

Vastaanottaja

**Varsinais-Suomen Elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus.  
Vesa Virtanen**

Asiakirjatyyppi

**Esiselvitysraportti**

Päivämäärä

**13.10.2017**

## **E18 Turun kehätie Naantali – Raisio, yleis- suunnitelmavaiheen uusiomateriaaliselvi- tys**

Päivämäärä **13.10.2017**

Laatija **Marjo Koivulahti, Vesa Lainpelto, Simo Loukonen, Sari Kirvesniemi, Ari Mäkinen, Ilari Harju**

Tarkastaja **Pentti Lahtinen**

Hyväksyjä

Kuvaus **Esiselvitysraportti**

Viite 1510034105

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>Johdanto</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Kohdetiedot</b>	<b>4</b>
2.1	Kohteen maaperä- ja ympäristöolosuhteet	4
2.2	Hankkeelle suunniteltavat rakenteet	5
2.3	Hankkeen ympäristövaikutusten arviointi (YVA)	5
<b>3.</b>	<b>Uusiomateriaalit, niiden saatavuus ja kelpoisuus</b>	<b>5</b>
3.1	Yleistä	5
3.2	Tuhkat	6
3.2.1	Lentotuhka (LT)	6
3.2.2	Pohjatuhkat/pohjahiekat (PT)	7
3.3	Uusiokiviainekset	8
3.4	Sivukivi	9
3.5	Muut materiaalit	10
3.6	Masuunimurskeet ja -hiekat	10
3.7	Teollisuuden sivutuotteiden jalostus sideaineeksi	10
<b>4.</b>	<b>Uusiomateriaalien potentiaaliset käyttökohteet</b>	<b>10</b>
4.1	Käyttökohteiden valintakriteerit	10
4.2	E18 kehätie ja eritasoliittymät	11
4.3	Pyörätiet ja jalkakäytävät	11
4.4	Muut väylät	12
<b>5.</b>	<b>Uusiomateriaalien käytön vaikutusten arviointi</b>	<b>12</b>
5.1	Ympäristövaikutukset	12
5.2	Taloudelliset vaikutukset	12
5.3	Vaikutukset rakenteen elinkaareen	13
<b>6.</b>	<b>Jatkosuunnittelussa selvitettävät ja huomioitavat asiat</b>	<b>13</b>
6.1	Yleistä	13
6.2	Massa- ja aumastabilointi	14
6.3	Päällysrakenteen stabilointi	14
6.4	Kevennys- ja pengermateriaalikäyttö	15
6.5	Laadunvarmistus	15
6.6	Muita huomioitavia asioita	15
6.7	Ympäristölupa-asiat	16
<b>7.</b>	<b>Tiivistelmä</b>	<b>17</b>

## LIITTEET

- Liite 1 Uusiomateriaalit ja tuotantolaitokset pääasiassa 50 km etäisyydellä kohteesta
- Liite 2 Uusiomateriaalien teknisiä tietoja
- Liite 3 Uusiomateriaalien käyttömahdollisuuksien arvio
- Liite 4 Esimerkkejä uusiomateriaalien käytön edellyttämistä tutkimuksista
- Liite 5 E18 – Hankkeella esiintyvät tulva-alueet 1 ja 2
- Liite 6 Uusiomateriaalituottajien yhteystietoja
- Liite 7 Esimerkkilaskelma uusiomateriaalien käytön taloudellisista vaikutuksista

## 1. JOHDANTO

Liikenneviraston tavoitteena on tehostaa uusiomateriaalien käyttöä suunnittelemissaan hankkeissa, sekä saattaa uusiomateriaalit ja niiden käyttösovellutukset samalle tasolle perinteisten materiaali-vaihtoehtojen kanssa. Uusiomateriaalien käytöllä on mahdollista kasvattaa eri hankkeiden materiaalitehokkuutta ja vähentää oleellisesti uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä. Materiaalitehokkuuden ohella paikallisesti saatavien uusiomateriaalien käytön avulla voidaan vähentää materiaalien kuljetustyössä vaadittavaa energiakulutusta ja CO<sub>2</sub> - päästöjä. Tässä selvityksessä esitellään yleissuunnitelmatasolla uusiomateriaalien hyödyntämisen erilaisia vaihtoehtoja E18 Turun kehätie välillä Naantali-Raisio - hankkeessa. Tiesuunnitelmanvaiheessa laaditaan suunnitelma tien likimääräisestä sijainnista, sekä tien teknisistä ja liikenteellisistä perusratkaisuista. Maankäytön osalta yleissuunnitelmassa määritetään tien tilantarve sekä suhde nykyiseen ja tulevaan maankäyttöön. Selvitys on laadittu Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksen toimeksiannosta ja työn tilaajana on toiminut suunnitteluhankkeen projektipäällikkö Vesa Virtanen. Selvityksessä esitettyjen uusiomateriaalituottajien kartoituksessa on avustanut Varsinais-Suomen liiton yhdyshenkilö Arttu Koskinen.

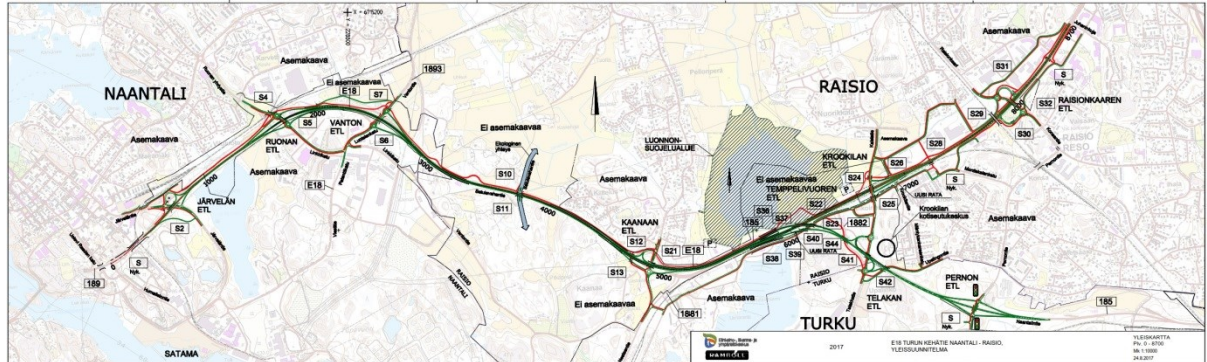
E18 Turun kehätie välillä Naantali – Raisio ympäristövaikutusten arviointiohjelma (YVA) valmistui vuoden 2016 lopussa. YVA – menettelyssä tarkasteltiin hankkeen toteuttamista kolmella eri vaihtoehdolla 0+ ja kehittämissivutoehdot 1A ja 1B. Liikennejärjestelyt eri vaihtoehtojen välillä poikkeavat toisistaan lähinnä Raisionlahden osalta.

E18- parantamishankkeella syntyy uusiomateriaaleja esimerkiksi hankkeen ylijäämämaista ja vanhojen purettavien rakenteiden materiaaleista. Lisäksi hankkeen läheisyyteen sijoittuu muun muassa energia-, metalli- ja kaivannaisteollisuutta, joiden tuottamia hyvälaatuisia sivutuotteita on mahdollista hyödyntää hankkeella erilaisissa rakenteissa. Uusiomateriaaleista teollisuuden sivutuotteilla on usein monipuolisia materiaaliominaisuuksia luonnonkiviainekseen verrattuna. Esimerkkinä lentotuhka, jolla on sekä lujittumis- että lämmöneristävyysominaisuuksia. Lentotuhkan lämmöneristävyysominaisuuden voidaan hyödyntää parhaiten routiville pohjaolosuhteille rakennettaessa, jolloin päällysrakenteen kokonaispaksuutta voidaan ohentaa. Vastaavasti lentotuhkan lujittumisominaisuus tarjoaa mahdollisuuden sen hyödyntämisessä erilaisten stabilointiratkaisujen sideainekomponenttina. Stabilointikäytössä lentotuhkalla voidaan parantaa heikkolaatuisten maa-ainesten materiaaliominaisuuksia, jolloin niitä voidaan mahdollisesti käyttää hankkeella läjittämisen sijasta.

Tämä yleissuunnitelmanvaiheen uusiomateriaalien hyödyntämisen selvitys tullaan esittämään yleissuunnitelman liiteaineistoissa. Yleissuunnitelmaraporttiin kirjataan maininta tämän selvityksen tekemisestä.

## 2. KOHDETIEDOT

E18 Turun kehätien parantamishanke välillä Naantali-Raisio on pituudeltaan 9 km kohde, joka on osa 30 km:n pituisesta E18 Turun kehätieosuutta. Kohde on nykytilassaan ruuhkautunut monin paikoin ja sen liikenneturvallisuuksitaso on heikko. Parantamistoimenpiteitä koskeva yleissuunnitelma-vaihe ja ympäristövaikutusten arviointi ovat käynnistyneet vuonna 2015 ja valmistuvat lokakuussa 2017. Yleissuunnitelmavaiheessa tehdään tarkastelu parantamishankkeen toteuttamiseksi erilaisilla vaihtoehdoilla. Vaihtoehtotarkastelussa Naantalien ja Raision osuudet muodostavat omat kokonaisuutensa, joilla on molemmilla hankkeen materiaalitalouden kannalta omat erityispiirteensä.



Kuva 1. E18 Turun kehätie välillä Naantali – Raisio parantamishankkeen yleiskartta.

### 2.1 Kohteen maaperä- ja ympäristöolosuhteet

Kohteelle laadituissa yleissuunnitelmavaihtoehdoissa korostuvat hankkeen maa- ja kalliroleikkauksissa syntyvien ylijäämämassojen käyttökelpoisuus hankkeen rakennekerroksissa ja pengertäytöissä, joka vaikuttavat hankkeella tarvittavien kiviainesten määrään, sekä läjitysalueiden tarpeeseen. Kehätien osuus parannetaan eri vaihtoehtotarkasteluissa nykyiselle linjaukselleen. Hankkeelle tehtyjen pohjatutkimusten- ja maaperäkartojen avulla saadun tiedon perusteella suunnittelualueella on sekä moreeni- ja kallioalueita, että myös hyvin pehmeitä savi- ja liejusavialueita. Pehmeikköjen syvyys on suurimmillaan jopa useita kymmeniä metrejä.

Pohjarakenteiden suunnittelun kannalta hankkeen haastavin osuus sijoittuu Raisionlahden ylittävälle osuudelle. Osuudelle tehty pohjaantäyttö on täytemaata ja muodoltaan epäsäännöllinen. Kyseisellä osuudella on tarkasteltu vaihtoehtoisina rakenteina silta- ja paalulaattarakaisuja.

Savisella maaperällä pohjanvahvistusmenetelmän valintaa rajoittavat mahdolliset happamat sulfaattimaat, joista suurin osa tiedetään esiintyvän rannikko-alueella alle 60 metrin korkeudella merenpinnasta. Näillä osuuksilla pohjanvahvistusmenetelmänä on suunniteltu alustavasti paalulaattaa, jolloin mahdollisesti sulfidipitoista maaperää häiritään rakentamisen yhteydessä mahdollisimman vähän. Muilla hankkeen pehmeikköosuuksilla pohjanvahvistusmenetelmäksi on suunniteltu pilari-, ja massastabilointia, massanvaihtoa, geoverkkoja ja paalulaattaa. Sulfidipitoisten maa-ainesten esiintymisalueilla suunniteltavassa rakentamisessa tulee kuitenkin huomioida mahdollisuus sulfaattien neutralointiin stabiloinnin avulla. Esimerkiksi Vaasan kaupungin ja Mustasaaren kunnan alueille vuosina 2011 – 2014 rakennetun Sepänkylän ohikulkutien (Vt8) rakentamisessa hyödynnettiin sulfidimaiden stabilointia. Syvästabilointi on turvallinen vaihtoehto happamien sulfidimaiden käsittelyyn.

E18 NaRa-hankkeella purettavien rakenteiden materiaalit on suunniteltu hyödynnettäväksi ympäristömääräysten mukaisesti uusissa tierakenteissa.

Hankealueen välittömään läheisyyteen ei sijoitu pohjavesialueita ja lähin Lietsalan pohjavesialue sijaitsee noin 1,2 kilometrin päässä hankealueen pohjoispuolella. Hankkeen vaikutusalueella ei sijaitse Natura 2000-verkoston kuuluvia alueita. Myöskään Luolajanjärven- ja Raisionlahden vesistöt eivät kuulu Natura 2000-verkoston.

## 2.2 Hankkeelle suunniteltavat rakenteet

Suunnitteluhankkeen erityispiirteenä voidaan mainita hankkeen sijoittuminen kaupunkiympäristöön, joka luo oman haasteensa rakentamiselle muun muassa materiaalien käsittelyn osalta. E18-päätieosuus on suunniteltu eri vaihtoehtoissa parannettavaksi nykyiselle linjaukselleen. Olemassa olevan tierakenteen leventämisen osalta tulee huomioida rakennekerroksissa käytettävien materiaalien tasalaatuisuus rakenteen poikkisuunnassa. Hanke sisältää pääpiirteittäin paljon taitorakentamista, kuten esimerkiksi eritasoliittymien ja pohjavahvistusrakenteiden osalta. Hankkeen melusuojausrakenteissa on suunniteltu alustavasti käytettäväksi meluaitoja.

## 2.3 Hankkeen ympäristövaikutusten arviointi (YVA)

E18 Naantali – Raisio parantamishankkeelle vuonna 2016 laaditussa ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa on laadittu kattava perusselvitys hankealueen erityispiirteistä. Ympäristövaikutusten arviointiselostus on osa menettelyä, jonka tavoitteena on ollut löytää mahdollisimman hyvä ratkaisu hankkeen yleissuunnitelman laadintaa varten. Ympäristövaikutusten arviointiselostus on luettavissa kokonaisuudessaan hankkeen internetsivuilla osoitteessa:

(<https://www.ely-keskus.fi/web/ely/varsinais-suomi-e18-turun-kehätien-parantaminen-valilla-naantali-raisio>)

Ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa on huomioitu hankkeen vaikutuksia alueen maa- ja kallioperään, sekä luonnonvarojen käyttöön. Uusiomateriaalien, teollisuuden sivutuotteiden ja hankkeen rakentamisen yhteydessä purettavien materiaalien kierrätysmahdollisuus onkin mainittu yhtenä vaikuttavana kokonaisuutena, jolla voidaan vaikuttaa luonnonvarojen käyttöön. Yleissuunnitelmavaiheessa tarkasteltujen parantamisvaihtoehtojen vaikutukset maa- ja kallioperään sekä luonnonvarojen käyttöön ovat suurimpia Naantalin vaihtoehtoissa 3 ja 4, sekä Raision vaihtoehdossa 2.

# 3. UUSIOMATERIAALIT, NIIDEN SAATAVUUS JA KELPOISUUS

## 3.1 Yleistä

Tämän luvun alakappaleissa on esitelty yleisellä tasolla uusiomateriaaleja, joita on ajateltu olevan mahdollista hyödyntää E18 Turun kehätie välin Naantali-Raisio rakentamisessa eri sovellutuksissa. Tämä selvitys kattaa noin 50 kilometrin etäisyydellä kohteesta syntyviä hyötykäytön kannalta potentiaalisimpia materiaaleja, kuten esimerkiksi voimalaitosten tuhkia, louhimoteollisuuden sivukiviä, ylijäämämaita ja muita teollisuuden sivutuotteita. Uusiomateriaalien ja teollisuuden sivutuotteiden syntypaikkojen kartoituksessa on avustanut Varsinais-Suomen liiton Arttu Koskinen. Arviot materiaalien syntymääristä ja saatavuudesta lähivuosina sekä arviot eri materiaalien teknisestä soveltavuudesta ja ympäristökelpoisuudesta on esitelty tuotantolaitos- ja materiaalkohtaisesti taulukoissa raportin liitteissä 2 ja 3.

Infrarakentamisessa käytettävät materiaalit tulee olla CE-merkittyjä rakennusmateriaaleja. Uusiomateriaalien osalta Betonimurske-, Vaahtolasimurske- ja Masuunihiekka/kuona-tuotteita on mahdollista saada CE-merkinnällä varustettuna. Tässä selvityksessä tarkasteltiin uusiomateriaalien saatavuutta myös CE-hyväksynnän ulkopuolella olevien materiaalien osalta. Laajentamalla materiaalien saatavuuden tarkastelu CE-hyväksynnän ulkopuolelle tarjoaa mahdollisuuden saada hankkeen käyttöön useita eri rakennusmateriaalivaihtoehtoja ja sovellutuksia. CE-hyväksymättömien materiaalien hankinnan, käytön ja laadunvalvonnan erityispiirteitä on tarkasteltu tämän selvityksen kappaleessa 6. CE-merkittyjen uusiomateriaalin osalta kuitenkin huomioitava, että käytettäväksi suunnitellun materiaalin ominaisuudet on joka tapauksessa tarpeellista tarkistaa ennakkonäytteillä sekä rakentamisessa käytettäviä näyte-eriä tutkimalla.

Uusiomateriaalien saatavuuden osalta on huomioitava käytettävät yksiköt ja ilmoitustavat materiaalmäärissä. Usein massamääristä keskusteltaessa voi olla epäselvyyksiä, että onko kysymyksessä kuivista vai kosteista tonnimääristä ja materiaalin tiivistysvesipitoisuuskään ei välttämättä ole sama kuin laitoksella materiaalin kostutusvesipitoisuus purkutilanteessa. Vesipitoisuuden laskentatapa voi vaihdella, koska vesipitoisuuden voi laskea suhteessa kuivamassaan tai märkään kokonaisuuteen tai ilmoittaa kuiva-ainepitoisuutena. Toisaalta rakenteiden suunnittelun kannalta oleellisia yksiköitä tonnin sijaan ovat materiaaleilla aikaan saatavat valmiit rakennekuutiometrit. Karkeana ohjeena lentotuhkien osalta on, että kuivat tuhkatonnit kerrotaan kertoimella 0,8...0,9 ja saadaan suuntaa antavasti kyseisellä tuhkamäärällä saavutettava valmis massiivirakennetilavuus m<sup>3</sup> (näin ollen esim. 2 000 tonnilla kuivaa tuhkaa saadaan aikaiseksi 1 600...1 800 m<sup>3</sup> valmista massiivirakennetta).

Neuvottelut materiaalityöntekijän kanssa on käynnistettävä hyvissä ajoin ennen toteutusvaihetta materiaalien saatavuuden ja tarkempien määrien varmistamiseksi sekä logistiikkaketjun yhteensovittamiseksi. Tämä selvitys ei sisältänyt kustannus- tai toimitusneuvotteluja materiaalityöntekijän kanssa.

## 3.2 Tuhkat

E18 Turun kehätie Naantali-Raisio välin parantamishankkeen läheisyydessä sijaitsee esimerkiksi: Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n, Turun energia Oy:n, Vapo/Salon Energiantuotanto Oy: voimalaitoksia, joissa erilaisten polttoprosessien lopputuotteena muodostuu tuhkaa. Tuhka on palamattomaa ainetta ja sen koostumukseen vaikuttavat polttoprosessi, käytetty polttoaine ja tuhkanerotustekniikka. Tuhkat luokitellaan (taulukko 1) niiden keräyspaikan ja polttoprosessin polttoainekoostumuksen mukaan.

**Taulukko 1.** Tuhkien luokitteluun käytetyt määritelmät.

	Nimike	Määritelmä
<b>Keräyspaikka</b>	Pohjatuhka	Kattilan pohjalle kerääntyvä tai poistettavan leijupeti-materiaalin mukana poistuva tuhka
	Lentotuhka	Savukaasuista erotettava tuhka
<b>Polttoaine-koostumus</b>	Kivihiilen poltto	Kivihiilen polton lentotuhka
	Seospoltto	Tavanomaisten polttoaineiden seospoltto
	Rinnakkaispoltto	Jätteiden ja tavanomaisten polttoaineiden rinnakkaispoltto

Tuhkista ja tuhkarakentamisesta yleisesti löytyy lisätieto mm. Tuhkakäsikirjasta UUMA2-hankkeen internet-sivuilta [www.UUMA2.fi/rakentaminen](http://www.UUMA2.fi/rakentaminen).

### 3.2.1 Lentotuhka (LT)

Lentotuhka on erikokoisista pallomaisista ja neulasmaisista kiteistä koostuvaa hienorakeista materiaalia. Lentotuhkan rakeisuus vaihtelee 0,002 – 0,1 mm välillä, joka vastaa geotekniseltä maaluokitukseltaan silttiä tai hiekkaista silttiä. Kuvassa 2 on esitetty turpeen ja puunpolton lehtotuhkanäyte.



**Kuva 2. Turpeen- ja puunpolton lentotuhkaa.**

Lentotuhkalla on lujittumisominaisuus, jota voidaan tehostaa erilaisilla aktivaattoreilla kuten esimerkiksi sementillä, kalkilla tai kipsillä. Lujittumisominaisuudella on vaikutusta materiaalin geoteknisiin indeksiominaisuuksiin ja lopulta tuotteen tekniseen laatuun. Lentotuhkaa voidaan käyttää joko massiivirakenteena tai stabiloinnissa sideaineen osakomponenttina. Massiivituhkarakenteilla voidaan tuhkan routaeristävydestä johtuen ohentaa joissain tapauksissa päällysrakenteen kokonaisrakennepaksuutta.

Tuhkan lujittamisella (stabiloinnilla) voidaan vaikuttaa sen kantavuusominaisuuksiin. Lentotuhka on myös kevyempää, kuin luonnonkiviaines. Lentotuhkan keveys voidaan hyödyntää massiivisissa kohteissa, kuten korkeissa penkereissä ja valleissa sekä paalulaattakohteiden kuormien keventämisessä. Lentotuhkan kuivatilavuuspaino on melko pieni, mutta maarakenteessa lentotuhkan vesipitoisuus kasvaa ja on tyypillisesti n. 25...30 % (veden massan suhde kuivaan tuhkan massaan). Hyvän lujittumisominaisuuden omaava lentotuhka on taloudellisinta hyödyntää hankkeella mahdollisesti tehtävissä massastabiloinneissa korvaamassa kaupallisen sideaineen tarvetta.

Taulukossa 2 on esitetty arviot E18 Turun kehätie-hankkeen vaikutusalueella vuosittain syntyvistä lentotuhkamääristä. Alueella ollaan parhaillaan ja lähivuosina käynnistämässä uusia voimalaitoksia, joissa syntyvien tuhkamäärät tiedetään tarkemmin vasta myöhemmässä vaiheessa. Selvityksessä esitetyissä tuotantolaitoksissa syntyvien tuhkien arvioitu yhteismäärä vuositasolla tulee olemaan noin 45 000...50 000 t, josta alustavan arvion mukaan n. 70 % (eli 30 000...35 000 t) voisi olla käytettävissä E18 Naantali-Raisio -hankkeella. Tällä tuhkamäärällä olisi mahdollista rakentaa karkeasti arvioiden 27 000 – 32 000 m<sup>3</sup> massiivituhkarakennetta.

Lentotuhkaa on tällä hetkellä myös varastoituna tuhkantuottajien varastointialueille noin 23 000 t, joka vastaisi 18 000...21 000 m<sup>3</sup> valmista rakennetta. Tuhkan varastointi kosteana vähentää tuhkan reaktiivisuutta, jolloin sen käyttö stabiloinnin sideaineena ei ole enää välttämättä mahdollista. Varastoitu tuhka voidaan kuitenkin hyödyntää massiivirakenteissa.

Tuhkarakentamisessa on tärkeää huomioida, että eri voimalaitosten tuhkia ei tulisi mielellään sekoittaa keskenään, vaan yksi tuhka tulisi käyttää aina rakennekohtaisesti. Tuhkan vaihtuessa rakenteiden välille tulee tehdä selkeä rajapinta tai siirtymärakenne. Tuhkarakentamisessa tulee huomioida tuhkan syntymäärien vaihtelu vuodenaikojen mukaan ja laitosten käyttöseisokit, jotka ajoittuvat yleensä keväeseen tai kesään ja ovat kestoltaan jopa useita viikkoja.

### **3.2.2 Pohjatuhkat/pohjahiekat (PT)**

Pohjahiekat (pohjatuhkat) ovat lentotuhkaa karkeampia materiaaleja, joiden rakeisuus vaihtelee yleensä 0,002 – 16 mm:n välillä vastaten hienoa hiekkaa tai hienoa soraa. Pohjatuhkilla ei ole lentotuhkan kaltaisia lujittumisominaisuuksia. Rakeisuudeltaan ja ympäristöllisiltä ominaisuuksiltaan soveltuvaa pohjatuhkaa voidaan käyttää suodatinkerrosmateriaalina, sekä pengeri- ja muissa täy- töissä.



Pohjatuhkilla on usein hyvä lämmöneristävyysominaisuus ja alhainen paino, jolloin ne soveltuvat hyvin erilaisiin kerrosrakenteisiin.

Pohjatuhkaa/pohjahiekkaa syntyy tarkastelluissa voimalaitoksissa vuositasolla noin 10 000 tonnia. Tämä määrä olisi alustavan tiedon mukaan hyödynnettävissä kokonaisuudessaan E18 Naantali-Raisio-hankkeessa.

**Taulukko 2.** Arvio E18 NaRa - hankkeella käytettävissä olevista tuhkamääristä.

Alue	Materiaali (LT=Lentotuhka, PT= Pohjatuhka/-hiekkä)		Arvio hankkeen rakennuskäyttöön saatavista materiaalmääristä [t]	Arvio tonnimääristä saatavista teoreettisista massiivirakennetilavuuksista [m <sup>3</sup> rtr]
Turku	LT	Vuosittainen uusi	1 500...3 000	1 200...2 700
		Varastoitu vanha		
PT	PT	Vuosittainen uusi	700...1200	500..850
		Varastoitu vanha		
Naantali	LT	Vuosittainen uusi	30 000...45 000	24 000...40 000
		Varastoitu vanha	10 000	8 000...9 000
	PT	Vuosittainen uusi	11 000	7 700
		Varastoitu vanha		
Salo	LT	Vuosittainen uusi	3 000	2 400...2 700
		Varastoitu vanha	10 000	8 000..9 000
	PT	Vuosittainen uusi	1 500	700
		Varastoitu vanha	3 000	2 100
Yhteensä	LT	<b>Vuosittainen uusi</b>	<b>36 000</b>	<b>28 000..41 000</b>
		<b>Varastoitu vanha</b>	<b>30 000</b>	<b>16 000..18 000</b>
	PT	<b>Vuosittainen uusi</b>	<b>13 700</b>	<b>8 900..9 300</b>
		<b>Varastoitu vanha</b>	<b>13 000</b>	<b>2 100</b>

### 3.3 Uusiokiviainekset

#### Betonimurske

Elementtitehdas-, valmisbetoniteollisuudessa ja vanhojen betonirakenteiden purkutöiden yhteydessä syntyy pääosin Suomessa saatavilla oleva betonijäte. Edellytykset betonin kierrätykselle ovat hyvät, sillä lajitteleva purkutekniikka on kehittynyt ja purkubetoni voidaan hyödyntää yleensä kokonaan. Tuotteistetuilla betonimurskeilla on olemassa omat suunnittelu- ja käyttöohjeet.

Betonijätteestä jalostettava betonimurske soveltuu hyvin maarakennusmateriaaliksi sen kantavuusominaisuudesta johtuen. Betonimurskeen sisältämän sementin jälkilujittumisominaisuus voi parantaa rakenteen kantavuutta vuosien saatossa.

Betonimurskeen suuri kantavuusominaisuus voi mahdollistaa ohuempien rakennekerroksien rakentamisen routamitoituksen sallimissa rajoissa. Betonimurskeen käyttöä uusiomaamateriaalina, mikäli materiaali on CE-merkitty. Betonimurskeen tekniisiin ominaisuuksiin ja laatuun vaikuttavat kuitenkin betonimurskeen valmistuksessa käytettävä raaka-aine. Purkubetonista valmistetun betonimurskeen laatuominaisuudet on hyvä varmistaa vaikka tuote olisikin CE-merkitty. Kuvassa 3 on esitetty hyvä- ja huonolaatuiset betonimurskeet.



**Kuva 3.** Laatuvaatimukset täyttävä (vasen) ja laatuvaatimukset alittava (oikea) betonimurske.

E18 Naantali - Raisio hankkeen vaikutusalueella betonimursketta on saatavilla Rudus Oy:n Turun seudun toiminnoissa, jota syntyy 30 000...50 000 tonnia vuodessa. Kyseistä määrää voisi tiedustella hankkeen käyttöön rakennusvaihetta edeltävässä suunnittelussa. Ruduksella on tällä hetkellä varastoituna betonimursketta alueella noin 60 000 t.

Betonimurskeiden rakennusmateriaalikäyttöä koskevaa ohjeistusta on saatavilla materiaalivalmistajien julkaisuista ja ohjeista. Liikenneviraston ohjeistuksessa on myös saatavana tietoa betonimurskeen käytöstä.

### **Ylijäämämaat**

Kiertomaa Oy on käynnistämässä toimintaansa Turun Saramäen alueella kesällä 2017. Yrityksen on tarkoitus toimia Turun talousalueella infrarakentamisen materiaaliressurssien välittäjänä sekä tulevaisuudessa myös varastoijana. Alkuun yritys harjoittaa alueella kiviaineksen louhintaa (lisäkenttätilan muodostamiseksi alueelle), fraktiointia ja myyntiä. Yritys on aloittamassa myöhemmin myös muidenkin maa-ainesten vastaanoton ja kierrätyksen.

Turun Satama ruoppaa meriväyliään vuosittain ja ruoppauksessa syntyvä sedimenttimäärä on karkeasti arvioituna 100 000 tonnia. Sedimentti on yleensä liejuista savea, jolla on varsin suuri vesi- ja humuspitoisuus. Ruoppausmassaa voidaan hyödyntää stabiloituna oikeissa olosuhteissa esim. kenttä-, täyttö- ja meluvallirakenteissa.

## **3.4 Sivukivi**

Kiviteollisuuden louhimotoiminnoissa syntyy merkittävä määrä sivukiveä, jota voidaan hyödyntää maarakentamisen eri sovellutuksissa. E18 Naantali-Raisio – hanketta ajatellen esimerkiksi lähistöllä toimivilla Suomen kiviteollisuus Oy:n ja Palin Granit Oy:n Vehmaan ja Taivassalon louhimoilla syntyy graniitin louhinnan sivukiveä kymmeniä tuhansia kuutioita (karkeasti esim. 40 000 m<sup>3</sup> → ~112 000 t) vuodessa. Lisäksi louhimoalueilla on varastoituneena useita satoja tuhansia kuutioita sivukiveä. Sivukiveä syntyy tarvekivilouhinnan yhteydessä, mutta se ei täytä tarkeviven laatuvaatimuksia esim. esteettisyyden, kuten värinsä vuoksi. Sivukivi itsessään on kuitenkin yleensä täysin puhdasta raaka-ainetta, jota voidaan käyttää moneen eri tarkoitukseen esimerkiksi tie- ja vesirakentamisessa. Sivukivenä hyötykäytön haasteena on usein suuri partikkelikoko, sekä sivukivien läjittäminen ilman lajittelua. Suuria sivukivilohkareita joudutaan usein esikäsittelemään ennen kuin ne voidaan murskata tavanomaisilla laitteistoilla. Murskatulle ja lajitellulle sivukivimateriaalille soveltuvia käyttökohteita voisivat olla esim. tien rakennekerrokset, täytöt ja penkereet tai meluvallit (useamman m<sup>3</sup>:n lohkarit).

Nordkalk Oy Ab:n Paraisten louhimolla päätuotteen eli kalkkikiven louhinnan yhteydessä puolestaan syntyy kiviaineksiä, joista valmistetaan murskeita ja sepeliä useisiin eri raekokoihin ja käyttötarkoituksiin, kuten tie- ja piharakenteiden rakennekerrokseen sekä asfaltin ja betonin kiviainekseksi. Lisäksi kalkkikiven louhinnassa syntyvällä sivukivellä on emäksisyytensä ansiosta neutralointiominaisuus, joka voitaisiin hyödyntää hankkeen hulevesien laskeutusaltaiden pohjarakenteissa neutraloimassa hulevesien mahdollista happamuutta. Nordkalkin toiminnoissa pääasiallisena tuotteena syntyvä kalkki on sellaisenaan sopiva lisä-aine stabiloinnin sideainekomponentiksi. Lisätietoja materiaaleista ja esim. kivifraktioista löytyy toimijan internet-sivuilta.

Sivukivituotteiden avulla on mahdollista korvata rakennushankkeella tarvittavia soraa, hiekkaa ja kalliokiviainesta. Sivukivituotteiden hyötykäytön kannalta niiden kuljetusetaisyys rakennuskohteelle tulee usein olla riittävän lyhyt, jotta ne olisivat kilpailukykyisiä jalostettuun luonnonkiviainekseen nähden. Kuljetuskustannusten lisäksi sivukivimateriaalit tulee murskata ja seuloa käyttöä varten. Sivukivimateriaalit varastoidaan usein mahdollisimman pienin kustannuksin, joka tarkoittaa niiden läjittämistä ilman lajittelua. Varastoidun sivukivimateriaalin myöhempi hyödyntäminen voi vaikeutua entisestään, kun sivukivien läjitysalueet maisemoidaan jolloin sivukivikasoihin sekoittuu myös muita maa-aineksiä. Geologian tutkimuskeskuksen mukaan läjitetyn sivukiven jalostuskustannukset voivat edellä mainituista tekijöistä johtuen olla korkeammat, kuin kalliokiviaineksilla. Vastaavasti kuin teollisuuden sivutuotteiden hyödyntämisen tapauksessa, sivukivimateriaalin käyttöä rakennushankkeella tulisi suunnitella hyvissä ajoin ennen rakentamisvaihetta, jolloin voisi käy-

dä keskustelua sivukivimateriaalituottajien kanssa mahdollisesta lajittelusta ja jalostamisesta materiaalin käyttämiseksi kohteella.

### 3.5 Muut materiaalit

Turun korjaustelakka Oy:n toiminnoissa laivojen suihkupuhdistuksen/hiekkapuhalluksen yhteydessä syntyy hiekkapuhalluskuonaa keskimäärin noin 2 000 t vuodessa. Hiekkapuhalluskuonaa on käytetty yhdessä bentoniitin kanssa kaatopaikkojen tiivistyskerroksissa. Hiekkapuhalluksessa käytettävä aine on alun perin Boliden Harjavallan toimittamaa materiaalia (rakeistettu nikkelihienukuona), ja vastaa käytön jälkeen rakeisuudeltaan hienoa hiekkää. Tarkemmat tekniset tai ympäristölliset ominaisuudet eivät tulleet tietoon tämän esiselvityksen yhteydessä.

Turun Seudun Energiatuotanto Oy:n toiminnoissa syntyy tuhkien lisäksi myös ns. suodinkakkua, joka on rikinpoistolaitoksen jätevesien puhdistuksessa syntyvää kuivattua lietettä. Suodinkakkua syntyy keskimäärin noin 2 000 t vuodessa. Suodinkakun syntyperän luonteesta johtuen sen hyötykäyttömahdollisuudet on tutkittava ennen kuin sitä voidaan käyttää maarakentamisessa.

### 3.6 Masuunimurskeet ja -hiekat

Masuunikuonaa muodostuu raakaraudan valmistuksen yhteydessä. Masuunikuonaa voidaan käyttää maarakentamisessa erilaisissa sovellutuksissa. Hienoksi jauhettua masuunihiekkää/masuunikuonaa voidaan käyttää stabilointiratkaisuissa sideaineena. Vastaavasti suuremman raekoon omaavaa masuunihiekkää ja masuunikuonamursketta voidaan käyttää piha-, kenttä- ja pysäköintialueiden päällysrakennekerroksissa. Masuunikuonamurskeen avulla voidaan toteuttaa routaa eristäviä-, perinteisiä luonnonkiviaineisia kevyempiä-, sekä kuivattavia rakenneratkaisuja.

Masuunikuonatuotteita myy ja valmistaa Suomessa SSAB. Heidän toimittamansa masuunituotteet ovat CE - merkittyjä. SSAB on aloittanut uudelleen masuunihiekan varastoinnin Naantalissa ja sitä on sieltä saatavissa pieniäkin määriä. Masuunihiekka tuotetaan Raahessa, josta se tuodaan laivalla Naantaliin. E18 Naantali-Raisio yleissuunnitelman yhteydessä on selvitetty masuunihiekan käyttöä Telakkatien (M1) liittymäjärjestelyiden yhteydessä. Liittymän parantamisessa tarvittava masuunihiekan määrä olisi noin 150 m<sup>3</sup>.

### 3.7 Teollisuuden sivutuotteiden jalostus sideaineeksi

Teollisuuden sivutuotteiden jalostaminen on kehittynyt viime vuosina, parantaen teollisuuden sivutuotteiden ja -jätejakeiden lujittumisominaisuuksia. Entistä parempien lujittumisominaisuuksien avulla tällaisten sideaineiden avulla on mahdollista vähentää entisestään kaupallisen sideainekomponentin käytön tarvetta ja säästää stabilointikustannuksissa. Jalostettujen sivutuotesideaineseosten saatavuus on hyvä selvittää E18 hankkeen pohjanvahvistuksia koskevassa tarkemmassa suunnitteluvaiheessa.

## 4. UUSIOMATERIAALIEN POTENTIAALISET KÄYTTÖKOHTEET

### 4.1 Käyttökohteiden valintakriteerit

Uusiomateriaalien hyödyntämistarkastelu kytkeytyy heti hankkeen alkuvaiheessa tehtävään massatasapainotarkasteluun. E18-hankkeessa kaivettavat massat on tarkoitus hyödyntää hankkeella tehtävissä rakenteissa mahdollisimman tehokkaasti. Arvio E18-suunnitteluhankkeen massatarpeista on laadittu yleissuunnitelmavaiheen tarkkuudella, joka on huomioitava massatarvetarkastelun tarkuutta arvioitaessa.

Uusiomateriaalien hyödyntämisen potentiaalisten käyttökohteiden tarkastelussa on pyritty etsimään vaihtoehtoisia pengeri-, täyttö- ja päällysrakenneratkaisuja. Lisäksi potentiaalisina käyttökohteina on tarkasteltu hankealueelle suunniteltavat massasyvästabilointiosuudet, joissa on mahdollista käyttää lujittumisominaisuuden omaavien teollisuuden sivutuotteita.

Uusiomateriaalien käytön tarkastelussa on huomioitu teollisuuden sivutuotteiden ja erityisesti tuhkien hyödyntäminen. Tuhkien hyödyntäminen maarakennuskäytössä vähentää niiden, sekä hankkeella käytettäväksi kelpaamattomien pehmeiden kaivuumaiden läjitystarvetta kaatopaikoille, jotka vähentävät yhdessä maanajosta syntyviä kustannuksia ja hiilidioksidipäästöjä.

Tuhkien käyttö kevennysrakennemateriaalina voi säästää tavanomaisen kevennysmateriaalin hankinnassa syntyviä kustannuksia, sekä pienentää rakentamisen kokonaiskustannuksia kun pohjavahvistustoimenpiteitä ei tarvitse mitoittaa tavanomaisille rakenteiden kokonaispainoille.

Uusiomateriaaliratkaisuja, sekä vaihtoehtoisten rakenteiden teknistä soveltuvuutta on esitetty liitteissä 2 ja 3. Uusiomateriaalien hyödyntämisen käyttökohteiden ulkopuolelle rajattiin E18-suunnitteluhankkeen päätien päällysrakennekerrosten lisäksi hankealueella sijaitsevat potentiaaliset tulva-alueet, joissa pinnan taso on alle 2,25 metriä. Tulva-alueiden sijoittuminen suunnittelualueelle on esitetty Liitteen 5 kartoilla.

## 4.2 E18 kehätie ja eritasoliittymät

Suunnitteluhankkeen päätien osuuden alustavien pohjarakennusratkaisujen vaihtoehtoina on suunniteltu pilari-, ja massastabilointia, massanvaihtoa, geoverkkoja ja paalulaattarakenteita. Lento- ja pohjatuhkia voidaan tavanomaisen maamateriaalin sijaan hyödyntää pohjavedenpinnan yläpuolisissa rakenteissa pengerrakenteissa keventämässä pohjanvahvistusrakenteiden vastaanottamaa kuormitusta, joka voi tuoda säästöjä pohjanvahvistusrakentamisessa.

Pilaristabilointialueiden vaihtoehtoisena stabilointimenetelmänä voisi tutkia uusiomateriaalisideaineseosta hyödyntävää massastabilointimenetelmää. Massastabiloinnin sideaineseoksessa voidaan hyödyntää lujittumisominaisuuden omaavia teollisuuden sivutuotteista muodostuvia seoksia, kuten esimerkiksi lentotuhkia ja teollisuuden sivutuotteiden seoksia, joilla voidaan korvata stabiloinnin sideainekäytössä osa kaupallisen sideaineen tarpeesta. Energiantuotannon polttoprosessissa syntyvien jätejakeiden jalostamisella voidaan nykyään valmistaa entistä parempia sideaineseoksia käytettäväksi massastabiloinnissa.

E18 suunnitteluhankkeen erityispiirteenä on kohteen nykyisen pääväylän parantaminen nykyisessä maastokäytävässään. Uusiomateriaalit poikkeavat perinteisistä luonnonkiviaineksista monipuolisten ominaisuuksiensa ansiosta, kuten esimerkiksi lämmöneristävyuden ja lujittumisominaisuuden osalta. Näiden ominaisuuksien yhdistäminen olemassa olevien luonnonkiviainemateriaaleista toteutettujen rakenteiden kanssa luo uusiomateriaalien potentiaalisten käyttökohteiden tarkasteluun omat erityispiirteensä. Rakenteiden väliset muutoskohdat toteutetaan väylärakentamisessa perinteisesti erilaisten siirtymäkiilaratkaisujen avulla, jotta rakenteiden väliset routanousuerot saadaan tasattua mahdollisimman hyvin. Poikkeavien materiaalitekniikoiden ominaisuuksien johdosta uusiomateriaalien hyödyntämiskohteiden tarkastelussa keskitytään pääväylän leventämisen ulkopuolella oleviin rakenneratkaisuihin, kuten esimerkiksi eritasoliittymien, kevyen liikenteen väylien ja muiden teiden vaihtoehtoihin pengeri-, täyttö ja päällysrakennekerrosratkaisujen tarkasteluun.

Eritasoliittymissä uusiomateriaaleja on mahdollista hyödyntää kaikissa rakennekerroksissa. Täyttö-rakenteisiin on suositeltavaa sijoittaa tarkastelluista materiaaleista teknisiltä ominaisuuksiltaan huonolaatuisimmat, ellei kohteen suunnittelussa ole tarpeen käyttää mahdollisimman kevyttä rakenneratkaisua. Suodatinkerrosmateriaaleiksi kelpaavat rakeisuudeltaan hiekkaa muistuttavat pohjatuhka ja leijupetihiekka. Jakavan ja kantavan kerroksen materiaaleiksi soveltuvat betonimurske, stabiloitu lentotuhka ja masuunituotteet.

## 4.3 Pyörätiet ja jalkakäytävät

Tuhkamateriaalien hyödyntäminen pyöräteiden ja jalkakäytävien rakennekerroksissa on havainnollistettu yksityiskohtaisemmin kappaleen 5.2 esimerkkilaskelmassa. Tuhkien lisäksi kevyen liikenteen väylien rakennekerrokseen soveltuu myös betonimurske, stabiloitunut leikkausmassat, ja sivukivimateriaali.

#### 4.4 Muut väylät

Hankkeelle suunniteltavien muiden väylien rakennekerrosmateriaalien käytössä tulee huomioida rakenteiden kuormituskestävyyksimitoitukset. Esimerkiksi kantavaan kerrokseen rakennettavien stabiloitujen tuhkerakenteiden osalta tämä tarkoittaa ennakkokokeita saavutettavista kantavuusominaisuuksista, jotka voivat vaihdella jopa 50 – 600 MPa:n välillä. Jakavan ja kantavan kerroksen materiaaleiksi soveltuvat stabiloidun tuhkan lisäksi betonimurske ja masuunituotteet. Suodatinkerrosmateriaalina muilla väylillä voidaan käyttää pohjatuhkaa/-hiekkää.

## 5. UUSIOMATERIAALIEN KÄYTÖN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI

### 5.1 Ympäristövaikutukset

Uusiomateriaalien ja teollisuuden sivutuotteiden hyödyntämisen tavoitteena on vähentää neitseellisen luonnonkiviaineksen käyttöä, jolloin voidaan saavuttaa ympäristöystävällisiä ja kestävästä kehityksen periaatteiden mukaisia taloudellisia ratkaisuja. Uusiomateriaaleilla ja teollisuuden sivutuotteilla voidaan useissa tapauksissa saavuttaa ominaisuuksiltaan vastaavanveroisia rakenteita, kuin luonnonkiviaineksellakin. Lisäksi uusiomateriaaleja ja teollisuuden sivutuotteita oikealla tavalla hyödyntämällä, rakenteiden ominaisuudet voivat olla luonnonkiviaineksrakenteita parempia sekä teknisiltä- että ympäristöllisiltä ominaisuuksiltaan, kuten esimerkiksi teollisuuden sivutuotteiden luonnonkiviaineksia parempien routaeristävyysominaisuuksien hyödyntäminen päällysrakennekerroksissa.

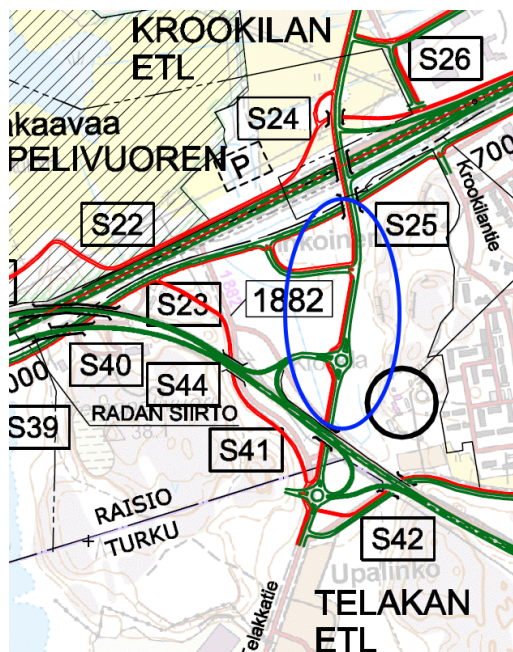
Uusiomateriaalien ja teollisuuden sivutuotteiden käyttöä rakentamisessa ohjaa niiden rakentamiskäytön ympäristöluvanvaraisuus. Materiaalien ympäristökelpoisuus tulee tutkia ennen kuin ne voidaan hyväksyä rakennuskäyttöön. Ympäristöluvanvaraisuudesta johtuen materiaalien käyttökohteet rajoittuvat pohjavesialueiden ja ympäristön kannalta riskialttiiden alueiden ulkopuolelle. Teollisuuden sivutuotteiden käytön edellytyksenä onkin, että niistä ei pääse liukenemaan vesistöihin kemikaaleja tai metalleja haitallisina pitoisuuksina.

Uusiomateriaalien käytön avulla voidaan vähentää rakentamisessa syntyviä hiilidioksidipäästöjä (CO<sub>2</sub>), kun osa hankkeelle jalostettavista ja kuljetettavista luonnonkiviaineksista voidaan korvata paikallisilla uusiomateriaalivaihtoehdoilla. Massastabiloinnissa sementtiä korvaavien sideaineiden käyttö vähentää lisäksi sementin valmistuksessa syntyviä hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi menetelmän avulla voidaan mahdollisesti korvata massanvaihtotoimenpiteet, jossa syntyy hiilidioksidipäästöjä kaivu- ja kuljetustöissä.

### 5.2 Taloudelliset vaikutukset

Uusiomateriaaliratkaisuiden käytöllä voidaan saavuttaa taloudellista hyötyä niiden ollessa hankintahinnaltaan edullisempia, kuin perinteiset materiaalit. Kun uusiomateriaalien monipuoliset tekniset ominaisuudet osataan hyödyntää oikealla tavalla, niiden avulla voidaan vaikuttaa myös rakenteiden elinkaareen. Esimerkiksi routaeristys-, ja kevennysrakenteiden avulla voidaan rajoittaa päällysrakenteille haitallisia epätasaisia painumia ja routanousuja.

Uusiomateriaalien käytön taloudellisia vaikutuksia on tarkasteltu tässä selvityksessä hankkeelle suunnitellun yhden esimerkkirakennekokonaisuuden osalta. Taloudellisten vaikutusten vaihtoehtotarkasteluun valittiin Raision osuuden parantamisvaihtoehto 2:ssa esitetty verrattain routiviin maaperäolosuhteisiin sijoittuva uusi kevyen liikenteen väylä, joka kulkee väylän K6 rinnalla välillä Krookilantie – Raisionlahdentie (kuva 4).



**Kuva 4.** Kustannusvertailulaskelmassa tarkasteltavan klv-osuuden sijoittuminen E18 NaRa-sunnitteluhankkeelle.

Tuhkilla saavutettavien kantavuus- ja lämmöneristysominaisuuksien avulla päällysrakenteen kokonaispaksuutta voidaan rakentaa 200 mm:ä ohuemmaksi, kuin luonnonkiviainesmateriaaleilla toteutettu päällysrakenne. Ohuemman päällysrakenteen kokonaispaksuuden lisäksi uusiomateriaaleja hyödyntävässä päällysrakenteessa ei tarvita jalostettuja luonnonkiviaineita muissa rakennekerroksissa, kuin kantavassa kerroksessa, sekä bitumilla sidotussa päällysteessä.

Vertailtavien rakenneratkaisuiden rakennuskustannuksien osalta tuhkarakenne on noin 11 % edullisempi, kuin luonnonkiviainesmateriaalilla toteutettu rakenneratkaisu. Laskennan hintatiedot perustuvat Rapal Oy:n Fore - kustannuslaskentapalvelusta saatuihin yksikkökustannusten hintatietoihin. Laskentaesimerkissä tarkasteltujen tuhkamateriaalien hankinnan oletuksena on, että materiaali saadaan tuottajalta lastattuna hintaan 0 €/t. Tuhkamateriaalien hankintahintaa koskevaa oletusta ei voi soveltaa kaikille uusiomateriaaleille. Etenkin tuotteistettujen uusiomateriaalien osalta tulee selvittää materiaalin hankintahinta. Vaihtoehtoisen päällysrakennerratkaisun mitoitus- ja rakennuskustannuslaskelmat on esitetty liitteessä 7.

### 5.3 Vaikutukset rakenteen elinkaareen

Usein rakenteiden mitoituksen lähtökohtaisena tavoitteena on toteuttaa elinkaarikustannuksiltaan mahdollisimman edullinen rakenneratkaisu. Edellisessä kappaleessa laaditun kustannustarkastelun perusteella voidaan todeta, että teollisuuden sivutuotteita käyttämällä voidaan pienentää tarkasteltavan rakenteen investointikustannuksia. Rakenteiden elinkaarikustannukset tulevat useimmiten keskusteluun asfalttipäällysteisten rakenteiden osalta, joissa elinkaarikustannuksiin suuresti vaikuttava tekijä on päällystekierto, eli päällysteen kunnossapitotarve tarkasteluajanjaksolla. Esimerkkinä olleen kevyen liikenteen väylän osalta voidaan todeta, että elinkaarikustannusten optimoinnin kannalta uusiomateriaaleista toteutettavan rakenteen tapauksessa päällysrakenteen tuhkerakennepaksuutta voisi olla järkevää lisätä, jotta rakenteen laskennallisen routanousun suuruutta voitaisiin pienentää. Suuri epätasainen routanousu voi vaikuttaa rakenteen elinkaarikustannuksiin tulevaisuudessa, sillä se aiheuttaa halkeamia asfalttipäällysteeseen.

## 6. JATKOSUUNNITTELUSSA SELVITETTÄVÄT JA HUOMIOITAVAT ASIAT

### 6.1 Yleistä

Uusiomateriaalien käyttäminen maarakentamisessa ei edellytä tavanomaista laadunvalvontaa poikkeavaa menettelytapaa, mikäli materiaali on CE-merkittyjen tai tuotteistettujen.

Tuotteistamattomien ja vähän tutkittujen materiaalien käyttäminen rakenteessa edellyttää kohdekohtaisien maa-aineksien ja uusiomateriaalien ennakkotutkimusta maastossa ja laboratoriossa. Uusiomateriaalisovellutusten suunnittelu onkin tehtävä huolellisesti ja riittävän ajoissa, jotta jokaiseen vaiheeseen osataan varautua.

Materiaalitutkimusten avulla pyritään etsimään rakennettavalle kohteelle optimaalisin toteutustapa ajatellen sen toiminnallisuutta, käyttöominaisuuksia, pitkäaikaiskestävyyttä sekä kustannustehokkuutta. Rakennuspaikalla vallitsevat olosuhteet huomioiden määritetään esimerkiksi käytettävien materiaalien seossuhteet tai mahdollisesti lisänä käytettävien sideaineiden tarvittava määrä, joiden avulla saavutetaan halutut ja riittävät ominaisuudet. Käytettäväksi suunniteltujen materiaalien tai materiaaliseoksien soveltuvuuden varmistamiseksi tulee laboratoriossa usein määrittää mm. seuraavat perusominaisuudet:

- Vesipitoisuus
- Rakeisuus
- Hehkutushäviö
- Lujuus / Lujittumisominaisuudet
- Jäätymis-sulamiskestävyys
- Routivuus (routakäyttäytyminen)
- Vedenläpäisevyys
- Optimivesipitoisuus
- Maksimikuivairtoiheys

Perusominaisuuksien selvitystyön yhteydessä on usein mahdollista hyödyntää aiemmin tutkittua tietoa. Materiaalitutkimusten yhteydessä saadaan määritettyä myös rakentamista ohjaavaa tietoa ja raja-arvoja, kuten esimerkiksi tiivistystyölle asetettavat vaatimukset ja materiaalien vesipitoisuuden hyväksyttävä vaihteluväli. Esimerkkejä uusiomateriaalien rakentamiskäytön edellyttämistä teknisistä tutkimuksista on esitetty taulukkomuodossa liitteessä 4.

## 6.2 Massa- ja aumastabilointi

Heikkolaatuisten massojen stabilointiin valittava menetelmä ja toteutuksen sijainti tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Heikkolaatuiset massat on mahdollista stabiloida ja käyttää nykyisjännityksensä tai kaivaa ylös ja stabiloida uudella käyttökohteella. Menetelmän valintaan vaikuttaa käytettävä materiaali ja käyttötarkoitus.

Ennen kaivuutyötä tehtävän stabiloinnin avulla leikkumassat ovat helpommin käsiteltävissä ja kuljetettavissa, sekä niitä voidaan hyödyntää ja muotoilla heti käyttökohteelle tuottaessa. Usein pehmeät maa-ainekset, kuten esimerkiksi häiriintymisherkkä siltti ovat haasteellisia kuljetettavia ilman käsittelyä.

Heikkolaatuisten maamateriaalien ominaisuuksien parantamisen stabiloinnilla voi edesauttaa materiaalien kokonaisvaltaista hyödyntämistä myös E18 Naantali-Raisio hankkeella. Heikkolaatuisten maa-aineskerrosten olomuoto ja tarkka sijainti tulee selvittää maastossa kairausten ja näytteenoton avulla. Pohjatutkimukset on suoritettava riittävällä laajuudella laadunvaihtelun kartoittamiseksi.

Heikkolaatuisen maa-aineksen stabiloitavuutta tulee tutkia myös laboratoriossa stabiloitavuustutkimuksen avulla. Stabiloitavuustutkimuksessa materiaalin lujittumista tutkitaan eri sideaineyhdistelmien avulla. Tällä menettelytavalla saadaan optimoitua saavutettavat tekniset ominaisuudet sekä kustannukset. Stabiloitavuustutkimus on tarpeen tehdä sekä in-situ että ex-situ-menetelmissä. Heikkolaatuisen maa-aineksen sulfidipitoisuus ja sen edellyttämät toimenpiteet, kuten esimerkiksi neutralointi, tulee huomioida stabiloitavuustutkimuksessa.

## 6.3 Päälysrakenteen stabilointi

Päälysrakenteen eri kerroksien stabiloinnin soveltuvuus hankkeessa käytettäväksi menetelmäksi selvitetään hyvin vastaavilla tutkimusmenetelmillä, kuin edellisessä kappaleessa kuvatun massa- ja aumastabiloinnin soveltavuustutkimuksen tapauksessa. Päälysrakenteen stabilointi kohdistetaan yleensä kantavaan kerrokseen. Stabiloinnin runkoaineena voidaan käyttää joko uutta kiviainesta tai

esimerkiksi vanhasta tierakenteesta kierrätettävää materiaalia. Laboratoriotutkimuksia varten käytettävästä runkoaineesta, sekä uusiomateriaalista toimitetaan näytteet laboratorioon. Laboratoriossa selvitetään runkoainemateriaalille optimaalinen sideaineseos, jolla saavutetaan sekä teknisesti että taloudellisesti parhaat ominaisuudet. Tutkittavia ominaisuuksia ovat muun muassa lujittuminen ja pitkäaikaiskestävyys (esim. jäätymis-sulamiskestävyys).

Stabiloinnin avulla kantavan kerroksen materiaalimoduuli (E-moduuli) mitoituksen kannalta on usein huomattavasti suurempi, kuin sitomattomalla rakennekerroksella. Suuri E-moduuliarvo kasvattaa päällysrakenteen kantavuusominaisuutta. Rakennekerroksen suuri kantavuusominaisuus voi mahdollistaa ohuempien päällysrakennekerrosten rakentamisen.

#### 6.4 Kevennys- ja pengermateriaalikäyttö

Kun uusiomateriaaleja suunnitellaan käytettäväksi pengeri- ja kevennysmateriaaleina, tulee selvittää tiedot rakenteen painosta, kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta ja optimivesipitoisuudesta tiivistämistä varten. Mitoitusta varten tulee olla lisäksi tiedossa myös materiaalin lujuusparametrit (kitka ja koheesio). Tutkittujen materiaalien parametreina käytetään mitattujen arvojen varoisia keskiarvoja. Mikäli materiaalin edellä mainittuja tietoja ei ole tutkittu, tarvitaan tutkimukset niiden määrittämiseksi koerakentamisella ja soveltuvilla laboratoriokokeilla.

Meluvallit tai korkeat penkereet ovat erittäin soveltuvia massiivirakennekohteita tuhkien käytölle. Tuhkien käyttö soveltuu erityisen hyvin keventämistä tarvitseville osuuksille. Lisäksi esim. tuhkia ja kalkkituotteita on mahdollista hyödyntää heikkolaatuisten maa-ainesten parantamisessa/lujittamisessa käyttökelpoisiksi valli- ja pengerrakentamista varten.

Kevennys- ja pengerrakenteen suunnittelua ja rakentamista varten tuhkiasta on oltava tiedossa ainakin maksimikuivairtoisuus ja optimivesipitoisuus sekä mitoituspaino rakenteessa. Tuhkien tilavuuspaino vaihtelee tuhkalaaduittain ollen arviolta 12-16 kn/m<sup>3</sup>. Luonnonkiviainesten (hiekkamurske) tilavuuspainot vaihtelevat arviolta 16-22 kn/m<sup>3</sup>. Tuhkilla saavutettava tiiveysaste on käytännössä tavoitteellisesti 90...92 %. Materiaalimoduuli ja täytön/kevennyksen pintakerroksen kantavuus (E2) tulee selvittää ylempien kerrosten mitoitusta varten. Tarkempia tietoja löytyy mm. tuhkarakentamisen käsikirjasta [www.uuma2.fi](http://www.uuma2.fi).

Hankkeella syntyvistä hyvälaatuisista leikkausmassoista on suositeltavaa tutkia ainakin hiekan osalta ominaisuudet ja hyötykäyttömahdollisuudet esimerkiksi suodatinkerroskäyttöä ajatellen. Myös muiden hyvälaatuisien leikkausmassojen hyötykäyttömahdollisuudet pengeri-, valli- ja verhoilumateriaaleina tulee tarkastella. Olemassa olevien vanhojen parannettavien, korotettavien ja purettavien meluvallien materiaalit (maalajit) ja niiden ominaisuudet tulee selvittää, jotta voidaan varmistua kyseisten massojen hyödyntämismahdollisuuksista ja korotusten toteutustavoista.

#### 6.5 Laadunvarmistus

Uusiomateriaaleilla toteutettavassa rakentamisessa tulee noudattaa kutakin rakennetta varten laadittua työsuunnitelmaa, koska joidenkin rakenneratkaisujen kohdalla saatetaan tarvita poikkeavia rakennusmenetelmiä tai toimintatapoja eritoten työn alkuvaiheessa. Laadunvarmistusmenetelmät ovat pääpiirteittäin samoja, kuin perinteisillä materiaaleilla rakennettaessa, mutta joiltain osin laadunvarmistusta varten tehtävää seuranta tulee tehdä tavanomaista tiheämmin. Yleisesti uusiomateriaaleilla toteutettavassa rakentamisessa on tärkeää noudattaa suunniteltua vesipitoisuutta ja seurata sitä, sekä huolehtia rakennekerrosten huolellisesta tiivistämisestä ja tiivistystyön laadun seurannasta.

#### 6.6 Muita huomioitavia asioita

Uusiomateriaalien kustannuskilpailukykyyn vaikuttaa merkittävästi materiaalien kuljetusetäisyydet ja alueen kiviainestilanne. E18 suunnitteluhankkeen lähellä sijaitsevan Meyerin telakan läheisyyteen louhitaan parhaillaan uutta kaava-alueita. Alueella ollaan tulevaisuudessa käynnistämässä myös useita muita louhittavia alueita. Louhinnassa muodostuu runsaasti kalliomursketta, joka on mahdol-



lisesti saatavilla E18-hankkeen rakennuskäyttöön. Rakennushankkeen läheisyydestä saatava laadukas luonnonkiviaines laskee materiaalien kuljetuksista syntyviä kustannuksia.

Uusiomateriaalin (esim. tuhkan) hinta voi olla tehtaalla 0 euroa tai jopa negatiivinen, sillä usein materiaalitoimittajat ovat halukkaita toimittamaan materiaalia kuljetuskustannusten hinnalla työmaalle, koska materiaalien läjittäminen kaatopaikalle on erittäin kallista. Jätteenä kaatopaikalle toimitetun jätteen vero on vuoden 2016 alusta 70 eur/tonni. Uusiomateriaalien hankinnassa syntyy kustannuksia ainakin kuljetuksista sekä mahdollisesta varastoinnista ja sekoituksesta. Nämä tulee neuvotella ja sopia materiaalituottajan kanssa aina tapauskohtaisesti. Sopimus materiaalin toimituksesta tulee tehdä kirjallisesti ja siihen voidaan kirjata materiaalien saatavuus, -varastointi, -kuljetus, -aikataulu, -laatu yms. tietoja.

Valmiiksi tuotteistetuilla uusiomateriaaleilla on toimittajan määrittelemä hintataso tarvittavista määrästä ja kuljetusetäisyyksistä riippuen. Neuvottelut materiaalituottajan kanssa on käynnistettävä hyvissä ajoin ennen toteutukseen ryhtymistä materiaalien saatavuuden ja tarkempien määrien varmistamiseksi ja varastointitoimien aloittamiseksi. Materiaalien saatavuus ja käyttökohteiden yhteensovittaminen on huomioitava ja varmistettava osaltaan myös tarkemmassa rakennussuunniteluvaiheessa.

Useilla uusiomateriaaleilla on monipuolisia teknisiä ominaisuuksia, jotka voivat olla hyödynnettävissä monissa eri sovellutuksissa. Tällaisten materiaalien käytön osalta tulee tehdä arvio siitä, että missä rakenneratkaisussa materiaalin ominaisuudet ovat teknistaloudellisesta näkökulmasta katsoen parhaiten hyödynnettävissä. Kun samaa uusiomateriaalia käytetään useassa eri rakenneratkaisussa, tulee huolehtia materiaalin saatavuudesta ja riittävydestä. E18 Raisio-Naantali hankkeen eri osioiden rakentamisaikataulua koskevat asiat, sekä uusiomateriaalien käytön ja saatavuuden yhteensovittaminen on varmistettava hyvissä ajoin.

## 6.7 Ympäristölupa-asiat

Uusiomateriaalien ympäristökelpoisuus maarakennuskäytön kannalta tulee selvittää ennen niiden käyttöä rakentamisessa. Uusiomateriaalien hyödyntäminen voi onnistua MARA-ilmoitusmenettelyllä (Valtioneuvoston asetus 591/2006, 403/2009), mikäli materiaalien sisältämien haitta-aineiden liukoisuudet eivät ylitä asetuksessa ilmoitettuja raja-arvoja. Mikäli haitta-aineiden liukoisuudet ylittävät raja-arvot, tulee materiaalin hyötykäyttöä varten hakea ympäristölupa (ympäristönsuojelulaki (527/2014)). MARA – ilmoitusmenettely on ympäristölupaprosessia nopeampi menettelytapa. Taulukossa 3 on esitetty kaaviomuodossa jätteen hyödyntämisen ympäristölupamenettelyt eri tapauksissa.

**Taulukko 3. Infrarakentamisessa hyödynnettävien jätteiden lupaprosessit.**

MARA-asetus	Jätteen määrä	Viranomainen	Menettelytapa	Käsittelyaika
Täyttyy	Ei rajoitusta	ELY-Keskus	Ilmoitusmenettely	≤ 1 kk
Ei täyty	< 10 000 tn/a	Kunnan ympäristöviranomainen	Ympäristölupa	> 4 kk
			Koetoimintailmoitus	> 1 kk
			Rekisteröinti	> 1 kk
Ei täyty	≥ 10 000 tn/a	Aluehallintoviranomainen	Ympäristölupa	> 10 kk
			Koetoimintailmoitus	> 1 kk

Käytännön kokemukset ovat osoittaneet, että lupien käsittelyajat ovat olleet kaupungeissa noin 2-5 kk ja Aluehallintovirastossa yli 1 vuosi. Näin ollen ympäristölupaprosessin käynnistäminen on tarpeen aloittaa hyvissä ajoin. Ympäristöluvat materiaalien hyötykäytölle on järkevää hakea ennakkoivasti, vaikka ei varmuudella tiedettäisikään tullaanko kyseessä olevia materiaaleja käyttämään hankkeessa. Rakentamisessa käytettävän uusiomateriaalin tulee vastata ympäristölupahakemuksessa ilmoitettua materiaalia.

## 7. TIIVISTELMÄ

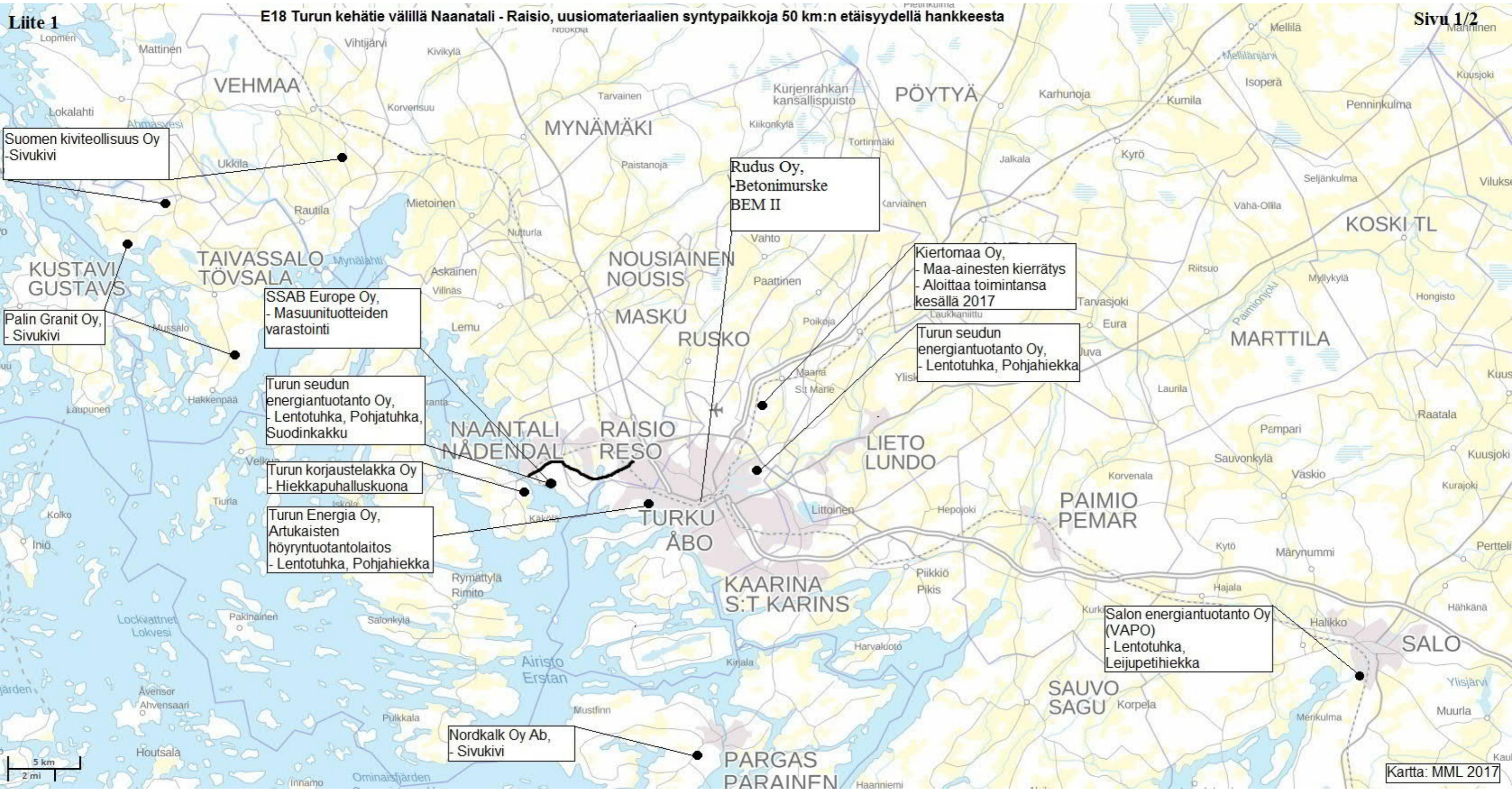
E18 Turun kehätie välillä Naantali – Raisio hankkeen läheisyydessä muodostuu monipuolinen joukko erilaisia uusiomateriaaleja ja teollisuuden sivutuotteita, joiden hyötykäyttöä maarakentamisessa on tutkittu vaihtelevasti. Teollisuuden sivutuotteiden osalta erilaiset tuhkat ovat varsin potentiaalisia vaihtoehtoja hankkeessa käytettäväksi sekä massiivirakenteena, että mahdollisten stabilointi- ja ratkaisuiden sideaineseoksissa. Selvityksessä tehdyn esimerkkirakennetta koskevan tarkastelun perusteella hyvistä lämmöneristävyysominaisuuksista ja alhaisista hankintakustannuksista johtuen tuhkia käyttämällä voidaan säästää rakennuskustannuksissa.

Noin 50 kilometrin etäisyydellä E18 NaRa-hankkeelta sijaitsee rakennuskivilouhimoita, joissa muodostuu vuosittain valtavia määriä sivukiveä. Sivukiven hyödyntämisen osalta tulee kysymykseen kuitenkin hankkeen suunnittelun edetessä tarkentuva massatalous, sekä sivukiven jalostuskustannukset luonnonkiviainekseen nähden. Sivukiven hyödyntäminen E18 Naantali – Raisio rakennushankkeen materiaalina ei näyttäisi tämän selvityksen teon yhteydessä olevan taloudellisesti perusteltua, koska E18-hankkeen läheisyydessä suoritetaan parhaillaan uusien kaava-alueiden louhintatöitä. Louhintatöissä syntyy kalliomursketta, joka voi olla käytettävissä E18 – hankkeen rakentamisessa.

Turun ja Raision talousalueella on käynnistymässä infarakentamisen materiaalien kierrätykseen erikoistuvaa liiketoimintaa. Materiaalien kierrättämiseen erikoistuva liiketoiminta voi tarjota tilaa mahdollisuuksia kaupunkiympäristöön sijoittuvalla rakennushankkeella tarvittavien ja syntyvien materiaalien kierrättämiseen ja jalostamiseen. Hankkeen rakennusvaihetta varten tehtävän uusiomateriaalikartoituksen yhteydessä on tärkeää toimia yhteistyössä kierrätysasioihin erikoistuneiden toimijoiden kanssa, sekä jakaa tietoa Varsinais-Suomen liiton uusiomateriaalihankkeen kanssa.

E18 hankkeen taitorakenteet ja olemassa olevan raskaasti kuormitetun pääväylän leventäminen edellyttää vaihtoehtoisten materiaalien käytön yksityiskohtaista ja tarkkaa suunnittelua. Hankealueella sijaitsevat tulvariskialueet, sekä savipehmeikkö-osuuksien mahdollisen sulfidisaven esiintymisen rajoittavat tavanomaisten uusiomateriaalirakenteiden ja rakenneratkaisujen käytön soveltuvuutta hankkeella. Hankkeen eri parantamisvaihtoehdot sisältävät uusien maanteiden ja kevyen liikenteen väylien rakentamista, joissa tulevat kysymykseen vaihtoehtoisten rakennusmateriaalien kuten tuhkien ja betonimurskeen monipuolisten ominaisuuksien hyödyntäminen.

E18 Turun kehätie välillä Naanatali - Raisio, uusiomateriaalien syntypaikkoja 50 km:n etäisyydellä hankkeesta



Suomen kiviteollisuus Oy  
- Sivukivi

Palin Granit Oy,  
- Sivukivi

SSAB Europe Oy,  
- Masuunituotteiden  
varastointi

Turun seudun  
energiantuotanto Oy,  
- Lentotuhka, Pohjatuhka,  
Suodinkakku

Turun korjaustelakka Oy  
- Hiekkapuhalluskuona

Turun Energia Oy,  
Artukaisten  
höyryntuotantolaitos  
- Lentotuhka, Pohjahiekka

Nordkalk Oy Ab,  
- Sivukivi

Rudus Oy,  
- Betonimurske  
BEM II

Kiertomaa Oy,  
- Maa-ainesten kierrätys  
- Aloittaa toimintansa  
kesällä 2017

Turun seudun  
energiantuotanto Oy,  
- Lentotuhka, Pohjahiekka

Salon energiantuotanto Oy  
(VAPO)  
- Lentotuhka,  
Leijupetihiekka

LIITE 1. Uusiomateriaaleja ja tuotantolaitoksia pääasiassa 50 km etäisyydellä kohteesta

Sivu 2/2

E18 Turun kehätie, Naantali Raisio. Uusiomateriaalien hyödyntämismahdollisuudet rakentamisen yhteydessä, tuotantolaitoksia ja materiaaleja 50 km etäisyydellä. Taulukko tarkoitettu vain hankkeen suunnittelukäyttöön.

Tuotantolaitos	Sivutuote / Materiaali	Raaka-aine	MARA/MASA *	Ympäristölupa *	Syntymäärä - [ t / vuosi ]	Varastotilanne/varastointimahdollisuudet laitoksella (ja purku kuiva/kosteaa/haluttu vesipitoisuus)	Arvio saatavuudesta 2017-2021 + muita tietoja	Etäisyys -		Koordinaatit ETRS-TM35FIN	
			5 / 2017 voimassa olevan MARA- / MASA-asetuksen ja ympäristölupakäytännön mukaisesti					Raisioon	Naantaliin	N	E
Turun Seudun Energiatuotanto Oy, Naantali NA CHP 2-4	Lentotuhka	Puhdas kivihiili	päällystetty		Tällä hetkellä ~15 000, jatko ei vielä tarkkaan tiedossa (uuden laitoksen avaamisen vuoksi)	Kosteaa välivarastossa n. 10 000 t	Menee tällä hetkellä pääosin betoneitoisuuteen, kenties mahdollista neuvotella jotain hankkeen käyttöön	10	2	6712541,36	228219,965
	Pohjatuhka		peitetty + päällystetty		6 000		Ei vielä korvamerkittyä mihinkään				
	Suodinkakku	Rikinpoistolaitoksen jäteveden puhdistuksessa syntyvä kuivattu liete			2 000						
	Lentotuhka	Kivihiili + biomassa	Tullee olemaan pääosin Mara-kelpoista		alustava arvio 30 000	Tuotanto käynnistyy kesällä 2017, purku onnistuu kuivana ja kostutettuna	Ei vielä korvamerkittyä mihinkään				
	Pohjahiekka		peitetty + päällystetty		alustava arvio 5 000	Tuotanto käynnistyy kesällä 2017	Ei vielä korvamerkittyä mihinkään				
Turun Seudun Energiatuotanto Oy, Oriketo (Turku)	Lentotuhka	Biopolttoaineet	Mara		1 000...2 000	Purku onnistuu kuivana ja kostutettuna, olematon varastointimahdollisuus	1 000...2 000 t/a, ei pitkäaikaista korvamerkintää	10	20	6713560,77	242788,108
	Pohjahiekka		Mara		200	Varastoituna arviolta muutamia tuhansia tonneja	Ei pitkäaikaista korvamerkintää				
Salon energiantuotanto Oy (VAPO Oy)	Lentotuhka	Puu, turve			3 000			60	70	6699417,7	285744,11
	Leijupetihiekka				900	Laitoksella välivarastointilupa, tällä hetkellä tuhkia varastoituna taivasalla noin 13 000 t. Purku ei onnistu kuivana, laitoksella kostutin (tarkkuus ?).	Toistaiseksi tuhille ei ole korvamerkittyä käyttöä, mutta mahdollisuuksia ja hyötykäyttökohteita selvitetään koko ajan. Mahdollisesti saatavilla tähän hankkeeseen.				
	Lentotuhka	Kivihiili			600						
Turku Energia Oy, Artukaisten höyryntuotantolaitos	Lentotuhka	Metsähake	Mara		500...1 000	Tuotanto käynnistyy keväällä/kesällä 2018. Purku onnistuu kuivana ja kostutettuna, olematon varastointimahdollisuus.	Hyötykäyttöön metsäpuolelle. Neuvoteltavissa?	5	12	Ei tarkkaa tietoa, Artukaisten alue - 6711519,092	Ei tarkkaa tietoa, Artukaisten alue - 235553,013
	Pohjahiekka		Mara		500...1 000	Tuotanto käynnistyy keväällä/kesällä 2018.	Ei korvamerkintää				
Suomen Kiviteollisuus Oy, Vehmaan louhimot	Sivukivi	Graniitin (Balmoral red) louhinta			42 000...56 000 (15 000...20 000 m3)	Sivukiveä varastoituneena useita satoja tuhansia kuutioita, "raekoko" todella karkea (useamman kuutiometrin kokoisia kappaleita) eli vaatii rammerointia, ns. valmista tavaraa ei juurikaan ole. Vehmaan louhimoiden murskauksesta huolehtii tällä hetkellä alirakoitsija Fjäder Group.		35	35	6735829,45	213464,761
Suomen Kiviteollisuus Oy, Taivassalon louhimot	Sivukivi	Graniitin (Balmoral red) louhinta				Vehmaan louhimot logistisesti lähempänä kohdetta, Taivassalon/Ugin määrät vielä suurempia kuin Vehmaalla.		50	50	6732542,81	200636,572
Nordkalk Oy Ab	Sivukivi (Murskeet, sepellit)	Kalkkikiven louhinta			750 000	Päätöksen eli kalkkikiven louhinnan yhteydessä syntyy kiviaineksia, joista valmistetaan murskeita ja sepeliä useisiin eri raekokoihin ja käyttötarkoituksiin, kuten tie- ja piharakenteiden rakennekerroksiin sekä asfaltin ja betonin kiviaineksi. Kovempaa III-luokan kiviainesta pystyvät murskaamaan määrällisesti 500 000 t ja heikompi (LA 40-45) 250 000 t vuodessa.		35	40	6692630,78	239379,813
	Kalkkikivi	Kalkkikiven louhinta				Kalkkikiven louhinnassa syntyvän kalkkipitoisen sivukiven neutralointiominaisuuden hyödyntäminen kannattaa huomioida E18-hankkeen hulevesijärjestelmien laskeutusaltaiden rakenteissa. Kalkkikivellä saadaan kohotettua potentiaalisten happamien hulevesien pH-arvoa.					
	Suodinpöly	Kalkin tuotanto			1 000...1 500						
	Kalkki (Tuote)	Kalkkikivi				Kalkkia voidaan käyttää stabiloinnissa sideaineena					
Palin Granit Oy	Sivukivi	Graniitin (Balmoral red) louhinta						50	50	6729706,02	198159,492
	Sivukivi	Graniitin (Esko Brown) louhinta						50	50	6722023,35	205861,204
Kiertomaa Oy	Kiviaines (kalliomurske)	Neitseellisen kiviaineksen louhinta						10	20	6718214,58	242768,169
	Maa-aines	Uudet ja kierrätetyt maa-ainekset				Kiertomaa Oy aloittaa toimintansa keväällä/kesällä 2017, "toimii Turun talousalueen infrarakentamisen materiaaliressurssien välittäjänä ottaen huomioon kestävän kehityksen sekä kiertotalouden ajatukset". Alkuun alueella neitseellisen kiviaineksen louhintaa ja fraktiointia lisätään/kenttäalueiden muodostamiseksi, minkä jälkeen alkaa laajemmalla mittakaavassa muidenkin maa-ainesten vastaanotto ja kierrätys.					
	Multa	Uudet ja kierrätetyt maa-ainekset									
V8, Raision yritysalue	Kivi- ja maa-ainekset					Vt8:n varrelle tulossa 110 hehtaarin yritysalue, jonka muodostamisen yhteydessä alueen kalliota louhitaan ja täältä saattaa olla mahdollista hankkia E18-hankkeelle kivi- ja maa-aineksia. Lisäksi V8-alueen esirakentamisessa saattaa olla mahdollista hyödyntää uusiomateriaaleja ja tavoitteena on myöhemässä vaiheessa harjoittaa alueella kierrätystoimintaa. Näin ollen uusiomateriaalien välivarastointi- ja sekoitusmahdollisuudet alueella kannattaa selvittää.					
Turun Satama	Sedimentti	Ruoppausmassat			100 000, kausittaista			-	-	-	-
Turun korjaustelakka Oy / Turku Repair Yard	Hiekkapuhalluskuori	Laivojen suihkupuhallus			2 000	Boliden Harjavallan hiekkapuhalluskuonaa, rakeisuudeltaan lähellä hiekkää, käytetty bentoniitin kanssa kaatopaikan tiivistyskerroksessa.		12	2	6711910,1	226492,12
SSAB Europe Oy	Maasunituotteet	Masuunihiekka	CE-merkitty			Varastointi Naantalissa	Tuote rahdataan meriteitse Raahesta. Saatavuus varmistettava hyvissä ajoin.	10	0		
Rudus Oy, Turun seutu	Betonimurske, Betoroc BEM II 0/45 mm ja 0/90 mm	Purkubetoni	CE-merkitty	CE-merkitty	30 000-50 000	Varastoituna tällä hetkellä noin 60 000 t	Ei vielä korvamerkittyä mihinkään	-	-	-	-

LIITE 2. Uusiomateriaalien teknisiä tietoja

E18 Turun kehätie, Naantali - Raisio. Suuntaa antavia lähtötietoja uusiomateriaalien ominaisuuksista ja arvioita käyttömahdollisuuksista. Taulukko tarkoitettu vain hankkeen suunnittelukäyttöön. (Huom! Materiaalien ominaisuudet, etenkin tuhkillä, saattavat vaihdella tuotantoajankohdan mukaan tai mahdollisten prosessimuutosten vuoksi! Ominaisuudet on joka tapauksessa suositeltavaa tai välttämätöntä tarkistaa rakentamisessa käytettäviä näyte-eriä tutkimalla!)

Tuotantolaitos	Sivutuote	Mahdollisia sovellutuksia tekniseltä kannalta (tietyn edellytyksin), arvioitu "arvostelu/luokittelu" suuntaa antavasti keskinäisesti								Kokemukset mahdollisista käytännön toteutuksista maarakentamisessa	Teknisiä ominaisuuksia, täydennetään, mikäli olemassa olevia tutkittuja tietoja vielä löytyy/saadaan kerättyä (suluissa punaisella olevat arvot/ominaisuudet ovat tuhkakasikirjasta poimittuja suuntaa antavia viitteitä ja karkeasti arvioiden tyypillisiä tunteita)													Arvio jauhatuksen vaikutuksesta materiaalin sideainekäyttö-ominaisuuksiin		
		Massiivirakenne	Stabiloinnin sideaine		Kevennysmateriaali	Routaeriste	Suodatinkerros	Käyttövedellä kyllästetyssä olosuhteissa	Penger-/täyttö		Tutkittu era, ajankohta	Tiheys [kg/m³]			Rakeisuus	Kittakulma (lujittumaton/lujittunut)	Lämmönjohtavuus [W/mK] (sulaja/jäätyneenä)	Itselujittumisominaisuus	Segregaatiopotentiaali [mm²/Kh]	Jäätymis-sulamiskestävyys	Vedenläpäisevyys [m/s]	Kapillaarinen nousukorkeus [m]	pH		Akt. kalkki	
			Pehmeät	Kerros								irto	rakenne, märkä	max kuiva												
Turun Seudun energiatuotanto Oy, Naantali NA CHP 2-4	Lentotuhka (Kivihilli)	++	++	++	++	++		(--)	+++			(1300-1500)	(1100-1400)	(0,002-0,1 mm / siltti)	(28-36 / 49-77)	(0,4-0,6 / 0,8)	+	(0,05-5)		(10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-6</sup> )						
	Pohjatuuhka	++			+	+	+++	(--)	+++			(1250-1800)	(1000-1500)	(0,002-0,16 hiekka)	(39-53)	(0,9)		(<0,2)		(10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-5</sup> )						
	Suodinkakku									Edellyttää ominaisuuksien tutkimista																
	Lentotuhka (Kivihilli+biomassa)	++	++	++	++	++			(--)	+++			(1300-1500)	(1100-1400)	(0,002-0,1 mm / siltti)	(28-36 / 49-77)	(0,4-0,6 / 0,8)	+	(0,05-5)		(10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-6</sup> )					
	Pohjahiekka	++			+	+	+++			+++			(1250-1800)	(1000-1500)	(0,002-0,16 hiekka)	(39-53)	(0,9)		(<0,2)		(10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-5</sup> )					
Turun Seudun Energiatuotanto Oy, Oriketo	Lentotuhka (Biopolttoaineet)	++	++	++	++	++			+++			(1300-1500)	(1100-1400)	(0,002-0,1 mm / siltti)	(28-36 / 49-77)	(0,4-0,6 / 0,8)	+	(0,05-5)		(10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-6</sup> )						
	Pohjahiekka	++			+	+	+++		+++			(1250-1800)	(1000-1500)	(0,002-0,16 hiekka)	(39-53)	(0,9)		(<0,2)		(10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-5</sup> )						
Salon energiantuotanto Oy (VAPO Oy)	Lentotuhka (puu, turve)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)			+++			(1300-1500)	(1100-1400)	(0,002-0,1 mm / siltti)	(28-36 / 49-77)	(0,4-0,6 / 0,8)	+	(0,05-5)		(10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-6</sup> )						
	Leijupetihiekka	++			+	+	+++		+++			(1250-1800)	(1000-1500)	(0,002-0,16 hiekka)	(39-53)	(0,9)		(<0,2)		(10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-5</sup> )						
	Lentotuhka (kivihilli)	++	++	++	++	++			+++			(1300-1500)	(1100-1400)	(0,002-0,1 mm / siltti)	(28-36 / 49-77)	(0,4-0,6 / 0,8)	+	(0,05-5)		(10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-6</sup> )						
Turku Energia Oy, Artukaisten Höyryntuotantolaitos	Lentotuhka (Metsähake)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)			+++			(1300-1500)	(1100-1400)	(0,002-0,1 mm / siltti)	(28-36 / 49-77)	(0,4-0,6 / 0,8)	+	(0,05-5)		(10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-6</sup> )						
	Pohjahiekka	++			+	+	+++		+++			(1250-1800)	(1000-1500)	(0,002-0,16 hiekka)	(39-53)	(0,9)		(<0,2)		(10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-5</sup> )						
Suomen kiviteollisuus Oy	Sivukivet	++			(-)	(-)	(-)	(+)	(+)																	
Nordkalk Oy Ab	Sivukivet, murskeet ja sepeli	++			(-)	(-)	(-)	(+)	(+)																	
Palin Granit Oy	Sivukivet	++			(-)	(-)	(-)	(+)	(+)																	
Kiertomaa Oy	Kiviaines (kalliomurske)	++			(-)	(-)	(-)	(+)	(+)																	
	Maa-aines							+	+																	
	Multa																									
Turun satama	Ruoppausmassa, sedimentti	(+)			-	-	-		+																	
Turun korjausetiakka Oy /Turku Repair Yard Ltd.	Hiekkapuhalluskuona									Edellyttää ominaisuuksien tutkimista																
SSAB Europe Oy	Masuunituotteet		++	++	++	++	++	++	++	CE-merkitty tuote																
Rudus Oy	Betonimurske Betoroc BEM II 0/45 mm ja 0/90 mm	++			(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	CE-merkitty tuote			1930..2100													Routimat.

+++ Hyvä  
 ++ Melko hyvä  
 + Kohtalainen  
 Tyhjä ruutu = ei tiedossa/ei arvioitavissa

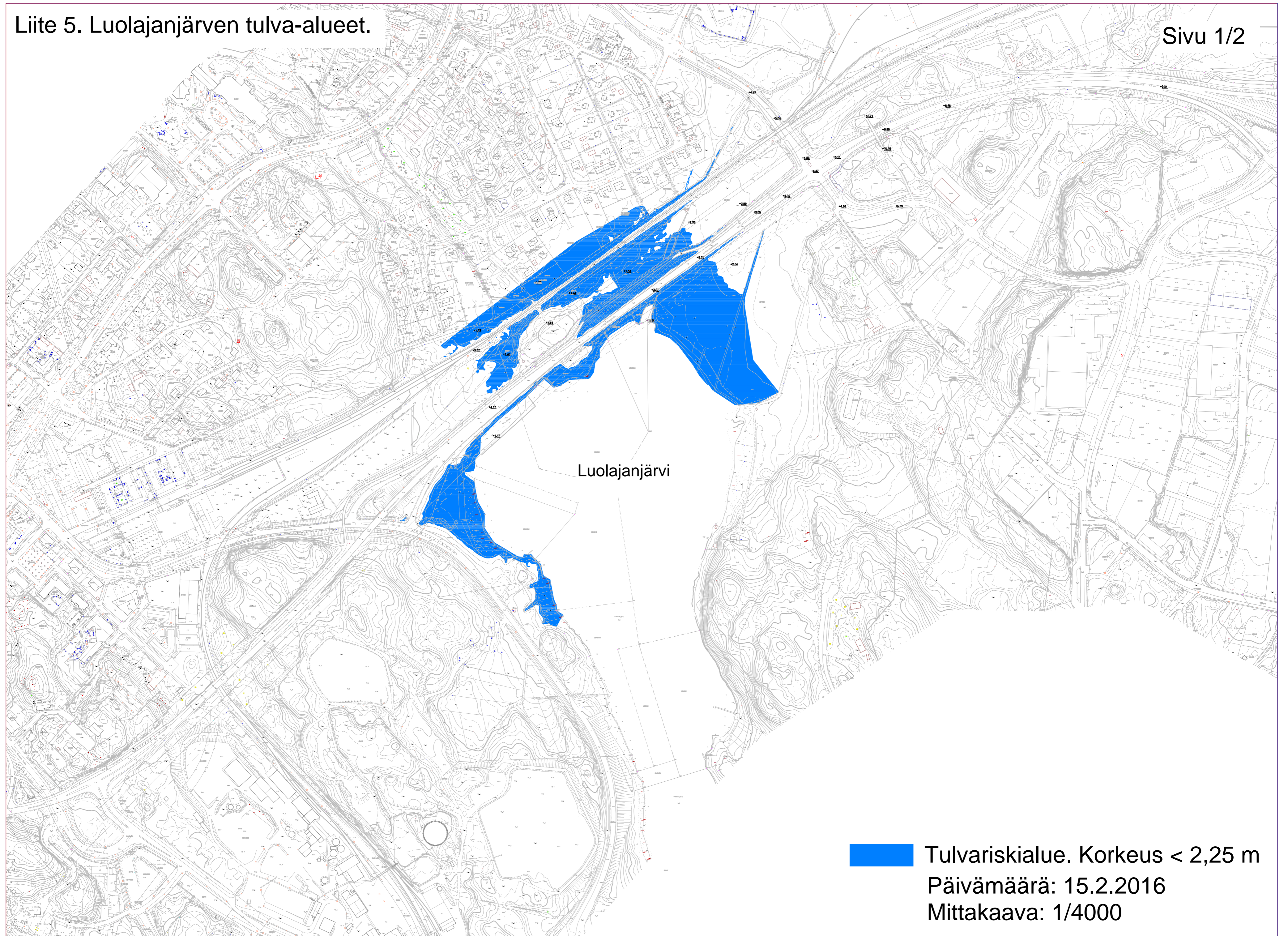
\* Betonimurksen teknisiin ominaisuuksiin vaikuttavat raaka-aineen ominaisuudet. Rakentamisessa käytettävän betonimurksen laatu tulee selvittää.


Liite 3. Uusiomateriaalien käyttömahdollisuuden arvio  
E18 Naantali - Raisio

Alue/ Kohde	Väylä	Paaluväli	Pituus	materiaalimäärä	Suunniteltu rakenne	Vaihtoehtoinen ratkaisu UUMA- materiaaleilla	Mahdollinen uusiomateriaalin paksuus/määrä	HUOM
<b>E18 Kehätie</b>								
M1/E18 PLV 0-3200	E18	0	3200	3200	Sitomattomat rakennekerrokset: 20 000 m3			
E18 PLV 3200-8700	E18	3200	8700	5500	Sitomattomat rakennekerrokset: 150 000 m3			
<b>Eritasoliittymät</b>								
E1_R1				669	Kantava kerros 1	Betonimurske		
				1242	Jakava kerros 1	Lentotuhka		
				1733	Suodatinkerros	Pohjatuhka, Leijupetihiekka,	Riippuu käytettävistä materiaaleista ja niiden ominaisuuksista (kantavuus ja eristävyys)	Mitoitettava erikseen, Tuhkalle ympäristölupa
				1553	Täyttö	Sivukivi, leikkausmassat, stabiloidut massat		
E1_R2				193	Kantava kerros 1	Betonimurske		
				368	Jakava kerros 1	Lentotuhka		
				527	Suodatinkerros	Pohjatuhka, Leijupetihiekka,		
				134	Täyttö	Sivukivi, leikkausmassat, stabiloidut massat		
E1_R3				508	Kantava kerros 1	Betonimurske		
				952	Jakava kerros 1	Lentotuhka		
				1409	Suodatinkerros	Pohjatuhka, Leijupetihiekka,		
				4872	Täyttö	Sivukivi, leikkausmassat, stabiloidut massat		
E1_R4				192	Kantava kerros 1	Betonimurske		
				346	Jakava kerros 1	Lentotuhka		
				498	Suodatinkerros	Pohjatuhka, Leijupetihiekka,		
				1339	Täyttö	Sivukivi, leikkausmassat, stabiloidut massat		
<b>Kevyen liikenteen väylät</b>								
J1 E1-E2				2926	Kantava kerros 1	Sivukivi, Betonimurske		
				5683	Jakava kerros 1	Sivukivi, leikkausmassat stabiloituna, Lentotuhka		
				8917	Suodatinkerros	Pohjatuhka, Leijupetihiekka		
				12759	Täyttö	Leikkausmassat, stabiloidut ylijäämämaat		
E2-E3				3512	Kantava kerros 1	Sivukivi, Betonimurske		
				6448	Jakava kerros 1	Sivukivi, leikkausmassat stabiloituna, Lentotuhka		
				10636	Suodatinkerros	Pohjatuhka, Leijupetihiekka		
				6730	Täyttö	Leikkausmassat, stabiloidut ylijäämämaat		
E2-E6				4201	Kantava kerros 1	Sivukivi, Betonimurske		
				8186	Jakava kerros 1	Sivukivi, leikkausmassat stabiloituna, Lentotuhka		
				12845	Suodatinkerros	Pohjatuhka, Leijupetihiekka		
				10886	Täyttö	Leikkausmassat, stabiloidut ylijäämämaat		
<b>Muut tiet ja kadut</b>								
K5 Rinnakkaiskatu				7417	Kantava kerros 1	Betonimurske, Kantavan kerroksen stabilointi	Riippuu käytettävistä materiaaleista ja niiden ominaisuuksista (kantavuus ja eristävyys), mitoitettava erikseen	Tuhkilla saatavat kantavuudet vaihtelevat suuresti, jopa 50 - 600 MPa. Hyödynnettävät tuhkat tutkittava erikseen, kantavuus paranee lisäaineistuksella.
				12 837	Jakava kerros 1	Lentotuhka		
				16 198	Suodatinkerros	Pohjatuhka, Leijupetihiekka		
				18095	Täyttö	Leikkausmassat, stabiloidut ylijäämämaat		
K9				1 410	Kantava kerros 1	Betonimurske, Kantavan kerroksen stabilointi		Tuhkilla saatavat kantavuudet vaihtelevat suuresti, jopa 50 - 600 MPa. Hyödynnettävät tuhkat tutkittava erikseen, kantavuus
				2 457	Jakava kerros 1	Lentotuhka		
				2 946	Suodatinkerros	Pohjatuhka, Leijupetihiekka		
				6 066	Täyttö	Leikkausmassat, stabiloidut ylijäämämaat		
K10				810	Kantava kerros 1	Betonimurske, Kantavan kerroksen stabilointi		Tuhkilla saatavat kantavuudet vaihtelevat suuresti, jopa 50 - 600 MPa. Hyödynnettävät tuhkat tutkittava erikseen, kantavuus
				1374	Jakava kerros 1	Lentotuhka		
				1666	Suodatinkerros	Pohjatuhka, Leijupetihiekka		
				3527	Täyttö	Leikkausmassat, stabiloidut ylijäämämaat		
<b>Rataosuudet</b>								
				5876	Tukikerros1			
				5788	Valikerros1			
				20169	Valikerros2			
<b>Pohjanvahvistukset</b>								
Massanvaihto					Massanvaihdon kaivu	Massastabilointi tuhkapohjaisella sideaineseoksella		
Stabilointi					Massastabilointi	Stabilointi tuhkapohjaisella sideaineseoksella		

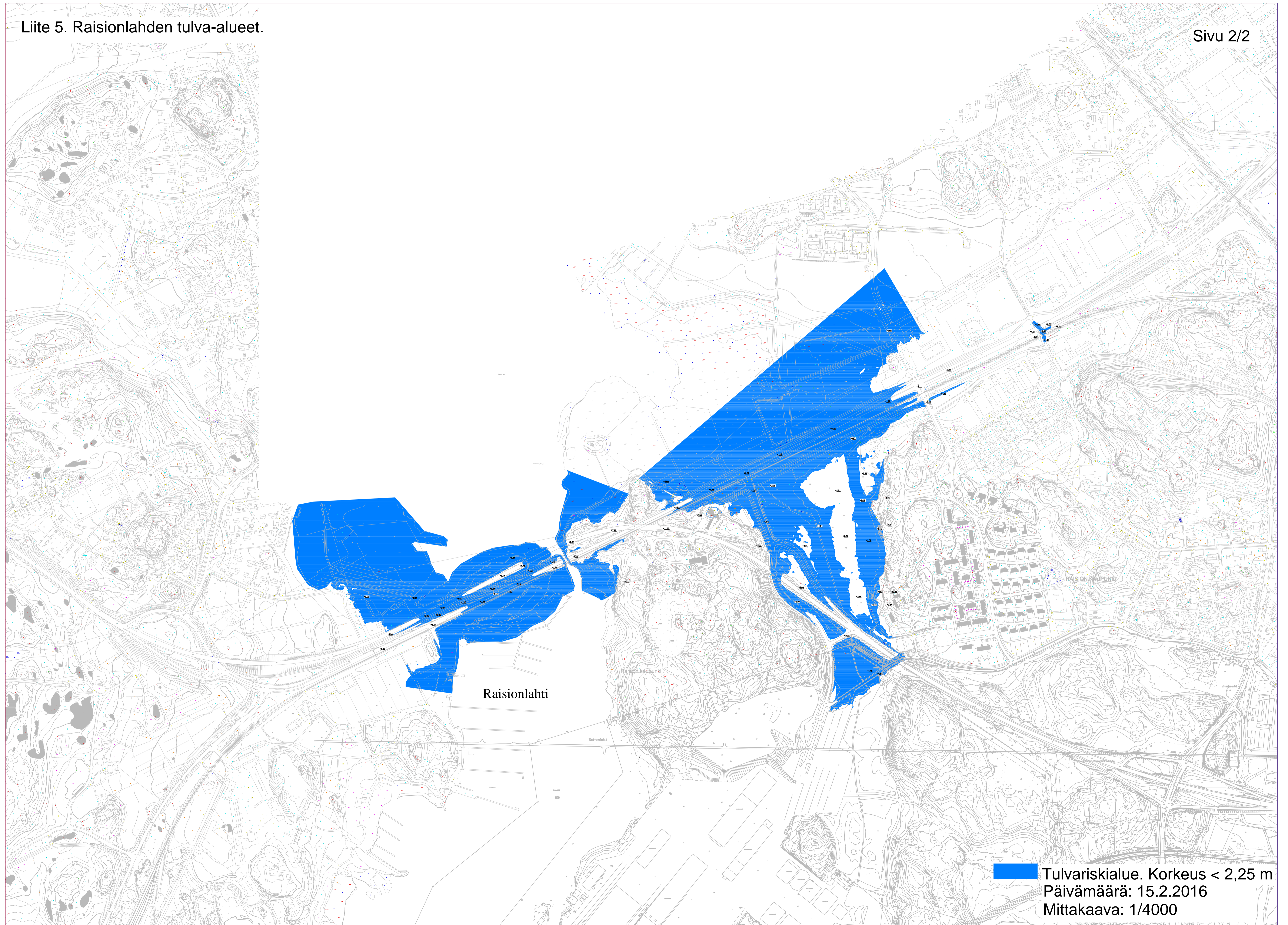
Liite 4. Esimerkkejä uusiomateriaalien rakentamiskäytön edellyttämistä tutkimuksista

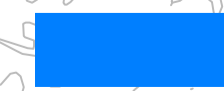
Esimerkkejä uusiomateriaalien rakentamiskäytön edellyttämistä tutkimuksista				
Huomi! Kaikki eivät välttämättä ole pakollisia kohteesta, käyttötarkoituksesta tai jo olemassa olevista tiedoista (esim. materiaalituottajilta saatavat tiedot) riippuen.				
Käyttötapa/ käsitteltävä aines	Stabilointi		Massiivirakenne	
	Pehmeät maa-ainekset (savi, siltti, lieju, turve, ruoppausmassat)	Karkeat maa-ainekset, vanhat tierakennemateriaalit/päällysrakenteen stabilointi	Routaeristävä, keventävä, kuivattava tai muutoin luonnonmateriaaleja säästävä massiivirakenne uusiomateriaaleista	Betonimurske / Sivukivimateriaali
Työ- /sekoitusmenetelmä	- Massastabilointi - Aumastabilointi - Seulamurskainkauha - Pilaristabilointi	Päällysrakenteen stabilointi, jyrsinsekoitus	Monia työ- ja käyttötapoja	Murskaus mobiilimurskauslaitteiston avulla
Sovellutus	Esim. - Pohjamaan stabilointi (esim. massanvaihdon sijaan) - Allas-/täyttömassojen stabilointi - Meluvallit - Penkereet ja luiskat	Esim. - Vanhojen tai uusien tie-, katu-, KLV- ja kenttärakenteiden kantava kerros	Esim. - Tie-, katu-, KLV- tai kenttärakenteessa eristävä ja-/tai keventävä rakennekerros - Suodatinkerros - Meluvallit - Penkereet ja luiskat	- Tie-, katu-, KLV- tai kenttärakenteessa kantava rakennekerros
Maasto: Pohjatutkimukset yms.	Kairaukset, mm. - maakerrosten rajat ja ominaisuudet • lujuusominaisuudet (yleensä siipikaira) • näytteenotto • pohjavesimittaukset	Nykytilanteen kartoitus - näytteenotto käytettäväksi suunnitellusta vanhasta tai uudesta murskeesta/sorasta - tarvittaessa alapuolisten rakenne-/maakerrosten rajat ja ominaisuudet	Kairaukset, mm. - tarvittaessa maakerrosten rajat ja ominaisuudet • lujuusominaisuudet (yleensä siipikaira) • näytteenotto • pohjavesimittaukset	Käyttökohteen rakenteen mitoitus • materiaalimoduuli • pintakerroksen kantavuus ylempien kerrosten mitoitusta varten
Laboratorio: Maa-ainesten ja uusiomateriaalien indeksiominaisuudet	- geotekniset perusominaisuudet, mm. • vesipitoisuus • humuspitoisuus • rakeisuus • tiheys • hienousluku (tarvittaessa)  - kemialliset ominaisuudet, tarvittaessa harkinnan mukaan mm.: pH, sulfidipitoisuus, kloridi	- käytettäväksi suunnitellun vanhan tai uuden murskeen/soran geotekniset perusominaisuudet, mm. • vesipitoisuus • rakeisuus - tarvittaessa harkinnan mukaan Proctor-koee • optimivesipitoisuus • maksimikuivairtoiheys	- geotekniset perusominaisuudet, mm. • vesipitoisuus • humuspitoisuus • rakeisuus • pH  - Proctor-koee • optimivesipitoisuus • maksimikuivairtoiheys	- geotekniset perusominaisuudet, mm. • rakeisuus  - Proctor-koee • optimivesipitoisuus • maksimikuivairtoiheys
Laboratorio: Stabiloituvuus- tutkimukset / muut tarkentavat tutkimukset	- sideaineseosvaihtoehtojen selvittäminen • optimisideaineseoksen määrittäminen - sideainemäärän vaikutus lujittumiseen • saavutettava puristuslujuus • aikalujittuminen • lujittumisajan kokoonpuristuma (esikuormitettaessa) - materiaalien laatuvahtelujen vaikutus (esim. vesipitoisuuden vaihtelu) - olosuhdetekijöiden vaikutus (esim. lämpötila) - vaatimukset työn toteutukselle - tarvittaessa ympäristötutkimukset	- sideaineseosvaihtoehtojen selvittäminen • optimisideaineseoksen määrittäminen - sideainemäärän vaikutus lujittumiseen • saavutettava puristuslujuus • aikalujittuminen - Proctor-koee • optimivesipitoisuus • maksimikuivairtoiheys - tiivistymisominaisuudet - pitkäaikaiskestävyys • jäätymis-sulamiskestävyys • routivuus - materiaalien laatuvahtelujen vaikutus (esim. vesipitoisuuden vaihtelu) - vaatimukset työn toteutukselle - tarvittaessa ympäristötutkimukset	Tarvittavilta osin esim. - seosaineilla optimiseossuhteet • mahdollisesti tarvittavan sideaineen (ja sen määrän) selvittäminen • tiivistymisominaisuudet • saavutettava puristuslujuus • aikalujittuminen • routivuus (segregaatiopotentiaali) • jäätymis-sulamiskestävyys • vedenläpäisevyys • lämmönjohtavuus • kapillaarinen nousukorkeus - materiaalien laatuvahtelujen vaikutus (esim. vesipitoisuuden vaihtelu) - vaatimukset työn toteutukselle - tarvittaessa ympäristötutkimukset	- Betonimurskeen luokitus • käytettävän raaka-aineen laatu • murskaustyön laadunvalvonta



 Tulvariskialue. Korkeus < 2,25 m  
Päivämäärä: 15.2.2016  
Mittakaava: 1/4000





 Tulvariskialue. Korkeus < 2,25 m  
Päivämäärä: 15.2.2016  
Mittakaava: 1/4000

## Liite 6. Uusiomateriaalituottajien yhteystietoja

Tuotantolaitos	Laitoksen/toiminnan osoite	Yhteyshenkilö	Puhelin	Sähköposti	www-sivut / tai muu lähde
Turun Seudun Energiantuotanto Oy Naantali	Satamatie 16, 21100 NAANTALI	Tapani Bastman (Fortumilla Ria Kiuru)	(050 453 3969)	<a href="mailto:ria.kiuru@fortum.com">ria.kiuru@fortum.com</a>	<a href="http://www.fortum.com">www.fortum.com</a>
Turun Seudun Energiantuotanto Oy Oriketo (Turku)	Polttolaitoksenkatu 15, 20380 TURKU				
Salon energiantuotanto Oy (VAPO Oy)	Sokerikatu 1, 24100 SALO	Petri Koivunen (Salo, voimalaitospäällikkö) Eeva Saarinen (Vantaa, ympäristöasiantuntija)	Petri 040 748 8426 Eeva 020 790 5903	<a href="mailto:petri.koivunen@vapo.fi">petri.koivunen@vapo.fi</a> <a href="mailto:eeva.saarinen@vapo.fi">eeva.saarinen@vapo.fi</a>	<a href="http://www.vapo.fi">www.vapo.fi</a>
Turku Energia Oy, Artukaisten höyryntuotantolaitos	Artukainen, 20210 TURKU	Jukka Lehtinen (Valvomopäällikkö)	050 557 3238	<a href="mailto:jukka.lehtinen@turkuenergia.fi">jukka.lehtinen@turkuenergia.fi</a>	<a href="http://www.turkuenergia.fi">www.turkuenergia.fi</a>
Suomen Kiviteollisuus Oy/ Vehmaan louhimot	Uhluntie 133, 23200 VINKKILÄ	Teemu Kälkäjä (Production & Sales Manager)	040 832 3629	<a href="mailto:teemu.kalkaja@finskastone.fi">teemu.kalkaja@finskastone.fi</a>	<a href="http://www.finskastone.fi">www.finskastone.fi</a>
Suomen Kiviteollisuus Oy/ Taivassalon louhimot	Korventie 71, 23310 TAIVASSALO				
Kiertomaa Oy	Saramäen maa-ainekset, Asutustie, 20380 TURKU	Tiia Isotalo (Ympäristögeologi)	040 867 0140	<a href="mailto:tiia.isotalo@kiertomaa.fi">tiia.isotalo@kiertomaa.fi</a>	<a href="http://www.kiertomaa.fi">www.kiertomaa.fi</a>
Nordkalk, Parainen	Skräbböläntie 18, 26100 PARAINEN	Erno Somervuori (Myyntipäällikkö)	040 125 2558	<a href="mailto:erno.somervuori@nordkalk.com">erno.somervuori@nordkalk.com</a>	<a href="http://www.nordkalk.com">www.nordkalk.com</a>
Palin Granit Oy/ Taivassalon louhimot	Ahaistentie 123 / Marjus, 23310 TAIVASSALO	Pauli Salmela (Tekninen Johtaja)	040 734 2858	<a href="mailto:pauli.salmela@palingranit.fi">pauli.salmela@palingranit.fi</a>	<a href="http://www.palingranit.com">www.palingranit.com</a>
SSAB Europe Oy	Rautaruukintie 155, 92101 Raahe / Varastointi Naantalissa	Marko Sorjanen (Myyntipäällikkö)	050 314 3126	<a href="mailto:marko.sorjanen@ssab.com">marko.sorjanen@ssab.com</a>	<a href="http://www.ssab.com">www.ssab.com</a>
Turku Repair Yard	Navirentie 21100 NAANTALI	Juha Olli (HSSEQ Manager)	040 510 6952	<a href="mailto:juha.oll@turkurepairyard.com">juha.oll@turkurepairyard.com</a>	<a href="http://www.turkurepairyard.com">www.turkurepairyard.com</a>
Rudus Oy		Jani Pieksämä (Kierrätysliiketoimintajohtaja, Hki)	0400 829 905	<a href="mailto:jani.pieksema@rudus.fi">jani.pieksema@rudus.fi</a>	<a href="http://www.rudus.fi">www.rudus.fi</a>

## LIITE 7. ESIMERKKILASKELMA UUSIOMATERIAALIRAKENTEEN KÄYTÖN AVULLA SAAVUTETTAVISTA HYÖDYISTÄ

Tässä liitteessä on esitetty esimerkkilaskelma uusiomateriaalien käytön avulla saavutettavista hyödyistä kevyen liikenteen väylän rakentamisessa E18-hankkeen Krookilan alueelle.

Alueen pohjanvahvistustoimenpiteiksi on suunniteltu alustavasti massanvaihtoa ja/tai geolujiteverkon käyttöä. Vaihtoehtotarkastelussa vertailtiin perinteisten rakennusmateriaalien ja uusiomateriaalien välisiä kustannuseroja, kun rakenne mitoitetaan Tierakenteen suunnitteluohjeessa (Tiehallinto 2004) esitettyjen kantavuus- ja sallitun laskennallisen routanousuvaatimusten mukaisesti. Mitoituksessa on käytetty seuraavia parametreja:

- Maalaji, kelpoisuusluokka: Si, U1
- Sallittu laskennallinen routanousu: 70 mm
- Kantavuus päällysteen päältä 100 MPa
- Päällyste: PAB 16/100

Kuvassa 2 on esitetty perinteisillä luonnonkiviainesmateriaaleilla ja uusiomateriaaleilla tehdyissä mitoituksissa määritetyt rakennekerrospaksuudet, kantavuus ja laskennallinen routanousu..

Kantavuus-routanousu, <b>Murskerakenne</b>										Kantavuus-routanousu, <b>UUMA-rakenne</b>										
Kohde <b>E18 NaRa / K6 rinnakkainen klv</b>										Kohde <b>E18 NaRa / K6 rinnakkainen klv</b>										
Projekti <b>1510034105 0</b>										Projekti <b>1510034105 0</b>										
Laskija <b>ILARH</b>										Laskija <b>ILARH</b>										
Kerros	E <sub>A</sub> MPa	h m	E MPa	E <sub>max</sub> MPa	E <sub>Y</sub> MPa	Selitys	Materiaalin vastaavuus eristävyyden kannalta	a <sub>i</sub>		Kerros	E <sub>A</sub> MPa	h m	E MPa	E <sub>max</sub> MPa	E <sub>Y</sub> MPa	Selitys	Materiaalin vastaavuus eristävyyden kannalta	a <sub>i</sub>		
1	20	0,00	20	120	20,0	Pohjamaa U1/H4				1	20	0,00	20	120	20,0	Pohjamaa U1/H4				
2	20,0	0,30	50	120	34,2	Hk		1,0		2	20,0	0,10	20	120	20,0					
3	34,2	0,30	50	205	43,2	Hk		1,0		3	20,0	0,40	50	120	37,1	Pohjatuikka			1,2	
4	43,2	0,15	280	259	78,3	KaM 45		0,9		4	37,1	0,20	222	222	77,7	Lentotuikka			1,6	
5	78,3	0,15	150	470	97,8	KaM 20		0,9		5	77,7	0,10	150	466	88,8	KaM 20			0,9	
6	97,8	0,04	1400	587	113	PAB 16/100		1,0		6	88,8	0,04	1400	533	103	PAB 16/100			1,0	
Yhteensä =		0,94	m																	
Routanousu lasketaan tuotevaatimusten mukaisesti kaavalla $RN_{lask} = (S \cdot a_1 \cdot R_1 \cdot a_2 \cdot R_2 \cdot jne) \cdot t$										Routanousu lasketaan tuotevaatimusten mukaisesti kaavalla $RN_{lask} = (S \cdot a_1 \cdot R_1 \cdot a_2 \cdot R_2 \cdot jne) \cdot t$										
S on siirtymäkiilasyvyys <b>1,50</b> m										S on siirtymäkiilasyvyys <b>1,50</b> m										
Ri on routimattoman kerroksen p <b>0,94</b> m										Ri on routimattoman kerroksen p <b>0,84</b> m										
Pohjamaan turpoama t <b>0,12</b>										Pohjamaan turpoama t <b>0,12</b>										
Sallittu routanousu 50...100 mm										Sallittu routanousu 50...100 mm										
<b>RNiask 71 mm</b>										<b>RNiask 68 mm</b>										

Lähde: Tiehallinto, Tierakenteen suunnittelu 2004, TIEH 2100029-04

Lähde: Tiehallinto, Tierakenteen suunnittelu 2004, TIEH 2100029-04

Kuva 1. K6 väylän rinnakkaisen klv:n mitoistarkastelu. Kuvassa vasemmalla perinteinen murskerakenne (h=940 mm) ja oikealla uusiomateriaaleja hyödyntävä rakenne (h=740 mm).

Molemmassa vaihtoehdoissa päällysrakennepaksuutta rajoittavaksi tekijäksi muodostuu 70 mm:n sallittu laskennallinen routanousu. Ohuemman päällysrakenteen kokonaispaksuuden lisäksi uusiomateriaaleja hyödyntävässä päällysrakenteessa ei tarvita jalostettuja luonnonkiviaineksia, kuin kantavassa kerroksessa, sekä bitumilla sidotussa päällysteessä.

Taulukossa 1 on esitetty tarkasteltavien rakennevaihtoehtojen rakennuskustannukset, kun rakennettava klv:n pituus on 500 metriä.

Taulukko 1. Tarkasteltavan 500 – metrin pituisen kevyen liikenteen väylän rakennuskustannukset eri rakennevaihtoehdoilla (Rapal Oy).

	Rakennusosa	Yksikkö	Määrä	Yksikkö- kustannus	Summa
<b>Murskerakenne</b>					
1612	Maaleikkaus, massojen kuljetus penk. ja täyttöihin (alle 500 m3ktr), helpot olosuhteet	m3ktr	1250	7,19	8 993 €
1619	Leikkauspohjan tasalaatuistaminen (tsv + 0,5m)	m2tr	2500	2,47	6 165 €
2111	Suodatinkerros hiekasta (alle 2500 m3tr)	m3tr	1920	9,60	18 441 €
2111.1	+kuljetuksen lisäkustannus (10-15 km), suodatinkerrokset	m3tr	1920	4,95	9 504 €
2112	Suodatinkangas N3	m2tr	350	1,41	493 €
2121.1	Jakava kerros KaM 0-56, 1500...5000 m3tr	m3tr	367,5	16,70	6 137 €
2121.8	+kuljetuksen lisäkustannus (10-15 km), jakavat kerrokset	m3tr	367,5	4,95	1 819 €
2131.2	Sitomaton kantava kerros KaM 0-32, alle 1500 m3tr	m3tr	322,5	21,51	6 937 €
2131.5	+kuljetuksen lisäkustannus (10-15 km), sitomattomat kantavat kerrokset	m3tr	322,5	4,95	1 596 €
2141.2	PAB 16 / 100 (40 mm) (levitettävä ala on 1500-50000 m2)	m2tr	2250	5,28	11 879 €
2141.9	+kuljetuksen lisäkustannus (10-20 km), asfalttipäällysteet	m2tr	2250	0,23	521 €
				<b>Yhteensä</b>	<b>72 486 €</b>
<b>Uusiomateriaaleista/teollisuuden sivutuotteista koostuva Rakenne</b>					
1612	Maaleikkaus, massojen kuljetus penk. ja täyttöihin (alle 500 m3ktr), helpot olosuhteet	m3ktr	1250	7,19	8 993 €
1619	Leikkauspohjan tasalaatuistaminen (tsv + 0,5m)	m2tr	2500	2,47	6 165 €
2111.1	Tuhkamateriaalien kuljetuskustannukset (10-15 km)	m3tr	1680	4,95	8 316 €
	Jakavan kerroksen tuhkarakenne, rakentamiskustannukset*	m3tr	1680	13,45	22 596 €
	- materiaalin valmistus, levitys, muotoilu ja tiivistys				
2112	Suodatinkangas N3	m2tr	350	1,41	493 €
2131.2	Sitomaton kantava kerros KaM 0-32, alle 1500 m3tr	m3tr	210	21,51	4 517 €
2131.5	+kuljetuksen lisäkustannus (10-15 km), sitomattomat kantavat kerrokset	m3tr	210	4,95	1 040 €
2141.2	PAB 16 / 100 (40 mm) (levitettävä ala on 1500-50000 m2)	m2tr	2250	5,28	11 879 €
2141.9	+kuljetuksen lisäkustannus (10-20 km), asfalttipäällysteet	m2tr	2250	0,23	521 €
				<b>Yhteensä</b>	<b>64 520 €</b>

\* Tuhkarakennekerroksen rakentamiskustannusten arvioitu yksikköhinta perustuu vuonna 2008 toteutetun koerakentamiskohteen (Pt 16587) aikana tehtyyn kustannusseurantaan. Yleisesti ottaen tuhkarakennekerroksen levityksestä, tiivistämisestä ja rakentamisen laadunvalvonnasta muodostuvat kustannukset nostavat tuhkarakenteen rakentamiskustannuksia arviolta 20-25 % kalliimmiksi luonnonkiviaineksesta tehtävän rakennekerroksen rakentamiskustannuksiin nähden.