

Vastaanottaja

**Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus  
Timo Bäcklund**

Asiakirjatyyppi

**Uusiomateriaaliselvitys**

Päivämäärä

**28.2.2022**

**Vt2 parantaminen  
Porin keskustan kohdalla, TS  
Uusiomateriaaliselvitys  
28.2.2022**

Päivämäärä **28.2.2022**

Laatija **Ari Mäkinen**

Tarkastaja **Satu Rajava**

Hyväksyjä

Kuvaus **Tiesuunnitelmavaiheen uusiomateriaaliselvitys**

Viite **1510059157-003**

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Hankkeen perustiedot</b>	<b>2</b>
2.1	Yleistiedot	2
2.2	Aikataulu	2
2.3	Maa- ja kallioperäolosuhteet	2
2.4	Ympäristöolosuhteet	3
2.5	Pohjavesialueet, pohjaveden pinta ja tulva-alue	3
2.6	Massatalous	3
2.7	Hankkeelle suunniteltavat rakenteet	3
<b>3.</b>	<b>Selvityksessä huomioidut uusiomateriaalit</b>	<b>3</b>
3.1	Kohteen sisäinen materiaalien kierrätys	4
3.1.1	Purettavien siltöjen betoni	4
3.1.2	Kaivumassat	4
3.1.3	Kierrätyskiviainekset	4
3.2	Tuotteistetut uusiomateriaalit	4
3.2.1	Betonimurske	4
3.2.2	Käsitelty jätteenpolton pohjakuona	5
3.2.3	Tuhkarae	5
3.2.4	Vaahtolasi	5
3.3	Muut uusiomateriaalit	5
3.3.1	Lentotuhka sideaineena massastabilointiin tai käyttö massiivirakenteena	5
3.3.2	Pohjatuhka/pohjahiekka/leijupetihiekka	6
3.3.3	Teollisuuden sivuhiekat	6
<b>4.</b>	<b>Uusiomateriaalien potentiaaliset käyttökohteet suunnittelualueella</b>	<b>6</b>
4.1	Hyötykäytön yleisperiaatteita	6
4.2	Uusiomateriaalien mahdolliset käyttökohteet suunnittelualueella	7
4.2.1	Saven/pehmeikköjen stabilointi	7
4.2.2	Rakennekerrokset, pengerrykset ja taustatäytöt	8
<b>5.</b>	<b>Uusiomateriaalien käytön arviointi ja huomioitavia asioita</b>	<b>9</b>
5.1	Lähtökohdat	9
5.2	Riskit	9
5.2.1	Ympäristövaikutusten arviointi ja hallinta	9
5.2.2	Saatavuus, rakentaminen ja käyttö teknisestä näkökulmasta	9
5.3	Taloudelliset vaikutukset	11
5.4	Päästövähennykset	12
5.5	Vaikutukset rakenteiden elinkaareen	12
5.6	Väyläviraston materiaalihyväksyntä	13
<b>6.</b>	<b>Hankkeessa huomioitavia asioita</b>	<b>13</b>
6.1	Suunnittelu	13
6.2	Luvitus	13
6.3	Urakan valmistelu	14
6.4	Rakentaminen	14
6.5	Ylläpito ja seuranta	14
<b>7.</b>	<b>Tiivistelmä</b>	<b>14</b>
<b>8.</b>	<b>Lähdeluettelo/lisätietoja saatavissa</b>	<b>15</b>

## LIITTEET

Liite 1 (1 s.) Vt2 parantaminen Porin keskustan kohdalla -hankkeen uusiomateriaaliselvityksessä huomioidut materiaalit taulukoituna

## 1. JOHDANTO

Tämä uusiomateriaaliselvitys on tehty *Vt2 parantaminen Porin keskustan kohdalla* -tiedustelun yhteydessä työn alkuvaiheessa keväällä 2021. Selvitys on laadittu Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen toimeksiannosta ja työn tilaajana on toiminut Timo Bäcklund (projektipäällikkö).

Selvitys on laadittu ns. suppeana yleistason uusiomateriaaliselvityksenä (pääosin Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä - Väyläsuunnittelun uusiomateriaaliselvitykset 6/2018 -ohjetta mukailien) suunnittelutyön lähtöaineistoksi.

Uusiomateriaaliselvityksen tavoitteena oli kartoittaa kohteen lähialueelta saatavilla olevia uusiomateriaaleja sekä niiden hyödyntämismahdollisuuksia hankkeella, huomioiden kohteen erityispiirteet sekä hankkeella syntyvät materiaalit ja hankkeen massatalous. Selvitys perustuu pääosin tiedustelun laatimisen alkuvaiheessa käytettävissä olleisiin tietoihin.

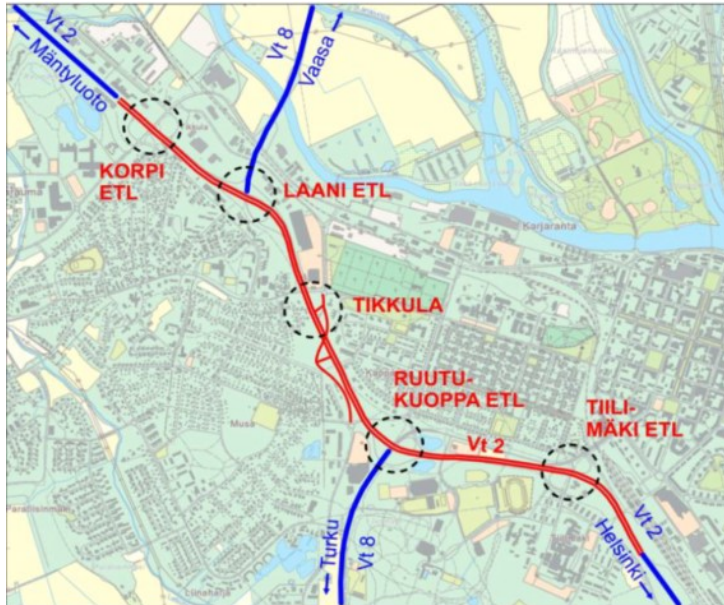
Osana Suomen ilmastotavoitteita, yhdyskuntajätteen kierrätysasteen tavoitteeksi on asetettu 55 % vuoteen 2025 mennessä (Salmenperä et al. 2019). EU:n jätedirektiivissä (2008/98/EY) asetetussa tavoitteessa rakentamisessa tulisi hyödyntää materiaalina 70 % syntyvästä rakennus- ja purkujätteestä vuoteen 2020 mennessä.

Tärkeäksi kohteella huomioitavaksi seikaksi todettiin hankkeella purettavat sillat (9 kpl) ja niistä syntyvä betonijäte, joka on suositeltavaa jalostaa laadukkaaksi betonimurskeeksi hyödynnettäväksi suunnittelualueella tai sen välittömässä läheisyydessä esimerkiksi alemman tie-/katuverkon ja/tai kevyen liikenteen väylien päällysrakenteissa. Olemassa olevista rakennekerroksista (esim. siltapaikoilla) kaivettava murske, sora ja muu maa-aines voidaan hyödyntää kohteessa erilaisissa rakennusosissa materiaalien laadusta riippuen. Heikkolaatuisia kaivumaita voidaan pyrkiä hyödyntämään mm. maisemointitöissä ja luiskaverhouksissa. Heikkolaatuisten kaivumaiden teknisiä ominaisuuksia ja hyötykäyttämismahdollisuuksia on tarvittaessa mahdollista parantaa erilaisilla jalostusmenetelmillä (esim. stabiloimalla).

## 2. HANKKEEN PERUSTIEDOT

### 2.1 Yleistiedot

Suunnittelukohte sijaitsee Porin keskustan kohdalla valtatiellä 2 (kuva 1). Valtatie 2 välittää Porin keskustan kohdalla sekä Porin satamien, että lounaisrannikon suuntaisen valtatie 8:n tavara- ja henkilöliikennettä osana TEN kattavaa verkkoa. Valtatie on yksiajoratainen pois lukien Laanin eritasoliittymän kohta. Osuudella on neljä eritasoliittymää sekä yksi tasoliittymä (Tikkula). Tieosuus on erittäin vilkasliikenteinen; keskustan kohdalla 18 700–19 200 ajon./vrk ja Mäntyluodon suuntaan noin 13 900 ajon./vrk. Raskasta liikennettä on 6–8%. Nykytilanteessa ensisijainen ongelma on jakson häiriöalttius liittymisessä sekä linjaosuuden ruuhkautuminen. Myös ramppijärjestelyissä ja meluntorjunnassa on puutteita.



Kuva 1. Suunnittelukohte sijaitsee Valtatiellä 2 Porin keskustan kohdalla.

Hankkeen tavoitteena on yhteen sovittaa kahden valtatieen kasvanut liikenne Porin ydinkeskustan laajentuneeseen maankäyttöön. Valtatie rakennetaan koko suunnittelualueella nelikaistaiseksi (2+2 välialueella). Nykyiset eritasoliittymät (4 kpl) parannetaan. Tikkulan suuntaisliittymä täydennetään perusverkon eritasoliittymäksi ja valtatie alitetaan Tikkulan ja Eteläväylän kiertoliittymien välisellä uudella katuyhteydellä. Koko tiejaksolle toteutetaan meluntorjuntaa (mahdollisuuksien mukaan valleina) ja hanke sisältää mm. yhteensä 20 uutta siltaa.

### 2.2 Aikataulu

Hankkeen tiesuunnitelman laatiminen on käynnistynyt loppuvuodesta 2020 ja valmistuu keväällä 2022. Hankkeen on tarkoitus olla toteutusvalmiudessa 2023.

### 2.3 Maa- ja kallioperäolosuhteet

Maaperäkuvaus perustuu aiemmin tehtyihin pohjatutkimuksiin sekä laatimishetkellä käytettävissä olleisiin Ramboll Finland Oy:n tiesuunnitelmavaiheessa tekemiin lisäpohjatutkimuksiin sekä maaperäkartaan.

Suunnittelualue sijoittuu maaperäkartan perusteella pääosin siltin ja hienon hiekan alueelle. Ruutu-kuopan ja Tiilimäen eritasoliittymien välisellä alueella on savialue. Savikko sijoittuu pääosin Ruutu-kuopan eritasoliittymän etelä- ja kaakkoispuolelle. Maaperän ollessa hienoa hiekkaa ei tien levennyserakenteilla ole todennäköisesti tarvetta pohjanvahvistuksille. Ruutu-kuopan eritasoliittymän pehmeiköäalueella voi olla tarve pohjanvahvistustoimenpiteille, jotta varmistetaan penkereen levennyksen painumien hallinnasta ja riittävästä stabiliteetistä.

Siltapaikkojen tulopenkereillä voi todennäköisesti olla tarve rakentaa pohjanvahvistuksia penkereiden riittävän stabiiliteetin varmistamiseksi. Siltapaikoilla tehdään vertailua siltatyypin/ sillan pituuden ja mahdollisten tulopenkereiden pohjanvahvistustarpeiden välillä.

Maaperätutkimusten yhteydessä toteutettujen laboratoriotestien tulosten perusteella sulfidimaita esiintyy K1+S4 (Käppärän) siltapaikalla. Sulfidimaiden esiintyminen tulee huomioida pohjanvahvistuksissa, silloissa sekä kaivumaiden läjityksessä. Sulfidimaat heikentävät myös pintavesien laatua. Tämänhetkisen suunnitelman mukaan sulfidisavet kaivetaan sijainnistaan pois ja sijoitetaan erillisen ohjeen mukaan meluvalliin Me24. Huomioitavia ja selvitettäviä asioita sulfidisavien käsittelyssä tyyppillisesti ovat mm., koko massan tai massan osittainen neutralointitarve tilanteesta riippuen ennen tai jälkeen kaivun, kaivutyön aikaisen vesienkäsittelyn ja vesistöjen tarkkailun tarpeen arviointi sekä läjityspaikan vaatimukset.

## 2.4 Ympäristöolosuhteet

Varsinainen suunnittelualue sijoittuu kaupunkiympäristöön, johon valtatieltä avautuu merkittävä kaupunkisaapumisnäky sekä tähän liittyen mm. kaupunkipuisto sekä muutamia arvokkaaksi luokiteltuja maisema-alueita. Suunnittelualueelle on tehty luontoselvitys, jonka katselmoinnin yhteydessä havaittiin lähinnä tyyppillisiä ja yleisiä lintulajeja (kuten varis, naakka ja mustavaris, jotka on kuitenkin mainittu luontodirektiivin liitteessä II, LC) sekä erityisistä luontoarvoista majava (lajista ei tarkempaa tietoa eli tarkempi suojelutarve auki).

Suunnittelualueen välittömässä läheisyydessä ei sijaitse luonnonsuojelualueita tai Natura-2000 alueita.

## 2.5 Pohjavesialueet, pohjaveden pinta ja tulva-alue

Suunnittelualueen alkuosuus noin paaluvälillä 0-1300 sijoittuu 1. luokan pohjavesialueelle (Ulasoori-Vähärauma). Suunnittelualueen muilla osuuksilla ei ole luokiteltua pohjavesialuetta.

MARA-asetuksen mukaisesti pohjaveden enimmäiskorkeuden ja MARA-rakenteen alapinnan välisen etäisyyden tulee olla vähintään yksi metri.

Laanin eritasoliittymä sijaitsee tulvariskialueella.

## 2.6 Massatalous

Hankkeen massatalous on alijäämäinen, tarkempi määrä ei kuitenkaan ole vielä tässä kohtaa tiedossa.

## 2.7 Hankkeelle suunniteltavat rakenteet

Valtatieta levennetään siten, että pystytään toteuttamaan 2+2 ajoratainen välialueellinen tieosuus. Lisäksi rakennetaan lyhyehköt osuudet alemmaa tieverkkoa eli liittyviä maanteita ja kevyen liikenteen väyliä.

Hankkeessa on suunniteltu rakennettavaksi 20 uutta siltaa. Siltapaikkojen tulopenkereillä voi todennäköisesti olla tarve rakentaa pohjanvahvistuksia penkereiden riittävän stabiiliteetin varmistamiseksi. Siltapaikoilla tehdään vertailua siltatyypin/ sillan pituuden ja mahdollisten tulopenkereiden pohjanvahvistustarpeiden välillä.

Melusuojaus toteutetaan vallirakenteina noin paaluväleillä 2100-2300 (Me24, korkeus 4,5 m) ja 3000-3300 (MeA, meluvalli/suojapenger, korkeus 2 m), muutoin meluseinää. Mahdollisuuksien mukaan hankkeella syntyvien kaivumaiden sijoittaminen näihin on suositeltavaa ja ainakin Me24 suunnitellaan sijoitettavan kohteella kaivettavia sulfidimaita erillisen ohjeen mukaan.

# 3. SELVITYKSESSÄ HUOMIOIDUT UUSIOMATERIAALIT

Lähtökohtana kohteella tulee pitää sisäistä materiaali kierrätystä. Kohteella lähinnä alemman tieverkon eli maanteiden, katujen ja kevyen liikenteen väylien päällysrakenteissa (tai täyttö- ja pengerrakenteissa) voidaan tarvittaessa hyödyntää myös hankkeen ulkopuolelta tuotavia tuotteistettuja tai

tuotteistamattomia uusiomateriaaleja, mikäli hankkeen massaylijäämä on sellaista, ettei sen hyödyntäminen kyseisissä rakenneosissa ole mahdollista. Mahdollisen stabiloinnin (pohjanvahvistuksen) toteutuksessa on suositeltavaa huomioida energiateollisuudesta sideainekäyttöön soveltuvat materiaalit.

### 3.1 Kohteen sisäinen materiaalien kierrätys

Suunnittelualueella on 9 kappaletta purettavia siltoja, joiden materiaalien hyödyntämismahdollisuudet kohteella tulee selvittää.

Hankkeella syntyvien kaivumassojen (heikompilaatuisia ja hyvälaatuisia) hyödyntämisen (joko sellaisenaan tai jalostettuna) maksimointi kohteella todetaan olevan kierrättämisen osalta tärkeimpiä tavoitteita hankkeella uusiomateriaalien osalta. Mikäli näitä ei tarvitse tai voida hyödyntää kohteella sellaisenaan tai jalostettuna, tulee kartoittaa myös lähialueen muiden rakennushankkeiden materiaaltarve.

#### 3.1.1 Purettavien siltojen betoni

Suunnittelualueella on 9 kappaletta purettavia siltoja, joiden betonimateriaalien hyödyntämismahdollisuudet kohteella tai lähialueiden muissa rakentamiskohteissa tulee selvittää. Siltojen purkamisessa syntyvä betonijäte on purkumenetelmästä riippuen raekooltaan vaihtelevan kokoista betonikappaletta, josta voidaan valmistaa pienempään raekokoon murskaamalla MARA-kelpoista, esimerkiksi jakavan kerroksen laatuvaatimukset täyttävää, materiaalia.

Väylävirasto on julkaissut oman *Siltojen ja muiden taitorakenteiden purkubetonijätteen hyödyntämisestä* -selvityksensä 8/2019 [https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vt\\_2019-08\\_siltojen\\_purkubetonijatteen\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vt_2019-08_siltojen_purkubetonijatteen_web.pdf), jossa ohjeistusta aiheeseen liittyen.

#### 3.1.2 Kaivumassat

Hankkeeseen sisältyy maaleikkauksissa muodostuvia massoja, joita pystytään hyödyntämään kohteen suunnittelualueilla penkereissä ja luiskatäytöissä. Väyläviraston määritelmän mukaan ylijäämät eivät kuulu uusiomateriaaleihin, mutta ottaen huomioon hankkeessa muodostuvan läjitysmateriaalin suuren määrän, on perusteltua tarkastella myös heikkolaatuisten kaivumassojen hyötykäyttömahdollisuuksia alueella.

Heikkolaatuisia kaivumaita voidaan hyödyntää mm. maisemointitäytöissä ja luiskaverhouksissa. Heikkolaatuisten kaivumaiden teknisiä ominaisuuksia ja hyötykäyttömahdollisuuksia on tarvittaessa mahdollista parantaa erilaisilla jalostusmenetelmillä (esim. stabiloimalla).

#### 3.1.3 Kierrätyskiviainekset

Olemassa olevista rakennekerroksista mahdollisesti (esim. siltapaikoilla) kaivettava murske, sora ja muu maa-aines voidaan hyödyntää kohteessa erilaisissa rakennusosissa materiaalien laadusta riippuen.

### 3.2 Tuotteistetut uusiomateriaalit

#### 3.2.1 Betonimurske

Betonimurske valmistetaan pääosin purkutyömailla syntyvästä betonijätteestä. Hyvälaatuista betonimursketta on teknisesti mahdollista käyttää kaikissa päällysrakenteen ja pengertäytön kerroksissa, ko. suunnittelukohteella suositeltavimmin alempaan tieverkkoon ja kevyen liikenteen väyliin liittyvissä rakenneosissa. Betonimurske lujittuu tiivistyksen jälkeen rakenteessa, saavuttaen jopa parempia kantavuuksia kuin luonnonkiviainekset. Parempi kantavuus mahdollistaa ohuemmat rakennekerrokset, mikäli routa ei muodostu mitoittavaksi tekijäksi. Betonimurskeita on myös tuotteistettu ja CE-merkitty. Kyseisillä tuotteilla on usein olemassa omat suunnitteluohjeensa. Porin/Satakunnan alueella tuotteistettua betonimursketta on saatavilla eri toimittajilta ainakin 0/45 ja 0/90 raekoossa (esim. Rudus Oy, Maarakennus Mykrä Oy jne.). Käytännössä on kuitenkin hyvä muistaa, että purkubetonista (laatuluokitus BEM II-IV) valmistetun betonimurskeen laatuominaisuudet on suositeltavaa varmistaa ennen käyttöä vaikka tuote olisikin CE-merkitty. Hinta- ja saatavuusneuvottelut

tapauskohtaisesti. Betonimurskeen osalta huomioitava kohteelta purettavista silloista (9 kpl) syntyvän betoniaineksen jalostaminen ja hyödyntäminen kohteella tai lähialueen muissa maarakennushankkeissa.

### **3.2.2 Käsitelty jätteenpolton pohjakuona**

Jätteenpolttolaitoksella yhdyskuntajätteen poltossa syntyy jätteenpolton pohjakuonaa. Yhdyskuntajätteenpolton pohjakuonaa jalostetaan käsittelymenetelmän avulla maarakennuskäyttöön soveltuvaksi materiaaliksi.

Suomen Erityisjäte jalostaa jätteenpolton kuonasta CE -merkittyä Scanwas -keinokiviainesta (tällä hetkellä Forssassa ja Tampereella 130 km etäisyydellä kohteesta, jatkossa mahdollisesti saatavuus suoraan Porista tiedusteltava erikseen) suodatinkerrokseen ja jakavaan kerrokseen soveltuvassa raekoossa. Suunnittelukohteella pohjakuonan potentiaalisia käyttökohteita ovat suositeltavimmin alemman tieverkon ja kevyen liikenteen väylien päällysrakenteiden jakavat- ja suodatinkerrokset sekä pengertäytöt. Scanwas -keinokiviaines vaatii tällä hetkellä MARA-ilmoituksen tai ympäristöluvan, jotta sitä voidaan hyödyntää maarakennuskäytössä. Hinta- ja saatavuusneuvottelut tapauskohtaisesti.

### **3.2.3 Tuhkarae**

Hienojakoisesta energia- ja metsäteollisuuden tuhasta teollisesti valmistettua rakeistettua karkearakeista tuhkarae-materiaalia on teknisesti mahdollista hyödyntää suodatinkerroksessa ja täytöissä, ko. suunnittelukohteella suositeltavimmin alemmalla tieverkolla ja kevyen liikenteen väylissä.

Ecolan Oy valmistaa rakeistettua tuhkaa (pääraaka-aineena lentotuhka ja pohjatuhka) CE-merkittynä Ecolan Infra® TR -kevytkiviaineksena, joka on raekooltaan 0-40 mm (Nokiolla 95 km kohteesta). Materiaali on luonnonhiekkaa ja -soraa sekä murskeita selvästi kevyempää ja eristävämpää. Käsiteltävyys vastaa luonnon kiviaineksia. Materiaali täyttää MARA-asetuksen vaatimukset päällystettyjen väylien ja kenttien rakennekerrokseen. Lisäksi Ecolan Infra TR -kevytkiviaines on aiemmin ollut mukana eräällä kohteella ja tuolloin läpäissyt Väyläviraston hankekohtaisen materiaalihyväksyntä-prosessin (käyttö työmaatiessä hyvin tuloksin, tuon käyttötarpeen jälkeen materiaali kaivettu pois ja hyödynnetty muualla). Hinta- ja saatavuusneuvottelut tapauskohtaisesti.

### **3.2.4 Vaahtolasi**

Vaahtolasimurske on valmis tuote, jota valmistetaan eri raekokoihin pääasiassa välillä 0...60 mm. Vaahtolasimurskeen tilavuuspaino rakenteessa on vain viidesosa verrattuna luonnon kiviainesmurskeeseen, mutta se vastaa kantavuudeltaan karkeaa hiekkaa. Vaahtolasimurskeella voidaan rakentaa kevennyksenkerkeitä jyrkilläkin luiskakaltevuuksilla. Vaahtolasi on routimaton materiaali ja lämmöneristävyydeltään vastaa neljä kertaa paksumpaa hiekkakerrosta. Käsiteltävyys vastaa luonnon kiviaineksia.

Vaahtolasi soveltuu mm. tie-, katu- ja kenttärakenteissa jakavaan ja suodatinkerrokseen (routaeristeenä, keventävänä rakenteena ja/tai kuivatuskerroksena) sekä siltapenkereisiin ja tukimuurien taustatäyttöihin. Suomessa CE-merkittyä vaahtolasia valmistaa Foamit-tuotenimellä Uusioaines Oy Forssassa. Hinta- ja saatavuusneuvottelut tapauskohtaisesti (karkea arvio hintatasosta 50-60 €/m<sup>3</sup>).

## **3.3 Muut uusiomateriaalit**

### **3.3.1 Lentotuhka sideaineena massastabilointiin tai käyttö massiivirakenteena**

Energiateollisuuden lentotuhkia voidaan hyödyntää stabiloinnin sideaineena yhdessä sementin kanssa. Lentotuhka tarvitsee parhaan toimivuuden ja reaktiivisuuden takaamiseksi yleensä rinnakkaisaktivaattoriksi sementtiä, mutta toisaalta pelkällä sementillä stabilointiin nähden lentotuhkalla pystytään korvaamaan osa kaupallisesta sideaineesta. Mahdollisesti stabiloinnissa hyödynnettävissä olevaa hyvälaatuista lentotuhkaa tai jättepohjaista sideainetta syntyy useammallakin voimalaitoksella/tuotantopaikalla 55 kilometrin säteellä kohteesta. (esim. Pori Energia Oy < 5 km, Porin Prosessivoima Oy 15 km, Rauman Biovoima Oy 55 km). Stabilointi vaatii kuitenkin aina kohde- ja sideainekohtaiset ennakkolaboratoriotutkimukset reseptiikan toimivuuden varmistamiseksi. Hinta- ja saatavuusneuvottelut on käytävä tapauskohtaisesti erikseen, mutta lähtökohtana lentotuhkan hinnalle



stabilointikäyttöön voidaan pitää karkeasti 0-10 €/tonni (kaupalliset: sementti 90-100 €/t, CaO 120-130 €/t, GTC 110-120 €/t).

Tuhkan hyödyntämisestä massiivirakennekäytössä on myös hyviä kokemuksia. Massiivirakenteella tarkoitetaan tuhkaa sellaisenaan (tai sideaineella jalostettuna) muodostettavaa yhtenäistä rakennetta (tai rakennekerrosta), kuten esimerkiksi väylärakentamisen päällysrakenteissa vaikkapa jakavaa kerrosta tai valli-/pengerrakennetta. Massiivituhrakenteilla voidaan tuhkan routaeristävyys takia usein ohentaa kokonaisrakennepaksuutta. Tuhka voidaan lujittaa siten, että sillä on hyvät kantavuusominaisuudet. Oikein toteutetun lentotuhrakenteen etuja perinteisiin rakenteisiin verrattuna on keveys ja routaeristävyys. Lentotuhkan keveyttä voidaan hyödyntää massiivisissa kohteissa, kuten korkeissa penkereissä ja valleissa sekä paalulaattakohteiden kuormien keventämisessä.

### **3.3.2 Pohjatuhka/pohjahiekka/leijupetihiekka**

Pohjatuhka vastaa rakeisuudeltaan ja käytettävyydeltään tyyppillisesti hiekkaa tai hienoa soraa (0,002-16 mm) ja leijupetihiekka hieman karkeampaa maa-ainesta (0,063-32 mm). Ne soveltuvat suunnittelukohteella alemman tieverkon ja kevyen liikenteen väylän päällysrakenteiden suodatinkerrokseen, jakavaan kerrokseen, pengertäyttöihin ja muihin täyttöihin korvaamaan luonnonkiviaineksia. Pohjatuhkaa on mahdollista käyttää myös massastabiloinnissa pintaosaan levitettävänä ja sekoitettavana lisäaineena. Pohjatuhkaa/pohjahiekkaa/leijupetihiekkaa syntyy vastaavilla energiantuotantolaitoksilla kuin lentotuhkiakin, mutta määrät ovat merkittävästi pienempiä. Hinta- ja saatavuusneuvottelut on käytävä tapauskohtaisesti erikseen, mutta lähtökohtana pohjatuhkan (tms.) hinnalle voidaan pitää karkeasti 0 €/tonni.

### **3.3.3 Teollisuuden sivuhiekat**

Componenta Finland Oy:n Porin toiminnoissa rautavalutuotteiden valmistuksen yhteydessä syntyy valumuoteista peräisin olevaa valimohiekkaa. Teknisesti se on luonnonhiekkan kaltaista ja on hyödynnettävissä esimerkiksi suodatinkerroksessa korvaamaan luonnonhiekkaa, mutta materiaalin ympäristöominaisuudet tulee varmistaa.

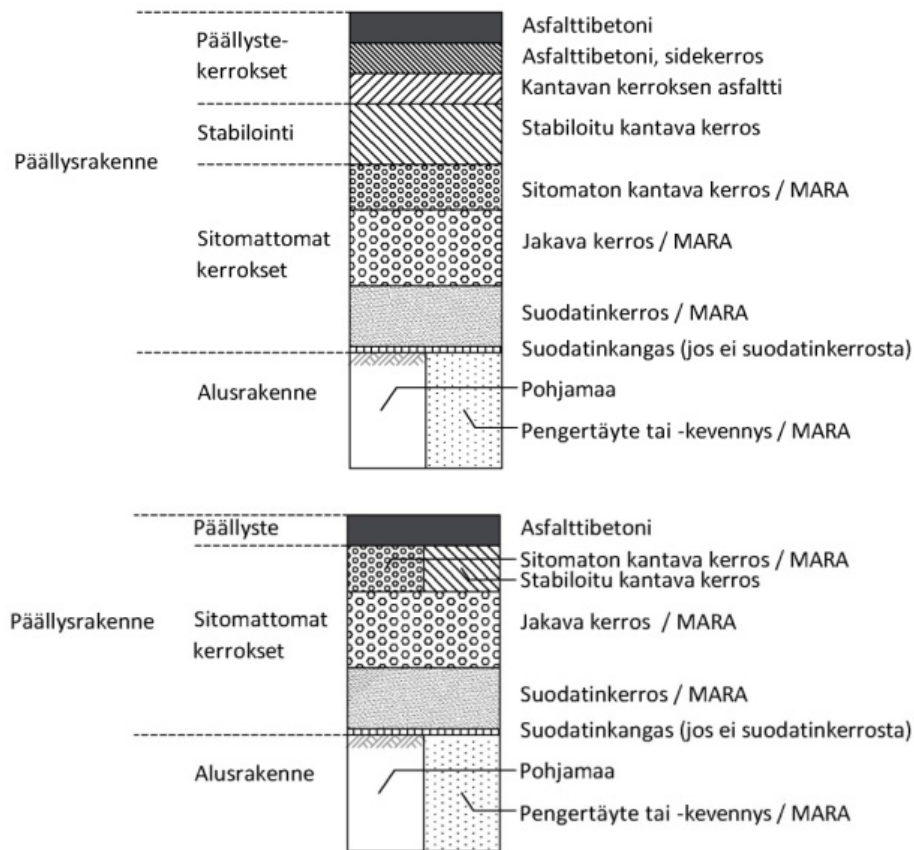
Boliden Harjavallan nikkeliintuotannon toiminnoissa syntyy nikkeliä/rikastushiekkaa. Teknisesti se on karkean luonnonhiekkan kaltaista ja on hyödynnettävissä suodatinkerroksessa korvaamaan luonnonhiekkaa, mutta materiaalin ympäristöominaisuudet tulee varmistaa.

## **4. UUSIOMATERIAALIEN POTENTIALISET KÄYTTÖKOHEET SUUNNITTELUALUEELLA**

### **4.1 Hyötykäytön yleisperiaatteita**

MARA-asetuksen vaatimuksien täytyessä jätemateriaaleja voidaan hyödyntää ilman ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaista ympäristölupaa. Asetukseen sisältyvien uusiomateriaalien käytölle on asetettu tiettyjä reunaehtoja, joita ovat mm.: Suurin sallittu uusiomateriaalin kerrospaksuus tiepenkereessä ja luiskatätyöissä on 1,5 m, kerroksen alapinnan etäisyyden yläpään pohjavedenpintaan tulee olla vähintään 1,0 m ja uusiomateriaalirakenteen etäisyys vesistöön ja talousvesikaivon vähintään 30 metriä. Vaaditut enimmäisarvot ovat rakentamissovellutuskohtaisia ja kaikki asetuksen materiaalit eivät ole mahdollisia kaikkiin sovellutuksiin.

Uusiomateriaalia on mahdollista hyödyntää päällysrakenteessa sekä pengertäyttöissä kuvassa 3 esitetyllä tavalla (alempi tyyppiesimerkki soveltuu tarkasteltavaksi suunnittelukohteelle).



**Kuva 2. Tyypiesimerkit tavanomaisesta väylä- ja kenttärakenteesta, joissa on mahdollista hyödyntää MARA-asetuksen nojalla uusiomateriaaleja. (MARA-soveltamisohje, VNa 843/2017)**

Yllä esitettyjen esimerkkien lisäksi uusiomateriaalia voidaan hyödyntää myös esimerkiksi luiskamateriaalina. Päällyste ei ole välttämätön edellytys uusiomateriaalin käytölle, vaan uusiomateriaaleja voidaan soveltuvilta osin hyödyntää myös peitetyissä rakenteissa (esim. sorateillä tai hiekkapintaisilla kentillä). Uusiomateriaalien hyödyntäminen osana rakennekerroksia tulee kuitenkin tarkastella rakennekohtaisesti huomioiden em. uusiomaarakentamisen reunaehdot.

## 4.2 Uusiomateriaalien mahdolliset käyttökohteet suunnittelualueella

Alustavasti potentiaalisimmat uusiomateriaalien käyttökohteet hankkeella jatkotarkasteltavaksi ovat valtatie ulkopuolelta alemman tieverkon ja kevyen liikenteen väylien rakenteiden suodatin-, jakava- ja kantava kerros. Lisäksi muita mahdollisia käyttökohteita ovat pohjanvahvistusten osalta stabiloinnin tullessa kyseeseen lentotuhkan sideainekäyttö sekä penkereet, luiskatäytöt ja mahdolliset kevennykset. Mahdollisuudet on tuotu tässä selvityksessä esiin yleistasolla lähtötiedoiksi jatkosuunnitteluun ja niiden tekniseen sekä taloudelliseen tarkoituksenmukaisuutta tulee tarkastella vastaavien geo-, tie- ja rakennesuunnittelijoiden toimesta tarkemmin suunnittelun edetessä.

Alustavan arvion mukaan kohteen ympäristöolosuhteet pääosin mahdollistavat uusiomateriaalien hyödyntämisen MARA-ilmoitusmenettelyllä ja/tai ympäristöluvalla, jotka tulee laatia ennen rakentamista.

Myös kohteelta kaivettavia kaivumaita on mahdollista hyödyntää sellaisenaan tai jalostettuna eri käyttötarkoituksissa.

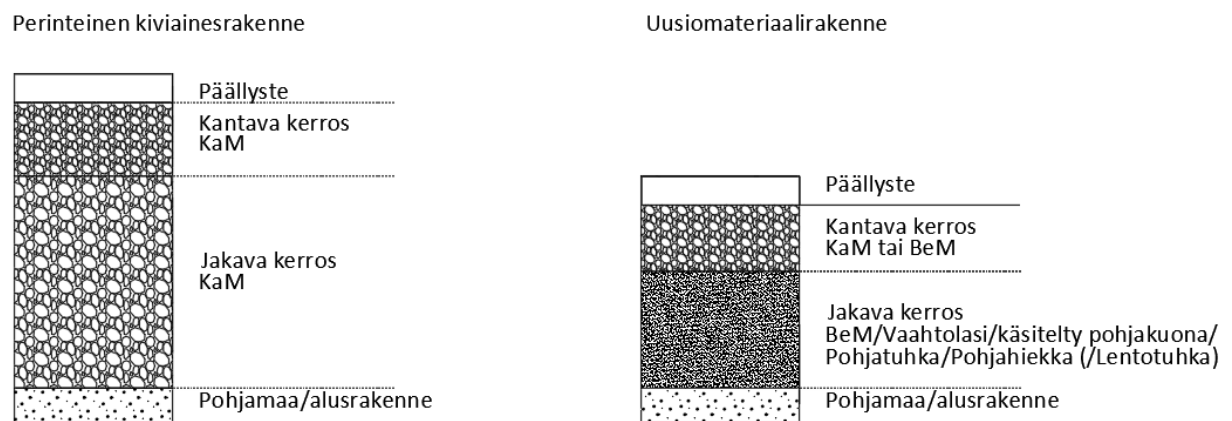
### 4.2.1 Saven/pehmeikköjen stabilointi

Mikäli mahdollisissa pohjanvahvistustarpeissa harkitaan stabilointia, tulee huomioida mahdollisuus hyödyntää jätepohjaisia materiaaleja (kuten esim. energiateollisuuden lentotuhkia), joita käytetään yleensä yhdessä kaupallisten sideaineiden, kuten sementin, tai muiden apuaineiden kanssa. Massastabilointi edellyttää aina etukäteen laboratoriossa tehtäviä stabiloituvuustutkimuksia, joilla määritetään/optimoidaan teknistaloudellinen reseptiikka toteutukseen.

#### 4.2.2 Rakennekerrokset, pengerrykset ja taustatäytöt

Suunnittelualueella alustavasti selkeimmiksi uusiomateriaalien hyötykäyttökohteiksi arvioidaan uusi kevyen liikenteen väylä Tikkulan risteyssillan lähistöllä) sekä alemman tieverkon osalta Musan risteyssillan~Tikkulan risteyssillan väli (uusi katu). Uusiomateriaalien käytöllä saadaan parhaiten etua yhtenäisissä ja laajoissa rakenteissa. Lisäksi tulisi huomioida, että uusiomateriaalien käyttö on usein selkeintä ja helpointa alueilla, joissa on mahdollisimman vähän muita rakenteita/tekniikkaa ja rakenteen aukikaivutarve (esimerkiksi kunnallistekniikan rakentamisen tai huoltotöiden vuoksi) on epätoiminnaköistä tai vähäistä. Kohteella rakennekerrokseen esitetään käytettäväksi teknisiltä ominaisuuksiltaan luonnonkiviaineksen kaltaisia uusiomateriaaleja. Suunnittelualueelle soveltuvia uusiomateriaaleja ovat mm. betonimurske, vaahtolasi, rakeistettu tuhka, pohjatuhka ja valimohiekka. Materiaaleista suositeltavinta olisi mahdollistaa suunnittelualueen silloista purettavan betonin jalostaminen päällysrakenteissa hyötykäyttäväksi betonimurskeeksi.

Teknisesti päällysrakenteissa olisi mielekästä tavoitella esimerkiksi yhdistelmää, jossa pystyttäisiin hyödyntämään suodatint- ja/tai jakavassa kerroksessa uusiomateriaalin (esim. pohjakuona, raetuhka tms.) kevyttä ja mahdollista routaeristävyyttä, sekä kantavassa ja/tai jakavassa kerroksessa esimerkiksi betonimurskeen kantavuutta. Tällöin kokonaiskerrospaksuus ja tarvittavien luonnon kiviainesten määrä pienenevät huomattavasti (kuva 4).



**Kuva 3. Karkeasti uusiomateriaalirakenteen etuja perinteiseen kiviainesrakenteeseen nähden. Parhaimmillaan esimerkiksi routivilla ja painumaherkillä pohjamailla saattaa olla mahdollista rakentaa uusiomateriaalien avulla huomattavasti ohuempia kokonaisrakenteita perinteisiin kiviaineksiin nähden ilman, että kantavuus- tai routivuusominaisuudet heikkenevät.**

Alustavasti jatkosuunnitteluun tarkasteltavaksi esitettäviä rakenne-/materiaaliratkaisuja ovat esim. (kerrospaksuudet ja mitoitus tulee tehdä katu- ja rakennesuunnittelun yhteydessä, jossa tulee tarkastella kokonaisuudessaan ratkaisujen toimivuus ja taloudellisuus):

Kevyen liikenteen väylän ja/tai kadun päällysrakenteet

- Päällyste: asfaltti
- Kantava kerros: betonimurske
- Jakava kerros: betonimurske, käsitelty pohjakuona, (hyvälaatuinen lentotuhka)
- Suodatinkerros: käsitelty pohjakuona, pohjatuhka/leijupetihiekka, rakeistettu tuhka
- Alusrakenteet/penkereet: käsitelty pohjakuona, pohjatuhka/leijupetihiekka, rakeistettu tuhka

Muita mahdollisia käyttökohteita saattavat olla mahdolliset kevennystarpeet siltojen tulopenkereissä tai rakenteiden taustatäytöissä, joihin soveltuu monikäyttöisenä materiaalina esimerkiksi vaahtolasi (kevenne-, eriste- ja kuivatusratkaisu).

Teknisen toimivuuden lisäksi on jatkosuunnittelun alkuvaiheessa huomioitava tarkemmin myös eri materiaalien ja toteutusvaihtoehtojen kustannusvaikutukset rakenteeseen. Mikäli uusiomateriaaliratkaisuja lähdetään viemään jatkosuunnitteluun, tulee rinnalla tehdä koko ajan vaihtoehtoinen ja toteutuskelpoinen (vertailu-) suunnitelma perinteisiä kiviainesratkaisuja käyttäen.

## 5. UUSIOMATERIAALIEN KÄYTÖN ARVIOINTI JA HUOMIOITAVIA ASIOITA

### 5.1 Lähtökohdat

Uusiomateriaalit ovat toimivia vaihtoehtoja luonnonkiviaineksille erilaisissa pohjarakenteissa sekä täytöissä ja soveltuville osin päällysrakenteissa. Hyödyntämällä uusiomateriaaleja suunnitelmallisesti voidaan vähentää rakennushankkeen ilmastovaikutuksia. Vt2 parantaminen Porin keskustan kohdalla -hanke sisältää merkittävän määrän vanhojen siltojen purkamista ja tuon materiaalimassan jalostaminen betonimurskeeksi ja hyödyntäminen kohteen eri rakenteissa (alemman tieverkon ja kevyen liikenteen väylän päällysrakenteen kantavassa kerros, mikäli aines laadultaan soveltuva) tulee optimoida. Yleisesti ottaen päällysrakenteen kiviaineksia korvaavien uusiomateriaalien käyttö vähentää hanketta varten louhittavien ja jalostettavien kiviainesten määrää ja siten louhinnassa syntyviä hiilidioksidipäästöjä. Päästövähennyksiä saavutetaan myös, jos luonnonkiviainesten kuljetusmatka (tonni-km) on suurempi kuin uusiomateriaalien kuljetusmatka (tonni-km) suhteutettuna materiaaleilla aikaansaattavan valmiin rakennekerroksen tilavuuteen ( $m^3rtr$ ) – mikäli uusiomateriaali on kevyempää kuin luonnonkiviaines, voidaan sitä kuljettaa pidemmältä (km) kuin kiviainesta. Lisäksi stabi-loinnin sideainekäyttöön soveltuvien jättemateriaalien käytön avulla voidaan vähentää esim. sementin tai kalkin määrää sideaineseoksessa, jolloin niistä aiheutuu vähemmän hiilidioksidipäästöjä hankkeessa. Usein päästövähennysten ohella saavutetaan myös kustannussäästöjä esimerkiksi kuljetuskustannuksissa ja materiaalin hinnassa.

### 5.2 Riskit

#### 5.2.1 Ympäristövaikutusten arviointi ja hallinta

Uusiomateriaalien käyttöä rakentamisessa ohjaa niiden rakentamiskäytön ympäristöluvanvaraisuus. Materiaalien ympäristökelpoisuus tulee tutkia ennen kuin ne voidaan hyväksyä rakennuskäyttöön. Uusiomateriaalien käyttö kohteella ei tehtyjen arvioiden mukaan lisää maarakentamisesta johtuvia vaikutuksia ympäröivälle luonnolle ja eliöstölle. Suunnittelualueen alkuosuus noin paaluvälillä 0-1300 sijoittuu 1. luokan pohjavesialueelle (Ulasoori-Vähärauma). Suunnittelualueen muilla osuuksilla ei ole luokiteltua pohjavesialuetta. MARA-asetuksen mukaisesti uusiomateriaalikerroksen alapinnan ja pohjaveden yläpinnan välissä tulee olla vähintään 1 metri. Suunnitteluvaiheessa tulee tarkistaa uusiomateriaalikerroksen alapinnan ja pohjavedenpinnan tasot siten, että 1 m vähimmäisetäisyys täyttyy.

Uusiomateriaalien logistiikkaketjun aikana on huolehdittava asian mukaisesta suojauksesta (esim. hienojakoisilla pölyävillä materiaaleilla kuljetukset peitettynä, samoin välivarastointi, tarvittaessa rakentamisaikainen kastelu). Ohjeiden vastaisesti toimien materiaalit saattavat muodostaa terveysriskin työntekijöille ja ohikulkijoille esimerkiksi pölyämisen muodossa. Riittävä suojaaminen estää myös haitta-aineiden leviämisen ympäristöön.

Uusiomateriaalien käytön avulla voidaan vähentää rakentamisessa syntyviä hiilidioksidipäästöjä ( $CO_2$ ), kun osa hankkeelle jalostettavista ja kuljetettavista luonnonkiviaineksista voidaan korvata paikallisilla uusiomateriaalivaihtoehdoilla. Esimerkiksi massastabiloinnissa sementtiä korvaavien sideainesten käyttö vähentää lisäksi sementin valmistuksessa syntyviä hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi menetelmän avulla voidaan mahdollisesti korvata massanvaihtotoimenpiteet, jossa syntyy hiilidioksidipäästöjä kaivu- ja kuljetustöissä. Betonimurske puolestaan on hiilidioksidinielu, joka pystyy sitomaan itseensä hiilidioksidia ilmasta. Sementin valmistuksessa hiilidioksidia vapautuu mm. kalsinaatioreaktioissa ja kovettuneessa betonissa alkaa käänteinen karbonisaatioreaktio. Murskaamalla betonijäte pienempään raekokoon reagoiva pinta-ala kasvaa ja hiilidioksidia sitova karbonisaatioreaktio kiihtyy. Betoniin ja betonimurskeeseen voi niiden elinkaaren aikana sitoutua jopa puolet sementin valmistuksen aikaisista hiilidioksidipäästöistä. Tämä sekä mahdollisista kuljetuksista saavutettavat päästösäästöt ovat huomionarvoisia, jos silloista purettava betoni voidaan hyödyntää kohteella tai sen välittömässä läheisyydessä.

#### 5.2.2 Saatavuus, rakentaminen ja käyttö teknisestä näkökulmasta

Käytettäessä uusiomateriaaleja korvaamaan luonnon kiviaineksia, tulee materiaalien teknisten ominaisuuksien soveltua ko. rakennusosaan. Yleisesti uusiomateriaalien on täytettävä InfraRYL:ssä ta-vanomaisille materiaaleille esitetyt materiaalivaatimukset. Joillekin uusiomateriaaleille, esimerkiksi tuhille, nämä vaatimukset eivät kuitenkaan sellaisenaan sovellu. Tällöin on tarkasteltava

uusiomateriaalin vaatimuksia rakennusosakohtaisesti siten, että tekniset ja toiminnalliset vaatimukset täyttyvät. Nämä vaatimukset esitetään rakennussuunnitelmassa. Materiaalin toimittaja osoittaa materiaalihyväksynnän ja tutkimustulosten avulla materiaalien täyttävän suunnitelmassa esitetyt materiaalivaatimukset ja materiaalin kelpoisuuden ko. rakenteeseen. Materiaalivaatimusten täytyessä, ei useimpien uusiomateriaalien käyttö eroa merkittävästi vastaavista luonnon maa- ja kiviaineksista maarakennusmateriaalina.

Uusiomateriaalien laatu vaihtelee riippuen alkuperäisen materiaalin koostumuksesta ja tuhkillä myös iän ja säilytystavan mukaan. Materiaalitoimittaja vastaa siitä, että materiaali täyttää sille esitetyt vaatimukset toimitettaessa ja urakoitsija varmistaa työmaalla ennen rakentamista, että toimitettu materiaali on sopimuksen mukaista. Uusiomateriaalien saatavuus saattaa vaihdella, mihin on varauduttava suunnitteluvaiheessa mm. luonnon kiviaineksiin perustuvalla vaihtoehtosuunnitelmalla.

Tarkempia materiaalien saatavuusneuvotteluja ei käyty tässä selvitysvaiheessa, vaan ne on käytävä hankkeen puitteissa tuottajatahojen kanssa. Monilla materiaaleilla on sovittuja pitkäaikaisia hyödyn-tämiskohteita, mutta neuvottelut saatavuudesta ovat silti mahdollisia.

### **Massastabiloinnin sideaineet**

Uusiomateriaalien saatavuudessa ja laadussa esiintyy vaihtelua. Esimerkiksi tuhkaa ei synny energi-antuantolaitoksilla tasaisesti ympäri vuoden ja tuhkan laatu saattaa vaihdella riippuen mm. käy-tystä polttoprosessista, polttoaineesta ja käsittelystä. Kaikkien massastabilointikalustolla hyödynnet-tävien sideaineiden tulee olla kuivia ja niiden "kulkeminen/juoksevuus" laitteistossa tulee olla ongel-matonta. Sideaineiden logistiikan tulee tapahtua kaikkienensa ("tuotanto"/purku laitoksella, kuljetuk-set, varastointi) kuivana. Massastabiloinnissa on mahdollista hyödyntää myös kosteita sideaineita, seosaineita ja lisärunkoaineita, jolloin kosteat materiaalit levitetään stabiloitavan maakerroksen pin-taan ja esisekoitetaan kaivinkoneella massaun, lopullisen sekoituksen tapahtuessa massastabilointi-kalustolla muiden sideaineiden syöttö- ja sekoitustyön yhteydessä. Kaupunkialueella toimiessa tulee esimerkiksi massastabiloinnissa kiinnittää erityishuomiota työtekniikkaan ja sideaineiden pölyämisen minimointiin.

Massastabilointi edellyttää aina etukäteen laboratoriossa tehtäviä kohde-, runkoaine- ja sideainekoh-taisia stabiloituvuustutkimuksia, joilla määritetään/optimoidaan teknistaloudellinen reseptiikka to-teutukseen. Stabiloitavuuskokeisiin tulee varata aikaa 4 kk (1 kk ja 3 kk lujittumisaika ennen puris-tuskokeita). Tarvittaessa on testattava myös sideaineen ympäristökelpoisuus. Sideaineiden saata-vuus on varmistettava ajoissa, mikäli tarvetta käytölle löytyy.

Mahdollinen jätepohjaisten sideaineiden hyödyntäminen pohjaveden pinnan alapuolella tai alle 1 m etäisyydellä pohjavedenpinnasta edellyttää ympäristölupaa.

### **Betonimurske**

Betonimursketta on teknisesti mahdollista käyttää kaikissa päällysrakenteen ja pengertäytön kerrok-sissa. MARA-asetuksessa hyödynnettävälle betonimurskeelle on asetettu maksimiraekokovaatimus 90 mm, mutta esim. kantavassa kerroksessa InfraRYL edellyttää käytettäväksi pienempiraekista be-tonimursketta. Betonimurske on jossain määrin itselujittuvaa, joten lujittuneen betonimurskekerrok-sen kaivuvastus saattaa olla hieman suurempi kuin luonnon kiviaineksen, mutta kaivu on toteutetta-vissa tavallisella kaivinkoneella ja betonimurske on uudelleen tiivistettävissä ja hyödynnettävissä sa-maan paikkaan.

Betonimurskeita on olemassa useaa eri laatuluokkaa. Betonimurskelaatujen II-IV raaka-aineina käy-tetään purkubetonia, joiden materiaalikohtainen laatu ja haitattomuus tulee varmistaa ennen niiden käyttöä rakentamisessa (laatu saattaa vaihdella toimittajasta riippuen). Betonimurskeen korkea pH voi aiheuttaa alumiinin korroosiota tai polyesterista valmistetun lujitteen lujuuden alenemista.

Porin alueella tuotteistettua betonimursketta on saatavilla ainakin Ruduksen toiminnoista eri toimit-tajilta ainakin 0/45 ja 0/90 raekoossa. Betonimurskeiden saatavuudessa saattaa silti olla vaihtele-vuutta, eli käyttöön saatavilla oleva määrä tulee varmistaa ajoissa. Kyseessä olevalla suunnittelu-hankkeella on suositeltavaa kiinnittää huomiota ja mahdollistaa suunnittelualueen silloista purettavan betonin jalostaminen kohteen väylien päällysrakenteissa hyötykäytettäväksi betonimurskeeksi.

### **Jätteenpolton pohjakuona**

Pohjakuonaa on saatavilla käyttötarkoituksen mukaisessa raekoossa päällysrakennekerrokseen. Hyödyntämiskohteen suunnittelussa on huomioitava, että kuonan mineraaliainepartikkelit ovat tyypillisesti hauraampia kuin tavanomainen kiviaines, eivätkä ne näin ollen kestä kuormitusta samalla tavalla kuin luonnonkiviainesmateriaali. Heikommasta raelujuudesta huolimatta kuonat kuitenkin soveltuvat teknisesti suunnittelualueen alhaisemmin kuormitettujen väylien rakennekerrokseen, silloin kun niiden yläpuolisen murskekerroksen paksuus on riittävä. Saatavuus on varmistettava ajoissa, mikäli tarvetta käytölle löytyy. Pohjakuonan korkea pH voi aiheuttaa alumiinin korroosiota tai polyesteristä valmistetun lujitteen lujuuden alenemistä.

### **Pohjatuhka, leijupetihiekka**

Pohjatuhka vastaa rakeisuudeltaan ja käytettävyydeltään tyypillisesti hiekkaa tai hienoa soraa (0,002-16 mm) ja leijupetihiekka hieman karkeampaa maa-ainesta (0,063-32 mm). Ne soveltuvat teiden, katujen ja kevyenliikenteen väylien sekä kenttien päällysrakenteiden suodatinkerrokseen, jakavaan kerrokseen, pengertäyttöihin ja muihin täyttöihin. Pohjatuhkan ja leijupetihiekan käytössä on huomioitava niiden kyky nostaa vettä kapillaarisesti. Käytettäessä tuhkia esimerkiksi putkijohtokaivannoissa on otettava huomioon tuhkien korroosio-ominaisuudet (Tuhkarakentamisen käsikirja 2012). Varastointi ei vaikuta merkittävästi pohjatuhkan ja leijupetihiekan teknisiin ominaisuuksiin. Saatavuus on varmistettava ajoissa, mikäli tarvetta käytölle löytyy.

### **Vaahtolasi**

Vaahtolasimurske on tuote, jota valmistetaan eri raekokoihin pääasiassa välillä 0...60 mm (sisältää erittäin vähän hienoainesta). Vaahtolasi soveltuu mm. tie-, katu- ja kenttärakenteissa jakavaan ja suodatinkerrokseen (routaeristeenä, keventävänä rakenteena ja/tai kuivatuskerroksena) sekä silta- ja penkereisiin ja tukimuurien taustatäyttöihin. Käsiteltävyys vastaa luonnonmursketta. Saatavuus on varmistettava ajoissa, mikäli tarvetta käytölle löytyy.

### **Tuhkarae**

Teollisesti rakeistettua tuhkamateriaalia on teknisesti mahdollista hyödyntää suodatinkerroksessa ja täytöissä päällystetyillä teillä, kaduilla, kevyen liikenteen väylillä ja kentillä. Raetuhka voi ominaisuuksiensa puolesta toimia keventävänä ja eristävänä materiaaleina luonnon kiviaineksiin verrattuna. Raekoko on 0-40 mm ja materiaalin käsiteltävyys vastaa luonnon kiviaineksia. Saatavuus on varmistettava ajoissa, mikäli tarvetta käytölle löytyy.

### **Teollisuuden sivuhiekat**

Tässä selvityksessä huomioidut teollisuuden sivuhiekat vastaavat käsiteltävyydeltään luonnon hiekkaa. Teknisestikin ne ovat luonnonhiekan kaltaisia muutoin, mutta saattavat olla hieman heikommin vettä läpäiseviä materiaaleja, soveltuen kuitenkin hyödynnettäväksi esimerkiksi suodatinkerroksessa. Saatavuus on varmistettava ajoissa, mikäli tarvetta käytölle löytyy.

## **5.3 Taloudelliset vaikutukset**

Uusiomateriaalien kustannuskilpailukykyyn vaikuttaa merkittävästi materiaalien kuljetusetäisyydet ja alueen kiviainestilanne. Suurissa hankkeissa kuljetusmatkan pienikin optimointi on usein kannattavaa. Betonimursketta on mahdollista tuottaa ko. Vt2 parantaminen Porin keskustan kohdalla - hankkeen sisällä ja/tai sitä on hankittavissa useammasta paikasta alle 25 km etäisyydeltä kohteesta, esimerkiksi tuhkia mahdollisesti saatavilla 5-55 km etäisyydeltä ja mahdollisesti lähitulevaisuudessa myös käsiteltyä pohjakuonaa Porin alueelta (ei mahdollista vielä tällä hetkellä, lähimmät 130 km etäisyydeltä). Uusiomateriaalit ovat keskimäärin luonnonkiviaineksia kevyempiä, mikä voi tuoda kustannussäästöä kuljetuksiin. Valmiiksi tuoteistetuilla uusiomateriaaleilla on toimittajan määrittelemä hintataso tarvittavista määristä ja kuljetusetäisyyksistä riippuen. Uusiomateriaaliratkaisuiden käytöllä voidaan saavuttaa taloudellista hyötyä niiden ollessa hankintahinnaltaan edullisempia, kuin perinteiset materiaalit. Tuoteistettujen materiaalien hinta on usein edullisempi kuin vastaavan luonnonmateriaalin, esimerkiksi betonimurskeen viitteellinen hinta saattaa olla lastattuna 0-1,5 €/t (+kuljetuskustannukset) ja kohteelle tuotuna 2-4 €/t. Yleisellä tasolla voidaan todeta, että tuoteistamattomien uusiomateriaalien (esim. tuhkan) hinta voi joissain tapauksissa olla tehtaalla 0 euroa, sillä

materiaalitoimittajat saattavat olla halukkaita toimittamaan materiaalia jopa kuljetuskustannusten hinnalla työmaalle, koska materiaalien läjittäminen kaatopaikalle on erittäin kallista. Jätteenä kaatopaikalle toimitetun jätteen vero on vuoden 2016 alusta ollut 70 eur/tonni. Toisenlaisiinkin materiaalien hankintakustannuksiin on kuitenkin varauduttava ja hintaneuvottelut on käytävä tapauskohtaisesti erikseen. Hankkeen sisällä muodostuvien uusiomateriaalien hyödyntäminen tuo usein kustannussäästöjä, kun materiaalia ei tarvitse toimittaa vastaanotettavaksi jätteidenkäsittelyalueelle tai maankaatopaikoille.

Massastabiloinnin osalta voidaan todeta, että kohteissa, joissa riittävän lujittumistason aikaansaamiseksi tarvittava sideainemäärä on suuri, on jättepohjainen hinnaltaan (€/tonni) edullisempi sideaine yleensä perusteltu stabiloinnin kustannusten rajoittamiseksi. Vastaavasti mikäli stabilointiin vaikuttaisi riittävän suhteellisen maltilliset määrät sideainetta, ei esimerkiksi lentotuhkan käytöllä sideaineseoksessa välttämättä saavuteta merkittävää taloudellista säästöä. Täysin teoreettisesti ajatellen, mikäli esimerkiksi määrän  $80 \text{ kg/m}^3$  kaupallista sideainetta (KC30 tai pelkkä sementti, karkeat hinta-arviot 120 €/t ja 100 €/t) voisi korvata sideainereseptillä sementti  $40 \text{ kg/m}^3$  + lentotuhka  $100 \text{ kg/m}^3$  (karkea hinta-arvio sementti 100 €/t ja tuhka 0 €/t), tulisi esimerkiksi  $20\,000 \text{ m}^3$  savimäärän stabiloinnin sideainekustannukset olemaan kyseisillä resepteillä pelkästään kaupallisella sideaineella 160 000-192 000 € ja sementti+tuhka sideaineella 80 000 €. Isommilla käytettävillä sideainemäärillä sideainekustannusero tyypillisesti kasvaa entisestään. Kokonaiskustannusero kuitenkin kaventuu hie-man jättepohjaisen sideaineseoksen suuremmasta käytettävästä kokonaissideainemäärästä ja hitaammasta työtekniikasta johtuen. Edellä mainittu laskentaesimerkki on puhdasta spekulointia ja massastabilointi vaatii aina kohde- ja reseptiikkakohtaiset stabiloituvuustutkimukset ratkaisujen teknistaloudellisuuden varmistamiseksi.

Uusiomateriaalien kustannuksissa on kuitenkin huomioitava mahdolliset laadunvarmistuksesta, laboratorioanalyysistä, jalostusprosessista ja muista mahdollisista selvityksistä koituvat kustannukset sekä näihin toimintoihin kuluva aika.

Tämän selvitystyön yhteydessä ei käyty uusiomateriaalien hintaneuvotteluja tai tehty hintatiedusteluja, eikä uusiomateriaalien käytön tarkempia taloudellisia vaikutuksia näin ollen ole tarkasteltu.

#### 5.4 Päästövähennykset

Uusiomateriaaleja hyödyntämällä on mahdollista saavuttaa päästövähennyksiä sekä materiaalien tuotantovaiheessa että kuljetuksessa. Päästöarvo uusiomateriaalien tuotannolle arvioidaan yleensä neutraaliksi. Esimerkiksi tuhkien tuotantoprosessien päästöt kohdennetaan varsinaisille tuotteille. Materiaalin tuotannossa syntyneet päästöt lasketaan kuuluvaksi ensimmäisen elinkaaren vaiheeseen ja uusiomateriaalien tapauksessa syntyneet päästöt lasketaan osaksi päätuotteen elinkaarta. Hyöty kuljetuspäästöissä saavutetaan, jos uusiomateriaalin kuljetusmatka (tonni-km) on lyhyempi kuin luonnonkiviaineksella suhteutettuna ko. materiaaleilla toteutetun valmiin rakenteen tilavuuteen ( $\text{m}^3$ -rtr). Mikäli uusiomateriaali on luonnon kiviainesta kevyempää, voidaan sitä kuljettaa pidempi matka saman tonni-km -määrän muodostumiseksi.

Suurissa hankkeissa päästövähennyspotentiaali on merkittävä – hyötyä voidaan saavuttaa sekä materiaalivalinnoilla että hyödyntämällä muodostuvia massoja alueella. Päästövähennykset katu- ja kunnallistekniikan hankkeissa, joissa on tehty vertailevia päästölaskelmia, ovat olleet 15-50 % Etelä-Suomessa. Myös pohjanvahvistusten päästöintensiivisyyttä voidaan pienentää korvaamalla osa sementistä ja/tai kalkista teollisuuden jättemateriaaleilla. Sideaineoptymoinnilla on väyläkohteiden syvästabiloinneissa saavutettu jopa 50 % päästövähennys.

#### 5.5 Vaikutukset rakenteiden elinkaareen

Tekniset vaatimukset täyttävillä uusiomateriaaleilla suunnitelmallisesti ja laadukkaasti toteutettujen rakenteiden tekninen toimivuus on vastaava (ja joissakin tilanteissa mahdollisesti jopa parempi) kuin pelkästään luonnon kivi- ja maa-aineksilla toteutetulla rakenteella.

Uusiomateriaaleilla voidaan saavuttaa etuja mm. kantavuudessa, lämmöneristävytydessä ja roudan kestävytydessä. Joidenkin sideaineena käytettävien uusiomateriaalien on havaittu parantavan stabiloitujen rakenteiden pitkän ajan lujuuskehitystä.

## 5.6 Väyläviraston materiaalihyväksyntä

Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa (Väyläviraston ohjeita 6/2020) -ohjetta noudatetaan Väylävirastossa ja ELY-keskuksissa suunniteltaessa uusiomateriaalien käyttöä ja päätettäessä uusiomateriaalien käyttämisestä väylärakentamisessa. Uusiomateriaalien käyttöön väylähankkeilla tarvitaan joko Väyläviraston yleinen uusiomateriaalihyväksyntä tai hankekohtainen uusiomateriaalihyväksyntä. Materiaalihyväksyntä on väylähankkeen tilaajan rakennustuotteiden hankintaa varten asetama materiaalivaatimus. Myös muille maanteillä käytettäville tuotteille on Väylävirastossa vastaavia menettelyjä. Uusiomateriaalien materiaalihyväksynnässä arvioidaan sekä uusiomateriaalin teknistä soveltuvuutta tiettyyn rakennusosaan että tietyn uusiomateriaalituotteen osalta laadittuja suunnittelun, rakentamisen ja käytön ohjeita. Vaikka ohje on uusi, niin hyväksymismenettely sinällään ei, sillä aiemmissa uusiomateriaalien käyttöön liittyvissä ohjeissa on kuvattu vastaavat menettelyt: ”Tyyppihyväksyntä” ja ”Liikenneviraston materiaalihyväksyntä”. Ohjeen mukaisesti haetusta ja myönnetystä materiaalihyväksynnästä annetaan Väyläviraston kirjallinen päätös.

Väyläviraston yleisen uusiomateriaalihyväksynnän saamisen jälkeen uusiomateriaalia voidaan käyttää väylähankkeilla ilman erillistä hankekohtaista uusiomateriaalihyväksyntää. Materiaalihyväksynnän saamisen jälkeenkin uusiomateriaalin toimittajan tulee osoittaa, että tuote-erä täyttää käyttökohteen ympäristökelpoisuusvaatimukset ja rakennusosalle asetetut tekniset vaatimukset sekä materiaalihyväksynnän ehdot.

Jos uusiomateriaalilla ei ole Väyläviraston yleistä uusiomateriaalihyväksyntää, on käyttö hyväksyttävä hankekohtaisesti. Hankekohtaisen uusiomateriaalihyväksynnän myöntämisen periaatteet ovat samat kuin Väyläviraston yleisen uusiomateriaalihyväksynnän periaatteet. Hankekohtaisessa hyväksynnässä materiaali hyväksytään kuitenkin vain kyseisen väylähankkeen rakentamis-, kuormitus- ja muihin olosuhteisiin.

## 6. HANKKEESSA HUOMIOITAVIA ASIOITA

### 6.1 Suunnittelu

Jos päätetään, että uusiomateriaaleja otetaan mukaan hankkeeseen:

#### Työselostuksessa tulee esittää

- tarkemmin kohteet, joissa uusiomateriaaleja voidaan hyödyntää
- uusiomateriaalien laatuvaatimukset
- rakentamisohjeet, viittaukset InfraRYLiin ja viittaukset mahdollisiin muihin ohjeisiin
- vaatimukset tilaajalle tehtävästä uusiomateriaalirakenteen dokumentoinnista
- vaatimus MARA-ilmoituksen tai ympäristöluvan mukaisesta urakoitsijan dokumentointivelvoitteesta
- luonnonkiviaineksiin perustuva vaihtoehtoinen suunnitelma

#### Piirustukset

- uusiomateriaalien hyötykäyttö on esitettävä piirustuksissa

#### Selvitykset

- 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.
- stabiloinnin sideaineen soveltuvuus on testattava laboratorioissa ja tarvittaessa kenttäkokeilla. Tarvittaessa on testattava myös ympäristöominaisuudet.

### 6.2 Luvitus

Hankkeella käytettäväksi esitetyt uusiomateriaalit ovat pääosin MARA-asetuksen (Valtioneuvoston asetus 843/2017, 403/2009) ilmoitusmenettelyn mahdollistamia uusiomateriaaleja, kuten



esimerkiksi betonimurske ja jätteenpolton kuona. Ilmoituksessa huomioitavia seikkoja ovat mm.: materiaalien sisältämien haitta-aineiden liukoisuudet eivät saa ylittää asetuksessa ilmoitettuja raja-arvoja, suunnittelualue ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella, pohjaveden ylimmän tason ja MARA-rakenteen alapinnan välillä tulee olla etäisyyttä vähintään 1 metri ja rakenteen suurin sallittu kokonaispaksuus on 1,5 metriä. MARA – ilmoitusmenettely on ympäristölupaprosessia nopeampi menettelytapa. Suunnitelmissa on esitettävä, kuka vastaa MARA rekisteröinti-ilmoituksen tekemisestä sekä loppuraportin laatimisesta.

Mikäli hyötykäyttö edellyttää ympäristölupamenettelyä, on jätteen hyödyntämisen lupamenettely taulukon 2 mukainen.

**Taulukko 1. Infrarakentamisessa hyödynnettävien jätteiden lupaprosessit.**

Käsiteltävä jäte	Luvan myöntäjä
Pilaantumattoman maa-ainesjätteen, betoni-, tiili- tai asfalttijätteen tai pysyvän jätteen muu käsittely kuin sijoittaminen kaatopaikalle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kunnan ympäristöviranomainen, kun käsiteltävä jätemäärä &lt;50 000 tonnia vuodessa</li> <li>AVI, jos &gt;50 000 t/a</li> </ul>
Muiden tavanomaiseksi jätteeksi luokiteltujen uusiomateriaalien käsittely poislukien sijoittaminen kaatopaikalle (esim. Kivihiilen, turpeen ja puuperäisen aineksen polton lentotuhkat, pohjatuhkat ja leijupetihiekat)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kunnan ympäristöviranomainen, kun käsiteltävä jätemäärä &lt;20 000 tonnia vuodessa</li> <li>AVI, jos &gt;20 000 t/a</li> </ul>

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 ennakoivasti, vaikka ei varmuudella tiedettäisikään, tullaanko kyseessä olevia materiaaleja käyttämään hankkeessa. Rakentamisessa käytettävän uusiomateriaalin tulee vastata ympäristölupahakemuksessa ilmoitettua materiaalia.

### 6.3 Urakan valmistelu

Urakan valmisteluvaiheessa on huomioitava ja esitettävä mm. käytettävän uusiomateriaalin laadunhallintatoimenpiteet ja laadunvalvontasuunnitelma (uusiomateriaalien käyttäminen maarakentamisessa ei edellytä tavanomaista laadunvalvontaa poikkeavaa menettelytapaa, mikäli materiaali on CE-merkittyjen tai tuotteistettu), uusiomateriaalin työmaavastaanoton vaatimukset, mahdolliset rajoitukset työmaajalostukseen ja uusiomateriaalien välivarastointiin yms. Lisäksi on selvitettävä tarve ulkopuoliselle asiantuntijavalvojalle ja tarvittaessa nimetään tämä.

### 6.4 Rakentaminen

Rakentamisessa tulee noudattaa InfraRYL:n, Porin kaupungin, Väyläviraston ja materiaalitoimittajien ohjeita.

### 6.5 Ylläpito ja seuranta

MARA-asetus velvoittaa hyödyntämispaikan haltijan antamaan maarakentamisen päätyttyä selvityksen (loppuraportti) rekisteröinti-ilmoituksen vastaanottaneelle viranomaiselle siitä, miten rekisteröinti-ilmoituksen mukainen jätteiden hyödyntäminen on toteutunut.

## 7. TIIVISTELMÄ

Tässä Vt2 parantaminen Porin keskustan kohdalla -hankkeen tiesuunnitelmavaiheen alun uusiomateriaaliselvityksessä pyrittiin tarkastelemaan uusiomateriaalien käyttömahdollisuuksia monesta näkökulmasta.

Uusiomateriaalien osalta on pyritty huomioimaan mahdollisimman läheltä hankittavissa olevat materiaalit sekä niiden käsiteltävyyden ja teknisten ominaisuuksien vastaavuus (tai paremmuus) perinteisiin kiviaineksiin nähden. Selvityksessä huomioitua, muualta käytettäväksi harkittavat uusiomateriaalit on esitetty sijainti-, MARA-kelpoisuus/ympäristölupatarve- ja muine yleistaustatietoineen liitteessä 1 niiltä osin, kuin ne tässä vaiheessa on mahdollista esittää. Materiaalit ovat pääosin MARA-kelpoisia päällystettyyn väylärakenteeseen. Kohteen rakenteiden ja materiaalien sijoittelun suunnittelun yhteydessä tulee vielä varmistua muidenkin MARA-ehtojen täyttymisestä (mm. uusiomateriaalirakenteen maksimikerrospaksuus, etäisyys pohjaveden pintaan ja vesistöön jne.) sekä kaikin puolin ratkaisujen teknisestä ja taloudellisesta tarkoituksenmukaisuudesta.

Potentiaalisimmaksi uusiomateriaalien käyttökohteeksi hankkeella on alustavasti arvioitu suunnittelualueen kevyen liikenteen väylien ja alemman tie-/katuverkon päällysrakenteet ja penkereet/täytöt (esim. betonimurske, käsitelty pohjakuona, pohjatuhkat jne), mahdollisesti myös siltojen tulopenkereiden ja tukirakenteiden taustatäyttöjen kevennysratkaisut (esim. vaahtolasi) sekä mahdollisesti savipehmeikköjen (sulfidimaiden) massastabilointi jätepohjaisia (esim. lentotuhka) sideaineseoksia käyttäen.

Tärkeä kohteella huomioitava seikka on purettavat sillat (9 kpl) ja niistä syntyvä betonijäte, joka on suositeltavaa jalostaa laadukkaaksi betonimurskeeksi hyödynnettäväksi suunnittelualueella tai sen välittömässä läheisyydessä esimerkiksi alemman tie-/katuverkon ja/tai kevyen liikenteen väylien päällysrakenteissa.

## 8. LÄHDELUETTELO/LISÄTIETOJA SAATAVISSA

Salmenperä H., Kauppila J., Kautto P., Sahimaa O., Dahlbo H., Kaitazis N., Autio I., Niskanen A., Kemppi J., Papineschi J., von Eye M., Durrant C. ja Tomes T. (2019) Yhdyskuntajätteen kierrätyksen lisääminen Suomessa – toimenpiteet ja niiden vaikutukset. Valtioneuvoston selvitys- tutkimustoiminta. Valtioneuvoston kanslia, 02/2019.

Teittinen, T. (2019) Uusiomaarakentamisen ympäristövaikutusindikaattorit ja päästölaskenta tie- ja katurakentamisessa. Diplomityö, Aalto-yliopisto.

Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa, Väyläviraston ohjeita 6/2020, Väylä. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo\\_2020-06\\_uusiomateriaalien\\_kaytto\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-06_uusiomateriaalien_kaytto_web.pdf)

[www.uusiomaarakentaminen.fi](http://www.uusiomaarakentaminen.fi)

Tuhkarakentamisen käsikirja (2012) Energiantuotannon tuhkat väylä-, kenttä- ja maarakenteissa [http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/images/2012--Ramboll--Tuhkarakentamisen\\_kasikirja.pdf](http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/images/2012--Ramboll--Tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf)

Massastabilointikäsikirja (2014) [http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/images/Massastabilointik%C3%A4sikirja%20YLEISVERSIO%20-%202014\\_06\\_24.pdf](http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/images/Massastabilointik%C3%A4sikirja%20YLEISVERSIO%20-%202014_06_24.pdf)

Materiaalituottajien ohjeistukset (esim. Ruduksen Betoroc-murskeohje rakentamista ja suunnittelua varten, Suomen Erityisjätteen Scanwas-ohje, Uusioaines Oy:n Foamit Vaahtolasi-ohjeet jne.)