



METSÄTEOLLISUUDEN TUHKIEN KÄYTTÖ MELUVALLEISSA JA MUISSA EI-LIIKENNEKUORMITETUISSA PEN- KEREISSÄ

SUUNNITTELU- JA KÄYTTÖOHJE 22.12.2021

ESIPUHE

Metsäteollisuus ry on rahoittanut tämän ohjeen laatimisen. Työ on käynnistetty Väyläviraston kanssa käydyn keskustelun pohjalta. Metsäteollisuudella on tahtotila edistää metsäteollisuuden voimallaitoksilla muodostuvien tuhkamateriaalien hyötykäyttöä maarakentamisessa. On kokemusten perusteella tunnistettu, että tuhkien käyttö meluvalleissa ja ei-liikennekuormitetuissa penkereissä on sellainen käyttösovellus, jolle pyritään hakemaan Väyläviraston ohjeita 6/2020 (tai uudempi) Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa -julkaisun mukaista yleistä materiaalien teknisen soveltuvuuden arviointia. Tätä ohjetta voidaan käyttää osana kyseisen menettelyyn kuuluvaa ohjeistusta. Metsäteollisuus ry antaa luvan arviointia tehtäessä käyttää ohjetta myös muille kuin metsäteollisuudesta peräisin oleville tuhkeille.

Ohje on laadittu suunnittelun, rakennuttamisen ja urakoinnin asiantuntijoille sekä materiaalintuottajille, materiaalin käsittelijöille ja ympäristöviranomaisille.

Ohjeen kirjoitustyö on tehty Ramboll Finland Oy:ssä, Ytekki Oy:ssä (erityisesti lainsäädäntö) ja Geopex Oy:ssä (erityisesti kohdekortit ja käyttökokemukset). Rambollista työhön ovat osallistuneet Marjo Koi-vulahti, Juha Forsman, Iikka Hyvönen ja Ari Mäkinen sekä Ytekistä Katja Lehtonen ja Geopexistä Pekka Vallius.

Työtä on ohjannut ohjausryhmä, joka puheenjohtajana on toiminut Aaron Vuola Metsäteollisuus ry:stä. Muut ohjausryhmän jäsenet ovat olleet: Fredrik Blomfelt, Metsäteollisuus ry; Laura Valokoski, Väylävirasto; Elina Ahlqvist, Welado Oy; Tapio Siikaluoma, Oulun kaupunki; Anne Savola, Turun kaupunki; Petra Piironen, Vantaan kaupunki ja Mikko Suominen, Helsingin kaupunki sekä kirjoittajat.

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE.....	1
1. JOHDANTO	4
2. MATERIAALIT	5
2.1 Lentotuhka, pohjatuhka ja leijupetihiekka	5
2.2 Lentotuhka: varastointi, rakentaminen ja lujittuminen.....	5
2.3 Lentotuhkan, pohjatuhkan ja leijupetihiekan geoteknisiä ominaisuuksia.....	6
2.4 Metsäteollisuuden lentotuhkien geoteknisiä ominaisuuksia	7
2.5 Metsäteollisuuden pohjatuhkien ja leijupetihiekkojen geoteknisiä ominaisuuksia	9
3. KÄYTTÖKOHTEET JA -KOKEMUKSET.....	11
3.1 Sovellukset (rakenteet).....	11
3.2 Käyttökokemukset	12
4. LAINSÄÄDÄNTÖ.....	18
4.1 Ympäristölainsäädäntö	18
4.2 Hyödyntäminen rekisteröintimenettelyllä.....	18
4.3 Hyödyntäminen ympäristöluvalla	19
4.4 Hyödyntäminen koetoimintailmoituksella	20
4.5 Rakennustuotelainsäädäntö	20
4.6 Tuhkien CE-merkintä ja kelpoisuuden osoittaminen	20
4.6.1 Valmistajan laadunvarmistusjärjestelmä	21
4.6.2 Suositukset ilmoitettavista ominaisuuksista ja niiden testaustiheyksistä	22
4.7 Säteilylainsäädäntö	23
4.8 Kemikaalilainsäädäntö	23
5. SUUNNITTELU	24
5.1 Vallien suunnittelun ja rakentamisen ohjeistusta	24
5.2 Meluvallien suunnitteluperiaatteet	25
5.3 Meluvallin geotekninen suunnittelu	25
5.4 Meluvallin luiskakaltevuus.....	26
5.5 Meluvallin kanssa risteävät putket/johdot	27
5.6 Meluvallien kasvillisuus ja kasvualustat.....	27
5.7 Suunnittelussa tarvittavat tuhkien ominaisuustiedot	28
5.8 Suunnittelussa tarvittavien parametrien taulukkoarvot	31
5.8.1 Tavanomainen meluvalli ja taulukkoarvot.....	31
5.8.2 Valliin liittyvät muut rakenteet	32

5.9	Riskienhallinta	32
6.	HANKINTA	34
6.1	Metsäteollisuuden tuhkat hankinnoissa	34
6.2	Hankinta-asiakirjat	34
6.3	Rakentamisen valmistelu ja hankinta	35
7.	RAKENTAMINEN.....	37
7.1	Logistiikka ja varastointi.....	37
7.2	Levittäminen ja tiivistäminen.....	38
7.3	Laadunhallinta ja -varmistus	39
7.3.1	Tuhkantuottajan laadunvalvonta.....	39
7.3.2	Tuhkan välivarastoinnin ja käsittelyn laadunvalvonta	40
7.3.3	Tuhkarakentamisen laadunvalvonta.....	40
7.4	Tuhkarakentamisen työturvallisuus.....	41
7.5	Tuhkarakentamisen ympäristövaikutusten hallinta	41
7.6	Tuhkarakentamisen dokumentointi	42
8.	KUNNOSSAPITO JA UUELLEEN KÄYTTÖ	43
8.1	Lähtötilanteen selvittäminen	43
8.2	Rakenteiden kunnossapito.....	43
8.3	Rakenteiden aukikaivu ja korjaus	43
8.4	Uudelleenkäyttö ja kierrätettävyys.....	44
8.5	Käytöstä poistaminen	44
	KIRJALLISUUS	45
	LIITTEET	48

Liite 1 Kohdekortti 1 VT 6 Lappeenranta – Imatra, Meluvalli

Liite 2 Kohdekortti 2 Stora Enso Anjalankosken tehtaas, Meluvallit

Liite 3 Kohdekortti 4 Kouvola, Korja, Maisemavalli

Liite 4 Kohdekortti 5 Savon Voima Joensuun voimalaitos, Meluvalli

Liite 5 Ohjekortin taulukoita

1. JOHDANTO

Ohjeen kirjoitustyö on käynnistetty kokoamalla suunnittelu- ja käyttökokemuksia tuhalla rakenne- tuista meluvallista tai ei-liikennekuormitetuista penkereistä. Toteutettujen kohteiden löytämiseksi toteutettiin kysely, joka suunnattiin mm. kaupungeille, Väylävirastoon, urakoitsijoille ja materiaalin- käsittelijöille. Kokemuksista on laadittu tiivistelmät liitteinä 1-5 oleviin kohdekortteihin. Näistä julkais- taan pidemmät versiot UUMA-sivuston kohdekorteissa: <https://www.uusiomaarakentaminen.fi/koh- dekortit>.

Laadittu ohje on yksityiskohtainen suunnittelu- ja käyttöohje, joka sisältää ohjeistuksen käytettävistä tuhista, suunnittelusta ja mitoituksesta sisältäen suosituksen mitoitusparametreista (taulukko 5.3), lainsäädännöstä, hankinnasta, toteutuksen laadunhallinnasta sisältäen logistiikan, varastoinnin ja ra- kentamisen sekä työturvallisuudesta, riskien arvioinnista sisältäen kunnossapidon ja käytöstä poista- misen.

Tuhkien tyypillisiä ominaisuuksia on esitelty siten, että eri luvuista löytyvät tarvittavat tiedot esimer- kiksi CE-merkinnän, suunnittelun, rakentamisen ja rakennuttamisen asiakirjojen laadinnan tarpeisiin. Mitoituslaskelmia varten on esitetty tuhkien mitoitusparametrit luvussa 5. Lisäksi on esitetty ympäris- tölupahakemusten laatijalle ja viranomaisille ominaisuustietoa ympäristölupien harkintaan.

Ohjetta kirjoitettaessa on otettu huomioon Väyläviraston *Meluasteiden suunnitteluohjeen luonnoksen osakopio* alkuvuodelta 2021. Ohjeen valmistuttua mahdolliset muutokset tulee päivittää tähän ohjee- seen. Tuhkarakentamisen terminologiassa on noudatettu Rakennustietosäätiön 2018 julkaisemaa Infra-ohjekortin periaatteita *Tuhkien käyttö maarakentamisessa, Metsä- ja energiateollisuuden tuh- kamateriaalit. Infra 062-710191* ja joitakin taulukoita siitä on myös julkaistu tässä ohjeessa. Uusiomaar- kentamista ja tuhkarakentamista koskeva laajempi muu ohjeistus on koottu lukuun 5.1. ja sitä on huomioitu tässä ohjeessa soveltuvin osin.

Uusiomateriaalien, kuten metsäteollisuuden tuhkien, käyttämiseksi väylärakenteissa, Väylävirasto edellyttää, että niiden tekninen soveltuvuus ja käyttöön liittyvä ohjeistus on arvioitu yleisessä tai han- kekohtaisessa menettelyssä.

Väyläviraston ohjeen "Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa" mukaisesti uusiomateriaalien käyttömahdollisuus tulee selvittää kaikissa tie- ja ratahankkeissa. Uusiomateriaalien käytölle vaadi- taan joko yleinen tai hankekohtainen teknisen soveltuvuuden arviointi. Yleisellä teknisen soveltuvuu- den arvioinnilla tarkoitetaan uusiomateriaalille ennakkoon tehtävää arviointia, jossa määritetään so- veltuvat käyttökohteet ja käytölle asetetut vaatimukset. Mikäli uusiomateriaalia halutaan käyttää sel- laisessa käyttökohteessa, johon sen soveltuvuutta ei ole arvioitu, on tehtävä joko yleinen tai erillinen hankekohtainen arviointi. Arviointi on materiaalitoimittajakohtainen. Arviointi sisältää materiaalin teknisen soveltuvuuden ja käyttöön liittyvän ohjeistuksen arvioinnin. (Väylävirasto 2020a) Tämä ohje on laadittu metsäteollisuuden tuhkien käytön ohjeistamiseksi ja hyödynnettäväksi Väyläviraston tek- nisen soveltuvuuden arvioinnissa. Arviointimenettelyn kulku ja arviointiaineiston sisältö on kuvattu Väyläviraston ohjeessa sekä sitä täydentävässä oppaassa "Väylärakenteisiin soveltuvia uusiomateri- aaleja" tai sitä uudemmassa julkaisussa. Luettelo yleisesti ja hankekohtaisesti soveltuviksi arvioiduista uusiomateriaaleista julkaistaan Väyläviraston ohjeluetelossa.

2. MATERIAALIT

2.1 Lentotuhka, pohjatuhka ja leijupetihiekka

Suomessa muodostuu metsäteollisuudessa tuhkia poltettaessa kiinteää pääosin biomassapohjaista polttoainetta. Tuhkamateriaalit muodostuvat polttotason alapuolelle niin sanottuna karkeampana **pohjatuhkana** arinakattiloissa ja niin sanottuna **leijupetihiekkana** leijupetikattiloissa sekä savukaasujen mukana poistuvana hienompana **lentotuhkana**. Muodostuvien tuhkien määrä, koostumus ja ominaisuudet riippuvat käytetystä polttoaineesta ja -tekniikasta, erityisesti polttolämpötilasta sekä lentotuhkan erotustekniikasta. Tuhkista puhutaan usein yhtenä tuoteryhmänä, mutta kyseessä on useiden tuottajien erilaisista raaka-aineista erilaisissa prosesseissa tuottama joukko tuhkamateriaaleja.

Metsäteollisuuden energiantuotannossa polttoaineena käytetään turvetta sekä puuperäisiä ja muita kiinteitä biopolttoaineita tai lajiteltuja jättepohjaisia polttoaineita (nk. rinnakkaispoltossa). Polttoaineen koostumuksen mukaan puhutaan seospoltosta ja rinnakkaispoltosta. Kiinteiden polttoaineiden polttotapoja ovat arina- ja leijupetipolttot. (RTS 2018) Kivihiilen polttoon loppumassa Suomessa 2020-luvulla. Puuperäisten/biomassapohjaisten polttoaineiden osuus kasvaa energiantuotannossa, joten energiantuotannon tuhkat muuttunevat metsäteollisuuden tuhkien kaltaisiksi.

2.2 Lentotuhka: varastointi, rakentaminen ja lujittuminen

Lentotuhkaa on mahdollista hyödyntää maarakentamisessa ns. massiivirakenteena sekä kerros- ja västabiloinnissa, jossa se voi toimia osana sideaineseosta. Valli- ja pengerrakenteissa tyypillisin lentotuhkan käyttövaihtoehto on massiivirakenne, jolloin vallin runko tai pengertäyttö on lentotuhkaa.

Lentotuhkien käyttäytymiseen rakenteissa voi vaikuttaa tavanomaisten geoteknisten ominaisuuksien lisäksi myös lujittumisominaisuudet. Useat puu- ja turvepolton lentotuhkat ovat reaktiivisia ja itselujittuvia, eli ollessaan tekemissä veden kanssa, tuhka alkaa muodostaa lujittuvia sidoksia ja samalla reaktiossa syntyy lämpöä. Lentotuhkan on todettu olevan reaktiivisempaa ja paremmin lujittuvaa, mikäli polttoaineseoksessa on ollut mukana paperiteollisuuden jätevedenpuhdistuksen mekaanisessa esiselkeytyksessä syntyvää (kalkkipitoista) kuitulietettä tai siistauslietettä. Lujittumiseen vaikuttaa myös se, kuinka pian kostuttamisen jälkeen se tiivistetään rakenteeseen.

Lentotuhkaa hyödynnetään massiivirakenteissa ”tuoreena”, kasavarastoituna tai vanhasta läjityksestä (esim. kaatopaikkavarastoinnista) purettuna.

- **Tuore tuhka** (siilovarastoitu): Tässä lentotuhkan hyödyntäminen ”tuoreena” tarkoittaa tarvittavan vesimäärän lisäämistä kuivana varastoituun tuhkaan hallitusti hieman ennen rakenteeseen levittämistä ja tiivistämistä (tällöin lujittumisominaisuudet ovat hyödynnettävissä rakenteessa).
- **Kasavarastoivaan** (”aumattavaan”) tuhkaan lisätään haluttu vesimäärä esim. siilosta purun yhteydessä ennen sen ajoa kasalle tai aumaan, joka peitetään tai jätetään peittämättä. Suositeltavaan on, että auman poikkileikkaus on terävähkö kolmio ja ylimääräisen veden kulkeutuminen materiaaliin on estetty (alueen pinnan kaltevuudet, ojat, kapillaarisen nousun estäminen). Peittämättömän tuhka-aman kostutettuun pintaan muodostuu suojaava kuori, jolloin koko kasa ei kastu läpikotaisin (lujittumisominaisuuksia saattaa jonkin verran jäädä jäljelle hyödynnettäväksi rakenteessa).
- **Läjitettyä** tuhka voi olla tiivistettyä tai työkoneiden yliajossa tiivistynyttä. Läjitetyn tuhkan vesipitoisuus muodostuu tuhkaan läjitysvaiheessa lisäystä vedestä sekä läjityksen aikana imeytyneestä vedestä. Läjityksen jälkeen hyödynnettävällä tuhalla ei ole juurikaan lujittumisominaisuuksia.

Helpoin tapa hyödyntää lentotuhkaa tavanomaisessa meluvallissa, on rakentaminen läjitetyllä tuhalla, joka on läjityksessä saavuttanut hyödyntämisen kannalta optimaalisen vesipitoisuuden, joten materiaali ei pölyä, mutta ei ole myöskään liian kosteaa liettyäkseen. Läjitetyn tuhkan tekniset ja ympäristöominaisuudet on oltava tiedossa (tarvittaessa tutkittava) ja käyttökohteen vaatimusten on luonnollisesti täytyttävä. Meluvallin rakentaminen kasavarastoidulla ja tuoreella tuhalla on mahdollista, kun huolehditaan tuhkan kustuttamisesta rakentamisen kannalta sopivaan vesipitoisuuteen.

Metsäteollisuuden lehtotuhkasta voidaan tehdä rakeistettua tuhkaa, jolla voidaan rakentaa kuten karkearakeisella materiaalilla (Ecolan 2021). Tässä ohjeessa ei käsitellä rakeistetulla tuhalla rakentamista.

2.3 Lentotuhkan, pohjatuhkan ja leijupetihiekan geoteknisiä ominaisuuksia

Tuhkien käyttö maarakentamisessa -ohjekortissa (Infra 062-710191, RTS 2018) on esitetty suositukset tuhkamateriaalien luokitteluominaisuuksien tutkimiselle, ominaisuusarvoille sekä niiden mukaisille käyttöluokille ja -kohteille. Ohjekortti on laadittu ajatellen tie-, katu- ja kenttärakenteita, joissa materiaalivaatimukset ovat suuremmat kuin meluvalleissa.

Tuhkamateriaaleille voidaan määrittää useimmat geotekniset indeksiominaisuudet vastaavilla menetelmillä kuin luonnon kiviaineksille. Taulukossa 2.1 on esitetty metsäteollisuuden ja kivihiilenpolton lento- ja pohjatuhkien sekä leijupetihiekkojen geoteknisten ominaisuuksien tyyppillisiä arvoja, jotka on kerätty Tuhkarakentamisen käsikirjasta (2012). Ne kuvaavat materiaalin ominaisuuksia rakenteeseen tiivistettynä. Suurimmat ominaisuuserot metsäteollisuuden tuhkien ja kivihiilenpolton tuhkien välillä löytyvät lentotuhkien optimivesipitoisuuksista, jotka ovat tyyppillisesti metsäteollisuuden lentotuhkilla vaihteluvälin yläpäässä ja maksimikuivairtoteheyksistä, jotka ovat tyyppillisesti metsäteollisuuden lentotuhkilla vaihteluvälin alapäässä. Muut taulukossa esitetyt arvot ovat tyyppillisiä vaihteluvälejä tuhkamateriaaleille prosessin polttoaineesta riippumatta. Taulukon tietoja voidaan käyttää taustatietona, mutta niillä ei voida korvata tuhkamateriaalien ominaisuuksien selvittämistä laitoskohtaisesti.

Tavanomaisen meluvallin suunnittelussa ja rakentamisessa tarvittavat metsäteollisuuden tuhkien mitoitusparametrit ja ominaisuudet on esitetty taulukossa 6.3. Lisätietoja tuhkien ominaisuuksista löytyy ohjekortista Infra 062-710191 (RTS 2018).

Metsäteollisuuden biopolttopohjaisilla lentotuhkilla esiintyy tyyppillisesti jonkin verran kivihiilituhkia enemmän ajallista laatuvahtelua samankin laitoksen sisällä mm. polttoainekoostumuksen tai kuormituksen vaihdellessa. Usein eri laitosten väliset laatuero ovat suurempia. Toisaalta osa metsäteollisuuden lentotuhkista on reaktiivisempia (lujittuvampia) kuin kivihiilituhkat ja tämä voi mahdollistaa esim. sideainekäytön ilman aktivaattorina toimivaa sementin lisäystä. Myös lentotuhkan vesipitoisuus ja varastointiaika vaikuttavat saavutettaviin ominaisuuksiin (kts. luku 2.2).

Taulukko 2.1 Metsäteollisuuden ja kivihiilenpolton tuhkien geoteknisten perusominaisuuksien tyyppillisiä arvoja rakenteeseen tiivistettynä (Tuhkarakentamisen käsikirja 2012 mukailten, lentotuhkan tiheyden alarajoja on alennettu 100 kg/m^3 perustuen uusiin tutkimustuloksiin). Taulukko on esitetty taustatietona. Varovaisia mitoitusparametreja kasavarastoiduille ja läjitetyille metsäteollisuuden tuhkiille tavanomaisen vallin suunnittelua varten, on esitetty taulukossa 6.3.

Ominaisuus	Olosuhde	Lentotuhka	Pohjatuhka	Leijupetihiekka
Rakeisuus [mm]	Rakeinen	0,002–0,1 (siltti)	0,002–16 (hiekk)	0,063–32 (hiekk, sora)
Optimivesipitoisuus [%] ¹⁾	Tiivistettäessä	20–50	16–24	11–17
Maksimikuivairtoteiheyys [kg/m^3]	Tiivistetty	1000–1400	1200–1800	1500–1800
Märkäirtoteiheyys [kg/m^3] ²⁾	Tiivistetty	1200–1600	1300–1800	-
Kitkakulma [°]	Lujittumaton, tiivistetty	25–35	35–50	-
	Lujittunut	40–50	-	-
Koheesio [kPa]	Lujittumaton	10–40	10–30	- ³⁾
	Lujittunut	50–500	-	-
Vedenläpäisevyys [m/s] ²⁾	Lujittumaton	10^{-7} – 10^{-6}	10^{-6} – 10^{-5}	10^{-4} – 10^{-3}
	Lujittunut	10^{-8} – 10^{-6}	-	-
Hehkutushäviö [%]	-	1–15	0–1	-
Lämmönjohtavuus [W/mK]	Sula	0,4–0,6	0,7–1,0	-
	Jäätynyt	0,8	-	-
Segregaatiopotentiaali [mm^2/Kh]	Lujittunut	0,05–5	-	-

1) Parannetulla proctor-kokeella.

2) Tyyppillinen arvojen vaihteluväli rakenteeseen tiivistettynä (testaus laboratoriossa).

3) Käytetään pohjatuhkan arvoja soveltuvin osin.

2.4 Metsäteollisuuden lentotuhkien geoteknisiä ominaisuuksia

Metsäteollisuuden lentotuhkien ominaisuudet ja laatu saattavat vaihdella käytetystä polttoaineesta (tai polttoaineista ja niiden seossuhteista) riippuen. Lentotuhkan, ja siitä rakennettavan rakennusosan, ominaisuuksiin vaikuttaa merkittävästi myös tuhkan vesipitoisuus. Vesipitoisuus on erilainen eri tavoin varastoidulla tuhalla (mm. kuivavarastointi, kasavarastointi, läjitys).

Rakeisuus: Lentotuhka vastaa rakeisuudeltaan silttiä tai hiekaista silttiä. Lentotuhkan hienoainepitoisuus ($d \leq 0,063 \text{ mm}$) vaihtelee 65–90 % välillä ja keskimääräinen raekoko d_{50} on noin 0,02–0,05 mm. Kosteana varastoidulla lentotuhkalla on taipumus paakkuuntua ja muodostaa suurempia rakeita, jolloin myös rakeisuusjakauma painottuu lähemmäksi hiekan rajaa. Rakenteeseen tiivistettynä tuore ja kasavarastoitu lentotuhka lujittuu, minkä vuoksi sen ominaisuuksia ei voi suoraan verrata rakeisuudeltaan vastaavan maa-aineksen ominaisuuksiin. (RTS 2018)

Optimivesipitoisuus: Tuhkille on maa-ainesten tapaan määritettävissä kullekin ominainen optimivesipitoisuus ja kuivairtoteiheyden maksimi-arvo parannetulla proctor-kokeella. Optimivesipitoisuudessaan tiivistettynä materiaali saavuttaa suurimman kuivairtoteiheydensä. Parhaiten tuhkat tiivistyvät vesipitoisuusalueella, joka alkaa noin 2–4 %-yksikköä alle optimivesipitoisuusarvon ja jatkuu noin 1–2 %-yksikköä yli optimivesipitoisuusarvon. Tuhkien optimivesipitoisuudet ovat suhteellisen korkeita verrattuna luonnon kiviainekseen. Metsäteollisuuden energiantuotannossa eri laitosten lentotuhkien (riippuen myös tuhkan varastointitavasta ja ajasta) optimivesipitoisuudet vaihtelevat merkittävästi vaihteluvälin ollessa tyyppillisesti 30–60 %. Vaihteluvälin alemmat arvot tyyppillisiä tuoreemmalle tuhalle, ylemmät arvot puolestaan kasavarastoidulle tuhalle. Metsäteollisuuden lentotuhkien optimivesipitoisuuteen vaikuttaa oleellisesti käytetty polttoaine ja -tekniikka sekä varastointi.

Optimivesipitoisuuden vaihtelu voi olla suurta eri laitosten lentotuhkien välillä, mutta myös samassa laitoksessa eri ajankohtina.

Optimivesipitoisuuden kasvaessa maksimikuivairtoteiheys tyypillisesti pienenee. Optimivesipitoisuus muuttuu kasvarastoinnin aikana, joten samalle tuhkalle voidaan määrittää eri aikoina eri optimivesipitoisuuden arvoja riippuen varastointivesipitoisuudesta, säilytysajasta ja -olosuhteista. Tämä johtuu siitä, että varastoinnin aikana muodostuu agglomeraatteja, jotka muuttavat lentotuhkan rakeisuutta, muuttaen samalla optimivesipitoisuutta.

Maarakentamisessa vesipitoisuus ilmoitetaan veden massan suhteena näytteen kuivamassaan (prosentteina), joka on ns. geotekninen vesipitoisuus. Joillakin toimialoilla vesipitoisuus lasketaan veden massan suhteena kokonaismassaan (prosentteina). On varmistuttava, että tuhkan vesipitoisuus on ilmoitettu ns. geoteknisenä vesipitoisuutena. (RTS 2018)

Tiheys: Metsäteollisuuden lentotuhkat ovat tyypillisesti tiheydeltään kiviaineksia kevyempiä korkean huokoisuutensa takia. Lentotuhkilla korkea optimivesipitoisuus tosin tasoittaa käytännössä tätä eroa rakenteessa. Tiivistetyn lentotuhkarakenteen märkäirtoteiheys vaihtelee metsäteollisuuden tuhkillä välillä 1200-1500 kg/m³.

Lujuusominaisuudet: Lentotuhka vastaa lujuusominaisuuksiltaan välimaalajeja, joiden leikkauslujuus muodostuu koheesiosta ja kitkasta. Lentotuhkan kitkakulman ja koheesion arvot muuttuvat lujittumisen myötä. Lentotuhkan tyypillisinä kitkakulman vaihteluväleinä voidaan pitää tiivistettynä, mutta lujittumattomana 25-35°, ja lujittuneena 40-50°. (Tuhkarakentamisen käsikirja, 2012)

Yleensä tuhkien lujuusominaisuuksia ei ole tarpeen määrittää hankekohtaisesti ajatellen meluvallien ja ei-liikennekuormitettujen penkereiden rakentamista. Lujuus- ja lujittumisominaisuudet tulee tuntea laitoskohtaisesti silloin, kun niillä on merkitystä käyttökohteen rakennusosan ja rakenteen vaativan toimivuuden kannalta esimerkiksi silloin, kun meluvallin päälle rakennetaan meluseinä tms. Kitkakulma ja koheesio voidaan määrittää rasialeikkaus- tai 3-aksiaalikoikeella. Lujittuneen lentotuhkan puristuslujuus määritetään 1-aksiaalisella puristuskokeella. Puristuslujuuden arvot vaihtelevat lentotuhkan lujittumisominaisuuksista sekä varastointi- ja lujittumisolosuhteista riippuen, joten tarkkoja arvoja sitoutuneen lentotuhkan puristuslujuudelle ei ole tässä ilmoitettu. Lujuustaso, joka hyvin tiivistetyllä metsäteollisuuden lentotuhkalla saavutetaan ilman sideainelisäystä, on tyypillisesti 0,5-5 MPa (RTS 2018). Lentotuhkan on todettu olevan reaktiivisempaa ja paremmin lujittuvaa, mikäli polttoaineseoksessa on ollut mukana paperiteollisuuden jätevedenpuhdistuksen mekaanisessa esiselkeytyksessä syntyvää (kalkkipitoista) kuitulietettä.

Vedenläpäisevyys: Lentotuhkien vedenläpäisevyys on tyypillisesti 10⁻⁷-10⁻⁶ m/s tiivistettynä noin 90-95 % tiiviysasteeseen. Vedenläpäisevyyden arvo vastaa maamateriaaleilla lähinnä siltin vedenläpäisevyysarvoja. Vertailuksi maa-aineksille tyypillisiä vedenläpäisevyyksiä ovat: hiekka, sora- ja kalliomurskeet 10⁻³-10⁻⁴ m/s (rakeisuudesta riippuen), hieno hiekka 10⁻⁴-10⁻⁵ m/s ja siltti 10⁻⁵-10⁻⁷ m/s. (RTS 2018)

Jäykkyysoinaisuudet: Tiivistetyt tuhkerrokset ovat riittävän jäykkiä ja kokoonpuristumattomia meluvallikäyttöä tai vastaavaa ajatellen. Lujittuneen lentotuhkan jäykkyys korreloi puristuslujuuden kanssa, ollen lujittuneella tuhkalla jopa suurempi kuin murskeilla. (RTS 2018)

Kapillaarinen nousukorkeus: Kapillaarisuudella on merkitystä erityisesti routimisen kannalta. Tuhkan materiaalien kapillaariseen nousukorkeuteen vaikuttavat mm. rakeisuus, tuhkan tiiviysaste ja lentotuhkilla lujittuminen. Kapillaarinen nousukorkeus vaihtelee merkittävästi erilaisilla tuhkamateriaaleilla, tyypillisesti lentotuhkassa nousukorkeus on kuitenkin melko suuri (vähintään useita satoja millimetrejä, tyypillisesti jopa > 1 000 mm). Kapillaarinen nousukorkeus on tunnettava käyttökohteissa, joissa kapillaarisella nousukorkeudella on merkitystä, esimerkiksi suodatinkerroksessa. (osittain RTS 2018).

Muut ominaisuudet: Tietoja tuhkien lämmönjohtavuudesta, routivuudesta ja jäätymis-sulamiskestävydestä on esitetty mm. ohjekortissa Infra 062-710191 (RTS 2018). Tietoja ei ole esitetty tässä, koska niillä ei ole merkitystä esim. meluvälillä tai muissa penkereissä routasyvyyden alapuolella.

2.5 Metsäteollisuuden pohjatuhkien ja leijupetihiekkojen geoteknisiä ominaisuuksia

Metsäteollisuuden pohjatuhkien ja leijupetihiekkojen ominaisuudet ja laatu saattavat käytetystä polttoaineesta (tai polttoaineista ja niiden seossuhteista) riippuen vaihdella.

Pohjatuhkaa ja leijupetihiekkaa voidaan hyödyntää massiivirakenteena, mutta niille tyypillisen tasarakaisuuden (hankala tiivistää vallimaiseen muotoon) vuoksi käyttö valli- ja pengerrakenteissa tulee kyseeseen lähinnä rakenteiden sydänosissa tai yhdessä lentotuhkan kanssa kerrosrakenteena (ns. sandwich-rakenne). Pohjatuhkien ja leijupetihiekkojen tekninen soveltuvuus ja ympäristökelpoisuus käyttökohteeseen on kuitenkin arvioitava tapauskohtaisesti.

Rakeisuus: Rakeisuus on luonnon materiaalien sekä pohjatuhkan ja leijupetihiekan tärkein ominaisuus, joka suurelta osin määrää niiden geotekniset ominaisuudet. Pohjatuhka vastaa rakeisuudeltaan hiekkaa tai hienoa soraa ja leijupetihiekka hiekkaa tai soraa. Pohjatuhka ja leijupetihiekka ovat tyypillisesti tasarakeisia.

Optimivesipitoisuus: Pohjatuhkille ja leijupetihiekoille on maa-ainesten tapaan määritettävissä kullekin ominainen optimivesipitoisuus ja kuivairtitiheyden maksimiarvo parannetulla proctor-kokeella. Optimivesipitoisuudessaan tiivistettynä materiaali saavuttaa suurimman kuivairtitiheydensä. Parhaiten tuhkat tiivistyvät vesipitoisuusalueella, joka alkaa noin 2-4 %-yksikköä alle optimivesipitoisuusarvon ja jatkuu noin 1-2 %-yksikköä yli optimivesipitoisuusarvon. Metsäteollisuuden pohjatuhkien ja leijupetihiekkojen optimivesipitoisuudet ovat tyypillisesti rakeisuudeltaan vastaavien maalajien kanssa samansuuntaisia tai hieman suurempia. Pohjatuhkille tavanomainen vaihteluväli on 15-25 % ja leijupetihiekoille 11-17 %. Metsäteollisuuden pohjatuhkien ja leijupetihiekkojen optimivesipitoisuuteen ei vaikuta polttoprosessin polttoainemuutokset tai varastointiaika yhtä herkästi kuin lentotuhkaan. (RTS 2018)

Tiheys: Pohjatuhkat ja leijupetihiekat ovat tiheydeltään hieman kiviaineksia kevyempiä korkean huokoisuutensa takia. Tiivistetyn rakenteen märkäirtitiheys vaihtelee metsäteollisuuden pohjatuhkilla ja leijupetihiekoilla välillä 1300-1700 kg/m³.

Lujuus: Pohjatuhkan ja leijupetihiekan lujuusominaisuudet vastaavat rakeisuudeltaan vastaavia kitka- ja maalajeja. Pohjatuhkan tyypillisenä kitkakulman vaihteluvälinä voidaan pitää tiivistettynä 35-50° (Tuhkarakentamisen käsikirja, 2012). Leijupetihiekka on usein varsin tasarakeista (joskus jopa ”helmi-mäistä”, hankalasti kasan muodossa pysyvää, herkästi leviävää, vaikeahkosti tiivistettävää) ja

soveltuvilta osin sen koheesio-/kitkakulmaominaisuuksia voidaan arvioida pohjatuhkan arvojen kautta. Pohjatuhkalla ja leijupetihiekalla ei juurikaan ole lujittumisominaisuuksia, joten sen voi jättää käytännössä huomioimatta.

Vedenläpäisevyys: Vedenläpäisevyyden arvot tiivistetyille (tiiveysaste > 93 %) pohjatuhkille ovat yleensä 10^{-6} - 10^{-5} m/s ja tiivistetyille (tiiveysaste > 93 %) leijupetihiekoille 10^{-3} - 10^{-4} m/s. Maa-aineksille tyypillisiä vedenläpäisevyyksiä ovat: hiekka, sora- ja kalliomurskeet 10^{-3} - 10^{-4} m/s (rakeisuudesta riippuen), hieno hiekka 10^{-4} - 10^{-5} m/s ja siltti 10^{-5} - 10^{-7} m/s. (RTS 2018)

Jäykkyys: Pohjatuhkien ja leijupetihiekkojen jäykkyysominaisuudet ovat luonnonhiekan kaltaiset.

Kapillaarinen nousukorkeus: Kapillaarisuudella on merkitystä erityisesti routimisen kannalta. Pohjatuhkien ja leijupetihiekkojen kapillaariseen nousukorkeuteen vaikuttavat mm. rakeisuus ja tiiveysaste. Kapillaarinen nousukorkeus vaihtelee merkittävästi erityyppisillä tuhkamateriaaleilla. Pohjatuhkalla ja leijupetihiekalla kapillaarinen nousukorkeus on tyypillisesti pienempi kuin lentotuhkalla, vaihdellen kuitenkin merkittävästikin (tyypillisimmin kuitenkin välillä 200-800 mm). Kapillaarinen nousukorkeus on tunnettava käyttökohteissa, joissa kapillaarisella nousukorkeudella on merkitystä, esimerkiksi suodatinkerroksessa. (osittain Infra 062-710191, RTS 2018)

Muut ominaisuudet: Tietoja pohjatuhkien ja leijupetihiekkojen lämmönjohtavuudesta, routivuudesta ja jäätymis-sulamiskestävydestä on esitetty mm. ohjekortissa Infra 062-710191 (RTS 2018). Tietoja ei ole esitetty tässä, koska niillä ei ole merkitystä esim. meluvälillä tai muissa penkereissä routasyvyyden alapuolella.

3. KÄYTTÖKOHTEET JA -KOKEMUKSET

3.1 Sovellukset (rakenteet)

Tässä ohjeessa käsitellään metsäteollisuuden tuhkien hyödyntämistä lähinnä vallirakenteissa. Esitetyt ohjeita voidaan kuitenkin soveltaa muissakin alla esitellyissä käyttökohteissa:

- meluvalli
- maisemavalli
- maisemointitäyttö (maanpinnan muotoilu ja korottaminen)
- maavallikatsomo
- ampumaradan melu- ja suojavalli (ei taustavalli)
- ei-liikennekuormitettu pengerrus
- lopputäyttö (siltojen kunto- ja kaivantojen em. rakenteiden kohdalla)

Tuhkien materiaalivaatimukset näissä sovelluksissa määräytyvät rakentamiskohteen toiminnallisten ja teknisten vaatimusten perusteella. Vaatimukset voivat poiketa toisistaan esim. routasyvyyden alla ja yläpuolella. InfraRYL sisältää vaatimuksia mm. täytöille. Maisemointi- ja muotoilutäyttöjen täyttömateriaaleilla asetetut vaatimukset ovat yleensä vähäisempiä.

Näiden sovellusten yleinen kuvaus ja niihin soveltuvien materiaalien esittely on tehty alla. Esitellyissä sovelluksissa uusiomateriaaleja hyödynnetään peitettynä, jolloin peittokerros voi olla esim. kasvualustamateriaalia tai muuta maa-ainesta.

Melusteiden tulee alentaa ympäristöön leviävää liikennemelua suunnitellusti hyväksyttävälle tasolle, ja niiden tulee olla visuaalisesti maastoon sopivia. Meluste ei saa siirtyä tai deformatua riittämättömän vakavuuden, painumisen tai routimisen johdosta haitallisesti (ulkonäkö, eristävyys jne.) käyttöä aikana.

Maisemavalli: Viheralueilla voidaan toteuttaa katu- ja tiealueita vaihtelevampaa maastonmuotoilua, mikä mahdollistaa uusiomateriaalien monipuolisen käytön. Viheralueiden hoitoluokasta riippuen pieniä painumia ja routanousuja voidaan yleensä sallia. Viheralueiden täytöissä, kiinnitetään huomiota maaston muotoiluun, kuivatuksen toimivuuteen, täytökerroksen veden läpäisevyyteen, pH-arvoon sekä päälle tuleviin kasvualustakerroksiin. Maisema- ja viherrakentamisessa täyttömateriaalien vaatimuksiksi yleensä riittää, että materiaali on levitettävissä, muotoiltavissa ja tiivistettävissä rakentamiseen.

Maavallikatsomon pengerruksen rakentamiseen soveltuvat suuren kitkakulman omaavat materiaalit (louhe, sora, karkea hiekka, karkeat moreenit) sekä pehmeämmät materiaalit (savi, siltti, hieno hiekka), joita voidaan hyödyntää rakentamalla ensin mainituista materiaaleista alustoja, jotka täytetään pehmeämmillä materiaaleilla. Luonnon materiaaleja voidaan korvata uusiomateriaaleilla. (RTS 2014)

Ampumaradat suunnitellaan noudattaen ohjetta ”*Ampumaratojen ympäristövaikutusten hallinta*” (Kajander & Parri 2014). Ohje sisältää ohjeet vallin ympäristönsuojusrakenteille eli vallien korkeuksille meluntorjunnan ja pintarakenteille pohjaveden suojauksen kannalta, mutta ohjeessa ei ole muutoin esitetty miten ja millaisella materiaalilla vallirakenteet toteutetaan. Vallien täytöt toteutetaan noudattaen InfraRYLiä. Muuta ohjeistusta ampumaratojen rakentamiseen löytyy lisäksi ohjeesta ”*Ampumarata-opas*” (Suomen Ampumaurheiluliitto 2005) sekä puolustusvoimien ampumaratoja koskevista määräyksistä.

Täytöillä tarkoitetaan maa- ja infrarakentamisessa syntyvien kaivantojen täyttämistä sekä suunnitelmien mukaista maapinnan muotoilua ja korottamista. Täytöt voivat olla mm. massanvaihtoja väylien,

kenttien, talojen ja johtokaivantojen rakentamisessa, massanvaihtoon sisältyviä pengerryksiä, maa-ainesten ottoalueiden maisemointia sekä maanpinnan muotoiluja ja korotuksia puistoissa. Tämä ohje sisältää viimeksi mainitun (ks. kohta maisemavalli).

Lopputäytön (johtokaivantojen eli putkien, johtojen, salaojien, kaivojen yms. lopputäytöt) täyttömateriaali ei saa sisältää aineita, jotka voivat vahingoittaa putkia tai liitosmateriaalia. Putkien ja liitosmateriaalien alkutäyttö on lähtökohtaisesti luonnon kiviainesta. Lopputäyttö tehdään täyttömateriaalilla, joka on tiivistämiskelpoista ja vastaa routimisominaisuuksiltaan kaivannosta poistettua materiaalia. Liikennöitävällä alueella lopputäyttö ulotetaan liikennealueen rakennekerrosten alapintaan. Viheralueilla, pelloilla ja metsissä sijaitsevilla verkoston linjoilla kaivantojen lopputäytöissä voidaan hyödyntää heikompilaatuisia maa-aineksia. Tiedossa ei ole, että lopputäyttöön soveltuvista metsäteollisuuden tuhista liukenesi haitta-aineita, jotka voisivat kulkeutua esim. vesijohdon seinämän läpi juomaveteen.

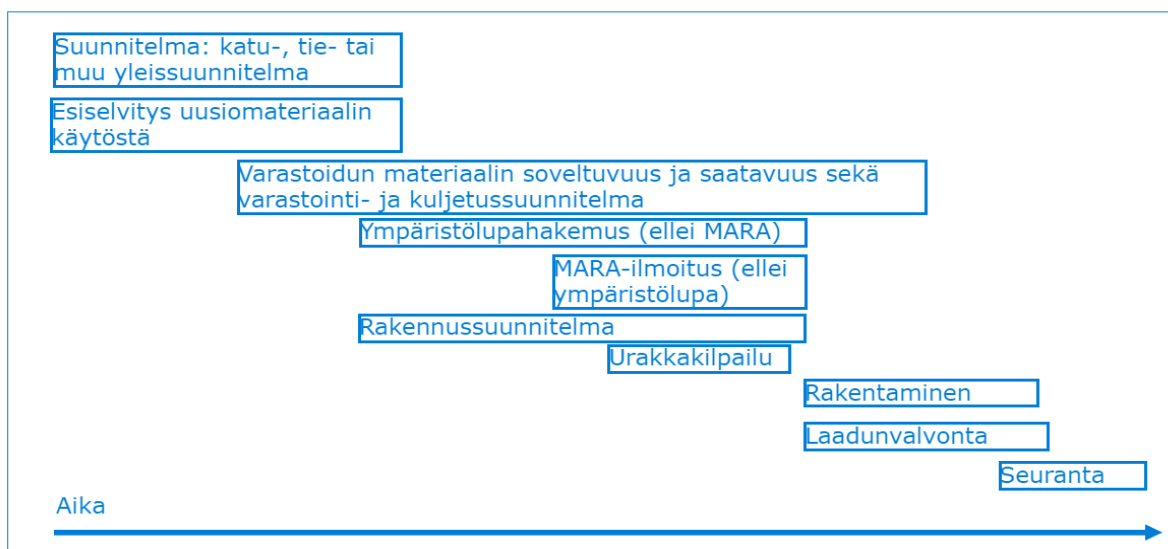
Stabiloinnin sideaineilla lujitettua heikkolaatuista maa-ainesta (savet, siltit, ruoppausmassat) voidaan hyötykäyttää vallien ja penkereiden täytöissä ilman reunapenkereitä. Stabiloimalla jäykistetyllä maa-aineksella voidaan toteuttaa jyrkempiluiskaisia valleja kuin stabiloimattomilla pehmeillä maa-aineksilla, jolloin valli on mahdollista rakentaa kapeammalle maakaistaleelle tai korkeampana käytettävissä olevalle alueelle. Syvästabiloinnilla voidaan pehmeiköille lujittaa vallin pohjamaan liukupintasantuman estämiseksi ja/tai painumien rajoittamiseksi. Metsäteollisuuden lentotuhkaa voidaan käyttää sideaineena tai sideaineseoksen osakomponenttina pehmeiden maiden lujittamisessa. Pelkkä lentotuhka ei välttämättä aina riitä ja sideaineseoksessa voidaan käyttää tuhkan lisäksi sementtiä ja/tai muita seosaineita. Sideainekäyttöön tarkoitetun tuhkan tulee olla kuivaa koko logistiikkaketjun ajan. Stabiloinnissa tarvitaan hankekohtaiset suunnitelmat ja ennakkotutkimukset laboratoriossa sideainereseptin toimivuuden (riittävän lujuustason) ja sideainemäärän optimoinnin varmistamiseksi. Tuhkasideaine voi olla tuotteistettu sideainekäyttöön ja vapautettu ympäristöluvan tarpeesta. Muutoin tuhkapohjaisen sideaineen käyttäminen meluvallissa käytettävän maa-aineksen stabilointiin vaatii ympäristöluvan, joten Väyläviraston teknisen soveltuvuuden arviointi tulee tehdä hankekohtaisesti.

Stabilointia ei käsitellä tässä ohjeessa enempää, mutta lisätietoja asiaan löytyy muista ohjeista, mm.: Syvästabiloinnin suunnittelu (Liikennevirasto 2018b), Massastabilointikäsi kirja (2014), Tuhkakäsi kirja (2012), InfraRYL. Joiltakin osin vanhentuneessa julkaisussa ”Massastabiloitujen ylijäämääsavien käyttö maarakentamisessa, suunnittelu, työselitykset ja laatuvaatimukset” (Mäkelä et al. 2000a) on myös ohjeistettu meluvallin ja muiden penger- ja vallirakenteiden rakentamista stabiloitua savea käyttäen.

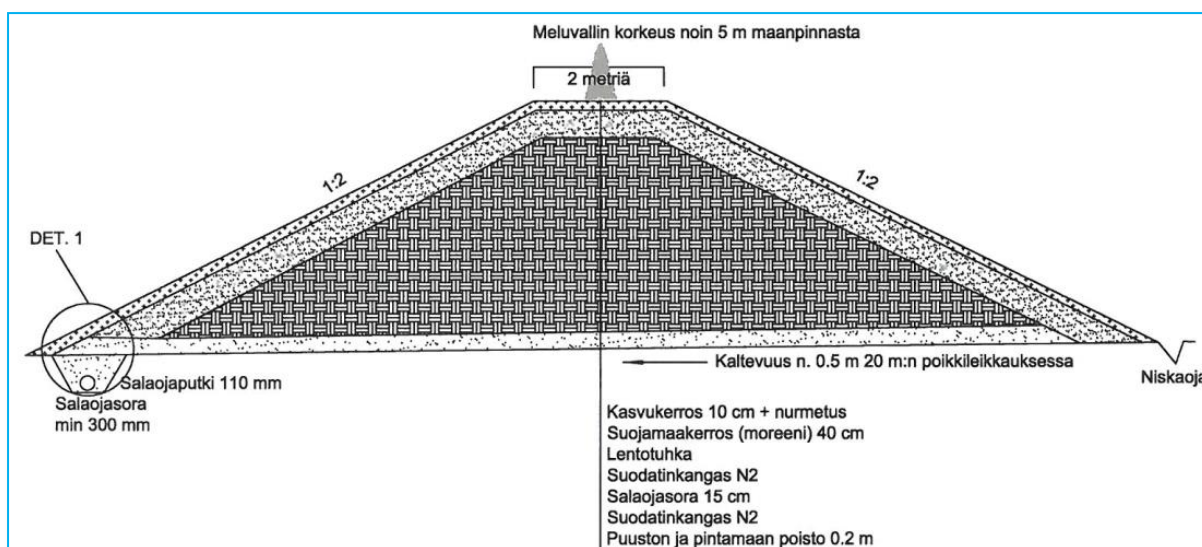
3.2 Käyttökokemukset

Kokemuksia vallien rakentamisesta metsäteollisuuden tuhkillä on esitelty tässä luvussa. Esittely noudattaa hankkeen etenemisen vaiheita, jotka on esitetty kuvassa 3.1 karkealla tarkkuudella aikajanalla. Hankkeen etenemisen vaiheita ovat mm. suunnittelu, ympäristöluvaprosessi, rakentaminen + laadunvalvonta ja seuranta.

Kuvan 3.2 poikkileikkauksessa on esitetty tyypillinen meluvallipoikkileikkaus, jossa on hyödynnetty metsäteollisuuden lentotuhkaa. Valokuvissa 3.3-3.7 on esitetty meluvallin rakentamista lentotuhkalla.



Kuva 3.1 Hankkeen etenemisen eri vaiheet karkeasti aikajanalla esitettynä.



Kuva 3.2 Tyypillinen meluvallipoikkileikkaus, jossa on hyödynnetty metsäteollisuuden lentotuhkaa. (kohdekortin 2 liite 3, osakopio)

Käyttökokemuksia metsäteollisuuden tuhkillä rakennetuista valleista on esitelty tarkemmin kohdekor-teissa 1-4 (liitteet 1-4). Alla on listattuna keskeisimpiä havaintoja toteutetuista kohteista. Kohdekortit ovat laadittu seuraavista kohteista:

- VT 6 Lappeenranta – Imatra, Meluvalli, rakennettu 2010
- Stora Enso Anjalankosken tehtaat, Meluvallit, rakennettu 2012 ja 2017
- Kouvola, Korja, päärata, Maisemavalli, rakennettu 2016-2018
- Savon Voima Joensuun voimalaitos, Meluvalli, rakennettu 2015-2016

Suunnittelu:

- Meluvallin pohjalla on tyypillisesti salaojakerros tuhkakerroksen alla (kuva 3.1).
- Meluvallin luiskakaltevuus on tyypillisesti 1:2.
- Tuhkakerroksen päälle on joskus esitetty muovivaestämäänsadevesien pääsy vallin tuhkakerrokseen. Käytännössä tuhkakerroksen vedenläpäisevyys on pieni ja sadevesi valuu pintavaluntana tai kasvukeroksessa alas. Mikäli pintaan asennettaisiin muovi, tarvittaisiin myös lujiteverkko muovin päälle pitämään kasvukerros paikallaan.
- Käytännössä on havaittu, että 1:2-luiskassa ei tarvita reunapenkereitä rakennettaessa valli lentotuhkalla.

Ympäristölupa:

- Ympäristöluvan vaatimuksissa tulisi huomioida alue, jonne valli rakennetaan (pohjavesialue, kaivot, pintavesien kulkeutuminen, teollisuusalue, ...) ja asettaa vaatimuksen alueen mukaisesti.
- Ympäristöluvassa tuhkan haitta-ainepitoisuudet ja liukoisuudet saavat poiketa MARA-asetuksessa esitetyistä tietyille käyttötarkoituksille asetuista vaatimuksista. MARA-asetusta tai siinä määritellyjä raja-arvoja ei ole tarkoitettu sellaisenaan sovellettavaksi kohteissa, joissa hyödyntäminen tehdään ympäristöluvalla.

Rakentaminen:

- Työmaalle tuotavan tuhkan tulee olla kostutettua ja välivarastoitua tai kaatopaikalta otettua. Kuivaa tuhkaa ei kannata tuoda työmaalle. Liian kuivalla tuhkalla rakennettaessa tuhka pölyää liikaa ja rakentaminen on ongelmallista tai sen voi joutua jopa keskeyttämään.
- Pohjatuhkan ja leijupetihiekan rakeet ovat pyöreitä, joten pelkällä pohjatuhkalla tai leijupetihiekalla meluvallin rakentaminen ei yleensä onnistu tai ainakin se vaatii erityistoimenpiteitä. Pohjatuhkaa tai leijupetihiekkaa voidaan käyttää meluvallien rakentamiseen yhdessä lentotuhkan kanssa kerrosrakenteena.
- Työnaikaisesta dokumentoinnista sovitaan urakka-asiakirjoissa.

Seurantamittaukset:

- Ympäristöluvassa esitetyt seurantamittaukset
 - pintavesinäytteet (yleensä ojanäytteet)
 - pohjavesinäytteet; otetaan yleensä tarkoitusta varten asennetuista pohjavesiputkista
 - näytteistä määritetään ne haitta-aineet, joita esiintyy tuhkissa
 - lisäksi mm. pH, sähkönjohtokyky, permanganaatin kulutus, nitraatti, nitriitti
 - Kokoomanäytteet otetaan tuhkasta (esim. 1dl, jokaisesta kuormasta) ja määritetään kokonaispitoisuus ja liukoisuus.
- Seurantavelvoite on yleensä vähintään kolme vuotta rakentamisen jälkeen
- Lentotuhkien tiivistyminen ja tilavuuspaino: parannettu Proctor, hiekkavolyometri, troxler
 - tutkimuksia tehdään aluksi, jotta saadaan selville, miten materiaali tiivistyy
 - lisäksi selvitetään materiaalin tilavuuspaino rakenteessa, jos sen alla on painuvia maakerroksia, pohjanvahvistuksia tai pohjarakenteita
 - mikäli pohjatuhkaa/leijupetihiekkaa käytetään esim. suodatinkerroksen rakentamiseen, tulee tehdä ko. tiiveysmittaukset rakennusosaan tiivistettynä
- Yleensä meluvallirakenteen purkuputkesta tulee hyvin vähän suotovesiä ja siten vaikutukset ympäristöön ovat vähäiset.



Kuva 3.3. Lentotuhkavallin rakentamista vaiheittain. Kuvassa kipataan lentotuhkaa salaojakerroksen päälle (valokuva Pekka Vallius.2017).



Kuva 3.4. Lentotuhkavallin rakentamista vaiheittain. Vasemmassa luiskassa lentotuhkakerroksen päälle rakennettu suojakerros. (valokuva Pekka Vallius 31.10.2012).



Kuva 3.5. Suojamaakerroksen rakentamista moreenista (valokuva Pekka Vallius 31.10.2012).



Kuva 3.6. Suojamaakerroksen rakentamista moreenista (valokuva Pekka Vallius 2017).



Kuva 3.7. Valmis meluvalli. Vallin pinnassa nurmetus ja päällä sinikuusamapensaat (valokuva Pekka Vallius 13.11.2012).

4. LAINSÄÄDÄNTÖ

Tässä ohjeessa lainsäädäntöä tarkastellaan tuhkan maarakennuskäytön ja tarkennettuna valli- ja pengerrakentamisen näkökulmasta. Käyttö lannoitevalmisteena on rajattu tämän selvityksen ulkopuolelle.

Tarkastelussa huomioidaan jäte- ja ympäristölainsäädännöstä, kemikaalilainsäädännöstä ja rakentamis- ja rakennustuotelainsäädännöstä johtuvat asiat ja velvoitteet. Tuhkien käyttöä maarakentamisessa koskee myös säteilyturvalaki ja sen nojalla annetut Säteilyturvakeskuksen (STUK) ohjeet, jotka myös on huomioitu tässä osiossa.

4.1 Ympäristölainsäädäntö

Metsäteollisuudessa syntyvät tuhkat ovat lähtökohtaisesti aina jätteitä, ellei tuhkaa tuottavan laitoksen ympäristöluvassa tuhkaa ole määritelty sivutuotteiksi jätelain 5 §:n mukaisesti. Laitoksen ympäristöluvassa on tällöin määritelty yleensä myös käyttötarkoitus, johon käyttöön sivutuotestatus on myönnetty. Tällainen voi olla esimerkiksi käyttö lannoitevalmistelaimen mukaisesti. Tämä ei siis automaattisesti tarkoita, että kyseinen tuhka olisi sivutuotetta silloin, kun se käytetään maarakentamisessa. Suomessa joidenkin laitosten tuhkillla on sivutuotestatus ainakin lannoitevalmistekäyttöön.

Jätelain mukaisesti jätteen jäteluonne voi myös päättyä hyödyntämistoimen seurauksena, jos kaikki jätelain 5 §:n edellytykset täyttyvät samanaikaisesti. EU:ssa tai Suomessa ei ole annettu jäteluonteen päättymisen arviointiin johtavaa asetusta tuhkillle, joten yleisiä kriteereitä tuhkien jäteluonteen päättymiselle ei ole. Siten tuhkien jäteluonteen päättymisen on mahdollista ainoastaan tapauskohtaisessa harkinnassa, joka voidaan tehdä joko tuhkaa tuottavan laitoksen ympäristölupaprosessissa tai mahdollisesti tuhkaa hyödyntävässä, ympäristöluvallisessa toiminnassa.

Tuhkia hyödynnetään siis maarakentamisessa jätteinä, ellei laitoksen ympäristöluvassa ole päätetty sen maarakennuskäyttöä koskevasta sivutuotestatuksesta tai jäteluonteen päättymisestä. Tässä ohjeessa käsitellään jätteen hyödyntämiseen liittyvät menettelyt ja niistä johtuvat velvoitteet. Tuhkien hyödyntäminen edellyttää lähtökohtaisesti aina käyttökohdekohtaista ympäristölupaa. Hyödyntäminen on mahdollista ilman ympäristölupamenettelyä MARA-asetuksen (843/2017) mukaisella rekisteröintimenettelyllä, jos hyödynnettävä tuhka ja käyttökohde täyttävät asetuksen vaatimukset ja edellytykset. Hyödynnettävän jätteen, eli tässä tapauksessa tuhkan haitallisten aineiden liukoisuudet tulee aina tuntea, jotta voidaan arvioida niiden vaikutuksia maaperään ja pohjaveteen. Liukoisuusominaisuudet selvitetään 2-vaiheisella ravistelutestillä tai läpivirtaustestillä. Tarkemmat vaatimukset käytettävän tuhkan ympäristökelpoisuudelle ja sen tutkimiselle määritellään joko käyttökohteen ympäristöluvassa tai MARA-asetuksen mukaisissa hyödyntämiskohteissa asetuksen liitteissä 2 ja 3.

Myös tuhkan välivarastointi edellyttää ympäristölupaa, koska kyseessä on jätteen käsittelytoiminta. Jos välivarastointi kestää yli kolme vuotta, saatetaan välivarastointi tulkita loppusijoitukseksi, jolloin toiminnalle olisi haettava kaatopaikkaa koskeva ympäristölupa. MARA-asetuksen mukaisesti välivarastointia voidaan tehdä enintään 1 vuosi ja tällöin tuhkakasa on aina peitettävä.

4.2 Hyödyntäminen rekisteröintimenettelyllä

Suomessa on useiden jätemateriaalien, hyödyntämistä helpotettu MARA-asetuksella. Nykyinen MARA-asetus (VNa 843/2017) astui voimaan vuoden 2018 alusta ja samalla kumottiin ensimmäinen MARA-asetus (VNa 591/2006), joka tuli voimaan vuonna 2006.

MARA-asetuksen piiriin kuuluvat sekä lento- että pohjatuhkat, joita syntyy kivihiilen, turpeen ja puuperäisen aineksen poltossa. Kaikki polttoprosesseissa syntyvä tuhka ei kuitenkaan aina täytä asetuksen vaatimuksia haitta-aineiden pitoisuuksille ja liukoisuuksille ainakaan kaikissa asetuksen mukaisissa maarakennuskohteissa.

MARA-asetuksen mukaisesti asetuksen vaatimukset täyttäviä tuhkia voidaan hyödyntää enintään 1,5 metrin paksuisissa rakenteissa

- väylissä
- kentissä
- tuhkamursketeissä
- teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteissa
- stabilointiaineena em. rakenteissa

MARA-asetuksen mukaisella rekisteröintimenettelyllä tuhkia voidaan siis hyödyntää tämän ohjeen soveltamisalaan kuuluvien rakenteiden osalta vain enintään 1,5 metriä paksuissa penkereissä silloin, kun pengerrakennetaan asetuksen soveltamisalaan kuuluvaan rakenteeseen, esimerkiksi väylään. Huomiota on syytä kiinnittää, että tässä ohjeessa fokuksessa olevat vallit ja muut, yli 1,5 metrin paksuiset pengerrakenteet edellyttävät aina tuhkan hyödyntämiseltä kohdekohtaista ympäristölupaa. Vallirakenteet, joissa jätteen maksimikerrospaksuus on 5 metriä, kuuluvat MARA-asetuksen mukaisiin käyttökohteisiin, mutta tuhkien käyttöä niissä ei ole sallittu.

MARA-asetuksen perustelumuiotissa sivulla 14 on esitetty yleisiä perusteluita sille, miksi eri jätteille on sallittu käyttö vain joissakin käyttökohteissa. Perustelut eivät liity haitallisten aineiden liukoisuuteen ja siten jätteen aiheuttamaan ympäristönsuojelun tarpeeseen, vaan käyttökohderajauksien tavoitteena on perustelumuiotin mukaan ollut ohjata jätteitä niille parhaiten soveltuviin käyttökohteisiin. Käyttökohderajoituksilla on ollut tavoite ohjata jätteiden jalostamista ja käyttöä mahdollisimman korkearvoisessa hyödyntämisessä. Tuhkat soveltuisivat materiaaliominaisuuksiensa puolesta kyllä hyvin vallirakentamiseen, joten oletuksena ja tavoitteena on siis ollut, että tuhkiille löytyy riittävästi muita hyödyntämiskohteita, joissa tuhkien hyvät ominaisuudet voidaan hyödyntää paremmin.

MARA-asetuksen sisältöön on mahdollista vaikuttaa lainsäädännöllisten menettelyjen kautta asetuksen päivitysten yhteydessä. Muutostarpeista tulee esittää perusteltu esitys ympäristöministeriölle, joka harkintansa mukaan voi viedä asian asetusmuutoksena eteenpäin.

4.3 Hyödyntäminen ympäristöluvalla

Vallirakentamisessa ja yli 1,5 metrin paksuisissa pengerrakenteissa tuhkien hyödyntäminen edellyttää aina ympäristölupaa. Ympäristöluvan hakeminen mahdollistaa myös muutoin MARA-asetuksesta poikkeavat käyttökohteet ja rakenteet sekä hyödynnettävän tuhkan MARA-asetuksesta poikkeavat ympäristökelpoisuusvaatimukset. Ympäristölupahakemuksessa voidaan ja tulisi laskennallisesti ja muutoinkin riskiperusteisesti arvioida rakenteen ympäristövaikutukset ja mahdollisesti tarvittavat suojaus- yms. toimenpiteet, joilla maaperän tai pohjaveden pilaantuminen kohteessa estetään.

MARA-asetuksessa esitetyt raja-arvot eivät ole sellaisenaan tarkoitettu käytettäväksi ympäristöluvissa lupamääräyksinä tai tuhkien laatuvaatimuksina. Oleellista on tarkastella käytettävän tuhkan sisältämien haitallisten aineiden liukoisuutta ja kulkeutumista maaperään ja maaperässä pohjaveden tai vesistöihin. Vallirakenteiden suunnittelussa huomioidaan maaperän geologia, vesistöt ja pohjavesi sekä muut ympäristöolosuhteet ja käytettävän tuhkan haitta-aineiden liukoisuusominaisuudet, joiden perusteella ympäristölupahakemukseen on tarkoituksenmukaista esittää myös raja-arvot, jonka mukaisen tuhkan käyttö suunnitelman mukaisesti ei aiheuta ympäristön pilaantumisen vaaraa.

Ympäristöluvassa voidaan ja tulisikin siten hyväksyä myös MARA-asetuksen liitteen 2 raja-arvoja korkeammat liukoisuudet, jos suunnitelmien perusteella sellaisia on esitetty.

Tuhkien hyödyntämisessä tulee ympäristölupahakemuksessa huomioida myös rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset, joista merkittäviä ovat yleensä hienojakoisen tuhkan pölyämisen estäminen tai kulkeutumiset herkkiin vesistöihin.

4.4 Hyödyntäminen koetoimintailmoituksella

Koetoimintamenettelystä säädetään ympäristönsuojelulain 31 §:ssä. Sen mukaisesti ympäristölupaa ei tarvita koeluonteiseen lyhytaikaiseen toimintaan, jonka tarkoituksena on kokeilla uutta tekniikkaa, raaka- tai polttoainetta, valmistus- tai polttomenetelmää tai puhdistuslaitetta taikka käsitellä jätettä laitos- tai ammattimaisesti tällaisen toiminnan vaikutusten, käyttökelpoisuuden tai muun näihin rinnastettavan seikan selvittämiseksi. Tällaisesta toiminnasta tehtävästä ilmoituksesta säädetään YSL 119 §:ssä.

Suomessa on jonkin verran tehty tuhkarakentamista myös koetoimintana. Lähtökohtaisesti koetoimintamenettelyn käyttö edellyttää, että kyseessä on jokin uusi toiminta tai esimerkiksi uudella tavalla jalostettu jäte, jonka toimivuutta halutaan kokeilla. Koetoiminnan kesto tai hyödynnettävän jätteen määrä voi vaihdella ja koetoiminnan mahdollisuus on aina käytävä läpi käyttökohteen kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen tai aluehallintoviranomaisen kanssa riippuen toiminnan luonteesta.

4.5 Rakennustuotelainsäädäntö

Rakentamista koskevat maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL 132/1999) sekä maankäyttö- ja rakennusasetus (MRA 895/1999). Rakentamista sääntelevän lainsäädännön mukaisesti rakennushankkeet tulee suunnitella ja niille tulee hakea asianmukaiset luvat rakennusvalvontaviranomaiselta tai muulta viranomaiselta, jonka toimivaltaan rakennushanke kuuluu. Rakentamisessa käytettäviä materiaaleja sääntelee EU:n rakennustuoteasetus ((EU) N:o 305/2011), jonka mukaisesti rakentamisessa käytettävät materiaalit on CE-merkittävä, jos ne kuuluvat käyttötarkoitusta koskevan harmonisoidun tuotestandardin piiriin. Tuhkat kuuluvat tämän ohjekortin käyttötarkoituksessa (maarakentaminen) tuotestandardin SFS-EN 13242 -soveltamisalaan, joten CE-merkintä on myös niille pakollista. CE-merkintä koskee myös materiaaleja, joilla on jätestatus, kun niitä käytetään rakentamisessa vastaavissa käyttötarkoituksissa kuin luonnon kiviaineksiakin. CE-merkintää ei edellytetä joissakin tapauksissa, kuten silloin, kun valmistaja eli tässä tapauksessa tuhkan tuottaja, käyttää tuhkan omassa rakentamisessa.

Pohja- ja lentotuhkat ovat maa- ja vesirakentamisen kiviaineksia koskevassa standardissa tarkoitettuja keinokiviaineksia, joten ne voidaan ja pitää CE-merkitä, kun niitä käytetään rakentamisessa. CE-merkintä tehdään standardin SFS-EN 13242:2002+A1:2007 (Maa- ja vesirakentamisessa sekä tierakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset) mukaisesti samalla tavoin kuin luonnon kiviaineksille ja esimerkiksi betonimurskeille. Euroopan standardointijärjestö CEN on julkaissut vuonna 2020 teknisen spesifikaation, jolla on tarkennettu kiviainesstandardien soveltamisalaan ja siten CE-merkinnän piiriin kuuluvia materiaaleja. Tämän CEN/TS 17438:2020 mukaisesti standardin EN 13242 soveltamisalaan kuuluvat myös tuhkat, jotka ovat peräisin biopolttoaineiden (biomass) ja kuitusaven (kuituliete) poltosta.

4.6 Tuhkien CE-merkintä ja kelpoisuuden osoittaminen

Rakennusmateriaalin CE-merkintä edellyttää, että valmistajalla on kyseisen rakennusmateriaalin tuotannon laadunvarmistusjärjestelmä, jossa on kuvattu kaikki oleelliset menettelyt, joilla varmistetaan,

että markkinoille asetettava tuote on tutkittu jatkuvasti tuotestandardin vaatimusten mukaisesti ja että laadunvarmistusjärjestelmää ylläpidetään.

Tuotannon aluksi ja aina, jos tuotantoprosessissa, raaka-aineissa tai muissa mahdollisesti tuotteen (tuhkan) ominaisuuksiin vaikuttavissa tekijöissä tapahtuu muutoksia, on tehtävä alkutestaus. Alkutesauksella tutkitaan kaikki tuotestandardin mukaiset tekniset ominaisuudet ja niistä tehdään tuotteen suoritusasoilmoitus.

Suoritusasoilmoitus on siis valmistajan laatima asiakirja tuotteen ominaisuuksista. Suoritusasoilmoitus pitää myös allekirjoittaa valmistajan tuotannosta vastaavan henkilön toimesta. Allekirjoituksellaan valmistaja vakuuttaa, että ilmoitetut ominaisuudet on tutkittu tuotestandardin mukaisesti ja valmistaja noudattaa tuotteen valmistuksen laadunvarmistusjärjestelmäänsä. Suoritusasoilmoitus voi olla saatavilla valmistajan verkkosivuilla tai se voidaan toimittaa esimerkiksi toimitussopimuksen yhteydessä käyttäjälle. Suoritusasoilmoituksen laatimisen jälkeen valmistaja voi kiinnittää tuotteeseen tai siihen liittyviin asiakirjoihin, kuten esimerkiksi kuormakirjaan tai siirtoasiakirjaan tuotetta koskevan CE-merkin.

CE-merkki on niin ikään valmistajan laatima asiakirja, jossa on ilmoitettu vähintään yksi tuotteen ominaisuus. Tällainen voi olla esimerkiksi rakeisuus, joka tyypillisesti aina ilmoitetaan kiviaineksena käytettävistä materiaaleista. Ainakin sellaiset tekniset ominaisuudet, joille on asetettu viranomaisvaatimuksia tai käyttökohteesta johtuvia vaatimuksia, tulee ominaisuuden arvo tai luokka ilmoittaa suoritusasoilmoituksessa ja CE-merkissä. Näin käyttäjä tai rakennushankkeen tilaaja voi arvioida tuotteen soveltuvuutta ja kelpoisuutta kyseiseen käyttötarkoitukseen. Pelkästään suoritusasoilmoituksella tai CE-merkillä ei voida osoittaa kelpoisuutta tai tuotteen laatua. Tyypillisesti rakennushankkeissa edellytetäänkin esimerkiksi rakeisuustutkimusten tulosten toimittamista CE-dokumenttien lisäksi.

CE-merkintä ei poista materiaalin jätestatusta, vaikka materiaali onkin CE-merkittynä rakennustuoteasetuksen ((EU) N:o 305/2011) näkökulmasta rakennustuote. Näin ollen maarakennuskohteissa tuhkien tulee siis olla sekä CE-merkitty että täyttää myös jätelainsäädännöstä johtuvat jätteen hyödyntämiselle asetetut vaatimukset.

4.6.1 Valmistajan laadunvarmistusjärjestelmä

Kiviaineksen ja tässä tapauksessa siis tuhkan valmistajalla tulee olla tuotannon laadunvarmistusjärjestelmä, jossa kuvataan kaikki oleelliset asiat, joilla varmistetaan tuotannon tasalaatuisuus sekä tuotannon ja laadunvarmistuksen tuotestandardin mukaisuus. Tähän kuuluvat olennaisena osana mm.:

- Tuotannon johtaminen ja johdon katselmus
- Organisaation vastuut ja valtuudet
- Henkilöstön koulutus
- Resurssit ja aliurakoitsijoiden palvelu
- Tiedot raaka-aineesta
- Tuotannon kuvaus
- Käsittely, varastointi ja kuljetus
- Asiakirjojen, tallenteiden ja dokumenttien hallinta ja säilytys
- Näytteenottomenettelyiden määrittäminen
- Tuotannon aikaisen laadunvalvonnan sekä vuositestausten testaustiheyksien ja –menettelyiden määrittäminen sekä laadunvalvontaan käytettävien laitteiden kalibrointi ja huolto
- Poikkeamien käsittely ja korjaus sekä vaatimusten vastaisten tuotteiden käsittely
- Laatujärjestelmän toimivuuden ja ajantasaisuuden varmistaminen

Tuhkan valmistajan on tarkoituksenmukaista huomioida tuotannon laadunvarmistusjärjestelmässä myös MARA -asetuksen vaatimukset. MARA -asetuksen mukainen rekisteröintimenettely edellyttää, että valmistajalla on laadunvarmistusjärjestelmä, jolla varmistetaan, että tuhka, jota rekisteröintimenettelyllä aiotaan hyödyntää, kuuluu asetuksen soveltamisalaan ja että se on tutkittu asetuksen vaatimusten mukaisesti. MARA -asetuksen vaatimuksina laadunvarmistusjärjestelmälle on:

- Hyödynnettävän jätteen kuvaus (jätteenimi, vuosittain syntyvä määrä)
- Näytteenottomenettelyjen kuvaus, näytteenoton laadunvarmistus sekä näytteistä tehtävät laadunvarmistustutkimukset
- Ohjeet jätteen varastoinnista ja käsittelystä
- Vastuuhenkilöt ja heidän pätevyytensä
- Laadunvarmistusjärjestelmän arviointi- ja auditointisuunnitelma
- Tutkimustulosten ja asiakirjojen dokumentointi ja raportointi

Luvussa 8.3 on lisäksi esitetty vaatimukset ja ohjeet maarakennuskäytön kannalta oleellisten ominaisuuksien tutkimiseen sekä tuhkarakenteiden laadunvarmistukseen.

4.6.2 Suositukset ilmoitettavista ominaisuuksista ja niiden testaustiheyksistä

Tuotestandardin edellyttää, että alkutestaukset kohdistetaan aina yksilöityyn esiintymään tai uusiokiviainesten osalta raaka-ainevarastoon. Lisäksi jatkuvaa laadunvalvontaa tulee tehdä säännöllisesti tuotannon aikana niin, että voidaan varmistua tuotteen tasalaatuisuudesta. Uusio-/keinokiviainekilla, joihin tuhkat luetaan, raaka-aineen esiintymänä voidaan pitää yhdessä kattilassa tuotettua tuhkaa.

Vallirakenteissa ja ei-kuormitetuissa penkereissä käytettäville materiaaleille ei ole asetettu Suomessa yleisiä vaatimustasoja. Käyttäjän ja tilaajan näkökulmasta materiaalityypin, rakeisuusluokan ja hienoainespitoisuusluokan ilmoittaminen ovat tuhkillle soveltuvia ilmoitettavia ominaisuuksia. Lisäksi CEN/TS 17438:2020 edellyttää, että hehkutushäviö tai TOC tulisi tutkia ja ilmoittaa. Lisäksi valmistajan tulee tutkia ja ilmoittaa tuhkan radioaktiivisuuden aktiivisuusindeksi I_2 tai I_3 -arvo riippuen tuhkan käyttökohteesta.

Usein etenkin lentotuhkia täytyy kostuttaa ja välivarastoida kasalla ennen niiden käyttöä rakentamisessa. On hyödynnetty myös vanhoja, kaatopaikoille aikaisemmin läjitettyjä tuhkia. Kostutuksella tuhka saadaan tiivistämiskelpoista ja varastoinnilla varmistetaan, että tuhkamateriaalia on riittävästi saatavilla rakentamisajankohtana. Tuhkan ominaisuudet muuttuvat mm. sitoutumisreaktioiden johdosta kostutuksen ja kasavarastoinnin aikana. Tällöin esimerkiksi tuhkan rakeisuus saattaa muuttua. Lentotuhkan rakeisuus on myös tyyppillisesti niin hienojakoista, ettei sen rakeisuutta voida määrittää kiviainekselle tarkoitetulla pesuseulonnalla. Näin hienojakoisille materiaaleille ei ole määritetty yleisiä kansallisia laatuvaatimuksia, vaan laatuvaatimukset määritellään käytännössä aina rakennushankekohtaisesti. Kasavarastoitujen lentotuhkien CE-merkintä maarakennuskäyttöön voi siten olla epätaroituksenmukaista, vaikka lähtökohtaisesti se onkin rakennustuotelainsäädännön mukaisesti vaatimus. CE-merkinnän valvontaviranomainen on TUKES, jolta tulee tarvittaessa pyytää tulkintaa CE-merkintään liittyvistä asioista.

Hieman karkeampien pohjatuhkien ja leijupetihiekkojen osalta CE-merkintä on sen sijaan mahdollista, koska esimerkiksi rakeisuus voidaan määrittää pesuseulonnalla ja rakeisuus vastaa pääsääntöisesti hiekkaa. Lentotuhkia on mahdollista käsitellä esimerkiksi rakeistamalla, jolloin niistä saadaan karkeampaa, hiekka- ja soraempaa materiaalia, jonka ominaisuuksien tutkiminen ja CE-merkintä voidaan tehdä.

Taulukko 4.1. Tuhkien ominaisuuksien tutkiminen standardin SFS-EN 13242 vaatimusten mukaisesti ja CE-merkinnässä ilmoitettavat ominaisuudet.

Ominaisuus	Tutkimusmenetelmä	Testaustiheys
Rakeisuus	SFS-EN 933-1	1 / kk (suositus 1 / 5000 tonnia) ¹
Kiintotiheys	SFS-EN 1097-5	1 / kk
LOI (TOC tai LOI ²)	EN 196-2, hehkutusaika 1 h	1 / kk
Radioaktiivisuus	Radioaktiivisuusmittaus (STUK)	Alkutestaus ³

¹ Kansallisesti määritelty testaustiheysuusiutus kiviaineksille

² Vaatimus perustuu CEN/TS 17438:2020-spesifikaatioon; Suomeen ei vielä ole sovittu kansallista käytäntöä. Testimenetelmänä voidaan käyttää kivihiilen lentotuhkastandardin SFS-EN 450-1 mukaista testimenetelmää

³ Alkutestaus on aina uusittava, jos esimerkiksi raaka-ainelähteen muutoksien johdosta on aiheutta epällä ominaisuuden muuttuneen

4.7 Säteilylainsäädäntö

Säteilylainsäädäntöä on uudistettu ja uusi säteilylaki astui voimaan (859/2018). Säteilylain nojalla on annettu myös Säteilyturvakeskuksen määräys luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta (STUK S/3/2019), joka koskee myös rakennusmateriaalina käytettävää tuhkaa. Määräyksen mukaisesti tuhkan tuottajan on selvitettävä tuhkan aiheuttama säteily. Säteily tulee selvittää sekä tuotantolaitoksen ja käsittelijöiden turvallisuusnäkökohdista (S/3/2019, 6§) että rakennustuotteiden maarakennuskäytön ja siinä yhteydessä mahdollisesti altistuvien näkökohdista (S/3/2019, 12 §).

Jos tuhkan säteily ylittää määräyksessä asetetut raja-arvon 1 I₂:lle tai I₃:lle, tulee valmistajan ryhtyä toimenpiteisiin säteilyaltistukselta suojautumiseksi.

Säteilylainsäädännön uudistamisen jälkeen valvontaviranomainen on kohdistanut aiempaa aktiivisemmin valvontaa myös tuhkien tuottajiin, joten nämä säteilyaltistumiseen liittyvät tutkimukset on tarkoituksenmukaista tehdä ja myös uusia säännöllisesti, mikäli raaka-ainelähteestä johtuen tuhkaan voi päätyä säteilyä aiheuttavia ioneja.

4.8 Kemikaalilainsäädäntö

Kemikaalilainsäädäntö edellyttää, että kemikaaleista ja aineista tulee tuntea niiden ominaisuudet. Kemikaalilainsäädännön päätavoitteina on mm. antaa kemikaalien vaaraominaisuuksista julkisesti saatavilla olevaa tietoa, jotta ne voidaan huomioida käyttäjien turvallisuusnäkökohdista sekä myös ehkäistä kemikaalien aiheuttamia ympäristöhaittoja. Merkittävä osa Suomen kemikaalilainsäädännöstä on EU:n yhteisötason asetuksia, jotka ovat suoraan sovellettavaa lainsäädäntöä jäsenmaissa. Tuhkien kannalta merkityksellisimpiä ovat ns. REACH-asetus ((EY) N:o 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista) ja CLP-asetus ((EY) N:o 1272/2008 aineiden ja seosten luokituksista, merkinnöistä ja pakkaamisesta). Rekisteröidyille aineille tai niiden seoksille tulee tehdä käyttöturvallisuustiedote, jos tuotteella on yksi tai useampia vaaraominaisuuksia. Käyttöturvallisuustiedotteessa annetaan mm. ohjeita suojaumisesta ja tuotteen käsittelystä sekä käytöstä poistamisesta. Käyttöturvallisuustiedote tulee toimittaa tuotteen käyttäjälle.

REACH-rekisteröintivelvoite ei koske jätteitä. Rekisteröintivelvoite tulee tuhkien osalta pakolliseksi silloin, jos ne on määritelty sivutuotteiksi tai niiden jäteluonne päättyy. Suurin osa Suomessa tuotettavista lentotuhkista on kuitenkin jo nyt REACH-rekisteröity ja useilla valmistajilla on tuhkeille tehtynä myös käyttöturvallisuustiedotteet.

5. SUUNNITTELU

Vallirakenteita ja muita ei-liikennekuormitettuja pengerrakenteita voidaan rakentaa lentotuhkasta, pohjatuhkasta tai leijupetihiekasta. Usein pohjatuhka ja leijupetihiekka ovat tasarakeisia, mikä vaikeuttaa niiden tiivistämistä vallirakenteeksi. Helpointa onkin käyttää niitä valleissa esimerkiksi vallin sydänosissa tai yhdessä lentotuhkan kanssa kerrosrakenteena (ns. sandwich-rakenne). Kuivatus ja roudan hallinta tulee huomioida ja suunnitella kohteen vaatimusten mukaisesti. Tavanomaisessa tilanteessa tuhkasta rakennettavaan valliin ei tarvita tuhkerakennukseen reunapenkereitä, joiden tarve määräytyy suunniteltavan vallien luiskakaltevuus ja tuhkan lujuusominaisuuksien perusteella. Lentotuhkan mahdollinen lujittumisominaisuus voidaan huomioida suunnittelussa.

5.1 Vallien suunnittelun ja rakentamisen ohjeistusta

Vallien hankekohtaisessa suunnittelussa geotekninen mitoitus tehdään joko eurokoodin (NCCI 7) mukaisesti tai Pohjarakennusohjeen (PRO 2004) mukaisesti. Väyläviraston kohteissa mitoitus tehdään eurokoodin mukaisesti. Muissa kohteissa rakennuttaja määrittää millä menettelyllä mitoitus tehdään.

Väyläviraston kohteissa suunnittelu tehdään Väyläviraston ohjeiden mukaisesti. Muissa kohteissa sovelletaan Väyläviraston ohjeita tai muita mahdollisia suunnitteluohjeita.

Uusiomateriaalirakenteiden suunnittelussa noudatetaan julkisia rakennuttajan hyväksymiä ohjeita ja käsikirjoja. Lisäksi voidaan hyödyntää uusiomateriaalin materiaalitoimittajien laatimia ohjeita.

Hankekohtaisessa työselostuksessa viitataan yleiseen työselostukseen InfraRYL.

Väyläviraston ohjeita:

- Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa, Väyläviraston ohjeita 6/2020 tai uudempi
- Penkereiden stabiiliteetin laskentaohje, Liikenneviraston ohjeita 14/2018
- Tie- ja ratahankeiden inframalliohje, Liikenneviraston ohjeita 12/2017
- Eurokoodin soveltamisohje - Geotekninen suunnittelu - NCCI 7, Siltojen ja pohjarakenteiden suunnitteluohjeet 21.4.2017, Liikenneviraston ohjeita 13/2017
- Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, Suunnitteluvaiheen ohjaus, Liikenneviraston ohjeita 10/2015
- Tien rakennussuunnitelma, Sisältö ja esitystapa, Liikenneviraston ohjeita 44/2013

Muita ohjeita:

- Katusuunnittelun- ja rakentamisen ohjeet, Katu 2020. Suomen kuntatekniikan yhdistys 2020
- Uusiomateriaalit liikuntapaikkarakentamisessa. Opetus- ja kulttuuriministeriö. 2017 (päivitetty 2018)
- Infra-ohje Tuhkien käyttö maarakentamisessa, Metsä- ja energiateollisuuden tuhkamateriaalit. Infra 062-710191. Rakennustietosäätiö 2018
- Maavalli- ja rinnekatsomot. Infra 66-710136. Rakennustietosäätiö 2014

Väyläviraston selvityksiä:

- Väyläsuunnittelun uusiomateriaaliselvitykset. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 6/2018
- Kokemuksia uusiomateriaaleista tierakenteissa. Väyläviraston tutkimuksia 7/2019

Käsikirjoja:

- Kierrätysmaiden käyttö kasvualustoissa Helsingin kaupungin puisto- ja katuhankkeissa, Ohjeita suunnittelijoille. Helsingin kaupungin raportti 2018.

- Tuhkarakentamisen käsikirja, Energiantuotannon tuhkat väylä-, kenttä- ja maarakenteissa. 2012

Yleisiä työselostuksia (eivät sisällä tuhkaan liittyvää aineistoa):

- Rakennustietosäätiö, RTS, InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset

5.2 Meluvallien suunnitteluperiaatteet

Maa-aineksista rakennettava meluvalli on yksi yleisimmistä melusuojaustyypeistä. Sen etuja ovat edullisuus sekä hyvä äänen absorbointikyky. Lisäksi meluvalli on hyvin toteutettuna usein sopivin melusuojausratkaisu ulkonäöltään. Meluvalli tarvitsee kuitenkin runsaasti tilaa, jota esim. tiealue ja maassa oleva tekniikka voivat rajoittaa. Kaupunkikuvallisista syistä voidaan joskus suosia meluseinää vallin sijaan rakennetussa ympäristössä. (Väylävirasto, 2021)

Meluvallin suunnittelua ohjaa useimmiten seuraavat reunaehdot:

- Korkeus: määritetään tehdyn meluselvityksen perusteella
- Tilankäyttö: kaavoituksen yhteydessä tarkennettu tilavaraus melusuojausrakenteelle
- Luiskakaltevuus ja vallien laen leveys: määräytyy käytettävän materiaalin, työtekniikan, käytävissä olevan tilan ja suunnitteluratkaisujen (lujitteet, reunapenkereet yms.) perusteella

Meluvallit tulee sovittaa osaksi muuta ympäristöä ja jatkeena mahdollisesti olevaa meluseinää. Yleisimpiä suunnittelu- tai rakentamisvirheitä ovat vääränlainen kasvualusta, liian jyrkät luiskat, maisemaan sopimattomat vallien päädyt, vallien ja meluseinien epäonnistuneet yhteensovittamiskohdat sekä huono kuivatus. (Väylävirasto, 2021)

Meluvallin kuivatus on suunniteltava. Yleensä kuivatus hoidetaan sivuojilla. Lentotuhka on huonosti vettä läpäisevää, joten sivuojan viettokaltevuuden ollessa pieni, on valliin hyvä rakentaa poikittaisia kuivatusrakenteita, joiden kautta sivuojan vedet pääsevät meluvallin taakse. (Väylävirasto, 2021) Tällaisia rakenteita voivat olla esimerkiksi salaojat, suoto-ojat tai valliin rakennetut vettä läpäisevät osuudet. Kuivatus suunnitellaan ohjeen **Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu** (Liikennevirasto 2013) mukaisesti.

Tilantarpeen arvioinnissa tulee käytössä olevan tilan lisäksi ottaa huomioon erilaiset kunnallistekniset putkistot (viemäri-, kaas-, kaukolämpöputket ja vesijohdot). Pohjarakenteet tai pohjanvahvistukset, lukuun ottamatta vastapenkereitä, eivät lisää meluvallin tilantarvetta. Pohjanvahvistusten tekeminen saattaa kuitenkin vaatia enemmän tilaa kuin tarvitaan valmiille vallille. (Väylävirasto, 2021)

Mikäli tilaa ei ole riittävästi tai maaperä edellyttää pohjanvahvistuksia tai pohjarakentamista, on meluseinä tai matalan vallin ja seinän yhdistelmä yleensä valliä edullisempi vaihtoehto. Pehmeiköllä meluvalli voi heikentää radan tai tien stabiiliteettia, painua tai sortua. (Väylävirasto, 2021)

5.3 Meluvallin geotekninen suunnittelu

Meluvallin geotekninen suunnittelu tehdään vastaavilla menettelyillä kuin tiepenkereen suunnittelu. Alueellisen vakavuuden ja vallin stabiiliteetin tulee olla riittävä. Väyläviraston hankkeissa varmuuslaskujen osalta noudatetaan julkaisua **Eurokoodin soveltamisohje, Geotekninen suunnittelu NCCI7**. Tarkentavia stabiiliteetin laskentaohjeita on esitetty Väyläviraston ohjeessa **Penkereiden stabiiliteetin laskentaohje**. Suunnittelussa otetaan huomioon meluvallin kohdalla ja läheisyydessä olevat rakenteet. (Väylävirasto 2021c)

Meluvallin (pohjamaa ja valli) painuma tulee määrittää laskennallisesti. Painuma koostuu rakentamisen aikaisesta painumasta ja käytön aikaisesta painumasta. Tuhkalla rakennettavan meluvallin rakennusaikainen painuma muodostuu lähinnä pohjamaan alkupainumasta. Käytönaikainen painuma on lähinnä pohjamaan konsolidaatiopainumaa ja tuhkan mahdollista jälkitiivistymistä, mikäli tuhkan tiivistäminen on ollut puutteellista. Pohjamaan konsolidaatiopainumasta osa saattaa tapahtua jo rakentamisaikana, mikäli vallin rakentaminen kestää pitkään. Vallin jälkitiivistymistä voidaan pienentää tiivistämällä tuhka huolellisesti kerroksittain.

Väyläviraston kohteissa meluvallin laskennallinen painuma tulee laskea 50 vuoden käyttöiälle ja käytönaikainen enimmäispainuma on 400 mm ellei hankekohtaisissa tuotevaatimuksissa toisin määrätä. Valli rakennetaan alun perin niin korkeaksi, että meluntorjunnan edellyttämä korkeus säilyy vielä 50 vuoden suunnittelukäyttöään lopussa painuma huomioiden. Meluvallin stabiilitarkastelu tehdään todellisella, rakennettavalla meluvallin korkeudella. (Väylävirasto 2021c)

Jos vallin päälle rakennetaan meluseinä, sallittu painuma määräytyy seinän perustamistavan mukaan. Meluvallin painuminen otetaan huomioon myös vallin päälle rakennettavan paaluperustetun seinän suunnittelussa esim. upottamalla sokkeli meluvalliin siten, ettei sen alareuna tule näkyviin vallin painuessa. (Väylävirasto 2021c)

5.4 Meluvallin luiskakaltevuus

Metsäteollisuuden tuhkalla rakennettavan vallin luiskan suurin kaltevuus on yleensä 1:2, jolloin verhoilu ja kasvillisuus on toteutettavissa ilman erityisiä tukirakenteita (geolujitteet, kennostot, tms.). Tuhkakerroksen tulee tiivistään niin, ettei kasvualusta valu veden mukana sen sekaan tai pinnalta pois. Lujittuvalla tuhkalla tai lujitteita, kivikoreja tms. hyödyntäen, on mahdollista toteuttaa myös jyrkkäluiskaisempia valleja, joiden verhoilu ja kasvillisuus saattavat olla haasteellisempia suunniteltavia. Vallin verhoilussa käytettävästä kasvillisuudesta ja sen ohjeistuksesta on tarkemmin luvussa 5.6.

Tuhkalla rakennettava valli voi olla osin muilla materiaaleilla rakennettu tai lujitettu, jolloin suositukset luiskan kaltevuudelle ovat Väyläviraston ohjeluonnosta (Väylävirasto 2021c) mukailten (lujitettujen luiskien kaltevuudet tarkennettu):

- Märkä savi tai Siltti 1:6
- Kuiva savi tai siltti 1:3 - 1:2
- Kitkamaat, moreenit 1:2
- Routimaton moreeni, sora 1:1,5
- Lujiteverkoilla vahvistettu luiska 7:1 - 1:1
- Ankkuroiduilla harkoilla vahvistettu luiska 7:1
- Kivikorit 10:1 - 1:1,5

Mitä korkeampi valli on ja mitä jyrkempiä sen luiskat ovat, sitä suurempi on meluvallin sisäinen murtumisen riski, pinnan eroosioriski ja pohjamaan murtumisen riski.

Meluvallin luiskat tehdään suunnitelmien mukaisesti. Vallien muotoilussa luiskien viimeistely ja vallin päättäminen ovat tärkeitä. Maanteiden meluvallin päähän rakennetaan loiva päätyluiska aina, kun se käytettävissä olevan tilan puolesta on mahdollista.

Vallin laki pyöristetään ulkonäkösysteistä (pyörityssäde on ≥ 3 m). Sellaisen vallin harjaa, jonka päälle tulee rakenteita, esimerkiksi toisen tyyppistä meluestettä, ei kasvukerroksen pintaa tarvitse pyöristää, mutta mikäli tuhkalla rakennettavan meluvallin harja on leveä, tulee sen olla sivukallistettu, jotta sadevesi valuu vallin sivulle eikä imeydy tuhkakerrokseen.

5.5 Meluvallin kanssa risteävät putket/johdot

Meluvallin poikittain alittavat putket suositellaan asennettavan suojaputkiin, jos putkistoa ja vallia rakennetaan yhtä aikaa ja se on tapauskohtaisen arvioinnin perusteella järkevää.

Kantavilla pohjamailla, missä meluvallin paino ei aiheuta pohjamaan painumista, voidaan meluvallin alle jättää kunnallisteknisiä putkistoja tai muita rakenteita, jos niiden kuormituskestävyys on varmistettu eikä siirtäminen ole tarkoituksenmukaista. Niiden esiin kaivaminen kuitenkin vaikeutuu.

Pehmeiköllä meluvallia ei tule sijoittaa kunnallisteknisen putkiston päälle tai viereen putkiston suuntaisena. Pehmeiköllä maanvarainen rakennettavan meluvalli voi aiheuttaa kevennettyäkin pohjamaan haitallista painumaa ja rasituksia myös vallin ulkopuolella oleviin putkistorakenteisiin. Pehmeiköllä vallin alle voidaan jättää poikittainen putki tai johto, jos sen siirtäminen ei ole tarkoituksenmukaista ja jos alituskohtaan tehdään esimerkiksi maanvarainen tai paaluille perustettu suojalaatta tai vallia kevennetään siten, että vältetään ylisuurien kuormien välittyminen putkeen tai johtoon. (Väylävirasto 2021c, Väylävirasto 2020d)

Yleensä kirjallisuudessa käsitellään korroosiota siten, että tarkasteltava materiaali (esim. putki) on tuhkatäytön sisällä. InfraRYL:n mukaan rakennettaessa putkia ympäröivä alkutäyttö on luonnon kiviainesta ja lopputäytössä voi olla uusiomateriaalia. Mikäli meluvalli rakennetaan olemassa olevan putkilinjan päälle, tuhkakeros on silloin putken lopputäytön yläpuolella ja yleensä myös salaojakerroksen yläpuolella. Näin ollen tuhkakeros ei ole lähellä putkea ja korroosivaikutus lienee vähäinen tai sitä ei ole.

Kivihiilen polton lehtotuhkatäytön korroosivaikutuksesta on todettu seuraavasti: *Yhden materiaalin syöpyminen tietyllä pH-arvolla ei tarkoita ympäristön olevan aggressiivinen kaikille materiaaleille. Korkea pH (9-13) on muutamille metalleille, kuten alumiinille, voimakkaasti syövyttävä, jolloin nämä metallit tulee rajata tuhkatäytön ulkopuolelle. Osalle metalleista, kuten teräkselle ja valuraudalle, korkea pH on todettu suotuisaksi.* (Napari 2016) Lentotuhkat eivät aiheuta muoviputkien korroosiota. Pohjatuhka tai leijupetihiikka ei tiettävästi aiheuta verkoston materiaalien korroosiota ja osa tuhkan tuotajista käyttää esim. pohjatuhkaa verkostonsa kaivantojen täytöissä (Sottinen 2020).

Meluvallin sijoittamisesta olemassa olevan verkoston päälle ja siinä tavanomaisesta poikkeavien materiaalien käytöstä on sovittava verkostosta vastaavan kanssa.

5.6 Meluvallien kasvillisuus ja kasvualustat

Nurmettaminen:

Meluvallin luiskakaltevuus vaikuttaa istutettavaan kasvimateriaaliin. Jyrkän meluvallin luiskan kasvillisuutta on hankalampi hoitaa kuin loivan. Tavoitteena on, että nurmi juurtuu mahdollisimman nopeasti estäen maanpinnan eroosion ja valumisen sivuojiin.

Meluvallien osalta kaltevuudeltaan 1:1,5 tai sitä jyrkemmät luiskat tarvitsevat erityiskäsittelyn kasvien lisäksi. Nurmikon kylvö tehdään emulsioruiskutuksena, jolloin nurmikko ehtii juurtua ennen kuin emulsioaine hajoaa ja lakkaa sitomasta pintaa. Jyrkemmissä kuin 1:1,5 luiskissa pintaeroosio on torjuttava esimerkiksi lujitteilla, sidonta- tai eroosiomatoilla tai jyrkkiin luiskiin soveltuvalla kasvualustalla, jotta kasvualusta pysyy jyrkällä pinnalla. Kasvualustan sidontaa voidaan käyttää myös loivemmissa luiskissa.

Meluvallien nurmetuksen osalta huomioidaan seuraavat asiat (Väylävirasto 2021c):

- Tavoitteena on, että meluvallit sovitetaan maisemaan luontevasti ja kasvilajeina käytetään ympäristössä luonnostaan kasvavia lajeja.
- Maisemanurmien vaihtoehtona käytetään niittyä tai ketaa, erityisesti pelto- ja kulttuurimaisema-alueilla. Niitty tai keto perustetaan ympäristösuunnitelman mukaisesti kasvualusta huomioiden.
- Hiekka- ja muilla kitkamailla luiskia voidaan jättää osin verhoilemattomiksi paahdelajiympäristöiksi. Luiskien eroosioherkkyys ja kuivatuksen toimivuus on huomioitava.

Metsittäminen:

Maantien ja radan puoleinen meluvallin loiva luiska voidaan metsittää huomioiden ohjeen **Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä** (Liikennevirasto 2014) mukaiset vähimmäisetäisyydet.

Kunnossapito:

Meluvallien kunnossapitoa tulee pohtia jo suunnitteluvaiheessa. Runsaasti istutetut vallit ovat työläitä kunnossapitää, eivätkä hoitamattomina ole edustavia etenkin kaupunki- ja taajamajaksolla. Kasvilajien valinnassa ja istutusten suunnittelussa on otettava huomioon niiden kunnossapito ja hoito. Intensiivistä hoitoa vaativia istutuksia ei saa suunnitella meluvalleihin, jos ei ole varmuutta hoidon toteutumisesta.

Kasvualusta:

Väyläviraston ohjeluonnoksen (Väylävirasto 2021c) mukaan valleissa, joissa luiskaltevuus on 1:2 tai loivempi, tulee huolehtia siitä, että kasvillisuudelle tulee riittävän paksu kerros kasvualustaa (perusmaata nurmi 20 cm, metsitys 50 cm). Kasvualustan paksuus vaihtelee eri ohjeistuksissa ja käytännöissä. Käytettävä kasvualusta ei saa sisältää haitallisten vieraslajien juuria tai siemeniä.

Silloin, kun kasvualusta alapuolinen materiaali on hyvin emäksistä (esim. lentotuhka, betonimurske, stabiloitu savi), poikkeaa kasvualustapaksuus luonnonmaan tapauksesta (taulukko 5.1).

Nurmikoiden kasvualusta on InfraRYL 2012/1 luvun 23211.2 mukainen. Kierrätyskasvualustat ovat mahdollisia rakennuttajan niin halutessa. Kierrätyskasvualustoja on ohjeistettu mm. Helsingin kaupungin (2018) ja Viherympäristöliiton toimesta (2019).

Taulukko 5.1 Kasvualustan paksuus kasvillisuudesta ja vallin täyttömateriaalista riippuen (Ramboll 2020, mukailen).

Vallin täyttömateriaali	Metsikkö	Runkopuuryhmä
Betonimurske / murske / louhe	0,5 m	1,0 m
Luonnonmaa	0,2 m	1,0 m
Stabiloitu savi	0,5 m	1,0 m
Tuhka	0,5 m	1,0 m

5.7 Suunnittelussa tarvittavat tuhkien ominaisuustiedot

Vallirakenteissa käytettäville materiaaleille ei ole määrätty Väyläviraston ohjeissa mitoitusparametreja vastaavasti kuten esimerkiksi päällysrakenteissa käytettäville materiaaleille, joten ne on arvioitava olemassa olevan aiemman tutkimustiedon ja kokemuksen perusteella tai ne on määritettävä materiaali- ja hankekohtaisesti. Taulukkoon 5.2 on koottu edellä tässä ja aikaisemmissa luvuissa esitetyn perusteella parametrit, joilla on merkitystä suunniteltaessa ja/tai rakennettaessa valleja ja ei-liikennekuormitettuja penkereitä, joissa rakennusmateriaali on metsäteollisuuden tuhmaa.

Valli- ja pengerrakenteissa materiaalin lujuus, eli kitkakulma+koheesio tai puristuslujuus, määrittelee millainen luiskakaltevuus sillä voidaan toteuttaa, tarvitaanko mahdollisesti reunapenkereitä ja osin myös millainen on materiaalin rakennettavuus. Asianmukaisesti tiivistetty metsäteollisuuden tuhka ei kokoonpuristu käytön aikana meluvallissa.

Kun rakennetaan pehmeikölle maanvaraisesti, pohjanvahvistuksen tai pohjarakenteen varaan, on materiaalin tilavuuspaino ja myös materiaalin vesipitoisuuden muutos valmiissa rakenteessa, oleellinen pohjamaahan kohdistuvan kuormituksen määrittämisen kannalta (vesipitoisuuden kasvu lisää materiaalin käytön aikaista tilavuuspainoa).

Vallin päälle tulevien rakenteiden, esim. meluseinä, suunnittelun kannalta on tiedettävä onko vallin materiaali routivaa ja tarvitaanko esim. routaeristeitä. Anturaperustuksen tapauksessa on lisäksi oltava tiedossa tuhkan jäykkyys siten, että voidaan tarkastella anturaperustusten alla mahdollisesti tapahtuva tuhkakerroksen muodonmuutos rakentamisen jälkeen heti ja pitkän ajan kuluessa.

Vallin päälle tulevan kasvualustan paksuuden ja kasvillisuuden suunnittelun kannalta materiaalin pH on tarpeellinen tieto. Tuhkan korkeahko pH-arvo tulee huomioida myös rakenteisiin liittyvien muiden materiaalien yhteensopivuutena ja valita geolujite, suodatinkangas ja putkimateriaalit siten, että ne kestävät tuhkan korkean pH-arvon. Esimerkiksi riskimateriaaleja ovat mm. polyesteri ja alumiini.

Vallin rakentamisvaiheessa materiaalin optimivesipitoisuus tarvitaan tuoreella ja kasvarastoidulla tuhalla, jotta tuhkaan osataan sekoittaa tiivistämisen kannalta oikea vesimäärä. Läjitetyn tuhkan vesipitoisuus on käytännössä valmiiksi optimivesipitoisuudessa tai sen yläpuolella, joten sillä tulee tarkistaa, että tiivistäminen onnistuu vallitsevassa vesipitoisuudessa. Näin on käytännössä havaittu yleensä olevan.

Lentotuhkan vedenläpäisevyys on pieni. Kapean vallin pinnalta oletetaan sade- ja sulamisvesien valuvan lähinnä pintavaluntana kasvualustan pinnalla tai lentotuhkan yläpuolisissa kerroksissa. Laaja-alaisen rakenteen, jossa hyödynnetään tuhkia, kuivatuksen mitoituksessa tuhkan vedenläpäisevyys saattaa olla suunnittelijan tarvitsema lähtötieto.

Taulukko 5.2 Vallirakenteita ja niiden toteuttamiseen eri tapauksissa tarvittavia tuhkien ominaisuustietoja. Merkinnät "+" = tieto tarvitaan, "+/-" tieto tarvitaan tietyissä tapauksissa, "-" tietoa ei tarvita ko. tapauksessa.

Rakenne	Meluvalli ⁽¹⁾	Maisemointi- penger	Maavallikat- somo	Vallin varainen rakenne ⁽²⁾
Lujuusominaisuudet				
- sisäinen stabiliteetti ⁽³⁾	+/-	+/-	+/-	+ ⁽⁵⁾
- kokonaisstabiliteetti ⁽⁴⁾	+/-	+/-	+/-	+ ⁽⁵⁾
Jäykkyys ⁽⁶⁾	-	-	-	+
Tilavuuspaino ⁽⁷⁾	+/-	+	+	+/-
Vesipitoisuus ⁽⁸⁾	+	+	+	+/-
Routivuus	-	-	-	+
pH ⁽⁹⁾	+	+	+	+/- ⁽¹⁰⁾
Optimivesipitoisuus ⁽¹¹⁾	+	+	+	+/-
Maksimikuivairtoisuus ⁽¹²⁾	+	+	+	+/-
Vedenläpäisevyys ⁽¹³⁾	-	+/-	+/-	+/-
Kapillaarisuus	-	-	-	+/- ⁽¹⁴⁾
Korroosio yms. ⁽¹⁵⁾	+/-	+/-	+/-	+/-

- 1) Sisältää myös ampumaradan melu- tai suojavallit. Ampumaradan taustavalli on erikoisrakenne ja tämä ohje ei käsittele sen rakenteita.
- 2) rakenne voi olla meluseinä, porttaali, katsomorakenne, tms
- 3) kun luiskat ovat jyrkemmät kuin 1:2 ja tuhka ei tule reunapengerten väliin
- 4) kun tuhkevallia ei mallinneta pintakuormana kokonaisstabiliteettia laskettaessa, kokonaisstabiliteetti-tarkastelu tehdään pehmeikköalueilla, joissa pohjamaan sortuma voi tulla kyseeseen
- 5) yläpuolisen rakenteen (esim. meluaita) perustusten kantavuusmitoituksen lähtötieto
- 6) Tiivistetty lehtotuhka, pohjatuhka ja leijupetihiikka eivät kokoonpuristustu haitallisesti valleissa toteutuvilla tavanomaisilla kuormilla käytön aikana. Vallin yläpuolisen rakenteen mitoittamisen lähtötiedoksi tarvitaan tuhkan jäykkyys (moduuli)
- 7) pohjamaan painuman, pohjanvahvistuksen tai pohjarakenteen mitoittamisen lähtötieto kuorman määrittämiseksi
- 8) vesipitoisuuden muutos ja sen aiheuttama tilavuuspainon muutos valmiissa rakenteessa, pohjamaan painuman, pohjanvahvistuksen tai pohjarakenteen mitoittamisen lähtötieto kuorman määrittämiseksi
- 9) pH tulee huomioida vallin yläpuolisessa kasvualustan paksuudessa ja kasvivalinnoissa
- 10) emäksisyys tulee huomioida tuhkakerrokseen kosketuksissa olevissa materiaaleissa (esim. alumiini ja polyesteri)
- 11) tarvitaan tuoreen ja kasavarastoidun tuhkan tiivistämisessä oikea vesimäärän lisäämiseksi
- 12) mitoittamisen lähtötieto kohdassa 5 (huomioitava myös vesipitoisuuden käytön aikainen muutos), tiivistystyön laadunvalvonnan lähtötieto
- 13) Vedenläpäisevyyttä ei tarvita kapeiden vallien kuivatuksen suunnittelussa. Saattaa olla tarpeellinen lähtötieto laaja-alaisten valli- tai pengerrakenteen kuivatuksen suunnittelemiseksi. Saattaa olla tarpeellinen myös ympäristölupahakemuksessa
- 14) saattaa olla tarpeellinen lähtötieto yläpuolisen rakenteen perustusten ja routasuojauksen mitoituksessa
- 15) tuhkan yhteensopivuus mahdollisten muiden materiaalien kanssa on huomioitava silloin, kun rakentamiskohteessa on vallin kohdalla tai välittömässä läheisyydessä muita rakenteita, esim. vesihuoltoverkostoa, yms. tai vallin päälle asennetaan rakenteita, jotka ulottuvat tuhkakerrokseen

5.8 Suunnittelussa tarvittavien parametrien taulukkoarvot

5.8.1 Tavanomainen meluvalli ja taulukkoarvot

Taulukossa 5.3 on esitetty varovaiset mitoitusparametrit kasavarastoidulle lentotuhkalle ja läjitetylle lentotuhkalle sekä pohjatuhkalle ja leijupetihiekalle. Tuoreelle (siilovarastoidulle) lentotuhkalle voidaan käyttää samoja parametreja kuin kasavarastoidulle lentotuhkalle. Esitetyt parametrit on tarkoitettu käytettäväksi tavanomaisten vallirakenteiden suunnitteluun ja mitoittamiseen. Tavanomaisen vallin luiskakaltevuuden oletetaan olevan enintään 1:2 tai loivempi ja korkeuden 3-10 m.

Mikäli suunnittelu tehdään jotakin suunnitteluvaiheessa tiedossa olevaa tuhkalaatua ajatellen, ja mitoitusparametrit ovat laboratorio- ja/tai kenttätutkimuksilla määritetty ao. käyttötarkoitusta varten, käytetään määritettyjä arvoja mitoituksessa. Mikäli käytetään taulukossa 5.3 esitettyjä suurempia koheesion tai kitkakulman arvoja, tulee arvot perustella laboratoriotutkimuksilla tai aiemmin toteutetun rakenteen tutkimustuloksilla.

Taulukko 5.3 Tavanomaisen vallin geoteknisen mitoituksen parametrit, joita käytetään, ellei materiaalityypittämällä muuta ilmoita. Parametrit ovat optimivesipitoisuudessa asianmukaisesti tiivistetylle ja laadunvalvotulle kasavarastoidulle tai läjitetylle metsäteollisuuden lentotuhkalle (LT), pohjatuhkalle (PT) tai leijupetihiekalle (LpHk). Tuoreelle lentotuhkalle voidaan käyttää samoja arvoja kuin kasavarastoidulle tuhkalta.

Ominaisuus	Tuhka	Kasavarastoitu LT IV	Läjitetty LT IV	PT II LpHk II
Lujuusominaisuudet				
- koheesio [kPa]		20	15	0
- kitkakulma [°]		32	30	36
Tilavuuspaino, märkä [kN/m ³] ⁽¹⁾		14	15	16
Vesipitoisuuden muutos [%] ⁽²⁾		+0-20	+0-10	+0-10
Routivuus ⁽³⁾		routiva	routiva	mahd. routiva
pH ⁽⁴⁾		11-13	10-13	9-12

- 1) märkätilavuuspaino, tuhka tiivistetty optimivesipitoisuudessa
- 2) vesipitoisuuden muutos tiivistyksen jälkeen vallin käytön aikana, vesipitoisuuden voi olettaa kasvavan n. 10 % käytön aikana, ellei ole muuta tietoa, jolla voi osoittaa muutoksen pienemmäksi
- 3) mikäli tuhka on mitoituksessa routimaton, on routimattomuus osoitettava materiaalityypittämällä
- 4) korkeasta emäksisyydestä vaurioituvia materiaaleja tarkasteltaessa käytetään vaihteluvälin suurinta arvoa, mikäli ei ole tarkempaa tietoa ko.hankkeessa hyödynnettävän tuhkan pH:sta

Taulukossa esitetyt tuhkien luokat LT IV, PT II ja LpHk II ovat Rakennustietosäätiön infra-ohjekortissa **Tuhkien käyttö maarakentamisessa, Metsä- ja energiateollisuuden tuhkamateriaalit** esitettyjä (RTS 2018). Käyttöluokat on esitetty rakennusosakohtaisesti jakavalle ja suodatinkerrokselle sekä **penkereille ja täytöille**. Useimmissa vallirakenteissa lentotuhkalle sopiva käyttöluokka on LT IV, pohjatuhkalle PT II ja leijupetihiekalle LpHk II (penkereet ja täytöt, InfraRYL luku 18110). Ko. käyttöluokkaan määritetyillä tuhkillä toteutuvat taulukossa 6.3 esitetyt mitoitusparametrit ja ominaisuudet rakenteeseen asianmukaisesti tiivistettynä.

Ylempien käyttöluokkien tuhkia, jotka ovat soveliaita vaativampiin kohteisiin, voidaan käyttää myös vallirakentamisessa. Niiltäkin vaadittavat ominaisuudet on yleensä mielekkäintä asettaa

käyttöluokkien LT IV, PT II ja LpHk II mukaisiksi ellei ole erityistä tarvetta jollekin ylempien käyttöluokkien mukaiselle ominaisuudelle.

Käyttöluokitusominaisuuksien testaukseen lentotuhkalle, pohjatuhkalle sekä leijupetihiekalle on esitetty suositus liitteen 6 taulukossa (RTS 2018), johon on korostettu punaisella, mitkä taulukossa esitetyt ominaisuudet ovat oleellisia tavanomaisten vallirakenteiden rakentamista ajatellen.

5.8.2 Valliin liittyvät muut rakenteet

Mikäli suunniteltavaan valliin liittyy tai sen päälle rakennetaan muita rakenteita, tarvitaan muitakin kuin taulukossa 5.3 esitetyjä parametreja. Myös taulukossa esitetyjä on arvioitava tarkemmin ajatellen liittyviä rakenteita. Parametrejä liittyvien ja/tai päälle tulevien rakenteiden mitoitusta varten ei ole esitetty tässä. Materiaalitoimittajan tulee yleistä arviointia hakiessaan esittää taulukosta 5.3 puuttuvat parametrit sekä haluamansa parametriarvot perusteluineen, mikäli he haluavat ”arviointipäätökseen” tuhkan käyttökohteeksi tällaiset vallityypit.

5.9 Riskienhallinta

Tuhkan käyttöä meluvalli- ja ei-liikennekuormitettujen penkereiden rakentamisessa arvioidaan riskienhallinnan näkökulmasta yleisesti seuraavilla periaatteilla, joilla on:

- tunnistettu toimenpiteitä vaativat riskit
- arvioitu toimenpiteitä, joilla riski voidaan poistaa tai minimoida
- annettu viittauksia ohjeisiin, joilla riski voidaan poistaa tai minimoida
- arvioitu tarvittavien toimenpiteiden ja seurannan tarvetta
- arvioitu riskin merkittävyyttä.

Riskienhallinnan tarkastelussa on kiinnitetty erityistä huomiota teknisiin riskeihin, mutta materiaalin näkökulmasta on tuotu myös prosessiin ja ympäristöön liittyviä riskejä. Huomioitavia hankkeen toteuttamiseen ja prosesseihin, toimeksiantoon, suunnitteluun sekä rakentamiseen ja käytön aikaisiin riskeihin liittyviä riskejä ja niihin vaikuttavia toimenpiteitä, jotka alentavat riskiä tai poistavat sen mahdollisuuden kokonaan, on koottu taulukkoon 5.4. Kunkin riskin merkittävyyttä on arvioitu riskiluokan värikoodein seuraavasti: punainen = merkittävä riski, joka vaatii toimenpiteitä, oranssi=kohtalainen riski, joka on huomioitu ja on hallinnassa sekä vihreä= riski on hyväksyttävä. Käytännössä tunnistetut useimmat ”oranssit” riskit ovat ”vihreitä”, kun ne otetaan huomioon suunnittelussa ja suunnitelmia noudatetaan toteutuksessa. ”Punaiset” riskit vaativat laajempia toimenpiteitä riskin minimoimiseksi tai poistamiseksi.

Taulukko 5.4 Riskienhallinnassa tunnistettuja riskejä toimenpiteitä riskinminimoimiseksi. Taulukon keskeisessä sarakkeessa esitetään riskiluokka värikoodein: punainen = merkittävä riski, joka vaatii toimenpiteitä, oranssi = kohtalainen riski, joka on huomioitu ja on hallinnassa sekä vihreä = riski on hyväksyttävä.

Riski	Riskiluokka	Toimenpiteitä riskin minimoimiseksi
Hankkeen toteuttamiseen ja prosesseihin liittyvät riskit		
Hankinnan valmistelun aikataulu	punainen	Suunnittelu, sopimukset, yhteydenpito ja tiedonjakaminen kaikkien osapuolen kanssa.
Ympäristölupa	oranssi	Ympäristölupaprosessin aloittaminen ajoissa ja sen keston huomioiminen.

Ympäristövaikutukset (sis. pohjavesi)	oranssi	Tuhkien ominaisuudet, pitoisuudet ja liukoisuudet tuodaan ympäristölupaviranomaisten tietoon tai tehdään tarvittaessa ympäristöriskien tarkastelu. Huomioidaan pohjaveden korkeusasema sekä etäisyys mahdollisiin luokiteltuihin pohjavesialueisiin, vesistöihin tai kaivoihin. Noudatetaan lupaviranomaisen seuranta-vaatimuksia.
Negatiivinen imagovai- kutukset	oranssi	Asiallinen tiedottaminen hankkeesta sidosryhmille, jotta hankkeessa käytettävien tuhkien jäteluonne ei aiheuta pelkoja.
Toimeksiantoihin liittyvät riskit		
Aikataulun yhteensovittaminen eri toimijoiden kesken	punainen	Suunnittelu, sopimukset, huolellisesti laaditut asiakirjat vastuista sekä jatkuva yhteydenpito.
Laatuvaatimukset, eri asiakirjojen pätevyysvaatimukset	oranssi	Tarjouspyyntöasiakirjojen yhdenmukaisuus, selkeys ja virheettömyys sekä niiden tarkastaminen.
Materiaalin saatavuus	oranssi	Saatavuus tulee olla varmistettu hankinnan sopimusasiakirjoin. Mahdollisuutena lisäksi suunnittelu vaihtoehtoisilla materiaaleilla.
Suunnitteluun liittyvät riskit		
Vaikutus muihin materiaaleihin	oranssi	Valitaan materiaalit siten, että ne kestävät tuhkan korkean pH-arvon ohjeen luvun 5 mukaisesti.
Materiaalivaihtelut	oranssi	Seurataan materiaalin laatua ja tunnistetaan muutokset ja muutosten vaikutukset laadunvarmistussuunnitelman mukaisesti.
Kuormitusten arviointi (painumat, stabiliteetti)	oranssi	Käytön aikana kuormitus aiheutuu täyttömateriaalista. Rakentamisen aikana lisäksi työkoneista. Mitoitus tehdään ohjeen Penkereiden stabiliteetin laskentaohje (Liikennevirasto 2018c).
Rakentamisen ja käytön aikana esiintyvät riskit		
Laadunhallintatoimenpiteiden toteutuminen	vihreä	Laaditaan laadunvarmistussuunnitelma ja toimitaan sen mukaisesti
Rakenteen aukikaivu	oranssi	Ohjeistetaan mahdollisen aukikaivun kaivannon täyttö samalla tai uudella materiaalilla ja mahdollisen poistetun materiaalin sijoitustoimenpiteet ja -luvat.
Rakentamisen aikaiset sääolosuhteet, eroosio, kuivuminen, pölyäminen	oranssi	Huomioidaan mahdollisten sään ääri-ilmiöiden vaikutus ja esimerkiksi vuodenaikarajoitukset rakentamiseen ohjeen luvun 7 mukaisesti.
Työturvallisuus	oranssi	Materiaalintoimittajan käyttöturvallisuustiedotteen mukaisesti tarvittavat suojaimet: esim. hengityssuojaimet, suojavaatetus jne.
Varastointiajan ja -tavan vaikutus materiaalin ominaisuuksiin	oranssi	Suunnitellaan siten, että materiaali on tasalaatuista tai säilytysolosuhteet hallitaan tai sekoitetaan siten, että se saadaan muutettua tasalaatuiseksi. Huomioidaan osana laadunvarmistussuunnitelmaa.
Ympäristövaikutusten seuranta	oranssi	Noudatetaan lupa- ja valvontaviranomaisten määräyksiä
Kunnossapito	vihreä	Ohjeistetaan suunnittelun yhteydessä poikkeavat toimenpiteet esim. kasvien istutukset (vrt. aukikaivun tarpeet).

6. HANKINTA

6.1 Metsäteollisuuden tuhkat hankinnoissa

Julkisilla rakennuttajille ei ole lähtökohtaisesti hallussaan läjitettyä tuhkaa toisin kuin esim. metsäteollisuuden tehtailla usein on. Tässä ohjeessa keskistytään julkiseen rakentamiseen, jossa hyödynnettävät tuhkat tulevat teollisuudelta ja eivät ole rakennuttajan hallussa hankkeen suunnittelu- ja hankintavaiheessa. Näin ollen tehtaiden omissa rakentamishankkeissa hankintakäytännöt voivat poiketa oleellisesti tässä esitetystä.

Julkisen puolen tilaajien kaikki kynnysarvon ylittävät hankinnat toteutetaan julkisen hankintalainsäädännön mukaisesti. Hankintojen toteutusta ohjaa lisäksi kaikki muu hankintaan liittyvä lainsäädäntö, säädökset, normit ja viranomaisohjeet sekä tilaajan omat strategiset linjaukset ja ohjeet. Hankinnoissa tulisi ottaa huomioon ympäristönäkökulmat ja kestävä kehityksen periaatteet. Hankinnoissa tulisi suosia innovatiivisuuteen kannustavia hankintamenettelyitä ja sopimusmalleja, jotka antavat vapausasteita uusien ratkaisujen kehittämiseksi sekä niiden hyödyntämiselle.

Vuonna 2017 voimaan tullut ns. uusi hankintalaki (1397/2016) toi Suomen lainsäädäntöön hankintadirektiivin (2014/24/EU) edellyttämät mahdollisuudet huomioida ympäristökijät hankinnoissa. Hankintalain nojalla voidaan vaikuttaa hankinnan ympäristövaikutuksiin monin tavoin, mm. (ympäristö)merkkien käyttö hankinnan kohteen kuvauksessa (72 §) sekä ympäristöasioiden hallinta- ja laadunvarmistustoimenpiteet (90 §). Hankkeelle voidaan myös määrittää kierrätetyn tai uusiutuvan materiaalin vähimmäismäärä sekä muita kriteerejä.

Tuhkien käyttömahdollisuuksien lisäämiseksi tulisi ne huomioida hankinnan eri vaiheissa suunnittelusta kunnossapitoon. Uusiomateriaalien käyttömahdollisuuksien lisäämiseksi on esimerkiksi Väylävirasto ohjeistanut, että hyötykäyttömahdollisuudet tulee selvittää kaikilla väylähankkeilla (Väylävirasto 2020a ja 2021a). Vallien rakentamisessa tuhkien hyödyntämisen edistämiseksi tulee hankinnassa huolehtia lisäksi mm.:

- sallitaan tuhkien käyttö, mikäli sille ei ole oikeaa estettä
- kannustetaan suunnittelijoilta esittämään oma-aloitteisesti ratkaisuja, joissa hyödyntäminen on mahdollista
- edellytetään suunnittelijaa huomioimaan tuhkien hyödyntämisestä mahdollisesti johtuvat erityispiirteet
- ilmaistaan suunnitelma-asiakirjoissa, millaisia tuhkamateriaaleja suunnittelija on todennut voitavan käyttää ja määritetään mitkä vaatimukset tuhkien on täytettävä, jotta niitä voidaan tarjota eri rakennusosiin
- varataan hankintaan ja rakennuttamiseen riittävät asiantuntijaresurssit
- huolehditaan, että rakentamisen hankinnan asiakirjat ohjaavat käyttämään mm. tuhkamateriaaleja ja niissä on vastuut esitetty mielekkäästi ja selkeästi

6.2 Hankinta-asiakirjat

Hankinta-asiakirjoja laadittaessa tulisi edistää uusiomateriaalien käyttöä. Tilaajan hankinnan malliasiakirjat ovat olennainen osa tilaajan strategioiden ja tavoitteiden jalkauttamiseksi käytäntöön. Malliasiakirjat voivat koostua esimerkiksi työselostuksesta, urakkaohjelmasta ja urakkarajaliitteestä. Malliurakkaohjelma voidaan pitää perustietojen lukuun ottamatta muuttumattomana ja siellä voidaan esittää tilaajan yleiset linjaukset mm.:

- maa- ja kiviainesten ja uusiomateriaalien (mm. tuhkien) hyötykäyttöön
- rakentamisen dokumentointiin. Toteutuneet tiedot muodostuneista kaivumaista, rakentamiseen käytetyistä materiaaleista ja toteutetuista rakennekerroksista
- päästöjä vähentävien ratkaisujen tekemiseen
- urakoitsijan ilmoitusvelvollisuuteen

Urakkaohjelman liitteeksi laaditaan yleensä urakkarajaliite, jossa voidaan esittää kohdekohtaisia erityispiirteitä. Urakkaohjelmassa tai -rajaliitteessä voidaan esittää tai määrittää tarkemmin mm.:

- tuhkien varastointi- ja hyödyntämismahdollisuudet
- hankkeessa syntyvien materiaalien omistussuhteet (esim. louhe, kitkamaa, betonijäte, ...).

Tuhkien käyttöä koskevat vaatimukset on esitettävä selkeästi eikä niiden käyttöä tule rajoittaa perusteettomasti. Tilaajalla käytössä olevat hankinta-asiakirjapohjat mm. meluvallien rakentamiseen tulisi päivittää siten, että niihin lisätään valmiiksi maininnat tuhkien hyödyntämisestä soveltuviin asiakirjan kohtiin. Tällaisia kohtia voivat olla esimerkiksi suunnittelun lähtökohdat (vaihtoehtotarkastelujen ja -vertailujen vaatiminen), geotekninen suunnittelu (tuhkien käyttömahdollisuuksien selvittäminen) tai maaperä- ja laboratoriotutkimukset (tuhkien käytön edellyttämät tekniset ja/tai ympäristötutkimukset). Mikäli suunnitelma-asiakirjoissa ei mainita tuhkien hyväksymistä ja niiden vaatimuksia tai kielletään tuhkien tarjoaminen, tuhkaa ei voi urakkaan tarjota julkisissa hankinnoissa. Tällöin tilaaja ei hyödynnä tuhkarakentamisen mahdollistamia kustannus- ja luonnonvarojen säästöjä eikä näin ollen edistetä laajemmin resurssitehokkuutta ja kiertotaloutta. Tilaajien hankintaprosessit ovat kehittymässä ja sen seurauksena uusiomateriaalien käytön mahdollisuudet paranevat tulevaisuudessa.

Tarjouspyynnöissä voidaan joko vaatia tai antaa lisäpisteitä uusiomateriaaliosaamisesta, joka todennetaan yleisemmin referenssejä vaatimalla. Referenssien vaatiminen kannustaa urakoitsijoita sekä suunnittelu- ja rakennuttajakonsultteja hankkimaan alan osaamista. (Järkkä et al. 2019)

6.3 Rakentamisen valmistelu ja hankinta

Meluvallin tms. toteutussuunnittelu- tai toteutusvaiheessa ei ole välttämättä riittävästi aikaa ympäristöluvan hankkimiseen, joten tuhkien hyödyntämismahdollisuudet ja tarvittavat tuhkamäärät ja niiden saatavuus tulisi selvittää jo tie-, katu- tai puistosuunnitteluvaiheessa. Ympäristöluvan hakeminen vaatii aikaa, joten joissakin tapauksissa ympäristölupa kannattaa hakea etukäteen senkin uhalla, että lupa on tarpeeton.

Tuhkan tuottajille on ongelmallista, mikäli tuhkan hyödyntäminen rakentamisessa varmistuu vasta urakkakilpailutuksen ja urakoitsijavalinnan jälkeen. Näin on tapahtunut julkisissa hankinnoissa. Ongelmalliseksi asian tekee se, että tuoreen ja kasavarastoidun (ks. luku 2.2) tuhkan hyödyntämiselle tulisi olla varmuus aikaisemmin, koska tuhkaa muodostuu vain tietty määrä kuukaudessa ja niiden siilo- tai kasavarastointia voidaan tehdä vain rajallisen ajan, jonka jälkeen tuhkat täytyy saada hyötykäytettyä tai toimitettua muualle (esim. läjitykseen). Läjitetty tuhka, jolla meluvallien tms. rakentaminen yleensä tehdään, voidaan yleensä ottaa rakentamiseen suoraan läjityksestä ilman välivarastointia.

Tuhkille on laadittu käyttöluokat mahdollistamaan sen, että kohteessa käytettävä tuhka voidaan esittää suunnitelmassa käyttöluokalla, jonka mukaiset tuhkan laatuvaatimukset löytyvät infran ohjekortista Tuhkien käyttö maarakentamisessa (RTS 2018). Periaate käyttöluokan esittämiselle suunnitelmassa on esitetty myös luvussa 5.8. Kun tuhkat kirjataan suunnitelmaan käyttöluokat hyödyntäen,

niin eri tuhkan toimittajat voivat tarjota tuhkia kohteisiin tasavertaisesti. Kuljetusetäisyys kohteeseen luonnollisesti vaihtelee eri tehtailta.

Tuhkan tuottajien tai toimittajien tulee osoittaa, että heidän tuhkamateriaalinsa täyttävät suunnittelussa ja mitoituksessa käytetyt urakkapyyntöaineistossa esitetyt vaatimukset.

Tuhkien saatavuus ja riittävyys on erityisen aiheellista tarkistaa silloin, kun suunnittelu on tapahtunut vuosia ennen rakentamista. Vaihtoehtoisten suunnitteluratkaisujen tarve tulee tarkastella, mikäli tuhkien saatavuudessa on nähtävissä riskejä.

Tuhkien hyödyntämistä suunniteltaessa on luonnollisesti selvitettävä mm.:

- tuhkien laatu ja määrä (tekninen ja ympäristökelpoisuus)
- tuhkien hyödyntämisen luvitusmenettely (ja siihen varattava aika)
- tuhkien laatuvaatimukset ja niiden täyttymisen osoittaminen
- vastuiden jakautuminen tuhkarakentamisessa (luvitus, valvonta, dokumentointi, jälkiseuranta, yms.).

7. RAKENTAMINEN

7.1 Logistiikka ja varastointi

Toimituskapasiteetti:

Metsäteollisuuden voimalaitoksissa lämpöä ja sähköä tarvitaan jokaisena vuodenaikana ja tuhkaa muodostuu yleensä ympäri vuoden (tehtaiden seisokkiaikoja lukuun ottamatta). Valli- ja pengerrakentamistöymäiden vaatimus tuhkan toimituskapasiteetille on tyypillisesti yli 100 t/h rakennettaessa masiivirakennetta, joten rakentamisen sujuvuuden kannalta on tärkeää saada oikeanlaatuinen tuhka työmaalle haluttuun aikaan riittävällä toimituskapasiteetilla. Tämän onnistumiseksi tuhkan välivarastointi on yleensä pakollinen välivaihe tuhkan logistisessa ketjussa rakennettaessa tuoreella tai kasavarastoidulla lentotuhkalla.

Tuhkien varastointi on yleensä mahdollista tuhkan tuottajan omistamilla alueilla (metsäteollisuuden varastoalueet ja kaatopaikat). Välivarastointi voi MARA-asetuksen mukaisesti kestää enintään vuoden ja joissakin tapauksissa välivarastointi vaatii ympäristöluvan (YM 2019).

Vesipitoisuuden hallinnalla on keskeinen rooli koko käsittelyketjun (varastoinnin, kuljetuksen ja rakentamisen) ajan.

Välivarastointi:

Kun tuore lehtotuhka varastoidaan kuivana, säilyy sen reaktiivisuus (lujittumisominaisuus). Kuivana varastointi edellyttää kuitenkin umpisiiloa tai varastohallia, koska kuiva tuhka ei juurikaan pysy kasalla ja se pölyää voimakkaasti. Kostutetun kasavarastoidun lentotuhkan reaktiivisuus eli kyky sitoutua ja kovettua heikkenee merkittävästi muutamassa viikossa. Lisäksi siinä tapahtuu mineralisoitumista, joka sitoo eräitä seospolton lentotuhkissa tyypillisesti esiintyviä haitta-aineita (mm. barium ja fluoridi) niukaliukoiseen muotoon. Kasavarastointi vaikuttaa lentotuhkan rakeisuuteen karkeuttavasti, koska materiaaliin muodostuu melko hauraita kokkareita. Tällä ominaisuudella on vaikutusta myös lentotuhkan optimivesipitoisuuteen. Kasavarastoinnissa peittäminen voi olla välttämätöntä, mikäli tuhka pölyää ja tuhka-auman lähellä on asutusta, teollisuutta, tms., jota tulee suojata pölyltä.

Varastoaman poikkileikkaus on terävähkö kolmio ja ylimääräisen veden kulkeutuminen materiaaliin on estetty. Aumatun peittämättömän tuhkan pintaan muodostuu suojaava kuori, jolloin koko kasa ei kastu läpikotaisin. Aumauksessa on huomioitava myös varastoalueen pinnan kaltevuudet, tehtävä tarvittaessa ojia ja estettävä kapillaarinen veden nousu. Mikäli tuhkalla rakenteessa saavutettavat lujuus- ja sitoutumisominaisuudet ovat merkitseviä, tulee tuhka käyttää optimivesipitoisuudessaan.

Läjitetyllä lentotuhkalla ei ole juurikaan jäljellä lujittumisominaisuuksia, mutta se on yleensä hyvin tiivistettävissä ja muotoiltavissa rakenteeseen. Tavanomaisissa meluvallirakenteissa on läjitetyn lentotuhkan hyödyntäminen tyypillinen ja usein myös helpoin ratkaisu tuhkan käsittelyä ja varastointia ajatellen. Läjitetty lentotuhka soveltuu hyvin meluvallin rakentamiseen mm. siksi, että se on yleensä valmiiksi rakentamisen kannalta oikeassa vesipitoisuudessa. Mikäli rakentamiskohteessa on tavanomaisesta meluvallirakentamisesta poikkeavia erityisvaatimuksia, on suunnitteluvaiheessa tarkasteltava, millainen ja miten välivarastoitu tuhka soveltuu ko. käyttötarkoitukseen parhaiten.

Pohjatuhkilla ja leijupetihiekoilla varastointi ei merkittävästi vaikuta tekniseen laatuun. Pohjatuhka ja leijupetihiekka eivät ole niin pölyäviä kuin lentotuhkat, joten niiden välivarastointi tapahtuu samaan

tapaan kuin kiviainesten, mutta nekin tarvitsevat alueen, jossa niiden käsittely ja varastointi on luvallista (RTS 2018).

Kuljetus:

Tuhkien kuljetuksessa on varmistettava materiaalin pölyämättömyydestä eli tarvittaessa tehdään materiaalin kostutus tai kuormien peittäminen kuljetuksen ajaksi. Lentotuhkat kuljetetaan työmaalle tai välivarastoon yleensä kuorma- tai kasettiautoilla kostutettuina pölyämisen estämiseksi tai mahdollisesti pressulla peitettynä. Lisäksi varaudutaan kuljetusautojen renkaiden puhdistamiseen tuhkarakentamisalueen ulkopuolelle kulkeutumisen välttämiseksi. Tuoreen tuhkan kuljettaminen kuivana tapahtuu säiliöautossa.

7.2 Levittäminen ja tiivistäminen

Pohjatuhkaa ja leijupetihiekkaa käsitellään ja käytetään kuten hiekkaa ja siten työmenetelmät ovat vastaavat. Samoin läjitetyn lentotuhkan ja hallitusti kosteana kasavarastoidun lentotuhkan käytettävyyttä ja käsiteltävyys valli- ja pengerrakentamisessa vastaavat suurelta osin hienoa hiekkaa.

Hienorakeiset lentotuhkat ovat herkkiä veden vaikutukselle. Ne voivat tiivistämättömänä olla häiriintymisherkkiä, joten tuhka tulee tiivistää mahdollisimman nopeasti levittämisen jälkeen. Löyhä tuhkakkerros imee mahdollisen sadeveden itseensä. Liaksi kastuneen tuhkan kuivattaminen on haasteellista, joten rankkasateen uhatessa levittämisen- ja tiivistämistyö on varauduttava keskeyttämään liettymisriskin vuoksi. Tuhkan lujittuminen vaatii yli 4 °C lämpötilan, joten talvirakentaminen ei ole mahdollista.

Vallien ja penkereiden tuhkarakenne rakennetaan kerroksittain, jolloin voidaan saavuttaa riittävä tiivistyksen taso. Tiivistystyö tehdään vallin alaosassa tela-alustaisen kaivinkoneen tai puskutraktorin ilityksillä niin pitkään, kuin se on työturvallisesti mahdollista tuhkakerroksen leveys ja korkeus huomiottaen. Levitettävän löyhän lentotuhkakerroksen paksuus ennen tiivistämistä on noin 1,5-kertainen tavoitteena olevaan, tiivistettyyn kerrospaksuuteen nähden. Tavanomaisessa meluvallirakentamisessa suositeltava kerralla tiivistettävä lentotuhkankerroksen paksuus on maksimissaan 350-400 mm (löyhänä 500 mm). Vallin reuna tiivistetään kaivinkoneen telalla ja luiskan osuus kauhalla. Tiivistetty tuhkakkerros peitetään päälle tulevalla materiaalilla mahdollisimman pian osuuden valmistuttua.

Korkeamman vaatimustason valli-/pengerrakenteissa kerralla tiivistettävä lentotuhkakerroksen paksuus on maksimissaan 200 mm (löyhänä 300 mm). Myös tuhkamateriaalin tiivistämiseen ja tiivistymiseen vaikuttavat tekijät, kuten oikea vesipitoisuus ja riittävä tiivistystyön määrä, tulee tunnistaa ja ohjeistaa, jotta vaadittu tiiviysaste saavutetaan. Tätä varten tarvitaan ennakkotietoa kyseisen materiaalin tiivistyvyydestä ja vesipitoisuuden vaikutuksesta siihen. Vaihtoehtoisesti tai lisäksi on rakentamisen alussa suositeltavaa tehdä koetiivistysalue, jossa tiivistymistä mitataan tarkemmin. Tiivistyksen onnistuminen on oleellisen tärkeä rakenteen onnistumisen, toimivuuden ja kestävyuden kannalta.

Rakennuspohjan tulee olla riittävän kuiva (ei lammikoita tms.) ja riittävän kantava, jotta tuhalla saavutetaan riittävä tiivistystulos.

Mikäli lentotuhkan vesipitoisuus ylittää liiaksi optimivesipitoisuuden tai materiaali liettyy ja tavoiteltua tiivistysastetta ei saavuteta, on varauduttava poistamaan ko. materiaali rakenteesta ja toimittamaan pois työmaalta. Menettely tuhkan mahdollista työmaalta poistamista varten esitetään urakkaohjelmassa.

Valli- ja pengerrakenteissa työmaaliikenne ja tuotavat tuhka-kuormat voivat liikkua tuhkakerroksen päällä työturvallisuuden asettamissa rajoissa.

7.3 Laadunhallinta ja -varmistus

Onnistuneen tuhkarakentamisen kannalta on oleellista, että riittävä laadunvarmistus toteutuu ja toimii koko ketjussa lähtien tuhkantuottajan tekemästä laadunvalvonnasta, välivarastoinnin ja sekoitus-työn aikaiseen laadunvalvontaan ja päättyen työmaalla tapahtuvaan laadunvalvontaan. (Tuhkarakentamisen käsikirja, 2012)

Tuhkalta vaadittavat ominaisuudet ovat teknisiä tai ympäristöominaisuuksia. Niiden täytyminen osoitetaan edustavasti otetuista näytteistä tehtyjen laboratoriotutkimusten avulla. Tuhkan toimittaja osoittaa tutkimustuloksilla tuhkalle ilmoitettujen arvojen ja esitettyjen vaatimusten täyttymisen. Mikäli materiaalien ominaisuudet eivät täytä materiaalitoimittajan ennalta ilmoittamia arvoja ja suunnitelmassa esitettyjä vaatimuksia, on tuhkan toimittajan ja urakoitsijan velvollisuus ilmoittaa asiasta tilaajalle ja suunnittelijoille mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Oleelliset tuhkan tekniset ominaisuudet vallien suunnittelussa ja toteutuksessa vaihtelevat taulukon 6.2 mukaisesti. Taulukossa on esitetty tuhkien mitä ominaisuustietoja tarvitaan erilaisten vallien ja niihin liittyvien rakenteiden suunnittelussa erilaisissa olosuhteissa.

7.3.1 Tuhkantuottajan laadunvalvonta

Tuhkantuottajan laadunvarmistus sisältää olennaisten prosessitietojen seurannan, tuhkien tarvittavien teknisten ja ympäristöominaisuuksien määrittämisen ja seurannan, jotka kaikki vaikuttavat tuhkien hyödyntämiskelpoisuuteen.

Tuhkien ympäristökelpoisuuden seuranta toteutetaan ympäristöluvassa esitetyn mukaisesti. Ympäristölupahakemuksessa ja -luvassa näytteenotto ja analyysit voidaan esittää tehtävän esimerkiksi MARA-asetuksen soveltamisohjeessa (YM 2019) esitetyn mukaisesti tai sitä soveltaen: *otetaan osanäytteet kaikista kohteelle ajettavista kuormista, muodostetaan näistä kokoomanäyte esim. ajetun 5 000 tuhkatonnin välein ja teettämällä kokoomanäytteistä haitta-ainepitoisuus ja -liukoisuusanalyysit.*

Tuhkien tekniset ominaisuudet, jotka on selvitettävä ja valvottava, vaihtelevat. Tuhkan tuottajan tai tuhkaa kohteeseen tarjoavan tulee osoittaa, että käytettäväksi esitetyn tuhkan ominaisuudet täyttävät suunnitteluvaiheessa määritetyt ja suunnitelmassa esitetyt tekniset ominaisuudet. Tuhkan tuottajan (tai muun tuhkaa kohteeseen tarjoavan toimijan) tulee osoittaa, että vaatimukset täyttyvät nimenomaan käytettäväksi aiotusta tuhkaerästä.

Taulukossa 5.2 esitetyn mukaiset tavanomaisen kantavalle maalle rakennettavan meluvallin tapauksessa ennalta määritettäviä ominaisuuksia ovat lähinnä vesipitoisuus, optimivesipitoisuus ja maksimikuivairtotiheys, joita tarvitaan tuhkan tiivistettävyyden määrittämiseksi, tiivistystyössä ja tiivistystyön laadunvalvonnassa. Rakennettaessa kostutetulla tuoreella tai kasavarastoidulla tuhkalla, rakentamistyön aikana valvotaan tuhkan vesipitoisuutta ja sen vaihtelua lähtötiedoksi tuhkan vesipitoisuuden hallinnalle, joka tulee toteuttaa käyttötarkoituksen vaatimusten mukaisesti. Tuhkan tasalaatuisuutta valvotaan vähintäänkin silmämääräisesti ja tarvittaessa näytetutkimuksin. Läjitetystä tuhkasta on oltava lisäksi selvillä, milloin tuhka on läjitetty ja mitkä tuhkan oleelliset ominaisuudet ovat olleet ennen läjittämistä.

Haasteellisemmissä pohjaolosuhteissa, vallin ollessa teknisesti haasteellisempi tai valliin liittyessä muita rakenteita, selvittävien ominaisuuksien määrä lisääntyy taulukossa 2.2 esitetyn mukaisesti. Oleellista on, että rakentamisessa käytettävä tuhka on sille ilmoitettujen ominaisuuksien ja ennako-koetulosten mukaista.

7.3.2 Tuhkan välivarastoinnin ja käsittelyn laadunvalvonta

Meluvalli läjitetystä tuhkasta: Meluvallien rakentamisessa käytetään tyypillisesti läjitettyä lentotuhkaa, joka ajetaan läjitys paikastaan suoraan rakenteeseen. Tällainen tuhka on yleensä kyseistä rakentamiskäyttöä ajatellen riittävän tasalaatuista. Tasalaatuisuus tulee varmistaa etukäteen tehtävällä näytteenotolla ja tutkimuksilla.

Muut vallirakenteet aumatusta tuhkasta: Kohteissa, joissa on suuremmat tekniset vaatimukset tuhkerrokselle, ja joissa käytetään esimerkiksi hallitusti kasavarastoitua tuhkkaa, välivarastoinnin laadunvarmistukseen kuuluu tuhkan vesipitoisuuden seuranta erillisen suunnitelman mukaan. Samalla myös tuhkan tiivistymistä ja paakkuuntumista tulee seurata. Vesipitoisuuserojen ja paakkuuntumisen estämiseksi/tasoitamiseksi voidaan tuhkakasoja sekoittaa varastoinnin aikana tai viimeistään kohteelle kuljettamiseksi tehtävän lastauksen yhteydessä. Oleellista on saada hyötykäyttöön riittävän laadukasta ja homogeenistä tuhkkaa, jonka ominaisuudet vastaavat etukäteen tehtyjen tutkimusten perusteella määritettyä laatutasoa. Tarvittaessa, tulee tuhkasta määrittää optimivesipitoisuus ja maksimikuivairtoiheys (tai optimaalinen vesipitoisuus ja siinä saavutettavissa oleva maksimaalinen kuivairtoiheys, kts kohta 2.2).

7.3.3 Tuhkarakentamisen laadunvalvonta

Tuhkarakennuskohteen rakennuttaja vaatii urakoitsijalta laadunhallintaa ja -valvontaa, minkä lisäksi rakennuttaja voi valvoa rakentamista pistokoeluontoisesti. Laadunvalvonnalla urakoitsija osoittaa rakennuttajalle, että työ on tehty suunnitelmien mukaan. Tuhkarakenteiden laadunvalvonnassa käytetään pääsääntöisesti samoja menetelmiä ja laatuvaatimuksia kuin luonnon kiviaineksia käytettäessä. (Tuhkarakentamisen käsikirja, 2012)

Teollisuuden omilla kohteilla, joissa tehdas tai tuotantolaitos on rakennuttajana, on tehtaan palkkaamana edustajana yleensä ulkopuolinen valvoja, joka valvoo rakentamista koko toteutuksen ajan. Väyläviraston ja ELY:n kohteissa rakennuttaja on usein palkannut asiantuntijan rakentamisen ajaksi.

Tavanomaisissa meluvallikohteissa laadunvalvonta toteutetaan työtapatarkkailuna, jota täydennetään tarvittaessa muilla mittauksilla. Työn aluksi toteutetaan koetiivistys, jolla määritetään riittävä tiivistystyön määrä (kerrospaksuus + ylityskerrat) työtapatarkkailua varten. Käytettäessä tuoretta ja kasavarastoitua tuhkkaa määritetään lisäksi vesipitoisuuden vaihteluväli, jossa tuhkan tulee olla tiivistystyön onnistumiseksi.

Teknisten vaatimusten ollessa suuremmat, laadunvalvontatoimet määritellään tapaus- ja kohdekohtaisesti suunnitteluvaiheessa. Tyypillisesti toteutetaan vesipitoisuuden seuranta ja rakenteessa toteutuvan tiheyden seuraaminen.

Käytettävän materiaalin vesipitoisuus täytyy määrittää aina silloin, kun tuhkan laatu tai levitettävän ja tiivistettävän tuhkakerroksen käyttäytyminen työn aikana muuttuu, työssä esiintyy ongelmia tai seuranta-mittauksien tulokset poikkeavat oletusarvoista. Tiheyden toteaminen voidaan tehdä volymetrimittauksilla. Mitattua kuivairtotiheyttä verrataan parannetulla Proctor-kokeella määritettyyn maksimi-kuivairto-tiheyteen. Mikäli saatu tulos alittaa tavoitetiivistystason, on mittausalueella suoritettava lisä-tiivistystä ja tämän jälkeen uusittava mittaus. Mittausten perusteella ohjataan tiivistystyötä ja tarvittavaa tiivistystyömäärää. Saavutettava tiiviysaste vaikuttaa merkittävästi valmiin rakenteen onnistumiseen ja lujuuteen, joten huolellinen tiivistystyö onkin yksi tärkeimmistä tuhkarakentamisen onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä.

7.4 Tuhkarakentamisen työturvallisuus

Osa tuhkista on syövyttäviä korkean pH:n vuoksi ja tuhkalta altistuminen saattaa vaurioittaa silmiä sekä ärsyttää ihoa ja hengitysteitä. Tuhkaa käsiteltäessä on aina huomioitava pölyämisen riski. Ihoaltituksen vuoksi suoraa ihokosketusta on vältettävä ja käytettävä asianmukaisia työvaatetusta ja käsineitä. Mikäli tuhkan pölyämistä ei voida riittävästi estää esimerkiksi kastelulla, käytetään pölyltä suojaavaa hengityssuojainta ja silmäsuojaimia. Lisätietoja käytettävän tuhkan työturvallisuudesta löytyy toimittajan laatimasta käyttöturvallisuustiedotteesta. (RTS 2018)

Tuhkarakentamiskohteisiin on suositeltavaa laatia työturvallisuusohje tai -suunnitelma, jossa on käyty läpi työsuojelutoimenpiteet ja oikeanlaiset työtekniikat.

7.5 Tuhkarakentamisen ympäristövaikutusten hallinta

Valmiissa jyrkkäluiskaisessa meluvallissa sade- ja sulamisveden valuvat pääasiassa kasvualustassa tai sen pinnassa tai tuhkakerroksen pinnassa ja imeytyvät vähemmässä määrin huonosti vettä johtavaan tuhkakerrokseen, joten tuhkakerroksen läpäisevä vesimäärä on vähäinen.

Tuhkan kulkeutuminen esim. työkoneiden ja kuljetuskaluston renkaissa/teloissa muualle kuin rakenteeseen on estettävä. Rakentamisen yhteydessä tuhkaa ei saa levitä rakenteen ulkopuolelle, esimerkiksi ojiin. Mikäli tuhkaa kuitenkin kulkeutuu rakenteen ulkopuolelle, on se siivottava pois. Tarvittaessa tuhkan pölyäminen (varastoinnin, kuljetusten, levittämisen, tiivistämisen aikana) on estettävä kastelun avulla. Lopputilanteessa tuhkarakenteen on oltava kaikilta osin peitettynä.

Tavanomaisessa meluvallirakentamisessa tuhalla, ei tyypillisesti juurikaan muodostu työnaikaisia huolevesiä muutoin kuin ehkä ennalta arvaamattoman rankkasateen vaikutuksesta. Työmaavesiin on kuitenkin kiinnitettävä huomiota ja estettävä niiden leviäminen ympäristöön. Huomioitavia seikkoja vesien kulkeutumista ajatellen ovat mm. kohteen pinnanmuodot, lähiojat, vesien virtaussuunta, luontokohteet lähistöllä yms.

Suunnitteluvaiheessa määritetään tarvittavat työnaikaiset ja -jälkeiset toimenpiteet työmaavesien hallitsemiseksi, käsittelemiseksi ja seuraamiseksi. Tuhkarakentamiskohteissa seuranta sisältää tyypillisesti pinta- ja pohjavesien pH-seurannan, kiintoaineen kulkeutumisen tarkkailun sekä vesinäytteistä haitta-aineiden laboratoriotutkimukset. Seuranta määrittellen ympäristöluvan ehdot täyttäväksi ja tarvittaessa laajempaan.

Suomessa ainakin joillakin kaupungeilla (mm. Helsinki, Espoo, Tampere, Oulu) on omat työmaavesien käsittelyohjeensa ja ohjeellisia raja-arvoja työmaalta johdettaville vesille on esitetty myös RT-kortissa 89-11230 (rakennustyömaan hulevesien hallinta). Myös kohdekohtaiset luvat ja päätökset voivat määrällä työmaavesien sisältämien haitta-aineiden ja -ominaisuuksien pitoisuusrajoja.

7.6 Tuhkarakentamisen dokumentointi

Hyötykäytetty tuhka on edelleen jätettä, joten sillä rakentamiseen liittyy laajempi dokumentointivollisuus kuin luonnon maa-aineksilla rakentamiseen. Hyödyntäminen dokumentoidaan asiakirjoihin ja vaadittavat tiedot toimitetaan viranomaiselle (ympäristöluvassa esitetty tai MARA-asetuksen rekisteröintimenettely) ja rakennuttajalle.

MARA-rekisteröinti-ilmoituksessa annetaan suunnitelmiin perustuva, mahdollisimman todenmukainen kuva jätteen hyödyntämisestä maarakennuskohteessa (määrä ja sijoittuminen). Kun maarakentamiskohde jätemateriaalien hyödyntämisen osalta on kokonaan valmis, tulee tehdä selvitys jätteen hyödyntämisen toteutumisesta rekisteröintimenettelyyn kuuluvana toimenpiteenä. Selvityksessä esitetään hyödynnetyn jätteen lajit (jätenimikkeet), määrät ja kerrospaksuudet sekä rakenteiden sijainnit koordinaatteineen sekä merkittynä asema- ja leikkauspiirustuksiin. (YM 2019)

On suositeltavaa, että työmaalla kirjataan tuhkien saapumisaika ja hyödyntämispaikka (esim. paaluväli). Lisäksi kirjataan ylös seikat, joiden katsotaan voivan vaikuttaa rakentamisen lopputulokseen (sää, työsuorituksiin kulunut aika, ongelmat, poikkeaminen työohjeista yms.). Myös mahdolliset rakenteen tai tuhkan seurantamittausten tulokset ja kelpoisuustutkimustodistukset dokumentoidaan. Tuhkarakentamisesta kerätyt tiedot sisällytetään työmaapöytäkirjoihin ja sijainti tarkepiirustuksiin. Hankkeesta laaditaan rakennuttajalle loppuraportti, jonka lisäksi urakoitsijan on mitattava toteutetun rakenteen laajuus ja sijainti (xyz, z ala- ja yläpinta) ja toimitettava tarketiedot tilaajalle.

Väyläviraston tiestötietojärjestelmästä ja suunnitelma- ja toteumatietovarastosta koostuvaa Velho-tietojärjestelmää on otettu vaiheittain käyttöön vuosien 2020 ja 2021 aikana. Suunnitelma- ja toteumatietovarastoon talletettävien aineistojen osalta noudatetaan Väyläviraston ohjetta 8/2020. Väyläviraston ohje koskee myös ELY-keskusten suunnitelma- ja toteutushankkeiden aineistoja. (Väylävirasto 2020e)

Vastaavan dokumentointi- ja paikkatietojärjestelmä on käytössä myös mm. Helsingin kaupungilla (Helsingin kaupunki 2018).

8. KUNNOSSAPITO JA UUELLEEN KÄYTTÖ

8.1 Lähtötilanteen selvittäminen

Tuhkaa sisältävien rakenteiden kunnossapidon, muutostöiden ja purkamisen kannalta rakenteiden omistajien asianmukaisten paikkatietojärjestelmien luominen ja niiden ajan tasalla pitäminen on erittäin tärkeää. Asianmukainen tieto mahdollistaa muutostöiden tai purkamisen luotettavan suunnitteluun. Näin voidaan suunnitella jo ennen tuhkarakenteen kaivua, miten varautua ja miten kaivettava tuhka pystytään joko hyödyntämään tai loppusijoittamaan. Mikäli tuhkarakenne havaitaan vasta toteutusvaiheessa urakan ollessa käynnissä, voi se johtaa kiireessä epätaloudelliseen ratkaisuun poiskäivun, urakan viivästymisen, tms. takia. Sijaintitietojen lisäksi on tärkeää, että tuhkarakenteen teknisiin ominaisuuksiin ja ympäristökelpoisuuteen liittyvät asiakirjat dokumentoidaan.

Parhaimmillaan paikkatietojärjestelmästä löytyy mitattu tieto (xyz) tuhkarakenteen laajuudesta sekä ala- ja yläpinnan tasosta. Usein paikkatieto on epätarkempaa tuhkarakenteiden sijainnin, kerrospaksuuden ja/tai ominaisuuksien osalta. Vanhojen kohteiden rakennussuunnitelmista ja toteutustiedoista pitäisi löytyä tieto siitä onko kohteessa käytetty tuhkaa. Käytännössä tietoa ei aina kuitenkaan löydy. Epätarkempikin ennakkotieto tuhkasta on arvokas, koska silloin voidaan ennakoida ja ohjelmoida tarkemmat kenttätutkimukset ja arkistonselvitykset tarvittavien tietojen määrittämiseksi.

Tuhkarakenteiden paikkatietoa tulisi myös päivittää. Esimerkiksi tilanteessa, jossa rakenne muutetaan ja tuhkarakenteen laajuus kasvaa tai pienenee, on muutettu rakenne kartoitettava ja tallennettava tieto paikkatietojärjestelmään.

8.2 Rakenteiden kunnossapito

Tuhkarakenteiden kunnossapito ei pääsääntöisesti poikkea luonnonmateriaalirakenteen kunnossapidosta. Peitto- tai päällystekerroksen kunnossapitoon on kuitenkin kiinnitettävä huomiota myös ympäristönsuojelun kannalta siten, kuinka asiasta on määrätty ympäristöluvassa tai MARA-asetuksessa.

Tuhkakerroksen peittämistä ja peittokerroksen paksuutta koskevat vaatimukset ovat voimassa rakenteen koko elinkaaren ajan eli rakenteen valmistumisesta sen purkamiseen saakka. Rakenteen peittämisen suunnittelussa ja toteutuksessa tulee siten kiinnittää erityistä huomiota pintarakenteelle käytön aikana aiheutuvaan kuormitukseen ja kulumiseen. Tuhkasta rakennettujen vallien peittokerroksen mahdollista sadeveden aiheuttamaa eroosiota on syytä seurata vuosittain silmämääräisesti.

Rakenteiden ylläpitoon kuuluu luonnollisesti myös kuivatusrakenteiden yms. kunnossapito.

8.3 Rakenteiden aukikaivu ja korjaus

Tuhkarakenteiden, kuten kaikkien muidenkin rakenteiden, kaivu ja purkaminen tulisi tehdä lajittelevana, jolloin kaivettavat materiaalit eivät sekoitu keskenään. Tämä on oleellista niin tuhkan uudelleen hyödyntämisen, kierrätettäväksi toimittamisen kuin loppusijoittamisen kannalta. Lajittelevan kaivutyön yhteydessä poistettavat tuhkat voidaan yleensä käyttää uudelleen kaivettua kohtaa täytettäessä tai muualla. Mikäli tuhkaa ei saada kaivettua eroteltuna, ei sen laadukas hyödyntäminen välttämättä onnistu. Mikäli kaivettu tuhka on toimitettava muualle hyödynnettäväksi tai loppusijoitukseen, mini-moituvat kuljetettavat massat, kun pois kuljetettavaan tuhkaan ei sekoiteta muita maa-aineksia.

Tuhkakerrokseen kaivetun kaivannon täyttämiseen käytetään ensisijaisesti vastaavaa tuhkaa. Mikäli kaivannosta kaivettua tuhkaa ei ole mahdollista palauttaa rakenteeseen tai vastaavaa tuhkaa ei ole saatavilla, voidaan käyttää muuta teknisiltä ominaisuuksiltaan vastaavaa materiaalia.

Mikäli tuhkan lujittuminen on hyödynnetty rakenteessa, kaivetun lujittuneen tuhkan uudelleen lujittuminen voidaan tarvittaessa aikaansaada sekoittamalla siihen sideainetta tai muita seosaineita (esim. sementtiä, reaktiivista tuhkaa, tms.). Sekoitustyössä voidaan hyödyntää esimerkiksi seulakauhaa silloin, kun materiaalmäärät eivät ole suuria.

8.4 Uudelleenkäyttö ja kierrätettävyys

Tuhkan uudelleenkäyttö on mahdollista ja suositeltavaa. Aiemmin rakentamisessa käytetyn tuhkan hyödyntäminen voidaan tehdä MARA-rekisteröinti-ilmoituksella, jos käyttökohde kuuluu asetuksen soveltamisalaan ja tuhka täyttää asetuksen sekä käyttökohteen vaatimukset. Vaatimusten täyttymisen voidaan pääsääntöisesti osoittaa käyttämällä rekisteröinti-ilmoituksessa aiemman rekisteröinti-ilmoituksen mukana viranomaiselle toimitettuja tietoja, jos aiempi hyödyntäminen on tehty MARA-ilmoituksella.

Mikäli tuhka tai hyödyntämiskohde ei ole MARA-asetuksen mukainen, tulee uudelle hyödyntämiskohdelle hakea ympäristölupa. Mikäli uudelleen käytettävä tuhka ei ominaisuuksiensa puolesta sovellu hyödynnettäväksi vastaavassa rakenteessa, josta se on kaivettu, se saattaa olla mahdollista hyödyntää muissa täytöissä tai valleissa.

8.5 Käytöstä poistaminen

Mikäli tuhkaan on sekoittunut muuta maa-ainesta tai muita jätteitä tai se muutoin päätetään poistaa käytöstä kokonaan eikä sitä hyödynnetä muualla, sitä koskevat jätelain mukaiset määräykset. Mikäli tuhkaa ei voida enää uudelleen hyödyntää, se tulee toimittaa asianmukaiseen loppusijoitukseen. Loppusijoitus kaatopaikalle edellyttää yleensä sen kaatopaikkakelpoisuuden määrittämistä. Kaatopaikkakelpoisuus määrittelee myös sen, minkä tyyppiselle kaatopaikalle käytöstä poistettu tuhka voidaan sijoittaa.

KIRJALLISUUS

Ecolan Oy (versio 2021). fill-R. Suunnittelu- ja mitoitusohje tie-, katu- ja maarakenteissa. 17 s. Saatavilla https://www.ecolan.fi/userfiles/image/articles/fill-R_ohje.pdf

Forsman J., Jyrävä H., Lahtinen P., Niemelin T. & Hyvönen I. 2014. Massastabilointikäsikirja. 63 s.

Helsingin kaupunki 2018. Helsingin kaupungin suunnittelu-/toteutuskohteissa noudatettavat maan- ja vedenalaisten rakenteiden toteumatietojen mittaukset ja niiden luovutukset.

Järkkä, H., Dettenborn, T., Kivimäki, J., Forsman, J., Leskinen, P. & Sipponen-Weber, R. 2019. Uusiomaarakentamisen rakennuttamisprosessin kehittäminen kaupunkirakentamiseen. UUMA 3 esiselvitys. 14 s.

Kaituri, A., Regårdh, E., Elo, M., Turkki, E., Aaltonen, J. & Birling, T. 2018. Kierrätysmaiden käyttö kasvualustoissa Helsingin kaupungin puisto- ja katuhankkeissa, Ohjeita suunnittelijoille. Helsingin kaupungin raportti 7.5.2018. 25 s.

Kajander, S. & Parri, A. 2014. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) Ampumaratojen ympäristövaikutusten hallinta. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 4/2014. 300 s.

Kiviniemi O., Sikiö J., Jyrävä H., Ollila S., Autiola M., Ronkainen M., Lindroos N., Lahtinen P. & Forsman J. 2012. Tuhkarakentamisen käsikirja, Energiantuotannon tuhkat väylä-, kenttä- ja maarakenteissa. 88 s.

Liikennevirasto 2018a. Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018. Liikenneviraston ohjeita 38/2018. 138 s.

Liikennevirasto 2018b. Syvästabiloinnin suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 17/2018. 167 s.

Liikennevirasto 2018c. Penkereiden stabiliteetin laskentaohje. Liikenneviraston ohjeita 14/2018. 55 s.

Liikennevirasto 2017, Eurokoodin soveltamisohje – Geotekninen suunnittelu – NCCI 7. 165 s.

Liikennevirasto 2014. Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä. Liikenneviraston ohjeita 18/2014. 124 s.

Liikennevirasto 2013, Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 5/2013 118 s.

Liikennevirasto 2012, Tien geotekninen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 10/2021. 82 s.

Mäkelä, H., Höynälä, H., Halkola, H. & Kettunen, A. 2000a. Massastabiloitujen ylijäämäsavien käyttö maarakentamisessa, suunnittelu, työselitykset ja laatuvaatimukset. Geoteknisen osaston julkaisu 82/2000. 107 s.

Mäkinen, A., Koivulahti, M., Lahtinen, P., Forsman, J., Suikkanen, T. & Jyrävä, H. 2017. Uusiomateriaalit liikuntapaikkarakentamisessa. Opetus- ja kulttuuriministeriö. Ohje on päivitetty 10.9.2018. 61 s.

Napari, M. 2016. Pääkaupunkiseudun energiantuotannon tuhkien korroosivaikutus. Diplomityö. Aalto yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. 2018.

Rakennustietosäätiö, RTS. InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.

Rakennustieto, 2006. InfraRYL 2006. Osa 1 toiminnalliset vaatimukset.

Rakennustietosäätiö 2018. Infra-ohje Tuhkien käyttö maarakentamisessa, Metsä- ja energiateollisuuden tuhkamateriaalit. Infra 062-710191. 21 s.

Rakennustietosäätiö 2014. Maavalli- ja rinnekatsomot. Infra 66-710136. 8 s.

SFS-EN 13242. 2018. Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset. Suomen standardisoimisliitto.

Sottinen, N.-P. 2020. Uusiomateriaalit kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömailla. AMK-työ, Metropolia Ammattikorkeakoulu. 44 s.

Suomen Ampumaurheiluliitto 2005. Ampumarata-opas. 184 s.

Suomen laki. 2014. Ympäristönsuojelulaki (527/2014).

Suomen laki. 2011. Jätelaki (646/2011).

Suomen laki. 2006. Lannoitevalmistelaki (539/2006).

Suomen kuntatekniikan yhdistys 2020. Katusuunnittelun- ja rakentamisen ohjeet, Katu 2020. Helsinki.

Tiehallinto, 2009. Maakaasuputket ja maantiet TIEH 2100064-09

VNa 843/2017. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>

Väylävirasto 2020a. Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa 1.2.2020. Väyläviraston ohjeita 6/2020. 67 s. (Ohjetta päivitetään ja se julkaistaneen syksyllä 2021 uudella julkaisunumerolla 25/2021).

Väylävirasto 2020b. Ohje riskienhallinnan menetelmistä, Väyläviraston ohjeita 51/2020

Väylävirasto 2020c. Riskienhallinnan tarkistuslistat ja riskimatriisi, saatavilla https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/riskienhallinnan_tarkistuslistat_web.xltm

Väylävirasto, 2020d. Kaukolämpöjohdot ja maantiet

Väylävirasto 2020e. Suunnittelu- ja toteutusprojektien aineiston hallinta Velho-järjestelmässä. Väyläviraston ohjeita 8/2020.

Väylävirasto 2021a. Uusiomateriaalit – Toimintaohje. Väyläviraston ohje x/2021. xx s. Luonnos 05/2020. (Julkaistaneen syksyllä 2021)

Väylävirasto 2021b. Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa. Ohjetta päivitetään ja se julkaistaneen syksyllä 2021 uudella julkaisunumerolla 25/2021.

Väylävirasto, 2021c. Melusteiden suunnitteluohjeen luonnoksen osakopio (tammikuu 2021).

Väylävirasto 2021d. Uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointi. Väyläviraston oppaita x/202x. xx s. (Julkaistaneen syksyllä 2021, aikaisemman julkaisun nimi on ollut Väylärakenteisiin soveltuvia uusiomateriaaleja).

Yli-Jama, L. 2019. Kierrätyskasvualustojen käytön tavoitteet. Helsingin katu- ja puistorakentamisen massainfo 12.11.2019.

Ympäristöministeriö 2019. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Soveltamisohje. Versio 2.7.2019. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B39D6ABBA-49BE-4620-ACB1-B8A03700AB96%7D/143106>

Ympäristöministeriö. 2014. Jätelain soveltaminen. Siirtoasiakirjavelvollisuus. Muistio 11.6.2014. Saatavilla <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B3D1D2E64-CFB4-495B-B5D2-4187EB8F0C63%7D/105968> 4 s.

LIITTEET

Kohde: Valtatien 6 parantaminen nelikaistaisena tienä välillä Lappeenranta-Imatra **KORTTI (no 1)liite 1**

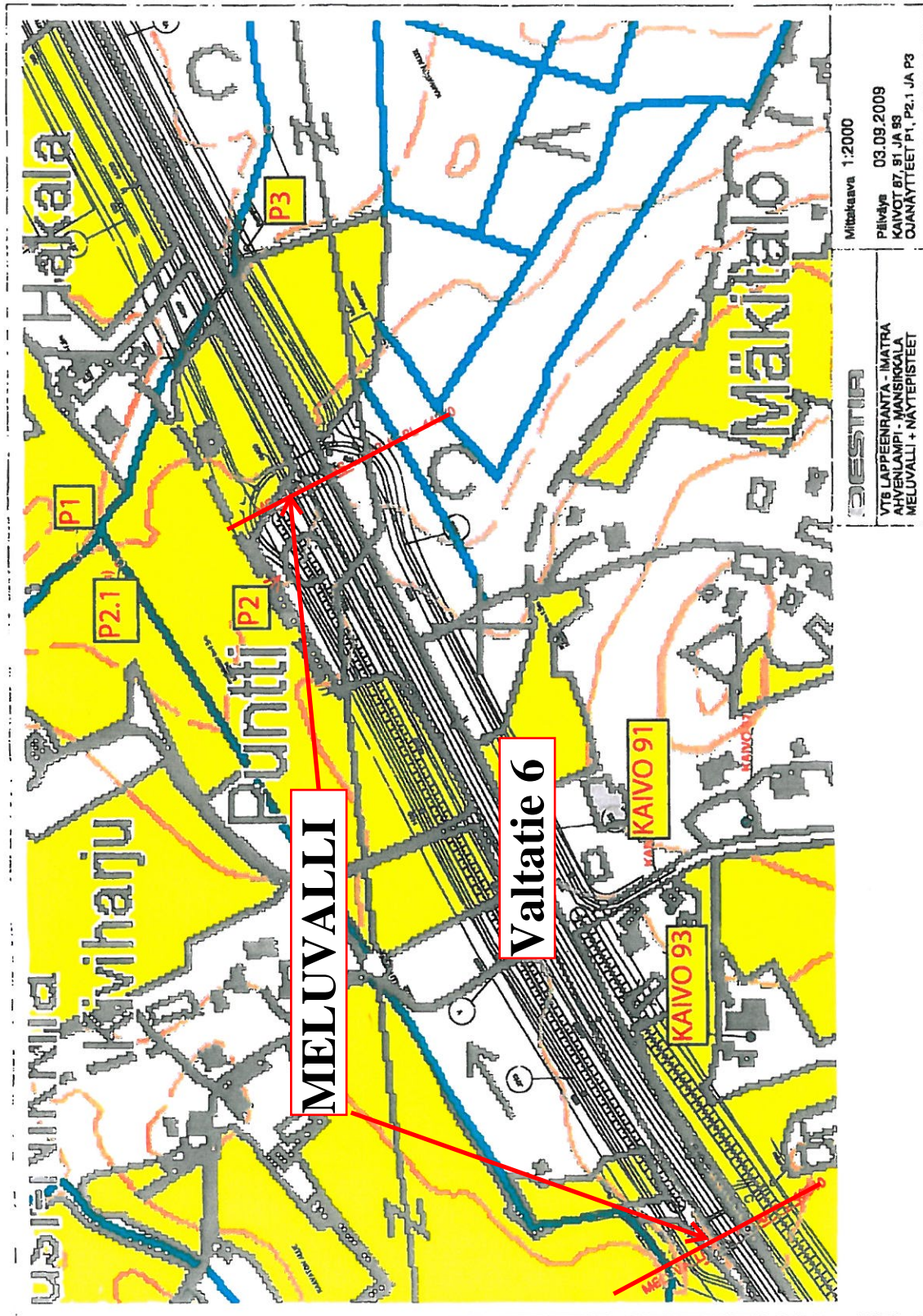
Avainsanat: Meluvalli, lentotuhka, pohjatuhka, seurantatutkimukset

Kohteen sijainti ja kuvaus	Valtatien 6 parantaminen nelikaistaisena tienä välillä LPR-Imatra: Meluvallin Me 222 rakentaminen lentotuhkasta.
Toteutusajankohta	2010
Uusiomateriaalien hyödyntäminen	Meluvalli.
Kohteen erityispiirteitä	Meluvallirakentamisen kehittäminen.
Kohteen laajuus	Pituus 260 metriä, korkeus kaksi metriä tien tasausviivan yläpuolelle, lentotuhkan määrä 6.075 tonnia.
Lupatarve	Ympäristölupa: Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 15.12.2009.
Hyödynnetty uusiomateriaali	Stora Enso Imatra: kaatopaikkavarastoitu lentotuhka.
Rakentamiseen liittyvät tutkimukset	
Ennakkoon	Maaperätutkimukset, pintavesi- ja pohjavesiselvitykset, lentotuhkan haitta-aineiden kokonaispitoisuus ja liukoisuus. Meluvallin rakentamiseen liittyen tehtiin tyyppipiirustus ja työohje.
Rakentamisvaiheessa	Rakentamisen valvonta. Lentotuhkan haitta-aineiden tutkimukset. Rakentamiseen käytetyn lentotuhkan ja muiden materiaalien määrät.
Rakentamisen jälkeen	Tutkimusraportin tekeminen. Ympäristöluvan mukainen näytteenotto ja raportointi.
Jatkotutkimustarpeet	Ei ole tarvetta.
Ympäristöseurantavelvoite- ja näytteenotto	Ennakkonäytteet: kaksi kaivoa, ojanäytteet 1-3. Näytteet rakentamisen jälkeen: kuten edellä. Ympäristölupa: näytteet vuosittain 2010-2015. Ympäristöseuranta päättyi 10.7.2015 (KASELY:n ympäristöyksikön päätös).
Rakentamisen vaikutukset	Tehtaan tuhkut hyötykäyttöön. Rakentamiskustannuksissa selvä säästö. Luonnonmateriaalien säästö. Meluntorjunta.
Havaintoja ja kokemuksia rakentamisesta	Rakentaminen onnistui hyvin. Rakentaminen normaalia, helppoa, ei vaadi ylimääräistä kalustoa. Ei ole havaittu jälkipainumia tai muita ongelmia.
Organisaatio	Tilaaaja ja rakennuttaja: Liikennevirasto, Kaakkois-Suomen tiepiiri (KASELY). Ympäristöasiantuntija, ympäristölupa: GeoPex Oy, Pekka Vallius. Urakoitsija: Destia Oy.
Liitetiedot	1. Meluvallin sijaintikartta ja tarkkailupisteet 2. Meluvallin rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus 4. Rakentamiseen liittyviä kuvia 5. Tarkkailupisteiden vesianalyysien tulokset: ennen rakentamista ja rakentamisen jälkeen 6. Lentotuhkan analyysitulokset: ennen rakentamista 7. Rakentamiseen käytetyn lentotuhkan kokoomanäytteiden analyysitulokset
Kohteen raportointi	Tutkimusraportit 2011, 2012, 2013, 2014 ja 2015.
Kohdekortin laatija, organisaatio, pvm.	Pekka Vallius, GeoPex Oy, 15.3.2021.

LIITE 1 on esitetty tässä.

Muut liitteet ovat kohdekorteissa UUMA-sivuilla (www.uusiomaarakentaminen.fi/käsikirjasto)

LIITE 1. Meluvallin sijaintikartta ja tarkkailupisteet



Avainsanat: Meluvalli, lentotuhka, pohjatuhka, seurantatutkimukset

Kohteen sijainti ja kuvaus	Stora Enso Anjalankosken tehtaat: Meluvallin koerakentamiskohde 2012. Stora Enso Anjalankosken tehtaat: Meluvallin koerakentamiskohde 2017.
Toteutusajankohta	2012 ja 2017.
Uusiomateriaalien hyödyntäminen	Meluvalli.
Kohteen erityispiirteitä	Meluvallit tehdasalueelle.
Kohteen laajuus	2012: pituus 116 metriä, korkeus 5 metriä, lentotuhkaa 7.388 tonnia. 2017: pituus 100 metriä, korkeus 5 metriä, lentotuhkaa 3.968 ja pohjatuhkaa 2.476 tonnia.
Lupatarve	2012: koetoimintailmoitus Kouvolan kaupunki 6.9.2012. 2017: ympäristölupa Kouvolan kaupunki 18.5.2017.
Hyödynnetty uusiomateriaali	2012: Stora Enso Anjalankoski: kaatopaikkavarastoitu lentotuhka. 2017: Stora Enso Anjalankoski: kaatopaikkavarastoitu lentotuhka ja pohjatuhka.
Rakentamiseen liittyvät tutkimukset	
Ennakkoon	Maaperätutkimukset, pintavesi- ja pohjavesiselvitykset, lentotuhkien haitta-aineiden kokonaispitoisuus ja liukoisuus. Rakennussuunnitelman teko.
Rakentamisvaiheessa	Rakentamisen valvonta. Tuhkien haitta-aineiden tutkimukset. Tuhkien ja käytettyjen materiaalien määrät.
Rakentamisen jälkeen	Tutkimusraportin tekeminen. Ympäristöluvan mukainen näytteenotto ja raportointi.
Jatkotutkimustarpeet	Selviää ympäristölupaan liittyvän yhteenvetoraportin jälkeen; täytykö seuranta vielä jatkaa vuoden 2022 jälkeen.
Ympäristöseurantavelvoite- ja näytteenotto	Ennakkonäytteet: pohjavesiputki, ojanäytteet 1-4. Näytteet rakentamisen jälkeen: kuten edellä ja purkuputkista 1 ja 2. Ympäristölupa: näytteet vuosittain rakentamisen jälkeen vuoteen 2018, tämän jälkeen vuosina 2020 ja 2022. Yhteenvetoraportti 2/2023 mennessä KLA kaupunki ja KASELY. Analyysitulokset edellisille vuosittain.
Rakentamisen vaikutukset	Tehtaan tuhkat hyötykäyttöön, kustannussäästöt (läjitys kaatopaikalle 70 €/t), meluntorjunta.
Havaintoja ja kokemuksia rakentamisesta	Kohteista on tehty rakentamisen laatukansiot: onnistui hyvin, materiaalien käsittely kuten luonnonmateriaalit, ei ympäristöhaittoja.
Organisaatio	Tilaaaja ja rakennuttaja: Stora Enso Publication Papers Oy Ltd, Anjala Mill, Heini Kukkonen. Ympäristöasiantuntija, rakennussuunnitelma, ympäristölupa, valvoja: GeoPex Oy, Pekka Vallius. Urakoitsija: Fortum Waste Solutions Oy.
Liitetiedot	1. Meluvallin sijaintikartta 2. Seurantasuunnitelman tarkkailupisteet 3. Meluvallin rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus 4. Rakentamiseen liittyviä kuvia 5. Tarkkailupisteiden vesianalyysien tulokset: ennen rakentamista ja rakentamisen jälkeen 6. Rakentamiseen käytetyn lentotuhkan ja pohjatuhkan analyysitulokset (näytteet ennen rakentamista) 7. Rakentamiseen käytetyn lentotuhkan ja pohjatuhkan kokoomanäytteiden analyysitulokset

Kohteen raportointi	Tutkimusraportit 2013 ja 2018. Ympäristöseurantareportit. Laatukansiot 2012 ja 2017.
Kohdekortin laatija, organisaatio, pvm.	Pekka Vallius, GeoPex Oy, 15.3.2021.

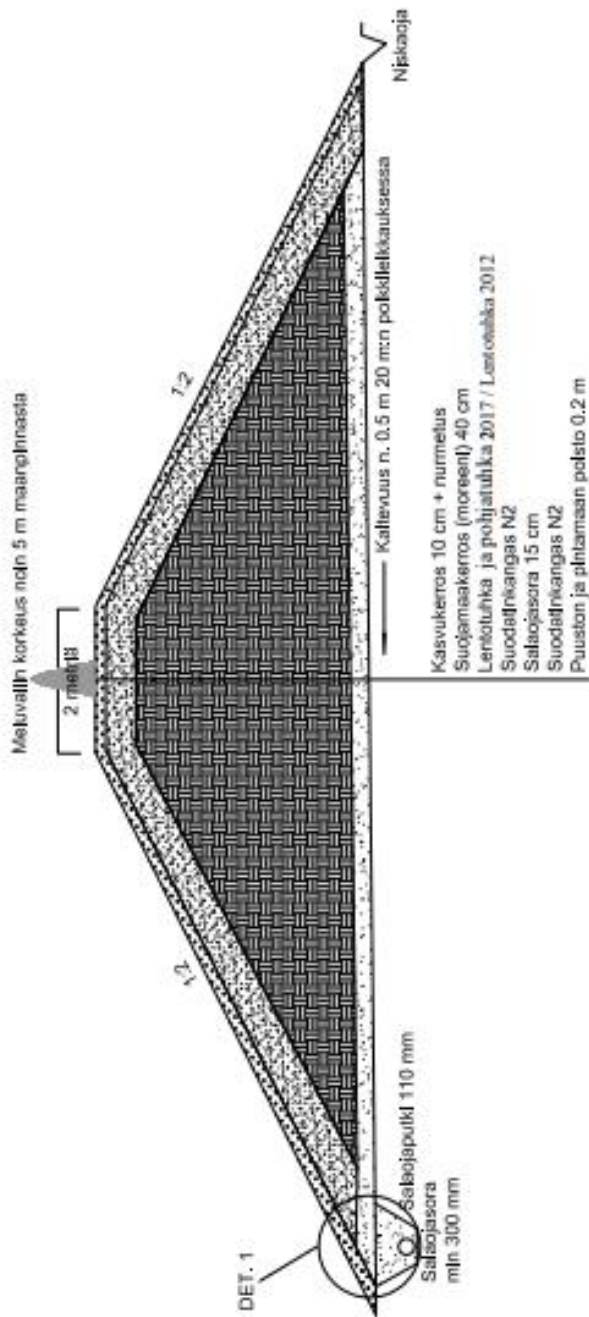
LIITTEET 1 ja 3 on esitetty tässä.

Muut liitteet ovat kohdekorteissa UUMA-sivuilla (www.uusiomaarakentaminen.fi/käsikirjasto)



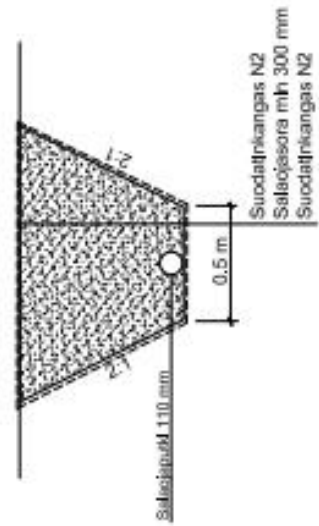
MERKKI	MUUTOS	PVM.	SUUN.	TARK.
Hankkeen nimi Stora Enso Anjalankosken tehtaat				
Päätöksen sisältö Meluvalli, yleiskartta LIITE 1.				
DESTIA Simo Tarkkanen		GEOPEX Pekka Vallius		
Pvm. 31.8.2012	Pvm. 13.12.2016	Pvm.		
Mittakaava 1:5000			Päivä 1	

Liite 3. Meluvallin tyyppipoikkileikkaus.



DET. 1

Salaojaputkikanaalin leikkaus 1:20



Stora Enso Anjalankosken tehtaasta			
Meluvalli II, tyyppipoikkileikkaus			
GEOPLEX			
POKON			
13.12.2016			
			11

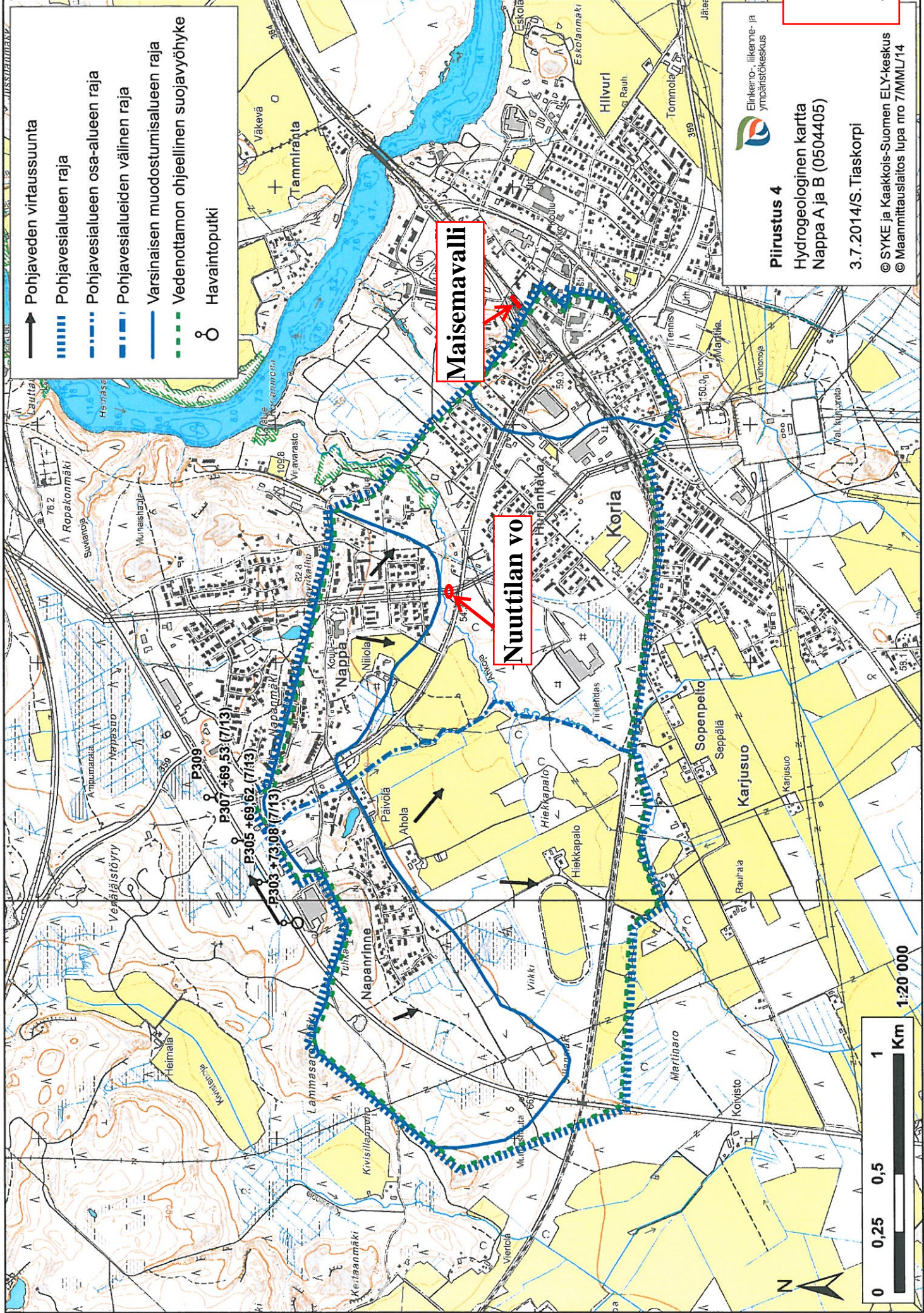
Avainsanat: Maisemavalli. lentotuhkat, seurantatutkimukset

Kohteen sijainti ja kuvaus	Kouvola, Korja: Maisemavallin rakentaminen (Space Supply Oy)
Toteutusajankohta	2016-18
Uusiomateriaalien hyödyntäminen	Maisemavalli.
Kohteen erityispiirteitä	Teollisuusalue päärautatien vieressä, keskeisellä paikalla. Lähin asuinalue lähellä, noin 40 metrin päässä. Pohjavesialueen raja lähellä, noin 25 metrin päässä. Luonnonsuojelu- ja Natura 2000 -alueet noin 400 metrin päässä.
Kohteen laajuus	Valli 1: pituus 59 metriä, korkeus 5 metriä, lentotuhkien määrä 1.095 m ³ . Valli 2: pituus 64 metriä, korkeus 4,5 metriä, lentotuhkien määrä 2.726 m ³ .
Lupatarve	Ympäristölupa Kouvolan kaupunki 6.4.2016.
Hyödynnetty uusiomateriaali	Helsingin Energia, Stora Enso Anjalankoski, Kymin Voima, Porvoon Energia: kohteen siiloissa ja kasalla varastoidut lentotuhkat.
Rakentamiseen liittyvät tutkimukset	
Ennakkoon	Pintavesi- ja pohjavesiselvitykset, tuhkien haitta-ainesten kokonaispitoisuudet ja liukoisuudet. Maisemavallin rakentamista varten tehtiin tyyppipiirustus.
Rakentamisvaiheessa	-
Rakentamisen jälkeen	Loppuraportin tekeminen. Ympäristöluvan mukainen näytteenotto ja raportointi.
Jatkotutkimustarpeet	Selviää ympäristölupaan liittyvän yhteenvetoraportin jälkeen; täytyykö seuranta jatkaa vuoden 2021 jälkeen.
Ympäristöseurantavelvoite- ja näytteenotto	Ennakkonäytteet: kaivo, ojanäytteet 1-2. Näytteet rakentamisen jälkeen: kuten edellä ja purkuputki 1. Ympäristölupa: näytteet vuosittain rakentamisen jälkeen vuoteen 2021. Yhteenvetoraportti Kouvolan kaupungille, jonka jälkeen ratkaisu jatketaanko tarkkailua.
Rakentamisen vaikutukset	Vanhoissa siiloissa olleet tuhkat saatiin hyötykäyttöön. Kustannussäästö kohteen yrittäjälle, koska tuhkia ei tarvinnut vielä kaatopaikalle. Alueen maisemointi ja meluntorjunta.
Havaintoja ja kokemuksia rakentamisesta	Siiloissa ollut tuhka oli kuivaa, siirto aiheutti pölyämistä. Alkuperäistä rakennussuunnitelmaa jouduttiin muuttamaan rakentamisen aikana mm. vallien sijainnin ja mittojen osalta.
Organisaatio	Tilaaaja ja rakennuttaja: Space Supply Oy. Ympäristöasiantuntija, ympäristölupa: GeoPex Oy, Pekka Vallius. Urakoitsija: Polargarant Oü.
Liitetiedot	1. Yleiskartta 2. Asemakartta ja seurantasuunnitelman tarkkailupisteet 3. Tyyppipoikkileikkaus 4. Tarkkailupisteiden vesianalyyysien tulokset: ennen rakentamista ja rakentamisen jälkeen 5. Rakentamiseen käytettyjen lentotuhkien analyysitulosten yhteenveto

	6. Rakentamiseen käytettyjen lentotuhkien analyysitulokset: 6.1: Siilot 1-2; 6.2: Siilot 3-4; 6.3: Siilo 13B
Kohteen raportointi	Loppuraportti 29.6.2018.
Kohdekortin laatija, organisaatio, pvm.	Pekka Vallius, GeoPex Oy, 17.3.2021.

LIITE 1 on esitetty tässä.

Muut liitteet ovat kohdekorteissa UUMA-sivuilla (www.uusiomaarakentaminen.fi/käsikirjasto)



Piirustus 4
 Hydrogeologinen kartta
 Nappa A ja B (05044405)

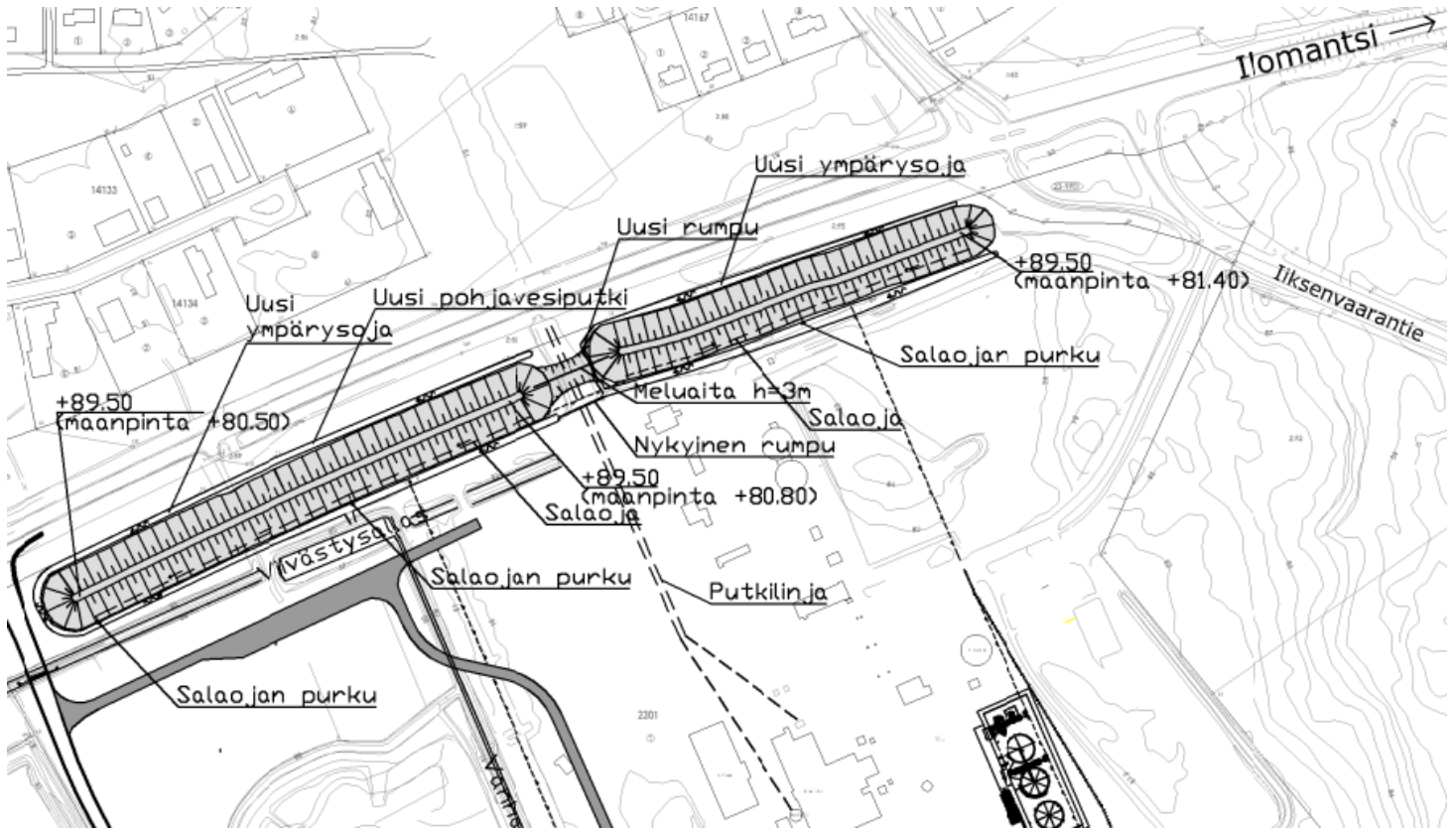
3.7.2014/S. Tiaskorpi

© SYKE ja Kaakkois-Suomen ELY-keskus
 © Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/14

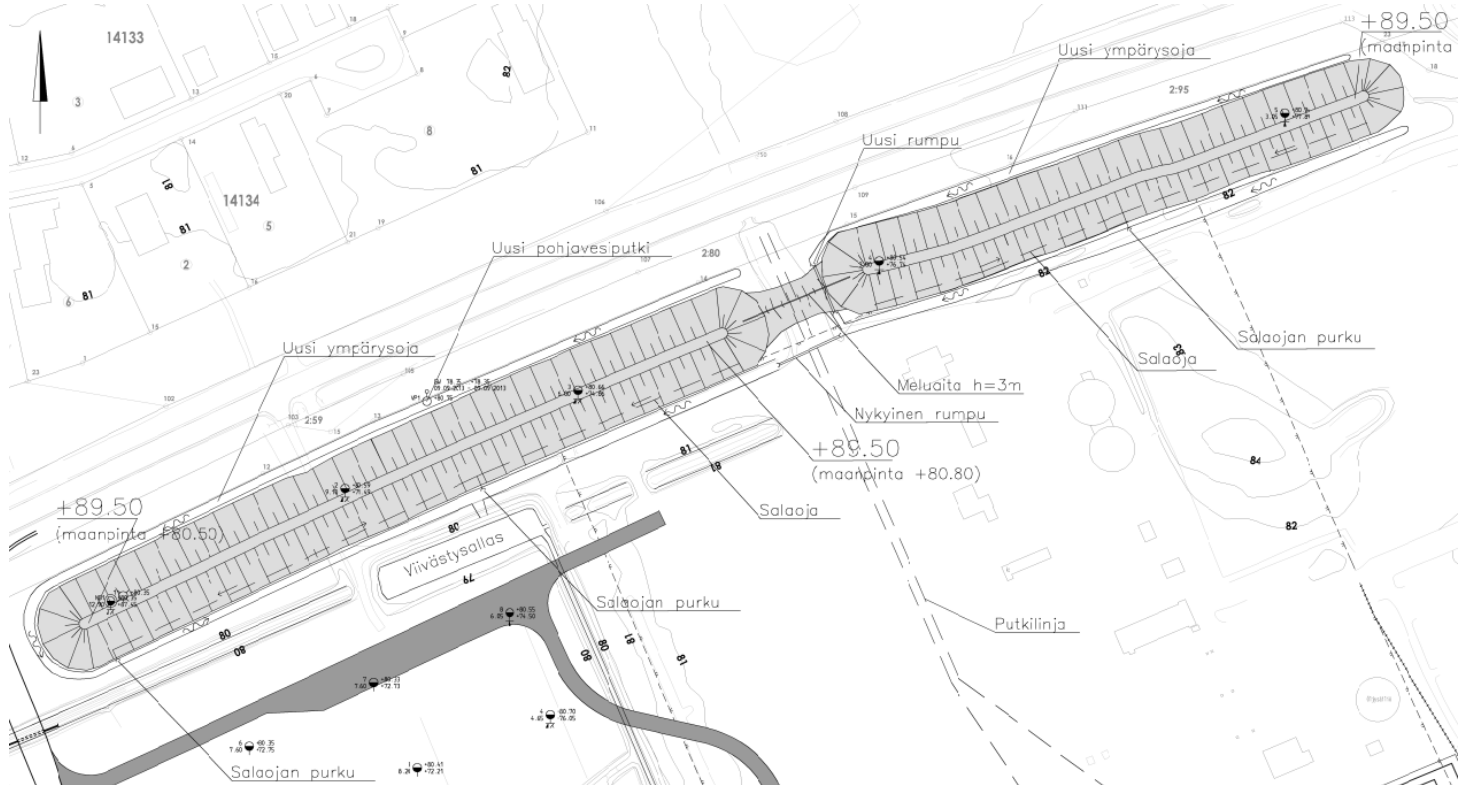
Avainsanat: Meluvalli, lentotuhka

Kohteen sijainti ja kuvaus	Savon Voima Joensuun voimalaitos Meluvallin rakentamiskohde 2015-2016
Toteutusajankohta	Suunnittelu 9/2012-9/2013 Rakentaminen 2015-2016
Uusiomateriaalien hyödyntäminen	Meluvalli
Kohteen erityispiirteitä	Meluvallit voimalaitosalueelle.
Kohteen laajuus	Pituus n. 680 metriä, korkeus 9 metriä Materiaaleina lentotuhka ja pohjahiekka yht. 130 000 m ³ (240 000 t)
Lupatarve	Ympäristölupa 17.10.2014 Itä-Suomen aluehallintovirasto
Ympäristökelpoisuus (käytetyn materiaalin esim. MARA- tai kaatopaikkakelpoisuuden raja-arvot ylittävät haitta-aineet)	Cl-, SO ₄ ²⁻ , Mo, Se
Hyödynnetty uusiomateriaali	Turpeen ja puun leijukerros poltosta syntynyt kaatopaikkavarastoitu lentotuhka ja pohjatuhka
Rakentamiseen liittyvät tutkimukset (<i>laboratorio, laadunvalvonta, yms.</i>)	
- ennakkoon	Maaperätutkimukset, pintavesi- ja pohjavesiselvitykset, tuhkan haitta-aineiden kokonaispitoisuus ja liukoisuus.
- rakentamisvaiheessa	Rakentamisen valvonta, pinta- ja pohjavesiseuranta tarkkailuohjelman mukaisesti
- rakentamisen jälkeen	Ympäristöluvan mukainen näytteenotto ja raportointi.
- ympäristöseurantavelvoite- ja näytteenotto	Vaikutusten tarkkailua on jatkettava vallin valmistuttua riittävän pitkään sen varmistamiseksi, että alueesta aiheutu ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa ja ettei alueen ympäristökuormitusta ole enää tarpeen tarkkailla.
Rakentamisen vaikutukset	Luonnonvarojen säästö, kaatopaikkasijoittamisen välttäminen
Havainnot ja kokemuksia rakentamisesta	
Organisaatio	Tilaaaja ja rakennuttaja: Fortum Power and Heat Oy Suunnittelija: Ramboll Finland Oy, Ari Könönen Valvoja: Ins.toimisto M-Plan Oy, Miika Harinen Urakoitsija: Kreate Oy, M. Piironen, J. Karjalainen
Liitetiedot	1. Yleiskartta Suunnitelmakartta, Ilomantsintien valli 2. Pituusleikkaus, Ilomantsintien valli Tyyppipoikkileikkaus
Kohdekortin laatija, organisaatio, pvm.	Iikka Hyvönen, Ramboll Finland Oy, 15.3.2021

Yleiskartta:



Suunnitelmapakartta:



Suositus käyttöluokitusominaisuuksien testaukseen lentotuhkalle (RTS 2018).
Punaisella korostetut ominaisuudet ovat oleellisia tavanomaisille vallirakenteilla.

LIITE 5

Ominaisuus	Määrittelymenetelmä	Testaustiheys M = Materiaalitoimittaja T = Työmaa	Ominaisuuden arvo		
			LT I ^(*)	LT II ^(*)	LT IV ^(*)
Materiaalitoimittajan ilmoittamat yleiset ominaisuudet					
Lämmönjohtavuus		1 krt / v tai 20 000 tonnin välein (M)	ilmoitettava	ilmoitettava	-
Raekokojakautuma	SFS-EN ISO 17892-4	2 krt / v tai 5 000 tonnin välein (M)	ilmoitettava	ilmoitettava	ilmoitettava
w_{opt} ⁽²⁾	Parannettu Pr-sullonta ⁽¹⁾ SFS-EN 13286-2	2 krt / v tai 5 000 tonnin välein (M)	20 – 50 %	20 – 50 %	20 – 50 %
Kiintotiheys	SFS-EN 1097-3	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	ilmoitettava	ilmoitettava	ilmoitettava
Maksimi kuivairtitiheys	SFS-EN 13286-2	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	1300 – 1500 kg/m ³	1300 – 1500 kg/m ³	1300 – 1500 kg/m ³
Tiiviysastetavoite ⁽²⁾		Tuhkalaaduittain (M)	ilmoitettava	ilmoitettava	
Vedenläpäisevyys	pehmeäseinämäinen koejärjestely CEN ISO/TS 17892-11	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	$\geq 1 \times 10^{-8}$ m/s	$\geq 1 \times 10^{-8}$ m/s	-
Lentotuhkien luokitteluominaisuudet					
Puristuslujuus 1-aksiaalinen (28 vrk)	mukaillen standardia SFS-EN ISO 17892-7	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	3 - 8 MPa ⁽³⁾	1 - 8 MPa ⁽³⁾	-
Jäädytys-sulatuskestävyys	min. 12 sykliä ⁽⁴⁾	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	lujuuden muutos alle 15 %	lujuuden muutos alle 30 %	-
Routivuus	vakiolämpötilakoe	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	routimaton	routimaton	routimaton/routiva
Rakentamisen aikainen laadunvalvonta					
Vesipitoisuus	SFS-EN ISO 17892-1	testaustiheys suunnitelman mukaan kohteittain, alussa tiheämmin, myöhemmin vähintään 1 000 tonnin välein (T)	oltava materiaalitoimittajan ilmoittamalla ja suunnitelman mukaisella vaihteluvälillä tiivistettäessä	oltava materiaalitoimittajan ilmoittamalla ja suunnitelman mukaisella vaihteluvälillä tiivistettäessä	oltava materiaalitoimittajan ilmoittamalla ja suunnitelman mukaisella vaihteluvälillä tiivistettäessä
Tiivistystulos ⁽²⁾	InfraRYL, Päälyys- ja pintarakenteet 2017, Liite 2 (volymetri tai pudotuspaino tai levykuormituskoee soveltuvat)	tutkitaan 100 m välein kullakin ajoradalla ja kenttärakenteissa 500 m ² välein (T)	vaatimukset ennakkotestauksen perusteella (valmistajan ilmoitettava)	Vaatimukset ennakkotestauksen perusteella (valmistajan ilmoitettava)	määritellään hankkeen suunnitelmassa
Kantavuusmittaus	InfraRYL, Päälyys- ja pintarakenteet 2017 (pudotuspaino tai levykuormituskoee soveltuvat)	InfraRYL mukaisesti (T)	InfraRYL:n ja suunnitelman mukaiset kantavuusvaatimukset lujittumisaika huomioiden	InfraRYL:n ja suunnitelman mukaiset kantavuusvaatimukset lujittumisaika huomioiden	määritellään hankkeen suunnitelmassa
Lujuusominaisuudet	1-aksiaalinen puristuslujuus, testisarja ⁽⁵⁾ mukaillen standardia SFS-EN ISO 17892-7	1 testisarja / alkava 2 000 tonnia (T)	3 - 8 MPa	1 - 8 MPa	
Rakenneosakohtaisia ominaisuuksia					
Vedenimeytymiskorkeus	SFS-EN 1097-10	tarvittaessa (M)	-	-	-
Koheesio ja kitkakulma	SFS-EN 17892-9	tarvittaessa (M)	-	-	-
Dynaamisen kuormituksen kestävyys ⁽⁶⁾	SFS-EN 13286-7 ⁽⁷⁾	tarvittaessa (M)	-	-	-
Kutistumishalkeilu	ASTM D 493-02 ⁽⁷⁾	tarvittaessa (M)	-	-	-
Vetolujuus	SFS-EN 13286-42	tarvittaessa (M)	-	-	-

(*) Käyttöluokittelun periaate esitetty kappaleessa 4.3 ja käyttöluokittelu kohdassa "Lentotuhkien luokitteluominaisuudet".

¹⁾ kiertotiivistinlaitteiston käyttö sallittu, kun parannetun proctor-kokeen vastaavuus tunnetaan.

²⁾ Ennakkokokeiden perusteella määritetään lentotuhkan tavoiteltava vesipitoisuus ja sallittu vaihteluväli sekä tavoitekuivairtitiheys. Työn käynnistysvaiheessa tehdään koetiivistys jonka perusteella määritetään tiivistystapa, jonka avulla määritetty tavoitekuivairtitiheys saavutetaan.

³⁾ Mikäli lentotuhkan puristuslujuus on suurempi kuin 8 MPa on soveltuvuus rakenteeseen tarkistettava erikseen.

⁴⁾ VTT: "Tien rakennekerroksissa käytettävän hydraulisesti sidotun materiaalin pakkas-sulamiskestävyyskokeen suoritus, ehdotus".

⁵⁾ Testisarja koostuu 6 testikappaleesta, joista määritetään 28 vrk ja 90 vrk puristuslujuudet. 90 vrk lujuudella varmistetaan pitkäaikainen lujittuminen ja sitä voidaan käyttää vertailuarvona, mikäli 28 vrk lujuudet ovat alhaisia.

⁶⁾ Jos tuhkia käytetään liikennekuormitetuissa tien päällysrakenteissa, niiden pitkäaikaiskestävyys testataan sillä rasitusmäärän ja -tason yhdistelmällä, joka maarakenteeseen voi kohdistua käyttöaikanaan.

⁷⁾ Voi soveltua, mutta ei ole riittävää kokemusta soveltuvuudesta lentotuhkan testausmenetelmäksi.

Suositus käyttöluokitusominaisuuksien testaukseen pohjatuhkalle (RTS 2018).
Punaisella korostetut ominaisuudet ovat oleellisia tavanomaisille vallirakenteilla.

LIITE 5

Ominaisuus	Määrittelymenetelmä	Testaustiheys M = Materiaalitoimittaja T = Työmaa	Ominaisuuden arvo	
			PT I ^(*)	PT II ^(*)
Materiaalitoimittajan ilmoittamat yleiset ominaisuudet				
Lämmönjohtavuus		1 krt / v tai 20 000 tonnin välein (M)	ilmoitettava	ilmoitettava
Raekokojakautuma ** 90 % tuhkasta rakeisuusalueella	SFS-EN ISO 17892-4	2 krt / v tai 5 000 tonnin välein (M)	ilmoitettava 0,063 – 16 mm ^(**)	ilmoitettava 0,002 – 16 mm ^(**)
W_{opt} ⁽²⁾	Parannettu Pr-sullonta ⁽¹⁾ SFS-EN 13286-2	2 krt / v tai 5 000 tonnin välein (M)	ilmoitettava	ilmoitettava
Kiintotiheys	SFS-EN 1097-3	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	ilmoitettava	ilmoitettava
Maksimi kuivairtitiheys	SFS-EN 13286-2	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	1200 – 1800 kg/m ³	1200 – 1800 kg/m ³
Tiivysastetavoite ⁽²⁾		Tuhkalaaduittain (M)	ilmoitettava	ilmoitettava
Pohjatuhkien luokitteluominaisuudet				
Raekokojakautuma	SFS-EN ISO 17892-4	2 krt / v tai 5 000 tonnin välein (M)	InfraRYL:n suod. Hk	ilmoitettava ^(**)
Routivuus		1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	routimaton	routimaton/routiva
Vedenläpäisevyys	pehmeäseinämäinen koejärjestely CEN ISO/TS 17892-11	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	≥ 1 x 10 ⁻⁶ m/s	-
Rakentamisen aikainen laadunvalvonta				
Vesipitoisuus	SFS-EN ISO 17892-1	kohteittain (T)	oltava valmistajan ilmoittamalla vaihteluvälillä	oltava valmistajan ilmoittamalla vaihteluvälillä
Tiivistystulos ⁽³⁾	InfraRYL, Päällys- ja pintarakenteet 2017, Liite 2 (pudotuspaino tai levykuormituskoe soveltuvat)	tutkitaan 100 m välein kullakin ajoradalla ja kenttärakenteissa 500 m ² välein (T)	vaatimukset ennakkotestauksen perusteella (valmistajan ilmoitettava)	InfraRYL:n ja suunnitelman mukaiset kantavuus- ja tiivysvaatimukset
Kantavuusmittaus	InfraRYL, Päällys- ja pintarakenteet 2017 (pudotuspaino tai levykuormituskoe soveltuvat)	InfraRYL mukaisesti (T)	InfraRYL:n ja suunnitelman mukaiset kantavuusvaatimukset	InfraRYL:n ja suunnitelman mukaiset kantavuusvaatimukset
Rakennesakohtaisia ominaisuuksia				
Vedenimeytymiskorkeus	SFS-EN 1097-10	tarvittaessa (M)	-	-
Koheesio ja kitkakulma	SFS-EN 17892-9 (3-aksiaalinen koe), SFS-EN ISO 17892-9 (rasialeikkauksoe)	tarvittaessa (M)	-	-
Dynaamisen kuormituksen kestävyys ⁽⁴⁾	SFS-EN 13286-7	tarvittaessa (M)	-	-

^{*)} Luokittelun periaate on esitetty kappaleessa 4.3 ja luokittelu kohdassa. "Pohjatuhkien luokitteluominaisuudet"

^{**)} Pohjatuhkan rakeisuujakauma sijoittuu 90 %:sti esitetylle alueelle, poikkeama tästä on ilmoitettava.

¹⁾ Kiertotiivistyslaitteen käyttö sallittu, kun Proctor-kokeen vastaavuus tiedossa.

²⁾ Ennakkokokeiden perusteella määritetään pohjatuhkan tavoiteltava vesipitoisuus ja sallittu vaihteluväli sekä tavoitekuivairtitiheys.

³⁾ Työn käynnistysvaiheessa tehdään koetiivistys, jonka perusteella määritetään tiivistystapa, jonka avulla määritetty tavoitekuivairtitiheys saavutetaan.

⁴⁾ Jos tuhkia käytetään liikennekuormitettuihin päällysrakenteisiin, niiden pitkäaikaiskestävyys on suositeltavaa testata sillä rasisusmäärän ja -tason yhdistelmällä, joka maarakenteeseen voi kohdistua käyttöaikanaan.

Suositus käyttöluokitusominaisuuksien testaukseen leijupetihiekalle (RTS 2018).
Punaisella korostetut ominaisuudet ovat oleellisia tavanomaisille vallirakenteilla.

LIITE 5

Ominaisuus	Määrittelymenetelmä	Testaustiheys M=Materiaalitoimittaja T = Työmaa	Ominaisuuden arvo	
			LpHk I ^(*)	LpHk II ^(*)
Materiaalitoimittajan ilmoittamat yleiset ominaisuudet				
Lämmönjohtavuus		1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	ilmoitettava	ilmoitettava
Raekokojakautuma ** 90 % hiekasta rakeisuusalueella	SFS-EN ISO 17892-4	2 krt / v tai 5 000 tonnin välein (M)	0,063 – 16 mm **	0,002 – 16 mm **
W_{opt} ⁽²⁾	Parannettu Pr-sullonta ⁽¹⁾ SFS-EN 13286-2	2 krt / v tai 5 000 tonnin välein (M)	ilmoitettava	ilmoitettava
Kiintotiheys	SFS-EN 1097-3	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	ilmoitettava	ilmoitettava
Maksimi kuivairtitiheys	SFS-EN 13286-2	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	1500 – 1800 kg/m ³	1500 – 1800 kg/m ³
Tiivysastetavoite ⁽²⁾		Tuhkalaaduittain (M)	ilmoitettava	ilmoitettava
Leijupetihiekköjen luokitteluominaisuudet				
Raekokojakautuma	SFS-EN ISO 17892-4	2 krt / v tai 5 000 tonnin välein (M)	InfraRYL:n suod. Hk	ilmoitettava
Routivuus		1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	routimaton	routimaton/routiva
Vedenläpäisevyys	pehmeäseinämäinen koejärjestely CEN ISO/TS 17892-11	1 krt / v tai 10 000 tonnin välein (M)	≥ 1 x 10 ⁻⁶ m/s	-
Rakentamisen aikainen laadunvalvonta				
Vesipitoisuus	SFS-EN ISO 17892-1	kohteittain (T)	oltava valmistajan ilmoittamalla vaihteluvälillä	oltava valmistajan ilmoittamalla vaihteluvälillä
Tiivistystulos ⁽³⁾	InfraRYL, Päälyys- ja pintarakenteet 2017, Liite 2 (pudotuspaino tai levykuormituskoe soveltuvat)	tutkitaan 100 m välein kullakin ajoradalla ja kenttärakenteissa 500 m ² välein (T)	vaatimukset ennakkotestauksen perusteella (valmistajan ilmoitettava)	InfraRYL:n ja suunnitelman mukaiset kantavuus- ja tiivysvaatimukset
Kantavuusmittaus	InfraRYL, Päälyys- ja pintarakenteet 2017 (pudotuspaino tai levykuormituskoe soveltuvat)	InfraRYL mukaisesti (T)	InfraRYL:n ja suunnitelman mukaiset kantavuusvaatimukset	InfraRYL:n ja suunnitelman mukaiset kantavuusvaatimukset
Rakennusosakohtaisia ominaisuuksia				
Kapillaarinen nousukorkeus	SFS-EN 1097-10	tarvittaessa (M)	-	-
Koheesio ja kitkakulma	SFS-EN 17892-9 (3-akiaalinen koe) SFS-EN ISO 17892-9 (rasialeikkauksoe)	tarvittaessa (M)	-	-
Dynaamisen kuormituksen kestävyys ⁽⁴⁾	SFS-EN 13286-7	tarvittaessa (M)	-	-

^(*) Luokittelun periaate on esitetty kappaleessa 4.3 ja luokittelu kohdassa "Leijupetihiekköjen luokitteluominaisuudet".

^(**) Leijupetihiekan rakeisuujakauma sijoittuu 90 %:sti esitetylle alueelle, poikkeama tästä on ilmoitettava.

⁽¹⁾ Kiertotiivistyslaitteen käyttö sallittu, kun Proctor-kokeen vastaavuus tiedossa.

⁽²⁾ Ennakkokokeiden perusteella määritetään leijupetihiekan tavoiteltava vesipitoisuus ja sallittu vaihteluväli sekä tavoitekuivairtitiheys.

⁽³⁾ Työn käynnistysvaiheessa tehdään koetiivistys, jonka perusteella määritetään tiivistystapa, jonka avulla määritetty tavoitekuivairtitiheys saavutetaan.

⁽⁴⁾ Jos leijupetihiekkaa käytetään liikennekuormitettuihin päälyysrakenteissa, niiden pitkäaikaiskestävyys on suositeltavaa testata sillä rasiusmäärän ja -tason yhdistelmällä, joka maarakenteeseen voi kohdistua käyttöaikanaan.