 ⁴⁾	4500 ⁴⁾

¹⁾ Elohopean määrittäminen EPA 743-menetelmällä
²⁾ 2,5 mg Cd/kg ka maa- ja puutarhataloudessa sekä viherrakentamisessa ja maisemoinnissa käytettävässä tuhkalannoitteissa tai niiden raaka-aineena käytettävässä tuhkassa
³⁾ Sellaisenaan kalkitusaineena käytettävälle sivutuotteelle teräskuona (tyyppinimi 2A2/3) määritetään kromi liukoisen kuuden arvoisen kromina (Cr 6+). Raja-arvo liukoiselle kuuden arvoiselle kromille on 2,0 mg/kg kuiva-ainetta.
⁴⁾ Enimmäispitoisuuden ylitys lannoitevalmisteissa voidaan sallia, kun maaperäanalyysin perusteella on todettu puutetta kuparista tai sinkistä. Metsätaloudessa enimmäispitoisuuden ylitys lannoitevalmisteena käytettävässä sivutuotteessa on sallittu ainoastaan sinkkiä suometsissä käytettäessä, silloin kun sinkin puute on kasvustosta todettu joko maaperä-, lehti- tai neulasanalyysillä Tällöin maksimimäärä sinkkiä lannoitevalmisteena käytettävässä sivutuotteessa saa olla enintään 6000 mg Zn/kg ka.

***Kuva 4.** MMMa 24/11 liitteen IV kohdassa A esitetyt haitallisten metallien sallitut enimmäispitoisuudet poikkeuksineen (MMMa 24/11 2011, 24).*

UUDISTUVA EU-LANNOITELAINSÄÄDÄNTÖ

EU:ssa valmistellaan parhaillaan lannoitevalmistelainsäädäntöön uudistusta, joka tulee määrittelemään kriteerit CE-merkityille lannoitevalmisteille. Tällä hetkellä voimassa olevassa EU:n lannoitelainsäädännössä ei ole mukana orgaanisia lannoitteita, mikä tulee uudistuksen myötä muuttumaan. Myös kansalliset lannoitevalmisteet tulevat jatkossakin pysymään CE-merkittyjen lannoitevalmisteiden rinnalla. Lisäksi jäsenvaltiot voivat edelleen vastavuoroisella tunnustamisella pitää omilla markkinoilla toisen jäsenvaltion kansallisia lannoitevalmisteita. (Salminen 2017a.)

Uudistuvassa lainsäädännössä esitetään lannoitteille tuoteluokat, joiden tulee koostua ainesosaluokista. Näitä ainesosaluokkia ovat muun muassa ensiomateriaalit ja seokset, komposti, tuorekasvimädäte, ruokateollisuuden ja eläinperäiset sivutuotteet sekä ravinnepolymeerit. Ainesosaluokissa ei ole esitetty tuhkaa lannoitemateriaalina tai sen osana, mutta Joint Research Center (JRC) tutkii tällä hetkellä myös tuhkapohjaisia materiaaleja. JRC toimittaa tutkimustuloksensa EU:n komissiolle, joka päättää tuhkan mahdollisesta lisäyksestä ainesosaluokaksi. (Salminen 2017a.)

Tuhkan käytön lannoitteissa tai lannoitteena oletetaan lisääntyvän, mikäli tuhka otetaan mukaan ainesosaluokitukseen. CE-merkintä mahdollistaa lannoitevalmisteen vapaan liikumisen EU:n sisällä (Salminen 2017a). Salmisen (2017b) arvion mukaan uusi lannoitevalmistelainsäädäntö astuu voimaan vuonna 2019 tai 2020.

LANNOITTEET JA KIERRÄTYS- LANNOITTEET MAATALOUDESSA SEKÄ BIOTUHKAN LANNOITE- NÄKÖKULMA

EPÄORGAANISTEN LANNOITTEIDEN JA KIERRÄTYSLANNOITTEIDEN KÄYTTÖ SUOMEN MAATALOUDESSA

Maa- ja metsätaloudessa käytettävät lannoitteet pohjaavat sekä epäorgaanisten lannoitteiden että kierrätyslannoitteiden käytölle. Kuvassa 5 on esitetty Marttinen ym. (2017, 9) tekemä kooste fosforin ja typen käytöstä Suomessa. Koosteen mukaan vuoden 2016 aikana maataloudessa käytettiin epäorgaanisia lannoitteita fosforin osalta 11 300 tonnia vuodessa (t/v) ja vastaavasti typen 148 000. Kierrätysravinteita (maanparannusaineita, orgaanisia lannoitteita ja tuhkalannoitteita) käytettiin fosforin osalta 1 700 t/v ja typen vastaavasti 4 000. Lantaa käytettiin fosforin osalta 19 300 t/a ja typpeä vastaavasti 76 000 (tiedot pohjautuvat vuosiin 2014–2016). Toisin sanoen maataloudessa 2/3 fosforin käytöstä ja 1/3 typen käytöstä perustui ravinteiden kierrättämiselle. Metsätaloudessa tuhkalannoitteen osuus oli yli puolet käytetyistä lannoitteista fosforin osalta katsottuna.

Taulukko 4. Arvioidut kokonaiskäyttömäärät fosforille ja typelle sekä kierrätystypen ja -fosforin prosentuaaliset osuudet maataloudessa ja metsätaloudessa Suomessa vuosina 2014–2016 (Marttinen ym. 2017, 9).

	Fosforin käyttö	Typen käyttö
Maatalous		
Epäorgaaniset lannoitteet	11 300	148 000
Lanta	19 300	76 000
Kierrätysravinteita sisältävät lannoitevalmisteet	1 700	4 000
Yhteensä (t/v)	32 300	228 000
Kierrätysravinteiden osuus (%)	65	35
Metsätalous		
Epäorgaaniset lannoitteet	113	3 560
Tuhkalannoitteet	146	0
Yhteensä (t/v)	259	3 560
Kierrätysravinteiden osuus (%)	56	0

Marttinen ym. (2017, 19–20) selvityksessä esitetään Eviralta saatuihin tietoihin perustuen vuoden 2015 tyyppinimeltään tuhkalannoitteiden käyttömääräksi Suomessa 150 000 tonnia, josta maatalouden osuus on 19 % ja metsätalouden 37 %. Toisin sanoen maataloudessa (käsittäen pelto- ja puutarhakäytön sekä ammattimaisen kasvihuonekäytön) hyödynnettiin 28 500 tonnia tuhkaa lannoitetarkoitukseen, kun metsätalouden osuus oli vastaavasti lähes kaksinkertainen eli 55 500 tonnia. Näiden lisäksi 31 % (46 500 tonnia) lannoitevalmisteen luokiteltua tuhkaa hyödynnettiin muussa käytössä, kuten maarakentamisessa. Selvityksestä käy ilmi myös orgaaniset kivennäislannoitteet -tyyppinimen alla olevien lannoitteiden käyttömäärä, joka oli 1360 tonnia vuonna 2015. Tästä määrästä noin 80 % hyödynnettiin maataloudessa ja loput viherrakentamisessa.

BIOTUHKAN LANNOITENÄKÖKULMA JA TUHKAN HAITTA-AINEPITOISUUTEEN VAIKUTTAMINEN

Kasvien tarvitsemat pääravinteet ovat fosfori, typpi ja kalium ja sivuravinteet kalsium, magnesium ja rikki (Yara 2018). Biotuhkissa on vaihtelevissa määrin pääravinteita fosforia ja kaliumia, mutta typpi niistä puuttuu. Typen puute johtuu siitä, että poltto-prosessin aikana polttoaineessa oleva typpi vapautuu kaasuna ilmaan (Ilvesniemi 2018). Etenkin puuperäisten tuhkien sisältämä kalsium tekee tuhkasta lannoitevaikutuksen lisäksi kalkitsevan, jolloin tuhkaa voidaan hyödyntää myös maan pH:n nostamisessa. Puutuhkat ovat varsin emäksisiä pH:n vaihdella välillä 10–13 (Makkonen (toim.) 2008, 8). Turvetuhkien pH on vähän puuperäisiä tuhkia matalampi. Ravinteiden lisäksi biotuhkissa on vaihtelevissa määrin haitallisia metalleja, joista kadmium ja arseeni ovat usein kriittisimpiä lannoitelainsäädännön asettaman raja-arvon kannalta.

Kadmium on kasveille ja muille organismeille tarpeeton alkuaine, jonka yhdisteet ovat sekä karsinogeenisiä että mutageenisia. Kasveissa kadmium haittaa muun muassa fotosynteesiä ja aiheuttaa lehtien kellastumista eli kloroosia ja niiden solukon kuolemista eli nekroosia. Kadmiumin biosaataavuus vaihtelee muun muassa maaperän pH:n ja muiden alkuaineiden ja yhdisteiden mukaan. Esimerkiksi happamissa olosuhteissa kadmium on helposti liukenevaa. Näiden lisäksi kadmiumpitoisuuden määrä kasveissa vaihtelee lajikohtaisesti. Kasvin sisältämän kadmiumin voidaan olettaa sijaitsevan suurelta osin sen juurissa ja vähiten kasvin kärkiosissa. (Moilanen & Issakainen, 2003, 35–37.) Mikäli biotuhka sisältää jotakin haitallista metallia yli MMMa 24/11 esitettyjen raja-arvojen, tulee tuhka puhdistaa hyödyntämisen mahdollistamiseksi.

ET-hankkeessa biopohjaisia tuhkia on käsitelty luokittelemalla ja osin myös mikronisoimalla tuhkaa. Luokittelulla hieno ja karkea tuhka saadaan eroteltua toisistaan. Luokittelun avulla on mahdollista saada puhdistettua karkeaa jaetta hyötykäyttöön, sillä useat haitta-aineet rikastuvat tuhkan hienoon osuuteen (Orava 2006; Karikorpi 2013, 51). Lentotuhkan haitallisten aineiden pitoisuuden vaikuttaa merkittävästi polttoaineen alkuperäinen haitta-ainepitoisuus – esimerkiksi hyvin suuria kadmiumpitoisuuksia ei todennäköisesti saada

luokittelun avulla riittävästi madallettua peltolannoitekäyttöä varten. Tällaisten tuhkien hyödyntäminen on usein mahdollista metsälannoitekäytössä, jossa kadmiumpitoisuuden raja-arvo on peltolannoitekäyttöä korkeampi. Käytetyllä polttoaineella on näin ollen suuri merkitys tuhkan hyötykäyttökohdetta valittaessa.

Tuhkan haitta-ainepitoisuuksiin voidaan vaikuttaa myös lentotuhkan talteenotossa. Esimerkiksi savukaasujen puhdistaminen sähkösuodattimella tapahtuu 3–4 kentän avulla. (Orava ym. 2006.) Savukaasu johdetaan kulkemaan kenttien läpi, jolloin sähkösuodattimen ensimmäiseen kenttään kiinnittyvät suurimmat ja samalla mahdollisesti puhtaimmat tuhkapartikkelit. Hyödyntämis- ja käsittelytarkoituksen kannalta järkevintä olisi kerätä tuhka sähkösuodattimen ensimmäisestä kentästä. (Soininen 2010.)

Lannoitteena biotuhkia on käytetty Suomen metsätaloudessa enemmän kuin maataloudessa. Tuhkan lannoitevaikutuksesta metsiin on paljon tutkimustietoa, sillä entinen Metsäntutkimuslaitos Metla (nykyinen Luonnonvarakeskus Luke) aloitti tuhkatutkimukset jo 1930-luvulla (Joensuu 2018). Esimerkiksi puutuhkan on havaittu olevan hyvä lannoite lisäten puun kasvua tyypeä runsaasti sisältävillä turvemaidilla (Joensuu 2018; Makkonen (toim.) 2008, 11).

Biotuhkaa sisältäviä kierrätyslannoitteita tuottavat Suomessa muun muassa Ecolan Oy, Raakeistus Oy ja Humuspehtoori Oy. UPM Kymmene Oyj:n Kaipolan tehtaan tuhkaa myydään sellaisenaan muun muassa peltolannoitus- ja kalkituskäyttöön (Peltotuhka). Kaipolan tuhka on Eviran ilmoituksen (2017) mukaan tyyppinimeltään puun ja/tai turpeen tuhkaa. Tulevaisuudessa BioA:n mukaisella kierrätyslannoitteella on potentiaalia lisätä orgaanisten kivennäislannoitteiden käyttö määrää, jossa on tämän hetken tasoon nähden selvä kasvupotentiaali.

KIERRÄTYSRAVINTEIDEN/LANNOITTEIDEN MAHDOLLISUUDET JA HAASTEET

Tutkimuksen mukaan Suomen nurmien ja viljojen lannoitustarve olisi mahdollista tyydyttää kierrätettävällä fosforilla (Marttinen ym. 2017, 3). Sitran (2016) julkaisemassa videossa kerrotaan, että noin 80 % Suomessa käytettävästä keinolannoitteesta voitaisiin korvata kierrätysravinteilla ja ottamalla käyttöön nykyistä paremmat viljelykäytännöt. Lisäksi lähteen mukaan kemiallisiin lannoitteisiin käytetään vuosittain 240 miljoonaa euroa. Sitran (Aho ym. 2015, 5) eräessä selvityksessä arvioitiin, että Suomi voi saada vuosittain yhteensä 510 miljoonaa euroa lisäarvoa ravinteiden kierrosta. Tämä potentiaali perustuu laskennallisiin esimerkkeihin, joista 310 M€/vuosi syntyy tuontisoijan korvaamisesta, lannoitevuokrauksesta sekä poistokalan ja biokaasutuksen hyödyntämisestä ravinnekierrossa. Loppu noin 200 M€ lisäarvosta tulee Itämeren rehevöitymisen vähenemisestä. Selvityksessä havaittiin myös muita oheishyötyjä, joita tehokas ravinnekierto mahdollistaa. Näitä ovat mm. huoltovarmuuden parantuminen, toimijoiden väliset synergiaedut, riskien pienentyminen sekä terveys- ja ympäristöhaittojen vähentyminen.

Sitran tutkimuksessa listattiin (Aho ym. 2015, 39) ravinteiden kierrätykseen kolme keskeistä ns. pullonkaulaa:

1. Ravinteiden saaminen kierrätettäväksi
2. Onko ravinteiden palauttaminen kiertoon mahdollista
3. Onko ravinteiden kierrättäminen taloudellisesti kannattavaa.

Mineraalilannoitteiden hinta on tällä hetkellä kohtuullisen edullinen, mikä ohjaa helposti käyttämään niitä kierrätyslannoitteiden sijasta. Tämän lisäksi useat ravinteiden kierrätysteknologiat ovat kalliita ja tuotekehitys vie runsaasti resursseja. Kierrätysravinteiden ja -lannoitteiden käytön lisääminen sisältää niiden potentiaalin lisäksi haasteita muun muassa pitkien välimatkojen, biomassojen prosessoinnin tarpeen ja lainsäädännön asettamien raamien vuoksi (Marttinen ym. 2017, 3, 23–24). Jotta kierrätysravinteita saadaan käyttöön ja niiden saatavuutta edistettyä, on havaittu soveltuvan kannustinjärjestelmän tarve.

ORGAANISEN KIVENNÄISLANNOITTEEN EDUT

Suomen maaperän hiilivarainnot köyhtyvät vuosittain 0,5 miljoonaa tonnia (Heikkinen ym. 2012). Tämä väheneminen on haitaksi ilmastolle, vesitaloudelle ja kestäväälle ruoan tuotannolle. Heikkisen (2016) väitöskirjan mukaan ilmastonmuutoksella on vaikutusta maaperän köyhtymiseen, mutta suurin syy havaittiin olevan ihmislähtöistä. Viljelysmaan hiilipitoisuuteen voidaan vaikuttaa sekä lannoitteiden avulla että jossain määrin viljelykierrolla, viljelemällä monivuotisia kasveja, eroosion torjumisella ja maanmuokkauksen keventämisellä (Heikkinen ym. 2012). Perinteisesti peltoja on lannoitettu eläinten lannalla, mutta viimeisten vuosikymmenten aikana eläintilojen koko on suurentunut ja sitä kautta ravinteet ovat keskittyneet alueellisesti ja ne ovat eriytyneet kasvintuotannosta (Marttinen, 2017, 13).

Kuvan 5 mukaisesti maatalous käyttää runsaasti epäorgaanisia lannoitteita sekä eläinten lannan muodossa olevaa orgaanista lannoitetta. Orgaanisen kivennäislannoitteen, eli orgaanisen lannoitteen ja epäorgaanisen lannoitteen tai kalkitusaineen seoksen, käytön ennustetaan tulevaisuudessa kasvavan. Lannoitteen tuotannon ja käytön kasvua edistää mm. Suomen hallitusohjelman tavoitteet sekä EU:n kiertotalouspaketti, joka kannustaa raaka-aineiden talteenottoon ja kierrätykseen.

Orgaanisessa kivennäislannoitteessa, jota myös BioA-konseptin mukainen lannoite edustaa, yhdistyvät orgaanisen aineksen sekä perinteisen epäorgaanisen lannoitteen edut. Orgaanisen eloperäisen aineksen lisääminen peltoon parantaa sen kemiallista, fysikaalista ja biologista kuntoa. Lisättäessä peltoon orgaanista ainesta, sen ravinteiden pidättämiskyky tehostuu. Pellon vedenläpäisykyvyn kasvaessa sen liettyminen ja eroosio pienenevät. Bioperäisen aineksien aikaansaama vedenpidätyskyvyn lisääntymien tasaa pellon lämpötilaa ja vähentää kuivumista. Orgaanisen aineksen tuominen peltoon ruokkii maaperän eliöitä ja näin nopeuttaa biopohjaisen materiaalin hajoamista ja saattaa ravinteita kasvien käytettäväksi. (Söderlund 2017.) Orgaanisen kivennäislannoitteen kivennäislannoiteosuus, kuten tuhka, tuo lannoitteeseen sekä tarvittavia ravinteita että tuhkan ollessa kyseessä, kalkitsevan vaikutuksen.

TUHKA KIERTOTALOUDESSA -SEMINAARI

Erotustekniikan tutkimuskeskus -hanke järjesti 25.4.2018 Kotkassa Tuhka kiertotalouudessa -seminaarin. Seminaarin laaja kuulijakunta todisti, että kiertotalous ja tuhkan hyödyntäminen ovat erittäin ajankohtaisia ja mielenkiintoisia aiheita. Kuulijoita seminaarissa oli usean teollisuudenalan yrityksistä sekä paikalla oli myös muita alan ammattilaisia, kuten ministeriön, ELY-keskuksen ja yliopistojen edustajia.

JOHDANTO JA EROTUSTEKNIIKAN TUTKIMUSKESKUS -HANKKEEN ESITTELY, KIRSI TALLINEN JA ANNE GANGO

Seminaarin avasi Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun tutkimuspäällikkö Kirsi Tallinen. Hän kertoi seminaarin vieraille ammattikorkeakoulusta ja sen TKI-toiminnasta sekä tutkimustoiminnan painotuksista. Kirsi Tallisen jälkeen Erotustekniikan tutkimuskeskus -hankkeen projektipäällikkö Anne Gango esitteli projektia ja kertoi tuhkan kierrätyksestä kiertotalouden hengessä.

KIERTOTALOUDEN MAHDOLLISUUDET ENERGIATEOLLISUUDELLE, KATJA KURKI-SUONIO

Energiateollisuus ry:n asiantuntija Katja Kurki-Suonion esityksessä painotettiin, että kiertotalouden ajatusmalli on tuttu, mutta termi on uusi. Hän viittaisi Sitran julkaisuun Kierrolla kärkeen, Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016–2025, jossa mm. esitellään Suomen kiertotaloustavoite, kiertotalouden tiekarttaan määritellyt painopistealueet ja niiden toimenpiteet ja tavoitteet sekä esitellään kiertotaloutta maailmalla. Lisäksi Kurki-Suonio korosti Elinkeinoelämän keskusliiton julkaisua Syty kiertotaloudesta, josta yritykset voivat hakea toimintaansa seitsemän syytä ottaa kiertotalous päivittäiseen arkeensa. (Kierrolla kärkeen 2016; Syty kiertotaloudesta 2016.) Seuraavassa kiertotalouden on kuvailtu laajemmin, kuin ne seminaarissa esiteltiin:

1. Teet huomisen bisnestä jo tänään
Kiertotalous vastaa suuriin haasteisiin, kuten luonnonvarojen ehtymiseen, ilmastomuutokseen ja digitaaliseen vallankumoukseen.
2. Tulet omavaraisemmaksi ja vähennät riskejä
Kiertotalous helpottaa ratkaisujen löytymistä raaka-aineiden vähyyteen ja hintojen nousuun. Lisäksi yritykset voivat löytää vaihtoehtoisia toimintatapoja ja parantaa materiaalihokkuutta tuotteen suunnittelusta sen käytöstä poistamiseen asti.
3. Opit tekemään yhdessä ja uudistumaan nopeasti
Kiertotalouudessa totuttua avoimempi kehitystyö ja yritysten yhteiset kokeilut mahdollistavat uudistumista, kasvua ja uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Lisäksi toimiajaraajojen ylittäminen tuo uusia mahdollisuuksia.

4. Näet mahdollisuuksia siellä, missä muut eivät
Oman yrityksen sekä muiden ylijäämämateriaalit, sivuvirrat ja jätteet saattavat olla yrityksen tulevaisuuden uusi liiketoiminta-alue.
5. Saat lisäarvoa tuotteisiisi ja brändiisi
Elinkaariajattelun huomioiminen tuotteen suunnitteluvaiheessa lisää tuotteen imagoa ja käyttöarvoa esimerkiksi pidentämällä tuotteen käyttöikää ja lisäämällä sen energia- ja materiaalitehokkuutta.
6. Pystyt laajentumaan kasvavaan palvelubisnekseen
Kaikkia tuotteita ei tarvitse omistaa itse tai ostaa niitä uutena, vaan leasingmallit, kiertotalous ja yhteiskäyttö mahdollistavat uuden monimuotoisen bisnesmallin tuomisen markkinoille.
7. Voit mullistaa bisneksen uusilla teknologioilla
Esimerkiksi uudentyyppiset digitaaliset palvelualustat mahdollistavat mm. tehokkaan resurssien käytön ja voivat houkutella uusia asiakkaita.

Edellä mainituista seitsemästä kohdasta esityksessä korostettiin energiateollisuudelle tärkeitä neljää kasvun mahdollisuutta:

1. Materiaalit ja energia hyötykäyttöön yli toimialarajojen
 - Polttoainekäytössä metsänhoidon ja teollisuuden sivutuotteet
 - Tuhkien hyödyntäminen maarakentamisessa tai lannoitteena
 - Jätevesien ylijäämälämpöjen hyödyntäminen
2. Tuotteista palveluihin
 - Lämpö- tai sähköasiakkaille tuotettavien palveluiden tarjoaminen, esimerkiksi asiakaslaitteiden säätö ja huolto
 - Mahdollisuus kaksisuuntaiseen kauppaan
3. Tuotteistus, brändäys
 - ”Vihreä” energia
 - Asiakkaita varten räätälöidyt tuotteet ja palvelut
4. Digitalisaation mahdollisuudet
 - Etäkäytöt, kysyntäjoustopot
 - Nykytekniikalla saatavan mittaustiedon hyödyntäminen
 - Uusien digitaalisten alustojen hyödyntäminen

Energiajärjestelmää voidaan optimoida kiertotalouden näkökulman mukaisesti. Energia-tuotannossa kiertotalous näkyy uusituvan energian käyttönä, jätteen energiakäyttönä ja tuotantolaitosten materiaalien kierrätettävyytenä. Teollisten symbioosien ja kuntatason kiertotalousyhteistyön kautta päästään hyödyntämään energia-alan ja muiden toimijoiden sivuvirtoja ja ylijäämäenergiaa. Asiakasrajapinnassa kiertotaloutta ovat mm. kysyntäjoustopot, kaksisuuntainen kaukolämpö, palveluiden tuominen energian tarjoamisen lisäksi sekä loppukäyttäjän energiatehokkuus.

Kurki-Suonio nosti esille joitakin esimerkkejä energiantuotannon kiertotaloudesta. Esi-

merkkeinä olivat Fortumin kiertotalouskylä, jossa jätettä kierrätetään ja jossa siitä tuotetaan biokaasua sekä tuulivoimalaitoskylän purku ja sen osien kierrätys. Teollisista symbiooseista nostettiin esille Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n tuottama Naturlan-tuhkalannoite. Kuntatason kiertotalousyhteistyöstä esimerkkinä oli kaukolämpöverkkoon tuotettu datakeskuksen ylijäämälämpö. Asiakasrajapinnan kiertotalousinnovaatioista esiteltiin Oulun Energian yrityksille ja taloyhtiöille tarjoama kokonaisvaltainen valaistukseen liittyvä palvelu ja Helenin lämpölupaus -kampanja, jossa kuluttajat otettiin mukaan tasoittamaan talvisia kulutuspiikkejä.

TUHKAN HYÖDYNTÄMINEN METSÄLANNOITUKSESSA JA MAARAKENTAMISESSA, SAMULI JOENSUU

Tapio Oy:n asiantuntija Samuli Joensuu mukaan energiateollisuudessa syntyy vuosittain tuhkaa 1,5 miljoonaa tonnia, josta puu- ja turvepohjaisia ns. biotuhkia yli 500 000 tonnia. Tällä hetkellä tuhka luokitellaan jätteeksi, jolloin ympäristölainsäädäntö säätelee sen käsittelyä ja hyödyntämistä. Pääasiallinen tuhkan hyötykäyttö on viime aikoina ollut julkinen maarakennus, jolloin hyödyntämislupa on pääosin saatu ympäristöluvan kautta. Voimalaitoksen tuhka voi soveltua erilaisiin käyttökohteisiin, jos sen kemiallinen koostumus vastaa kyseisen hyödyntämistavan edellyttämää laatuvaatimusta. Taulukossa 5 on esitettyä eri tuhkalaatuja ja niiden soveltuvuutta eri käyttökohteissa.

Taulukko 5. Tuhkan soveltuvuus eri käyttökohteisiin.

Tuhkalaji		Tuhkan soveltuvuus 1)			
Polttoaine	Tuhkalähde	Metsälannoitus	Maa-rakennus	Kaivokset	Sementti ja betoni
Turve	Pohjatuhka	(+)	+++	-	-
	Lentotuhka	(+)	+	++	++
Puu	Pohjatuhka	++	+++	-	-
	Lentotuhka	+++	++	++	(+)
Puu + turve	Pohjatuhka	+	+++	-	-
	Lentotuhka	+	++	++	+
Kivihiili	Lentotuhka	-	+++	++	+++

- +++ erinomainen
- ++ hyvä
- + tyydyttävä
- (+) heikko
- ei arviota tai ei käyttöä

- 1) Maarakennuksen ilmoitusmenettely edellyttää, että tuhkat täyttävät ominaisuuksiltaan maarakennusasetuksen (843/2017) kriteerit. Lisäksi ympäristölupamenettely perustuu samoihin vaateisiin. Tuhkalannoituksessa tulee täyttää lannoiteasetuksen (MMM 24/11) kriteerit.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa, eli niin sanottu MARA-asetus astui päivitetyllä sisällöllä voimaan 1.1.2018. Asetuksen tarkoitus on lisätä jätteiden hyödyntämistä määrittelemällä edellytykset, jolloin ei vaadita ympäristönsuojelulain mukaista ympäristölupaa. Asetuksen sovelluskohteet ovat jätteiden laitosten ja ammattimainen hyödyntäminen maarakentamiskohteissa sekä tarvittava tuhkan välivarastointi. Asetuksessa määrätään eri haitallisten aineiden raja-arvot maarakennuksen käyttökohteista riippuen. Edelliseen asetukseen verrattuna uudistetussa vähennettiin tai poistettiin kokonaispitoisuuksien raja-arvot, mikä mahdollistaa uusien tuhkalaatujen hyödyntämisen. Asetukseen otettiin mukaan myös jätteenpolton kuona, joka ei aiemmassa asetuksen versiossa ollut mukana. Maarakennuskohteista uuteen asetukseen otettiin yksityis- ja metsätiet. Ympäristölupa vaaditaan jatkossakin sisämaan tulvavaara-alueilla ja 1.- ja 2.-luokan pohjavesialueilla lukuun ottamatta E-luokan kohteita. Asetuksessa on määrätty haitallisten aineiden raja-arvot maarakennuskohteittain ja eri kohteissa sallitut tuhkerokkeen enimmäispaksuudet. Esimerkkinä näistä on väylärakentamisen 1,5, tuhkamursketien 0,2 ja vallin 5 metriä. Kenttäkokeissa on havaittu, että tien tuhka-murskepäälysrakenne kantaa verokkirakennetta paremmin eikä se pölyä.

Metsäntutkimuslaitoksessa (1.1.2015 alkaen LUKE) on tehty tuhkalannoituskokeita jo 1930-luvulla. Kokeissa on havaittu tuhkan soveltuvan erityisen hyvin turvemaiden lannoitukseen tuoden fosforia ja kaliumia puiden käyttöön. Tuhkalannoitus tuo pitkäkestoisen lannoitusvaikutuksen vaikutusajan ollessa jopa 50 vuotta. Kivennäismailla tuhkaan kannattaa lisätä typpeä, jotta puut saavat kaikki tarvitsemansa lannoiteaineet. Metsiä lannoitetaan tällä hetkellä noin 45 000 ha, josta tuhkalannoituksen osuus on 10 000 hehtaaria. Samuli Joensuu on sitä mieltä, että metsälannoitus on suuri potentiaalinen biotuhkan hyödyntämiskeino.

MAARAKENTAMISESSA KÄYTETYN TUHKAN LIUKENEMINEN JA TUHKAN HYÖDYNTÄMISEN TULEVAISUUDEN VISIOT, HANNU ILVESNIEMI

Luonnonvarakeskuksen tutkimusprofessori Hannu Ilvesniemi toi esille, ettei tuhkan hyödyntäminen lannoitteena ole uusi keksintö, vaan sitä on tapahtunut kulotusten ja metsäpalojen kautta. Historiallisesti katsoen Suomen metsät ovat palaneet säännöllisesti 50–400 vuoden välein. Metsäpalossa jäljelle jäänyt tuhka jäi muuttamaan paloalueen maaperän ominaisuuksia ja tulvavesien mukana jokiin valunut tuhka lannoitti rantaniittyjä, joista kerättiin rehukasveja karjan ravinnoksi. Tällä hetkellä puuta ja hakkuutähdettä viedään runsaasti pois metsistä, jolloin myös puuaineksen sisältämät ravinteet viedään pois. Tätä kompensoimaan olisi hyvä palauttaa biopohjaisten polttoaineiden tuhka takaisin metsiin. Puun tuhka sisältää typpeä lukuun ottamatta ravinteita siinä suhteessa kuin edellisen kasvukierron aikana puut ovat ottaneet maasta. Tuhkan palauttaminen metsiin toteuttaa Suomen kierrätystavoitetta.

Ilvesniemi otti esityksessään esille tuhkan hyödyntämisen pilot-mittakaavaisissa biomassan fraktiointikokeissa. Bioruukin Luken pilotointitiloissa tutkitaan ja testataan uudenlaisia ratkaisuja sivuvirtojen hyödyntämiseksi. Kehitetyllä laitteistolla voidaan paineistetun kuumen veden avulla liuottaa ja konsentroida biomassoissa oleva komponentteja. Suoritetavissa uuttokokeissa testataan erilaisten liuotettujen kierrätysmateriaalien, kuten tuhkan hyödynnettävyyttä.

YHTEENVETO

Kiertotalouden arvo yhteiskunnalle ja sen tuoma potentiaali ovat nousseet viime vuosien aikana monella toimialalla vahvasti esille. Juha Sipilän hallitus on määritellyt tavoitteen, jonka mukaan Suomi nousee bio- ja kiertotalouden edelläkävijäksi vuoteen 2025 mennessä. Biopolttoainetta käyttävän voimalaitoksen lentotuhkan sisältämien ravinteiden hyödyntäminen lannoitteessa on erinomainen kiertotalouden esimerkki, jossa käytetään jo tuotettuja materiaaleja ja sitä kautta vähennetään neitseellisten raaka-aineiden käyttöönottoa. Sitran mukaan 4/5 Suomessa käytettävästä keinolannoitteesta voitaisiin korvata kierrätysravinteilla ja ottamalla käyttöön nykyistä paremmat viljelykäytännöt. Ravinteiden saaminen takaisin kiertoon tuo lukuisia etuja Suomen ruokatuotantoon. Näitä on muun muassa tuontiravinteiden käytön väheneminen ja sitä kautta elintarviketuotannon huoltovarmuuden paraneminen, toimijoiden väliset synergiaedut sekä terveys- ja ympäristövaikutusten vähentyminen.

Suomen energiatuotannossa syntyy vuosittain noin 1,5 miljoonaa tonnia tuhkaa. Näistä biotuhkaksi määriteltäviä bioperäisen materiaalin, kuten puun ja turpeen, polton yhteydessä syntyvä tuhkia on yli 500 000 tonnia vuodessa. Poltossa syntyvää biopohjaista lentotuhkaa voidaan hyödyntää osana lannoitetta, kun sekä voimalaitoksella käytettävä raaka-aine että tuhkan kemialliset ominaisuudet vastaavat lainsäädännön asettamia vaatimuksia.

Kotkan-Haminan seudun kehittämissyhtiö Cursor on kehittänyt ravinteiden kierrättämiseen BioA-konseptin. Konsepti mahdollistaa mädätteestä, lisäravinteista ja lentotuhkasta valmistettavan lannoitteen tuomisen markkinoille. Voimalaitokselta tuleva lentotuhka sisältää polttoaineesta lähtöisin olevia raskasmetalleja. Erotustekniikan tutkimuskeskus -hankkeen aikana käsiteltiin useiden eri voimalaitosten tuhkia ja pyrittiin tuottamaan BioA-konseptin mukaiseen peltolannoitteeseen soveltuva puhdistettu tuhkakajae.

LÄHTEET

Aho, M., Pursula, T., Saario, M., Miller, T., Kumpulainen, A., Päällysaho, M., Kontiokari, V., Autio, M., Hillgren, A. & Descombes, L. 2015. Ravinteiden kierron taloudellinen arvo ja mahdollisuudet Suomelle. Sitran selvityksiä 99. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://media.sitra.fi/2017/02/27174934/Selvityksia99-2.pdf> [viitattu 17.5.2018].

Asetus (EY) 2003/2003 lannoitteista. 2003. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R2003&from=FI> [viitattu 17.5.2018]

Cooper, C., Alley, F., Air Pollution Control, A Design Approach. 1996. Toinen painos. Waveland Press.

Evira. 2017. Ilmoitus numero 2017-020609. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.peltotuhka.fi/Kaipola%20kontrolli%202017%20.pdf> [viitattu 17.5.2018].

Eviran määräys kansallisesta lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelosta. 2016. Elintarviketurvallisuusvirasto. Www-dokumentti. Saatavissa: https://www.evira.fi/globalassets/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/tiedostot/tyyppinimiluettelo_konsolidoitu_27_12_2017.pdf [viitattu 17.5.2018].

Heikkinen, J. 2016. Carbon storage of Finnish agricultural mineral soils and its long-term change. Väitöskirja. ISBN 978-951-51-0149-5.

Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V., Regina, K. 2012. Maaperän hiili vähenee Suomen peltomailla. Maaseudun Tiede. Maaseudun tulevaisuus Liite 4/2012.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T., Urpalainen, S. 2011. Voimalaitostekniikka. 1-1. painos. Opetushallitus.

Ilvesniemi, H. 2018. Tuhkan hyödyntämisen tulevaisuuden visiot. Seminaariesitys Tuhka kiertotaloudessa -seminaari 25.4.2018.

Joensuu, S. 2018. Tuhkan käyttö tienrakennuksessa ja metsälannoituksessa. Seminaariesitys Tuhka kiertotaloudessa -seminaari 25.4.2018.

Jokiniemi, J., Hokkinen, J., Hillamo, R., Pienhiukkas- ja raskasmetallipäästöjen karakterisointi – PIHI-RAME, ss. 19-24, julkaisussa FINE-ohjelmakatsaus, Järvinen, P. (Ed.), 2004, ISBN 952-457-175-7, 165 s. [viitattu 17.5.2018].

Karikorpi, J. 2013. Karhulan biolämpölaitoksen lentotuhkan hyötykäyttövaihtoehdot Kotkan Energia Oy:lle. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/64641/Karikorpi_Juuso.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 17.5.2018].

Kierrolla kärkeen, Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025. 2016. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://media.sitra.fi/2017/02/27175308/Selvityksia117-3.pdf> [viitattu 17.5.2018].

Korpijärvi, K., Mroueh, U-M., Merta, E., Laine-Ylijoki, J., Kivikoski, H., Järvelä, E., Wahlström, M. & Mäkelä, E. 2009. Energiatuotannon tuhkien jalostaminen maarakennuskäyttöön. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2499.pdf> [viitattu 17.5.2018].

Lannoitevalmisteiden kansallinen tyyppinimiluettelo. s.a. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/lainsaadanto/tyyppinimiluettelo/> [viitattu 17.5.2018].

Lannoitevalmisteet s.a. Maa- ja metsätalousministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://mmm.fi/elaimet-kasvit/lannoitevalmisteet> [viitattu 17.5.2018].

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/37638/11024fi.pdf> [viitattu 17.5.2018].

Makkonen, T. (toim.). 2008. Tuhkalannoitus. Tapio. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/tuhkalannoitus_tapio_2008_pakattu.pdf [viitattu 17.5.2018].

Marttinen, S., Venelampi, O., Iho, A., Koikkalainen, K., Lehtonen, E., Luostarinen, S., Rasa, K., Sarvi, M., Tampio, E., Turtola, E., Ylivainio, K., Grönroos, J., Kauppila, J., Koskiaho, J., Valve, H., Laine-Ylijoki, J., Lantto, R., Oasmaa, A. & zu Castell-Rüdenhausen, M. 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2017. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540214/luke-luobio_45_2017.pdf?sequence=10 [viitattu 17.5.2018].

Moilanen, M. & Issakainen, J. 2003. Puu- ja turvetuhkien vaikutus maaperään, metsäkasvillisuuden alkuainepitoisuuksiin ja puuston kasvuun. Metsätalon raportti 162. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/puu-ja-turvehkan-vaikutukset-maaperaan-kasvillisuuteen-ja-puuston-kasvuun-metsateho_2003.pdf [viitattu 17.5.2018].

Mäkelä, E., Wahlström, M., Pihlajaniemi, M., Mroueh, U-M., Keppo, M. & Rämö, P. 1998.

Kivihiilivoimaloiden rikinpoistotuotteet ja lentotuhka maarakentamisessa. Jatkotutkimus. VTT. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1952.pdf> [viitattu 17.5.2018].

Orava, H., Nordman, T. & Kuopanportti, H. 2006. Increase the utilisation of fly ash with electrostatic precipitation. *Minerals Engineering* 19 2006, 1596–1602.

Peltotuhka. s.a. Peltotuhka. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.peltotuhka.fi/> [viitattu 17.5.2018].

Pihkala, J. 2011. Prosessitekniikka. Prosessiteollisuuden yksikkö- ja tuotantoprosessit. Opetushallitus.

Raiko, R., Saastamoinen, J., Hupa, M. & Kurki-Suonio, I. (toim.). 2002. Poltto ja palaminen. Toinen täydennetty painos.

Salminen, P. 2017a. Suuri lannoitekeskustelu 22.3.2017. Sitra. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/tapahtumat/suuri-lannoitekeskustelu/> [viitattu 17.5.2018].

Salminen, P. 2017b. Yara Feeding the Future –seminaari 8.11.2017. Suullinen tiedonanto.

Sitra. 2016. Ravinteiden kierto ja kiertotalous. Videoleike. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=CNtGnUVmTsA> [viitattu 17.5.2018].

Soininen, H., Mäkelä, L., Kyyhkynen, A., Muukkonen, E. Biopolttoaineita käyttävien energiatuotantolaitosten tuhkien hyötykäyttö- ja logistiikkavirrat Itä-Suomessa. 2010. Mikkelin ammattikorkeakoulu. A: Tutkimuksia ja raportteja 59, ISBN 978-951-588-303-2, 2010, 111 s.

Syty kiertotaloudesta. Elinkeinoelämän keskusliitto. 2016. Saatavissa: https://ek.fi/wp-content/uploads/Syty_kiertotaloudesta_aukeamittain_web.pdf [viitattu 17.5.2018] 32 s.

Söderlund, S. 2017. Eloisa pelto. Ruokopelto-hankkeen opas muhevampaan maaperään.

Tuhkarakentamisen käsikirja, Energiantuotannon tuhkat väylä-, kenttä- ja maarakentamisessa. 2012. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://energia.fi/files/1137/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf [viitattu 17.5.2018].

Yara. 2018. Ravinteet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/> [viitattu 17.5.2018].

