

TAPIO

Selvitys



Metsäteiden tuhkarakentaminen ja tuhkarakenteet

Samuli Joensuu, Ilppo Greis, Ari Kotiharju, Jani Antila ja Maija Kauppila

15.12.2020

Tämä selvitys on tehty Maaseudun kehittämisvaroin rahoitetussa ARVO-TUHKA-hankkeessa. Mukana hankkeessa olivat Lahden ammattikorkeakoulu (hallinnoija), Tapio Oy ja Päijät-Hämeen metsänhoitoyhdistys. Uusi MARA-asetus mahdollistaa tuhkan hyötykäytön metsäteillä. ARVO-TUHKA-hankkeen tavoitteena oli uusien tuhkan käyttömahdollisuuksien, tiedon ja osaamisen jalkauttaminen Päijät-Hämeen maakunnassa, mutta ohjeisto on sovellettavissa valtakunnallisesti. Hanke alkoi 1.6.2018 ja se suunniteltiin päättyväksi 30.10.2020. Hanke sai jatkoaika 31.12.2020 saakka. Hanke sisälsi kolme työpakettia:

1. Uuden lainsäädännön mahdollisuudet ja tuhkan hyödyntämisen arvoketjut
2. Tuhkan uusien maarakenteiden pilotointi ja monitorointi
3. Uusien toimintatapojen kustannustehokkuus ja skaalautuvuus

Tämän dokumentin aineistona on käytetty aiemmin Tapion 2011-2014 vetämällä TuhkaTie-hankkeella toteutettujen testiteiden tuloksia. Hankkeella aloitettujen vedenlaadun ja kantavuuden seurantaa on voitu jatkaa Lahden ammattikorkeakoulun vetämällä ARVO-TUHKA-hankkeella. Tässä dokumentissa on esitetty suosituksia käytännön toimijoille tuhkan käytöstä metsätien rakennusmateriaalina. Suositukset perustuvat edellä mainituissa hankkeissa tuotetun vedenlaadun ja kantavuuden pitkäaikaisseurannan tuloksiin.

Kansikuva: Tommi Tenhola

Tiivistelmä

Tähän julkaisuun on koottu kokemuksia tuhkan käytöstä metsätien rakennusmateriaalina. Kokemukset ovat suositusten muodossa. Julkaisussa kuvattu toimintamalli havainnollistaa tuhkan käytön liittymistä normaalin metsätienrakennuksen eri vaiheisiin. Julkaisuun on pyritty kokoamaan tämän hetken rakennustekniset käytännöt sekä kuvattu vaiheittain eri tekniset vaihtoehdot. Tuhkan käytössä on haasteita, mutta tuhalla rakennetut tiet ovat kantavia ja rakenteeltaan kestäviä.

Julkaisuun on koottu:

1. TuhkaTie-hankkeen tuloksena tuotetut tuhkarakennusvaihtoehdot, jotka on esitetty Metsätehon Tienormeihin.
2. Tämän hetken kokemukset ja mittaustulokset tuhcateiden kantavuuksista sekä tietoa tuhkan käytöstä aiheutuvista ympäristövaikutuksista.

Sisällys

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	5
2 METSÄTEIDEN TUHKARAKENTAMINEN JA -RAKENTEET	6
3 TUHKATEIDEN RAKENNE- JA KERROSPAKSUUSSUOSITUKSET	24
4 TUHKATEIDEN KANTAVUUSTULOKSIA	27
5 TUHKAN VAIKUTUKSET POHJAVETEEN	31
6 KOKEMUKSIA TUHKATEISTÄ	32
7 TUHKARAKENTEEN KUNNOSSAPITO	34
8 RIL-OHJEITA TUHKARAKENTAMISESTA	35

1 Johdanto

Kiertotalous määritellään toiminnaksi, joka pyrkii maksimoimaan tuotteiden ja materiaalien sekä niihin sitoutuneen arvon kiertoa taloudessa mahdollisimman pitkään. Kiertotaloudessa tavoitteena on, että materiaalit käytetään mahdollisimman tarkkaan ja syntyy mahdollisimman vähän jätettä. Tuhka on kiertotalouden oivallinen esimerkki. Metsä- ja energiateollisuudessa syntyy huomattava määrä, arvioiden mukaan lähes 600 000 tonnia puu- ja turvetuhkaa vuodessa. Kaikkiaan erilaisia tuhkia syntyy lähes 1,5 miljoonaa tonnia vuodessa. Puu- ja turveperäinen biotuhka sisältää runsaasti hyödyllisiä ravinteita, joiden palauttaminen metsään on sekä metsänkasvatuksellisesti että ekologisesti perusteltua. Sellaisia tuhkia, jotka eivät sovellu lannoitekäyttöön kannattaa taas hyödyntää esimerkiksi maanrakennukseen. Tulevaisuuden tavoitteena onkin, että sopivalla fraktioinnilla tuhkat voidaan lajitella eri käyttötarkoituksiin. Tällöin nämä eri käyttömuodot eivät kilpaile toistensa kanssa raaka-aineesta.

Tuhka on jätettä, jonka kaatopaikkamaksu on 70 euroa tonnilta. Tuhka kannattaakin ottaa hyötykäyttöön, ja metsäteiden rakentaminen on yksi tuhkan mahdollisista hyötykäyttökohteista. Tuhkaa käyttäen metsäteistä on havaittu tulevan tavanomaista kantavampia ja pitkäikäisempiä.

Maanrakennusasetus eli ns. MARA-asetus sallii nykyään tuhkan käyttämisen metsäautoteillä joko peitetyn patjarakenteena tai tuhkamurskeesta tehtynä päällysrakenteena ilmoitusmenettelynä. Hankkeen aikana kuitenkin havaittiin, että ilmoitusmenettelyäkin olisi vielä syytä sujuvoittaa.

Tähän julkaisuun on koottu niitä kokemuksia, joita on saatu Tapion vetämässä TuhkaTie-hankkeessa (2011-2014) ja sen jatkona olleella Lahden ammattikorkeakoulun vetämällä ARVO-TUHKKA-hankkeella (2018-2020) tuhkan käytöstä metsätien rakennusmateriaalina. Kokemukset on vedetty yhteen suositusten muodossa. Luvussa 2 kuvatus toimintamallin tarkoituksena on havainnollistaa tuhkan käytön liittymistä normaalin metsätienrakennuksen eri vaiheisiin. Toimintamallilla halutaan rohkaista toimijoita hyödyntämään kierrätettäviä materiaaleja, kuten tuhkaa myös metsäteillä. Hyvin varhaisessa vaiheessa suunnittelun polkua, ai-
van ensimmäisissä yhteydenotoissa maanomistajien suuntaan, on hyvä keskustella tieosakkaiden kanssa, mitä vaihtoehtoja käytettävien materiaalien suhteen on käytettävissä. Tuhkan osalta ainakin kaikkien niiden osakkaiden suostumus on saatava kirjallisena, joiden alueella tuhkaa aiotaan käyttää.

Tuhka on mielenkiintoinen, mutta samalla erittäin haastava materiaali. TuhkaTie-hankkeella saadut pitkäaikaiset kokemukset ovat rohkaisevia. Tulokset osoittavat, että tuhkan käytön seurauksena tiet ovat kantavia ja kantavuus voi jopa parantua iän myötä. Tuhka on kuitenkin vaativa materiaali ja kysyy ammattitaitoa suunnittelijoilta ja rakentajilta. Tuhkan käyttö tiemateriaalina kysyy lisää kustannuksia ja MARA-asetuksen mukainen ilmoitusmenettelykin lisää hankkeen byrokratiaa jonkin verran. Erityisesti kierrätyksestä kiinnostuneille toimijoille ja maanomistajille tuhkarakenteet ovat hyvä vaihtoehto. Lopputuloksena saatava rakenne vastaa kuitenkin tulevaisuuden haasteisiin puutavara-autojen painojen nousun osalta.

2 Metsäteiden tuhkarakentaminen ja -rakenteet

Tuhkan käytön vaiheet metsätien perusparannuksessa

1. Tiesuunnittelija laatii toimeksiannosta metsätienrakentamissuunnitelman tai perusparannussuunnitelman

- Mikäli tuhkan käyttö tienrakennusmateriaalina suunnitellaan hankkeeseen, on asia otettava esille heti suunnittelun alkuvaiheessa pidettävissä kokouksissa.

2. Tieosakkaiden kokouksessa kaikilta osakkailta kysytään suostumus tuhkan käyttöön tienrakennuksen materiaalina

- Tuhkan käyttöön vaikuttavat oleellisesti siitä muodostuvat kustannukset suhteessa hyötyihin
- Suunnittelijan on osattava perustella tuhkan käytöstä aiheutuvat hyödyt, koska käyttö saattaa kohdata vastustusta ja ennakkoluuloja

3. Tietoa tuhkan tuottajista

- Tiesuunnitelman tekijä saa tietoa lähellä sijaitsevista tuhkan tuotantolaitoksista ja tuotantomääristä sekä tuhkan tuottajista:
 - Biomassa-atlas -karttapalvelusta
 - Materiaalitori -palvelusta
 - Erilaisista tuhkaprojekteista esimerkiksi Tapion verkkosivuilta
 - UUMA-hankkeiden verkkosivuilta
 - Oman verkoston ja aktiivisuuden kautta

4. Tuhka

- Tuhkaa voidaan käyttää tierakenteissa joko massiivirakenteena rungon päällä tai päällysrakenteessa murskeeseen sekoitettuna
- Jotta tuhkaerä kelpaisi maarakentamiseen, siitä edellytetään MARA-asetuksessa määritellyllä tavalla otettuja ja analysoituja näytteitä
- Tuhka-analyysin tulokset määrittelevät tuhkaerän kelpoisuuden maarakentamiseen
- Tuhkamurskeseoksen aikaansaaminen edellyttää joko seoksen valmistusta murskeyrittäjän murskeasemalla tai väliaikaisella varastopaikalla
- Tuhkan pitkäaikaiseen hyödyntämiseen murskeasemalla pitää olla tuhkan käsittelyyn oikeuttava ympäristölupa
- Mikäli tuhkaa varastoidaan ja käsitellään väliaikaisesti, MARA-asetuksen mukaisessa rekisteröinti-ilmoituksessa ilmoitetaan tarvittavasta välivarastoinnista, sen sijainnista ja kestosta

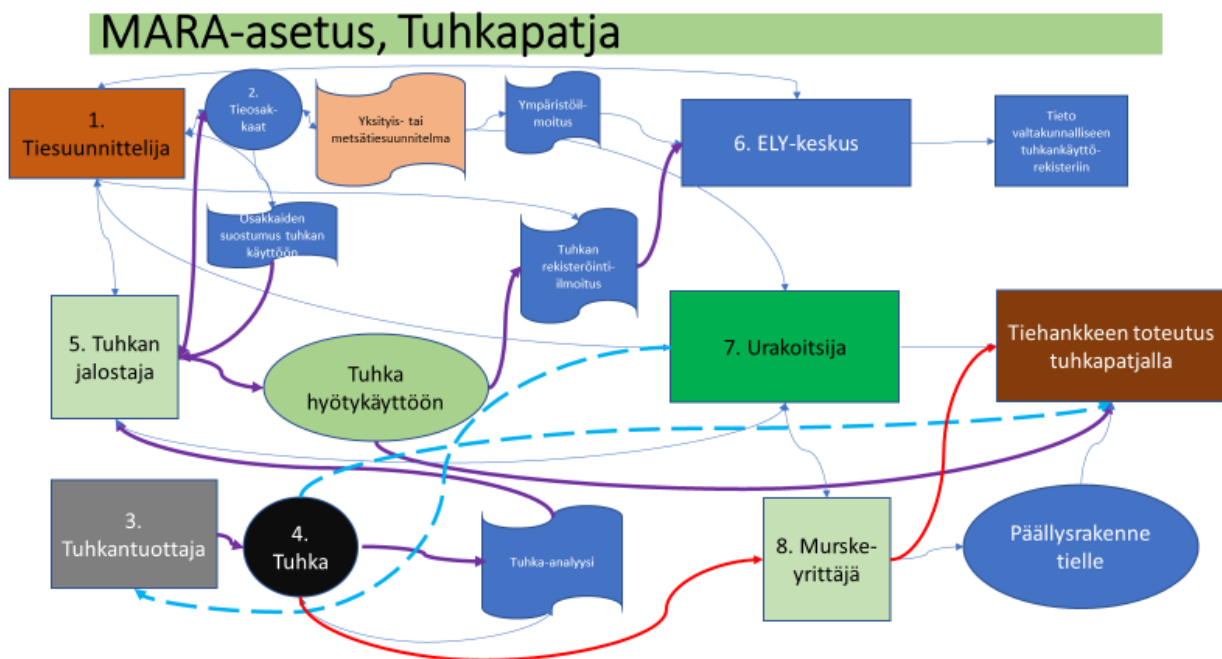
5. ELY-keskus

- KEMERA –rahoitus edellyttää metsätienrakennuksen yhteydessä ympäristölausuntoa ELY-keskuksesta. Omarahoitteisissa teissä tätä ei tarvita.
- Tuhkan käyttö tienrakennuksen materiaalina edellyttää joko MARA-asetuksen mukaista rekisteröinti-ilmoitusta paikalliseen ELY-keskukseen tai kunnalta haettavaa ympäristölupaa
- Tuhka-analyysin tulos ratkaisee, soveltuuko kyseinen tuhkaerä MARA-ilmoituksella käytettäväksi, vai onko haettava ympäristölupaa
- Ilmoituksen tekee normaalisti metsätien suunnittelija. Ilmoituslomake löytyy linkistä: <https://www.suomi.fi/palvelut/lomake/ilmoitus-ja-loppuraportti-jatteiden-hyodyntamisesta-maarakentamisessa-suomen-ymparistokeskus-syke/cb9c0483-7218-41f3-a352-b1fc1167a9ae>
- Ilmoituksen laadintaan on olemassa hyvä ohjeistus https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2018/mara-ilmoituksen-laatiminen_emmi-pajunen_10042018-003.pdf
- Ilmoituksen teko vaatii jonkin verran viitseliäisyyttä ja lisäpanostusta normaaliin tiesuunniteluun verrattuna
- Ilmoitukseen tarvitaan välivarastointiin luvan antaneen kiinteistön haltijan suostumus ja allekirjoitus tai valtakirja
- Ilmoituslomakkeen sisältö ohjaa täyttämässä
- Normaaliin tiehankkeeseen verrattuna ylimääräinen ELY-keskuksen käsittely on otettava huomioon myös toteutuksen aikataulua suunniteltaessa
- Eri ELY-keskusten ratkaisukäytännöissä voi olla eroja – tavoitteena on, että koulutuksella saataisiin toiminta yhtenäistettyä koko valtakunnan tasolla
- Käsittely voi viedä muutamasta päivästä muutamaan viikkoon
- ELY-keskuksessa tuhkan käyttö rekisteröidään paikkatietona tuhkatietojärjestelmään. Tätä varten ilmoituksessa tulee olla muun muassa käyttöpaikkana olevan tien alkuperä ja loppukoordinaatit

6. Urakoitsija, 7. Murskeyrittäjä, 8. Tuhkan jalostaja

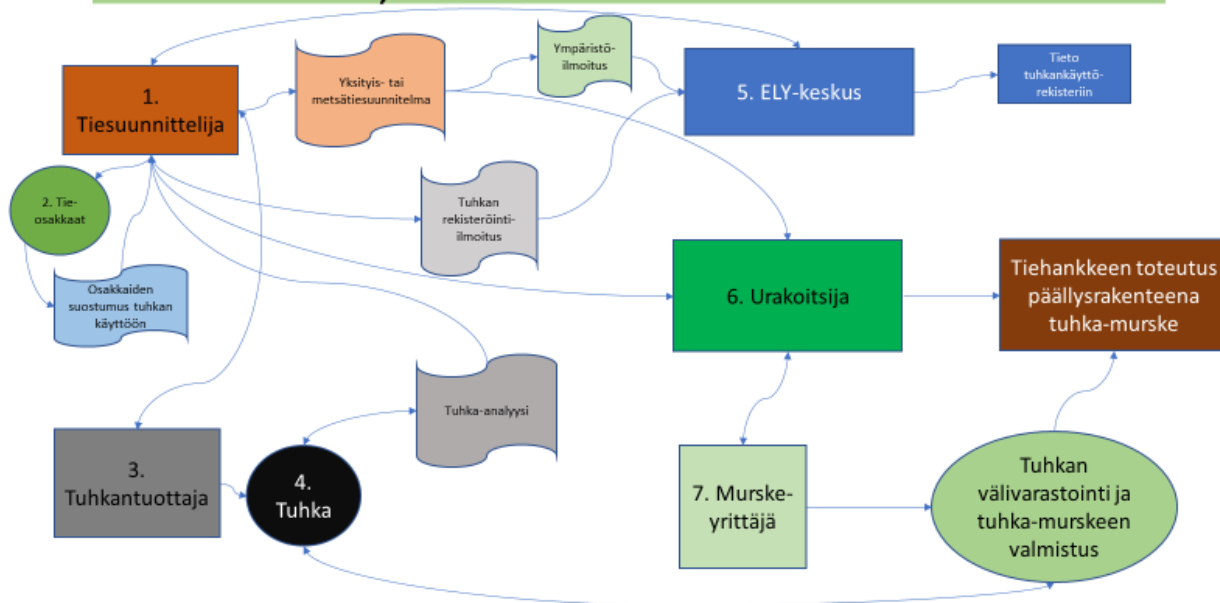
- Tuhkamurskeseoksen käyttöön on urakoitsijan kannalta useita vaihtoehtoja
1. Urakoitsija voi kehittää omaan toimintaansa parhaiten sopivan tavan sekoittaa tuhkan murskeen joukkoon.
 - sekoittaminen kauhakuormaajalla tai kaivinkoneella välivarastolla
 - ”kultivaattoriratkaisu” eli sekoittaminen tien pinnalla
 - muu kehittynempi tapa levittää ja sekoittaa tuhkamurskeen joukkoon
 2. Urakoitsija hankkii valmiin tuhkamurskeseoksen asiaan erikoistuneelta murskeyrittäjältä, joka on hankkinut ympäristöluvan tuhkan käsittelyä varten murskeasemallaan
 - Toiminnan kehittyminen vaatii innovaatiota tuhkamurskeseoksen valmistamiseen
 - Nykyiset sekoitusmenetelmät ovat hitaita eivätkä kovin tarkkoja tai liiketoiminnan kannalta taloudellisia

- o Kaikissa tapauksissa tarvitaan tuhkan varastointia varten joko MARA-asetuksen mukaiseen rekisteröinti-ilmoitukseen liittyvä väliaikaista varastointia varten tehtävä ilmoitus tai ympäristölupa
3. Yhteistyö tuhkan hyötykäyttöön erikoistuneen tuhkan jalostajan kanssa on yksi mahdollisuus saada tierakenteisiin laadultaan testattua materiaalia
- o Tuhkan jalostajalla on yleensä prosessit kunnossa ja myös ammattimainen ote tuhkan käsittelyssä
 - o MOTIVA:n ylläpitämä Materiaalitori voi tulevaisuudessa olla hyvä tietolähde kulloinkin eri tarkoituksiin paikallisesti tarjolla olevista tuhkaeristä.



Kuva 1 Tuhkan reitit ja MARA-asetukseen liittyvä hallinto massiivituhkarakenteen tilanteessa.

MARA-asetus, Tuhka-murske



Kuva 2 Tuhkan reitit ja MARA-asetukseen liittyvä hallinto tuhkamurskeseos tilanteessa.

Tuhkan hankinta

Maarakennuksessa käytettävä tuhka on aina analysoitava. Maarakennusasetuksen liitteessä 1 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843> on kuvattu analysoitavat aineet. Tuhkan tuottajan velvollisuutena on analyysien teettäminen. Näin varmistetaan, että sen haitta-aineet eivät ylitä sallittuja rajoja. Ennen käyttöä tuhkan yleensä annetaan seistä tuulelta suojatussa varastossa, jotta se ehtii saavuttaa riittävän kosteuden ja on siten helpommin käsiteltävää varsinkin puhtaana tuhkakerroksena massiivirakenteessa. Tuhkan ikääntyminen vähentää eräiden haitallisten aineiden liukoisuutta.

Myös käytettävän sora- tai kalliomurskeen tutkiminen on tärkeää oikean sekoitussuhteen saamiseksi. Tulos voi olla, että murskeesta ei puutu hienompia jakeita, jolloin tuhkan lisäystä ei välttämättä tarvitakaan. Tuhkaa voidaan tällöinkin käyttää kovan iskostuneen pinnan saamiseksi. Vaikka lentotuhkat sisältävät pääsääntöisesti hienoimpia jakeita, tuhkastakin kannattaa ottaa rakeisuuskäyrät, koska myös tuhkan koostumuksella on vaikutusta seosmateriaalien asettumiselle rakeisuuskäyriin. Tuhkan analysointi on siten yhtä tärkeää kuin murskeen tutkiminen etukäteen.

Tuhkan kaukokuljetus

Tuhkan paikalle tuomisessa tulisi hyödyntää tuhkan kuljetukseen riittävän kokoista kalustoa kuten esim. lämpölaitokselle menevän turpeen tai hakkeen paluukuljetuksia. Näissä ajoneuvoyhdistelmät on varustettu tuhkan kuljetukseen soveltuvilla ketjupurkaimilla. Tuhkan kuljetus ja levitys vaatii kuljettajalta korkeaa ammattitaitoa.

Työskenneltäessä tuhkan parissa esimerkiksi energiantuotantokattiloiden sisällä kunnostustöissä, tuhkien siirrossa, maarakennuksessa ja tuhkan lannoituslevityksessä, on huomioitava riittävä suojavarustus. Polttokattiloiden huollossa on varmistettava riittävä jäähdytys ja ilmastointi. Huolto tehdään parityönä. Muuten tuhkan parissa lyhyitä jaksoja työskennellessä tulee vähintään käyttää P3-tason hengityssuojainta,

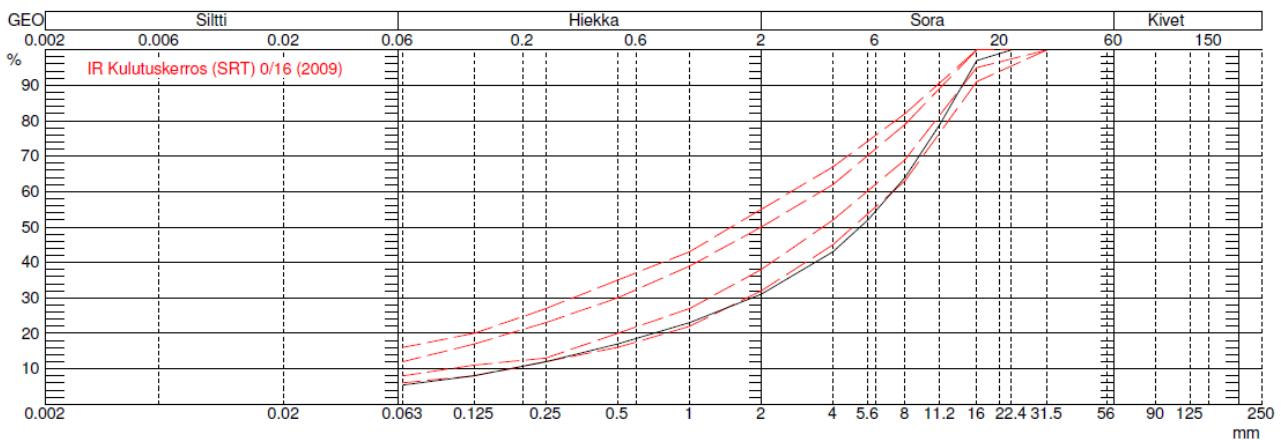
pitkävartisia suojakäsineitä ja muuta riittävää pölyltä ja roiskeilta suojaavaa työvaatetusta. Turpeen ja puun tuhkien REACH-rekisteröinti sekä Terveiden ja hyvinvoinnin laitos (THL) ovat antaneet työsuojeluohjeistuksia tuhkan käsittelystä.

Tuhkamurskeseos

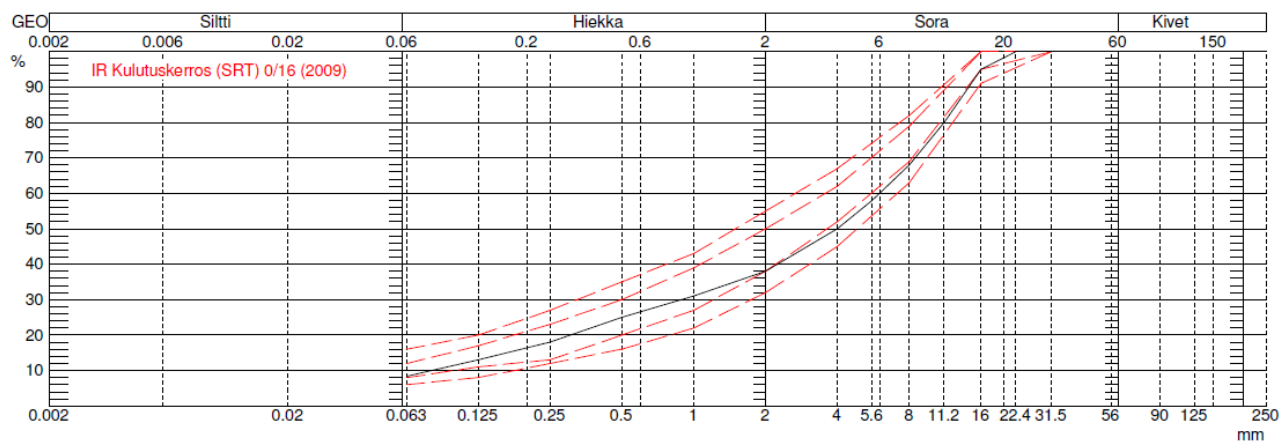
Tuhkamurskeseos muodostaa tuhkan kovenemisreaktiosta ja liikenteen tiivistävästä vaikutuksesta johtuvan iskostuneen päällystettä muistuttavan päällysrakenteen, jolle on mitattu hyviä kantavuuksia TuhkaTie-hankkeessa ja ARVO-TUHKA-hankkeessa. Tuhkakäsitellyillä teillä kantavuus paranee rakentamisesta kulu-
neen ajan myötä.

Tuhkamurskeseoksen käytössä on tärkeää etukäteen tutkia sekä tuhkan että murskeen koostumus. Murskeen rakeisuuskäyrän perusteella selvitetään sideaineena käytettävän tuhkan tarve, jotta päästään jakavan tai kulutuskerroksen materiaailta edellytetyille rakeisuuskäyrälle. Tuhkan analysointi taas on välttämätöntä paitsi MARA-ilmoitusta varten myös tuhkan rakeisuuden selvittämiseksi, jotta lopputuotteessa päästään oikealle rakeisuuskäyrälle. Alla olevissa esimerkeissä nähdään tuhkalisäyksen vaikutus Karstulassa TuhkaTie-hankkeella toteutettujen testiteiden tapauksessa.

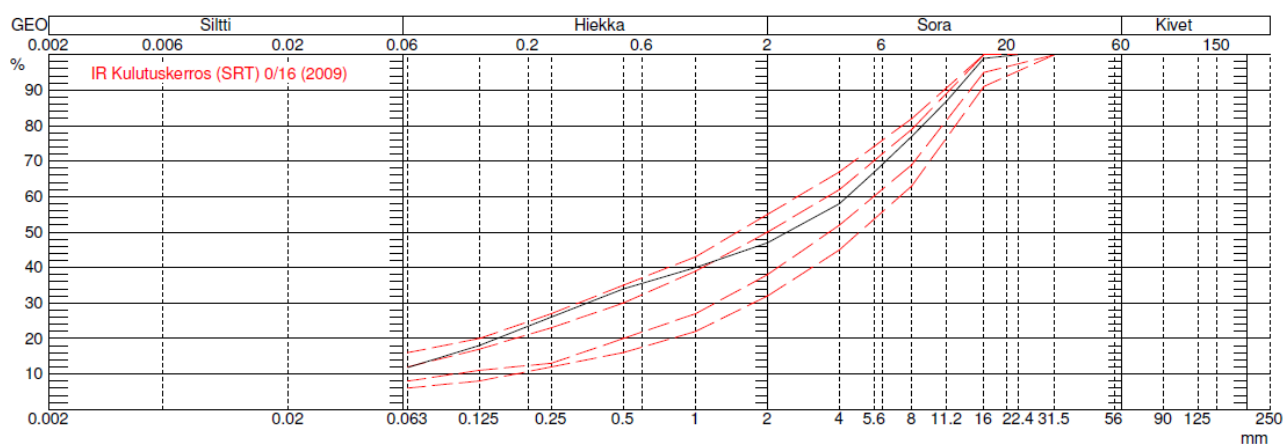
Kuvien 3-5 perusteella voidaan todeta, että kalliomurskeen rakeisuusluokassa 0-16 mm paras tulos saavutetaan lisäämällä murskeeseen 15 massaprosenttia tuhkaa. Kun tuhkaa lisättiin 30 massaprosenttia, hienoa ainesta tuli jo jossakin määrin liikaa seokseen. Kuvasta 6 nähdään, että kalliomurske 0-32 mm on jo sellaise-
naan hyvää ja riittävän sitoutuvaa. Pienikin, 15 massaprosentin tuhkalisäys aiheuttaa jo lievän hienoainek-
sen yliannostuksen.



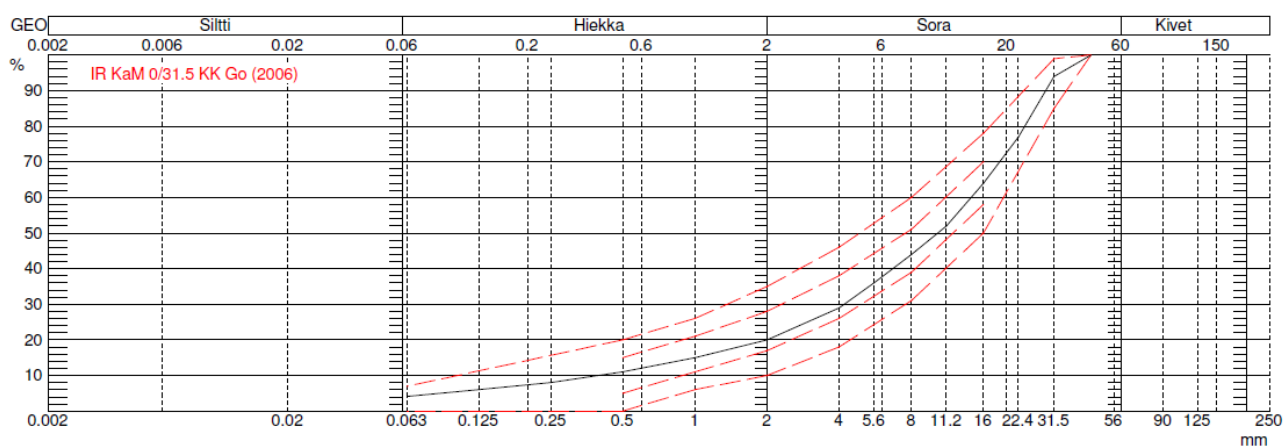
Kuva 3 Rakeisuuskäyrä (musta viiva) kalliomurskeesta (0-16 mm), johon ei ole lisätty tuhkaa. Punaiset käyrät ovat murskeen vaihteluväliä osoittavia käyriä. Murskeen hyvää sitoutuvuutta osoittavassa optimitilanteessa musta käyrä on punaisten käyrien keskellä.



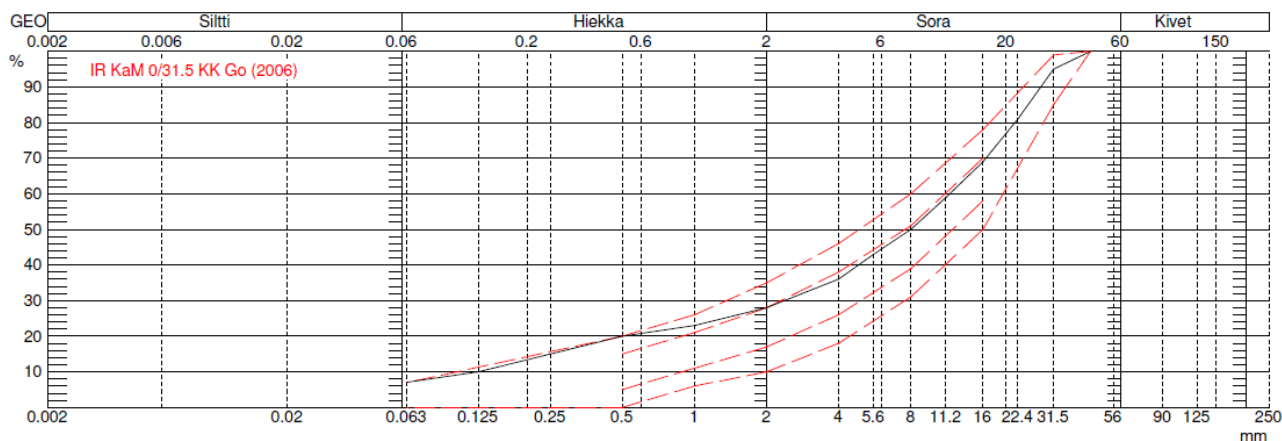
Kuva 4 Rakeisuuskäyrä (musta viiva) kalliomurskeesta (0-16 mm), johon on lisätty 15 massa-%:a tuhkaa.



Kuva 5 Rakeisuuskäyrä (musta viiva) kalliomurskeesta (0-16 mm), johon on lisätty 30 massa-%:a tuhkaa.



Kuva 6 Rakeisuuskäyrä (musta viiva) kalliomurskeesta (0-32 mm), johon ei ole lisätty tuhkaa.



Kuva 7 Rakeisuuskäyrä (musta viiva) kalliomurskeesta (0-32 mm), johon on lisätty 15 massa-%:a tuhkaa.

Tuhkamurskeseoksella käytetään samoja kerrospaksuuksia kuin normaalilla murskerakenteella. Kerrospaksuuteen vaikuttavat murskepäälysrakenteen tavoin pohjamaan kantavuusluokka, tien käyttötarkoitus ja liikenteen määrä. Myös tuhkapitoisuutta tulee vaihdella käyttökohteen ja murskeen raekoon mukaan. Oikea seossuhde ja murskeen raekoko määritetään pohjamaan kantavuuden ja odotettavissa olevan liikenteen perusteella. Taulukoissa 1-4 kuvataan suositeltavat tuhkamurskeseokset ja massiivituhkarakenteen kerrospaksuudet kussakin tavoitekantavuusluokassa. Kunnossapidossa ja etenkin vilkasliikenteisten teiden perusparannuksessa, missä on yleistäkin liikennettä, on hyväksi osoittautunut 0-16 mm:n murske 15–20 %:n tuhkasekoituksella.

Tuhkamurskeseosta kuljetettaessa ja käytettäessä tulee muistaa, että tuhkan tiivistämätön irtotiheys on n. puolet kiviainesmurskeen tiheydestä. Tonnilla tuhkamurskeseosta saadaan enemmän päällysrakennetta kuin pelkällä murskeella. Tiivistetyssä rakenteessa tuhkan tiheys voi olla n. 1,8 kg/dm³, kun kiviainesrakenteen tiivistetty tiheys on yleensä n. 2,5 kg/dm³. Mittauksilla juuri ja juuri havaittavan haitta-aineiden liukemisen ja näköhavaintoihin perustuvan pölyämättömyyden takia raportissa esitettävissä päällysrakennetaulukoissa tuhkamurskeseosta ei ole esitetty peitettäväksi. Myöskään MARA-asetuksessa tuhkamurskeseoksen peittämistä ei edellytetä metsäteillä.

Tuhkan sekoittaminen murskeeseen

Ensisijainen vaihtoehto on hankkia tuhkamurskeseos valmiiksi sekoitettuna, jos sitä on saatavilla paikkakunnalla. Tällöin toimittaja vastaa tuhkan käsittelyn ja sekoittamisen järjestelystä ja että materiaali on sitä mitä on tilattu. Tuhka on tällöin mahdollista sekoittaa jo murskausprosessissa.



Kuva 8 Tuhkamurskeseoksen valmistamista kauhakuormaajamenetelmällä välivarastolla. (Kuvat Tommi Tenhola)

Sekoitettaessa itse tuhkamurskeseosta, tulee varata riittävän suuret varastointitilat ja huolehtia, ettei tästä aiheudu haittaavaa pölyämistä. Ihannetapauksissa tuhkan ja murskeen sekoittaminen voi MARA-asetuksen mukaisesti tapahtua välivarastolla. Tämä välivarastointi tulee muistaa ilmoittaa MARA-ilmoituksessa. Ellei käytössä ole seulakauhaa tai muuta sekoituslaitetta, tuhka ja murske saadaan sekoitetuksi riittävällä tarkkuudella levittämällä kuormainvaa'alla varustetulla pyöräkuormaajan kauhalla kerroksittain tuhkaa ja mursketta ja siirtämällä seos tästä kuormaajan kauhalla toiseen kasaan, jolloin aineet sekoittuvat riittävästi. Vastaava sekoittamisoperaatio voidaan tehdä myös kaivurin kauhalla. Kumpikin menettely on riittävän tehokas ja nopea. Sekoittamalla tuhka ja murske omalla varastolla, voidaan tehdä tarvittava määrä päällysrakennemateriaalia kerralla, jolloin ei tarvita suuria varastotiloja.

Tuhkan tai seosmurskeen kuljettaminen ja levittäminen metsätiekoh- teelle

Kuljetettaessa tuhkaa tai tuhka-murskeseosta läheltä, voidaan käyttää joko traktoria tai kuorma-autoa. Tuhka ja tuhkamurske ovat kevyitä, joten teiden kantavuusongelmia ole niin paljon kuin maa-ainesten kanssa. Kasetin käyttö on kannattavaa tuhkan ja seosmurskeen kuljetuksessa yli 10 km matkalla. On huomattava, että jos seosmurskeen tuhkapitoisuus ylittää 30 p-%, se alkaa holvaantua lavalle. Tuhka tyhjenee tällöin huonosti lavalta ja voi pahimmassa tapauksessa kaataa kippaavan tai mattoa vetävän auton.

Kuorma-autosta ja erityisesti kasetista seosmurskeen levitys vaatii kuljettajalta erityistä osaamista. Pelkän tuhkan levitys on syytä tehdä nuppiautolla tai traktorilla.



Kuva 9 Kuorma-autosta ja erityisesti kasetista seosmurskeen levitys vaatii kuljettajalta erityistä osaamista.
(Kuva Tommi Tenhola)

Tuhkamurskerakenteen tasaaminen ja tiivistäminen

Tuhkamurske tulee saada leviämään tasaisesti. Tasaamisessa ja osittain myös tiivistämiseen soveltuu hyvin kuorma-auton alusterä. Jos tällaista ei ole käytettävissä, tulee rakenne muotoilla lanalla tai tiehöylällä. Tiivistäminen onnistuu riittävän hyvin päällysrakenteen ajon aikana ajamalla levityskalustolla eri raiteissa. Tämä onnistuu sitä paremmin mitä leveämpi tie on.



Kuva 10 Tuhkamurskeseoksen tasausta kuorma-auton alusterällä. (Kuva Tommi Tenhola)

Tuhkatatja eli massiivinen lentotuhkarakenne

Massiivinen tuhkakerros – tuhkatatja - päällysrakenteen alla lisää mittausten mukaan metsätien kantavuutta ja toimii rouaeristeenä. Massiivituhkarakenteella on saatu erittäin hyviä kantavuustuloksia. Myös tällä rakenteella on havaittu kantavuustulosten parantumista tien rakentamisesta kuluneen ajan myötä. Tuhkakerros sopii keveytensä takia hyvin käytettäväksi myös pehmeikköjen ylityksessä, jos veden nousu tuhkarakenteeseen on estetty. Tuhkatatjarakenteen rakentamisessa seuraava menettely on suositeltava:

- Tuhkatatjarakenteen yhteydessä perusparannettavan- tai uuden tien pintaan höylätään yleensä kaukalo
- Pohjalle voidaan asentaa suodatinkangas
- Suodatinkankaan päälle voidaan ajaa mattona ohut tuhkakerros suojaaksi
- Tämän jälkeen tuhkaa kipataan kasalle rungon päälle ja levitetään kaivurilla 50-60 cm paksuiseksi kerrokseksi
- Tuhkakerros tiivistetään kaivurin teloilla ja jyrällä 30 cm:n paksuiseksi jakavaksi kerrokseksi
- Tuhkakerros kovettuu vankaksi patjaksi päällysrakenteen alle
- Tuhkatatjan päälle levitetään taulukkojen 1-4 mukaisesti yleensä vähintään 10 cm murskekerros tien käyttötarkoituksen ja pohjamaalajien kantavuusluokkien mukaisesti

Seuraavassa kuvasarjassa on kuvattu tuhkatietarakenteen rakentamisvaiheita. Kuvien tapauksessa tuhkana on käytetty Ecolan Oy:n rakeistettua tuhkaa. Tierunko on hyvin hienojakoista silttiä. Tästä syystä rakentaminen toteutettiin talvella maan ollessa jäässä.



Kuva 11 Pohjalle on laitettu lujuusominaisuuksiltaan kuorma-auton kestävä suodatinkangas. (Kuva Jenni Nurmi)



Kuva 12 Suodatinkangas on sidottu ensimmäisillä kuormilla paikalleen ohuella tuhkakerroksella. (Kuva Jenni Nurmi)



Kuva 13 Tuhkapatja on mahdollista vetää myös matoksi. Talvella jäätyneet kokkareet tulee erotella kuor-
masta seulomalla, koska ne haittaavat tuhkan tasaista levitystä. (Kuva Jenni Nurmi)



Kuva 14 Seuraavat kuormat on ajettu lyhyelle matkalle läjiin kaivurilla levitettäväksi. (Kuva Jenni Nurmi)



Kuva 15 Kaivuria tarvitaan ketjussa työparina. Työketjussa tarvitaan riittävä määrä kuorma-autoja, kaivuri ja jyrä. Kuormien sopiva väli on noin puoli tuntia. Valmista tuhkatähtä-tierunkoa kaivurityön jäljeltä syntyy noin 25 metriä yhdellä kuormallisella. (Kuva Jenni Nurmi)



Kuva 16 Jyräys kannattaa aloittaa heti halutun kerrospaksuuden valmistuttua. (Kuva Jenni Nurmi)



Kuva 17 Tuhkapatjan päälle päällysrakenteeksi on ajettu 10 - 20 cm:n kerros soramursketta. (Kuva Samuli Joensuu)

Kantavalla kivennäismaalla tuhkakerros toimii jakavana kerroksena. Keskimääräisellä liikenteellä ja maapohjalla tähän riittää 30 cm:n kerrokseksi hyvin tiivistetty tuhkakerros. Tuhkapatjan paksuutta voidaan vielä lisätä tästä pohjamaan kantavuuden ja odotettavissa olevan liikenteen mukaan. Tuhkakerros peitetään käytännössä vähintään 10 cm:n murskekerroksella.

Materiaalien määrien arviointi

Metsätien rakentamisessa ja perusparantamisessa tarvittavien rakennusmateriaalien määrän laskentaan voi käyttää Tapion laskureita. Metsätien materiaalilaskurilla voi laskea tarvittavan tuhkapatjan ja päällysrakenteen tilavuuden, kun tiedossa on tien pituus, ajoradan leveys, materiaalipaksuus ja luiskan kaltevuus. Kun tarvittavan päällysrakenteen tilavuus on tiedossa, voidaan tuhkamurskepäällysrakenteeseen tarvittavan tuhkan ja murskeen määrät tonneina laskea Tuhkamurskelaskurilla. Metsätien materiaalilaskuri ja Tuhkamurskelaskuri löytyvät Tapion sivuilta: <https://tapio.fi/vastuullista-liiketoimintaa-tuhkasta/>

3 Tuhkateiden rakenne- ja kerrospaksuussuositukset

Päällysrakenneluokka 1 — Runkotiet

Taulukko 1 Tavoitekantavuus keväällä 80—90 MPa (80—150 puutavara-autoa).

Pohjamaan kantavuusluokka	A—F	A	B	C	D	E		F
Kulutuskerros * (kallio- tai soramurske, 0—16..25 mm) <i>tai</i> <i>(tuhka 20 p- % murske 0-32 mm) **</i> <i>(tuhka 15p- % murske 0-16 mm) ***</i>	cm i-m ³ /jm	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3
Jakava kerros (kallio- tai soramurske, 0—32..55 mm) <i>tai</i> <i>(tuhka 20 p- % murske 0-60 mm)</i>	cm i-m ³ /jm	15 1,0	— —	10 0,6	30 2,0	60 4,0	20 1,3	50 3,3
<i>tai hyvin tiivistettyä lentotuhkaa</i>	cm	30	—	30	30	30	30	30
Eristys-/suodatinkerros (routimaton hiekka)	cm i-m ³ /jm	— —	— —	— —	— —	— —	80 4,7	— —
Kuitukangas	tyyppi	—	—	—	—	KL3	KL3	KL3
Penger (E-luokan mater.)	cm	—	—	—	—	—	—	50
Yhteensä	cm i-m ³ /jm	20 1,3	5 0,3	15 0,9	35 2,3	65 4,2	105 6,3	105 6,3
Kantavuus tien pinnassa, MPa	Kevät Kesä	270 285	200 245	125 155	95 125	80 115	80 115	80 115

* Ympäristölupapäätöksissä on edellytetty massiivituhkakerroksen peittämistä 10 cm:n kiviaineskerroksella

** vain metsäliikennettä *** paljon kevyttä liikennettä

Päällysrakenneluokka 2 — Runko- ja aluetiet

Taulukko 2 Tavoitekantavuus keväällä 60—70 MPa (20—40 puutavara-autoa).

Pohjamaan kantavuusluokka	A—F	A	B	C	D	E		F	
Kulutuskerros * (kallo- tai soramurske, 0—16..25 mm) <i>tai</i> <i>(tuhka 20 p- %+ murske 0-32 mm) **</i> <i>(tuhka 15 p- %+ murske 0-16 mm) ***</i>	cm i-m ³ /jm	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3
Jakava kerros	cm	15	—	5	15	40	15	40	20

(kallio- tai soramurske, 0—32..55 mm) <i>tai</i> (tuhka 20 p- % + murske 0-60 mm)	i- m³/jm	1,0	—	0,3	1,0	2,6	1,0	2,6	1,3
<i>tai hyvin tiivistettyä lentotuhkaa</i>	cm	30	—	30	30	30	30	30	
Eristys-/suodatinkerros (routimaton hiekka)	cm i- m³/jm	— —	— —	— —	— —	— —	45 3,0	— —	75 4,9
Kuitukangas	tyyppi	—	—	—	—	KL3	KL3	KL3	KL3
Penger (E-luokan mater.)	cm	—	—	—	—	—	—	40	—
Yhteensä	cm i- m³/jm	20 1,3	5 0,3	10 0,6	20 1,3	45 2,9	65 4,3	85 5,6	100 6,6
Kantavuus tien pinnassa, MPa	Kevät Kesä	270 285	200 245	110 140	75 95	70 110	60 90	70 100	65 120

* Ympäristölupapäätöksissä on edellytetty massiivituhkakerroksen peittämistä 10 cm:n kiviaineskerroksella

** vain metsäliikennettä *** paljon kevyttä liikennettä

Päällysrakenneluokka 3 — Aluetiet

Taulukko 3 Tavoitekantavuus kesällä 60—70 MPa (20—40 puutavara-autoa), luokissa E ja F ei raskasta liikennettä kelirikkoaikana.

Pohjamaaluokka	A—F	A	B	C	D	E	F
Sorastuskerros * (kallio- tai soramurske, 0—32..55 mm) <i>tai</i> (tuhka 20 p-% + murske 0-32 mm)	cm i- m³/jm	15 1,0	0—5 0—0,3	5 0,3	10 0,6	20 1,2	45 3,0 30 2,0
Eristys-/suodatinkerros (routimaton hiekka) <i>tai</i>	cm i- m³/jm	— —	— —	— —	— —	— —	15 1,2
<i>tai hyvin tiivistettyä lentotuhkaa</i>	cm	30	—	30	30	30	30 30
Kuitukangas	tyyppi	—	—	—	—	(KL3)	(KL3) (KL3)
Yhteensä	cm i- m³/jm	15 1,0	0—5 0—0,3	5 0,3	10 0,6	20 1,2	45 3,0 45 3,0
Kantavuus tien pinnassa, MPa	Kevät Kesä	245 255	200 245	105 135	65 85	40 65	35 65 35 60

Mikäli aluetiellä on runsaasti kevyttä liikennettä, voidaan sorastuskerroksen päälle lisätä varsinainen kulutuskerros (murske, 0—16..25 mm). *tai tuhka 15 p-% + murske 0-16 mm*

* Ympäristölupapäätöksissä on edellytetty massiivituhkakerroksen peittämistä 10 cm:n kiviaineskerroksella

Päällysrakenneluokka 4 — Varsitiet

Taulukko 4 Tavoitekantavuus kesällä 50—60 MPa (10—20 puutavara-autoa), luokissa E ja F ei raskasta liikennettä kelirikkoaikana.

Pohjamaan kantavuusluokka	A—F	A	B	C	D	E	F	
Sorastuskerros * (kallio- tai soramurske, 0—32..55 mm) (tuhka 20 p-%+ murske 0-32 mm)	cm i- m ³ /jm	10 0,6	0 0	0—5 0—0,3	5 0,3	15 1,0	35 2,3	20 1,3
Eristys-/suodatinkerros (routimaton hiekka)	cm i- m ³ /jm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	25 1,6
tai hyvin tiivistettyä lentotuhkaa	cm	20	—	20	20	20	30	30
Kuitukangas	tyyppi	—	—	—	—	(KL3)	(KL3)	(KL3)
Yhteensä	cm i- m ³ /jm	10 0,6	0 0	0—5 0—0,3	5 0,3	15 1,0	35 2,3	45 3,0
Kantavuus tien pinnassa, MPa	Kevät Kesä	265 275	200 240	105 130	55 75	35 55	30 55	30 60

* Ympäristölupapäätöksissä on edellytetty massiivituhkakerroksen peittämistä 10 cm:n kiviaineskerroksella

Taulukko 5 Pohjamaan kantavuusluokitus.

Pohjamaan kantavuusluokka	Maa-aines	Routivuus
A	kallio, louhe, murske, murskesora	routimaton
B	sora	routimaton
C	soramoreeni, karkea hiekka	routimaton
D	keskihiekka, hieno hiekka (kosteaa)	routimaton
E	soramoreeni (kosteaa), hiekkamoreeni (kosteaa), hieno hiekka (kosteaa)	routiva
F	hiekkamoreeni (märkä), hieno hiekka (märkä), siltti ja silttimoreeni (kosteaa)	routiva
G	siltti ja silttimoreeni (märkä), pehmeä savi, turve ja lieju	routiva

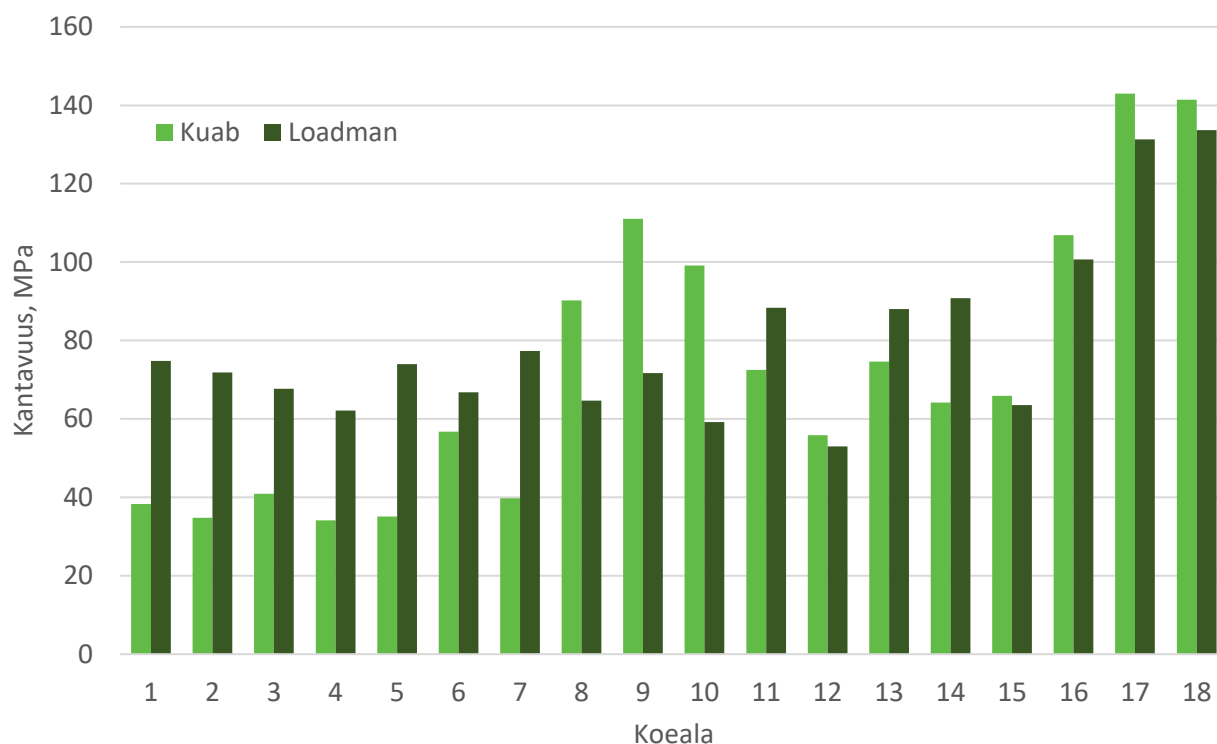
4 Tuhkateiden kantavuustuloksia

TuhkaTie -hankkeella teiden kantavuuksia on mitattu auton perässä vedettävällä KUAB -pudotuspainolaitteella vuosina 2012-2015. ARVO-TUHKA-hankkeella kantavuusmittausten sarjaa jatkettiin 2018-2020. Vuonna 2020 kantavuus mitattiin lisäksi kertaalleen vertailun vuoksi myös käsikäyttöisellä, kannettavalla Loadman -pudotuspainolaitteella.

Menetelmien välillä havaittiin suuria eroja (Kuva 18). Käsinn kannettava Loadman-mittalaite ei todennäköisesti pysty havainnoimaan muuta kuin tien pintakerroksen ominaisuuksia, minkä takia tulokset eroavat KUAB-mittalaitteen tuloksista muutamia koealoja lukuun ottamatta. KUAB-mittalaitteisto havainnoi paremmin tienrungon ominaisuuksia suuremman pudotusmassan ja herkempien antureiden ansiosta. Mittaustulosten erot näkyvät erityisesti Karstulan testiteiden 1–7 tuloksissa. Kyseisillä kohteilla tierungon kuivatus oli puutteellista perkaamattomien ravierojen vuoksi. KUAB-mittauksilla tunnistetaan todennäköisesti paremmin kuivatuksen puutteet.

Taulukko 6 Karstulan TuhkaTie-hankkeen koealojen kuvaukset.

KOEALAN NUMERO	KOEALAN PITUUS	MURSKES	TUHKA	LISÄTIETO
18	300	KAM 0 - 16 MM, 85%	15 % seos tuhkaa	
17	240	KAM 0 - 16 MM, 85%	15 % seos tuhkaa	
16	200	KAM 0 - 16 MM, 85%	15 % seos tuhkaa	
13	220	KAM 0 - 16 MM, 70 %	30 % seos tuhkaa	
14	300	KAM 0 - 16 MM, 70 %	30 % seos tuhkaa	
15	200	KAM 0 - 16 MM, 70 %	30 % seos tuhkaa	
12	250	KAM 0 - 16 MM 100 %	0 % tuhkaa	Puhdas murske
5	260	KAM 0 - 31,5 MM, 85 %	15 % seos tuhkaa	
6	220	KAM 0 - 31,5 MM, 85 %	15 % seos tuhkaa	
7	250	KAM 0 - 31,5 MM, 85 %	15 % seos tuhkaa	
1	250	KAM 0 - 31,5 MM, 70 %	30 % seos tuhkaa	
2	200	KAM 0 - 31,5 MM, 70 %	30 % seos tuhkaa	
3	250	KAM 0 - 31,5 MM, 70 %	30 % seos tuhkaa	
4	230	KAM 0 - 31,5 MM 100 %	0 % tuhkaa	Puhdas murske
8	280	KAM 0-63MM, 0-31,5MM , 50 %	50 % tuhkaa, UPM	Tuhkapatja alla, murske päällä
9	260	KAM 0-63MM, 0-31,5MM, 50 %	50 % seos tuhkaa	Tuhka ja murske sekoitettuna
11	300	KAM 0-63MM, 0-31,5MM, 50 %	50 % tuhkaa, Ecolan rae	Tuhkapatja alla, murske päällä
10	200	KAM 0-63MM 50 %, 0-31,5MM 50 %	0 % tuhkaa	Puhdas murske
YHTEENSÄ METRIÄ	4410			



Kuva 18 Kantavuusmittausten vertailu Karstulan testiteillä 2020.

Tuhkan käytön hyötyjä metsätienrakentamisessa voidaan mitata esimerkiksi vaikutuksilla kantavuuteen. Suurin vaikutus tuhkan käytöllä mitattiin hienon murskeen (0-16 mm) yhteydessä. Kantavuusero oli suurin hienon murskeen 15 % tuhaseoksen käsittelyllä, jolla kantavuus oli keskimäärin 68 MPa suurempi kuin samalla murskeella ilman tuhaseosta (Kuva 19). Suuremmalla tuhkakäsittelyllä vaikutus ei enää ole tulosten perusteella yhtä suurta, vaikka kantavuus parani hienon murskeen 30 % tuhaseoksella keskimäärin 19 MPa verrattuna tuhkatomaan käsittelyyn. Karstulan tapauksessa karkealla murskeella tuhkan vaikutus oli huomattavasti vähäisempää kuin hienolla murskeella, ja kantavuuslukemat jo pelkällä karkealla murskeella yksinään olivat heikompia kuin hienolla murskeella. Tässä tapauksessa kantavuuseroihin vaikuttavat todennäköisesti myös erot tierungon kuivatusolosuhteissa eri alueilla. Siitä huolimatta 15 % tuhkalisäyksellä karkean murskeen tien kantavuus oli keskimäärin 14 MPa kantavampi kuin ilman tuhaseosta.

Suuren tuhkaosuuden tarkastelua joudutaan tekemään vähäisemmän aineiston perusteella. TuhkaTie-hankkeella koealoja oli vain yhdet kullekin käsittelylle, minkä vuoksi tilastotestaus jouduttiin tekemään yksinkertaisemmin kuin matalamman tuhaseoksen käsittelyillä. Suurin keskimääräinen kantavuus oli 50 % tuhaseoksen käsittelyllä, joka erosi myös tilastollisesti merkitsevästi kontrollista sekä 50 % rakeistetun tuhkan käsittelystä. Heikoin kantavuus oli rakeistetun tuhkan käsittelyllä, mikä erosi tilastollisesti merkitsevästi kaikista muista käsittelyistä.

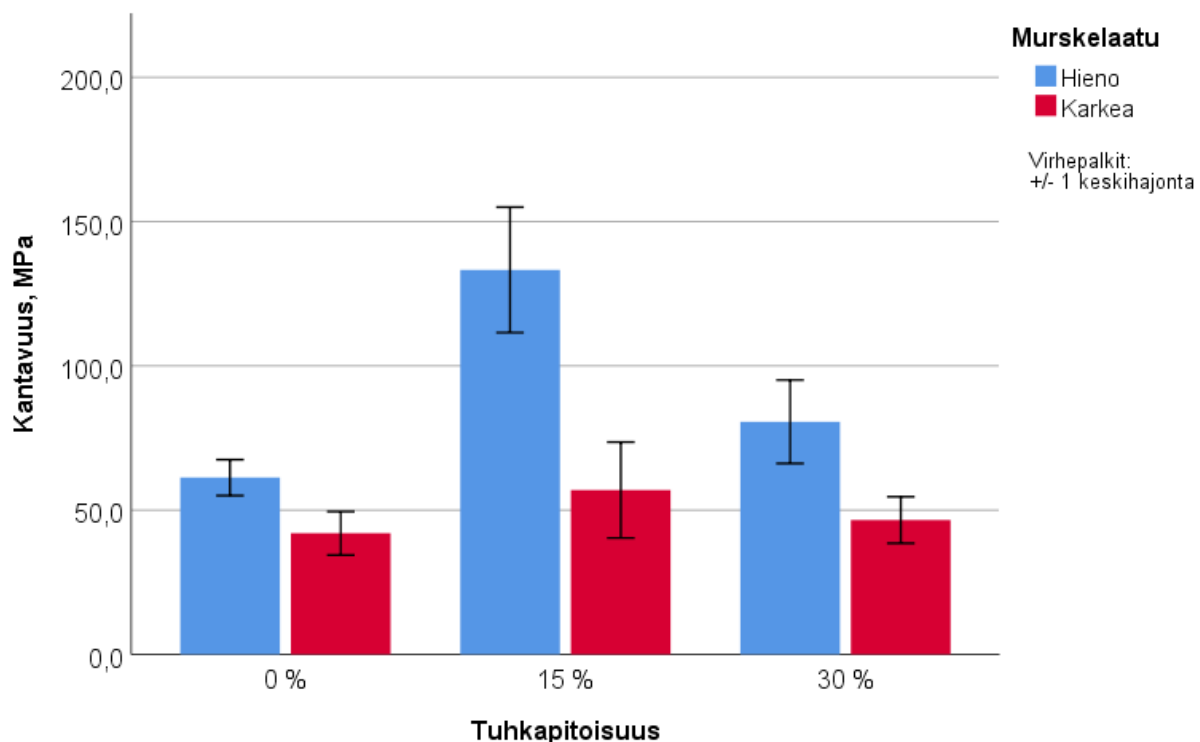
Hienon murskelaadun tuhkakäsittelyillä oli havaittavissa vaikutteita kantavuuden parantumisesta ajan kuluessa, mutta trendi on hyvin heikko ja hajonta on suurta. Karkean murskelaadun tuhkakäsittelyissä trendin suunta oli päinvastainen kuin hienon murskelaadun käsittelyissä. Toisaalta hajonta on ollut suurta erityisesti 15 % tuhkakäsittelyiden mittauksissa. Tässä tapauksessa voidaan olettaa, että myös rungon kuivatusolosuhteilla on mahdollisesti vaikutusta tuloksiin.

Tulokset antavat viitteitä siitä, että käsittelemättömällä tuhalla tehty tuhkapatjarakenne on aikaa kestävä rakenne, joka vain paranee ikääntyessään. Poikkeuksena tästä on patjarakenne, jossa käytetään

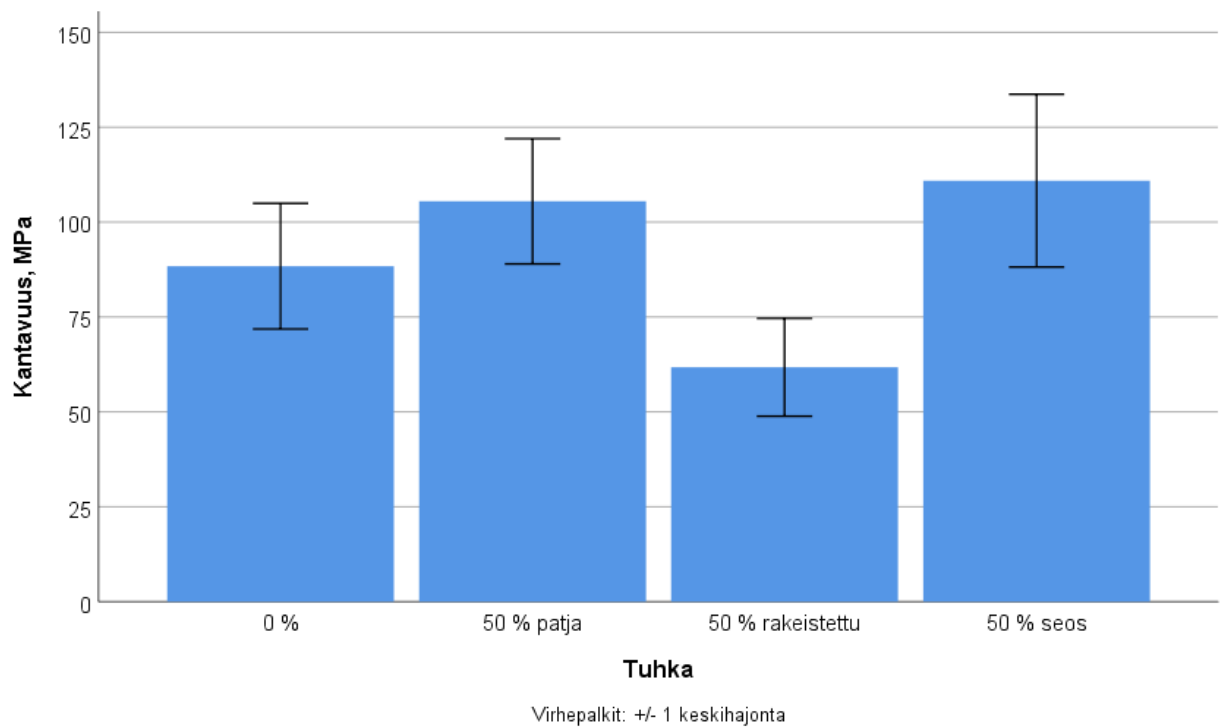
rakeistettua tuhkaa. Rakeistettu tuhka ei lisää merkittävästi tien kantavuutta. Sen sijaan se voi toimia hyvänä eristeenä. Aiemmista lausumista poiketen myös tulokset 50 prosentin tuhkamurskeseoksella näyttävät paranevan iän myötä, joten seoksen tuhkapitoisuutta voi kantavuusmittaustulosten parantumisella perustellen periaatteessa kasvattaa.

Sekä tuhalla että murskelaadulla havaittiin tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kantavuuteen. Malleissa huomioitiin tekijänä myös pohjavedenpinnan taso, jolla oli tilastollisesti merkitsevää vaikutusta molemmista testeissä, joskin käsittelyittäin tehdyssä testissä vaikutus oli vain lievää ($p < 0,10$).

KUAB-laitteistolla voidaan perusparannettavien metsäteiden ennakkomittauksissa arvioida rungon kantavuustietojen perusteella todennäköisesti paremmin perusparannuksen yhteydessä kulloinkin tarvittavan murskeen määrää ja kerrospaksuutta.



Kuva 19 Keskimääräinen kantavuus eri tuhkaseoksilla (koealat 1–7 ja 12–18). Hieno murskelaatu on 0–16 mm raekokoa ja karkea murske on 0–31,5 mm raekokoa.



Kuva 20 Suuren tuhkaosuuden käsittelyiden keskimääräiset kantavuudet (TuhkaTie-koealat 8–11).

5 Tuhkan vaikutukset pohjaveteen

Karstulan tuhkatiekohteella on seurattu eri tuhkakäsittelyvaihtoehtojen pitkäaikaista vaikutusta pohjaveden laatuun vuosien 2011-2014 ja 2018-2020 aikana (TuhkaTie ja ARVO-TUHKA -hankkeet). Kohde sisältää 18 testitiepätkän sarjan, yht. 4,4 km, jossa testattiin tuhkan ja kalliomurskeen erilaisilla seossuhteilla tuhka-murskerakenteiden käyttömahdollisuuksia tienrakennuksessa, erityisesti perusparannettavan tien pintamateriaalina. Tien pintaan levitettiin Taulukko 7. Karstulan tuhkatiekokeessa testattavat käsittelyvaihtoehtoesitettyjen eri käsittelyjen mukaisia tuhkamurskekerroksia (M1T0 – M2T30). Lisäksi tuhkan käyttöä testattiin tierungon massiivirakenteena pienimuotoisesti rakeistetulla ja rakeistamattomalla tuhalla (M3T501-M3T502). Näillä tuhkatäjä-käsittelyillä tuhka kerros levitettiin ensin kohteelle ja levityksen yhteydessä auton pyörillä tiivistäen noin 30-40 cm paksuiseksi kerrokseksi. Kerroksen päälle tuli noin 20 cm murskekerros. Vesinäytteet otettiin jokaisen testitiepätkän tieluiskaan asennetuista pohjavesikaivoista.

Taulukko 7. Karstulan tuhkatiekokeessa testattavat käsittelyvaihtoehdot.

Koealan tunnus	Käsittely	Sarjan tunnus	Rinnakkaisen lkm
M1T0	Murske 0-16 mm + tuhka 0 paino-%, kontrolli	pieni murske	1
M1T15	Murske 0-16 mm + tuhka 15 p-%	pieni murske	3
M1T30	Murske 0-16 mm + tuhka 30 p-%	pieni murske	3
M2T0	Murske 0-31,5 mm + tuhka 0 p-%, kontrolli	iso murske	1
M2T15	Murske 0-31,5 mm + tuhka 15 p-%	iso murske	3
M2T30	Murske 0-31,5 mm + tuhka 30 p-%	iso murske	3
M3T0	Murske 0-63 mm, 0-31,5 mm + tuhka 0 p-%, kontrolli	tuhkatäjat	1
M3T50	Murske 0-63 mm, 0-31,5 mm + tuhka 50 p-%	tuhkatäjat	1
M3T501	Murske 0-63 mm, 0-31,5 mm + tuhka 50 p-%	tuhkatäjat	1
M3T502	Murske 0-63 mm, 0-31,5 mm + tuhka 50 p-%	tuhkatäjat	1

Pohjavesinäytteistä analysointiin ravinteista kokonaisfosforipitoisuutta, metallipitoisuuksia (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn, V), fluoridi-, kloridi- ja sulfaattipitoisuuksia sekä orgaanisen kokonaishiilen pitoisuutta (DOC), sähkönjohtokykyä ja pH:ta.

Laajan pohjavesiaineiston perusteella voidaan todeta, että mitatut pitoisuudet ovat laskeneet teiden perustamisen jälkeen. Yleisesti korkeimmat pitoisuudet havaittiin 50 % tuhcaseoskäsittelyllä (tuhkatäjä). Tuhkan ei havaittu aiheuttavan raskasmetallien liukenemista haitallisessa määrin koealojen pohjaveteen. Mitatut pitoisuudet eivät ylittäneet STM:n talousveden laatuvaatimuksia (683/2017). Tilastollista näyttöä eri käsittelyiden eroista havaittiin vain kromin ja fluoridin kohdalla. Useimmissa tapauksissa aika oli tilastollisesti merkittävä selittäjä pitoisuuden muutoksessa, ei tuhkamäärä tai murskelaatu.

6 Kokemuksia tuhkateistä

Karstulan tuhkatiekohteilla on vuodesta 2011 lähtien arvioitu silmämääräisesti ja mittaushavaintoja tehden tuhkatien kuntoa. Vertailuaineistona on käytetty saman koesarjan tuhkaa sisältämättömien kontrollikoe-ten mittaustuloksia. Arviointikierroilla on myös tarkistettu, onko teillä ajettu puutavaraa. Samoin on kysytty tien käyttäjien mielipiteitä teiden kunnosta ja käytettävyydestä.

UPM-Kymmene Oyj:n maalla olevalla testitieosuudella on ajettu puuta yli 4000 m³, josta puolet talvella ja puolet kesällä. Metsähallituksen maalla olevalla testitiestöosuudella puutavaraa on ajettu vasta viime vuosina yhteensä 1000-2000 m³.

Teiden käyttäjien haastattelussa teitä pidettiin kantavana ja tuhkatiekonseptia kehuttiin.

Tien sivuoja ei perattu tuhkamurskepinnan ajon yhteydessä, koska ei haluttu häiritä valumamittauksia. Tämä on aiheuttanut paikoitellen kantavuusongelmia ja lisännyt urautumista.

Teiltä on mitattu urapainumat syvimmistä urista ja silmämääräisesti arvioitu tien kuntoa. Vesakoitumista on hoidettu tieluiskien niitoilla. Vesakoitumista on mittauserroilla arvioitu asteikolla vähän, keskimääräisesti ja paljon. Koealoista on arvioitu myös tien pinnan iskostuneisuutta, irtonaisen murskeen määrää ja silmämääräistä kantavuutta urautuneisuuden perusteella.

Taulukko 8 Karstulan testiteiden kunto vuoden 2020 arviointikerralla. Käsittelyn lyhenteet, ks. Taulukko 6.

Koeala	Käsittely	Painumat keskim. cm	Huomioita
1	M2T30	3,8	Pehmeän oloinen, puutteellinen kuivatus, heikosti vesakoitunut, hyvin iskostunut
2	M2T30	4,9	Uria paljon, pehmeän oloinen, puutteellinen kuivatus, heikosti vesakoitunut, hyvin iskostunut
3	M2T30	4,9	Pehmeän oloinen, heikosti vesakoitunut, hyvin iskostunut
4	M2T0	3,4	Pienet urapainumat, irtonaista ainesta, heikosti vesakoitunut, vankka tie
5	M2T15	4,3	Keskimääräisesti vesakoitunut, kantava tie
6	M2T15	5,1	Urapainumia jonkin verran, heikosti vesakoitunut, irtonaista kiviainesta
7	M2T15	3,4	Ei juurikaan urautunut, keskimääräisesti vesakoitunut, irtonaista kiviainesta
8	M3T501	3,2	Kantavahko tie, hieman uria, keskimääräisesti vesakoitunut, paljon irtonaista kiviainesta tien reunoilla
9	M3T50	2,4	Heikosti vesakoitunut, jonkin verran uria, ei kovin kantava, jossakin määrin irtokiviä
10	M3T0	2,2	Ei näkyvästi urapainumia, heikosti vesakoitunut, paljon irtonaista kiviainesta, hyvän tien tuntu
11	M3T502	2,8	Vähän uria, loppuosassa urasyvyydet 5,2 cm, heikosti vesakoitunut, paljon irtokiviä, hyväkuntoinen tie
12	M1T0	1,7	Ei urapainumia, irtokiviainesta paljon, ei iskostunut, heikosti vesakoitunut, hyvä tie

13	M1T30	2,5	Vähän uria, heikosti-kohtalaisesti vesakoitunut, vähän irtokiviä, hyvä tie
14	M1T30	3,1	Jonkin verran urautunut, keskimääräisesti-runsaasti vesakoitunut
15	M1T30	3,9	Jonkin verran urautunut, vähän isoja kiviä noussut tien rungosta, kohtalaisesti vesakoitunut
16	M1 T15	1,8	Iskostunut pinta, vain vähän irtokiviä, heikosti-kohtalaisesti vesakoi- tunut, hyväkuntoinen tie
17-18	M1T15	1,3	Paikoin hyvin iskostunut, paljon irtokiviä, heikosti vesakoitunut

7 Tuhkarakenteen kunnossapito

Sekä seos- että pelkän tuhkarakenteen kunnossapidossa on perinteistä päällysrakennetta tärkeämpää pitää tien runko kuivana. Tuhkapäällysrakenne menettää kantavuutensa, jos tierunko on liian kostea. Ojien ja rumpujen kuntoon on siksi kiinnitettävä erityistä huomiota. Hyvin iskostunut tuhkamurske -päällysrakenne on helppohoitoinen ja on oletettavaa, että sen lanaamiseen tai höyläämiseen ei ole niin suurta tarvetta kuin puhtailla kiviainespäällysrakenteilla. Rakennetta voi kuitenkin lanata samalla tavalla kuin pelkkää murske -päällysrakennettakin. Tuhkatjarakenteen päällä olevaa murskekerrosta on lanattava ja muotoiltava säännöllisesti ja ajattava tarvittaessa uutta kulutuspintaa, ettei tuhkakkerros pääse paljastumaan. Tuhkamurske -päällysrakenne voi olla sateella liukas, jos tuhkamurskeseoksen tuhkapitoisuus on 30 % tai suurempi.

8 RIL-ohjeita tuhkarakentamisesta

Rakentaminen lentotuhkalla

Rakentamisen muistilista lentotuhkalla rakentamiseen:

- työsuojelu
- tuhkan käsittely työmaalla
- sääolosuhteet (sade, tuuli, pakkanen)
- kuljetus- ja rakennuskaluston soveltuvuus ja kapasiteetti
- materiaalien laatuseuranta (vesipitoisuus)
- tiiviys- ja kantavuusmittaukset

Käsittely työmaalla

Kuljetuksen ja levityksen helpottamiseksi sekä pölyämisen aiheuttamien ympäristö- ja terveysriskien vähentämiseksi lentotuhka kostutetaan. Hienorakeinen lentotuhka pölyää kuivana, mikä vaikuttaa sekä työympäristöön (työntekijöiden suojavarusteet) että lähiympäristöön (vahingoittuvien kohteiden suojaus).

Rakennusvaiheet suunnitellaan siten, että lentotuhka saadaan sijoitettua suoraan rakenteeseen tai tuhkarakenne on peittämättä mahdollisimman lyhyen aikaa, jolloin tuuli ei levitä pölyä tai tuhkan pinta liety sateen vaikutuksesta. Lentotuhkan korkea pH arvo pitää ottaa huomioon välineiden ja työntekijöiden suojaamisessa.

Itselujittuva lentotuhka kostutetaan vedellä, jolloin se kovettuu. Pölyämättömäksi kostutettua lentotuhkaa voidaan käsitellä, kuten hienoja hiekkamaisia materiaaleja. Lentotuhka tosin kuivuu lämpimällä ja tuulisella säällä nopeasti, minkä vuoksi varastokasan tai kuorman pintaa tulee kastella ennen käsittelyä. Kuormat tulee peittää, mutta muuten lentotuhkan kuljettamisessa voidaan käyttää kiviaineksen kuljetukseen soveltuvaa kalustoa.

Tiivistäminen

Levitettävän löyhän lentotuhkakerroksen paksuus ennen tiivistämistä on noin 1,5-kertainen tavoitteena olevaan, tiivistettyyn kerrospaksuuteen nähden. Lentotuhkarakentamisessa suositeltava kerralla tiivistettävä kerrospaksuus on tie- ja kenttärakentamisessa maksimissaan 200 mm (löyhänä 300 mm). Jos tiivistäminen toteutetaan useammassa vaiheessa, on kaikki kerrokset saatava valmiiksi saman työvuoron aikana.

Tuhkamateriaalin rakenteeseen tiivistyminen tulee arvioida, jotta sen tiivistyminen vaadittuun tiiviysasteeseen voidaan määritellä. Tätä varten tarvitaan joko ennakkotietoa kyseisen materiaalin tiivistyvyydestä ja vesipitoisuuden vaikutuksesta siihen aikaisemmissa kohteissa tai rakentamisen alussa tehtävä koetivistysalue, jossa tiiviyttä mitataan tarkemmin. **Erityisesti lentotuhkan tiivistäminen oikeassa vesipitoisuudessa ja riittävällä tiivistystyömäärällä ovat tärkeitä rakenteen onnistumisen ja materiaaliominaisuuksien toteutumisen kannalta.**

Rakennuspohjan tulee olla riittävän kuiva ja kiinteä (ei lammikoita tms.), jotta tuhkaa on mahdollista tiivistää. Sääolosuhteet on otettava huomioon rakentamisessa. Työ keskeytetään sateen ajaksi ja rakenteet suojataan rakentamalla yläpuolinen kerros mahdollisimman pian. Matala lämpötila hidastaa lujittumista.

Korkea lämpötila ja tuuli aiheuttavat materiaalin kuivumista ja pölyämistä. Tuhkien kuivaaminen työmaalla on käytännössä mahdotonta, joten ne yleensä tiivistetään toimituskosteudessa tai kostutettuna varastointitavasta riippuen. Liian kosteana toimitettu lentotuhka ei kuivu tiivistämiskelpoiseksi riittävän nopeasti, joten se tulee poistaa rakenteesta.

Työmaaliikenne

Raskaan kaluston liikkumista juuri levitetyn ja tiivistetyn tuhkakerroksen päällä tulee välttää.

Rakentamisen dokumentointi

Tuhkamateriaalit hyötykäyttönäkään eivät lakkaa olemasta jätettä, joten niillä rakentamiseen liittyy laajempi dokumentointivelvollisuus kuin luonnon maa-aineksilla rakentamiseen. Hyödyntäminen dokumentoidaan asiakirjoihin ja vaadittavat tiedot toimitetaan viranomaiselle (ympäristölupa / MARAasetuksen ilmoitusmenettely) ja rakennuttajalle. Rakentaja dokumentoi rakenteen sijainnin, määrän (voimalaitos tarvitsee tiedon mm. jäteveron ja muun raportoinnin vuoksi) ja laadun (kelpoisuustutkimustodistukset). Tiedot sisällytetään työmaapöytäkirjoihin ja sijainti tarkepiirustuksiin. Hyödyntämiskohteen valmistuessa tehtävässä dokumentoinnissa on tarpeen täydentää ilmoituksen tiedot vastaamaan toteutuneita (mm. kartat ja poikkeileikkaukset). Lisäksi urakoitsijoiden on mitattava käytetyn tuhkamateriaalin laajuus (xyz, z ala- ja yläpinta) ja toimitettava tarketiedot tilaajalle.

Kunnossapito ja tuhkarakenteen elinkaari

Tuhkarakenteet on mahdollista käyttää uudelleen. Materiaalien uusiokäyttöä tulisi suosia käytöstä poiston sijaan kaikissa tapauksissa. Mikäli pois kaivettava tuhkarakenne katsotaan käyttökelvottomaksi, eikä sillä nähdä heti tai tulevaisuudessa hyödyntämispotentiaalia ja sen välivarastointi ei ole mahdollista, on sen sijoittaminen jätteenä kaatopaikalle mahdollista. Rakenteesta poistetun (esim. korjaustöiden yhteydessä) lujittuvan lentotuhkan ominaisuudet voidaan palauttaa lisäämällä siihen sementtiä jyrsimen tai seula-kauhan avulla. Pohjatuhka ja leijupetihiekka voidaan käyttää kaivun jälkeen samaan käyttötarkoitukseen kuin se oli ennen rakenteen avaamista.

Mikäli kuitenkin syystä tai toisesta päätetään poistaa tuhka käytöstä, määritellään tuhka jätelain mukaiseksi jätteeksi. Tuhkien soveltuvuus sijoitettavaksi pysyvän, tavanomaisen tai vaarallisen jätteen kaatopaikalle määritellään kaatopaikkamääräysten ja EU:n jätedirektiivin (2008/98/EY) luokituskriteerien mukaan.

Työturvallisuus

Tuhkaa käsiteltäessä on aina huomioitava pölyämisriski. Osa tuhista on syövyttäviä korkean pH:n vuoksi, ja tuhkalta altistuminen saattaa vaurioittaa silmiä sekä ärsyttää ihoa ja hengitysteitä. Ihoaltistuksenvuoksi suora ihokosketusta on vältettävä ja suojakäsineiden sekä asianmukaisen työvaatetuksen käyttö on suositeltavaa. Lisätietoja käytettävän tuhkan työturvallisuudesta löytyy toimittajan laatimasta käyttöturvallisuustiedotteesta.



Maistraatinportti 4 A

00240 Helsinki

tapio@tapio.fi

www.tapio.fi