

Tuhkien muodostuminen Satakunnassa

Reroute Oy/Jenni Nurmi

Satakunnan lämpö- ja voimalaitosten energiantuotannossa käytettiin v. 2019 puupolttoaineita 1,153 milj. m³ (2,432 GWh). Turvetta käytettiin 725 GWh. Valtaosa energiantuotannosta tapahtuu puun ja turpeen yhteispolttona. Näiden tavanomaisten polttoaineiden lisäksi voimalaitokset pyrkivät käyttämään sellaisia polttoaineita, jotka sopivat heidän laitokselleen teknisesti ja taloudellisesti. Suurissa voimalaitoksissa käytetään usein tavanomaisten polttoaineiden lisäksi laatuluokiteltuja SRF- ja REF-kierrätyspolttoaineita seospolttona (5 % - 30 % kokonaisuudesta.) Lisäksi Satakunnassa toimii neljä rinnakkaispolttolaitosta, joissa jätteenpolto on suuremmissa osassa energiantuotannossa. Myös rinnakkaispolttolaitoksissa hyödynnetään puuta ja turvetta jätteenpolton ohessa erityisesti kausivaihtelujen tasaamisessa (1).

Polttamalla tuotetun energian tuotannossa syntyy aina sivuvirtana tuhkaa. Biomassan poltossa syntyy tyypillisesti 0,1–5 % tuhkaa, mutta joillekin (pelto)biomassoille on raportoitu jopa 40 % tuhkaosuuksia. Suomessa käytettävässä puuperäisessä biomassassa tuhkan osuus on tyypillisesti noin 1 %, vaihdellen 0,1–2 % välillä puulajista riippuen. Turpeessa on tuhkaa noin 5 % eli yli kaksinkertainen määrä puuhun verrattuna. (2) Kierrätyspolttoaineiden tuhkapitoisuus vaihtelee 5–15 % välillä (3). Polttotekniikka vaikuttaa syntyvän pohja- ja lentotuhkan suhteelliseen määrään. Arinapoltossa syntyy pohjatuhkaa enemmän kuin lentotuhkaa. Leijupetipoltossa lentotuhkan osuus taas on huomattavasti pohjatuhkan osuutta suurempi. (4.)

Muodostuvan tuhkan määrä suhteessa polttoaineen massaan on useille biomassoille ja kierrätyspolttoaineille huomattavasti pienempi kuin aiemmin käytetyn kivihiilen poltossa muodostuva tuhkan määrä, mutta suuren mittakaavan voimalaitoksissa muodostuu edelleen merkittäviä määriä tuhkaa (2.)

Ympäristölupavelvolliset yritykset toimittavat lakisääteiseen raportointivelvollisuuteensa perustuen ympäristöhallinnon YLVA-valvontarekisteriin tiedot toiminnassa syntyneistä ja käsitellyistä tuhista (5). Raportointitietoja on hyödynnetty mm. Luonnonvarakeskuksen ja Tapio Oy:n Biomassa-atlaksessa, jonka tuoreimmat saatavilla olevat raportointitiedot voimalaitostuhkien osalta ovat vuodelta 2017. (6)

Raportoitujen määrien mukaan Satakunnassa muodostuu tuhkia noin 89 000 tn/vuosi. Tästä kokonaismäärästä arviolta noin puolet muodostuu pohjatuhista, kuonista ja kattilatuhista. Noin 40 % tuhista on rinnakkaispolton lentotuhkaa. Raportoitujen tietojen perusteella Satakunnassa muodostuvista tuhista vain noin 5 % on puhtaasta puun ja turpeen seospoltosta muodostuvaa tuhkaa. (6.) Raportointi on kuitenkin vielä jokseenkin puutteellista, ja ilmoitetut EWC-(jäte)koodit tulkinanvaraisia. Kokonaismäärää voidaan kuitenkin pitää oikeasuuntaisena.

Lähtökohtaisesti tuhka on aina jätettä, joka voi olla joko vaarallista tai tavanomaista sen mukaan, onko sillä tiettyjä vaaraominaisuuksia. Tämä tulee huomioida kaikessa tuhkan hyödyntämisessä. (2.) Esimerkiksi tuhkien sijoittaminen maaperään ilman asianmukaisia ympäristölupa- tai ilmoitusmenettelyä on ympäristörikos.

Tuhkien laatu vaihtelu ja hyödyntämisen reunaehdot

Tuhkasta puhutaan usein yhtenä jakeena, mutta todellisuudessa tuhkat ovat useiden tuottajien erilaisista raaka-aineista erilaisissa prosesseissa tuottama joukko erilaatuisia tuhkia. Tuhkan määrään, laatuun ja luokitteluun vaikuttavat mm. poltettavat raaka-aineet, mistä osasta kattilaa tuhka on kerätty (lento- vai pohjatuhka) sekä polttoprosessi. (7.)

Tuhkan laatu vaihtelee myös samalla laitoksella. Laitosten polttotekniikasta ja kattiloista johtuen tuhkan sisältämien raskasmetallien ja muiden haitta-aineiden pitoisuudet saattavat vaihdella hyvin paljon ja ylittää eri käyttömuodoille asetetut raskasmetallipitoisuuksien raja-arvot. Samoin tuhkien tekninen laatu saattaa vaihdella, mikä voi aiheuttaa niiden hyödyntämiseen liittyviä ongelmia. (7)

On huomioitava, että vaikka poltettava aines olisi periaatteessa puhdasta, tavanomaistenkin polttoaineiden tuhkissa voi esiintyä huomattavan korkeita pitoisuuksia haitallisia aineita, eikä hyötykäytön raja-arvoja aina saavuteta. Jos puun kasvuympäristö sisältää raskasmetalleja tai radioaktiivisia aineita tai poltossa käytetään kiellettyjä raaka-aineita kuten maalattua tai käsiteltyä puuta, haitalliset aineet rikastuvat puun poltossa tuhkaan. Turpeessa haitta-aineiden määrä vaihtelee kallioperän mukaan, ja on yleensä suurempi, kun turpeen nostosyvyys kasvaa. (8.) Osa puu- ja turvetuhkista joudutaan edelleen sijoittamaan kaatopaikoille tai teollisuuden läjitysalueille korkeiden raskasmetallipitoisuuksien ja radioaktiivisuuden vuoksi. (9.)

Seospolton tuhkien kemiallinen koostumus ja siten myös ympäristökelpoisuus sekä tekniset ominaisuudet vaihtelevat käytettyjen polttoainekoostumusten perusteella, jonka vuoksi seostuhkia ei voida yksiselitteisesti todeta sopivaksi tai sopimattomaksi tiettyyn tarkoitukseen. Esimerkiksi seospolton lentotuhkan kromi-, kupari- ja arseenipitoisuudet voivat nousta huomattavasti, jos polttoaineen joukossa on pienikin määrä kyllästettyä puuta, mutta toisaalta tutkimukset viittaavat siihen, että poltettaessa hyvälaatuista kierrätyspolttoainetta biopohjaisen pääpolttoaineen seassa, tuhkan ominaisuudet eivät merkittävästi eroa pääpolttoaineen tuhkista. (10.) Hyvälaatuista A- ja B-luokan (yli 1 MWTH laitokset) kierrätyspuuta voidaan polttaa biomassojen seassa ilman, että tuhkan lannoitekelpoisuus vaarantuu. (11.) Kierrätyspolttoaineiden poltto ei siis suoraan tee tuhkista hyödyntämiskelvottomia, vaan tuhkaerien ympäristökelpoisuus tulee todeta eräkohtaisesti.

Lannoitelainsäädännössä on määritelty, että tätä heikompileatuisten kierrätyspolttoaineiden ja jätteiden poltto estää tuhkien metsälannoitekäytön, mutta näiden tuhkien hyödyntäminen esimerkiksi maanrakentamisessa on mahdollista. Tiettyjä rajoitteita kuitenkin on: rinnakkaispolton lentotuhkia ei voida hyödyntää lannoitteena eivätkä rinnakkaispolttolaitosten lentotuhkat ja petihiekat kuulu myöskään Valtioneuvoston asetuksen ”eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa (843/2017) piiriin, mikä vaikeuttaa niiden hyödyntämistä. (12.) Käytännössä loppusijoitus ympäristöluvallisille käsittelyalueille tai käsittelylaitoksiin on ainoa vaihtoehto rinnakkaispolton lentotuhkille.

Tuhkien hyötykäyttö kaskadiperiaatteen mukaisesti

Tällä hetkellä suurin osa tuhkien hyödyntämisestä on voimalaitosten omaa rakentamista jäteveron välttämiseksi. Tuhkista rakennetaan esimerkiksi varastokenttiä tai kaatopaikkojen peiterakenteita. Vaihtoehtoisesti voimalaitokset tarjoavat tuhkaa hyödyntäjille siten, että hyödyntäjä saa jokaisesta kuormasta vastaanottomaksun. Jalostamattomalla tuhkalla on siis negatiivinen arvo, mutta teollisen jalostuksen läpikäyneistä tuhkalosteista on mahdollista saada markkinoilla ns. pluseuroinen hinta. Kiinnostus biopoltossa syntyvien tuhkien uusien ja tehokkaampien kierrätysmenetelmien ja käyttösovellutusten kehittämiseksi on kasvanut viime vuosina biopolttoaineiden yhä lisääntyvän käytön ja kasvaneiden jätteidenkäsittelykustannusten seurauksena. (13.) On myös nähtävissä, että Suomeen muodostuu teollisia toimijoita, jotka hyödyntävät tuhkaa raaka-aineena. Esimerkiksi Ecolan Oy:llä on Nokialla ja Viitasaarella tehtaat, joissa jalostetaan metsälannoitukseen ja infrarakentamiseen soveltuvia materiaaleja yhteensä noin 100 000 tn vuodessa. Ecolanin tuotantolaitoksille viedään Satakunnan itä- ja pohjoisosista metsälannoitteeksi soveltuvaa puun ja turpeen poltosta syntyvää lentotuhkaa. Määrät ovat olleet toistaiseksi pieniä, 300 tn/v, mutta määrä on kasvamassa 800 tonnin tasolle. Tuhkien lannoite- ja ympäristökelpoisuuden parantuaessa vastaanottomääriä voidaan kasvattaa merkittävästi.

Tuhkan käyttömahdollisuuksien edistämiseksi on tärkeää kehittää edelleen tuhkan eri jakeiden lajittelua eri käyttötarkoituksiin jo hyvin varhaisessa vaiheessa tuhkan syntypaikalla. Parempilaatuinen ja ravinnepitoisin tuhka kannattaa hyödyntää lannoitteena, ja vähäravinteiset tuhkat ohjata muuhun käyttöön. Biotuhkien uudelleen käyttöä onkin esitetty mm. lisäaineena kompostoinnissa, raaka-aineena tiilien valmistuksessa, asfaltin ja betonin raaka-aineena, kaatopaikkojen rakennusaineena, maa-aineksen stabiloinnissa, metsäteiden pohjarakennusaineena sekä maisemoinnin raaka-aineena. (14.) Haastavaksi tilanteen tekevät tuhkien suuret laatuvariaatiot samankin laitoksen sisällä. Tähän voitaisiin kuitenkin helposti vaikuttaa jo polttolaitoksella: esimerkiksi pienillä polttokattilaa lisättävillä mineraaliannoksilla voidaan vaikuttaa huomattavasti tuhkaan laatuun, jopa muuttaa se täysin erilaiseksi. (15.)

Kun puun osuus polttoaineessa kasvaa, kalsiumin, kaliumin, magnesiumin, kadmiumin, mangaanin, sinkin sekä sulfaatin pitoisuudet syntyvässä tuhkassa nousevat. Puuperäisestä tuhkasta liukeni enemmän kalsiumia, kaliumia, sulfaattia ja kromia kuin turvetuhkasta. Kalsiumin liukoisuuden kasvaessa myös pH-arvo nousi, mikä voi vaikuttaa metallien liukoisuuskäyttäytymiseen eri tavoin aineesta riippuen. Turpeenkäyttö puolestaan lisäsi arseenin, alumiinin, molybdeenin sekä hieman myös nikkelin pitoisuuksia, ja sitä kautta myös näiden liukoisuudet kasvoivat. (16.)

Tällä hetkellä hyödyntämisen kannalta helpoimpia jakeita ovat karkearakeiset pohjatuhkat, sillä tuhkan pienimmissä hiukkasissa reaktiivisten, liukoisten aineiden sekä raskasmetallien konsentraatio on kaikkein suurinta. Hienompijakoisen lentotuhkan hyödyntämiskelpoisuutta voitaisiin edistää mm. sähkövaraukseen tai ilmavirtaukseen perustuvien luokittimien avulla, jolloin lentotuhkasta voitaisiin erottaa pienimmät partikkelit, joihin on sitoutunut eniten haitta-aineita, ja raskasmetalleja. Pienten partikkelien erottaminen muusta tuhkasta on tehokas keino vähentää tuhkan haitallisuutta ja pienentää haitallisen tuhkan määrää. (15.)

Puu-turvetuhkalle tehdyssä tutkimuksessa ilmaluokittelun avulla saadussa karkeammassa tuhkajakeessa esimerkiksi arseenin pitoisuus sekä kromin, molybdeenin ja sulfaatin liukoisuudet olivat huomattavasti käsittelemätöntä puu-turvetuhkaa alhaisemmat. (17.)

Potentiaali maarakentamisessa

Metsä- ja energiateollisuuden sivutuotteina syntyvillä lentotuhkilla on huomattava maarakennustekninen hyötykäyttöpotentiaali useissa erilaisissa sovelluksissa. Tuhkien ja muiden uusiomateriaalien tarkoituksenmukaista hyödyntämistä maanrakentamisessa on pyritty edistämään ns. MARA-asetuksella (Vna 843/2017), joka mahdollistaa tuhkien hyödyntämisen kevyellä ja nopealla ilmoitusmenettelyllä, mikäli asetuksessa määritellyt ympäristökelpoisuuskaavat täyttyvät. Ympäristökelpoisuuden lisäksi tuhkan on oltava tasalaatuista, ja sen on täytettävä sille asetetut tekniset laatuvaatimukset. (12.)

Jalostamattomat tuhkat läpäisevät kuitenkin valitettavan harvoin annetut haitta-aineiden liukoisuusrajat, ja varsinkin ns. peitetyn rakenteen, eli murskepintaisen rakenteen, raja-arvoja on lähes mahdoton saavuttaa ilman tuhkien ikäännyttämistä. Eniten ongelmia tuottavia liukoisia haitta-aineita ovat kromi, molybdeeni, seleeni ja sulfaatti. Nämä ylittyvät eri polttoaineilla. (16.) Ikäännyttäminen tasaa haitta-aineiden liukoisuutta, mutta samalla voidaan menettää tärkeitä lujittumisominaisuuksia. Tuhkista suurin osa hyödynnetään edelleen ympäristölupamenettelyllä, mikä lisää kustannuksia sekä aiheuttaa aikataulullisia haasteita lupaprosessien keston vuoksi. (18.)

Maarakentamisessa seospolton tuhkien hyödyntäminen on epätasalaatuisuuden vuoksi haastavampaa esimerkiksi kivihiilituhkiin verrattuna. Alempiarvoisissa käyttökohteissa, kuten metsäteissä, voidaan kuitenkin käyttää myös seostuhkia. Maanrakentamisessa pohjatuhkia voidaan käyttää kuten luonnon

hiekkaa, mutta lentotuhkat vaativat enemmän huolellisuutta. (9.) Lentotuhkan suuren hienoainespitoisuuden johdosta materiaali on herkkä veden vaikutuksille, ja seostuhkien lujittumisominaisuudet ovat vaihtelevia. (4.) Seospolton lentotuhka on kuivana useimmiten lujittuvaa, mutta jo lyhytkin varastointiaika kosteana näyttää heikentävän turvetuhkan lujittumiskykyä merkittävästi, jolloin sen hyödyntämispotentiaali heikkenee. (18.) Maarakentamisessa tuhkien lujittumisominaisuuksilla on suuri vaikutus tehdyn rakenteen laatuun ja pitkäaikaiskestävyyteen.

Tapio Oy:n koeohteilla *tuhkan käytöstä esimerkiksi metsätienrakennuksen materiaalina on saatu hyviä kokemuksia.* (7.) Samoin biotuhkien käytöstä tierakenteiden stabiloinnissa on kokemusta jo usean vuoden ajalta, mutta tuloksia ei voida suoraan yleistää, koska energialaitosten tuhkat ja maarakennuskohteissa käytettävät maaperät ovat yksilöllisiä. (13.) Tuhkan potentiaali on kuitenkin tunnistettu, sillä tuhka on hyvin eristävää, ja mahdollistaa routimattomien rakenteiden tekemisen.

Metsätierakenteissa tuhkaa voidaan käyttää ns. massiivituhkarakenteena, jossa tuhkaa käytetään sellaisenaan, ja rakennekerrokset rakennetaan tiivistämällä tuhka optimivesipitoisuudessa 30–50 cm paksuisina kerroksina. Liian suurella vesimäärällä tiivistystyö ei onnistu, vaan tuhkamateriaali liettyy ja työ keskeytyy. Lentotuhkien optimivesipitoisuuteen vaikuttaa merkittävästi polttoprosessissa käytetty polttoaine sekä tuhkan ikä. MARA-asetuksen vaatimuksen mukaisesti tien pinta peitetään 10 cm kerroksella luonnonkiviainesta.

Toinen MARA-asetuksen mukainen käyttötapa on ns. tuhkamursketie, jossa sekoitetaan noin 20 painoprosenttia lentotuhkaa pintamateriaalina käytettävän kalliomurskeen sekaan, ja levitetään seosta 10 cm kerros metsätien pintarakenteeksi. Tuhkan lujittumisreaktion myötä seos muodostaa tiiviin ja kovan pinnan tiehen.

Potentiaali metsälannoituksessa

Puupolttoaineiden poltossa syntyvässä tuhkassa on eniten kalsiumin, magnesiumin ja kaliumin oksideja, kun taas turpeen tuhka sisältää paljon piistä, alumiinista ja raudasta muodostuneita oksideja. Puun ja turpeen seostuhka sisältää juuri näiden kuuden aineen yhdisteitä ja lisäksi rikkiä, mangaania, natriumia, raskasmetalleja ja jonkin verran palamatonta hiiltä. (17.) *Puun ja turpeen yhteispoltossa syntyvää tuhkaa voidaan yleensä käyttää lannoitteeksi, mikäli turpeen osuus on alle puolet.*

Puutuhka sisältää runsaasti fosforia ja kaliumia, mutta ei typpeä. Turvetuhka sisältää huomattavasti vähemmän ravinteita ja rakeistuu heikosti. Tällöin tuhkan ravinnesisältöä voidaan parantaa tarpeen mukaan lisäämällä rakeistuksen yhteydessä booria, typpeä, fosforia ja kaliumia.

Käsittelemätön tuhka pölyää, joten se ei sellaisenaan sovellu levitykseen. Sen tähden tuhka on rakeistettava. Menetelminä on itsekovetus (kastelu ja kuivattaminen) tai rakeistaminen laitoksilla. Tuhkaa suositellaan ojitettujen turvemaiden lannoitukseen. Lannoitettaviksi valitaan sellaisia kohteita, joissa kuivatus toimii eikä liika vesi rajoita puiden kasvua. Lannoitettavan alueen ojien on oltava kunnossa tai se kunnostusojitetaan lannoituksen yhteydessä. Tuhkalannoituksella saadaan pitkä vaikutusaika, 20 - 50 vuotta.

Tuhkan pH-arvo on 9–13. Kalkitusvaikutuksensa ja ravinnesisältönsä vuoksi tuhka soveltuu hyvin metsämaan pH:n nostoon ja monien ravinnehäiriöiden korjaamiseen sekä luonnollisesti palauttamaan takaisin puun mukana tulleet ravinteet. *Lannoitus vähentää maaperän happamuutta ja siten parantaa ravinteiden saatavuutta.*

Tutkimusten mukaan tuhka lisää puuston kasvua 2–6 kuutiometriä hehtaarilla vuodessa. Hyviä tuhkalannoituskohteita runsastyyppiset ja paksuturpeiset metsäojitusalueet, joilla fosforin ja kaliumin puute rajoittaa puuston kasvua.

Nämä kasvupaikat ovat alkujaan olleet nevaisia ja märkiä soita. Tuhkalannoitus soveltuu myös vanhojen turvetuotannosta poistettujen alueiden metsityslannoitukseen. Suositeltavat käyttömäärät vaihtelevat kohteista ja tuhkan laadusta riippuen 3 – 8 tonniin hehtaarilla. Levitys voidaan tehdä helikopterilla tai metsätraktorilla maalevityksenä. Maalevitys on parhaiten toteutettavissa harvennus- ja ojalinjahakkuun jälkeen talvella roudan aikaan. Kantavilla kohteilla maalevitys voidaan tehdä myös kesällä.

Lähteet:

1. Pöyry Management Consulting, 2015. Jätteen energiahyödyntäminen Suomessa
2. Tuhkalle tehokasta hyötykäyttöä, 2019. [Karlström](#) ja [Eriksson](#), Åbo Akademi
3. Jätteen rinnakkaispolton rooli ja rajaehdot Suomen jätestrategiassa, 2016. Koskinen
4. Tuhkarakentamisen käsikirja 2012. Energiantuotannon tuhkat väylä-, kenttä- ja maarakenteissa. Ramboll.
5. YLVA-raportointi ja valvonnan maksullisuus 2018, Lahtela. Ympäristöministeriö [ile:///C:/Users/Omistaja/Downloads/Lahtela,%20YLVA%20raportointi%20ja%20valvonnan%20maksullisuus.pdf](file:///C:/Users/Omistaja/Downloads/Lahtela,%20YLVA%20raportointi%20ja%20valvonnan%20maksullisuus.pdf)
6. Biomassa-atlas. Luonnonvarakeskus. <https://biomassa-atlas.luke.fi/>
7. Tuhka osana kestäväää liiketoimintaa, 2020. Joensuu et al. Tapio Oy.
8. TUHKAN KÄYTTÖ METSÄLANNOITTEENA, 2012. Huotari
9. Polton sivutuotteet. 2015.C Energiäteollisuus
<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/ymparisto-ja-kestava-kehitys/ymparistovaikutukset/polton-sivutuotteet>.
10. Seospolton tuhkien koostumus ja ympäristölaadunvarmistusjärjestelmä. Ylijoki et al. VTT
<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2002/T2141.pdf>
11. Tuhkalannoitteet. Ruokavirasto.
<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/kierratysravinteet/tuhkalannoitteet/>
12. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteen hyödyntämisestä maarakentamisessa 2018.

13. Biopolton lentotuhkat, 2016. Sarkkinen.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/114609/Geosynergy_julkaisu_Biopolton+lentotuhkat.pdf?sequence=1
14. Tuhkan hyötykäyttöä kehitetään, 2019. Joensuu, Tapio Oy.
15. Lentotuhkat rakentamiseen, 2019. Ohenoja. Oulun Yliopisto.
<https://www.uusiouutiset.fi/lentotuhkat-rakentamiseen/>
16. Puu- ja turvetuhkan hyötykäyttökelpoisuuteen vaikuttavat tekijät pienillä polttolaitoksilla, 2015. Kalliokoski
<https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/117875/Diplomity%C3%B6%20Maisa%20Kalliokoski%202015.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
17. Energiantuotannon tuhkan jalostaminen maarakennuskäyttöön, 2009. Korpijärvi et al., VTT.
18. Selvitys eräiden jätteiden ja rejektien käsittelykapasiteetin sekä muutaman jäteperäisen materiaalin markkinan tilanteesta Suomessa, 2018. Ylijoki et al.