

Maarit Hurskainen

KIERTOTALOUDEN HYÖDYNTÄMINEN VÄYLÄRAKENTAMISESSA

KIERTOTALOUDEN HYÖDYNTÄMINEN VÄYLÄRAKENTAMISESSA

Maarit Hurskainen
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, Yhdyskuntatekniikka

Tekijä: Maarit Hurskainen

Opinnäytetyön nimi: Kiertotalouden hyödyntäminen väylärakentamisessa

Työn ohjaaja: Jere Kangas

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2024

Sivumäärä: 70 + 8 liitettä

Väylärakentamisessa on käytetty neitseellisiä luonnon kiviaineksia suuria määriä. Näiden luonnonmateriaalien käyttöä on voitu korvata hyödyntämällä erilaisia uusiomateriaaleja väylien eri rakenneosien rakennusmateriaalina. Uusiomateriaalilla voidaan myös parantaa rakenneosaan käytetyn luonnon kiviaineksen teknisiä ominaisuuksia. Väylärakentamisessa hyödynnettävät uusiomateriaalit syntyvät sivumateriaalina teollisuudessa tapahtuvien prosessien kautta, käytöstä poistettujen tuotteiden kautta tai purkumateriaalien jatkojalostuksen seurauksena. Kun uusiomateriaaleja hyödynnetään, sivumateriaalit eivät päädy jätteeksi, korvaavat neitseellisiä kiviaineksia ja vaikuttavat suotuisasti erityisesti ympäristö- ja luontoarvoihin.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella uusiomateriaalien käyttöön liittyvää lainsäädäntöä ja asetuksia, työhön tutkittavaksi valittujen uusiomateriaalien ominaisuuksia sekä käyttömahdollisuuksia työssä tarkasteltavien väylärakennuskohteiden rakenneosien materiaaleina. Tarkasteltavina väylämuotoina työssä käytettiin tie-, katu-, jalankulku- ja pyöräilyväyliä sekä ratarakentamisen kohteita. Työn tarkoituksena oli laatia yleisellä tasolla tietoa antava teos.

Työ sisältää johdannon, tietoa lainsäädännöstä, tutkittaviksi valittujen uusiomateriaalien ja väyläkohteiden osuuden sekä pohdinnan. Työssä listattiin, millaisia uusiomateriaaleja tietyllä väyläkohteella voidaan hyödyntää ja selvitettiin, millaisia yleisiä vaatimuksia väyläkohteiden eri rakenneosilla on uusiomateriaalien suhteen. Ratarakenteiden osalta selvitettiin yleisesti, millaisia materiaaleja eri rakenneeroksissa on käytettävä. Tietoa kerättiin erilaisista verkkolähteistä ja painetuista teoksista. Työ koottiin yhtenäiseksi tietopaketti, josta löytyvät kolmentoista erilaisen uusiomateriaalin yleistietoja sekä mahdollinen soveltuvuus tutkituille väyläkohteille.

Asiasanat: Uusiomateriaali, väylärakentaminen, maarakentaminen, kiertotalous, kestävä kehitys

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

Author: Maarit Hurskainen
Title of thesis: Utilisation of Circular Economy in Fairway Construction
Supervisor: Jere Kangas
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024
Number of pages: 70 + 8 appendices

Large amounts of natural stone have been used in fairway construction. It has been possible to replace the use of these natural materials in fairway construction by utilizing different kind of recycled materials in a certain structural part of the fairway. The recycled material can also be used to improve the technical properties in the structural element. In fairway construction, it is possible to utilize recycled materials that are created as secondary material through industrial processes, through discarded products, or as a result of the further processing of demolition materials. By doing so, by-products do not end up as waste, replace virgin aggregates, and have a beneficial effect on environmental and natural values in particular.

The aim of this thesis is to examine the legislation and regulations related to the use of recycled materials, the properties of the materials chosen for the work to be studied, and possibilities of use as materials for the structural parts of the fairway construction sites considered in the work. The work examines the suitability of recycled materials for roads, streets, pedestrian and cycle paths and for railway construction sites. The purpose of the work is to produce a work that would provide information and be used in general.

The work includes an introduction, a theory section, a selection of materials and uses, and reflection. The work lists what kind of recyclable materials can be utilized at a specific fairway site and investigates what general requirements and different components of fairway sites have for recyclable materials. With regard to track structures, it was examined commonly what kind of materials must be used in different structural layers. Information was collected from various online sources and literary works. The work was compiled into a single information package, which includes general information on thirteen different recycled materials as well as possible suitability for the investigated fairways.

Keywords: Recycled material, fairway construction, circular economy, sustainable development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	UUSIOMATERIAALEJA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ JA ASETUKSET	9
2.1	Yleinen lainsäädäntö	9
2.2	MARA-asetus	11
2.3	Ympäristölupa	12
3	TUTKITUT UUSIOMATERIAALIT	14
3.1	Tuotteistettuja uusiomateriaaleja	14
3.1.1	Ferrokromikuonamurske-hiekka	14
3.1.2	Masuunihiekka ja LD-masuunihiekka	17
3.1.3	LD-teräskuona	20
3.1.4	Vahtolasimurske	22
3.2	Jätteeneksi luokiteltuja teollisuuden sivumateriaaleja	23
3.2.1	Lentotuhka	24
3.2.2	Pohjatuhka ja leijupetihiekka	27
3.3	Purku- ja jätteenpolton materiaaleja	29
3.3.1	Asfalttirouhe	30
3.3.2	Betonimurske	32
3.3.3	Jätteenpolton pohjakuona (käsitelty)	34
3.3.4	Tiilimurske	36
3.4	Uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointi	37
4	TARKASTELTAVIEN VÄYLÄKOHTTEIDEN VAATIMUKSISTA	38
4.1	Tiet, kadut, pyöräily- ja jalankulkuväylät	38
4.1.1	Yleistä	38
4.1.2	Rakenteissa käytettävien uusiomateriaalien vaatimuksista	39
4.1.3	Tierakenteiden routivuusvaatimuksista	41
4.1.4	Eri rakennekerrosten rakeisuusvaatimuksista	41
4.1.5	Uusiomateriaalien ympäristökelpoisuuden vaatimuksista tierakenteissa ...	46
4.2	Ratarakentaminen	47
4.2.1	Yleistä	47
4.2.2	Rakenteissa käytettävien materiaalien vaatimuksista	47
4.2.3	Ratarakenteiden routivuusvaatimuksista	48

4.2.4	Eri rakennekerrosten rakeisuusvaatimuksista.....	49
5	UUSIOMATERIAALIEN SOVELTUVUUS TARKASTELTAVIEN VÄYLÄKOHTEIDEN RAKENNEKERROKSISSA.....	53
5.1	Tie-, katu-, pyöräily- ja jalankulkuväylät.....	53
5.1.1	Arvio soveltuvista uusiomateriaaleista	53
5.1.2	Tierakenteille soveltuvien uusiomateriaalien testauksesta yleisesti	63
5.2	Ratarakentaminen	64
5.2.1	Arvio soveltuvista uusiomateriaaleista	64
5.2.2	Huomioitavia asioita.....	64
6	POHDINTA.....	65
	LÄHTEET.....	66
	LIITTEET	71

1 JOHDANTO

Suomessa maarakentamisessa käytettävien luonnonkiviainesten käyttömäärä on ollut vuosittain noin 100 miljoonaa tonnia, josta maanottoaikoilta kuljetettujen kiviainesten määrä on ollut 70–80 miljoonaa tonnia ja rakennushankkeiden alueelta saatujen kiviainesten määrä 20–30 miljoonaa tonnia (UUMA 2024; Liikennevirasto 18/2018, 13). Uusiomateriaalien käytön osuuden on arvioitu olleen noin 2–3 miljoonaa tonnia (Liikennevirasto 18/2018, 14). Globaalisti tämänhetkisiä ihmisen toiminnasta aiheutuvia ympäristöongelmia ovat mm. luonnonvarojen liikakulutus ja luontokato. Uusiomateriaalien käytöllä väylärakentamisessa näihin ongelmiin on mahdollista vaikuttaa ja saavuttaa suotuisia ympäristövaikutuksia. Uusiomateriaalien käytöllä voidaan vähentää neitseellisten luonnonvarojen kulutusta ja vaikuttaa niiden kysyntään laskevasti sekä estää luontokatoa. Vaikutukset syntyvät, kun neitseellisiin luonnonvaroihin ei kajota eikä jäte- ja purkumateriaaleja päädy kaatopaikalle, vaan ne hyödynnetään uudella käyttökohteella. (Ympäristöministeriö 2024.)

Väylävirasto järjesti alkuvuonna 2024 kiertotalousiltapäivätilaisuuden Pasilassa, jota oli mahdollista seurata myös Teams-yhteyden kautta. Tilaisuudessa käsiteltiin ajankohtaisia kiertotalouden näkymiä, ohjeistuksia ja kokemuksia uusiomateriaalien käytöstä erilaisilla väylärakentamisen kohteilla. Tämänhetkiset käynnissä olevat toimet kiertotalouteen liittyen Väyläviraston osalta ovat erilaisten ohjeistusten, raporttien ja arviointien laatiminen. Näitä ovat kiertotaloussuunnitelman ohjeistus, useiden uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arvioinnit, arviointiraportti raideseppelin käytöstä tien rakenteissa, päivitetty kiskojen kierrätysohje, raportti uusiomateriaalin ja lisäaineiden vaikutuksesta päällysteiden uusiokäyttöön, esiselvitys kiertotalouden tiedonhallinnan kehittämisestä sekä kiertotalouden edistämistä ja vähähiilisyttä tukeva hankintojen ympäristökriteerien määrittämisen raportti. (Väylävirasto 2024.)

Opinnäytetyön tarkoituksena on toimia teoksena, joka lisää tietoisuutta erilaisista kiertotalouden uusiomateriaaleista ja niiden käyttömahdollisuuksista. Työn tarkoitus ei ole toimia materiaalien käytön ohjeena. Työn tavoitteena on perehtyä kolmeentoista erilaiseen uusiomateriaaliin, joita voidaan tapauskohtaisesti hyödyntää väylärakentamisessa. Uusiomateriaalit, joita työssä käsitellään, syntyvät sivumateriaalina teollisten prosessien ja käytöstä poistettujen tuotteiden kautta, purkumateriaalien jatkojalostuksen seurauksena tai jätemateriaalista. Lisäksi tarkoituksena on tarkastella ja listata, mille väylärakentamisen käyttökohteelle kukin uusiomateriaali voi soveltua, mitkä ovat käyttökohteiden vaatimukset ja mitä materiaalien käytössä on otettava huomioon.

Opinnäytetyöhön kerätään tietoja eri verkkolähteitä ja painettuja teoksia hyödyntäen. Tietoja kerätään uusiomateriaalien lainsäädännöstä ja asetuksista, työssä käsiteltävien uusiomateriaalien synnystä ja ominaisuuksista sekä työssä tarkasteltavien käyttökohteiden ja uusiomateriaalien käyttömahdollisuuksista tai rajoitteista. Lopuksi arvioidaan uusiomateriaalien soveltuvuutta käyttökohteisiin.

2 UUSIOMATERIAALEJA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ JA ASETUKSET

2.1 Yleinen lainsäädäntö

Väylärakentamisessa uusiomateriaalien käytön tärkeimpiä ja ohjaavia lakisäädöksiä sekä asetuksia ovat:

- Alueidenkäyttölaki (752/2023), joka tulee korvaamaan aiemman maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 1.1.2025 alkaen. (Maankäyttö- ja rakennuslaki (Alueidenkäyttölaki) 752/2023.)
- Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) sekä maankäyttö- ja rakennusasetus (895/1999).
- Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jätteeksi luokittelun päättymisen arviointiperusteista (466/2022)
- Jätelaki (646/2011) ja valtioneuvoston asetus jätteistä (978/2021)
- Jäteverolaki (1126/2010)
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014) sekä valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta (713/2014)
- Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä (503/2005)
- EU:n rakennustuoteasetus (EU 305/2011)
- Laki (954/2012) sekä ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (555/2013)
- Maa-aineslaki (555/1981) 2025
- Valtioneuvoston asetus maa-ainesten ottamisesta (926/2005)
- Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013)
- Ratalaki (110/2007). (Väylävirasto 2022, 22.)

Uuden 1.1.2025 voimaan tulevan alueiden käyttölain (752/2023) keskeisinä tavoitteina ovat luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen sekä ekologiset ja kestävät ratkaisut. Tavoitteissa on mainittu alueiden käytön ja rakentamisen järjestäminen siten, että edistetään kestävästä kehitystä ekologisella, taloudellisella, sosiaalisella ja kulttuurisella tavalla sekä luodaan hyvät edellytykset elinympäristölle. Tavoitteina on mainittu myös suunnittelun laadun ja vuorovaikutteisuuden, asiantunteumuksen monipuolisuuden, käsiteltävien asioiden avoimen tiedottamisen sekä kaikkien asioiden

valmistelua koskevien henkilöiden osallistumismahdollisuuden turvaaminen. (Maankäyttö- ja rakennuslaki (Alueidenkäyttölaki) 752/2023.)

Valtioneuvoston vuonna 2022 säätämän asetuksen (466/2022) mukaan betonimurske ei ole enää luokiteltavissa jätteeksi. Asetuksen mukaisesti betonimursketta voidaan hyödyntää rakentamisessa kuten luonnon kiviaineksia, mutta siitä on tutkittava mahdolliset haitta-aineiden raja-arvot ja toteutettava laadunvalvontaa ympäristön suojelemisen vuoksi. Asetuksessa on säädetty, että betonimursketta voidaan käyttää MARA-asetuksessa mainituilla käyttökohteilla. (VNa 466/2022.)

Jätelain (646/2011) tarkoitus on kiertotalouden edistäminen ja luonnonvarojen käytön kestävyyden turvaaminen, jätteen määrän ja haitallisuuden vähentäminen, ympäristölle ja terveydelle jätehuollosta ja jätteistä aiheutuvan vaaran sekä haittojen ehkäiseminen, toimivan jätehuollon varmistaminen ja roskaantumisen ehkäiseminen. Lakia sovelletaan syntyviin jätteisiin, jätehuoltoon, roskaantumiseen sekä sellaisiin tuotteisiin ja toimintoihin, jotka synnyttävät jätettä. (Jätelaki 646/2011.)

Ympäristönsuojelulain (527/2014) tarkoitus on:

- ympäristön pilaantumisen ja sen vaaran ehkäiseminen, päästöjen vähentäminen ja ehkäiseminen, ympäristövahinkojen torjuminen sekä pilaantumisesta aiheutuneiden haittojen poistaminen.
- kestävän kehityksen tukeminen, ilmastonmuutoksen torjuminen, terveellisen, viihtyisän, monimuotoisen ja luonnontaloudellisesti kestävän ympäristön turvaaminen.
- luonnonvarojen kestävän käytön edistäminen, jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentäminen sekä jätteistä aiheutuvien haitallisten vaikutusten vähentäminen.
- ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arvioinnin tehostaminen ja sen kokonaisuuden huomioon ottaminen.
- parantaa kansalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksentekoon. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014.)

Lain liikennejärjestelmästä ja maanteistä (503/2005) tarkoituksena on mainittu muun muassa toimivan liikennejärjestelmän ja sen kehittämisen edellytyksien luominen, liikennejärjestelmäsuunnittelun järjestäminen sovittamalla yhteen valtakunnallisia ja alueellisia tavoitteita sekä kestävää kehitystä ja turvallisuutta edistävien maantieyhteyksien kehitys ja ylläpito osana liikennejärjestelmää. Lain 13. § mukaan maantieverkon kehittämisen ja kunnossapidon investoinnit on toteutettava siten,

että ne edistävät luonnonvarojen säästeliästä käyttöä sekä liikenteen ja maantieverkon ympäristölle aiheutuvien haittojen vähäiseksi jäämistä. (Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä 503/2005.)

2.2 MARA-asetus

MARA-asetus (843/2017) tarkoittaa Valtioneuvoston asetusta eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. MARA-asetuksen tarkoituksena on edistää siinä esitettyjen jättemateriaalien hyödyntämistä määrittelemällä edellytykset. Asetuksen mukaisten edellytysten täytyessä asetuksessa mainittujen jätteiden käytölle ei tarvitse hakea ympäristösuojelulain (527/2014) edellyttämää ympäristölupaa. Liitteessä 1 on esitetty MARA-asetuksen mukaiset materiaalien hyödyntämisen edellytykset. Asetuksen soveltamisalan mukaiset jättemateriaalit ja materiaalien käyttökohteet on esitetty taulukossa 1. Asetusta sovelletaan ammattimaiseen tai laitospäiseen jätteiden hyödyntämiseen ja näihin liittyvään väliaikaiseen lakisääteiseen varastointiin. Asetusta ei kuitenkaan voida soveltaa 1.- ja 2.-luokan pohjavesialueilla, luonnonsuojeluun, viljelyyn, asumiseen ja lasten leikki- paikaksi tarkoitetuilla alueilla tai sisämaan tulvavaara-alueilla. Asetuksen soveltumisalaan kuuluvat jätteet ja niiden käyttökohteet on esitetty taulukossa 2. Asetuksen liitteessä 2 on ilmoitettu jätteiden haitta-aineiden raja-arvot, muut laatuvaatimukset sekä jätteen enimmäiskerrosrakenteet rakentamiskohteissa. Jätteiden laadunhallinta tulee toteuttaa asetuksen liitteen 3 mukaisesti. (VNa 843/2017.)

TAULUKKO 1. MARA-asetuksen mukaiset jättemateriaalit ja materiaalien käyttökohteet (VNa 843/2017)

Jättemateriaali	Sallittu käyttökohte
Betonimurske, kevytbetoni- ja kevytsorajäte	Väylärakenteet, kenttärakenteet, teollisuuden- ja varastorakennusten pohjarakenteet
Kivihiilen, turpeen ja puuperäisen aineksen polton lentotuhka, pohjatuhka, leijupetihiekka	Väylärakenteet, kenttärakenteet, tuhkamursketiet, teollisuuden- ja varastorakennusten pohjarakenteet sekä edellä mainittujen maarakentamiskohteiden stabilointi
Tiilimurske	Väylärakenteet, kenttärakenteet, vallirakenteet, teollisuuden- ja varastorakennusten pohjarakenteet

Asfalttimurske ja -rouhe	Väylärakenteet, kenttärakenteet
Käsitelty jätteenpolton kuona	Väylärakenteet, kenttärakenteet, teollisuuden- ja varastorakennusten pohjarakenteet
Valimohiekka	Väylärakenteet, kenttärakenteet, teollisuuden- ja varastorakennusten pohjarakenteet
Kalkit	Väylärakenteet, kenttärakenteet, teollisuuden- ja varastorakennusten pohjarakenteet
Rengasrouhe	Väylärakenteet, kenttärakenteet, vallirakenteet, teollisuuden- ja varastorakennusten pohjarakenteet
Kokonaiset renkaat	Väylä-, ja kenttärakenteiden, vallirakenteiden, teollisuuden- ja varastorakennusten pohjarakenteiden kevennys-, tuki- ja sitovat rakenteet
Rakenteesta poistettu jäte	Hyödyntäminen MARA-asetuksen 2 §:n mukaisessa maarakentamisessa

MARA-asetuksen mukainen rekisteröinti-ilmoitus tehdään hyödyntämispaikan haltijan toimesta ELY-keskukselle, jotta se voidaan rekisteröidä ympäristönsuojelun tietojärjestelmään. Jos ilmoituksen teossa on epäselvyyksiä, ELY-keskukseen on oltava yhteydessä ennen ilmoituksen tekoa. Lähetetty ilmoitus tarkastetaan ja merkitään tietojärjestelmään ELY-keskuksen valvontaviranomaisen toimesta. Kun ilmoitus on merkitty tietojärjestelmään, ilmoituksen mukaisen jätteen hyödyntäminen kohteessa on mahdollista. (Ympäristö.fi 2024.) Ilmoituksen merkintä ympäristönsuojelun tietojärjestelmään viranomaisen toimesta on maksullista. Maksu määräytyy VN:n 1215/2023 (Valtioneuvoston asetus elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten, työ- ja elinkeinotoimistojen sekä kehittämis- ja hallintokeskuksen maksullisista suoritteista vuonna 2024) mukaisesti. Asetuksen liitteenä olevan maksutaulukon mukaan kertaluontoinen ympäristönsuojelun tietojärjestelmään merkitsemisen maksu on 242 euroa. (VN:n 1215/2023.)

2.3 Ympäristölupa

Ympäristölupaa jätemateriaalin hyödyntämiselle haetaan silloin, kun materiaali ei täytä MARA-asetuksen mukaisia edellytyksiä eikä materiaali ole luokiteltavissa tuotteeksi. MARA-asetuksen mukaiset materiaalien hyödyntämisen edellytykset on esitetty liitteessä 1. Ympäristölupaa haetaan sel-

laiselle toiminnalle, joka voi aiheuttaa ympäristön pilaantumisen tai sen vaaran. Ympäristönsuojelulain (527/2014) on maininta, jonka mukaan lupahakemuksen laatijan asiantuntemuksen tulee olla riittävä. Hakemuksen voi laatia myös ulkopuolinen asiantuntija. Ennen luvan hakemista ja varsinkin sen hakuun liittyvissä epävarmoissa tilanteissa tai kysymyksissä on hyvä olla yhteydessä ELY-keskuksen tai kunnan ympäristönsuojeluviranomaiseen. Materiaalia ei voida hyödyntää ennen luvan myöntämistä. (Ympäristö.fi 2023.)

Luvanvaraisen toiminnan laajuus ja luonne määräävät sen, kohdistetaanko lupahakemus aluehallintovirastolle vai kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle. Aluehallintovirastolle osoitetaan ympäristönsuojelulain asetuksen (713/2014) § 1 ja ympäristönsuojelulain (527/2014) § 34 mukaiset lupahakemukset. Kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle osoitetaan ympäristönsuojelulain asetuksen (713/2014) § 2 mukaiset lupahakemukset. Lupaa haetaan ensisijaisesti aluehallintoviraston sähköisen asiointipalvelun kautta tai palvelun käytön estyessä vaihtoehtoisesti sähköpostitse. (Ympäristö.fi 2023.)

Lupaprosessin kulku:

- lupaviranomaisen kuulutus hankkeesta tiedottamalla
- muistutukset ja mielipiteet (asianosaisilta, kansalaisilta)
- lupaviranomaisen lausunto hakemuksesta
- viranomaisen päätös (jonka liitteenä valitusosoitus). (Ympäristö.fi 2023.)

Tavoitteellinen ympäristölupahakemuksen käsittelyaika on aluehallintovirastolla 10–12 kuukautta, kun lupaa haetaan uudelle toiminnalle tai toiminnan muutokselle. Käsittelyaika voi kuitenkin olla pidempi (jopa monia kuukausia), jos hakemuksessa on puutteellisia tietoja tai hakija muuttaa hakemustaan kesken hakemuksen käsittelyprosessin. (Aluehallintovirasto 2024.)

Kunnalle/kaupungille osoitetun ympäristölupahakemuksen tavoitteellinen käsittelyaika voi olla aluehallintoviraston tavoitteelliseen käsittelyaikaan verrattuna lyhyempi. Esimerkiksi Oulun seudun ympäristötoimella uudelle toiminnalle tai toiminnan muutokselle haettavien ympäristölupien tavoitteellinen käsittelyaika on 8 kuukautta. Vuonna 2023 Oulun seudun ympäristötoimeen saapuneiden ympäristölupien käsittelyajan keskiarvo on ollut 8,4 kuukautta. Lupaprosessin kestossa voi olla vaihtelua. Puutteellisen hakemuksen käsittelyaika voi pidentyä yli tavoiteajan, kun taas hyvin laaditun hakemuksen käsittelyaika voi olla jopa tavoitteellista aikaa lyhyempi. (Isoherranen 2024.)

3 TUTKITUT UUSIOMATERIAALIT

3.1 Tuotteistettuja uusiomateriaaleja

Uusiomateriaalin tuotteistus tarkoittaa sitä, että uusiomateriaalista, joka voi olla luokiteltu jätelainsäädännön (646/2011) mukaisesti jätteeksi, kehitetään kaupallinen tuote. Uusiomateriaalin tuotteistamisen toteuttaminen kuuluu uusiomateriaalin valmistajan tai toimittajan vastuulle. Tuotteistamisprosessi sisältää mm. uusiomateriaalin ominaisuuksien selvittämisen, suunnittelu- ja työohjeiden laatimisen, tuote-esitteiden teon sekä tarvittavat laadunvarmistuskäytännöt ja niiden kehittämisen. (Väylävirasto 20/2022, 16.)

Jos uusiomateriaali on tuotteistettu, ei materiaalin käyttöön väylärakentamisessa tarvita ympäristölupaa, koska jätelain (646/2011) perusteella sitä ei edellytetä. Myöskään MARA-asetuksen mukaista rekisteröinti-ilmoituksen tekemistä ei edellytetä, koska uusiomateriaali ei ole tuotteistettuna luokiteltu jätteeksi. Tuotteistettujen materiaalien käyttö väyläkohteella vaatii kuitenkin, että tuotteille on tehty Väyläviraston toteuttama yleisen teknisen soveltuvuuden arviointi tai materiaalille tehdään hankekohtainen teknisen soveltuvuuden arviointi ohjeen ”Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa 20/2022” ja oppaan ”Uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointi 2/2022” mukaisesti. (Väylävirasto 20/2022, 13.)

Tuotteistettuja uusiomateriaaleja on tässä opinnäytetyössä käsitelty ferrokromikuonamurskeen, ferrokromihiekan, masuunihiekan, LD-masuunihiekan, LD-teräskuonan ja vaahtolasimurskeen osalta.

3.1.1 Ferrokromikuonamurske-hiekka

Ferrokromikuona on terästeollisuudesta peräisin olevaa sivutuotetta, jota syntyy ferrokromin valmistuksen yhteydessä, jota käytetään teräksen raaka-aineena. Suomessa ferrokromia valmistetaan Torniossa Outokumpu Chrome Oy:n tehtaissa, joissa kuonamateriaalia syntyy vuodessa noin 700 000 tonnia. (Destia 2019, 6.) Ferrokromikuonamurske syntyy, kun ferrokromikuonaa jäähdytetään ilman avulla ja murskataan. Ferrokromikuonahiekkaa sen sijaan syntyy, kun ferrokromikuonaa jäähdytetään veden avulla, eli granuloidaan. Ferrokromikuonamurske ja ferrokromikuonahiekka

voidaan varastoida ilman suojausta. Talvella materiaalien varastoinnin osalta tulee ottaa huomioon materiaalien heikko lämmönjohtokyky. Jos varastointi on toteutettu talvella suuriin kasoihin ilman kosteuden ollessa korkea, materiaalikasojen sulaminen kesän aikana ei ole varmaa. (Väylävirasto 20/2022, 54.) Kuvassa 1 on esitetty ferrokromikuonamursketta ja kuvassa 2 ferrokromikuonahiekkaa.



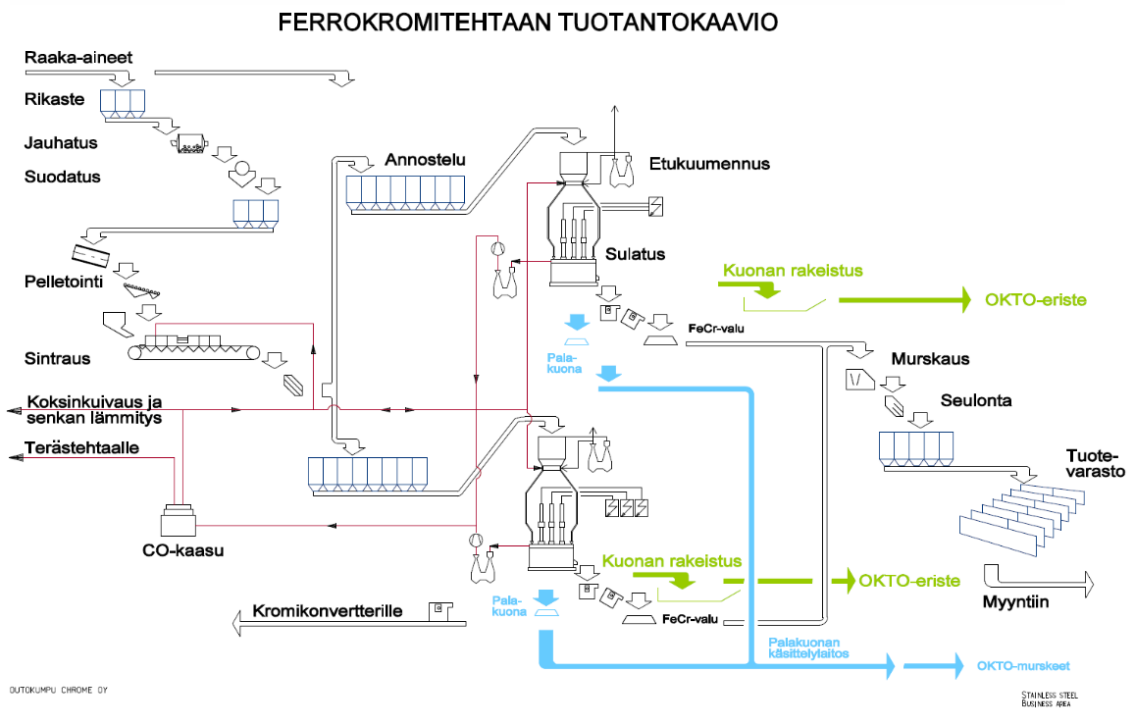
KUVA 1. Ferrokromikuonamurskeen ulkonäkö (Iijokiseutu 2022, 54.)



KUVA 2. Ferrokromikuonahiekkan ulkonäkö (Väylävirasto 20/2022, 54)

Tuotteistetusta ferrokromikuonamurskeesta käytetään nimitystä OKTO-murske ja tuotteistetusta ferrokromikuonahiekasta käytetään nimitystä OKTO-eriste. OKTO-murske ja OKTO-eriste ovat CE-merkittyjä ja tuotevastuulain alaisia materiaaleja. OKTO-murskeella ja OKTO-eristeellä on hyvä kantavuus- ja lämmöneristyskyky sekä alhainen veden imeytymiskorkeus. Kumpikin materiaali on pölyämätöntä. OKTO-eriste on myös kevyttä ja routimatonta materiaalia. Koska OKTO-eriste ei kovetu rakenteeseen, se voidaan hyötykäyttää tarvittaessa uudelleen rakenteesta poiston jälkeen.

OKTO-eristeen valmistuksesta ja käytöstä on kokemuksia jo vuodesta 1969 lähtien. Suomessa OKTO-mursketta ja OKTO-eristettä on hyödynnetty tie- ja katurakenteissa sekä päällysteiden runkoaineena Oulussa, Kemissä ja Tornion välillä sekä Rovaniemellä. (Destia 2024.) OKTO-tuotteiden käyttö asfalttipäällysteiden materiaalina on lopetettu (Sipola 2023). Valmistettavien OKTO-murskeiden raekoko on 0/22 mm ja valmistettavien OKTO-eristeiden 0/11 mm (Destia 2019). Kuvassa 3 on esitetty Outokumpu Oy:n ferrokromitehtaan tuotantokaaviossa OKTO-murskeen ja OKTO-eristeen syntyprosessit.



KUVA 3. OKTO-murskeen (merkitty sinisellä) ja OKTO-eristeen (merkitty vihreällä) valmistuksen syntyprosessit (Destia 2019, 6)

OKTO-murskeen ja OKTO-eristeen emäksisyyden vuoksi alumiinisessa materiaalissa voi esiintyä korroosiota tai rakenteessa käytetty polyesterista valmistettu lujitemateriaali voi menettää lujuutensa, jos ne pääsevät kosketuksiin OKTO-murskeen tai OKTO-eristeen kanssa (Ramboll Finland Oy 2022, 28).

Ferrokromikuonamurske ja ferrokromikuonahiekka on tuotteistettu Suomessa toimivan valmistajan oman ympäristöluvan mukaan, eikä sen käyttöön tarvita ympäristölupaa tai MARA-asetuksen mukaista rekisteröinti-ilmoitusmenettelyä (Väylävirasto 20/2022, 54).

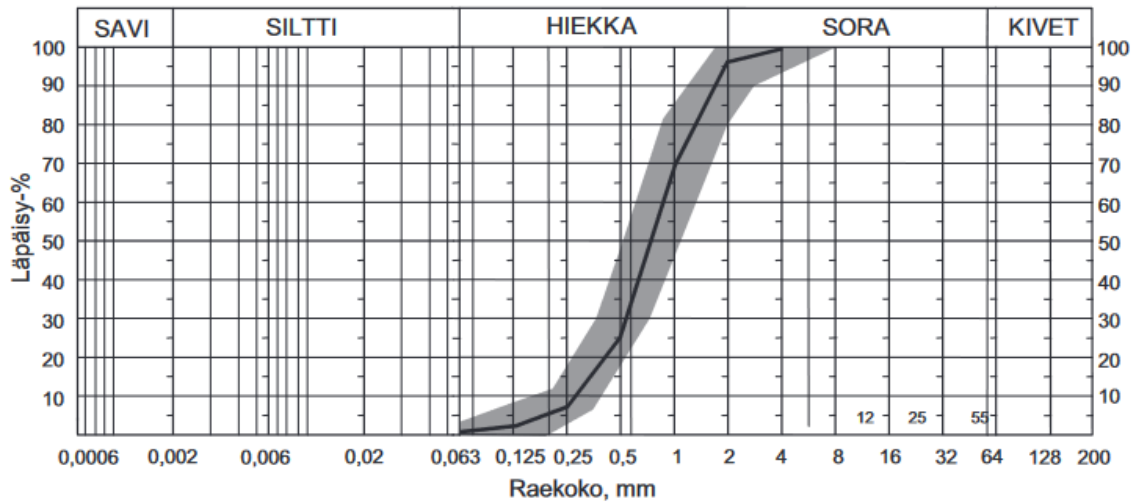
3.1.2 Masuunihiekka ja LD-masuunihiekka

Masuunihiekka ja LD-masuunihiekka ovat peräisin raakaraudan valmistuksen sivutuotteesta, eli masuunikuonasta, jota jalostaa ja markkinoi SSAB Europe Oy. Masuunihiekalla ja LD-masuunihiekalla on CE-merkintä, jonka mukaan valmistaja vakuuttaa, että tuotteet täyttävät niitä koskevien standardien vaatimukset. (Rakennustieto 2020.) Lyhenne LD tarkoittaa teräksen happipuhallusmenetelmän perusprosessia (LD-menetelmä), joka on nimetty Itävallassa sijaitsevien Linzin ja Donawitzin kaupunkien mukaan, joissa menetelmä on kehitetty 1950-luvulla. Happea käytetään pienentämään rautaseoksen hiilipitoisuutta. (Metallinjalostajat ry 2014, 35.)

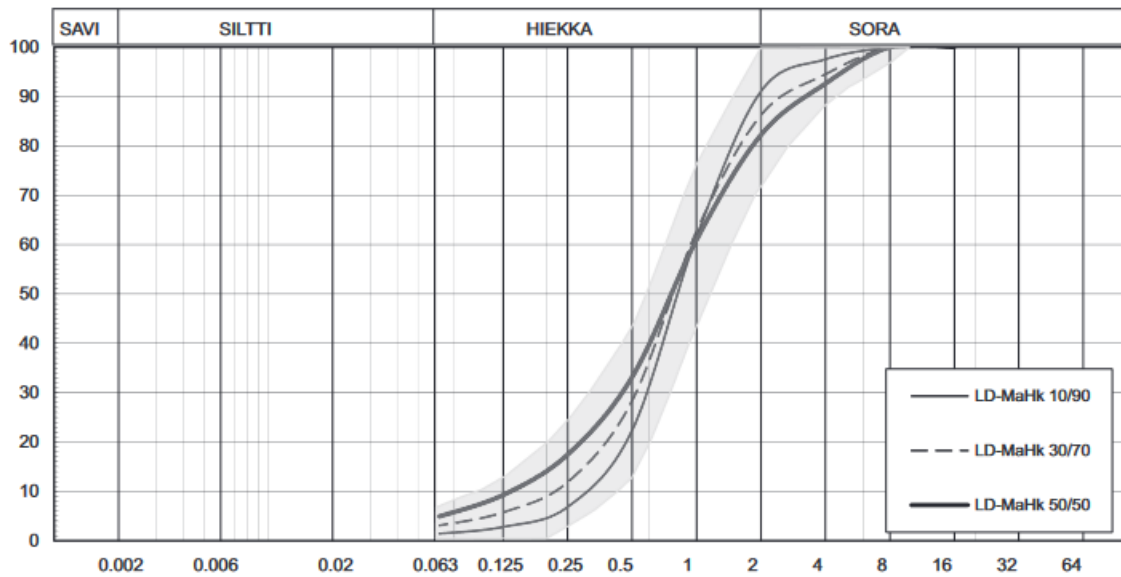
Masuunikuonasta saadaan huokoista masuunihiekkaa, kun sulaa kuona-ainetta vesijäähdytetään (granuloidaan) ohjaamalla kuona-aine paineelliseen vesisuihkuun. LD-masuunihiekkaa saadaan yhdistämällä masuunihiekkaa ja LD-teräskuonaa seossuhteella 30/70 tai 50/50, jolloin seokselle saadaan paremmat kantavuus ja kestävyysominaisuudet rakenteessa. Tietoja LD-teräskuonasta on esitetty tämän opinnäytetyön luvussa 3.1.4. Valmistetun masuunihiekan raekoko on yleisesti luokkaa 0/6 mm ja LD-masuunihiekan luokkaa 0/8 mm. (Rakennustieto 2020.) Kuvassa 4 on esitetty valmiin masuunihiekan ulkonäköä ja kuvassa 5 masuunihiekan rakeisuuskäyrä ja ohjeellinen rakeisuusalue, jolle rakeisuuskäyrän tulee sijoittua. Kuvassa 6 on esitetty LD-masuunihiekan rakeisuuskäyrät masuunihiekan ja teräskuonan eri seossuhteilla ja kuvassa 7 ohjeellinen rakeisuusalue, kun masuunihiekkaa tai LD-masuunihiekkaa käytetään stabiloitavaan rakennekerrokseen.



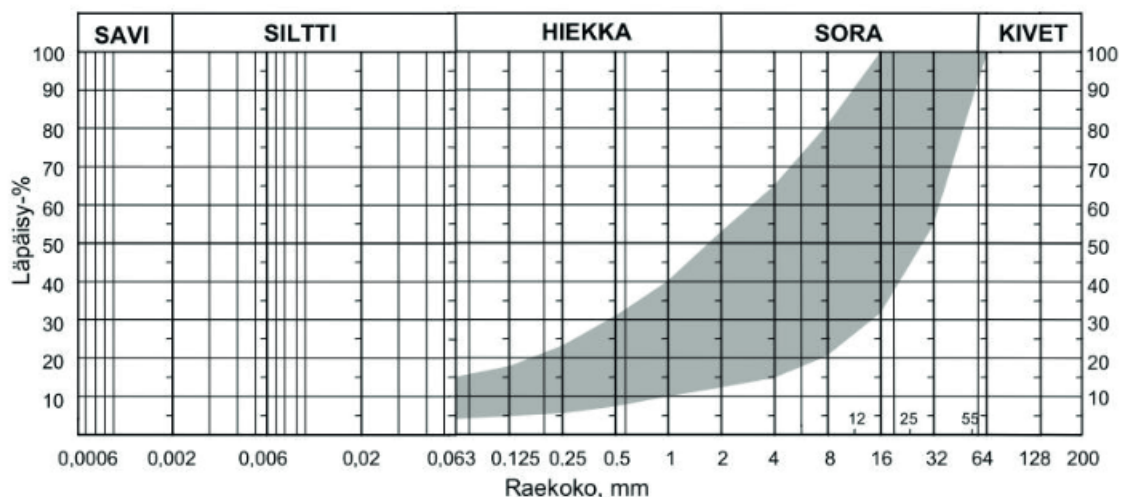
KUVA 4. Valmiin masuunihiekan ulkonäkö (Mäkelä & Höynälä 2000, 21)



KUVA 5. Masuunihiekan rakeisuuskäyrä (musta viiva) ja ohjeellinen rakeisuusalue (harmaa alue-
rajaus) (Rakennustieto 2020)



KUVA 6. LD-masuunihiekan rakeisuuskäyrät masuunihiekan ja teräskuonan seossuhteella 10/90,
30/70 ja 50/50 (Rakennustieto 2020)



KUVA 7. Ohjeellinen rakeisuusalue, kun masuunihiekalla tai LD-masuunihiekalla rakennetaan stabiilitava rakennekerros (Rakennustieto 2020)

Masuunihiekka saa huokoisen ominaisuutensa, kun masuunikuonan jäähditys toteutetaan nopeasti, jolloin masuunihiekan kiteytymistä ei ehdi tapahtua. Lasimaisuusaste masuunihiekalla on noin 98–100 %. (Mäkelä & Höynälä 2000, 21.) Kuvassa 8 on esitetty masuunihiekkaa lähikuvassa.



KUVA 8. Valmistetun masuunihiekan ulkonäkö lähikuvassa (Rakennustieto 2020)

Luonnonkiviaineksista rakennettuihin rakennekerroksiin verrattuna masuunihiekalla ja LD-masuunihiekalla voidaan rakennekerroksista rakentaa ohuempia, koska materiaaleilla rakennetuilla rakenteilla on paremmat lämmöneristyksen sekä kantavuuden ominaisuudet. Masuunihiekan sitoutuminen rakenteeseen tapahtuu hydraulisesti, eli materiaali tarvitsee sitoutuakseen sopivat kosteusolosuhteet. Koska sitoutumisreaktio tapahtuu masuunihiekkarakeen pinnalla, pinnan mahdollinen rikkoutuminen (halkeaminen) käynnistää sitoutumisreaktion uudella pinnalla ja halkeaman on mahdollista korjautua. Sitoutunut masuunihiekka- tai LD-masuunihiekkarakenne on puolijäykkä rakenne, jonka kantavuus on luonnonkiviaineksia parempi. (Rakennustieto 2020.)

Masuunihiekka ja LD-masuunihiekka saattavat paakkuuntua pitkäaikaisvarastoinnin yhteydessä tai varastoinnin aikana tapahtuvan materiaalien tiivistymisen vuoksi. Massiivirakenteessa masuunihiekan tai LD-masuunihiekan lievä paakkuuntuminen ei ole haitaksi, vaan paakut saadaan hajotettua rakenteessa materiaalin levityksen ja tiivistämisen aikana. Varastoitua masuunihiekkaa tai LD-masuunihiekkaa ei tarvitse suojata, kunhan varastoidun masuunihiekan päältä ei ajeta työkoneilla. (Rakennustieto 2020.)

Masuunihiekka on hyvin rakenteeseen lujittuvaa materiaalia, joka täytyy ottaa huomioon myöhemässä vaiheessa esimerkiksi kaivutöitä tehdessä. Masuunihiekkaa sisältävän rakenteen tulee olla kuivatettavissa suodatinkerroksella, kun alusrakenneluokka on E, F tai G. (Ramboll Finland Oy 2022, 28.) Suodatinkerroksen alusrakenneluokat E, F ja G tarkoittavat routivia sekalaatuisia alusrakenteita (Liikennevirasto 2018, 123).

Masuunihiekka ja LD-masuunihiekka on tuotteistettu Suomessa toimivien masuunihiekan valmistajien oman ympäristöluvan mukaan. Tuotteistus koskee granuloituja masuunikuonia sekä niistä valmistettuja lopputuotteita. Näin ollen masuunihiekan käyttöön ei tarvita erillistä ympäristölupaa tai MARA-asetuksen mukaista rekisteröinti-ilmoitusta. (Väylävirasto 20/2022, 58.)

3.1.3 LD-teräskuona

LD-teräskuona (konvertteriteräskuona) on terästeollisuudessa syntyvää sivumateriaalia. LD-teräskuona syntyy raakaraudan valmistuksen yhteydessä rautaseoksen hiilipitoisuuden laskemisen myötä. LD-teräskuonasta saadaan 0/8 mm:n raekoon materiaalia murskaamalla ja seulomalla ulkoilmassa seisotettua, jäähdytettyä ja kostutettua teräskuonaa, josta on poistettu kuonakappaleet, jotka sisältävät metallipitoista rautaa. (Väylävirasto 20/2022, 63.) Lyhenteen LD alkuperä on selitetty tämän opinnäytetyön luvussa 3.1.2. LD-teräskuonasta käytettävä konvertteriteräskuona nimitys on peräisin teräksen valmistuksessa käytettävän happipuhallusprosessin sylinterin muotoisesta reaktioastiasta, eli konvertterista (Metallinjalostajat ry 2014, 35).

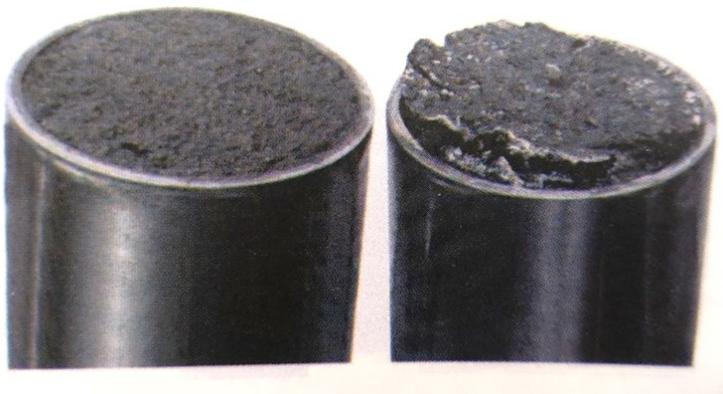
LD-masuunihiekan valmistuksessa LD-teräskuonaa käytetään lisäämällä masuunihiekan sekaan LD-teräskuonaa seossuhteella 30/70 tai 50/50 (Rakennustieto 2020). Huokosten määrä LD-teräskuonassa on masuunikuonaan verrattuna alhaisempi ja masuunikuonaan sekä luonnonkivimateriaaliin verrattuna teräskuona on painavampaa (Tiehallinto 2007, 42). Tietoja LD-masuunihiekasta

on esitetty tämän opinnäytetyön luvussa 3.1.2. Kuvassa 9 on esitetty murskatun LD-teräskuonan levitystä rakennettavalle tielle.



KUVA 9. LD-teräskuonan levitys tielle (Tielaitos 1996)

Tuoreen LD-teräskuonan ominaisuutena on sen paisuminen jopa 10 % alkuperäisestä massastaan kosteuden vuoksi. Paisumiseen vaikuttaa teräskuonan sisältämän kalsiumoksidin ja magnesiumin määrä sekä huokoisuus (materiaalin rakeiden halkeamien määrä). Teräskuonan paisuminen tapahtuu hitaasti ja paisumisen käynnistyminen uudelleen on mahdollista, jos rakeet rikkoutuvat. (Tiehallinto 2007, 41.) Jotta paisumista voidaan ehkäistä, tehdään valmiille murskatulle teräskuonalle ns. vanhentamismenetelmä, jossa sitä varastoidaan kostutettuna. (Väylävirasto 20/2022, 63.) Paisumista voidaan myös hillitä lisäämällä LD-teräskuonan sekaan masuunihiekkaa (Nurminen 2017, 38). Kuvassa 10 on esitetty kuivan ja paisuneen teräskuonan ulkonäköä.



KUVA 10. Teräskuonan paisuminen. Teräskuona vasemmanpuoleisessa putkessa kuivana ja oikeanpuoleisessa putkessa kosteudesta paisuneena (Mäkelä & Höynälä 2000, 30)

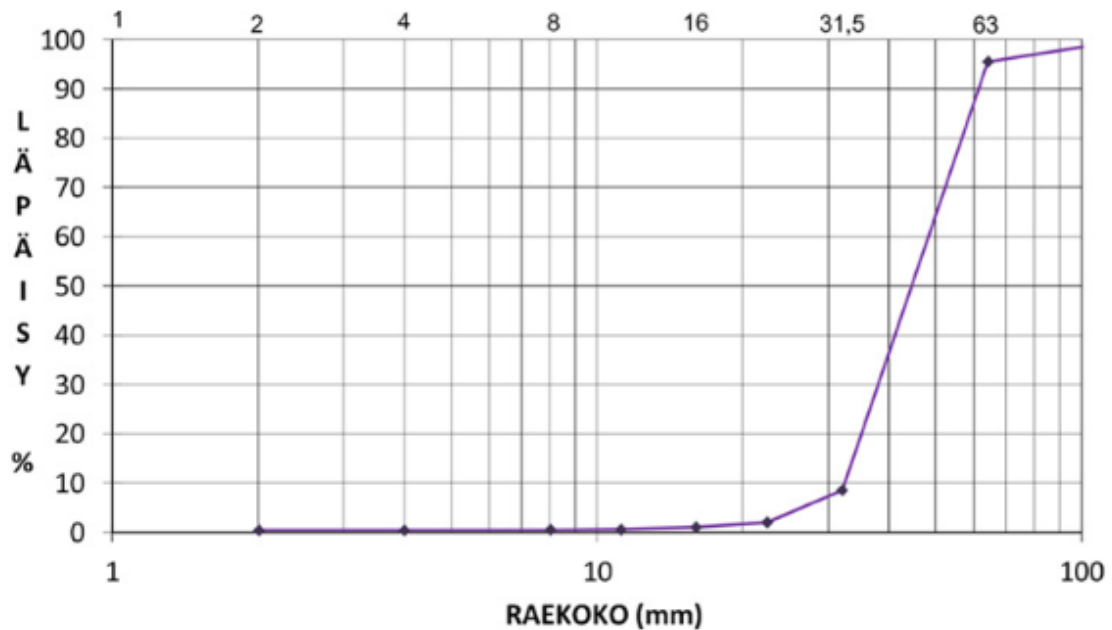
LD-teräskuonalla on korkea pH-arvo, joka voi aiheuttaa korroosivaikutuksia metallisessa materiaalissa (Tiehallinto 2007). Teräskuonan käsittelyssä ja varastoinnissa on otettava huomioon materiaalin pölyäminen kuivana, joka voi aiheuttaa ärsytystä silmissä ja hengitysteissä. Materiaali voidaan varastoida suojaamatta mutta käsiteltäessä se on kastettava hyvin pölyämisen ehkäisemiseksi. LD-teräskuona on tuotteistettu Suomessa toimivan valmistajan oman ympäristöluvan mukaan. (Väylävirasto 20/2022, 63.)

3.1.4 Vaahtolasimurske

Vaahtolasimursketta Suomessa valmistaa ja markkinoi Uusioaines Oy. Yrityksen valmistama vaahtolasimurske on CE-merkittyä. Vaahtolasimurskeessa käytetään kierrätettyä, epäpuhtauksista ja metalleista puhdistettua käyttökelpoista lasia. Puhdas lasi jauhetaan hienoksi lasijauheeksi, johon sekoitetaan vaahtodusainetta, jota saadaan teollisuuden sivuvirrasta. Sekoitettu aines paisutetaan viisinkertaiseksi alkuperäisestä koostaan 900 asteisessa uunissa. Jäähdytymisen jälkeen aines hajoaa itsestään murskeeksi, jonka jälkeen se jatkokäsitellään vielä raekokoon 0/60 mm. Valmis vaahtolasimurske koostuu noin 99 % kierrätyslasista ja noin 1 % vaahtodusaineesta. Vaahtolasimursketta on mahdollista käyttää jopa pohjavesialueilla, jossa sen käyttöön ei vaadita erikseen ympäristö lupaa. Toteutetun riskiarvion (Ramboll 2011b) mukaan vaahtolasimurskeen käyttö pohjavesialueilla ei aiheuta merkittävästi pohjaveden pilaantumisen riskiä, kun vaahtolasimursketta käytetään teiden-, katujen- tai kenttärakenteiden routaeristeenä ja/tai kevennysmateriaalina. (Uusioaines Oy 2023.) Kuvassa 11 on esitetty valmista vaahtolasimursketta ja kuvassa 12 vaahtolasimurskeelle tyypillinen rakeisuuskäyrä.



KUVA 11. Valmistettua vaahtolasia (Uusioaines Oy 2023)



KUVA 12. Vaahtolasimurskeelle tyypillinen rakeisuuskäyrä (Uusioaines Oy 2023)

Vaahtolasimurske on haitta-aineetonta sekä ympäristöystävällistä 100 % kierrätettävyytensä ansiosta. Vaahtolasimurskeella on CE-merkintä. Materiaalin osalta etuja maarakentamisessa ovat materiaalin keveys, materiaalin käsittelyn ja työstämisen helppous sekä jäätyminen ja sulamisen kestävyys. Etuna on myös se, että materiaalilla rakennettu rakenne on heti kuormitettavissa ja käyttövalmis. Materiaalin asentaminen ei myöskään vaadi erikoiskaluston käyttöä eikä materiaalia ole tarvetta suojata varastoinnissa sateelta. Kun materiaalia siirretään rakenteeseen, tulee varmistua siitä, ettei materiaalin mukana kulkeudu lunta rakenteeseen. Jos vaahtolasimurskerakenne puretaan, on materiaali uudelleenkäytettävissä. Käsiteltäessä vaahtolasimurskettä, on huomioitava sen mahdollinen pölyäminen. Pölyämistä voidaan ehkäistä kastelemalla materiaalia ennen käsittelyä. (Uusioaines Oy 2023.) Vaahtolasimurske on tuotteistettu, eikä sen käyttöön tarvita ympäristölupaa tai MARA-asetuksen mukaista rekisteröinti-ilmoitusmenettelyä (Väylävirasto 20/2022, 64).

3.2 Jätteen luokiteltuja teollisuuden sivumateriaaleja

Erilaiset tuhkamateriaalit ovat peräisin metsä- ja energiateollisuuden energiantuotannon polttoprosesseista. Suomessa tuhkamateriaaleja syntyy yli miljoona tonnia vuodessa. Tuhkamateriaalia syntyy, kun poltetaan biomassapohjaisia tai kiinteitä fossiilisia polttoaineita (puuperäinen aine, kivihiili, turve). (Infra 062-710191, 2.) Uusiomateriaaleja, jotka ovat metsä- ja energiateollisuuden polttoprosessien sivumateriaaleja, on tässä opinnäytetyössä käsitelty lentotuhkan, pohjatuhkan ja

leijupetihiekan osalta. Näitä sivumateriaaleja ei ole tuotteistettu ja materiaalit on luokiteltu jätteeksi. (Väylävirasto 20/2022.)

3.2.1 Lentotuhka

Lentotuhka on metsä- ja energiateollisuuden polttoprosessien palamatonta hienojakoista tuhkamateriaalia, joka erotellaan savukaasuista. Lentotuhkaa syntyy kivihiilen, turpeen tai puuperäisen aineksen polton seurauksena. Puuperäisellä aineksella tarkoitetaan puuhaketta, kuorijätettä, massasta valmistetun paperin tuotannosta tai tuoreen käsittelemättömän paperimassan (ensiömassan) tuotannosta syntyneitä kuituja sisältävää kasviperäistä jätettä, käsittelemätöntä puujätettä tai muuta edellä mainittuihin verrattavaa puuperäistä ainesta. Polton yhteydessä syntyy savukaasuja, joista sähköisellä tai mekaanisella toimintatavalla lentotuhka voidaan erottaa. (VNa 843/2017.) Kuvassa 13 on esitetty kivihiilen poltosta syntyneitä lentotuhkaa ja kuvassa 14 puunpoltosta syntyneitä lentotuhkaa.

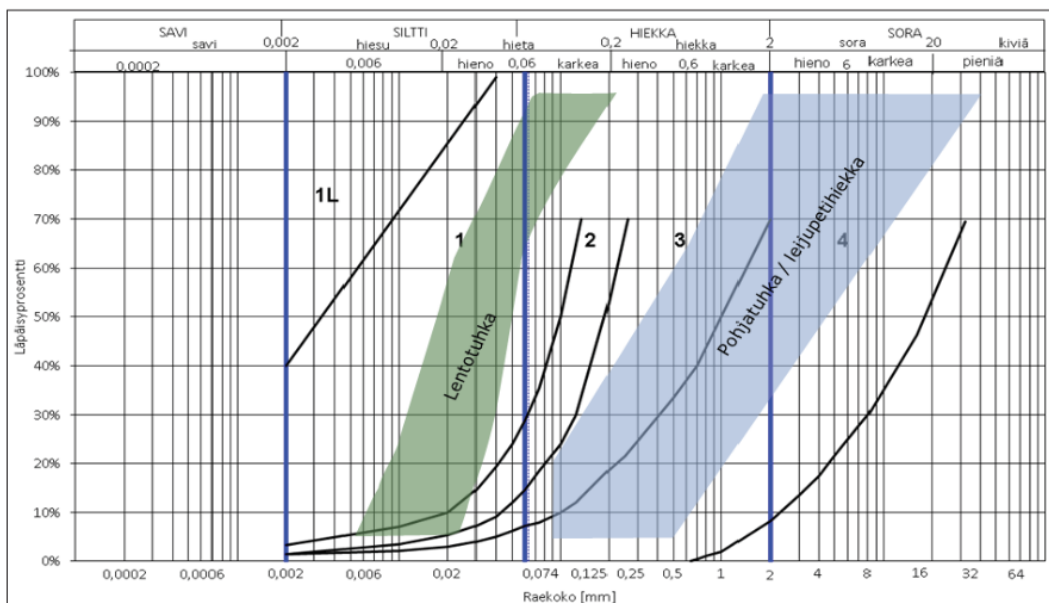


KUVA 13. Kivihiilen polton lentotuhka (Ramboll 2020)



KUVA 14. Puunpolton lentotuhka (Ramboll 2020)

Lentotuhkan rakeisuus on luokkaa 0,002/0,1 mm, eli materiaali on hyvin hienojakoista ja helposti kuivana pölyävää. Rakeisuudeltaan lentotuhkaa voidaan verrata maalajeista silttiin tai hiekkaiseen silttiin. Polttoprosessissa syntyvän lentotuhkan ominaisuudet riippuvat siitä, millaista polttoainetta poltossa on käytetty sekä poltto- ja käsittelyprosessin laadusta. Jos lentotuhka pääsee varastoinnin aikana kosketuksiin veden kanssa, se voi paakkuuntua. (Infra 062-710191, 4.) Kuvassa 15 on esitetty lentotuhkan, pohjatuhkan ja leijupetihiekan ohjeellinen rakeisuusalue ja tietoja routivuudesta. Kuvassa 16 on esitetty miten eri vesipitoisuudet vaikuttavat lentotuhkan ulkomuotoon.



KUVA 15. Lentotuhkan, pohjatuhkan ja leijupetihiekan ohjeellinen rakeisuusalue. Kuvassa routivuusalueen 1L käyrät 1-4 tarkoittavat routivuusaluekäyriä, joiden mukaan 1= routivat materiaalit ja 2-4= routimattomat materiaalit, kun käyrä ei osu vasemman puoleiseen rajakäyrään leikkaavasti (Infra 062-710191, 5)



KUVA 16. Lentotuhkan ulkomuoto, kun vesipitoisuus on A = < 1 %, B = 26 % ja C = 41 % (Infra 062-710191, 5.)

Lentotuhka on itselujittuvaa materiaalia ja jotta se saadaan lujittumaan rakenteeseen tiivistämisen jälkeen, tulee lentotuhkan optimivesipitoisuuden olla oikealla tasolla (20–50 %) ja tiivistystyömäärän riittävä, jotta rakennekerros saadaan kestäväksi sekä toimivaksi. Varastointi voidaan toteuttaa joko vedellä kostutetun lentotuhkan varastointina tai kuivavarastointina. Kostutetun lentotuhkan sitoutumis- ja lujittumiskyvyt veden avulla voivat kärsiä ja lentotuhka voi mineralisoitua, jos kasattua lentotuhkaa ei käytetä pian. Mainitut ominaisuudet kärsivät jo muutaman viikon varastoinnista. Kuivavarastoinnissa puolestaan lentotuhka säilyttää hyvin tekniset ominaisuutensa. Yleisesti kasaan varastoitu lentotuhka voi muuttua karkeammaksi rakeisuutensa osalta, koska kasaus synnyttää materiaaliin paakkuuntumista. Lentotuhkan käsittelyn osalta on huomioitava, että materiaali pölyää herkästi kuivana, joka voi vaurioittaa silmiä sekä ärsyttää hengitysteitä ja ihoa. Lentotuhkaa käsiteltäessä työmaalla (kuljetus, levitys), pölyämistä estetään kostuttamalla lentotuhkaa ja käytetään suojarusteita (hengitys- ja silmäsuojaimet, käsineet, muu asianmukainen työvaatetus). (Infra 062-710191, 11.)

Lentotuhkan emäksisyyden (korkean pH:n) vuoksi alumiinisessa materiaalissa voi esiintyä korroosiota tai rakenteessa käytetty polyesterista valmistettu lujitemateriaali voi menettää lujuuttaan, jos ne pääsevät kosketuksiin lentotuhkan kanssa. (Ramboll Finland Oy 2022, 28.)

Lentotuhka, joka soveltuu maarakentamisen materiaaliksi, on luokiteltu kolmeen eri käyttöluokkaan; LT I, LT II ja LT IV. Luokitus määräytyy lentotuhkan routivuusominaisuuksien, jäätymissulamiskokeen (28 vrk) jälkeisen lujuuden alenemisen tuloksien ja yksiaksiaalisen puristuslujuuden (28 vrk ikäinen materiaali) testaamisen jälkeisiin tuloksiin. (Infra 062-710191, 7.) Yksiaksiaalinen puristuslujuus tarkoittaa menetelmää, jossa selvitetään materiaalin leikkauslujuus (Jääskeläinen 2011).

Lentotuhka luokitellaan jätteeksi ja sen käyttö vaatii MARA-asetuksen (VNa 843/2017) mukaisen rekisteröinti-ilmoitusmenettelyn. MARA-asetusta voidaan hyödyntää kuitenkin vain sillä ehdolla, että lentotuhka täyttää asetuksen mukaiset materiaaliikohtaiset vaatimukset, jotka koskevat materiaalin haitta-ainerajoja, materiaalin enimmäiskerrosspaksuutta ja muita laatuvaatimuksia maarakentamiskohteeseen liittyen. Nämä vaatimukset on esitetty asetuksen liitteissä. Jos lentotuhka ei ole esitettyjen vaatimusten mukaista, tulee sen käyttöä varten hakea ympäristölupa. (Väylävirasto 20/2022, 57.)

3.2.2 Pohjatuhka ja leijupetihiekka

Pohjatuhka ja leijupetihiekka ovat metsä- ja energiateollisuuden polttoprosessien palamatonta hienojakoista tuhkamateriaalia. Pohjatuhkaa ja leijupetihiekkaa syntyy, kun kivihiiltä, turvetta tai puuperäistä ainesta poltetaan teollisuuslaitoksen polttoprosessissa. Puuperäinen aines on määritelty tarkemmin tämän opinnäytetyön luvussa 3.2.1. Polttoprosessissa pohjatuhkaa muodostuu arina- ja pölypolttokattiloiden polttotason alle, kun taas leijupetihiekkaa muodostuu leijupetikattilassa polttoprosessin aikana savukaasuista. (VNa 843/2017; Väylävirasto 20/2022, 60.) Kuvassa 17 on esitetty kivihiilen poltosta syntynyttä pohjatuhkaa ja kuvassa 18 kivihiilen poltosta syntynyttä leijupetihiekkaa.



KUVA 17. Kivihiilen polton pohjatuhkaa (Ramboll 2020)



KUVA 18. Kivihiilen polton leijupetihiekkaa. Oikealla puolella oleva leijupetihiekka on tuoreempaa ja eri sävyistä vasemmanpuoleiseen vanhempaan leijupetihiekkaan verrattuna. (Ramboll 2020)

Polttoprosessissa syntyvän pohjatuhkan ja leijupetihiekan ominaisuudet riippuvat siitä, millaista polttoainetta poltossa on käytetty sekä poltto- ja käsittelyprosessin laadusta. Pohjatuhkan rakeisuusluokka on 0,002/16 mm ja leijupetihiekan 0,063/32 mm. Materiaalien teknisiin ominaisuuksiin varastointi ei oleellisesti vaikuta. Pölyäminen pohjatuhkalla ja leijupetihiekalla on vähäisempää lentotuhkaan verrattuna, mutta kuitenkin on materiaalien käsittelyn (varastointi, kuljetus, levitys) osalta huomioitava, että materiaali voi pölytä jonkin verran, joka voi vaurioittaa silmiä sekä ärsyttää hengitysteitä ja ihoa. Materiaaleja käsiteltäessä työmaalla pölyämistä estetään kostuttamalla materiaalia vedellä ja käytetään suojavarusteita (hengitys- ja silmäsuojaimet, käsineet, muu asianmukai-

nen työvaatetus) (Infra 062-710191.) Materiaaleja varastoitaessa voidaan pölyämistä ehkäistä suojaamalla materiaalit peittämällä kevytpeitteellä tai vaihtoehtoisesti maakerroksella, jossa maa-aineksen ja pohjatuhkan tai leijupetihiekan sekoittuminen toisiinsa on suojattu suodatinkankaalla. (Ramboll 2020, 103). Pohjatuhkan ja leijupetihiekan ohjeellinen rakeisuusalue sekä routivuusalueen L1 routivuuskäyrät on esitetty tämän opinnäytetyön luvun 3.2.1 kuvassa 15.

Pohjatuhka ja leijupetihiekka soveltuvat maarakentamisen materiaaleiksi, jotka on luokiteltu eri käyttöluokkiin. Pohjatuhkalla luokitus on PT I ja PT II. Leijupetihiekan luokitus on LpHk I ja LpHk II. Luokitus määräytyy pohjatuhkalla ja leijupetihiekalla niiden rakeisuuden mukaan. (Infra 062-710191, 7.) Pohjatuhkan ja leijupetihiekan emäksisyyden vuoksi alumiinisessa materiaalissa voi esiintyä korroosiota tai rakenteessa käytetty polyesterista valmistettu lujitemateriaali voi menettää lujuuttaan, jos ne pääsevät kosketuksiin pohjatuhkan tai leijupetihiekan kanssa. (Ramboll Finland Oy 2022, 28.)

Pohjatuhka ja leijupetihiekka luokitellaan jätteeksi ja niiden käyttö vaatii MARA-asetuksen (VNa 843/2017) mukaisen rekisteröinti-ilmoitusmenettelyn. MARA-asetusta voidaan hyödyntää kuitenkin vain sillä ehdolla, että materiaalit täyttävät asetuksen mukaiset materiaalikohtaiset vaatimukset, jotka koskevat materiaalien haitta-ainerajoja, enimmäiskerrospaksuutta ja muita laatuvaatimuksia maarakentamiskohteeseen liittyen. Nämä vaatimukset on esitetty asetuksen liitteinä. Jos materiaalit eivät ole esitettyjen vaatimusten mukaisia, tulee niiden käyttöä varten hakea ympäristölupaa. (Väylävirasto 20/2022, 60.)

3.3 Purku- ja jätteenpolton materiaaleja

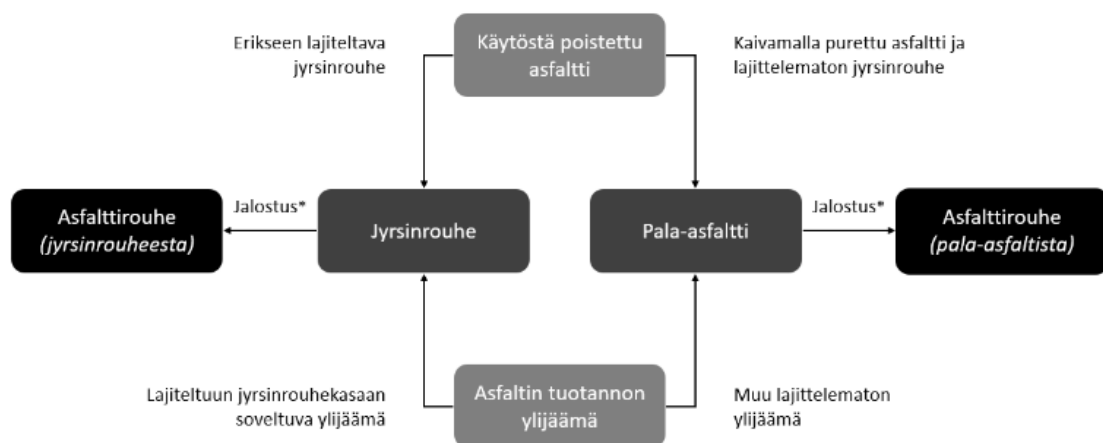
Purkumateriaalit syntyvät rakennustoiminnan ja rakennusteollisuuden käytöstä poistetuista purkumateriaaleista. Jätteenpolton materiaalit ovat jätteen poltossa syntyviä palamattomia materiaaleja (Väylävirasto 20/2022). Uusiomateriaaleja, jotka ovat peräisin purkumateriaaleista, on tässä opinnäytetyössä käsitelty asfalttirouheen, betonimurskeen ja tiilimurskeen osalta. Jätteistä peräisin olevia materiaaleja on tässä opinnäytetyössä käsitelty jätteenpolton pohjakuonan osalta.

3.3.1 Asfalttirouhe

Asfalttirouhetta syntyy, kun käytöstä poistettua asfalttipäällystettä rouhitaan tai murskataan. Poistettu asfalttipäällyste ei saa olla sellaiselta alueelta, jolla on vaarallisten aineiden käsittelyä tai varastointia (VNa 843/2017). Asfalttirouhe voi olla peräisin myös asfaltin tuotannossa syntyvästä ylijäämäasfaltista. Asfalttirouheen jalostuksessa materiaali yleisimmin valmistetaan murskaamalla, joka toteutetaan asfalttiasemalla (PANK Ry 2022). Kuvassa 19 on esitetty puretusta asfaltista rouhittua asfalttirouhetta ja asfalttipaloja ja kuvassa 20 asfalttirouheen valmistuksen periaatteet.



KUVA 19. Kuvan etuosassa ja oikealla purettua asfalttia rouheena ja paloina. (Mäkelä & Höynälä, 38)



KUVA 20. Asfalttirouheen syntyminen. (PANK Ry 2022)

Asfalttirouhetta käytetään pääasiallisesti uuden asfaltin valmistuksessa, jotta neitseellisten kiviainesten käyttöä voitaisiin vähentää (Ramboll 2020). Asfaltin poisto tierakenteesta toteutetaan jyrsimällä asfalttijyrsimellä tai poistamalla vanhaa asfalttia kaivamalla paloina. Toteuttamalla poisto jyrsimällä, asfalttirouheesta saadaan suurimmaksi osaksi saman päällystelajin materiaalia, jonka ominaisuutena on hyvä nastarengaskulutuksen kestävyys ja pääosin sama sideainelaatu ja rakeisuus. Paloina toteutettuna poistetussa asfaltissa on enemmän eri päällystelajeja sisältävää materiaalia ja sen ominaisuudet vaihtelevat. (PANK Ry 2022, 2.)

Käytöstä poistettuja asfalttipäällysteitä voidaan pitää kierrätettävänä ja niitä on käytetty uuden asfalttimassan valmistuksessa jo 1970-luvulta saakka. On kuitenkin tiettyjä rajoituksia, jolloin purettua asfalttipäällystettä ei voida hyödyntää. Kierrätettävyyden voi olla mahdotonta, jos purettu asfalttipäällyste on peräisin sellaiselta alueelta, jossa on sijainnut huoltoasema, polttoaineiden jakelualue, haitallisten aineiden ja erilaisten kemikaalien varastointialue, kyllästettyjä puumateriaaleja sisältänyt puukenttä, satama- tai lentokenttäalueelta, jossa on käytetty hyvin vanhaa kivihiilitervaa sisältävää asfalttimateriaalia. Tällaisilta alueilta purettu asfaltti voi sisältää öljyjäämiä, muita haitta-aineita tai kemikaalijäämiä, jotka voivat uudessa asfaltissa käytettynä aiheuttaa päällysteen laadun heikkenemistä tai terveydelle haitallisia vaikutuksia PAH-yhdisteiden muodossa, kun uutta asfalttia kuumennetaan sen levityksen aikana. (PANK Ry 2022, 2, 3.)

Kun asfalttia poistetaan erilaisilta kohteilta, tulee poistettu materiaali lajitella ja varastoida asfalttilaadun sekä kiviainesten ominaisuuksien mukaisesti. Varastoinnin osalta on varmistettava, etteivät lajitellut materiaalit pääse sekoittumaan keskenään tai paakkuuntumaan varastoinnin aikana. Paakkuuntumista voidaan estää matalampien varastokasojen sekä kasojen päältä työkoneilla ajon estämisen avulla. (PANK Ry 2022, 5, 6.)

Asfalttirouheelle ei yleisesti tarvita erikseen ympäristökelpoisuuden osoittamista. Asfalttirouhe luokitellaan jätteeksi ja sen käyttö vaatii MARA-asetuksen (VNa 843/2017) mukaisen rekisteröinti-ilmoitusmenettelyn. MARA-asetusta voidaan hyödyntää sillä ehdolla, että käyttökohteeseen tarkoitettuna asfalttirouheen määrä on enimmillään 1000 tonnia. Asfalttirouheen tulee täyttää myös asetuksen mukaiset materiaaliikohtaiset vaatimukset, jotka koskevat materiaalin haitta-ainerajoja, enimmäiskerrospaksuutta ja muita laatuvaatimuksia maarakentamiskohteeseen liittyen. Nämä vaatimukset on esitetty asetuksen liitteinä. Jos materiaalit eivät ole esitettyjen vaatimusten mukaisia, tulee niiden käyttöä varten hakea ympäristölupaa. (Väylävirasto 20/2022, 60.)

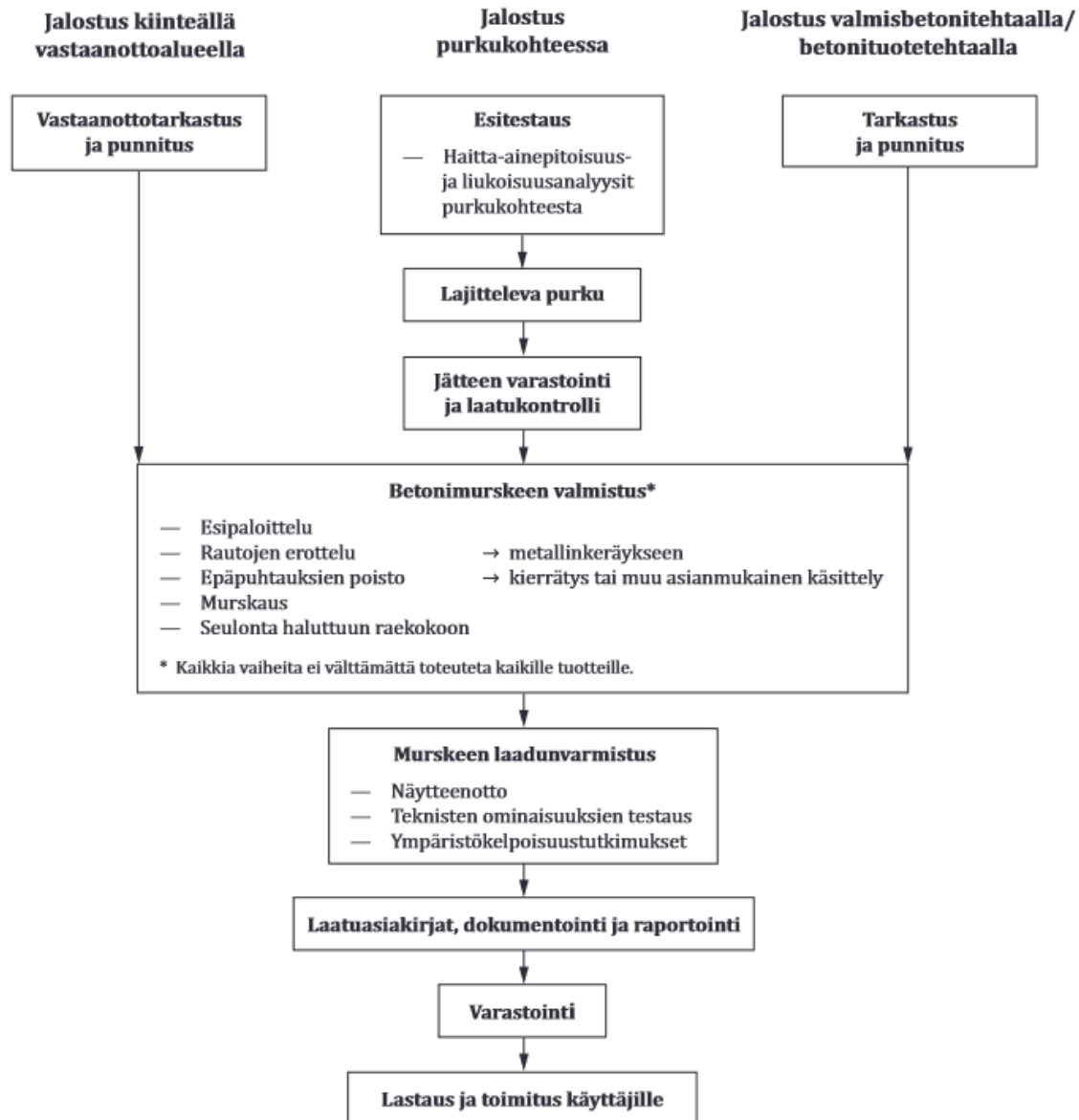
3.3.2 Betonimurske

Betonimursketta syntyy, kun murskataan purettuja betonirakenteita, betoniteollisuuden tai uudisrakentamisen betonijätteitä. Vastaavasti kevytbetoni- ja kevytsorajäte syntyvät, kun murskataan kevytbetonirakenteita ja jätteitä. Ulkonäöllisesti ja käsiteltävyytensä osalta murskatut betonimateriaalit muistuttavat luonnon kiviaineksista valmistettua soraa. (VNa 843/2017; Väylävirasto 20/2022, 53.) Kuvassa 21 on esitetty murskattua betonimursketta.



KUVA 21. Betonimursketta (Väylävirasto 20/2021, 53)

Purkutekniikalla, jossa betonijäte lajitellaan ennen murskausta, voidaan vaikuttaa valmistettavan betonimateriaalin ympäristökelpoisuuteen sekä sen teknisiin ominaisuuksiin. Betonimurskeelle on olemassa laatuluokitus, joka luokittelee murskeen sen teknisten ominaisuuksien, materiaalin puhtauden ja betonijätteen alkuperän mukaan. Luokat ovat Suomen Standardisoimisliiton SFS ry:n (SFS 5884:2022) mukaan BeM I, II, III ja IV. (Väylävirasto 20/2022, 53.) Betonimurskeen laatuluokitus raja-arvoineen on esitetty liitteessä 3. Betonimursketta voidaan jalostaa kiinteän vastaanottoalueen alueella purkukohteella tai betonia valmistavalla tehtaalla (SFS 5884:2022, 20). Kuvassa 22 on esitetty betonimurskeen valmistusprosessia.



KUVA 22. Betonimurskeen valmistusprosessin kuvaus (SFS 5884:2022, 20)

Betonimurskeen varastoinnissa ja käytössä on kiinnitettävä huomiota sen pölyämiseen kuivana. Pöly voi aiheuttaa silmien, ihon ja limakalvojen ärsytystä. Vaikka lujittuneella betonimurskeella on luonnon kiviaineksia suurempi kaivuvastus, on betonimurskeella rakennetun rakenteen kaivu mahdollista toteuttaa tavanomaisella kaivinkoneella. Betonimurske on mahdollista tiivistää kaivun jälkeen takaisin rakenteeseen. Betonimurskeen korkean pH:n (≥ 11) ja emäksisyyden vuoksi alumiinisessa materiaalissa voi esiintyä korroosiota tai rakenteessa käytetty polyesterista valmistettu lujitemateriaali voi menettää lujuuttaan, jos ne pääsevät kosketuksiin betonimurskeen kanssa. (Väylävirasto 20/2022, 53.)

Betonimurskeen luokittelu jätteeksi on päättynyt Valtioneuvoston asetuksen 466/2022 mukaisesti kesäkuussa 2022 eikä sen käyttö vaadi ympäristölupaa tai MARA-asetuksen mukaista rekisteröinti-ilmoitusta, kun betonimurske on sen valmistajan taholta tuotettu ja testattu asetuksen vaatimusten mukaisesti. Jos vaatimukset eivät täyty, on betonimurske luokiteltavissa jätteeksi. (VNa 466/2022.) Jätteeksi luokitellun betonimurskeen käyttö vaatii MARA-asetuksen (VNa 843/2017) mukaisen rekisteröinti-ilmoitusmenettelyn. MARA-asetusta voidaan hyödyntää sillä ehdolla, että käyttökohteeseen tarkoitetun betonimurskeen maksimiraekoko on 90 mm ja se täyttää asetuksen mukaiset materiaali-kohtaiset vaatimukset, jotka koskevat materiaalien haitta-ainerajoja, enimmäiskerros-paksuutta ja muita laatuvaatimuksia maarakentamiskohteeseen liittyen. MARA-asetuksen materiaali-kohtaiset vaatimukset on esitetty tämän opinnäytetyön liitteessä 1. Jos betonimurske ei ole tämänkään asetuksen esitettyjen vaatimusten mukaista, tulee sen käyttöä varten hakea ympäristölupaa. (Väylävirasto 20/2022, 53.)

3.3.3 Jätteenpolton pohjakuona (käsitelty)

Jätteenpolton pohjakuona on nimensä mukaisesti jätteenpoltossa syntyvää palamatonta materiaalia. Esikäsiteltyä jätettä poltetaan arinapoltoissa, josta noin 90 % kuonamateriaaleista on peräisin. Arinapolton jälkeen kuona käsitellään vielä erikseen. Muita polttomenetelmiä ovat leijupetipolto ja kaasutuspolto, joissa poltettavaa jätettä on esikäsitelty hieman tarkemmin arinapolton jätteeseen verrattuna. (Väylävirasto 20/2022, 55.) Käsittelemättömänä jätteenpolton pohjakuona ei sovellu käytettäväksi maarakentamiseen kuonan sisältämän metallimäärän vuoksi (RT 103552 2023, 2).

Jätteen esikäsitelyssä jätettä esilajitellaan, siitä poistetaan mahdolliset metallikappaleet ja se murskataan sopivampaan kokoon. Valmis pohjakuona sisältää tuhkaa, sulanutta jätemateriaalia, kiveä, palamatonta orgaanista ainetta, tiiliä, lasia ja keramiikkaa. Jos pohjakuona sisältää metalia, tulee se poistaa ennen kuonan käyttöä. Pohjakuona on väriltään harmaata, osittain huokoista, osittain kiinteää ja karkearakenteista. Maksimiraekoko materiaalilla on korkeintaan 50 mm ja sen rakeisuus vastaa hiekan tai soran rakeisuutta. (Väylävirasto 20/2022, 55.) Kuvan 23 yläpuolella on esitetty jätteenpolton pohjakuonan käsittelylaitoksen toimintaa sekä kuvan alapuolella erilaisia jätteenpolton pohjakuonan lajitteita.



KUVA 23. Kuvan yläosassa jätteenpolton pohjakuonan käsittelylaitos ja alaosassa erilaiset lajitteet (Ramboll 2020)

Suomessa vuonna 2022 jalostamatonta jätteenpolton pohjakuonaa on syntynyt noin 300 000 tonnia vuodessa. Meluvallit, kaatopaikka- ja kenttärakenteet ovat olleet käsitellyn jätteenpolton pohjakuonan pääasiallisia käyttökohteita. Väyläviraston tavoitteena on hyödyntää kuonamateriaalia myös väylärakentamisen kohteilla. Väylävirasto toteuttaa yleisiä teknisen soveltuvuuden arviointeja kuonamateriaalien käytöstä eri kuonamateriaalitoimittajien kanssa. Valmiita arviointeja on toteutettu kaksi. (Väylävirasto 2024.)

Käsitellyllä jätteenpolton pohjakuonalla on herkkä hienontumisen ominaisuus tavalliseen kivimateriaaliin verrattuna, mikä vaikuttaa sen tiivistymiseen valmiissa rakenteessa. Jotta rakenteesta saadaan osittain lujittuva, tulee pohjakuonan vesipitoisuuden olla materiaalille sopivalla tasolla, jotta lujittumista tapahtuu myöhemmin. Optimivesipitoisuus materiaalille on 10–30 %:n luokkaa. Varastoinnin osalta tulee ottaa huomioon pölyämisen estäminen sekä materiaalin kovettuminen pinnastaan 100–200 mm syvyydestä, jos materiaali pääsee kosketukseen veden kanssa. (RT 103552 2023, 7, 8, 23.) Jotta kuiva jätteenpolton pohjakuonakasa ei pääse pölyämään varastoinnin aikana tuulen vaikutuksesta, tulee se suojata peittämällä kevytpeitteellä tai vaihtoehtoisesti maakerroksella, jossa maa-aineksen ja jätteenpolton pohjakuonan sekoittuminen toisiinsa on suojattu suodatinkankaalla. (Ramboll 2020).

Käsitellyn jätteenpolton pohjakuonan emäksisyyden vuoksi alumiinisessa materiaalissa voi esiintyä korroosiota tai rakenteessa käytetty polyesterista valmistettu lujitemateriaali voi menettää lujuutensa, jos ne pääsevät kosketuksiin kuonamateriaalin kanssa. (Ramboll Finland Oy 2022, 28.)

Jätteenpolton pohjakuona käsiteltynä luokitellaan jätteeksi ja sen käyttö vaatii MARA-asetuksen (VNa 843/2017) mukaisen rekisteröinti-ilmoitusmenettelyn. MARA-asetusta voidaan hyödyntää sillä ehdolla, kun materiaalin käyttötarkoitus on väylä- tai kenttärakenteissa ja maksimiraekoon 50

mm:n luokkaa. Materiaalin tulee myös täyttää asetuksen mukaiset materiaaliikohtaiset vaatimukset, jotka koskevat materiaalien haitta-ainerajoja, enimmäiskerrospaksuutta ja muita laatuvaatimuksia maarakentamiskohteeseen liittyen. Nämä vaatimukset on esitetty asetuksen liitteinä. Jos materiaalit eivät ole esitettyjen vaatimusten mukaisia, tulee niiden käyttöä varten hakea ympäristölupaa. (Väylävirasto 20/2022, 55.)

3.3.4 Tiilimurske

Tiilimursketta valmistetaan murskaamalla purettuja tiilirakenteita, tiiliteollisuuden synnyttämiä tiilijätteitä tai muita käytöstä poistettuja tiiliä (VNa 843/2017). Tiilimurske sisältää tiiltä, laastia ja vaihtelevissa määrin orgaanisia epäpuhtauksia. Orgaaniset epäpuhtaudet eivät ole peräisin itse tiilestä, joka valmistetaan puhtaasta savesta, vaan muista purkutyön yhteydessä materiaaliin päätyneistä komponenteista (Mäkelä & Höynälä 2000, 40). Orgaaniset epäpuhtaudet koostuvat laastista ja muista purkujätteistä (Tiehallinto 2007). Kuvassa 24 on esitetty murskatun tiilimurskeen ulkonäkö.



KUVA 24. Tiilimurske (Ramboll 2020)

Purkutyömaalla syntynyt tiilijäte kuljetetaan purkutyömaalta vastaanottopisteelle, eikä tiilijätettä näin murskata suoraan työmaalla. Tiilimurskeen raekoko on yleisesti 0/50 mm tai karkeampana 0–70 mm. Tiilimursketta voidaan käsitellä väylärakennuskohteessa tavanomaisella maarakennuskalustolla, kuten pyöräkuormaajalla, telakaivinkoneella tai tiivistämistöissä valssijyrällä. (Mäkelä & Höynälä 2000, 40.)

Tiilimurske luokitellaan jätteeksi ja sen käyttö vaatii MARA-asetuksen (VNa 843/2017) mukaisen rekisteröinti-ilmoitusmenettelyn, jonka mukaan tiilimurskeelle soveltuvat käyttökohteet ovat väylärakenteet, kenttärakenteet, vallirakenteet, teollisuuden- ja varastorakennusten pohjarakenteet sekä vallirakenteet. MARA-asetusta voidaan hyödyntää, kun tiilimurske täyttää asetuksen mukaiset materiaali-kohtaiset vaatimukset, jotka koskevat materiaalien haitta-ainerajoja, enimmäiskerros- pak- suutta ja muita laatuvaatimuksia maarakentamiskohteeseen liittyen. Nämä vaatimukset on esitetty asetuksen liitteinä. Jos tiilimurske ei ole esitettyjen vaatimusten mukaista, tulee sen käyttöä varten hakea ympäristölupa. (VNa 843/2017.)

Tiilimurskeen käytöstä väylärakentamisenkohteilla ei ole paljoa käyttökokemusta, mutta jos tiili- murske saataisiin tuoteistettua, sen käyttö väylärakennuskohteiden materiaalina nähtäisiin poten- tiaalisempana. (Väylävirasto 20/2022, 19.)

3.4 Uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointi

Väyläviraston ja ELY-keskusten väylähankkeilla käytettävien uusiomateriaalien käyttö vaatii, että materiaalille on tehty Väyläviraston toteuttama yleisen teknisen soveltuvuuden arviointi tai materi- aalille tullaan toteuttamaan hankekohtainen teknisen soveltuvuuden arviointi ohjeen ”Uusiomateri- aalien käyttö väylärakentamisessa 20/2022” ja oppaan ”uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointi 2/2022” mukaisesti. Väyläviraston arviointimenettelyn tarkoituksena on varmistua siitä, että uusiomateriaalin käyttö tietyllä väyläkohteella on turvallista sekä uusiomateriaalilla rakennettujen rakenteiden toimivuudesta voidaan olla varmoja. (Väylävirasto 2/2022, 7.)

Hankekohtainen teknisen soveltuvuuden arviointi on tarkoitettu väyläkohteella hyödynnettävälle uusiomateriaalille, uusiomateriaalia toimittavalle taholle tai alan yhteiselle suunnittelu- ja käyttöoh- jeelle. Jos uusiomateriaalin ja käyttökohteen vaatimukset täyttyvät jo soveltuvaksi arvioidun alan yhteisen suunnittelu- ja käyttöohjeen mukaisesti, ei materiaalille tarvitse laatia erillistä teknisen so- veltuvuuden arviointia. (Väylävirasto 2/2022, 7.) Liitteessä 2 on esitetty Väyläviraston oppaan ”Uu- siomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointi 2/2022” -tarkastuslistaliite, johon Väylävirasto on listannut avustavasti, mitä tietoja yleisessä tai hankekohtaisessa arvioinnissa tarvitaan.

4 TARKASTELTAVIEN VÄYLÄKOHTTEIDEN VAATIMUKSISTA

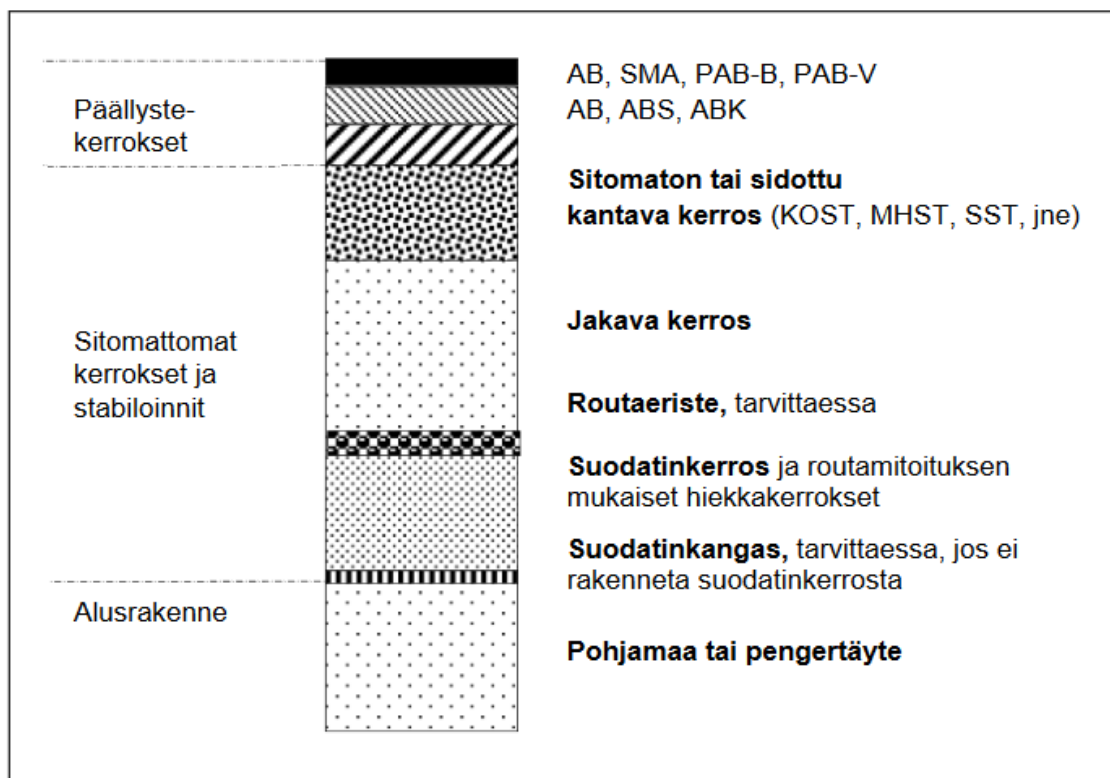
Rakennustietosäätiön (RTS) ylläpitämä ja infra-alan toimijoiden kanssa yhteistyössä laatima InfraRYL, eli infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, sisältää yleisiä ja yhtenäisiä teknisiä vaatimuksia ja nimikkeistöjä eri infra-alan toimialoilta. InfraRYL on kohdistettu infra-alan materiaalivalmistajien, suunnittelijoiden, tilaajien sekä urakoitsijoiden käyttöön. InfraRYLin aineistossa on esitetty teiden ja radan eri rakennekerroksissa käytettävien materiaalien laatuvaatimukset ja ohjeet. (InfraRYL 2023.)

4.1 Tiet, kadut, pyöräily- ja jalankulkuväylät

4.1.1 Yleistä

Tierakenteiden suodatinkerrokseen, jakavaan kerrokseen ja sitomattomaan kantavaan kerrokseen käytettävien uusiomateriaalien osalta InfraRYLissä on mainittu, että suodatinkerros voidaan rakentaa uusiomateriaalista, kun materiaali täyttää sille asetetut rakeisuuden vaatimukset ja käyttökohteen vaatimat tekniset sekä ympäristökelpoiset vaatimukset. Jakavan- ja sitomattoman kantavan kerroksen osalta on mainittu, että uusiomateriaalin tulee olla tasalaatuista. (InfraRYL 2023.)

Kuvassa 25 on esitetty tien päällysrakennekerrosten jakautuminen ja kerroksien nimitykset. Yleensä kaikkia kuvassa esitettyjä kerroksia ei samassa tierakenteessa ole. Tierakennetta on myös mahdollista vahvistaa erilaisten lujitteiden avulla, joita kuvassa ei ole esitetty. (Liikennevirasto 2018, 11.)



KUVA 25. Tien päällysrakennekerrokset (AB, ABS, SMA=asfalttibetoni, PAB-B, PAB-V = pehmeä asfalttibetoni, ABK = kantavan kerroksen asfalttibetoni, KOST = komposiittistabilointi, MHST = ma-suunihiekkastabilointi, SST = sementtistabilointi, sitomaton kantava kerros = kerroksen kiviainesta ei ole käytetty sideaineita (yleensä soratiet), sidottu kantava kerros = kerros koostuu kiviaineksesta ja sideaineesta (yleensä bitumilla sidottu asfaltti)) (Liikennevirasto 2018, 11)

4.1.2 Rakenteissa käytettävien uusiomateriaalien vaatimuksista

Suodatinkerroksessa, jakavassa kerroksessa, sitomattomassa kantavassa kerroksessa ja penkeiden materiaalina käytettävien uusiomateriaalien tulee soveltua teknisten ominaisuuksiensa ja maarakennuskelpoisuuden osalta rakennettavalle käyttökohteelle. Käytettävä materiaali ei saa sisältää ympäristölle haitallisia epäpuhtauksia, savea (esim. humusmaa) tai orgaanista ainesta sisältäviä kappaleita. Sitomattoman kantavan kerroksen osalta on myös mainittu, ettei uusiomateriaali saa olla rapautunutta taikka rapautumisherkkää kiviainesta. Jos edellä mainittuja epäpuhtauksia havaitaan, tulee ne erotella materiaalista ennen sen käyttöön kulkeutumista. Suodatinkerroksen ja pohjamaan välissä tulee käyttää suodatinkangasta tai rakeisuudeltaan tämän opinnäytetyön osassa 4.1.4 esitetyn kuvan 26 mukaista materiaalia, jotta kerrosten sekoittuminen keskenään voidaan välttää. Jos uusiomateriaalia varastoidaan työmaalla, on huomioitava materiaalin pölyämisen mahdollisuus noudattamalla materiaalityömaalla saatuja ohjeita. Korroosioalttiiden rakenteiden

kanssa käytettävän uusiomateriaalin käytössä on huomioitava, ettei uusiomateriaali aiheuta korroosiota tai muita vaurioita ollessaan kosketuksissa tällaisten rakenteiden kanssa. Kerroksien materiaalina uusiomateriaalin tulee kestää pitkään kuormitusta kohtaavilla maarakenteilla, jolloin pitkäaikaiskestävyys osoitetaan ko. materiaalilla rakennettujen toteutuneiden kohteiden tuloksilla (materiaalilla on käyttöhistoriaa) tai pienillä testikokeilukohteilla ja ennakkoon tehtävien kenttä- ja laboratoriokokeiden perusteella. Testikokeilukohteista sekä ennakkoon tehtävistä kenttä- ja laboratoriokokeista on kerrottu yleisesti tämän opinnäytetyön luvussa 5.1.2. Uusiomateriaalien kohdalla laatuvaatimuksina voidaan käyttää soveltavasti niitä laatuvaatimuksia, mitä luonnon kiviaineksille on asetettu. (InfraRYL 2023.)

InfraRYLissä sidottujen kantavien kerrosten osalta uusiomateriaaleista on mainittu stabiloituja kantavia kerroksia käsittelevässä ohjeessa, että käytettäessä uusiomateriaalia stabiloidun kerroksen kiviaineksena, tulee materiaalille yleensä toteuttaa ennakkokokeet materiaaliakohtaisesti. Käyttö edellyttää myös soveltuvilta osin luonnonkiviainesten laatuvaatimuksien sekä ympäristölupien ehtojen soveltamista. (InfraRYL 2023.)

Kun uusiomateriaalia hyödynnetään rakennekerroksessa, tulee sen toimia teknisesti ja kemiallisesti yhteensopivasti muiden kerroksessa käytettyjen materiaalien ja rakenteiden kanssa. Uusiomateriaali ei saa aiheuttaa kemiallisia reaktioita muiden rakenteessa käytettävien materiaalien kanssa kosketukseen päästyään. Itselujittuvaan tai stabiloituun rakenteeseen sitomattoman rakennekerroksen kautta päässeeseen veteen tulee päästä poistumaan rakenteesta ongelmitta. (Väylävirasto 20/2022, 31.) Kun rakennettavalle kohteelle suunnitellaan ja mitoitetaan uusiomateriaalia sisältäviä rakenteita, tulee kohteella vallitsevat työ- ja käytönaikaiset kuormitukset sekä olosuhteet ottaa tarvittavalla tarkkuudella ja varmuudella huomioon. (Ramboll Finland Oy 2022, 27.)

Vaatimukset sekä suositukset testaustiheydeksi masuunikuonan, LD-teräskuonan ja ferrokromikuonan osalta tierakenteen suodatinkerroksessa, jakavassa kerroksessa ja kantavassa kerroksessa on esitetty liitteessä 4. Tierakenteissa käytettävien sitomattomien ja hydraulisesti sidottujen kiviainesten yleiset rakeisuusvaatimukset on esitetty liitteessä 5. Vaatimukset sekä suositukset testaustiheydeksi betonimurskeen osalta tierakenteen sitomattomassa kantavassa kerroksessa ja jakavassa kerroksessa on esitetty liitteessä 6. Liitteessä 7 on esitetty tierakenteissa käytettävien sitomattomien kiviainesseosten rakeisuuden vaihteluvälit.

4.1.3 Tierakenteiden routivuusvaatimuksista

Tierakenteen alusrakenneluokat on jaoteltu 14 eri rakenneluokkaan, joita ovat A, B, C, D = routimattomat alusrakenteet, E, F, G, H, J = routivat sekalaatuiset alusrakenteet, tE, tF, tG, tH ja tJ = routivat tasalaatuiset alusrakenteet. Alusrakenteen luokan perusteella routiville rakenteille tulee toteuttaa routamitoitus, jolla estetään tierakenteen halkeamat ja epätasaisuudet. Tierakenteiden routamitoituksessa ei pyritä täydelliseen routanousuttomuuteen, vaan rakenteelle sallitaan tietty routanousu. Sallittu routanousu riippuu täysin tielle asetetusta vaatimusluokasta, käytettävästä rakennetyypistä sekä pohjamaan tasalaatuisuudesta. Routamitoituksessa pohjamaan routaturpoamaa arvioidaan, routaantuvan alusrakenteen paksuus ja laskennallisen routanousun suuruus lasketaan. Lopuksi laskentoja verrataan kyseiselle tierakenteelle sallittuihin laskennallisiin routanousuihin. (Liikennevirasto 2018, 25, 123.)

Katurakenteessa sallittu routanousu riippuu katuluokasta sekä katurakenteeseen käytettävän päällystemateriaalin laadusta (Destia 2019, 38). Katurakenneluokat on jaettu luokkiin 1–6, jotka määräytyvät kadulla kulkevan liikennemäärän mukaan (ajoneuvo/vrk) (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2020).

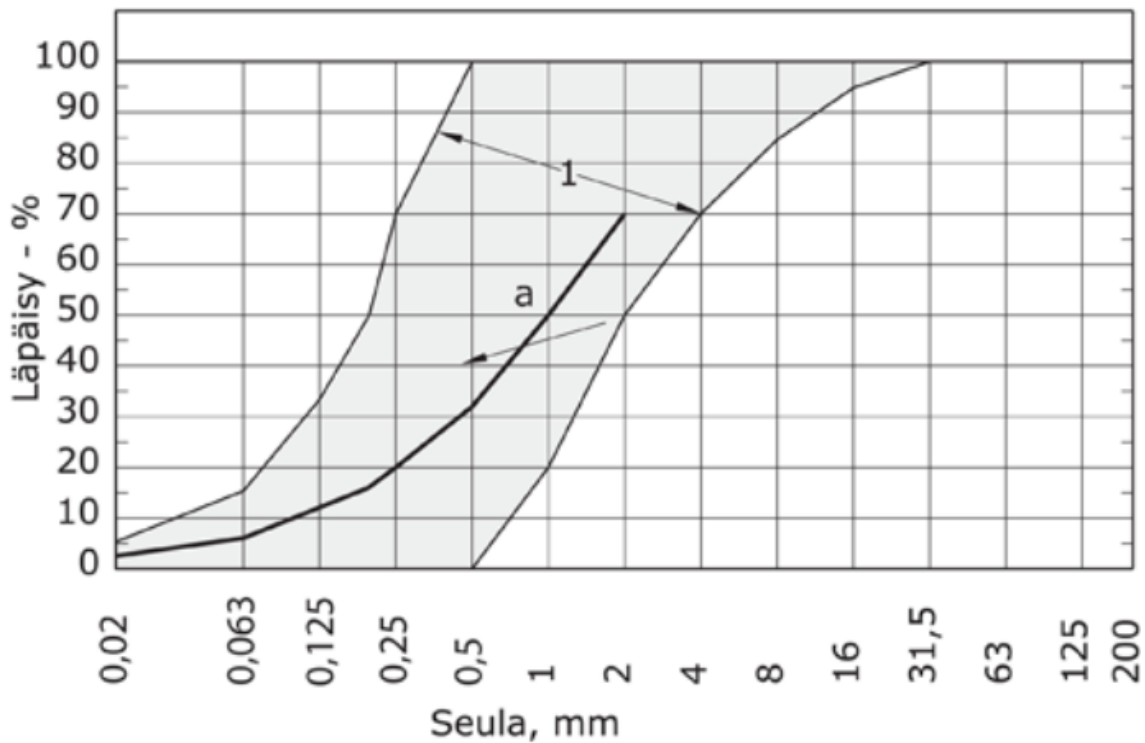
Materiaalia voidaan pitää routivana, kun sen kapillaarinen nousukorkeus on yli 1 metrin. Routivuutta voidaan arvioida rakeisuuteen perustuvien routivuuskriteerien avulla, jotka perustuvat materiaalin rakeisuuteen ja kapillaarisuuteen. Kapillaarisuutta voidaan selvittää kapillaarimetri-laitteen avulla, jossa vesi imetään alipaineella läpi märästä materiaalinäytteestä. (Jääskeläinen 2011, 91.)

4.1.4 Eri rakennekerrosten rakeisuusvaatimuksista

Teiden rakennekerroksissa käytettävien materiaalien rakeisuudelle on määritelty tietyt vaatimukset, joiden tulee täyttyä. Vaatimukset ovat samat riippumatta siitä, käytetäänkö rakenteessa uusiomateriaaleja vai luonnon kiviaineksia. (InfraRYL 2024.)

Suodatinkerroksen paksuuden ollessa alle 0,5 m, on materiaalin sallittu raekoko enimmillään 31,5 mm ja suodatinkerroksen paksuuden ollessa yli 0,5 m voidaan materiaalin raekoon sallia olevan materiaalin 5 painoprosentin osalta 31,5–200 mm. Suodatinkerroksessa käytettävän materiaalin

rakeisuuden rakeisuuskäyrän tulee sijoittua kuvassa 26 esitetyn rakeisuuden alueelle. (InfraRYL 2024.)

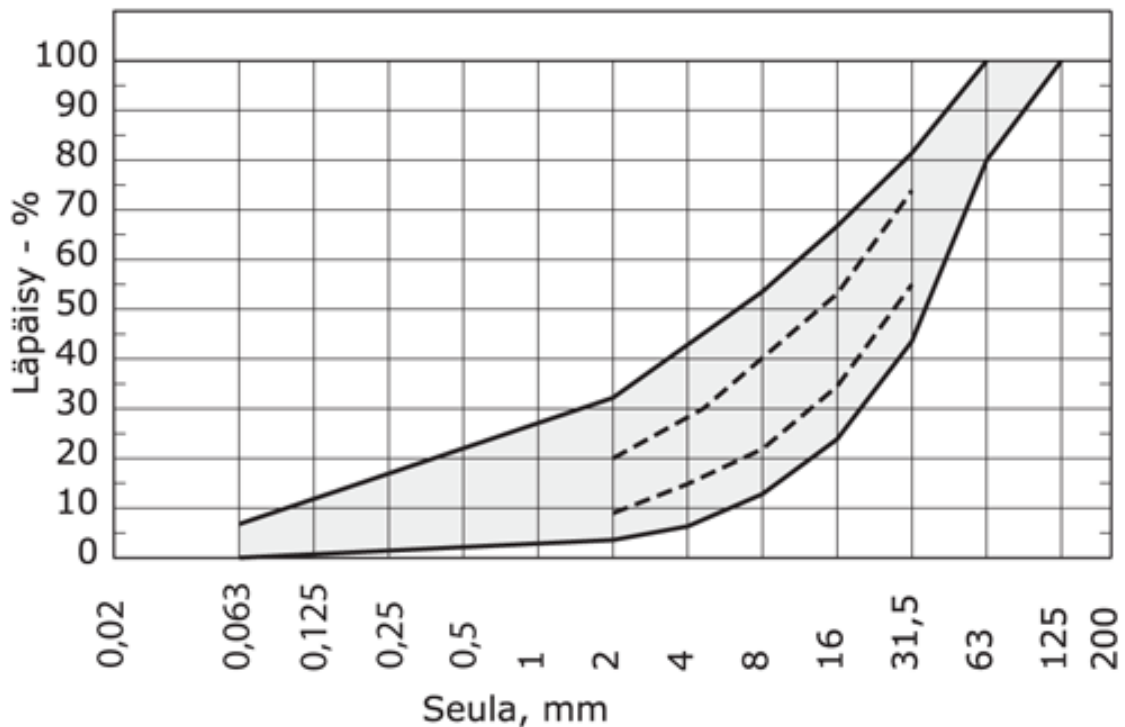


Rakeisuusalueet	Seulakoot ja niiden läpäisyprosentit.								
	0,02	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	8	31,5
Alue 1	0...5	0...15	0...32	0...70	0...100	20...100	50...100	85...100	100
Paksu viiva ¹⁾ a	3	7	12	20	32	50	70	—	—

¹⁾ Rakeisuuskäyrä ei saa ylittää paksua viivaa nuolen suunnassa.

KUVA 26. Tierakenteen suodatinkerroksen rakeisuuden vaatimukset ja rakeisuusalueiden seula-koot sekä läpäisyprosentit (InfraRYL 2024)

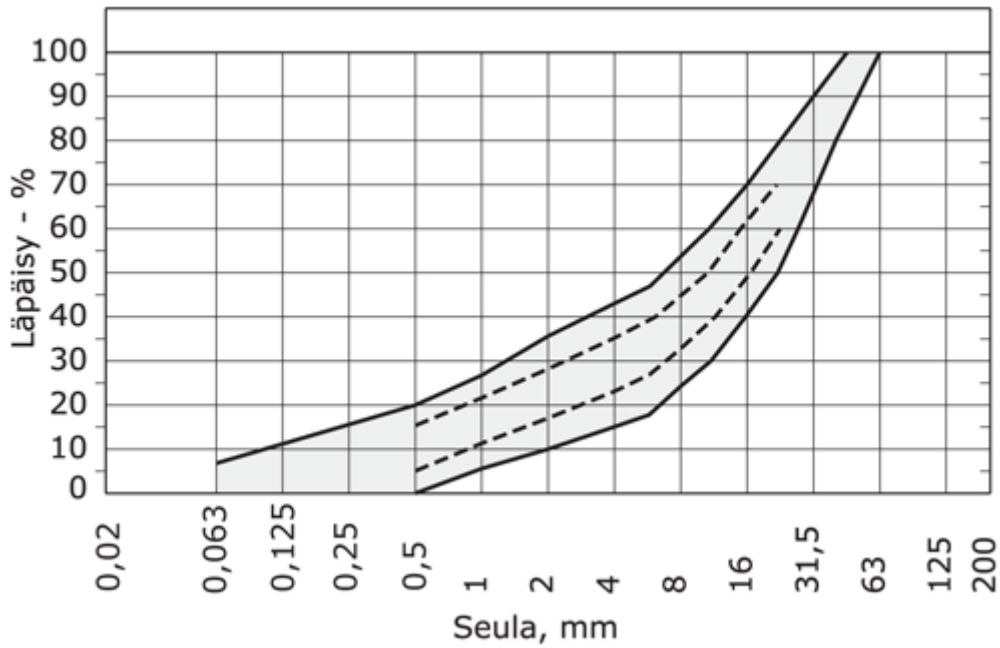
Jakava kerros, johon käytetään mursketta, voidaan rakentaa rakenteeseen soveltuvasta uusioma-terialista, soramurskeesta tai kalliomurskeesta. Murskeesta rakennetun tierakenteen jakavassa kerroksessa sallittuja rakeisuuksia ovat 0/32, 0/40, 0/45, 0/56, 0/63, 0/80 tai 0/90. Jakavassa kerroksessa rakeisuusluokka on hankekohtaisesti joko G_p tai G_c . Rakeisuusluokat ja niiden määräytyminen on esitetty tämän opinnäytetyön liitteessä 5. (InfraRYL 2024.) Kuvassa 27 on esitetty esi-merkkinä jakavassa kerroksessa käytettävän kalliomurskeen rakeisuusluokan G_p ja rakeisuuden 0/63 mukainen rakeisuusjakauma ja liitteessä 8 (taulukot 8-11) murskeiden seulonnan keskiarvoista saadut vaihteluvälit rakeisuusluokissa G_p ja G_c .



KUVA 27. Tierakenteen jakavan kerroksen rakeisuusjakauma kalliomurskeella, jonka raeluokka G_p ja rakeisuus 0/63 (InfraRYL 2024)

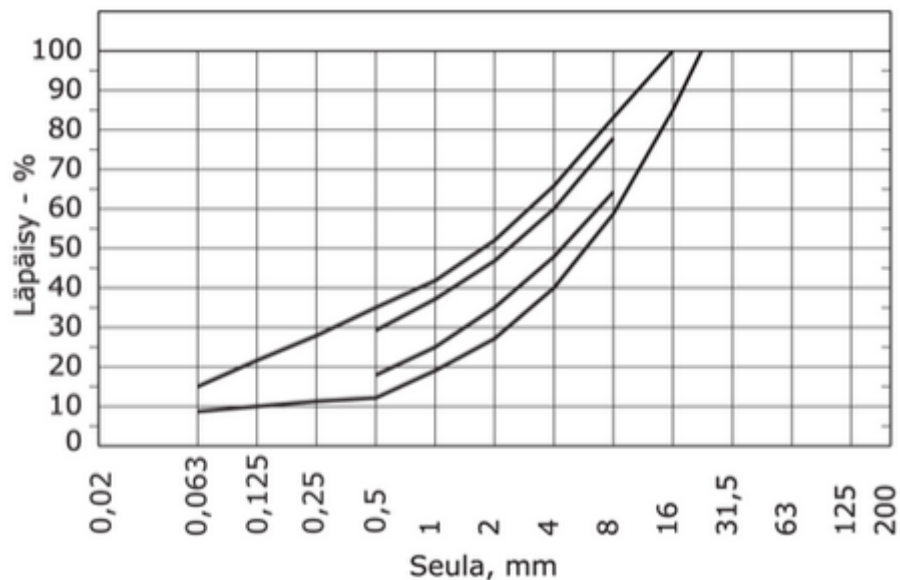
Jakavassa kerroksessa voidaan käyttää myös suurirakeisempaa mursketta, jonka raekoko on 0/125, 0/180 tai 0/250, jos suurirakeisella murskeella rakennetun kerroksen paksuus ja laatuvaatimukset täyttyvät, eikä materiaalin käyttö aiheuta haittaa työnaikaiselle liikenteelle. (InfraRYL 2024.)

Sitomaton kantava kerros, johon käytetään mursketta, voidaan rakentaa rakenteeseen soveltuvasta uusiomateriaalista, soramurskeesta tai kalliomurskeesta. Murskeesta rakennetun tierakenteen kantavassa kerroksessa sallittuja rakeisuuksia ovat 0/32, 0/40, 0/45, 0/56 tai 0/63. Kantavan kerroksen rakeisuusluokka on hankekohtaisesti joko G_0 tai G_A . Rakeisuusluokat ja niiden määräytyminen on esitetty tämän opinnäytetyön liitteessä 5. (InfraRYL 2024.) Kuvassa 28 on esitetty esimerkkinä kantavassa kerroksessa käytettävän murskeen rakeisuusluokan G_0 ja rakeisuuden 0/45 mukainen rakeisuusjakauma ja liitteessä 8 (taulukot 12–15) murskeiden seulonnan keskiarvoista saadut vaihteluvälit.



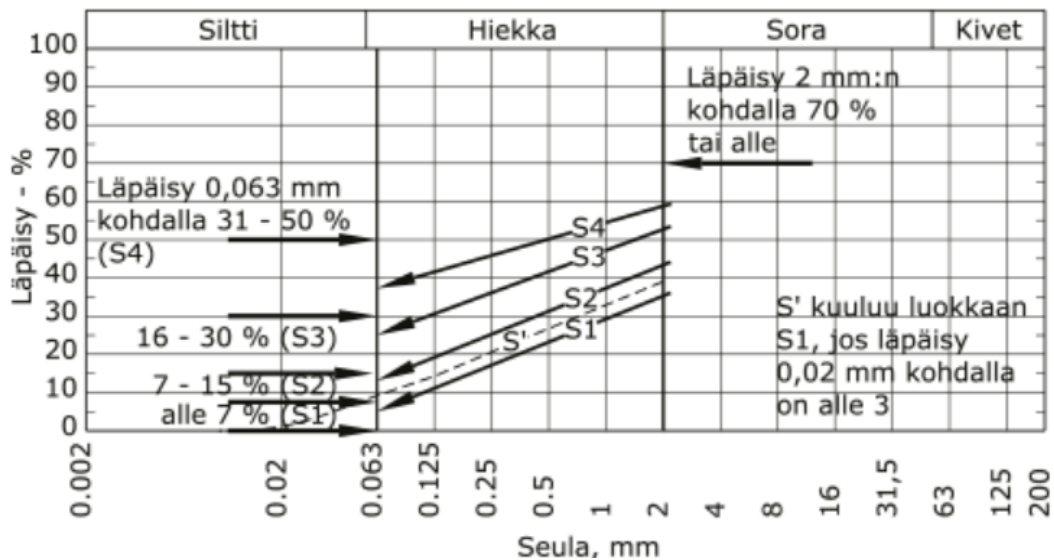
KUVA 28. Tierakenteen kantavan kerroksen rakeisuusjakauma murskeella, jonka raeluokka G_0 ja rakeisuus 0/45 (InfraRYL 2024)

Sitomattoman kulutuskerroksen sallittuja rakeisuuksia ovat 0/11 tai 0/16. Kuvassa 29 on esitetty esimerkkinä sitomattomaan kulutuskerroksessa käytettävän murskeen rakeisuuden 0/16 mukainen rakeisuusjakauma ja liitteessä 8 (taulukot 16–17) murskeiden seulonnan keskiarvoista saadut vaihteluvälit.

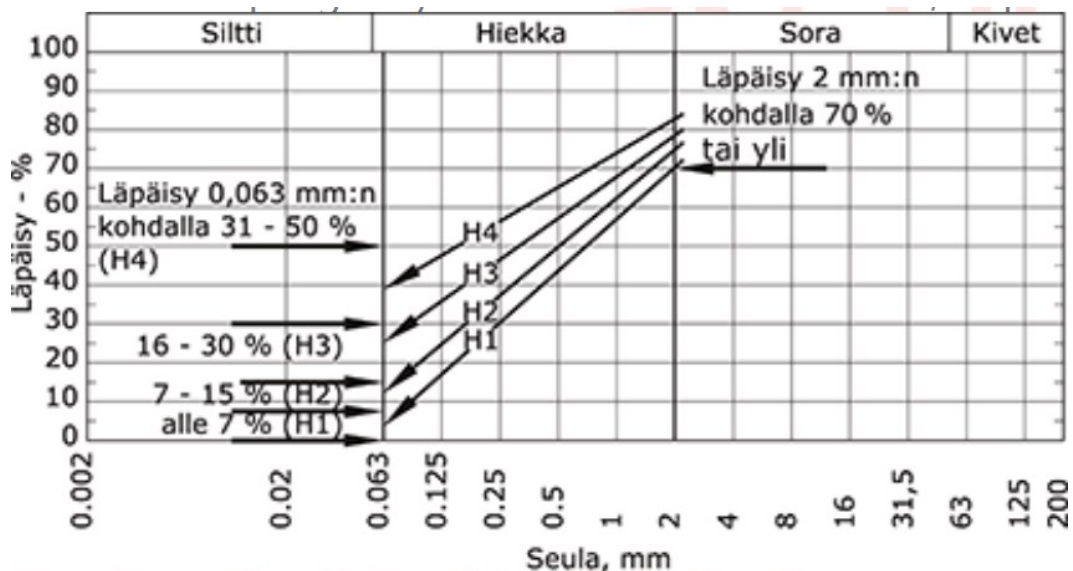


KUVA 29. Tierakenteen sitomattoman kulutuskerroksen rakeisuusjakauma murskeella, jonka rakeisuus on 0/16 (InfraRYL 2024)

Maapenkereeseen käytettävien materiaalien kelpoisuudet on jaoteltu luokkiin S1–S4 (soraiset) ja H1–H4 (hiekkaiset) joiden luokittuminen on peräisin rakeisuuskäyristä (Liikennevirasto 2018, 20, 21). Edellä mainittujen kelpoisuusluokkien mukaista ja hyvin tiivistyvää materiaalia voidaan käyttää penkereissä (InfraRYL 2024). Kuvassa 30 ja 31 on esitetty maapenkereisiin soveltuvien materiaalien rakeisuuden vaatimukset.



KUVA 30. Pengermateriaalien (kelpoisuusluokissa S1–S4) rakeisuuden vaatimukset (InfraRYL 2024)



KUVA 31. Pengermateriaalien (kelpoisuusluokissa H1–H4) rakeisuuden vaatimukset (InfraRYL 2024)

Rakeisuus testataan standardin SFS-EN 933-1 (Kiviainesten geometristen ominaisuuksien testaus. Osa 1: Rakeisuuden määrittäminen. Seulontamenetelmä) mukaisesti. Standardissa käytetty termi kiviaines on määritelty koskemaan myös uusiokiviaineita. Raekoon testauksessa saadaan seulasarjaa apuna käyttäen jaettua materiaali eri kokoihin raekokoluokkiin, jossa otettavan näytteen ominaisuudet ja vaadittu testitarkkuus määräävät kuinka montaa eri aukkoon seulaa käytetään. Seulonnassa materiaali pestään, jonka jälkeen toteutetaan kuivaseulonta. Pesua ei suoriteta, jos kevytkiviaineksen fysikaaliset ominaisuudet voivat pesun vuoksi muuttua. Tällöin toteutetaan pelkkä kuivaseulonta. Seulonnan jälkeen jokaisella seulalla on oma määränsä rakeista massaa, jota verrataan alkuperäisen näytteen kokonaismassaan. Lopuksi lasketaan seulojen läpäisyprosentit ja ilmoitetaan läpäisyprosenttien summa numeerisesti sekä tarvittaessa graafisesti (SFS-EN 933-1 2012, 5.)

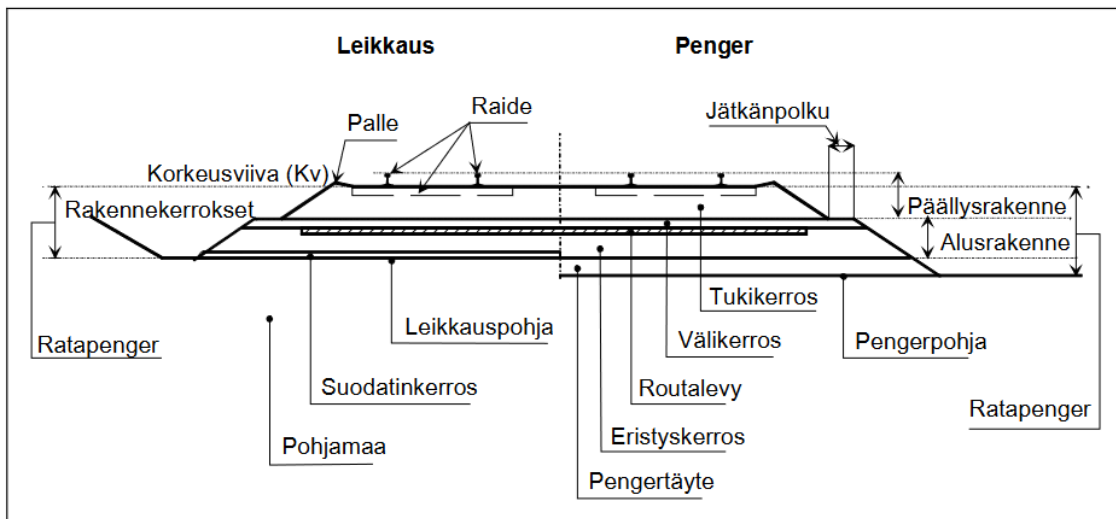
4.1.5 Uusiomateriaalien ympäristökelpoisuuden vaatimuksista tierakenteissa

Tierakenteen suodatinkerroksessa, jakavassa kerroksessa ja kantavassa kerroksessa käytettävien uusiomateriaalien ympäristökelpoisuus voidaan todentaa materiaalin tuotestatuksen, MARA-asetuksen ilmoitusmenettelyn tai materiaalille haetun hankekohtaisen ympäristöluvan perusteella. Tuotestatuksen omaavan uusiomateriaalin ympäristökelpoisuuden todentamisen varmistamiseksi tarvitaan oikeudellinen tai hallinnollinen tieto siitä, millä perusteilla tuotestatus on saatu. MARA-asetuksen ilmoitusmenettelyn perusteella hyödynnettävän materiaalin ympäristökelpoisuuden todentamiseksi tarvitaan tiedot, joista selviää, että materiaali täyttää MARA-asetuksessa esitetyt vaatimukset. Materiaalista, jolle haetaan hankekohtaista ympäristölupaa, tulee esittää ympäristökelpoisuuden todentamisen tiedoissa materiaalin perustiedot, jotka on esitetty myös ympäristölupaa hakiessa. Tuotteistetun materiaalin, MARA-asetuksella hyödynnettävän materiaalin sekä materiaalin, jolle haetaan ympäristölupaa ympäristökelpoisuuden todentamiseksi, tarvitaan myös laadunvalvonnan tiedot materiaalin valmistuksen sekä varastoinnin osalta. Ympäristökelpoisuuden vaatimusten vaatimat tiedot esitetään haettaessa Väyläviraston hankekohtaista teknisen soveltuvuuden arviointia. (Väylävirasto 20/2022, 30.) Tietoja teknisen soveltuvuuden arvioinnista on esitetty tämän opinnäytetyön luvussa 3.4.

4.2 Ratarakentaminen

4.2.1 Yleistä

Ratarakenteessa käytettäville materiaaleille on määritelty omat tekniset laatuvaatimuksensa, jotka poikkeavat muilla väylillä käytettävistä vaatimuksista ja jotka eivät tällä hetkellä uusiomateriaalien kohdalla toteudu (Väylävirasto 2024). Näin ollen uusiomateriaalien hyödyntäminen rautatiehankkeissa voidaan kohdistaa vain hankkeella toteutettavien teiden, huoltoteiden, katujen tai meluvallien rakennusmateriaaleina (Väylävirasto 20/2022, 17). Ratarakenne koostuu pääimmäisestä kerroksesta, eli tukikerroksesta sekä sen alapuolelle sijoittuvista alusrakenteista, joita ovat välikerros, eristyskerros sekä joissain tapauksissa suodatinkerros ja routalevy (Liikennevirasto 13/2018, 6). Kuvassa 32 on esitetty ratarakenteen eri rakenneosat ja niihin liittyvät nimitykset.



KUVA 32. Radan rakenneosat (Liikennevirasto 2018, 8)

4.2.2 Rakenteissa käytettävien materiaalien vaatimuksista

Ratarakenteen tukikerroksen ensisijainen materiaali on raidesepele, joka ei saa sisältää rapautumiselle herkkiä tai rapautuneita mineraaleja eikä se saa olla sähköä johtavaa niin, että näistä tekijöistä aiheutuisi haittaa rakenteen ja radan toimivuudelle (InfraRYL 2024). Tukikerroksen materiaalin tulee olla raidesepeleä uudessa rakennettavassa raiteessa. Jos materiaali on raidesoraa, ei uuden raidesoratukikerroksen rakentaminen ole sallittua johtuen raidesoran alhaisemmasta kuorman ja-

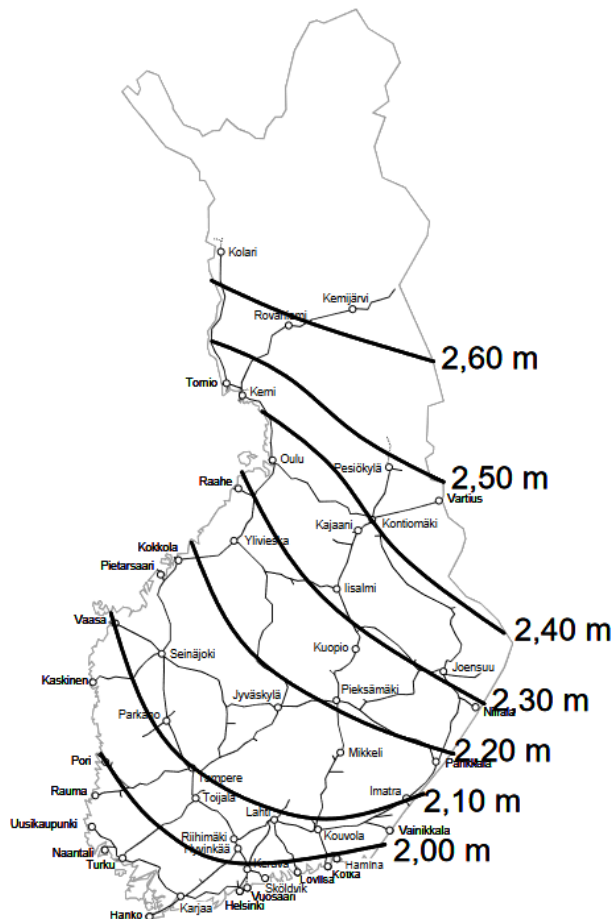
kamisen kyvystä raidesepeliin verrattuna (Väylävirasto 23/2023). Välikerros voidaan rakentaa routimattomasta sorasta tai kalliomurskeesta. Eristyskerroksen materiaalina käytetään soraa tai kalliomursketta. Kun eristekerros jaetaan ylä- ja alapuoliseen osioon, yläpuolinen yli 0,5 metrin paksuinen osa voidaan rakentaa sorasta ja alapuolinen osa hiekasta. Eristyskerroksen alapuolisen suodatinkerroksen materiaalina voidaan käyttää hiekkaa tai mursketta ja mahdollisesti pelkkää suodatinkangasta. Välikerroksen ja eristyskerroksen materiaalit eivät saa sisältää epäpuhtauksia eikä niitä saa sekoittaa muiden erilaisista raaka-ainelähteistä peräisin olevien materiaalien kanssa (esimerkiksi kalliomurskeen ja hiekan sekoittaminen keskenään tai eri maa-ainesten ottoaikojen materiaalien sekoittaminen). Radan pengermateriaalina käytetään moreenia, karkearakeista maa-lajia tai kalliomursketta. (InfraRYL 2024.)

4.2.3 Ratarakenteiden routivuusvaatimuksista

Ratarakenteessa radan alusrakenneluokat on luokiteltu luokkiin 1–4 sekä 0. Radan alusrakenneluokat on esitetty taulukossa 2. Kun ratarakennettä ei routaeristetä, tulee routimattoman rakennekerroksen paksuuden olla kuvan 33 mukainen alusrakenneluokilla 2, 3 tai 4. Alusrakenneluokassa 1 routimaton rakennekerros saa olla kuvan 33 mukaisiin rakennepaksuuksiin verrattuna paksuudeltaan 0,2 m ja alusrakenneluokassa 0,6 m alhaisempi. (Liikennevirasto 2018, 21.)

TAULUKKO 2. Radan alusrakenneluokat (Liikennevirasto RATO 3, 16)

Alusrakenneluokka	Henkilöliikenteen suurin sallittu nopeus, V [km/h]	Tavaraliikenteen suurin sallittu nopeus 225 kN akselipainolla, V [km/h]	Tavaraliikenteen suurin sallittu nopeus 250 kN akselipainolla, V [km/h]
0	≤ 50	≤ 40	≤ 40
1	≤ 120	≤ 100	≤ 60
2	≤ 200	≤ 100	≤ 80
3	≤ 250	≤ 120	≤ 100
4	> 250	> 120	> 100



Kuva 1. Routimattoman radan rakennekerrosten kokonaispaksuus (perustuu ilmastotilastoihin kaudelta 1978–2007).

KUVA 33. Alueelliset radan routimattoman rakennekerroksen paksuuden vaatimukset (Liikennevirasto 2018, 8)

Kun routamitoitus tehdään routaeristettävälle radalle, mitoitus tulee suorittaa mitoituspakkasmäärän ja vuotuisen ilman keskilämpötilan perusteella Liikenneviraston ohjeen ”RATO 3: Radan rakenne” liitteen 1 mukaisten mitoituskäyrien avulla. (Liikennevirasto 2018, 21.)

4.2.4 Eri rakennekerrosten rakeisuusvaatimuksista

Radan rakennekerroksissa käytettävien materiaalien rakeisuudelle on määritetty tietyt vaatimukset, joiden tulee täytyä (InfraRYL 2024). Ratarakenteissa raekoko ilmoitetaan seulasarjaparin mukaan muodossa d/D, jossa d tarkoittaa alakoon seulaa ja D yläkoon seulaa (SFS-EN 13450 2003). Raekokosuhde (C_u) tarkoittaa rakeisuuskäyrän 60 läpäisyprosentin raekoon ja 10 läpäisyprosentin raekoon (d60/d10) suhdetta, joiden avulla saadaan tietää, onko maalaji tasarakeista ($C_u = \leq 5$) sekarakkeista ($C_u = 5-15$) vai suhteistunutta (tiivistä) ($C_u = \geq 15$) (Jääskeläinen 2011, 19, 51).

Ratarakenteen päällimmäisen kerroksen, eli tukikerroksen raideseppelin raekoossa D on 50–63 mm ja d 31,5 mm (SFS-EN 13450 2003.) Taulukossa 3 on esitetty raideseppelin rakeisuusluokat.

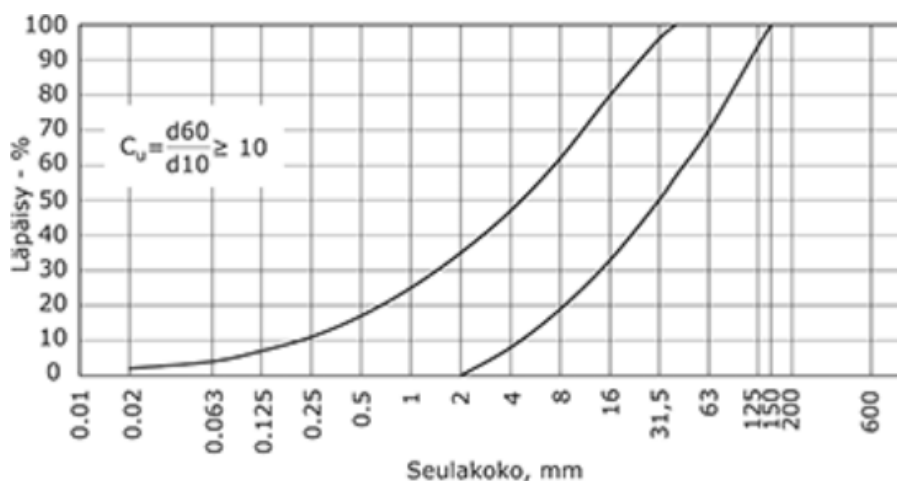
TAULUKKO 3. Raideseppelin rakeisuusluokat A–F (SFS-EN 13450 2003)

Seulan koko mm	Raideseppelin raekoko 31,5...50 mm			Raideseppelin raekoko 31,5...63 mm		
	Läpäisy massaprosentteina					
	Rakeisuusluokka					
	A	B	C	D	E	F
80	100	100	100	100	100	100
63	100	97...100	95...100	97...99	95...99	93...99
50	70...99	70...99	70...99	65...99	55...99	45...70
40	30...65	30...70	25...75	30...65	25...75	15...40
31,5	1...25	1...25	1...25	1...25	1...25	0...7
22,4	0...3	0...3	0...3	0...3	0...3	0...7
31,5...50	≥ 50	≥ 50	≥ 50	–	–	–
31,5...63	–	–	–	≥ 50	≥ 50	≥ 85

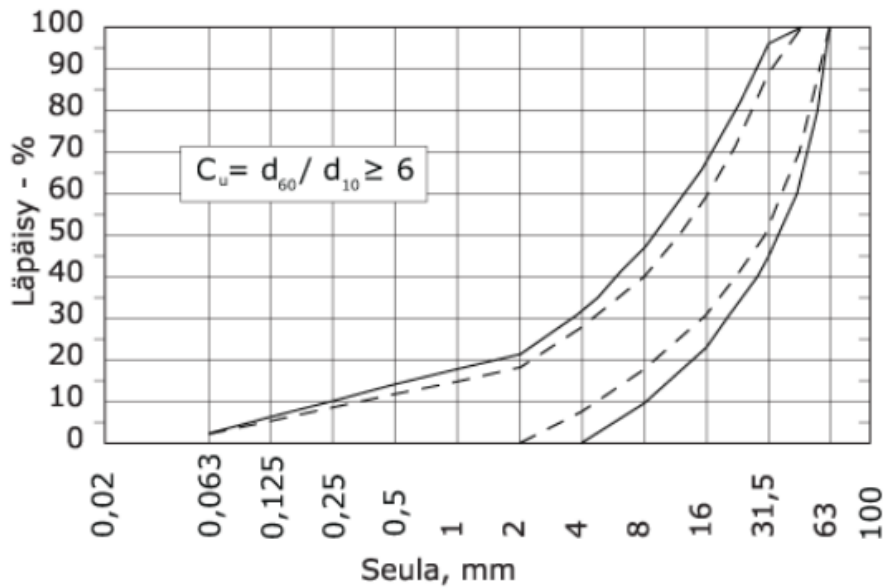
HUOM. 1 Seulan 22,4 mm läpäisylle asetettuja vaatimuksia sovelletaan vain tuotantopaikalta otetulle raideseppelinäytteelle.

HUOM. 2 Tietyissä olosuhteissa 25 mm seulaa voidaan käyttää 22,4 mm seulan sijasta, tällöin raja-arvona käytetään 0...5 (0...7 luokassa F).

Välikerrokseen käytettävän soran rakeisuuden raekosuhteen (d_{60}/d_{10}) tulee olla yli 10 mm (InfraRYL 2024). Välikerros rakennetaan kuvan 34 mukaisesta rakeisuusvaatimusten mukaisesta sora-
ramateriaalista. Kun välikerroksessa ja eristyskerroksessa käytetään kalliomursketta, käytetään kuvan 35 mukaista kalliomursketta ja välikerroksen ja eristyskerroksen rakentaminen toteutetaan samaan aikaan.

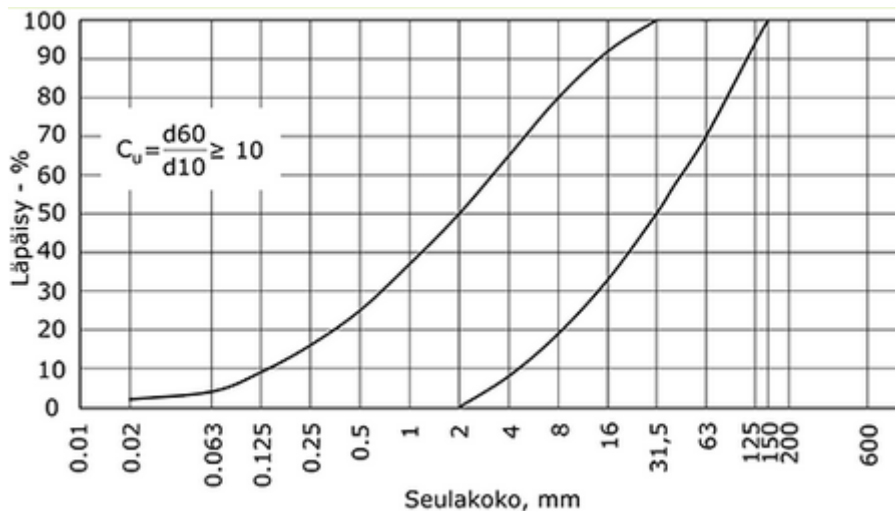


KUVA 34. Ratarakenteen välikerrokseen käytettävän sora-
ramateriaalin materiaalivaatimukset (InfraRYL 2024)

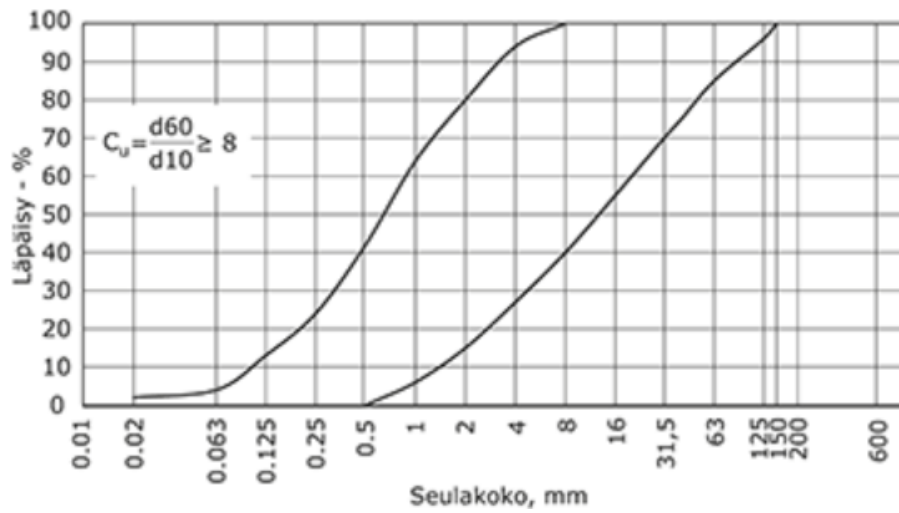


KUVA 35. Ratarakenteen väli- ja eristyskerrokseen käytettävän kalliomurskeen materiaalivaatimukset (InfraRYL 2024)

Eristyskerroksessa kerroksen yläpuolisessa osassa käytettävän soramateriaalin rakeisuusvaatimukset on esitetty kuvassa 36 on ja kuvassa 37 eristyskerroksen alapuolisen hiekka tai soramateriaalin rakeisuusvaatimukset. Kuvassa 35 on esitetty eristys- ja välikerrokseen soveltuvan kalliomurskeen rakeisuusvaatimukset. Jos eristyskerroksen alapuolelle rakennetaan suodatinkerros, tulee suodatinkerroksen rakeisuuden olla $2/4$ mm (d/D).



KUVA 36. Ratarakenteen eristyskerroksen yläpuoliseen osaan käytettävän soramateriaalin materiaalivaatimukset (InfraRYL 2024)



KUVA 37. Ratarakenteen eristyskerroksen alapuoliseen osaan käytettävän hiekka tai sora-
 aalin materiaalivaatimukset (InfraRYL 2024)

Ratamaapenkereeseen käytettävän materiaalin rakeisuuden raekokosuhteen C_u (d_{60}/d_{10}) tulee olla yli 10 mm. Maapenger voidaan rakentaa moreenista, karkearakeisesta maalajista tai kalliomurskeesta. Kalliomurskeen raekoon tulee olla 0/150. (InfraRYL 2024).

5 UUSIOMATERIAALIEN SOVELTUVUUS TARKASTELTAVIEN VÄYLÄKOHTEIDEN RAKENNEKERROKSISSA

5.1 Tie-, katu-, pyöräily- ja jalankulkuväylät

5.1.1 Arvio soveltuvista uusiomateriaaleista

Alla on esitetty listattuna tässä opinnäytetyössä esitettyjen uusiomateriaalien mahdollinen soveltuvuuden arvio tie-, katu-, pyöräily- ja jalankulkuväylien eri rakennekerroksien materiaalina. Materiaalien soveltuvuuslista ja tiedot on tarkoitettu yleisinformaatioksi.

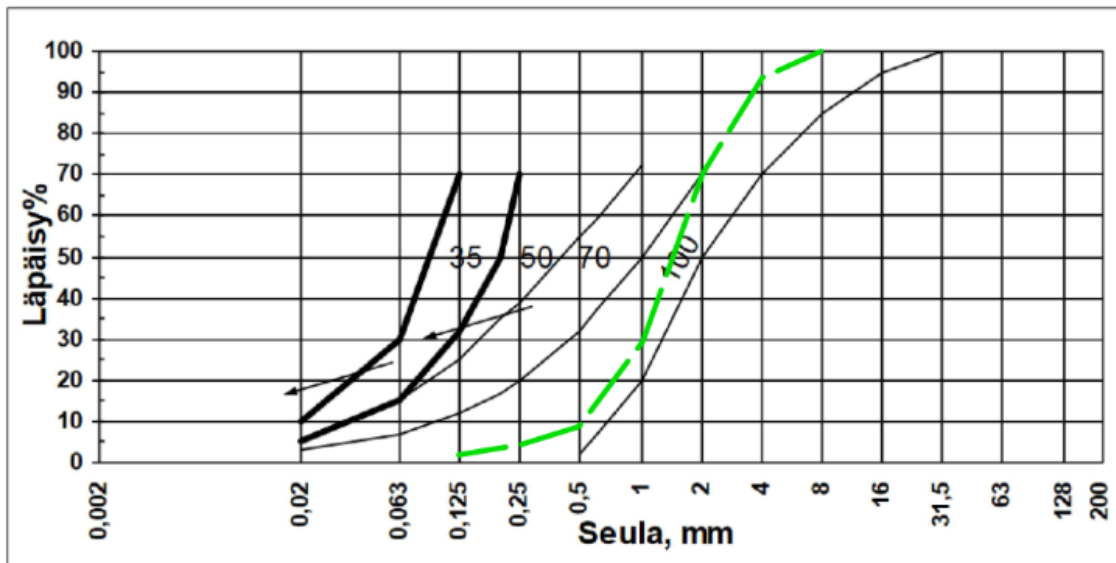
Ferrokromikuonamurske-hiekka

Ferrokromikuonamursketta (OKTO-murske) ja ferrokromikuonahiekkaa (OKTO-eriste) on mahdollista hyödyntää tiepenkereiden, penger- ja ojaluisien sekä kaivantojen täyttöjen materiaalina tai täyttömäiden päällimmäisenä verhoilumateriaalina. Luiskarakenteille saadaan hyvä vakaus, koska materiaaleilla on korkea leikkauskestävyyskulma, eli rakenne pysyy hyvin paikoillaan. (Destia 2019, 18.)

OKTO-eriste soveltuu teiden suodatinkerroksen materiaaliksi hyvien teknisten ominaisuuksiensa ansiosta, joita ovat rakenteeseen soveltuva rakeisuus, vähäinen kapillaarisuus (< 30 cm) sekä hyvät lujuus ja lämmöneristävyysominaisuudet. Suodatinkerros erotetaan pohjamaasta tarvittaessa suodatinkankaalla, jos suodatinkerroksen ja pohjamaan sekoittuminen voi olla mahdollista esimerkiksi pohjamaan laadusta johtuen (löyhä maa). Jos suodatinrakenteen alaosan kuivatus ei ole mahdollista toteuttaa riittämättömän viettokaltevuuden vuoksi siten, että voidaan estää rakenteen vesipitoisuuden liiallinen kasvu ja tästä johtuva lämmöneristävyysominaisuuden heikentyminen, huomioidaan nämä tekijät jo suunnitteluvaiheessa. (Destia 2019, 18.)

Kuvassa 38 on esitetty havainnollisesti, miten OKTO-eristeen rakeisuuskäyrä (vihreä katkoviiva) asettuu tien hiekalla rakennettavan suodatinkerroksen rakeisuusohjealueelle. Kuvassa luvut 35–100 kuvaavat hiekalla rakennettavan suodatinkerroksen kantavuuden E-moduuli-arvoja (MPa). Jos hiekan rakeisuuskäyrä ylittää nuolen suuntaiset paksummalla esitetyt rajakäyrät (35 MPa alue),

hiekkamateriaali on rakenteeseen liian heikkolaatuista (Liikennevirasto 2018, 49). Kuvasta voidaan päätellä OKTO-eristeellä olevan varteenotettava soveltuvuus tien suodatinkerrosrakenteeseen.



KUVA 38. OKTO-eristeiden rakeisuuskäyrän asettuminen (vihreä katkoviiva) tien suodatinkerroksen rakeisuusohjealueelle (Destia 2019, 49)

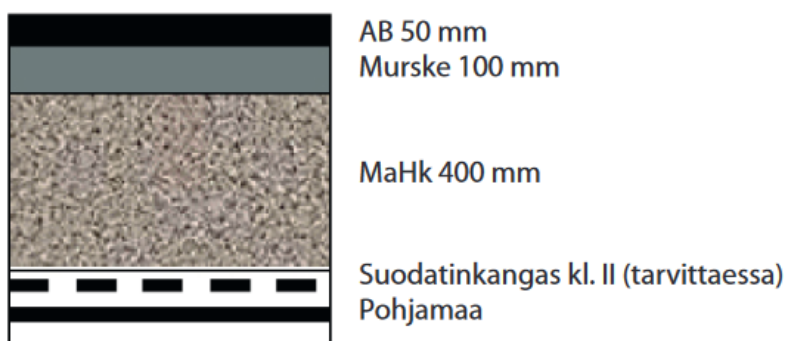
Tierakenteiden jakavan ja kantavan kerroksen osalta Destian ohjeistuksessa on mainittu, etteivät OKTO-murske ja OKTO-eriste sovellu käytettäväksi kyseisillä rakennekerroksilla. OKTO-murskeen soveltumattomuus johtuu materiaalin prosessitekniisten ominaisuuksien riittämättömyydestä ja OKTO-eristeellä materiaalin rakeisuudesta johtuvien kantavuusominaisuuksien täyttymättömyydestä. (Destia 2019, 18.)

OKTO-mursketta ja OKTO-eristettä valmistava Outokumpu Oy on lopettanut OKTO-tuotteidensa myymisen käytettäväksi asfalttipäällysteissä. Myynnin lopettaminen johtuu tutkimuksen tuloksista, jossa selvitettiin Oulun alueella esiintyneiden autojen jakopäähinnavaurioiden syytä ja OKTO-mursketta sisältävien asfalttipäällysteiden mahdollista osuutta vaurioihin. Myös ELY-keskus on lupunut OKTO-tuotteiden käytöstä asfalttipäällysteissä. (Sipola 2023.) InfraRYL:in mukaiset ferrokromikuonan vaatimukset sekä suositukset materiaalin testaustiheyksiksi suodatinkerroksessa on esitetty liitteessä 4.

Masuunihiekka ja LD-masuunihiekka

Masuunihiekkaa ja LD-masuunihiekkaa voidaan hyödyntää teiden stabiloidun kantavan kerroksen sideaineena, jossa kerroksen kuormituskestävyyttä parannetaan sekoittamalla siihen masuunihiekkaa tai LD-masuunihiekkaa. Menetelmistä käytetään nimitystä masuunihiekkastabilointi (MHST) ja LD-masuunihiekkastabilointi (LD-MHST). Sekoittaminen voidaan suorittaa suoraan kohteessa paikallasekoituksena. Sideaineeksi tarkoitetun masuunihiekan sekaan on mahdollista lisätä rakenteen lujittumista nopeuttavaa ja aktivoivaa ainesta, joka on yleisesti käytettynä sementtiä. Näin ollen käytettävä stabilointimenetelmä on nimeltään aktivoitu masuunihiekkastabilointi (MHST-A). LD-masuunihiekkastabiloinnissa sementin käyttö aktivoivana aineksena voi aiheuttaa rakenteen liiallisen jäykistymisen ja jäykistymisestä johtuvan rakenteen halkeilun. (Rakennustieto Oy 2020).

Masuunihiekkaa on mahdollista käyttää myös tien jakavan tai suodatinkerroksen materiaalina. Jakavaan kerrokseen käytettävän masuunihiekkarakenteen päälle tehdään noin 100 mm:n murskekerros 0/20–32 mm:n murskeesta, jotta asfaltin tarttuminen ja asfalttipinnan onnistuminen voidaan taata. (Rakennustieto Oy 2020). Kuvassa 39 on esitetty tierakenne, joka on kerroksiltaan tyypillinen masuunihiekkaa rakenteessa käytettäessä.



KUVA 39. Masuunihiekalla rakennettu tierakenne ja rakenteiden paksuudet (Rakennustieto Oy 2020)

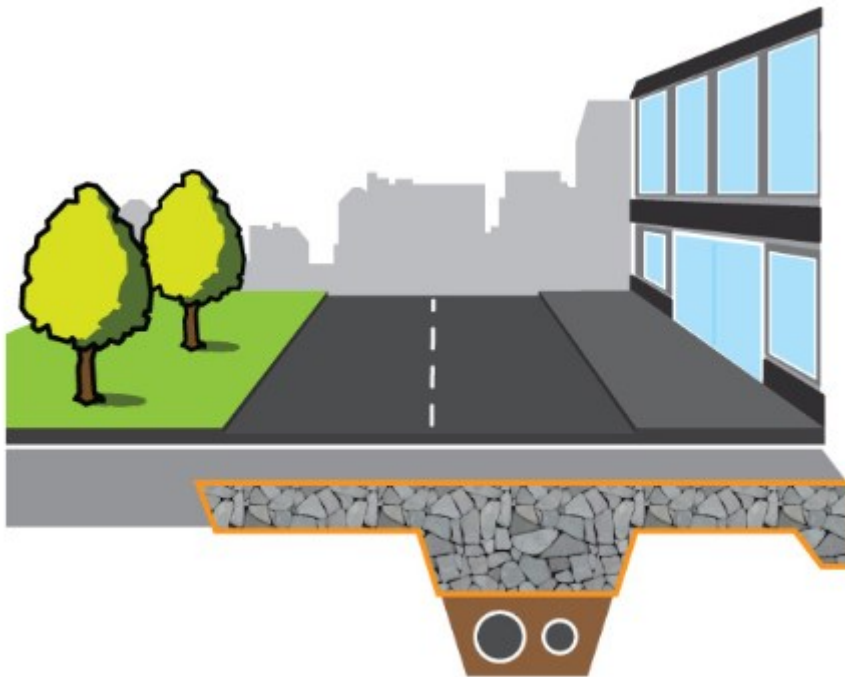
LD-masuunihiekkaa voidaan mahdollisesti hyödyntää jakavan tai suodatinkerroksen materiaalina. LD-masuunihiekan päälle tehdään vähintään 100–200 mm:n murskekerros 0/20–55 mm:n murskeesta tie/katuluokan mukaan, riittävän asfaltin rakennekerrokseen tarttumisen ja työaikaisen kantavuuden vuoksi (Rakennustieto.fi 2020). InfraRYL:in mukaiset vaatimukset ja suositukset testaus-tiheyksiksi kantavilla, jakavilla ja suodatinkerroksilla masuunikuonalle on esitetty liitteessä 4.

LD-teräskuona

LD-teräskuonaa (konvertteriteräskuonaa) on tyypillisesti hyödynnetty teiden jakavan ja suodatin-kerroksen materiaalina (Väylävirasto 20/2022, 63). LD-teräskuonaa voidaan käyttää myös LD-masuunihiekan valmistuksessa lisäämällä masuunihiekan sekaan LD-teräskuonaa seossuhteella 30/70 tai 50/50 (Rakennustieto 2020). InfraRYL:in mukaiset LD-teräskuonan vaatimukset ja suositukset testaustiheyksiksi on esitetty liitteessä 4. Liitteessä on käytetty LD-teräskuonasta nimitystä BOS-teräskuona, joka on peräisin sanoista basic oxygen steelmaking (happiteräksen perusvalmistus) (Väylävirasto 20/2022, 63).

Vaahtolasimurske

Vaahtolasimursketta voidaan hyödyntää tierakenteessa routaeristeenä, jolloin rakennettavasta routaeristekerroksesta on mahdollista tehdä ohuempi johtuen vaahtolasimurskeen hyvien roudaneristysominaisuuksien ja routimattomaksi materiaaliksi määrittelyn ansiosta (hyvä lämmönjohtavuus- ja eristyskyky, kapillaarinen nousukorkeus < 200 mm). Vaahtolasimurskerakenteessa rakeet kestävät rikkoutumatta vuodenaikojen mukaan toistuvat jäätymiset ja sulamiset. (Uusioaines Oy 2023). Kuvassa 40 on esitetty routaeristeenä toimivan vaahtolasimurskerakenteen sijoittuminen tie- tai katurakenteessa.



KUVA 40. Vaahtolasimurske routaeristerakenteena havainnollistetusti tie- tai katurakenteessa (Uusioaines Oy 2023)

Vahtolasimursketta on mahdollista käyttää teiden ja katujen tiepenkereiden, siltapenkereiden ja tukimuurien taustatäytön kevennys- ja kuivatusrakenteena. Käytettäessä vahtolasimursketta kevennysrakenteena rakenteiden painumilta voidaan välttyä osittain tai kokonaan, rakenteeseen kohdistuvaa maanpainetta voidaan vähentää tai edistää rakenteen parempaa vakavuutta. (Uusioaines Oy 2023).

Lentotuhka

Lentotuhkaa voidaan käyttää tien päällysrakenteen kerrosstabiloinnin sideaineena tai päällysrakenteen massiivirakenteena. Päällysrakenteisiin soveltuvat lentotuhkan ylemmän käyttöluokan materiaalit LT I ja LT II, johtuen alemman käyttöluokan LT IV päällysrakenteeseen riittämättömistä teknisistä ominaisuuksista, jotka eivät toteudu esimerkiksi jäätyminen ja sulamisen kestävyys tai routivuuden osalta. (Infra 062-710191, 8.)

Jalankulku- ja pyöriteillä lentotuhkaa on mahdollista käyttää jakavan kerroksen materiaalina. Metsäautoteiden kulutuskerroksessa lentotuhkaa voidaan hyödyntää sekoittamalla sitä murskeeseen. Lentotuhkaa voidaan käyttää, kun tien pohjamaaolosuhteet ovat kuivat tai vaihtoehtoisesti rakenteen alle voidaan rakentaa suodatinkerros, joka katkaisee veden kapillaarisen nousun tierakenteeseen. Rakenteen tiivistyminen tulee varmistaa tukipenkereillä. Metsäautoteitä, joilla on käytetty tuhkamateriaalia, kutsutaan tuhkamursketeiksi. (Infra 062-710191, 8.)

Lentotuhkaa voidaan hyödyntää myös penkereiden täytöissä, kun pengerrakenteen alapuolelle rakennetaan suodatinkerros sekä maavallien materiaalina. Maavallissa lentotuhkalla rakennetun rakenteen alapuolelle ei tarvita suodatinkerrosta, jos rakenne sijaitsee liikennekuormittamattomalla alueella. (Infra 062-710191, 8, 9.) Taulukossa 4 on esitetty Infra 062-710191 -ohjekortin mukaisia tietoja lentotuhkan hyödyntämisestä eri tierakenteiden rakennusosien materiaalina lentotuhkan eri käyttöluokituksen mukaisesti.

TAULUKKO 4. Arvio lentotuhkan, pohjatuhkan ja leijupetihiekan hyödyntämisestä eri tierakenteiden rakennusosien materiaalina materiaalien eri käyttöluokkien mukaan. (Infra 062-710191)

InfraRYL luku	Rakennusosa	Soveltuva LT	Soveltuva PT ja LpHk	Huom!
14130	Stabiloidut maarakenteet (pilari- ja massastabilointi)	sideaineena	–	⁴⁾
¹⁾	Stabiloitu maa	sideaineena	–	⁴⁾
142500	Kaatopaikan rakenteet	käyttäminen arvioitava rakennusosakohtaisesti yhdyskuntajätteen kaatopaikkojen pintarakenteissa, ks. Infra 15-710194 <i>Kaatopaikkarakenteet</i>		
18110	Maapenkereet (väylät, liikuntapaikat, meluvallit, yms.)	LT I, II, IV	PT I, II LpHk I, II	routivat tuhkat väylissä vain routasvyvyyden alapuolella
18140	Kevennetyt penkereet ²⁾	–	–	paino yli 10 kN/m ³
18150	Vastapenkereet	LT I, II, IV	PT I, II LpHk I, II	–
18330	Kaivantojen lopputäytöt	LT I, II, IV	PT I, II LpHk I, II	mahd. lujittuminen ja korroosiovaikutus huomioitava
18360	Massanvaihtoon kuuluvat täytöt	LT I, II, IV	PT I, PT II LpHk I, II	mahdollinen vain pohjavesipinnan yläpuolella
21110	Suodatinkerrokset	LT I, II, IV	PT I, LpHk I	voidaan käyttää routaeristävänä kerroksena kohdekohtaisella mitoituksella ja suunnittelulla
21210	Jakavat kerrokset	LT I, II	PT I, LpHk I ³⁾	–
21220	Eristyskerrokset ratarakenteissa	–	–	mahdollista ratapihoilla
21322	Stabiloidut kantavat kerrokset	sideaineena	–	⁴⁾
Infra 66-710136	Maavallikatsomot	LT I, II, IV	PT I, II LpHk I, II	–

¹⁾ "Stabiloitu maa" tarkoittaa rakennusmateriaalina käytettävää pehmeää maata (esim. savea), jonka jäykkyyttä on lisätty sekoittamalla siihen sideainetta, "stabiloidun maan" littera on sen käyttötarkoituksen mukainen, jossa materiaalia hyödynnetään rakennusmateriaalina – esim. 18110 Maapenkereet silloin, kun stabiloitua savea käytetään esim. meluvallin penkereessä hankekohtaisissa suunnitelmissa esitetyillä materiaalivaatimuksilla.

²⁾ InfraRYL:ssä on 18140 Kevennetyt penkereet, joka sisältää materiaalit kevytsora, kevytsorabetoni, EPS, XPS, renkaat, rengasrouhe, vaahtolasi-murske. Muiden UUMA-materiaalien käyttäminen kevennysmateriaalina on tehtävä hankekohtaisissa suunnitelmissa esitetyillä materiaalivaatimuksilla.

³⁾ Vain kohteisiin, joissa alhainen kantavuusvaatimus.

⁴⁾ Tässä ohjeessa ei käsitellä lentotuhkalla stabiloituja rakenteita.

Asfalttirouhe

Asfalttirouhetta voidaan käyttää tien sitomattomassa päällystekerroksessa ja stabiloidun kantavan kerroksen materiaalina. Stabiloinnin sideaineena käytetään bitumia, joka vähentää kerroksen routivuutta. (Väylävirasto 20/2022, 52.) Hyödynnettävän asfalttirouheen sallittu enimmäismäärä on päällystekerrosten (kulutuskerrokset) osalta 50 % ja muiden sidottujen kerrosten osalta 70 % koko asfalttimassan määrästä. Tapauskohtaisesti enimmäismääriä voidaan soveltaa ja tulevaisuudessa sallittujen enimmäismäärien prosenttilukujen on odotettu kasvavan. Sallitut enimmäismäärät on ilmoitettu PANK Ry:n ylläpitämässä Asfalttinormit 2023 -julkaisussa. Asfalttinormit 2023 -julkaisu on mahdollista tilata PANK Ry:n nettisivuilta. Asfalttirouhetta on mahdollista hyödyntää yleisimpien asfalttityyppien raaka-aineena, joita ovat asfalttibetoni, kivimastiksiasfaltti sekä valuasfaltti. Pehmeän asfalttibetonin ja avoimen asfaltin raaka-aineksi asfalttirouhe soveltuu rajoitetummin (PANK Ry 2022, 4.) Kuvassa 41 on esitetty mille asfalttityypeille asfalttirouhe voi soveltua ja mille se soveltuu rajoitetummin.

Asfalttityyppi	Asfalttirouheen soveltuvuus
Asfalttibetoni (AB, ABK, ABS, ABT)	Soveltuu
Kivimastikiasfaltti (SMA)	Soveltuu
Valuasfaltti (VA)	Soveltuu
Pehmeä asfalttibetoni (PAB)	Soveltuu rajoitetusti
Avoin asfaltti (AA)	Soveltuu rajoitetusti

KUVA 41. Asfalttirouheen soveltuvuus eri asfalttityypeille (PANK Ry 2022)

Betonimurske

Betonimursketta on mahdollista hyödyntää tien kantavassa ja jakavassa kerroksessa sekä maapenkereiden, esikuormituspenkereiden ja kaivantojen lopputäyttöjen materiaalina (Infra 2021, 6). Taulukossa 5 on esitetty betonimurskeen käyttömahdollisuudet väyläkohteilla murskeen laatuluokituksen mukaisesti Väyläviraston laatiman betonimurskeiden teknisen soveltuvuuden arvion mukaan. Betonimurskeen laatuluokitus on esitetty liitteessä 3 ja InfraRYL:in mukaiset betonimurskeen vaatimukset ja suositukset testaustiheyksiksi on esitetty liitteessä 6.

TAULUKKO 5. Betonimurskeiden mahdollinen hyödyntäminen betonimurskeen laatuluokituksen mukaisesti Väyläviraston betonimurskeille toteuttaman teknisen soveltuvuuden arvioinnin mukaan. (Infra ry 2021)

Materiaali	Käyttökohde (toissijaiset kohteen suluissa)
BeM I	kantava kerros, (jakava kerros, pengeri, kaivantojen lopputäytöt, ratojen huoltotiet)
BeM II	kantava kerros, jakava kerros, (pengeri, kaivantojen lopputäytöt, ratojen huoltotiet)
BeM III	jakava kerros, (pengeri, kaivantojen lopputäytöt, ratojen huoltotiet)
Materiaali	Käyttökohde
BeM IV	pengeri*, kaivantojen lopputäytöt

Jätteenpolton pohjakuona (käsitelty)

Käsiteltyä arinapoltoissa syntyynyttä jätteenpolton pohjakuonaa voidaan mahdollisesti hyödyntää tierakenteiden jakavassa ja suodatinkerroksessa sekä teiden pengermateriaalina tai erilaisissa maavalleissa, kuten meluvalleissa tai vallien maisemointitäytöissä. Kun pohjakuonaa suunnitellaan käytettäväksi vallirakenteessa, tulee rakentaa riittävällä paksuudella perusmaata sisältävä kasvualusta kasvillisuudelle, joka metsityksen osalta on 0,5 m ja nurmetuksen osalta 0,2 m. (RT 103552 2023, 19.)

Taulukossa 6 on esitetty arviot jätteenpolton pohjakuonan hyödyntämisestä eri tierakenteiden rakennusosien materiaalina pohjakuonan eri käyttöluokituksen mukaisesti. Pohjakuonan käyttöluokituksen määräytyminen on esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 6. Jätteenpolton pohjakuonan hyödyntämisen mahdollisuuden arvio (RT 103552 2023)

InfraRYL luku	Rakennusosa	Soveltuva JpKu-luokka	Huom!
21210	Jakavat kerrokset	JpKu II ¹⁾	-
21110	Suodatinkerrokset	JpKu II, III ²⁾	-
18360	Massanvaihtoon kuuluvat täytöt	JpKu II, III, IV ⁴⁾	Vain pohjavesipinnan yläpuolella
18330	Kaivantojen lopputäytöt	JpKu II, III, IV ³⁾	Mahdollinen korroosiovaikutus verkostoon huomioitava
18150	Vastapenkereet	JpKu II, III, IV	-
18110	Maapenkereet – liikennekuormitettu (väylät, yms.)	JpKu II, III, IV ⁴⁾	-
18110	Maapenkereet – ei liikennekuormitettu (meluvallit, liikuntapaikat, yms.)	JpKu II, III, IV	-
142500	Kaatopaikan rakenteet	Käyttö suunniteltava rakennusosa-kohtaisesti	Ei sisälly tähän ohjeeseen, ks. ohjekortti <i>Infra 15-710106 Kaatopaikka-rakenteet</i>

¹⁾ Soveltuvuus on arvioitu rakenteissa, joissa tien kuormitusluokka on enintään 2,0. Veden kapillaarinen nousu pohjamaasta kuonakerrokseen estetään kapillaarikatkerroksella. Veden nousu sivuojista kuonarakenteeseen estetään suunnittelemalla sivuojalle riittävä syvyys ja viettokaltevuus. (vrt. Tierakenteen suunnittelu 2018, kohta 4.6.3 lievästi routivan moreenin käyttö päällysrakenteessa).

²⁾ usein yhdistetty suodatin- ja jakava kerros tai jakavan kerroksen alaosa.

³⁾ käyttö mahdollista vain hyvin kuivatetuissa rakenteissa.

⁴⁾ rakenteen tulee olla hyvin kuivatettu ja mikäli kuona hyödynnetään routasyvyyden yläpuolella, tulee kuonakerroksen kuivatus varmistaa kohdan 1) periaatteiden mukaisesti.

TAULUKKO 7. Jätteenpolton pohjakuonan käyttöluokituksen määräytyminen (RT 103552 2023, 31)

Kuonan käyttöluokka	Ominaisuus
JpKu II	Raekokojakauma (D, d ja raekokosuhte)
	Hienoainespitoisuus
	Kelluvat ja kellumattomat epäpuhtaudet
	Routivuus
JpKu III	Raekokojakauma (D, d ja raekokosuhte)
	Hienoainespitoisuus
	Kelluvat ja kellumattomat epäpuhtaudet
	Routivuus
JpKu IV	Raekokojakauma (D, d ja raekokosuhte)
	Hienoainespitoisuus
	Kelluvat epäpuhtaudet
	Routivuus

Pohjatuikka ja leijupetihiekka

Pohjatuikkaa ja leijupetihiekkaa on mahdollista hyödyntää teiden suodatinkerroksen, jakavan kerroksen tai jakavan kerroksen alaosan materiaalina. Kyseisten rakenteiden osalta täytyy kuitenkin huomioida myös rakenteen kuivatuksen vaatimusten toteutuminen. Päälystekerroksen ja pohjatuikalla tai leijupetihiekalla rakennetun jakavan kerroksen väliin on rakennettava käytettävästä tuikkaluokasta riippuen sitomaton murskekerros mm. asfaltoinnin tartuntaa varten.

Metsäautoteiden kulutuskerroksessa pohjatuikkaa ja leijupetihiekkaa voidaan hyödyntää sekoittamalla sitä murskeeseen. Pohjatuikkaa ja leijupetihiekkaa voidaan käyttää, kun metsäautotien pohjamaaolosuhteet ovat kuivat tai vaihtoehtoisesti rakenteen alle voidaan rakentaa suodatinkerros, joka katkaisee veden kapillaarisen nousun tierakenteeseen. Rakenteen tiivistyminen tulee varmistaa tukipenkereillä. Metsäautoteitä, joilla on käytetty tuikkamateriaalia, kutsutaan tuikkamurskeiksi. (Infra 062-710191, 8.)

Pohjatuhkaa ja leijupetihiekkaa voidaan hyödyntää myös maavalleissa. Maavallirakenteessa pohjatuhkalla tai leijupetihiekalla rakennetun kerroksen alapuolelle ei tarvita suodatinkerrosta, jos rakenne sijaitsee liikennekuormittamattomalla alueella. (Infra 062-710191, 8, 9, 16.)

Tämän opinnäytetyön luvun 5.1.1 taulukossa 4 on esitetty Infra 062-710191 -ohjekortin mukaisia tietoja pohjatuhkan ja leijupetihiekan hyödyntämisestä eri tierakenteiden rakennusosien materiaalina materiaalien eri käyttöluokkien mukaan.

Tiilimurske

Tiilimurskeelle soveltuvat käyttökohteet ovat väylärakenteet, kenttärakenteet, vallirakenteet, teollisuuden- ja varistorakennusten pohjarakenteet sekä vallirakenteet (VNa 843/2017). Tiilimurskeella rakennetussa rakenteessa tiilimurskeen sisältämät rakeet saattaa hienontua ja sen raekoko voi muuttua alkuperäisestä, jos siihen kohdistuu voimakasta ja iskevää kuormitusta. Näin ollen tiilimursketta voi olla mahdollista hyödyntää alhaisemmin kuormitettujen ja käytön aikana vähäisiä kuormia kohtaavien teiden rakennekerroksissa, kuten huoltoteillä sekä jalankulku- ja pyöräteillä. Liian suuria tiilimurskerakenteeseen kohdistuvia kuormia on mahdollista estää rakentamalla tiilimurskekerroksen päälle paksumpi erilaista rakenteeseen soveltuvaa materiaalia sisältävä suoja-kerros sekä kiinnittämällä huomiota tiilimurskeen huolelliseen ohuempien tiivistyskerroksien tiivistämiseen. Tiilimursketta voidaan mahdollisesti hyödyntää teiden vastapenkereiden materiaalina. Tiilimurskeella rakennetuista vastapenkereistä ei kuitenkaan ole raportoitu kokemuksia. (Ramboll Finland Oy 2022, 19, 23.)

Tiilimurskeen toimivuutta on Suomessa testattu jonkin verran koerakennuskohteilla katurakenteen, jalankulku- ja pyöräilyväylän sekä piharakenteen rakennusmateriaalina, jossa tiilimursketta käytettiin rakenteiden jakavassa kerroksessa. Koerakentamisessa rakennettiin tiilimurskerakenteelle myös vertailurakenne, jossa tiilimursketta ei käytetty. Tiilimurskekoerakenteista saatujen tulosten mukaan rakennekerroksessa olevan tiilimurskeen kosteuden määrä muuttui korkeammaksi, tiilimurske hienontui ja rakenne pääsi löyhtymään. Roudan tunkeutumissyvyudeksi tiilimurskerakenteessa mitattiin 1,2 m. Rakennetussa vertailurakenteessa roudan tunkeutumissyvyudeksi mitattiin 1,4 m. Alankomaissa tiilimurskeen hyödyntämisestä tierakenteissa on kokemusta jo 20 vuoden ajalta. (Mäkelä & Höynälä 2000, 41.)

5.1.2 Tierakenteille soveltuvien uusiomateriaalien testauksesta yleisesti

Uusiomateriaalin soveltuvuus tietylle rakennekerrokselle tulee selvittää tapauskohtaisesti. Uusiomateriaalien hyödyntämismahdollisuuden varmistamiseksi tarkoitettu Väyläviraston teknisen soveltuvuuden arviointi on selitetty tämän opinnäytetyön luvussa 3.4, jonka tarkoituksena on varmistua uusiomateriaalin teknisestä toimivuudesta rakenteessa.

Testikokeilukohteella tarkoitetaan uusiomateriaalilla rakennettua rakennekerrosta, jonka toimivuutta on tarkoitus tutkia. Kokeilu tehdään pienimuotoisesti ja yksinkertaisena toteutettavana tehdasalueen piha-alueelle, tai muulle vastaavalle soveltuvalla paikalla. Kokeilussa rakennetaan rakennekerros uusiomateriaalista sekä vertailurakenne, jotka ovat keskenään rakenteiden mittojen, kuivatuksen sekä pohjaolosuhteiden kanssa toisiaan vastaavat. Näiden kahden rakenteen avulla voidaan selvittää tietyllä rakennekerroksella uusiomateriaalille soveltuva tiivistysmenetelmä, tiivistystarkkailumenetelmä sekä muita mitoitusarvoja. Jos uusiomateriaalista on jo olemassa aiempaa kokemusta ja saatuja tutkimustuloksia, tulee näitä hyödyntää. (Väylävirasto 20/2022, liite 1, 46, 47.)

Kun uusiomateriaalin soveltuvuutta tietylle käyttökohteelle tutkitaan laboratoriotutkimuksilla, tärkeimpiä selvitettäviä ominaisuuksia ovat uusiomateriaalin rakeisuuden, routivuuden, kapillaarisuuden, tiivistettävyyden, vesipitoisuuden, optimivesipitoisuuden, vedenläpäisevyyden, kitkakulman (leikkauskestävyyskulma), hienonemisherkkyuden sekä jäätymisen ja sulamisenkestävyyden arvot. Kun uusiomateriaalia käytetään suodatinkerroksessa, kapillaarisuuden arvot tulee selvittää. Kun uusiomateriaalia käytetään kantavassa tai jakavassa kerroksessa, tulee selvittää jäätymisen ja sulamiskestävyyden arvot. Tierakenteiden päällysrakenteissa ja kevennysrakenteissa käytettäväksi suunniteltujen uusiomateriaalien osalta tulee selvittää niiden tilavuuspaino erilaisissa kosteustiloissa, mahdollinen routaturpoama, mitoitusmoduuli E (kertoo materiaalin jäykkyyden), materiaalin eristävyys sekä kuinka herkkä uusiomateriaalilla rakennettu rakenne on reagoimaan routanousuihin tai painumiin. (Väylävirasto 20/2022, liite 1, 46.) Teiden ja katujen pohjatutkimuksissa olennaisimpia selvitettäviä asioita ovat routivuus ja kantavuus, joiden perusteella voidaan määrittää, millaisia rakennekerroksia tarvitaan sekä mahdolliset pohjanvahvistusmenetelmät (Jääskeläinen 2011).

5.2 Ratarakentaminen

5.2.1 Arvio soveltuvista uusiomateriaaleista

Rautateiden rakennekerrokset ovat luokiteltavissa geoteknisesti hyvin vaativiin ja vaativiin pohjarakenteisiin. Käyttöikävaatimus valmistuneella rautatiellä on 100 vuotta ja routalevyjen osalta 40 vuotta. Radat suunnitellaan niin, että ne kestävät niille kohdistuvat kuormat kestävyuden ja muodonmuutosten osalta. Rakenteiden painumien ja siirtymien tulee olla riittävän pienet, jotta radan turvallinen käyttö voidaan taata. Rakenteiden sekä maapohjan toimivuuden osalta tulee myös olla sortumisen, murtumisen, halkeilun ja eroosion osalta riittävän suuri varmuus. (Liikennevirasto 2018, 11.) Näin ollen uusiomateriaaleja ei nykyisellään voida hyödyntää ratarakenteen eri rakennekerroksissa johtuen ratarakenteiden korkeammista laatuvaatimuksista tierakenteisiin verrattuna.

Uusiomateriaaleja on mahdollista hyödyntää rautatiehankkeissa toteutettavien teiden, huoltoteiden, katujen tai meluvallien rakennusmateriaaleina (Väylävirasto 2022, 17.) Esimerkiksi lentotuhkan, pohjatuhkan ja leijupetihiekan hyödyntäminen rautateiden huoltoteissä ja kaduilla on teknisesti mahdollista. Tuhkia on mahdollista hyödyntää myös ratapihoilla, jotka on luokiteltu kenttärakenteiksi. (Infra 062-710191, 8, 9.) Mainituille väyläkohteille soveltuvien uusiomateriaalien soveltuvuudesta on kerrottu tämän opinnäytetyön luvuissa 5.1.1 ja 5.1.2.

5.2.2 Huomioitavia asioita

Rautatiehankkeilla purettavat päällysrakennemateriaalit, kuten ratakiskot, ratapölköt, vaihteet- ja turvalaitteet sekä liikenneohjauksen laitteet kierrätetään tai niiden käytölle haetaan uusi käyttöpaikka (Väylävirasto 2024). Rautateiltä poistettujen ympäristölle haitallista kreosoottia sisältävien ratapylväiden jatkosijoittamista ja hyödyntämisen mahdollisuuksia olisi hyvä tutkia enemmän. Myös ratahankkeilta purettavien raidesorien hyödyntämiskeinot eri käyttökohteilla olisi mielenkiintoinen lisätutkimuskohde.

6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tehdä yleisinformaatiopainotteinen tutkimus ja selvittää tutkimuksessa käsiteltävien uusiomateriaalien käytön mahdollisuuksia erilaisilla väylärakentamisen kohteilla, erityisesti uudisrakennuskohteilla. Materiaalien soveltuvuutta tutkittiin tie-, katu-, jalankulku ja pyöräilyväyläkohteilla sekä ratarakentamisen kohteilla. Työvaiheita työn teossa olivat lainsäädännön ja asetusten selvittäminen, uusiomateriaalien synnyn ja ominaisuuksien tarkasteleminen sekä käyttökohteiden vaatimusten ja uusiomateriaalien soveltuvuuden vertailu verkkolähteistä ja painetuista teoksista löytyneiden tietojen avulla.

Työn lopputuloksena saatiin koottua tietoa olennaisimmilta osin yleisimmistä uusiomateriaaleista sekä siitä, millaisella väylärakentamisen kohteella niitä voidaan mahdollisesti hyödyntää ja millä tavalla. Lopputuloksena saatiin tietoa myös uusiomateriaalien käytön lainsäädännöllisestä puolesta, joka informoi, miten tulee toimia, kun uusiomateriaalille haetaan käyttö lupaa tietyllä väylärakentamisen kohteella.

Työhön etsittiin tietoa verkkolähteistä ja jonkin verran painetuista teoksista. Tietoa verkkolähteistä löytyi hyvin, lukuun ottamatta kahta materiaalia, joihin löysin tietoa rajoitetummin. Tällaisia materiaaleja olivat LD-teräskuona ja tiilimurske. Jatkossa olisi hyvä tutkia myös muiden jätteeksi luokiteltujen uusiomateriaalien tuotteistamisen mahdollisuuksia, jolloin materiaalien hyödyntämisen mahdollisuudet paranisivat.

LÄHTEET

Väylävirasto 2022. Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa. Väyläviraston ohjeita 20/2022. Helsinki. Hakupäivä 22.11.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-20_uusiomateriaalien_kaytto_web.pdf.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017. Hakupäivä 3.11.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>.

Jätelaki 646/2011. Hakupäivä 6.11.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Hakupäivä 17.11.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050503#L1P13>.

Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä 503/2005. Hakupäivä 16.11.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050503#L1P13>.

UUMA 2023. Mitä uusiomaarakentaminen on. Hakupäivä 20.11.2023. <https://uusiomaarakentaminen.fi/mita-on-uusiomaarakentaminen/>.

Ympäristö.fi 2023. Ympäristölupa. Hakupäivä 22.11.2023. <https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/ymparistolupa>.

Väylävirasto 2021. Asfalttirouheen laatuvaatimusten kehittäminen. Väyläviraston julkaisuja 39/2021. Helsinki. Hakupäivä 29.11.2023. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/181249/vj_2021-39_978-952-317-877-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jätteeksi luokittelun päättymisen arviointiperusteista 466/2022. Hakupäivä 5.12.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20220466>.

Maankäyttö- ja rakennuslaki (Alueidenkäyttölaki) 752/2023. Hakupäivä 7.12.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.

Uusioaines Oy 2023. Foamit-vahtolasimurske on monipuolinen uusiomateriaali. Hakupäivä 7.12.2023. <https://foamit.fi/tuotteet/>.

Uusioaines Oy 2023. Ohjeita. Hakupäivä 7.12.2023. <https://foamit.fi/tekninen-tuki/ohjeet/>.

Rakennustieto Oy 2020. RT 103195. Masuunihiekka, LD-masuunihiekka. SSAB Europe Oy. Hakupäivä 7.12.2023. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103195>. Vaatii lisenssin.

InfraRYL 2023. Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS. Hakupäivä 13.12.2023. <https://ryl-rakennustieto-fi>. Vaatii lisenssin.

Ympäristöministeriö 2024. Kiertotalouden strateginen ohjelma. Hakupäivä 26.01.2024. <https://ym.fi/kiertotalousohjelma>.

Ramboll Finland Oy 2022. Uusiomateriaalit tierakenteissa. Opas rakenteiden suunnitteluun. Espoo. Hakupäivä 29.01.2024. <https://uuma.kiertotaloussuomi.fi/aineisto/uusiomateriaalit-tierakenteissa-opas/>.

Mäkelä, Harri & Höynälä, Harri 2000. Sivutuotteet ja uusiomateriaalit maarakenteissa: Materiaalit ja käyttökohteet. Helsinki: Tekes.

Destia 2024. OKTO-rakennustuotteet- teollisuuden sivuvirrasta valmistetut kiviainekset. Hakupäivä 12.2.2024. <https://www.destia.fi/palvelut/kiviaines-ja-kiertotalous/okto-rakennustuotteet/>.

Sipola, Timo 2023. Oktomurske rikkoo autoja vielä pitkään, korvauksia jouduttaneen hakemaan käräjien kautta. Yle. Hakupäivä 12.2.2024. <https://yle.fi/a/74-20047043>.

Väylävirasto 2024. Väyläviraston kiertotalousiltapäivä. Hakupäivä 4.2.2024. <https://vayla.fi/-/vaylaviraston-kiertotalousiltapaiva>.

Väylävirasto 2021. Radanpidon ympäristöohje. Väyläviraston ohjeita 26/2021. Helsinki. Hakupäivä 16.2.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-26_radanpidon_ymparistoohje_web.pdf.

Liikennevirasto 2018. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3. Radan rakenne. Liikenneviraston ohjeita 13/2018. Helsinki. Hakupäivä 16.2.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-13_rato3_web.pdf.

Liikennevirasto 2018. Tierakenteen suunnittelu. 28.11.2018. Liikenneviraston ohjeita 38/2018. Helsinki. Hakupäivä 16.2.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf.

Ramboll 2020. Uusiomateriaalit kaupunkien infrarakentamisessa- käsikirja. UUMA3-hanke. Espoo. Hakupäivä 20.2.2024. <https://uusiomaarakentaminen.fi/wp-content/uploads/sites/5/2023/10/Uusiomateriaalit-kaupunkien-infrarakentamisessa-kasikirja.pdf>.

Aluehallintovirasto 2024. Ympäristölupa. Hakupäivä 22.2.2024. <https://avi.fi/asioi/yritys-tai-yhteiso/luvat-ilmoitukset-ja-hakemukset/vesi-ja-ymparisto/ymparistolupa>.

Tiehallinto 2007. Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa. Helsinki. Hakupäivä 23.2.2024. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Tiehallinto/pdf/2100041-v-07-sivutuoteohje.pdf>.

Isoherranen, Ida-Maria 2024. Ympäristötarkastaja. Oulun seudun ympäristötoimi. Sähköposti 27.2.2024.

Tielaitos 1996. LD-teräskuona tienrakennusmateriaalina. Tielaitoksen selvityksiä 46/1996. Oulu. Hakupäivä 1.3.2024. <https://core.ac.uk/reader/83993970>.

Ympäristö.fi 2024. Ilmoitus jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Hakupäivä 1.3.2024. <https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/ysln-kertaluonteiset-ilmoitusmenettelyt/jatteiden-hyodyntaminen-maarakentamisessa>.

Valtioneuvoston asetus elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten, työ- ja elinkeinotoimistojen sekä kehittämis- ja hallintokeskuksen maksullisista suoritteista vuonna 2024 1215/2023. Hakupäivä 1.3.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20231215>.

SFS-EN 933-1/2012. Kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testaus. Osa 1: Rakeisuuden määrittäminen. Seulontamenetelmä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 12.3.2024. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/9/201534.html.stx#>. Vaatii lisenssin.

SFS 5884:2022. Betonimurskeen maa- ja viherrakennuskäytön laadunvalvontajärjestelmä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 12.3.2024. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/SFS/ID2/5/1147179.html.stx#>. Vaatii lisenssin.

SFS-EN 13242 + A1/2022. Maa- ja vesirakentamisessa ja tierakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 12.3.2024. <https://online.sfs.fi/fi/index/hakutulos.html.stx#>. Vaatii lisenssin.

SFS-EN 13285:2018. Sitomattomat kiviainesseokset. Tuotevaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 12.3.2024. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/876846.html.stx#>. Vaatii lisenssin.

Väylävirasto 2021. Rudus Oy, Betoroc-betonimurskeet. Teknisen soveltuvuuden arviointi. VÄYLÄ/419/06.04.02/2021. Arviointikirjeen liite 1. Hakupäivä 13.3.2024. https://ava.vaylapiivi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/uusiomateriaalit/betoroc_betonimurskeet_liite1_15.1.2021.pdf.

Jääskeläinen, Raimo 2011. Geotekniikan perusteet. Tampere: Tammertekniikka.

PANK Ry 2022. PANK-opas: Asfalttirouheen käytön parhaat käytännöt. 8.2.2022. Hakupäivä 14.3.2024. <https://www.pank.fi/wp-content/uploads/2022/02/Asfalttirouheen-kayton-parhaat-kaytannot-opas-1.pdf>.

PANK Ry 2024. Asfalttinormit 2023. Hakupäivä 14.3.2024. <https://www.pank.fi/normit-ja-asiakirjat/asfalttinormit/>.

SFS-EN 13450:2003. Raidesepelikiviainekset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 14.3.2024. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/6467.html.stx#>. Vaatii lisenssin.

Väylävirasto 2023. Ratatekniset ohjeet (RATO) 11. Radan päällysrakenne. Väyläviraston ohjeita 23/2023. Helsinki. Hakupäivä 14.3.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-23_rato11_web.pdf.

Rakennustieto 2018. Infra 062-710191. Tuhkien käyttö maarakentamisessa. Metsä- ja energiategollisuuden tuhkamateriaalit. Hakupäivä 14.3.2024. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Infra%20062-710191>. Vaatii lisenssin.

Rakennustieto 2023. RT 103552. Yhdyskuntajätteenpolton pohjakuonan käyttö maarakentamisessa. Hakupäivä 15.3.2024. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103552>. Vaatii lisenssin.

Destia 2019. OKTO-rakennustuotteiden suunnittelu- ja rakentamisohje tie-, katu- ja maarakenteissa. Hakupäivä 19.3.2024. <https://www.destia.fi/app/uploads/2022/04/okto-suunnittelu-ja-mitotusohje.pdf>.

Suomen kuntatekniikan yhdistys 2020. Kadun rakennekerrokset ja materiaalit. Hakupäivä 20.3.2024. <https://katu2020.info/2020/2020/09/30/kadun-rakennekerrokset-ja-materiaalit/>.

Metallinjalostajat ry 2014. Teräskirja. Hakupäivä 21.3.2024. https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/teraskirja_flip/mobile/index.html#p=36.

Liikennevirasto 2018. Uusiomateriaalien käytön ohjeistus ja hankekäytännöt. Kehitystarpeet ja mahdollisuudet tierakentamisessa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2018. Helsinki. Hakupäivä 5.4.2024. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/152957/Its_2018-18_978-952-317-531-0.pdf?sequence=1.

Infra 2021. Betonimurskeiden tekninen soveltuvuus ja käyttö tierakenteissa. Ohje. Helsinki. Hakupäivä 5.4.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/Betonimurske%20tekni-sen%20soveltuvuuden%20arviointi_web.pdf.

Nurminen, Santeri 2017. Pintakelirikkoisen tien lujittaminen LD-masuunihiekalla. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 5.4.2024. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/123814/Nurminen_Santeri.pdf?sequence=1.

LIITTEET

Mara-asetuksen materiaalien hyödyntämisen edellytykset liite 1

Teknisen soveltuvuuden arvioinnin tarkastuslista liite 2

Betonimurskeen laatuluokitus (SFS 5884:2022) liite 3

Masuuni-, BOS-teräskuona- ja ferrokromikuonien vaatimukset ja testaustiheys suositukset liite 4

Tierakenteissa käytettävien sitomattomien ja hydraulisesti sidottujen kiviainesten yleiset rakeisuusvaatimukset (SFS-EN 13242, 9) liite 5

Betonimurskeen vaatimukset ja testaustiheys suositukset liite 6

Sitomattomien kiviainesseosten rakeisuuden vaihteluvälit (SFS-EN 13285:2018, 8) liite 7

Tierakenteen jakavan kerroksen ja sitomattoman kantavan- ja kulutuskerroksen seulonnan sallitut raekoon vaihteluvälit liite 8

Liite 2

HAITALLISTEN AINEIDEN RAJA-ARVOT JA MUUT LAATUVAATIMUKSET SEKÄ JÄTTEEN ENIMMÄISKERROSPAKSUUS MAARAKENTAMISKOHTEESSA

Taulukko 1.Hyödynnettävän jätteen suurin sallittu haitallisten aineiden liukoisuus (mg/kg L/S-suhteessa 10 l/kg) ja pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta) sekä kerrospaksuus maarakentamiskohteessa. Jättemateriaalikohtaiset määritysvaatimukset on annettu liitteessä 3 (jätteen laadunhallinta).

Haitallinen aine	Maarakentamiskohde						
	Väylä ¹⁾	Kenttä ¹⁾		Valli	Teollisuus- ja varastorakennuksen pohjarakenne		Tuhkamursketie ²⁾
	jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m	jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m		jätteen kerrospaksuus ≤ 5,0 m	jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m		jätteen kerrospaksuus ≤ 0,2 m
	Peitetty	Päällystetty	Peitetty	Päällystetty	Peitetty		
Liukoisuus (mg/kg LS = 10 l/kg)							
Antimoni (Sb)	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7
Arseeni (As)	1	2	0,5	1,5	0,5	2	2
Barium (Ba)	40	100	20	60	20	100	80
Kadmium (Cd)	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06
Kromi (Cr)	2	10	0,5	5	1	10	5
Kupari (Cu)	10	10	2	10	10	10	10
Lyijy (Pb)	0,5	2	0,5	2	0,5	2	1
Molybdeeni (Mo)	1,5	6	0,5	6	1	6	2
Nikkeli (Ni)	2	2	0,4	1,2	1,2	2	2
Seleeni (Se)	1	1	0,4	1	1	1	1
Sinkki (Zn)	15	15	4	12	15	15	15

Vanadiini (V)	2	3	2	3	2	3	3
Elohopea (Hg)	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	3 200	11 000	800	2 400	1 800	11 000	4 700
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	5 900	18 000	1 200	10 000	3 400	18 000	6 500
Fluoridi (F ⁻) ³⁾	50	150	10	50	30	150	100
Liennut orgaaninen hiili (DOC)	500	500	500	500	500	500	500
Pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta)							
Bentseeni	0,2	0,2	0,02	0,2	0,06	0,02	0,2
TEX ⁴⁾	25	25	25	25	25	10	25
Naftaleeni	5	5	5	5	5	5	5
PAH-yhdisteet ⁵⁾	30	30	30	30	30	30	30
Fenoliset yhdis- teet ⁶⁾	10	10	5	10	10	10	10
PCB-yhdis- teet ⁷⁾	1	1	1	1	1	1	1
Öljyhiilivedyt C10-C40	500	500	500	500	500	300	500

- 1) Hyödynnettävän asfalttimurskeen ja -rouheen enimmäismäärä maarakentamiskohteessa on 1 000 tonnia
- 2) Tuhkamursketien kerrospaksuus on asetettu täytekerroksen laskennalliselle paksuudelle
- 3) Taulukossa 1 kloridille, sulfaatille ja fluoridille asetettuja raja-arvoja ei sovelleta rakenteeseen, joka täyttää kaikki seuraavat edellytykset: sijaitsee enintään 500 m etäisyydellä merestä, rakenteen läpi suotautuvan veden purkautumissuunta on mereen sekä rakenteen ja meren välillä ei ole talousvedenottoon käytettäviä kaivoja
- 4) Tolueeni, etyylibentseeni ja ksyleeni (summapitoisuus)
- 5) Polyaromaattiset hiilivedyt: antraseeni, asenafteeni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni, kryseeni, naftaleeni ja pyreeni (summapitoisuus)
- 6) Fenoli, o-kresoli, m-kresoli, p-kresoli ja bisfenoli-A (summapitoisuus)
- 7) Polyklooratut bifenyylit kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180 (summapitoisuus)

Poikkeukset taulukon 1 raja-arvoista, jos toteutettavan rakenteen enimmäispaksuus on 0,5 m (mg/kg L/S-suhteessa 10 l/kg)

- peitetty väylä: barium (Ba) 80; vanadiini (V) 3; kloridi (Cl^-) 3 600; sulfaatti (SO_4^{2-}) 6 000;
- päällystetty väylä: kloridi (Cl^-) 14 000; sulfaatti (SO_4^{2-}) 20 000;
- peitetty kenttä: antimoni (Sb) 0,4.

Muut laatuvaatimukset

Haitta-aineiden raja-arvojen lisäksi hyödynnettävää jätettä koskevat seuraavat laatuvaatimukset:

- hyödynnettävän jätteen on täytettävä maarakentamiskohteen rakennusosien tekniset ja toiminnalliset vaatimukset, jotka on annettu säädöksissä, niitä täydentävissä määräyksissä ja ohjeissa sekä hankkeen rakennuttajan edellyttämässä kohdekohtaisissa suunnitelmissa;
- betoni- tai tiilimurske saa sisältää enintään yhden painoprosentin siihen kuulumatonta vedessä kellumatonta ainesta, kuten puuta, kumia tai metalia. Lisäksi betoni- tai tiilimurskeessa saa olla enintään 10 cm³/kg vettä kevyempiä materiaaleja, kuten muoviva ja eristemateriaaleja. Betonijäte saa sisältää lisäksi enintään 30 painoprosenttia tiili- ja kaakelijätettä;
- tiilijäte saa sisältää enintään 40 painoprosenttia laastia ja 30 painoprosenttia betonia;
- turpeen- ja puuperäisen aineksen polton tuhkien hyödyntämisessä on huomioitava rakennusmateriaalien ja tuhkien radioaktiivisuuteen liittyvät rajoitukset, jotka on annettu voimassa olevassa Säteilyturvakeskuksen ohjeessa;
- tuhkamursketiehen käytettävän tuhkan määrä ei saa ylittää 30 painoprosenttia käytetyn tuhkan ja kiviainesmurskeen seoksessa;
- käsitellyn jätteenpolton kuonan suurin sallittu raekoko on 50 mm, betoni-, kevytbetoni- ja asfalttijätteiden suurin sallittu palakoko on 90 mm ja tiilijätteen suurin sallittu palakoko on 150 mm.

JÄTTEEN LAADUNHALLINTA

Tässä liitteessä esitetään yleiset periaatteet ja vaatimukset laadunhallinnalle asetuksen mukaisessa jätteen hyödyntämisessä. Laadunhallinnalla tarkoitetaan tässä toimenpiteitä, joita hyödyntämispaikan haltijan on edellytettävä jätteenluovuttajalta sen varmistamiseksi, että jäte soveltuu asetuksen mukaiseen käyttöön.

1. Laadunvarmistusjärjestelmä

Jätteen luovuttajalla on oltava laadunvarmistusjärjestelmä, jota noudattamalla tuotetaan yksilöitävissä ja jäljitettävissä olevat tiedot siitä, että jäte kuuluu asetuksen soveltamisalaan ja että hyödynnettäväksi luovutettu jäte täyttää sille liitteessä 2 asetetut vaatimukset, jäljempänä *ympäristökelpoisuus*. Laadunvarmistusjärjestelmän avulla on varmistettava, että hyödynnettävän jätteen laadun valvonta on säännöllistä ja suunnitelmallista toimintaa ja siihen liittyvät laadunvalvontatutkimukset on järjestetty tässä liitteessä esitetyt vaatimukset täyttävällä tavalla. Lisäksi laadunvarmistusjärjestelmällä tulee varmistaa, että syntyvät erilaiset jättejakeet pidetään erillään niiden synty- ja varastointipaikalla.

Laadunvarmistusjärjestelmän tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:

- 1) jätteet ja niiden nimikkeet sekä arvio niiden vuosittain syntyvästä määrästä, kun kyse on laitospäivästä tuotannosta
- 2) laadunvalvontatutkimukset, jossa on määritelty näytteenottoaikat ja -ajankohdat, näytteenottomenetelmät, kokooma- ja osanäytteiden määrät ja koot sekä näytteenoton laadunvarmennus;
- 3) ohjeet jätteen varastoinnista ja käsittelystä sekä vastaanotosta, jos laitoksella käsitellään useita kohteista toimitettavan jätettä;
- 4) vastuuhenkilöt ja näiden pätevyys;
- 5) arviointi- ja auditointisuunnitelma;
- 6) seuranta ja raportointi, mukaan lukien tutkimustulosten dokumentointi.

2. Laadunvalvontatutkimukset

2.1 Näytteenotto

Jätteen ympäristökelpoisuus tutkitaan edustavista kokoomanäytteistä, jotka on muodostettu osanäytteistä taulukon 1 vaatimusten mukaisesti. Osanäytteiden raekokoa voidaan tarvittaessa pienentää jätettä murskaamalla tai jauhamalla.

Näytteenoton suunnittelussa ja toteutuksessa sovelletaan jätteiden karakterisointia koskevan standardin SFS-EN 14899 ja Euroopan standardoimisjärjestön (CEN) teknisten raporttien periaatteita sekä maarakentamistoimialan omia standardeja.

a) *Laitosmaisessa tuotannossa syntyvät jätteet*

Laitosmaisessa tuotannossa syntyvien jätteiden ympäristökelpoisuus tutkitaan säännöllisesti. Laadunvalvontatutkimukset kohdennetaan joko laitoksella syntyvään jatkuvaan jätevirtaan tai käsiteltyyn, hyödynnettäväksi toimitettavaan jätteeseen. Jätteen sisältämien haitta-aineiden liukoisuudet ja pitoisuudet tulee määrittää vähintään yhdestä kokoomanäytteestä ennen jätteen luovuttamista hyödynnettäväksi.

Mikäli laitoksella syntyvä jäte ei täytä liitteen 2 vaatimuksia, voi toiminnanharjoittaja käsitellä jätettä eri tavoin, ikäännyttäminen mukaan lukien, sen ympäristökelpoisuuden parantamiseksi. Tällöin jätteen ympäristökelpoisuus tulee tutkia uudelleen edustavista kokoomanäytteistä, jotka on muodostettu käsitellystä jätteestä otetuista osanäytteistä. Kokoomanäytteen osanäytteiden lukumäärän tulee vastata taulukossa 1 annettuja vaatimuksia ja muita edustavan näytteenoton suosituksia. Osanäytteet otetaan siten, että ne edustavat koko tutkittavaa jäte-erää.

b) *Rakentamisen ja purkamisen yhteydessä syntyvä betoni- ja tiilimurske*

Rakennus- ja purkukohteissa syntyvän ja käsiteltävän betoni- ja tiilimurskeen ympäristökelpoisuus tutkitaan purkukohdekohtaisesti. Purkamattomista rakenteista on tunnistettava hyödynnettäväksi kelpaamattomat betoni- ja tiilirakenteet, jotta ne voidaan purkaa erilleen. Purku tulee tehdä lajittilevänä. Purkutyömaalla tuotetun valmiin betoni- tai tiilimurskeen haitta-aineiden liukoisuudet ja pitoisuudet, materiaali jakauma ja epäpuhtauksien määrät tutkitaan valmiista betoni- tai tiilimurskeesta. Jätteen sisältämien haitta-aineiden liukoisuudet ja kokonaispitoisuudet, materiaali jakauma ja epäpuhtaudet pitää määrittää vähintään yhdestä kokoomanäytteestä luovutettaessa jätettä hyötykäyttöön yksittäisestä purku- tai rakentamiskohteesta.

c) *Asfalttimurske ja -rouhe*

Asfalttimurskeen ja -rouheen ympäristökelpoisuutta ei pääsääntöisesti tarvitse osoittaa erikseen. Mikäli asfalttimurskeen tai -rouheen raaka-aineena käytettävä asfalttijäte on peräisin kiinteistön sellaiselta osalta, jolla on käsitelty tai varastoitu polttoaineita, tulee hyödynnettävästä asfalttijätteestä määrittää polttoaineperäisten öljyhiilivetyjen pitoisuudet.

Taulukko 1. Kokoomanäytteiden muodostaminen osanäytteistä jätenimikkeittäin.

Jäte	Jätenimike	Suurin massamäärä (tn), joka voidaan tutkia yhdellä kokoomanäytteellä	Osanäytteiden vähimmäismäärä yhdessä kokoomanäytteessä
Jätteenpolton kuona	19 01 12, 19 12 09, 19 12 12	5 000	50
Kivihiihlen-, turpeen- ja puuperäisen aineksen polton lento- ja pohjatuhkat; leijupetihiekka	10 01 01, 10 01 02, 10 01 03, 10 01 15, 10 01 24, 19 01 14, 19 01 12, 19 01 19	5 000	50
Kalkit	10 13 04, 10 13 01, 10 13 13, 03 03 09	5 000	50
Valimohiekat	10 09 08, 10 09 12, 10 10 08, 10 10 12	5 000	50
Betoni- ja kevytbetonimurske ja kevytsora	10 13 14, 17 01 01, 17 01 07 ja 19 12 12	10 000	20
Tiilimurske	10 12 08, 17 01 02	10 000	20
Rengasrouhe käytetyistä renkaista	16 03 01	15 000	20

2.2 Jätteistä tehtävät määrytykset

Jäte, joka luovutetaan hyödynnettäväksi tämän asetuksen nojalla, tulee olla karakterisoitu siten, että sen koostumus ja ominaisuudet tunnetaan. Jätteiden laadunvalvonnassa kokoomanäytteistä tehtävät määrytykset on lueteltu jätenimikekohtaisesti taulukossa 2.

Haitta-ainemäärytykset on teetettävä akkreditoitussa laboratorioissa, jonka akkreditoitu pätevyysalue kattaa käytettävät analyysimenetelmät. Laboratorion tulee olla sellaisen akkreditointielimen akkreditoima, jonka pätevyys on todettu kansainvälisten tunnustamissopimusten mukaisissa vertaisarvioinneissa yhdenmukaisten kansainvälisten arviointiperusteiden mukaisesti.

Jätteen sisältämien ja siitä liukenevien haitta-aineiden määrytyksissä on käytettävä ensisijaisesti standardoituja ja toissijaisesti muita määrytysherkkydeltään, tarkkuudeltaan ja toistettavuudeltaan riittäviksi todettuja muita menetelmiä.

Haitallisten aineiden liukoisuuksien määrytyksessä on käytettävä joko standardin CEN/TS 14405 mukaista läpivirtaustestiä tai standardin SFS-EN 12457-3 mukaista kaksivaiheista ravistelutestiä tai vastaavaa menetelmää. Liukoisuustestien uuttoliuokset on määritettävä standardien SFS-EN 12506, SFS-EN 13370 ja SFS-EN 16192 mukaisin menetelmin. Liukoinen orgaaninen hiili (DOC) on määritettävä teknisen spesifikaation CEN/TS 14429 tai CEN/TS 14997 mukaisesti.

Öljyhiilivetyjen (hiilivetyjakeet \geq C10–C40) määrytyksessä on käytettävä ensisijaisesti standardin SFS-EN 14039 mukaista menetelmää tai muuta vastaavaa menetelmää, jolla voidaan määrittää sekä öljyhiilivetyjen määrä että laatu.

Polykloorattujen bifenyyliden (PCB) määrytyksessä on käytettävä standardin SFS-EN 15308 mukaista menetelmää tai muuta vastaavaa menetelmää.

Polyaromaattisten hiilivetyjen (PAH) määrytyksessä on käytettävä standardin SFS-EN 15527 tai standardin SFS-ISO 18287 mukaista menetelmää tai muuta vastaavaa menetelmää.

Bentseenin, tolueenin, etyylibentseenin ja ksyleenien (BTEX) määrytyksessä on käytettävä standardin SFS-EN ISO 22155 tai standardin SFS-EN ISO 15009 mukaista menetelmää tai muuta vastaavaa menetelmää.

Fenolisten yhdisteiden määrittämisessä on sovellettava standardin ISO/TS 17182:2014, standardin ISO 13907, standardin SFS-EN ISO 18857 tai standardin SFS-EN 12673 mukaista menetelmää tai muuta vastaavaa menetelmää.

Rakennus- ja purkutoiminnasta peräisin olevan laitospurkumuksen tai purkukohteesta tuotetun betoni- tai tiilijätteen materiaaliainekokouma (betonin, laastin, tiilen ja luonnonkiven osuudet), epäpuhtaudet ja kelluvat epäpuhtaudet tulee tutkia EN-standardin EN 933-11 mukaisesti. Tutkimusvelvoite ei koske betoni- tai tiiliteollisuudessa syntyviä puhtaita betoni- ja tiilijätteitä.

Määrittämenetelmien mittausepävarmuutta ei huomioida verrattaessa saatuja tuloksia liitteessä 2 annettuihin raja-arvoihin.

Taulukko 2. Kokoomanäytteistä jätteiden laadunvalvonnan yhteydessä tehtävät määrittäykset. BTEX-yhdisteet ja fenoliset yhdisteet määrittäetään yksittäisistä näytteistä.

Jäte	Laadunvalvonta		
	Liukoisuusmäärittäykset	Kokonaispitoisuudet	Muut määrittäykset
Jätteenpolton kuona	Sb, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Mo, Ni, V, Zn, Se, F ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , DOC		
Kivihiihlen-, turpeen- ja puuperäisen aineksen polton lento- ja pohjatuhkat; leijupetihiekka	Sb, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Mo, Ni, V, Zn, Se, F ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , DOC	PAH-yhdisteet	
Kalkit	Sb, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Mo, Ni, V, Zn, Se, F ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , DOC		
Valimohiekat	Sb, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Mo, Ni, V, Zn, Se, F ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , DOC	PAH-yhdisteet, BTEX-yhdisteet, fenoliset yhdisteet	
Betonimurske	Sb, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Mo, Ni, V, Zn, Se, F ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , DOC	PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet, öljyhiihivedyt ≥C10–C40	Materiaaliainekokouma, epäpuhtaudet, kelluvat epäpuhtaudet
Tiilimurske	Sb, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Mo, Ni, V, Zn, Se, F ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , DOC	PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet, öljyhiihivedyt ≥C10–C40	Materiaaliainekokouma, epäpuhtaudet, kelluvat epäpuhtaudet

Asfalttirouhe ja - murske	-	Öljyhiiivedyt \geq C10- C40, BTEX-yhdisteet
Rengasrouhe käytetyistä renkaista	-	PAH-yhdisteet

Uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointi, aineiston sisällön tarkastuslista

Tämä on kooste ohjeessa *Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa* esitetyistä, yleiseen tai hankekohtaiseen arviointiin tarvittavista tiedoista.

Tämä tarkastuslista on tarkoitettu vain avuksi tietojen keräämistä varten. Ensimmäisessä tulee tutustua ohjeeseen ja erityisesti sen lukuihin 4 (Uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointi) ja 5.4 (Hankekohtainen teknisen soveltuvuuden arviointi).

Tarkastuslista

Pvm/nimi	
Arvioinnin hakija, yritys ja yhteyshenkilö	
Uusiomateriaalit ja käyttökohteet, joille soveltuvuuden arviointi tehdään	
Arviointiaineisto	1. Arviointipyyntö 2. Liite x

Arviointiaineisto sisältö on vapaamuotoinen ja siinä tulee esittää uusiomateriaalista alla luetellut tiedot. Materiaalitoimittajaa pyydetään täydentämään alla oleviin taulukoihin, mistä ko. kohdan tieto on löydettävissä ja toimittamaan täydennetty tarkastuslista arviointiaineiston mukana.

Tiedot uusiomateriaalista

Asia	Arviointipyyntö luku/sivu	Liite nro	Kommentti
Materiaalitoimittajan ja vastuuhenkilön yhteystiedot			
Kuvaus uusiomateriaalitoimittajasta ja sen liiketoiminnasta			
Kuvaus uusiomateriaalista, raaka-aineista ja valmistustavasta			
Rakennustuoteasetuksen (EU) No 305/2011 mukainen suoritus-tasoilmoitus, CE-merkintä			
Tekniset ominaisuudet ja ominaisuuksien laadunvaihtelu			
Uusiomateriaalin mahdollinen laatuluokittelu			
Saatavuus (tuotantomäärät, tuotantopaikat, saatavuuden vuodenaikaisvaihtelut)			
Ympäristökelpoisuuden todentaminen			

Asia	Arviointi- pyynnön luku/sivu	Liite nro	Kommentti
Materiaalin valmistuksen ja varastoinnin aikainen laadunvarmistus			
Arviointi haetaan seokselle, lisätietoja			
Seoksen resepti ja raaka-aineet			
Kuvaus seoksen valmistamisesta			
Valmistuksen laadunvarmistus			

Uusiomateriaalin vaatimukset väylähankkeilla

Asia	Arviointi- pyynnön luku/sivu	Liite nro	Kommentti
Ehdotus uusiomateriaalin materiaalivaatimuksista			
Ehdotus uusiomateriaalin rakentamisen aikaisesta testaustihydestä			
Vaatimukset materiaalin ylä- tai alapuolisille rakennekerroksille			
Uusiomateriaalin kemiallinen yhteensopivuus muiden materiaalien ja rakenteiden kanssa			

Uusiomateriaalin ohjeet

Asia	Arviointi- pyynnön luku/sivu	Liite nro	Kommentti
Rakenteiden suunnittelu- ja mitoitusohjeet			
Uusiomateriaalin mitoitusparametrit			
Varastointiohjeet			
Käyttöturvallisuus (kuljetus, rakentaminen, kunnossapito, käytöstä poistaminen)			
Uusiomateriaalin tunnistamisohje rakennustyömaata varten			
Rakentamisen työ- ja laadunvarmistus-ohjeet			
Rakenteiden kunnossapito- ja käytöstä poisto-ohjeet			

Hakemuksen perustelumuistio ja tutkimusraportit

Asia	Arviointi- pyynnön luku/sivu	Liite nro	Kommentti
Yhteenveto käyttöhistoriasta ja käyttökokemuksista			
Osoitus uusiomateriaalirakenteiden teknisestä toimivuudesta ja pitkäaikaistoimivuudesta			
Perustelut esitetyille mitoitusparametreille			
Uusiomateriaalin käyttöön liittyvien riskien arviointi			
Laaditut tutkimusraportit liitteenä tai viite julkisiin tutkimusraportteihin ja muihin vastaaviin julkaisuihin			
Väyläviraston teettämät mahdolliset lisätutkimukset huomioitu			

Taulukko A.1 Betonimurskeen laatuluokitus

Kohta	Ominaisuus	Yksikkö	BETONIMURSKE BeM Ia	BETONIMURSKE BeM Ib	BETONIMURSKE BeM Ila	BETONIMURSKE BeM Ilb	BETONIMURSKE BeM III	BETONIMURSKE BeM IV
1	Raaka-ainelähde		Betoniteollisuus ^a	Betoniteollisuus ^a	Betoniteollisuus ^a , Rakennus-, saneeraus- tai purkutyömaa ^b	Betoniteollisuus ^a , rakennus-, saneeraus- tai purkutyömaa ^b	Betoniteollisuus ^a , rakennus-, saneeraus- tai purkutyömaa ^b	Betoniteollisuus ^a , saneeraus- tai purkutyömaa ^b
2	Rakeisuus SFS-EN 13242 tai SFS-EN13285 ^c							
3	Hienoainespitoisuus		f ₇	f ₇	f ₇	f ₇		
4	Puristuslujuus	MPa	> 1,2	> 1,2	> 0,8	> 0,8	–	–
5	Routivuus		Routimaton	Routimaton	Routimaton	Routimaton	Routimaton/ Routiva ^{d, e}	Routimaton/ Routiva ^d
6	Kiintotiheys		ilmoitettava	ilmoitettava	ilmoitettava	ilmoitettava	ilmoitettava	ilmoitettava
7	Uusiokiviaineksen osa-aineiden luokittelu (SFS-EN 933-11) - Betonin osuus Rc - Betoni+kiviaines+lasi Rcug - Tiilen maksimiosuus Rb	Paino-prosenttia	Rc 90 Rb 10-	Rc 90 Rb 10-	Rcug 90 Rb 10-	Rcug 90 Rb 10-	Rcug 90 Rb 10-	Rcug 70 Rb 30-
8	Muiden materiaalien ^f maksimiosuus X	Paino-prosenttia	X-1	X-1	X-1	X-1	X-1	X-1
9	Kelluvat materiaalit (esim. solumuovit, mineraalivilla) FL	cm ³ /kg	FL5-	FL5-	FL5-	FL5-	FL10-	FL10-
10	Jäteluokittelu		Jätteen luokittelu päätynyt	Jäte	Jätteen luokittelu päätynyt	Jäte	Jäte	Jäte

^a Betoni-EEJ-asetuksen liitteen 1 taulukon 1 mukainen käyttämättömistä betonista peräisin oleva betonijäte (tyyppi 1a-e) ja käyttämättömistä betonituotteista peräisin oleva betonijäte (tyyppi 2a-c).

^b Betoni-EEJ-asetuksen liitteen 1 taulukon 1 tyyppien 3a-c mukainen betonijäte.

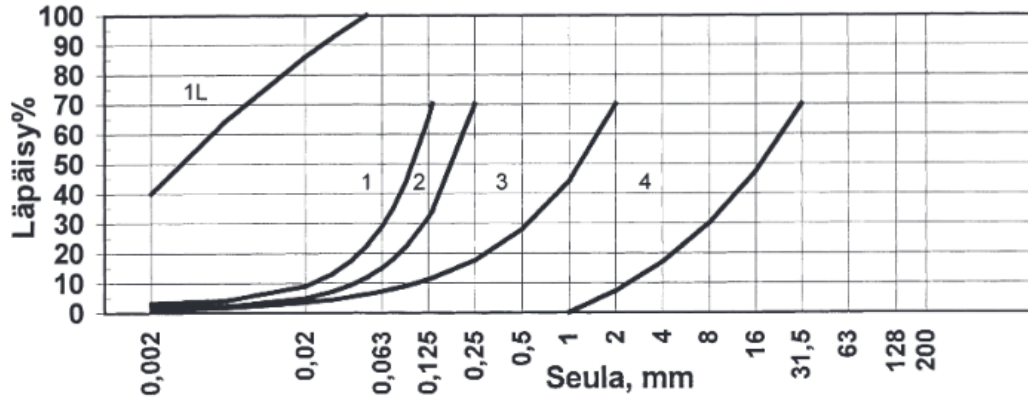
^c Murskeen rakeisuus voi olla standardin SFS-EN 13285 mukaisesti 0/32, 0/40, 0/45, 0/56, 0/63, 0/80 ja 0/90. Lisäksi voidaan käyttää suurirakeisia murskeita.

^d Mikäli hienoainespitoisuus on < 7%, routivuuden arviointi tehdään [liitteen B](#) perusteella.

^e Tierakenteissa routimattomuutta edellytetään myös BeM III -betonimurskeelta.

^f esimerkiksi metallit, kellumattomat puut, muovit, kumit yms.

Liite B
(velvoittava)
Routivuuden arviointi



Seula	0,002	0,02	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	8	31,5
Alue 1L	40-100	86-100	100							
Alue 1	3-40	9-86	29-100	65-100						
Alue 2	1,5-3	5-9	15-29	32-65	70-100					
Alue 3	1-1,5	3,5-5	7-15	11-32	18-70	28-100	44-100	70-100		
Alue 4	0-1	0-3,5	0-7	0-11	0-18	0-28	0-44	7-70	30-100	70-100

Selite

Routimattomia ovat ne alueiden 2, 3 ja 4 maalajit, joiden rakeisuuskäyrät ovat kokonaisuudessaan oman alueensa sisällä. Jos rakeisuuskäyrän alapää ulottuu hienomman alueen puolelle, maalaji on routiva. Kaikki alueen 1 maalajit ovat routivia ja alueen 1L maalajit lievästi routivia.

Kuva B.1 Routivuuden arviointi rakeisuuskäyrän perusteella

Liite T1 2017 Vaatimukset masuunikuonille, BOS-teräskuonaseoksille ja ferrokromikuonalle sekä suositukset testaustiheydeksi

Liite T1. Vaatimukset masuunikuonille, BOS-teräskuonaseoksille ja ferrokromikuonalle sekä suositukset testaustiheydeksi.

Ominaisuus	Suodatinkerros		Jakava		Kantava	
	Vaattimus	Testaustiheys	Vaattimus	Testaustiheys	Vaattimus	Testaustiheys
Raekoko	$G_F 80$ (SFS-EN 13242)	Kerran viikossa	$G_A 80$ tai $G_F 80$ ¹⁾ (SFS-EN 13242)	Kerran viikossa	$G_A 85$ (SFS-EN 13242)	Kerran viikossa tai 1/5000 t
Hienoalnespitoloisuus	f_7	Kerran viikossa	f_7	Kerran viikossa	f_7	Kerran viikossa tai 1/5000 t
Iskunkestävyys	—	—	Ilmoitettu arvo	Kahdesti vuodessa	Ilmoitettu arvo	Kahdesti vuodessa
Litteysluku	—	—	—	—	F_{I50}	Kerran kuukaudessa
Kiintotiheys	Ilmoitettu arvo	Kerran vuodessa	Ilmoitettu arvo	Kerran vuodessa	Ilmoitettu arvo	Kerran vuodessa
Vedenimeytymisen	w_2	—	—	—	—	—
Jäädytys-sulatuskestävyys	F_{NR}	—	F_{NR}	—	F_{NR}	—
Happolukoiset sulfaattit	AS_{NR}	—	AS_{NR}	—	AS_{NR}	—
Kokonaisriikki	S_1 tai S_2 ⁽³⁾ tai $S_{ilmoitettu}$ ⁽⁴⁾	Kerran vuodessa	S_1 tai S_2 ⁽³⁾ tai $S_{ilmoitettu}$ ⁽⁴⁾	Kerran vuodessa	S_1 tai S_2 ⁽³⁾ tai $S_{ilmoitettu}$ ⁽⁴⁾	Kerran vuodessa

Huomioitavaa

¹⁾ Granuloidulle masuunihiekalle käytettävä luokka

²⁾ Vedenimeytymistesti ei sovellu masuunikuonatuotteiden jäädytys-sulatuskestävyyden esivalintatestiksi

³⁾ Ilmajäähdytetty masuunikuona

⁴⁾ Granuloitu masuunikuona

Ilmajäähdytetty ja granuloitu masuunikuona sekä BOS-teräskuonaseokset ovat sitoutuvia materiaaleja. Rakennusvaiheessa (ennen materiaalin lujittumista) materiaalikerroksen päällä on käytettävä murskekerrosta.

Materiaalin ominaisuuksista johtuen luonnonkiviaineista vastaavan tiiveyysuhteen saavuttaminen voi olla hankalaa. Tämän ei ole havaittu heikentävän rakenteen ominaisuuksia. Kantavuusmittausten tekemistä suositellaan vasta 2...3 kk:n kuluttua rakentamisesta. Vaatimukset esitetään kuten luonnonkiviaineiksilla.

Lujittuminen on otettava huomioon valmiiseen rakenteeseen jäävien putkistojen osalta. Materiaalit eristävät lämpöä luonnon kiviaineiksia paremmin. Materiaalit ovat myös kevyempiä kuin vastaavat luonnonkiviaineikset.

Tarkemmat ohjeet on esitetty materiaalivalmistajien suunnitteluohjeissa.

**TIERAKENTEISSA KÄYTETTÄVIEN SITOMATTOMIEN JA HYDRAULISESTI SIDOTTUJEN
KIVIAINESTEN YLEISET RAKEISUUSVAATIMUKSET (SFS-EN 13242, 9) LIITE 5**

Taulukko 2 Yleiset rakeisuusvaatimukset

Kiviaines	Koko mm	Läpäisy massaprosenteina					Luokka
		$2 D^a$	$1,4 D^{b,c}$	D^d	$d^{c,e}$	$d/2^{b,c}$	G
Karkea	$d \geq 1$	100	98...100	85...99	0...15	0...5	G_C 85-15
	ja $D > 2$	100	98...100	80...99	0...20	0...5	G_C 80-20
Hieno	$d = 0$	100	98...100	85...99	–	–	G_F 85
	ja $D \leq 6,3$	100	98...100	80...99	–	–	G_F 80
Kooste	$d = 0$	–	100	85...99	–	–	G_A 85
	ja $D > 6,3$	100	98...100	80...99	–	–	G_A 80
		100	–	75...99	–	–	G_A 75

^a Kiviaineksen raekoille, joissa D on suurempi kuin 63 mm (esim. 80 mm ja 90 mm) sovelletaan vain ylikoon vaatimuksia koskien $1,4 D$ seulaa, koska ISO 565/R20 sarjassa ei ole 125 mm suurempia seuloja.

^b Milloin lasketut seulakoot eivät ole tarkasti ISO 565:1990/R20 seulasarjan mukaisia, valitaan niitä lähinnä olevat seulakoot.

^c Muihin erityiskäyttökohteisiin voidaan asettaa lisävaatimuksia.

^d Seulaa D läpäisyprosentti voi olla yli 99 massaprosenttia, mutta siinä tapauksessa tulee valmistajan kirjata ja antaa tyyppirakeisuus, josta käyvät ilmi seulat D , d , $d/2$ sekä perusseulasarjan ja lisäseulasarjan 1 tai perusseulasarjan ja lisäseulasarjan 2 mukaiset väliseulat. Seulot, joiden suhde yhtä alempaan seulakokoon on pienempi kuin 1,4 voidaan jättää pois.

^e Läpäisyprosentin d raja-arvoja voidaan muuttaa 1...15 luokassa G_C 85-15 ja 1...20 luokassa G_C 80-20, kun on tarpeen varmistaa kiviaineksen laajalajitteisuus.

Liite T18 2017 Sitomattoman kantavan kerroksen ja jakavan kerroksen vaatimukset betonimurskeelle sekä suositukset testaustiheydeksi

Taulukko Liite T18 2017:T1. Vaatimukset betonimurskeelle sekä suositukset testaustiheydeksi.

Betonimurskeluokka ⁽¹⁾	BeM Ia, BeM Ib, BeM Ila tai BeM Iib		BeM Ia, BeM Ib, BeM Ila, BeM Iib tai BeM III		BeM Ib, BeM Iib tai BeM III	
	SITOMATON KANTAVA KERROS		JAKAVA KERROS, KUN D ≤ 90 mm		JAKAVA KERROS, KUN D > 90 mm	
	Vaatus	Testaustiheys	Vaatus	Testaustiheys	Vaatus	Testaustiheys
Raekokojakauma	Luokka G _O tai G _A (SFS-EN 13285)	Kerran viikossa tai 1/5000 t	Luokka G _P tai G _C (SFS-EN 13285)	Kerran viikossa tai 1/5000 t	<i>Taulukko 21210:T3</i> [*]	Kerran viikossa
Hienoainespitoisuus	f ₇	Kerran viikossa tai 1/5000 t	f ₇	Kerran viikossa tai 1/5000 t	f ₇	Kerran viikossa
Iskunkestävyys	Ilmoitettu arvo	Kaksi kertaa vuodessa	-	-	-	-
Litteysluku	Fl ₅₀	Kerran kuukaudessa	-	-	-	-
Kilntotiheys	Ilmoitettu arvo	Kerran kuukaudessa	Ilmoitettu arvo	Kerran kuukaudessa	Ilmoitettu arvo	Kerran kuukaudessa
Vedenimeytyminen	W _{NR}	-	W _{NR}	-	W _{NR}	-
Jäädytys-sulatuksesta ⁽³⁾	-	-	-	-	-	-
Uusiokiviaineksen luokittelu ⁽⁴⁾	BeM-luokan mukainen (<i>Taulukko Liite T18 2017:T2</i>)	Kerran kuukaudessa tai 1/ murskauserä ⁽⁶⁾	BeM-luokan mukainen (<i>Taulukko Liite T18 2017:T2</i>)	Kerran kuukaudessa tai 1 /murskauserä ⁽⁶⁾	BeM-luokan mukainen (<i>Taulukko Liite T18 2017:T2</i>)	Kerran kuukaudessa tai 1 / murskauserä ⁽⁶⁾
Puristuslujuus ⁽⁵⁾	BeM-luokan mukainen (<i>Taulukko Liite T18 2017:T2</i>)	1/10000 t tai 1/ murskauserä ⁽⁶⁾	BeM-luokan mukainen (<i>Taulukko Liite T18 2017:T2</i>)	1/10000 t tai 1/ murskauserä ⁽⁶⁾	BeM-luokan mukainen (<i>Taulukko Liite T18 2017:T2</i>)	1/10000 t tai 1/ murskauserä ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Betonimurskeluokka määräytyy murskeen raaka-ainelähteen ja ominaisuuksien perusteella. Luokat perustuvat standardiin SFS 5884. *Taulukossa Liite T18 2017:T2* on esitetty luokkien raaka-ainelähteet sekä vaatimukset koostumukselle ja puristuslujuudelle.

⁽²⁾ Vedenimeytymisestä ei sovellu betonimurskeiden laadunarviointiin.

⁽³⁾ Jäädytys-sulatustesti ei sovellu betonimurskeen laadunarviointiin. Betonimurskeen pakkasenkestävyys perustuu routimattomuuteen ja puristuslujuuden kehitykseen.

⁽⁴⁾ Betonimurskeluokkien vaatimukset on esitetty *taulukossa Liite T18 2017:T2*.

⁽⁵⁾ Testi tehdään menetelmän PANK 9003 mukaisesti. Uusiokiviaineksen koostumuksen ja puristuslujuuden on oltava ilmoitetun betonimurskeluokan vaatimuksen mukainen.

⁽⁶⁾ Murskauserällä tarkoitetaan betonimurske-erää, joka on tuotettu samalla kertaa olosuhteissa, joita voidaan pitää yhdenmukaisina. Jokaisesta murskauserästä on tehtävä vähintään yksi tutkimus.

(* Taulukko 21210:T3 on esitetty tämän opinnäytetyön liitteessä 8 taulukossa 10.

Taulukko Liite T18 2017:T2. Betonimurskeluokat ja niiden ominaisuudet.

Ominaisuus	BeM Ia	BeM Ib	BeM Iia	BeM Iib	BeM III
Raaka-ainelähde (1)	B	B	BRP	BRP	BRP
Uusioivaineksen luokittelu ⁽²⁾	Rc ₉₀ Rb ₁₀₋ X ₁₋ FL ₅₋	Rc ₉₀ Rb ₁₀₋ X ₁₋ FL ₅₋	Rcug ₉₀ Rb ₁₀₋ X ₁₋ FL ₅₋	Rcug ₉₀ Rb ₁₀₋ X ₁₋ FL ₅₋	Rcug ₉₀ Rb ₁₀₋ X ₁₋ FL ₁₀₋
Routivuus	Routimaton	Routimaton	Routimaton	Routimaton	Routimaton / Routiva ⁽³⁾
Puristuslujuus	1,2 MPa	1,2 MPa	0,8 MPa	0,8 MPa	-
Jäteluonne	ei jätettä	jätettä	ei jätettä	jätettä	jätettä
(1)	B = Betoniteollisuus, käyttämätön betonijäte R = Rakennustyömaa, käyttämätön ylijäämäbetonijäte P = Purku- ta rakennustyömaa, käytetty betonijäte				
(2)	Rc = betoni, betonituotteet, laasti, betoniharkot Rb = poltetut tiilet, kalkkihiekkatiilet ja -harkot, kellumaton kevytbetoni ja kevytsora Rcug = Betonin (Rc), Kiviaineksen (Ru) ja lasin (Rg) yhteenlaskettu määrä X = kellumattomat epäpuhtaudet (savi, maa-aines, metallit, muovi, puu, kumi, kipsi yms.) FL = kelluvat epäpuhtaudet (orgaaninen ja epäorgaaninen)				
(3)	Mikäli hienoainespitoisuus on < 7 %, routivuuden arviointi tehdään rakeisuuskäyrän perusteella (Lähde standardi SFS 5884). Tie- ja katurakenteissa routimattomuutta edellytetään myös BeM III - betonimurskeelta.				

Liite T18 2017 Sitomattoman kantavan kerroksen ja jakavan kerroksen vaatimukset betonimurskeelle sekä suositukset testaustilheydeksi

Viitteet

SFS 5884 Betonimurskeen maa- ja viherrakennuskäytön laadunvalvontajärjestelmä

SFS-EN 13242 +A1 Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset

SFS-EN 13285 Sitomattomat kiviainesseokset. Tuotevaatimukset

PANK 9003 Betonimurskeen puristuslujuuden määrittäminen.

Päälhe: Liitteet

Taulukko 5 Rakeisuuden vaihteluvälit

Rakeisuuden vaihteluväli	Massan läpäisyprosentti						Luokka G
	Seula A	Seula B	Seula C	Seula E	Seula F	Seula G	
Normaalit rakeisuudet							
Rakeisuuden kokonaisvaihteluväli	55...85	35...65	22...50	15...40	10...35 ^a	0...20	GA
Valmistajan ilmoittama arvo	63...77	43...57	30...42	22...33	15...30 ^a	5...15	
Rakeisuuden kokonaisvaihteluväli	55...85	35...68	22...60	16...47	9...40	5...35	GB
Valmistajan ilmoittama arvo	63...77	43...60	30...52	23...40	14...35	10...30	
Rakeisuuden kokonaisvaihteluväli	50...90	30...75	20...60	13...45	8...35	5...30	GC
Valmistajan ilmoittama arvo	61...79	41...64	31...49	22...36	13...30	10...25	
Avoimet rakeisuudet							
Rakeisuuden kokonaisvaihteluväli	50...78	31...60	18...46	10...35	6...26	0...20	GO
Valmistajan ilmoittama arvo	58...70	39...51	26...38	17...28	11...21	5...15	
Rakeisuuden kokonaisvaihteluväli	43...81	23...66	12...53	6...42	3...32	NR	GP
Valmistajan ilmoittama arvo	54...72	33...52	21...38	14...27	9...20		
Muut rakeisuudet							
Rakeisuuden kokonaisvaihteluväli	56...85	30...58	14...37	0...15	NR	0...6	GS
Valmistajan ilmoittama arvo	Ei vaatimusta						
Rakeisuuden kokonaisvaihteluväli	50...90	30...75	15...60	NR	0...35	NR	GE
Valmistajan ilmoittama arvo	Ei vaatimusta						
Rakeisuuden kokonaisvaihteluväli	50...90	30...75	15...60	Ei vaatimusta			GU
Valmistajan ilmoittama arvo	Ei vaatimusta						
Rakeisuuden kokonaisvaihteluväli	47...87	Ei vaatimusta		15...75	Ei vaatimusta		GV
Valmistajan ilmoittama arvo	Ei vaatimusta						
Rakeisuuden kokonaisvaihteluväli	Ei vaatimusta						GN
Valmistajan ilmoittama arvo	Ei vaatimusta						

**TIERAKENTEEN JAKAVAN KERROKSEN JA SITOMATTOMAN KANTAVAN- JA KULUTUS-
KERROKSEN SEULONNAN SALLITUT RAEKOON VAIHTELUVÄLIT**

LIITE 8

TAULUKKO 8. Tierakenteen jakavan kerrokseen soveltuvien murskeiden seulonnan keskiarvot ja arvojen sallitut vaihteluvälit raeluokassa G_p (InfraRYL 2024)

	0/32	0/40	0/45	0/56	0/63	0/80	0/90
Seulakoko, mm	G_p	G_p	G_p	G_p	G_p	G_p	G_p
0,5	—	—	—	—	—	—	—
1	9...20	9...20	9...20	—	—	—	—
2	14...27	14...27	14...27	9...20	9...20	9...20	9...20
4	21...38	21...38	—	14...27	14...27	14...27	—
5,6	—	—	21...38	—	—	—	14...27
8	33...52	—	—	21...38	21...38	—	—
10	—	33...52	—	—	—	21...38	—
11,2	—	—	33...52	—	—	—	21...38
16	54...72	—	—	33...52	33...52	—	—
20	—	54...72	—	—	—	33...52	—
22,4	—	—	54...72	—	—	—	33...52
31,5	—	—	—	54...72	54...72	—	—
40	—	—	—	—	—	54...72	—
45	—	—	—	—	—	—	54...72

TAULUKKO 9. Tierakenteen jakavan kerrokseen soveltuvien murskeiden seulonnan keskiarvot ja arvojen sallitut vaihteluvälit raeluokassa G_c (InfraRYL 2024)

	0/32	0/40	0/45	0/56	0/63	0/80	0/90
Seulakoko, mm	G_c	G_c	G_c	G_c	G_c	G_c	G_c
0,5	10...25	10...25	10...25	—	—	—	—
1	13...30	13...30	13...30	10...25	10...25	10...25	10...25
2	22...36	22...36	22...36	13...30	13...30	13...30	13...30
4	31...49	31...49	—	22...36	22...36	22...36	—
5,6	—	—	31...49	—	—	—	22...36
8	41...64	—	—	31...49	31...49	—	—
10	—	41...64	—	—	—	31...49	—
11,2	—	—	41...64	—	—	—	31...49
16	61...79	—	—	41...64	41...64	—	—
20	—	61...79	—	—	—	41...64	—
22,4	—	—	61...79	—	—	—	41...64
31,5	—	—	—	61...79	61...79	—	—
40	—	—	—	—	—	61...79	—
45	—	—	—	—	—	—	61...79

TAULUKKO 10. Tierakenteen jakavan kerrokseen soveltuvien murskeiden seulonnan yksittäisistä rakeisuustuloksista saadut tulokset ja vaihteluväli raeluokassa G_p (InfraRYL 2024)

	0/32	0/40	0/45	0/56	0/63	0/80	0/90
Seula, mm	G_p	G_p	G_p	G_p	G_p	G_p	G_p
0,063 (KaM)	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7
0,063 (SrM)	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9
0,5	—	—	—	—	—	—	—
1	3...32	3...32	3...32	—	—	—	—
2	6...42	6...42	6...42	3...32	3...32	3...32	3...32
4	12...53	12...53	—	6...42	6...42	6...42	—
5,6	—	—	12...53	—	—	—	6...42
8	23...66	—	—	12...53	12...53	—	—
10	—	23...66	—	—	—	12...53	—
11,2	—	—	23...66	—	—	—	12...53
16	43...81	—	—	23...66	23...66	—	—
20	—	43...81	—	—	—	23...66	—
22,4	—	—	43...81	—	—	—	23...66
31,5	80...99	—	—	43...81	43...81	—	—
40	—	80...99	—	—	—	43...81	—
45	90...100	—	80...99	—	—	—	43...81
56	—	90...100	—	80...99	—	—	—
63	100	—	90...100	—	80...99	—	—
80	—	100	—	90...100	—	80...99	—
90	—	—	100	—	—	—	80...99
110	—	—	—	100	—	—	—
125	—	—	—	—	100	100	—
180	—	—	—	—	—	—	100

TAULUKKO 11. Tierakenteen jakavan kerrokseen soveltuvien murskeiden seulonnan yksittäisistä rakeisuustuloksista saadut tulokset ja vaihteluväli raeluokassa G_c (InfraRYL 2024)

	0/32	0/40	0/45	0/56	0/63	0/80	0/90
Seula, mm	G_c	G_c	G_c	G_c	G_c	G_c	G_c
0,063 (KaM)	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7
0,063 (SrM)	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9
0,5	5...30	5...30	5...30	—	—	—	—
1	8...35	8...35	8...35	5...30	5...30	5...30	5...30
2	13...45	13...45	13...45	8...35	8...35	8...35	8...35
4	20...60	20...60	—	13...45	13...45	13...45	—
5,6	—	—	20...60	—	—	—	13...45
8	30...75	—	—	20...60	20...60	—	—
10	—	30...75	—	—	—	20...60	—
11,2	—	—	30...75	—	—	—	20...60
16	50...90	—	—	30...75	30...75	—	—
20	—	50...90	—	—	—	30...75	—
22,4	—	—	50...90	—	—	—	30...75
31,5	80...99	—	—	50...90	50...90	—	—
40	—	80...99	—	—	—	50...90	—
45	90...100	—	80...99	—	—	—	50...90
56	—	90...100	—	80...99	—	—	—
63	100	—	90...100	—	80...99	—	—
80	—	100	—	90...100	—	80...99	—
90	—	—	100	—	—	—	80...99
110	—	—	—	100	—	—	—
125	—	—	—	—	100	100	—
180	—	—	—	—	—	—	100

TAULUKKO 12. Tierakenteen kantavan kerrokseen soveltuvien murskeiden seulonnan keskiarvot ja arvojen sallitut vaihteluvälit raeluokassa G₀ (InfraRYL 2024)

Seulakoko, mm	0/32	0/40	0/45	0/56	0/63
	G ₀	G ₀	G ₀	G ₀	G ₀
0,5	5...15	5...15	5...15	—	—
1	11...21	11...21	11...21	5...15	5...15
2	17...28	17...28	17...28	11...21	11...21
4	26...38	26...38	—	17...28	17...28
5,6	—	—	26...38	—	—
8	39...51	—	—	26...38	26...38
10	—	39...51	—	—	—
11,2	—	—	39...51	—	—
16	58...70	—	—	39...51	39...51
20	—	58...70	—	—	—
22,4	—	—	58...70	—	—
31,5	—	—	—	58...70	58...70

TAULUKKO 13. Tierakenteen kantavan kerrokseen soveltuvien murskeiden seulonnan keskiarvot ja arvojen sallitut vaihteluvälit raeluokassa G_A (InfraRYL 2024)

Seulakoko, mm	0/32	0/40	0/45	0/56	0/63
	G_A	G_A	G_A	G_A	G_A
0,5	5...15	5...15	5...15	—	—
1	10...23	10...23	10...23	5...15	5...15
2	18...32	18...32	18...32	15...30	15...30
4	29...42	29...42	—	22...33	22...33
5,6	—	—	29...42	—	—
8	43...57	—	—	30...42	30...42
10	—	43...57	—	—	—
11,2	—	—	43...57	—	—
16	63...77	—	—	43...57	43...57
20	—	63...77	—	—	—
22,4	—	—	63...77	—	—
31,5	—	—	—	63...77	63...77

Lajikkeille 0/56 ja 0/63 esitetyt läpäisyprosentit ovat standardin *SFS-EN 13285:en* luokan G_A mukaiset.

TAULUKKO 14. Tierakenteen kantavaan kerrokseen soveltuvien murskeiden seulonnan yksittäisistä rakeisuustuloksista saadut tulokset ja sallittu raekoon vaihteluväli raeluokassa G₀ (InfraRYL 2024)

Seula, mm	Raekoko, mm ja rakeisuusluokka				
Seula, mm	0/32	0/40	0/45	0/56	0/63
	G ₀	G ₀	G ₀	G ₀	G _A
0,063 (KaM)	≤ 7	≤ 7	≤ 7	≤ 7	≤ 7
0,063 (SrM)	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 9
0,5	0...20	0...20	0...20	—	—
1	6...26	6...26	6...26	0...20	0...20
2	10...35	10...35	10...35	6...26	6...26
4	18...46	18...46	—	10...35	10...35
5,6	—	—	18...46	—	—
8	31...60	—	—	18...46	18...46
10	—	31...60	—	—	—
11,2	—	—	31...60	—	—
16	50...78	—	—	31...60	31...60
20	—	50...78	—	—	—
22,4	—	—	50...78	—	—
31,5	85...99	—	—	50...78	50...78
40	—	85...99	—	—	—
45	100	—	85...99	—	—
56	—	100	—	85...99	—
63	—	—	100	—	85...99
80	—	—	—	100	—
90	—	—	—	—	100
110	—	—	—	—	—
125	—	—	—	—	—

TAULUKKO 15. Tierakenteen kantavaan kerrokseen soveltuvien murskeiden seulonnan yksittäisistä rakeisuustuloksista saadut tulokset ja sallittu raekoon vaihteluväli raeluokassa G_A (InfraRYL 2024)

Seulakoko, mm	0/32	0/40	0/45	0/56	0/63
	G _A	G _A	G _A	G _A	G _A
0,063 (KaM)	≤ 7	≤ 7	≤ 7	≤ 7	≤ 7
0,063 (SrM)	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 9
0,5	0...20	0...20	0...20	—	—
1	5...28	5...28	5...28	0...20	0...20
2	12...38	12...38	12...38	10...35	10...35
4	22...50	22...50	—	15...40	15...40
5,6	—	—	22...50	—	—
8	35...65	—	—	22...50	22...50
10	—	35...65	—	—	—
11,2	—	—	35...65	—	—
16	55...85	—	—	35...65	35...65
20	—	55...85	—	—	—
22,4	—	—	55...85	—	—
31,5	85...99	—	—	55...85	55...85
40	—	85...99	—	—	—
45	100	—	85...99	—	—
56	—	100	—	85...99	—
63		—	100		85...99
80			—	100	—
90				—	100
110					—
125					

Lajikkeille 0/56 ja 0/63 esitetyt läpäisyprosentit ovat standardin SFS-EN 13285:en luokan GA mukaiset.

TAULUKKO 16. Tierakenteen sitomattoman kulutuskerrokseen soveltuvien murskeiden seulonnan keskiarvoista saadut tulokset ja sallittu raekoon vaihteluväli (InfraRYL 2024)

Seulakoko, mm	0/11	0/16
0,5	20...31	18..29
1	29...40	24...36
2	41...52	34...46
4	55...67	47...60
5,6	64...76	—
8		64...78
10		
11,2		
16		

TAULUKKO 17. Tierakenteen sitomattoman kulutuskerrokseen soveltuvien murskeiden seulonnan yksittäisistä rakeisuustuloksista saadut tulokset ja sallittu raekoon vaihteluväli (InfraRYL 2024)

Seulakoko, mm	0/11	0/16
0,063	8...15	8...15
0,5	16...35	13...34
1	24...45	19...42
2	35...57	27...52
4	50...72	40...65
5,6	59...81	—
8	—	59...83
10	—	—
11,2	85...99	—
16	100	85...99
20		—
22,4		100