



# Rudus Oy

## Lentotuhkaohje

Käyttöohje rakentamiseen ja suunnitteluun  
1/2008

# Sisällys

|   |    |
|---|----|
| <b>1. Johdanto</b> .....                            | 3  |
| <b>2. Lentotuhkat</b> .....                         | 4  |
| 2.1 Lentotuhkan synty.....                          | 4  |
| 2.2 Tekniset ominaisuudet ja laatuvaatimukset.....  | 4  |
| 2.3 Ympäristökelpoisuus ja laatuvaatimukset.....    | 4  |
| 2.4 Toimintaketju.....                              | 5  |
| <b>3. Lentotuhkan käyttö rakentamisessa</b> .....   | 6  |
| <b>4. Rakentaminen lentotuhkalla</b> .....          | 7  |
| 4.1 Lentotuhkan toimitus.....                       | 7  |
| 4.2 Työohjeita.....                                 | 7  |
| 4.3 Erot luonnon maa- ja kiviaineksiin.....         | 8  |
| 4.4 Ilmoitusmenettely.....                          | 8  |
| 4.5 Työsuojelu.....                                 | 9  |
| <b>5. Rakenteen suunnittelu lentotuhkalla</b> ..... | 9  |
| 5.1 Päällysrakenne.....                             | 9  |
| 5.2 Alusrakenne, täyttötöyt ja putkikaivannot.....  | 11 |
| <b>6. Lentotuhkan tilaaminen ja saatavuus</b> ..... | 11 |
| <b>7. Kirjallisuusluettelo</b> .....                | 11 |

# 1. Johdanto

Lentotuhka on energiantuotannon sivutuotteena syntyvä mineraalinen materiaali, jota voidaan käyttää maarakentamisessa.

Lentotuhkaa käyttämällä korvataan luonnon maa- ja kiviaineksia. Ruduksen toimittaman kivihiilivoimalaitoksen lentotuhkan ominaisuudet ja laatu vastaavat Valtioneuvoston asetus eräiden jätteen hyödyntämisestä maarakentamisessa [VNa 591/2006] vaatimuksia.

Lentotuhka soveltuu tämän ohjeen mukaisesti käytettynä samoihin kohteisiin kuin vastaavat toiminnalliset ominaisuudet omaava luonnon maa- ja kiviaines. Pääasialliset käyttökohteet ovat pihojen ja kenttien päällysrakenteen alaosa ja alusrakennekerrokset. Lentotuhkaa voidaan käyttää myös tie- ja katurakenteiden jakavassa kerroksessa ja kevyenliikenteenväylien jakavassa kerroksessa.

Tämä ohje on Ruduksen käyttöohje lentotuhkan hyödyntämisestä maarakentamisessa VNa:n vaatimusten mukaisesti. Muita tuhkaohjeita ovat mm. "Helsingin kaupungin tuhkarakentamisohje" [Helsingin kaupunki 2001], "Tuhkan maarakentamisohje" [Espoon kaupunki, Espoon Sähkö Oy 2000], "Tuhkarakentamisohje tie-, katu- ja kenttärakenteisiin" [Finergy 2000] ja Tuhkaprojektin loppuraportti [Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 1987].

Ruduksen toimittamaa lentotuhkaa käytettäessä on tämä ohje ensisijainen.

Yleisiä maarakentamisen ohjeita ovat mm. "Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset" [InfraRYL 2006] ja "Talonrakennuksen maarakenteet - yleinen rakennusselostus ja laatuvaatimukset" [RIL 132-2000].

# 2. Lentotuhkat

## 2.1 Lentotuhkan synty

Lentotuhka syntyy kivihiilen palamistuotteena ja se erotetaan savukaasuista sähkö- tai letkusuodattimilla. Lentotuhka kerätään suodattimista voimalaitoksen varastosiiloihin, joista se puretaan kuljetusvälineeseen hyötykäyttöä varten. Lentotuhkaa voidaan varastoida myös kasoissa, jolloin sen tekniset ominaisuudet poikkeavat siilovarastoidun tuhkan ominaisuuksista.

## 2.2 Tekniset ominaisuudet ja laatuvaatimukset

Lentotuhkan geotekniset perusominaisuudet on esitetty taulukossa 1. Lentotuhkan laadunvalvonnan vaatimukset, tiheydet ja menettelytavat on esitetty Ruduksen lentotuhkan voimalaitoskohtaisissa laadunhallintajärjestelmissä [Rudus 2007].

- Lentotuhkan geoteknisiä ominaisuuksia voidaan parantaa sekoittamalla tuhkaan betonimurskettä, kalkkia, sementtiä tai muita sideaineita VN:n periaatteiden mukaisesti.

## 2.3 Ympäristökelpoisuus ja laatuvaatimukset

Ruduksen toimittama lentotuhka täyttää Valtioneuvoston asetuksen [VNa 591/2006] vaatimukset. VN:n määrittelemät, lentotuhkan laadunvalvontatutkimusten haitallisten aineiden pitoisuuden ja liukoisuuden raja-arvot on esitetty taulukossa 2.

| Ominaisuus  | Lentotuhka   |
|---|--|
| Pääasiallinen käyttökohde   | jakavakerros   |
| Rakeisuus   | 0,002–0,1 mm (raekokovastaavuus siltti)  |
| Lujittuminen  | siilossa varastoitu lujittuu *, kasavarastoidun lujittuminen vaihtelee                                       |
| Routivuus   | routivaa lujittumattomana, lujittuneena routivuus vaihtelee routimattomasta routivaan                        |
| Optimivesipitoisuus **  | 21,5 ± 3,5 %   |
| Maksimikuivatilavuuspaino   | 13,5 ± 1,5 kN/m <sup>3</sup>   |
| Puristuslujuus 1- aks. (28 d)   | > 0,5 MPa *  |
| E-moduuli   | kasavarastoitu 50–150 MPa, siilovarastoitu ja rakenteessa lujittunut 150–350 MPa                             |
| Kitkakulma  | 28–36°, lujittuneena 49–77°  |
| Koheesio  | 23–47 kPa, lujittuneena 64–490 kPa   |
| Vedenläpäisevyys  | lujittumattomana 10 <sup>-6</sup> –10 <sup>-7</sup> m/s, lujittuneena 10 <sup>-6</sup> –10 <sup>-8</sup> m/s |
| Lämmönjohtavuus ***   | hyvin tiivistettynä 0,4–1,0 W/mK   |
| * normaaleissa käyttöolosuhteissa ohjeen mukaisesti rakennettuna sekä ohjeen mukaisessa vesipitoisuudessa ja tiiveydessä<br>** eräkohtainen optimivesipitoisuus toimitetaan pyydettyäessä<br>*** vesipitoisuus ja jäätyminen vaikuttavat lämmönjohtavuuteen |  |

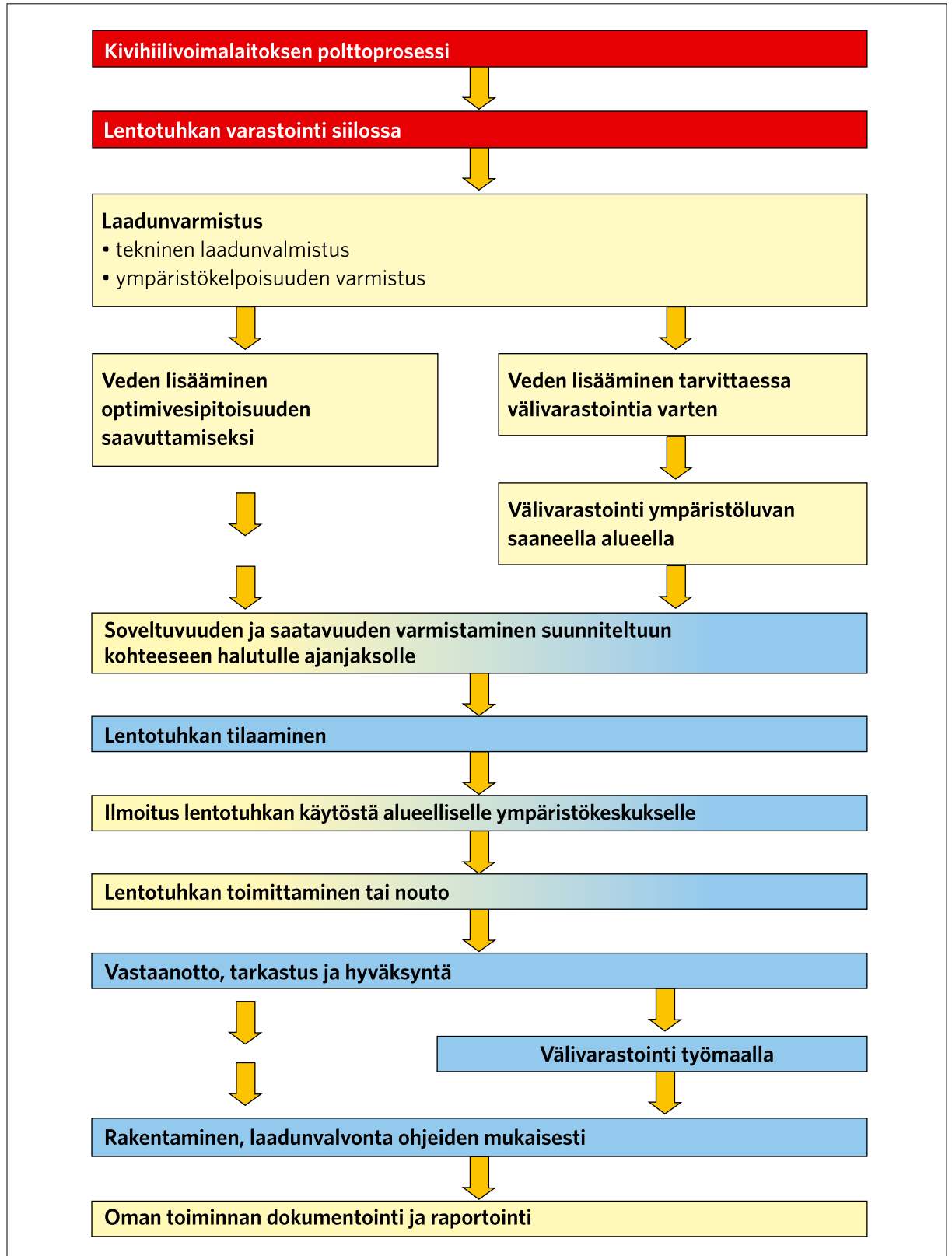
**Taulukko 1.** Lentotuhkan geotekniset perusominaisuudet.

| HAITALLINEN AINE   | RAJA-ARVO, MG/KG KUIVA-AINETTA LAADUNVALVONTATUTKIMUKSET |   |   |
|--|--|---|---|
|  | Pitoisuus *  | Liukoisuus *<br>(L/S = 10 l/kg)<br>Peitetty rakenne | Liukoisuus *<br>(L/S = 10 l/kg)<br>Päällystetty rakenne |
| Arseeni (As)   | 50   |   |   |
| Barium (Ba)  | 3 000  |   |   |
| Kadmium (Cd)   | 15   |   |   |
| Kromi (Cr)   | 400  | 0,5   | 3,0   |
| Kupari (Cu)  | 400  |   |   |
| Lyijy (Pb)   | 300  | 0,5   | 1,5   |
| Molybdeeni (Mo)  | 50   | 0,5   | 6,0   |
| Vanadiini (V)  | 400  | 2,0   | 3,0   |
| Sinkki (Zn)  | 2 000  |   |   |
| Seleen (Se)  |  | 0,1   | 0,5   |
| Fluoridi (F-)  |  | 10  | 50  |
| Sulfaatti (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )                   |  | 1 000   | 10 000  |
| Kloridi (Cl-)  |  | 800   | 2 400   |
| * laadunvalvontatutkimusten määrittäminen on esitetty VN:ssä |  |   |   |

**Taulukko 2.** Lentotuhkan haitallisten aineiden pitoisuuden ja liukoisuuden raja-arvot laadunvalvontatutkimuksissa [VNa 591/2006].

## 2.4 Toimintaketju

Lentotuhkarakentamisen toimintaketju on esitetty kuvassa 1.



**Kuva 1.** Lentotuhkarakentamisen toimintaketju. Sinisellä on esitetty tilaajan toimenpiteet ja keltaisella Ruduksen. Punaisella on esitetty voimalaitoksen toiminta.

# 3. Lentotuhkan käyttö rakentamisessa

Lentotuhkaa käytetään kuten luonnon maa- ja kiviaineksia maarakenteissa. Pääasialliset käyttökohteet ovat pihojen ja kenttien päällysrakenteen alaosa ja alusrakennekerrokset.

- Lentotuhkaa voidaan käyttää myös tie- ja katurakenteiden jakavassa kerroksessa ja kevyenliikenteenväylien jakavassa kerroksessa noudattaen kohdekohtaista tuhkarakennesuunnitelmaa sekä pengertäytöissä, putkikaivantojen arinoissa ja täytöissä. Tie- ja katurakenteiden sekä kevyenliikenteenväylän lentotuhkarakenteet on suunniteltava huolellisesti huomioiden rakennus- ja käyttöolosuhteet sekä käytettävän lentotuhkan ominaisuudet.
- VNa:n mukaisesti lentotuhkaa voidaan käyttää seuraavissa maarakennuskohteissa ilman ympäristöluoppaa:
  - yleiset tiet, kadut, pyörätiet ja jalkakäytävät sekä niihin välittömästi liittyvät tienpitoa tai liikennettä varten tarpeelliset alueet, pois lukien melusteet,
  - pysäköintialueet,
  - urheilukentät sekä virkistys- ja urheilualueiden reitit,
  - ratapihat sekä teollisuus-, jätteenkäsittely- ja lentoliikenteen alueiden varastointikentät ja tiet.
- Lentotuhkan käytöstä maarakentamisessa on tehtävä ilmoitus luvun 4.4 mukaisesti.

# 4. Rakentaminen lentotuhkalla

## 4.1 Lentotuhkan toimitus

Rudus toimittaa tai asiakas noutaa työmaalle lentotuhkaa tilauksen ja Ruduksen kierrätystuotteiden toimitusehtojen [Rudus 2007] mukaisesti. Lentotuhkan toimittajana Rudus vastaa siitä, että materiaalin laatuvaatimukset täyttyvät toimitettaessa.

- Tilaaaja vastaanottaa, tarkastaa ja hyväksyy materiaalin laadun Ruduksen kierrätystuotteiden toimitusehtojen mukaisesti.
- Siilossa ja varastokasassa varastoitu lentotuhka toimitetaan työmaalle kuorma-autolla ja lentotuhkan vesipitoisuus on toimitushetkellä lähellä optimivesipitoisuutta.

## 4.2 Työohjeita

### Soveltuvuus

Lentotuhkarakenteessa mahdollisesti olevat korroosiolle alttiit rakenteet on suojattava suoralta kosketukselta ja suotautuvan veden vaikutukselta käyttämällä pinnoitteita tai syöpymättömiä materiaaleja. Kupari, haponkestävä teräs, lyijy, betoni ja muovi kestävät käytössä lentotuhkan mahdolliset vaikutukset. Sen sijaan valurauta, teräs ja alumiini syöpyvät voimakkaasti. Lentotuhka sekoitettuna rikinpoistotuotteeseen aiheuttaa syöpymää myös suojaamattomalle kuparille.

Lentotuhkakerrokseen ei saa rakentaa salaojia.

- Lentotuhkan lujittumisominaisuutta hyödynnettäessä on ilman ja rakenteen lämpötilan rakennustyön ja lujittumisen aikana (ensimmäiset noin 2–4 viikkoa) oltava yli + 5 °C. Kylmemmässä lämpötilassa lujittumista ei juuri tapahdu, mutta rakenteen lämpötilan noustua ko. arvon yläpuolelle lujittumisprosessi käynnistyy jossain määrin uudelleen, ellei lujittumisprosessia häiritä esim. liikenteen toistuvilla kuormituksilla. Lujittuminen on varmistettava ennen rakenteen käyttöönottoa kantavuusmittauksilla.

### Kuljetus, välivarastointi ja levitys

Lentotuhkan kuljetus, levitys ja tiivistys tehdään tavallisella maarakennuskalustolla.

- Lentotuhkan kuljetuksessa ja välivarastoinnissa pölyäminen on estettävä. Lentotuhka on tarvittaessa peitettävä pressuilla tai kastettava pinnalta.

Lentotuhkaa voidaan välivarastoida työmaalla seuraavasti:

- alle 4 vko varastokasalla,
- 4 vko – 10 kk varastokasalla suojattuna.
- Lentotuhka levitetään ja tiivistetään heti rakentamisaikalle tuonnin jälkeen. Tuhkarakentamisen aikataulu on muutettava jos levitys tai tiivistys ajoittuu voimakkaalle tai pitkäaikaiselle sateelle, koska lentotuhka lietty liian kosteana.

### Tiivistäminen

Lentotuhkakerros saattaa tiivistyä epätasaisesti ensimmäisellä tiivistyskerralla, joten rakentamisessa on syytä varautua pinnan tasoitukseen esimerkiksi tiehöylällä ja tuhkaa lisäämällä.

- Lentotuhka suositellaan tiivistettävän 0,2–0,25 m kerroksissa (löyhänä 0,3–0,4 m). Ohuemmat kerrokset hidastavat työtä ja paksummat kerrokset aiheuttavat ongelmia tasaustyössä, muotoilussa ja tiivistystyössä. Lentotuhkarakenne tiivistetään tavanomaisella tiivistyslaitteistolla (esim. valssijyrä, tärylevy). Tiivistämiskertojen lukumääräksi suositellaan noin 6–8 yliajokertaa tiivistyslaitteistosta riippuen. Tiivistystyön määrä arvioidaan tapauskohtaisesti ja rakenteen tiiviys tarkastetaan laadunvalvonnalla.
- Reuna-alueilla lentotuhkan tiivistäminen vaatii sivuttaistuet reunapenkereestä tiivistykseen riittävästi. Reunatuet tiivistetään ennen lentotuhkan levittämistä.

- Lentotuhkakerroksen pinta tulee karhentaa ennen seuraavan tuhkakerroksen tekemistä, jotta mahdollisia routalinssejä ei pääse muodostumaan lentotuhkakerrosten rajapintoihin.

### Suojaaminen

Lentotuhkarakenne tulee tiivistämisen jälkeen päällystää tai peittää mahdollisimman pian pölyämisen tai liiallisen kastumisen estämiseksi ja suojaan mekaaniselta rasitukselta. Rakenne voidaan suojata ohuella murskekerroksella tai muulla tarkoitukseen soveltuvalla materiaalilla.

- Mikäli rakentaminen keskeytetään sateen takia, on jo tiivistetty ja levitetty tuhkakerros suojattava esim. murskeella tai pressuilla.
- Lentotuhkan tiivistäminen ohuen murskekerroksen päältä parantaa tiivistystulosta ja toimii sääsuojana. Lisäksi murske toimii päällysteen tartuntapintana.

### Laadunvalvonta työmaalla

Lentotuhkarakenteen laadunvalvonnassa käytetään pääsääntöisesti samoja menetelmiä ja laatuvaatimuksia kuin käytettäessä luonnon maa- ja kiviaineksia. Rakenteen tiiviysaste voidaan todeta tiiviysmittauksilla (volymetri, lentotuhkalle kalibroitu Troxler) tai kantavuusmittauksilla (Loadman, levykuormitus- tai pudotuspainolaite) todettavan tiiviysuhteen perusteella. Levykuormituslaitteella tiiviysuhteen on oltava  $E_2/E_1 \leq 2,2$  ja pudotuspainolaitteella määritettynä pienempi; yleensä  $E_2/E_1 \leq 1,7...2,2$ . InfraRYL 2006 osassa 2 tiiviysuhdevaatimus tarkentuu. Tuhkarakenteen reuna-alueiden tiiviyyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

## 4.3 Erot luonnon maa- ja kiviaineksiin

Lentotuhkalla rakentaminen poikkeaa joiltakin osin luonnon maa- ja kiviaineksen käyttämisestä maarakennusmateriaalina. Seuraavat ominaisuudet eroavat luonnon maa- ja kiviaineksilla rakentamisesta:

### VNa:n vaatimukset

lentotuhkaa ei saa käyttää I-II -luokan pohjavesialueilla,

- lentotuhkarakenne tulee päällystää (asfaltin tyhjätila  $\leq 5\%$ ) tai peittää kiviaineksilla (paksuus  $\geq 10\text{ cm}$ ),
- lentotuhkarakenteen kerrospaksuus on rajoitettu enimmillään 1,50 m,
- hyödyntämispaikan haltijan on hyväksyttävä lentotuhkan käyttö,
- lentotuhkan käyttö edellyttää ilmoituksen tekemistä luvun 4.4 mukaisesti.

### Tekniset vaatimukset

- lentotuhka ei sovellu käytettäväksi sille korroosioherkkien materiaalien kanssa ilman suojausta suoralta kosketukselta ja suotautuvan veden vaikutukselta.
- lentotuhkarakennetta ei tule rakentaa avoveteen tai liettyneen pohjamaan päälle.
- lentotuhka soveltuu huonosti rakennuskohteeseen, joka kaivetaan auki toistuvasti.
- jäätynyttä lentotuhkaa ei tule käyttää rakentamiseen.
- rakenteen huolellinen tiivistäminen on edellytys tiiviys- ja kantavuusvaatimusten täyttymiseen.
- yli  $\pm 5\%$  optimivesipitoisuudesta poikkeavien lentotuhkamassojen käyttämisestä rakentamisessa päättää työmaavastaava tapauskohtaisesti ottaen huomioon mahdolliset ongelmat materiaalin tiivistämisessä.
- tiivistetyn lentotuhkapinnan kaltevuuden tulee olla vähintään 3 %.
- lentotuhkarakenteen minimipaksuudeksi suositellaan vähintään 0,2 m.

## 4.4 Ilmoitusmenettely

Lentotuhkan käytöstä on tehtävä ilmoitus alueelliselle ympäristökeskukselle VNa:n mukaisesti. Rudus on varautunut tekemään ilmoituksen asiakkaansa puolesta, mutta asiakas voi tehdä sen myös itse. Asiakas vastaa ilmoittamiensa tietojen oikeellisuudesta. Ilmoituksen tulee sisältää seuraavat tiedot:

- hyödyntämispaikan haltijan nimi ja yhteystiedot,



- hyödyntämispaikan sijainti sekä selvitys lähialueen pohjavesialueista ja niiden luokista sekä vedenottoapaikoista ja vesistöistä,
- tiedot maarakentamista koskevasta maankäyttö- ja rakennuslain, yleisistä teistä annetun lain tai maantielain mukaisesta suunnitelmasta, ilmoituksesta tai luvasta,
- Ruduksen yhteyshenkilön nimi ja yhteystiedot,
- jätenimike ja laadunvalvontatiedot materiaalityöimittajalta,
- käytettävän lentotuhkan määrä,
- selvitys lentotuhkaa sisältävästä rakenteesta, peittäminen tai päällystämiseen käytettävästä materiaalista, varastoinnista ja muusta toiminnasta hyödyntämispaikalla sekä näihin liittyvistä tarpeellisista suojaustoimista,
- ajankohta, jolloin hyödyntäminen maarakentamisen aikana alkaa ja päättyy.

## 4.5 Työsuojelu

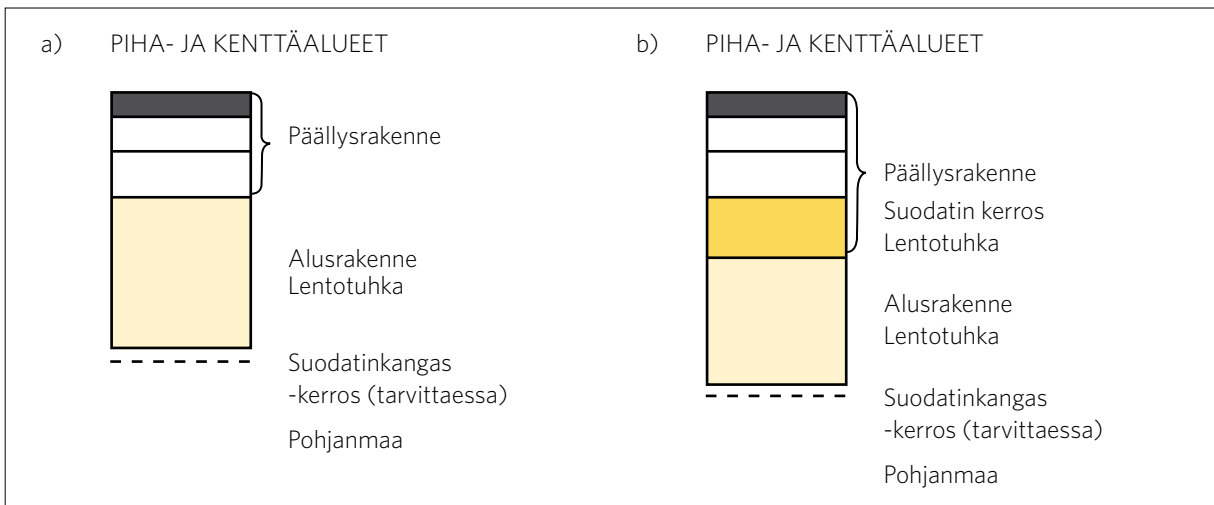
Lentotuhka sisältää pieniä määriä ihoa mahdollisesti ärsyttäviä komponentteja. Ihoaltistuksen vuoksi suoraa ihokosketusta on vältettävä ja suojakäsineiden sekä asianmukaisen työvaatetuksen käyttö on suositeltavaa. Iholta tuhka pestään pois saippualla. Silmiin joutunut tuhka huuhdotaan välittömästi runsaalla vedellä ja otetaan jatkotoimenpiteitä varten yhteys lääkäriin. Kuivaa tuhkkaa käsiteltäessä on suositeltavaa käyttää hengityssuojaimia.

# 5. Rakenteen suunnittelu lentotuhkalla

## 5.1 Päällysrakenne

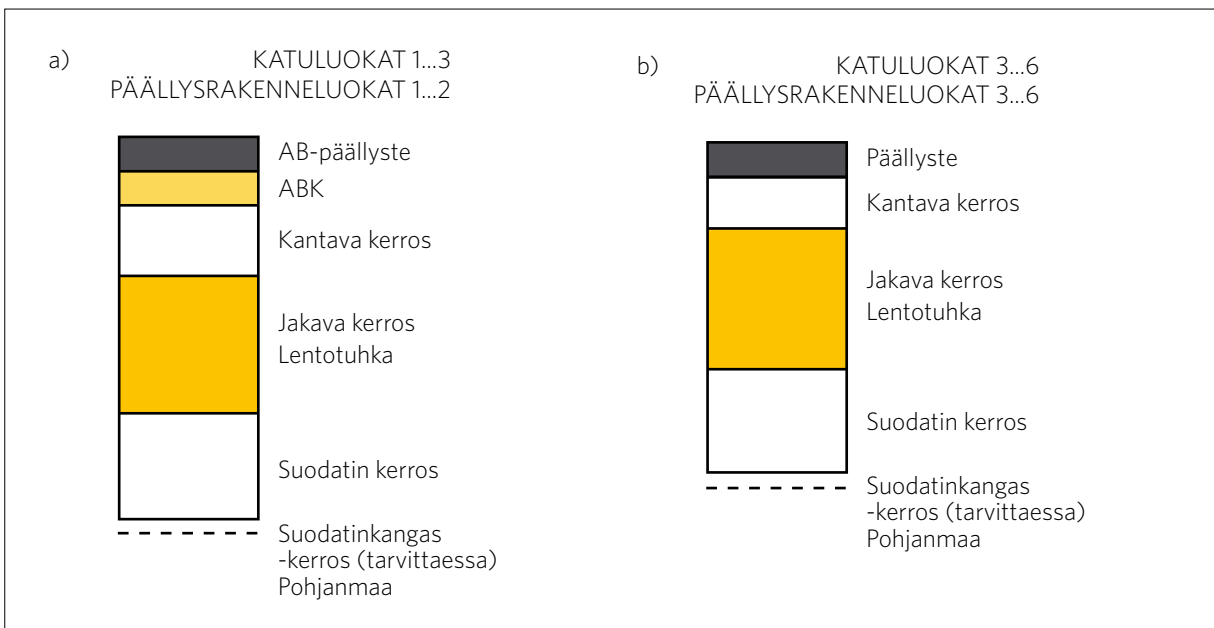
Lentotuhkarakenteiden suunnitteluun riittävät samantasoiset lähtötiedot ja korjauskohteissa myös nykytilan tiedot kuin luonnon maa- tai kiviainesrakennetta suunniteltaessa. Kosteaa ja huonosti kantavan pohjamaan päällä on käytettävä vähintään 0,3 m suodatinkerrosta ja tarvittaessa myös suodatinkangasta.

- Lujittuvaa, siilossa varastoitua lentotuhkaa voidaan käyttää kaikissa tien ja kadun päällysrakennekerroksissa; suodatinkerrosta vastaavassa kerroksessa, jakavassa kerroksessa ja kantavan kerroksen alaosassa. Kantavassa kerroksessa käyttäminen vaatii yksityiskohtaista mitoitusta, tuhkan ominaisuuksien tutkimista ja erityisen huolellista rakentamista. Lujittumatonta tai heikosti lujittuvaa, kasavarastoitua tuhkkaa voidaan käyttää pengertäytyksessä ja alempiluokkaisten rakenteiden jakavassa kerroksessa.
- Lentotuhkaa käytettäessä voidaan lujittumisesta huolimatta koko päällysrakennetta pitää joustavana päällysrakenteena. Mitoitus tehdään Odemarkin mitoitusyhtälöllä. Päällysrakenteen mitoituksessa käytetään siilovarastoidun lentotuhkan E-moduulina 200 MPa. Kasavarastoidun lentotuhkan mitoitusmoduuli ilmoitetaan Ruduksen toimesta tapauskohtaisesti tuhkan varastointiajasta ja -olosuhteista riippuen.
- Kantavuusvaatimusten mukaan mitoitettujen päällysrakenteiden katu- ja päällysrakenneluokille on esitetty julkaisuissa "Tuhkarakentamisohje tie-, katu- ja kenttärakenteisiin" [Finergy 2000] ja "Helsingin kaupungin tuhkarakentamisohje" [Helsingin kaupunki 2001]. Valmiiksi mitoitettuja rakenteita voi käyttää tapauskohtaisesti harkiten.
- Rakenne-esimerkkejä pihojen ja kenttien päälly- ja alusrakenteelle on esitetty kuvissa 2a ja 2b.



**Kuva 2.** Rakenne-esimerkki pihojen ja kenttien päällys- ja alusrakenteelle. Kuvassa 2a alusrakenne ja kuvassa 2b alusrakenne ja päällysrakenteen alaosa on rakennettu lentotuhkalla.

Rakenne-esimerkkejä kaduille ja teille on esitetty kuvissa 3a ja 3b.



**Kuva 3.** Rakenne-esimerkki katuluokille 1...3 ja päällysrakenneluokille 1...2 (kuva 2a) sekä katuluokille 3...6 ja päällysrakenneluokille 3...6 (kuva 2b). AB-päällystettä suositellaan käytettäväksi vilkasliikenteisillä pääkaduilla.

- Runsaasti suolattavilla, vilkasliikenteisillä korkealuokkaisilla kaduilla ja teillä, joilla käytetään lujittuvaa lentotuhkaa suoran päällysteen alla, on käytettävä vedenläpäisevyydeltään tiiviimpää AB-päällystettä, jonka tyhjätilan on oltava < 5 %.
- Koska lentotuhkakerroksen vedenläpäisevyys on pienempi kuin luonnon maa- ja kiviaineksella, tulee pinnan sivukallistuksen olla  $\geq 3$  % (myös tien painumisen jälkeen).
- Routamitoitus tie- ja katurakenteille, joissa on käytetty lentotuhkaa, tehdään InfraRYL:n mukaisesti kuten luonnon maa- ja kiviaineksia käytettäessä.
- Lentotuhkan käyttäjä vastaa mitoituksen teosta ja sen oikeellisuudesta.

## 5.2 Alusrakenne, täyttötöyt ja putkikaivannot

Alusrakenne, täyttötöyt ja putkikaivannot suunnitellaan tätä ohjetta soveltaen.

# 6. Lentotuhkan tilaaminen ja saatavuus

Lentotuhkaa myydään Etelä-Suomessa sopimuksen mukaan. Lentotuhkan varastotilanne vaihtelee huomattavasti vuodenajan mukaan ja siksi saatavuus on syytä varmistaa etukäteen. Tilaaminen ja reaaliaikainen lentotuhkan saatavuus paikkakunnittain selviää Ruduksen yhteyshenkilöiltä.

# 7. Kirjallisuusluettelo

Espoon kaupunki, Espoon Sähkö Oy. 2000. Tuhkan maarakentamisohje (TMO-00). Viatek Oy.

Finergy. 2000. Tuhkarakentamisohje tie-, katu- ja kenttärakenteisiin. Viatek Oy.

Helsingin kaupungin kiinteistövirasto. 1987. Kivihiilituhkien käyttökokemukset kunnallistekniikan maarakenteissa, Tuhkaprojektin loppuraportti.

Helsingin kaupunki. 2001. Helsingin kaupungin tuhkarakentamisohje.

Infra RYL. 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1 Väylät ja alueet. Rakennustieto RT 14-10878.

Rudus Oy. 2007. (Voimalaitoskohtainen) Lentotuhkan laadunhallintajärjestelmä.

Rudus Oy Ab. 2007. Kierrätystuotteiden toimitusehdot.

RIL 132-2000. 2000. Talonrakennuksen maarakenteet – yleinen rakennusselostus ja laatuvaatimukset.

VNa 591/2006. 2006. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Ympäristöministeriö.

## **RUDUS OY**

### **Kierrätys**

PL 49 (Pronssitie 1)  
00441 Helsinki  
Puh. 020 447 711  
[www.rudus.fi](http://www.rudus.fi)

### **MYYNTI JA NEUVONTA**

Tuotepäällikkö Erkki Haaponiemi  
puh. 020 447 7278, [erkki.haaponiemi@rudus.fi](mailto:erkki.haaponiemi@rudus.fi)

Tuotepäällikkö Henri Kylä-Utsuri  
puh. 020 447 7235, [henri.kyla-utsuri@rudus.fi](mailto:henri.kyla-utsuri@rudus.fi)

Kierrätysliiketoiminnan johtaja Jani Pieksemä  
puh. 020 447 7267, [jani.pieksema@rudus.fi](mailto:jani.pieksema@rudus.fi)