

HIILIVIISASTA KIERTOTALOUTTA

571271 / Selvitys biotuhkan uusista käyttömahdollisuuksista

Macon Oy
19.12.2025



Euroopan unionin
osarahoittama



1 Johdanto – Työn tausta ja tavoitteet

- Biotuhkilla tarkoitetaan biomassan (esim. puupolttoaineiden, metsätähteiden, kuoren, turpeen) poltossa syntyviä lento- ja pohjatuhkia
- Suomessa muodostuu arviolta 500 000 tonnia vuodessa biotuhkia
- Biotuhkan hyötykäyttöön liittyy potentiaalia erityisesti metsien lannoituksessa, maanparannuksessa ja maarakentamisessa, kunhan lainsäädännön reunaehdot täytetään
- Koillismaan alueella biotuhkia on hyödynnetty pääosin metsälannoitteena mutta viime aikoina tämä käytötapa on käytännössä estynyt haitta-aineiden pitoisuuksien raja-arvojen ylittymisen vuoksi
- Tämän työn tavoitteena oli tuottaa käytännönläheinen selvitys biotuhkan hyödyntämisestä Koillismaan alueella huomioiden lainsäädännön reunaehdot, vaihtoehtoiset käyttömuodot metsälannoitukseen soveltumattomalle tuhkalle, tuhkien laadunparantamisen keinot ja niiden soveltuvuus Koillismaan alueelle, jatkojalostusmahdollisuudet ja niiden aluetaloudellinen hyöty sekä mahdolliset lupaavat tutkimus- ja kehityssuunnat
- Työn toteuttivat Macon Oy:n asiantuntijat Sanna Taskila ja Mikko Ahokas
- Työ toteutettiin käyttäen seuraavia tietolähteitä
 - Suomen lainsäädännön osalta verkkopalvelu <https://www.finlex.fi/fi>
 - EU:n lainsäädännön osalta verkkopalvelu <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=fi>
 - Kansainväliset tieteelliset artikkelit
 - Hankkeiden ja selvitysten julkiset raportit
 - Asiantuntijahaastattelut

Työn kohteena olevien lämpölaitosten ja tuhkien kuvaus

	Polttoainesuhteet (%) (tiedot vuodelta 2024)				Tuhkan määrä	Kerättävissä erikseen (t/a)	
	Kuori	Kuivahake	Puru	Turve	Tuhkat (t/a)	Lento- tuhka	Pohja- tuhka
Kattila 1	52.4	47.6	-	-	10	-	-
Kattila 2	52.4	47.6	-	-	66	-	-
Kattila 3	85.0	14.9	-	0.1	375	187	187
Kattila 4	50	-	50	-	55	-	-
Kattila 5	50	-	50	-	55	-	-
Kattila 6	95	5	-	0.1	267	133	133
Kattila 7	76	24	-	-	11	-	-
Kattila 8	0	100	-	-	2	-	-
Yhteensä					835	280	280

2 Lainsäädäntökehys

- Tuhka luokitellaan edelleen jätteeksi, joten sen hyödyntämistä ohjaa laaja lainsäädäntökehys, etenkin
 - i) jätelainsäädäntö, joka määrittää tuhkan aseman jätteenä tai sivutuotteena,
 - ii) lannoitevalmistelainsäädäntö ja EU:n lannoitevalmisteasetus, jotka säätelevät tuhkan käyttöä metsälannoitteena ja maanparannusaineena, sekä
 - iii) ympäristönsuojelulaki ja sen nojalla annettu MARA-asetus, joka koskee tuhkan hyödyntämistä maarakentamisessa
- Tuhkan varastointia koskee lisäksi jäteverolaki, jonka mukaan tuhkaa saa säilyttää välivarastossa enintään kolme vuotta, jonka jälkeen täytyy maksaa jätevero
- Jätedirektiivin artikla 6 mahdollistaa jätteiden

siirtymisen tuotteiksi, jos end-of-waste -kriteerit täyttyvät

- Biotuhkille ei ole vielä EU-tason kriteereitä, mutta valmisteilla on taustaselvityksiä mahdollisista uusista materiaaleista, joita sääntely voisi koskea
- Jos biotuhkille luodaan yhtenäiset kriteerit, se helpottaa niiden hyödyntämistä merkittävästi

3 Käyttömahdollisuudet Koillismaalla

- Lyhyellä tähtäimellä realistisin vaihtoehto yhä joko metsälannoitus tai MARA-käyttö

	Lähitulevaisuuden käytännön ratkaisut	Pitkän tähtäimen mahdollisuudet / T&K
Metsälannoitus	x	
MARA-käyttö	x	
Muu maanrakennuskäyttö (kaatopaikat)	x	
Betoni ja geopolymeerit		x
Keraamiset materiaalit		x
Jätevedenkäsittely		x
Biokaasuprosessi		x

SWOT - Metsälannoituskäyttö

Vahvuudet	Mahdollisuudet
• Vakiintunut ja suurivolyyminen käyttö • Paikallinen käyttökohte • Olemassa oleva arvoketju • Kiertotalous ja paikallinen hiilikompensaatio	• Tuhkan kerääminen erikseen voi mahdollistaa ainakin pohjatuhkan käytön • Poltto-olosuhteiden optimointi voi auttaa pienentämään PAH- ja TOC –pitoisuuksia • Lannoitekäyttäjä voi tarvittaessa lisätä ravinnepitoisuutta
Heikkoudet	Uhat
• Tuhkat eivät nykyisellään suoraan sovellu, jollei toimenpiteitä tehdä • Vaatii tuhkan käsittelyn pölyämättömäksi	• Haitta-aineiden pitoisuuksia ei saada laskettua tai ne nousevat edelleen • Tuhka jää laitoksille haasteeksi jos sen käyttö metsälannoitukseen on mahdotonta

SWOT - Maanrakennuskäyttö

Vahvuudet	Mahdollisuudet
• Jatkuva, suhteellisen suuren volyymin käyttö • Paikallinen käyttökohte ainakin metsäteiden osalta • Arvoketju käytännössä valmis • Kattilan 6 tuhkat täyttävät MARA-vaatimukset	• Tuhkan rakeistus mahdollista Kuusamossa • Metsähallitus kiinnostunut yhteistyöhön metsäteiden osalta • Muita MARA-kohteita mahdollista löytää paikallisesti
Heikkoudet	Uhat
• Osa kohteista voi olla kannattavan kuljetusmatkan ulkopuolella • Kattilan 6 tuhkan osalta geoteknisiä ominaisuuksia ei tunneta • Muiden tuhkan MARA- tai maanrakennuskelpoisuus epävarmaa • Teiden rakennus tapahtuu kesäaikaan, joten tuhka tulee varastoida	• Haitta-aineiden raja-arvot voivat ylittyä tulevaisuudessa • Käsittelyiden ja logistiikan kustannukset voivat olla liian korkeat osaan kohteista • Kohteita ei välttämättä löydetä tarpeeksi

4 Laadunparannus – Tarpeet ja mahdollisuudet

- Käsittely pölyämättömäksi käytännössä vaatimus kaikkien käyttötapojen kannalta
- Muuten tarpeet vaihtelevat sekä tuhkan että käyttökohteen mukaan
- Osa tuhkista täyttää jo nyt MARA-vaatimukset

Metsä-lannoitus	Tilanne nyt	TOC- ja PAH-raja-arvojen ylitys Aiemmin myö Cr ja Ni
	Tilanne tuhkien erottelun jälkeen	TOC-pitoisuus on yleensä suurempi pohjatuhkassa → jos tavoite saada pohjatuhkasta metsälannoituskelpoista, erottelu ei luultavasti ratkaise asiaa Voi toisaalta ratkaista PAH-ongelman
MARA	Tilanne nyt	Zn ja DOC raja-arvojen ylitys
	Tilanne tuhkien erottelun jälkeen	Zn yleensä enemmän lentotuhkassa → jos tavoite saada lentotuhkasta MARA-kelpoista, erottelu ei välttämättä paranna tilannetta (lentotuhka geoteknisesti houkuttavampi)

Yhteenveto laadunparantamisen mahdollisuuksista prosessissa

Menetelmä	Mihin voi vaikuttaa	Huomioita
Polttoaineseoksen säätäminen	- Ravinteet (metsälannoitus) - Zn (MARA-käyttö)	- Ravinnepitoisuuden nosto ei välttämätöntä, voidaan tehdä rakeistuksessa - Zn osalta tarvitaan lisäselvityksiä
Polton tehostaminen	TOC, PAH (kaikki käytöt)	Vaatii lisäselvityksiä
Kattiloiden uusiminen	TOC, PAH (kaikki käytöt)	Tapahtuu elinkaaren mukaisesti
Arinarautojen uusiminen	Cr ja Ni (kaikki käytöt)	Vaatii lisäselvityksiä
Savukaasujen puhdistus	- Metallit (kaikki käytöt) - Sulfaatit, kloridit (MARA-käyttö)	Syntyy suola- ja metallipitoista lentotuhkaa

Yhteenveto laadunparantamisen mahdollisuuksista tuhkan käsittelyssä

Menetelmä	Mihin voi vaikuttaa	Huomioita
Tuhkan lajittelu	• Metallit (kaikki käytöt)	• Syntyy metallipitoinen jae
Tuhkan uudelleenpoltto	• TOC, PAH (kaikki käytöt)	• Ei tietoa: CAPEX, OPEX • Raskasmetallien liukoisuus voi kasvaa
Tuhkan peseminen tai ikäännyttäminen vedellä	• Metallit (kaikki käytöt) • Sulfaatit, kloridit (MARA-käyttö)	• Syntyy suola- ja metallipitoista jätevettä • Tuhkan geoteknisten ominaisuuksien heikkeneminen
Kemiallinen käsittely	• Metallit (kaikki käytöt) • Sulfaatit, kloridit (MARA-käyttö)	• Ei tietoa: CAPEX, OPEX
Tehostettu ikääntyminen, mm. ACT	• Metallit (kaikki käytöt) • Sulfaatit, kloridit (MARA-käyttö)	• Ei tietoa: CAPEX, OPEX • Rakennustuote, hiilikrediitit
Rakeistus	• Käyttömukavuus ja –turvallisuus • Ravinnepitoisuus (metsälannoitus)	• Mahdollista alueella • Kuljetus n. 1,9-13 €/t

5 Jatkojalostuksen ja - tutkimuksen mahdollisuudet

- Työssä tunnistettiin useita jatkoselvitystarpeita koskien realistisia käyttötapoja

Kaikki	• Erikseen keräyksen vaikutusten varmistaminen (tuhkien analyysit erikseen)
Metsä-lannoitus	• Polttotehon parantamisen mahdollisuudet ja vaikutukset (TOC, PAH) • Tuhkan jälkikäsittelymenetelmien mahdollisuudet ja vaikutukset (TOC, PAH, metallit) • Tuhkien keräys erikseen, jos TOC ja PAH ei saada hallintaan • Polttoaineseoksen säätäminen (metallit)
MARA	• Polttoaineseoksen säätäminen (Zn) • Polttotehon parantamisen mahdollisuudet ja vaikutukset (DOC) • Tuhkan jälkikäsittelymenetelmien mahdollisuudet ja vaikutukset (Zn, DOC) • Kelpoisuuden varmistaminen erikseen lentotuhkalle

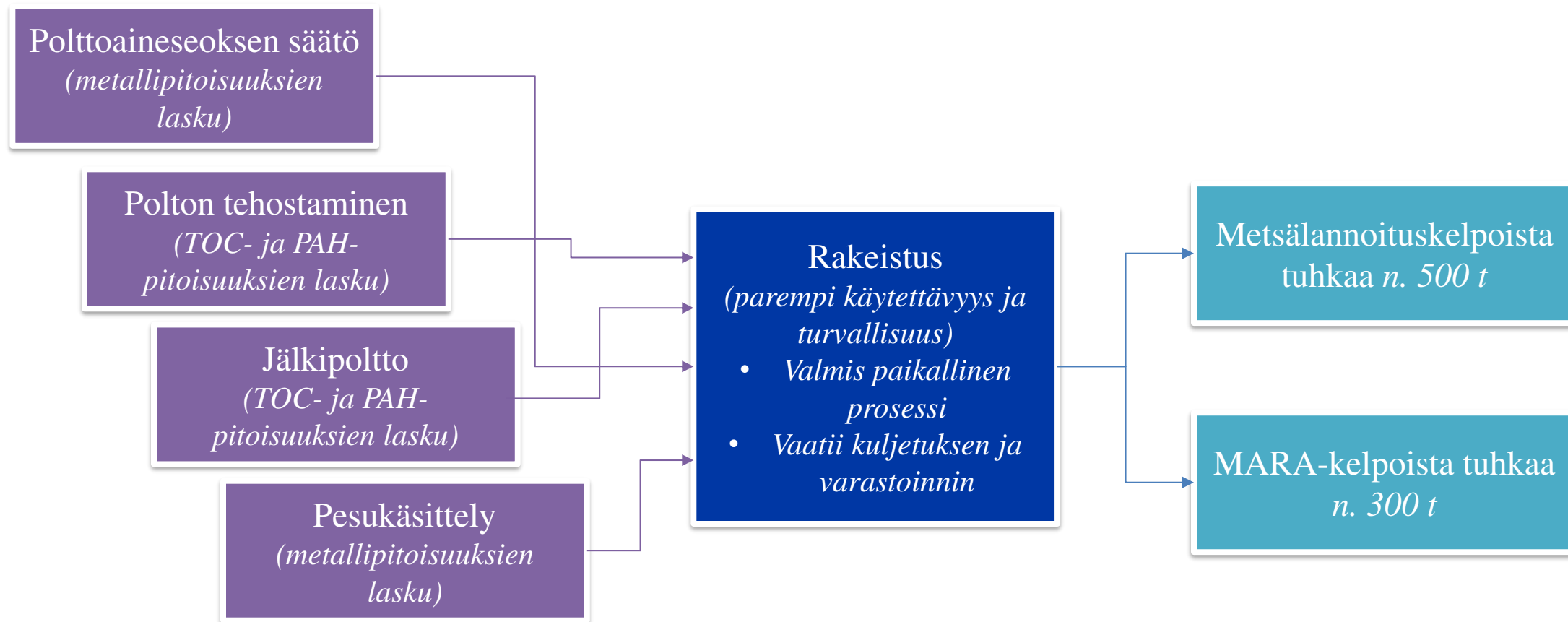
Kehitys- ja tutkimusaihiot

	Kehityssuunta	Tutkimusaihio
Metsälannoitus	• Tuhkien erikseen keräys • Erillisten tuhkakajakeiden analyysit	• Laadunparannusvaihtoehtojen tutkimus (vaikutusten arviointi, teknistaloudellinen arvio, pilotit)
MARA-käyttö	• Metsätiekäytön pilotointi	• Laadunparannusvaihtoehtojen tutkimus (vaikutusten arviointi, teknistaloudellinen arvio, pilotit)
Muu maanrakennuskäyttö (kaatopaikat)	• Tuhkien kuljetus kaatopaikkakohteisiin - Kohteiden etsiminen lähialueelta	• Laadunparannusvaihtoehtojen tutkimus (vaikutusten arviointi, teknistaloudellinen arvio, pilotit)
Betoni ja geopolymeerit sekä keraamiset materiaalit	• Yritysyhteistyö / T&K-hanke	• Tuhkien minerologisten ominaisuuksien selvitys suhteessa sovelluksiin • Reseptiikan kehitys
Jätevedenkäsittely	• Yritysyhteistyö / T&K-hanke	• Tutkimus tuhkien ominaisuuksista mahdollisista kohteista ja aktivointimenetelmistä
Biokaasuprosessi	• Yritysyhteistyö / T&K-hanke	• Tuhkan annostuksen ja vaikutusten tarkempi tutkimus

Yhteenveto

- Haasteista (raja-arvojen ylittyminen) huolimatta metsälannoituskäyttö monessa mielessä suositelluin käytötapa (mahdollisesti rinnakkain muiden sovellusten kanssa)
 - Tämä johtuu sekä suuresta tarpeesta markkinoilla ja lähialueilla että kiertotalousnäkökulmasta ja olemassa olevasta arvoketjusta
 - Tämä vaatii toimenpiteitä eri haitta-aineiden pitoisuuksien laskemiseksi
- Toinen potentiaalinen käyttökohde on metsäteiden rakentaminen (MARA-käyttö)
 - Metsähallitus on kiinnostunut tutkimaan tätä asiaa yhdessä
 - Taivalkosken alueella on runsaasti Metsähallituksen ylläpitämiä metsäteitä, joista voisi löytyä sopivia kohteita
 - Osa tuhkista täyttää jo nyt metsätiekäytön vaatimukset
- Muita enemmän tutkimuksellisia käyttökohteita ovat ainakin rakennusmateriaalien valmistus (betoni, geopolymeerit, keramiikka), vedenpuhdistus sekä biokaasuprosessi
 - Näistä voi löytyä aihioita tutkimusyhteistyölle tai tulevaisuuden liiketoiminnalle

Esimerkki – Tuhkien jalostus ja lopputuotteet





macon

macon.fi