



Kuva: Skanska Infra Oy



Kokemuksia uusiomateriaaleista tierakenteissa

Ilari Harju 28.3.2019

Sisälllys

- Tausta ja tavoitteet
- Rakennuskohteet
- Tutkimusmenetelmät
- Uusiomateriaalit eri rakennusosissa
- Yhteenvedo ja toimivuuden kokonaisarvio
- Johtopäätelmät
- Jatkotutkimustarpeet



Tausta ja tavoitteet

- Selvitys laadittu ja rahoitettu osana Väyläviraston uusiomateriaalien hyödyntämistä liikenneväylähankkeissa koskevaa kehitysprojektia (LIFE15 IPE/FI/004 CIRCWASTE FINLAND)
- Selvityksen tavoitteena on tarkastella väylärakentamisessa käytettyjen uusiomateriaalirakenteiden pitkäaikaistoimivuutta
- Selvityksessä tarkastellut uusiomateriaalirakenteet on toteutettu tuotteistamattomilla sekä osin tuotteistetuilla uusiomateriaaleilla
- Selvitystyön tuloksia hyödynnetään uusiomaarakentamista koskevan julkaisun laadinnassa, jossa esitellään mm. toimivaksi todettuja uusiomateriaalirakenneratkaisuja



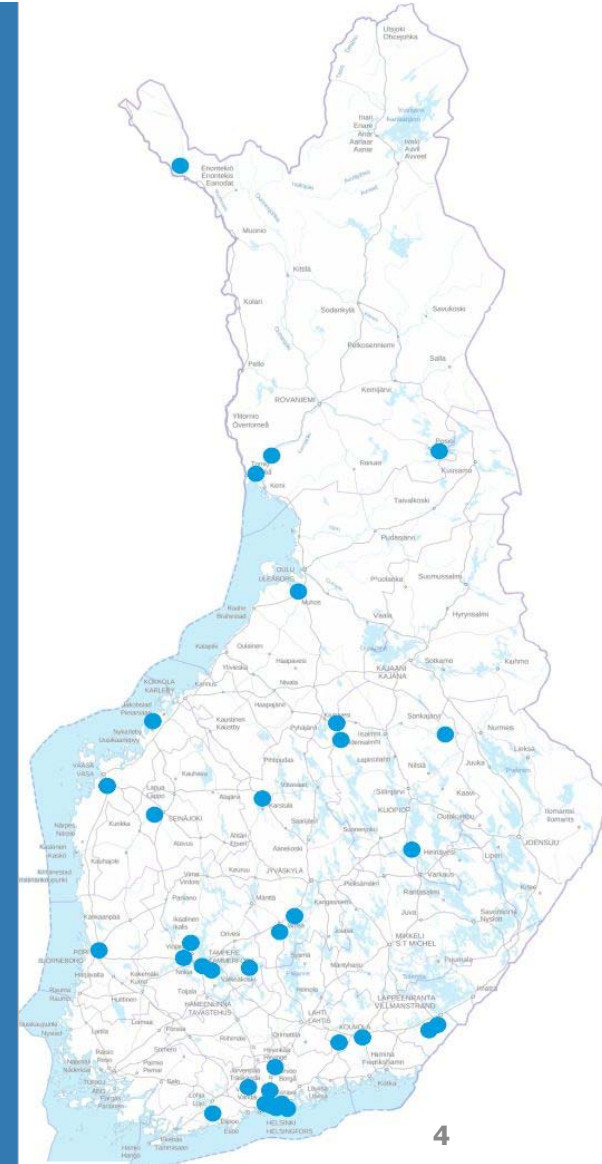
Rakennuskohteet:

- Selvitykseen valittiin käsiteltäväksi yhteensä 38 kohdetta useiden kymmenien kohteiden joukosta

Selvityksessä on tarkasteltu pääasiassa uusiomateriaalien hyödyntämistä sellaisissa rakennuskohteissa, joissa materiaalien käyttö poikkeaa InfraRYL –julkaisussa esitetyistä periaatteista

Selvityksessä käsitellyistä kohteista 23:ssa kohteessa uusiomateriaalia on hyödynnetty päällysrakenteen kantavassa ja/tai jakavassa kerroksessa

Rakenteiden pitkäaikaistoimivuutta on arvioitu vain sellaisilta kohteilta, joiden käyttöhistoria on vähintään kolme vuotta



Tutkimusmenetelmät

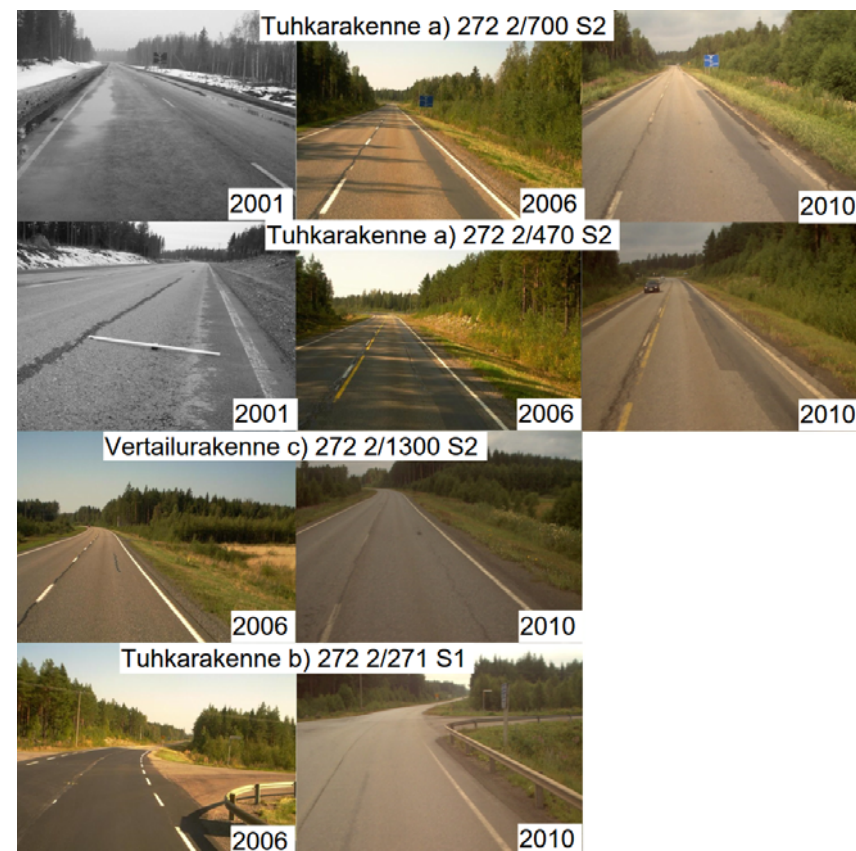
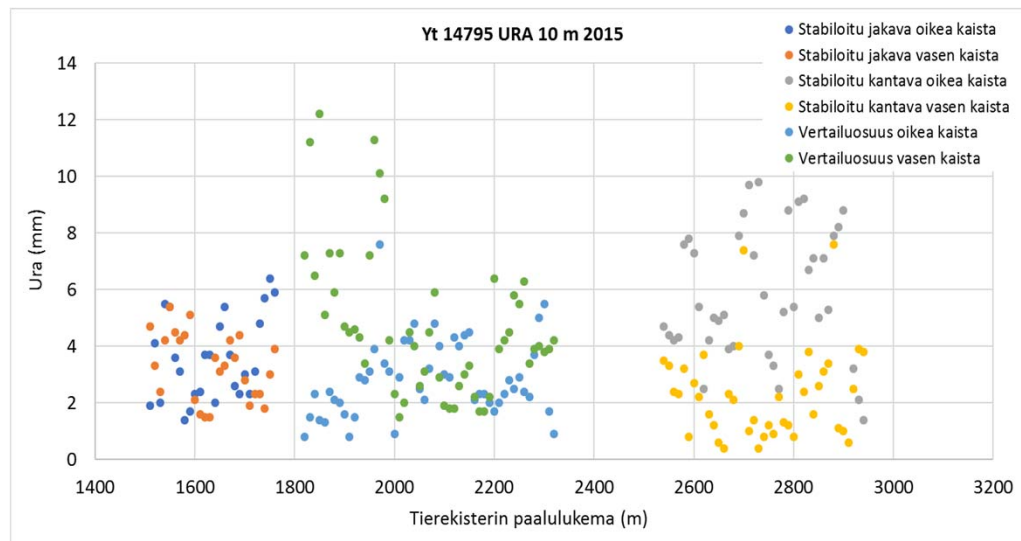
Erityistarkastelussa:

- Suunnittelu- ja mitoitusperiaatteet
- Rakentamistavat ja rakentamisen laatu
- Suunnittelun laadun toteutuminen
- Rakenteen pitkäaikaistoimivuus

Toimivuuden arvioinnissa tarkasteltava tekijä/ominaisuus	Tarkastelutapa
Pituushalkeamat	Silmämääräinen arviointi
Poikkihalkeamat	Silmämääräinen arviointi
Pakkaskatkokot	Silmämääräinen arviointi
Urautuminen	PTM -mittaustulokset
Kantavuus	PPL-mittaustulokset (Lämpötilakorjatut)
Päällystevauriot	Silmämääräinen arviointi
Tasaisuus	PTM -mittaustulokset
Painumat	Silmämääräinen arviointi
Päällysteen tartunta	Silmämääräinen arviointi / Rakennetutkimus
Kuivatus	Silmämääräinen arviointi
Lujuuskehitys	Rakennetutkimus
Tasaisuus	PTM-mittaustulokset / Silmämääräinen arvio
Tien suolaushistoria	Talvihoitoluokka
Liikenteen tyyppi (hidas / nopea)	Nopeusrajoitus
Päällysteen vesitiiviys	Päällystetyyppi / Päällystevauriot

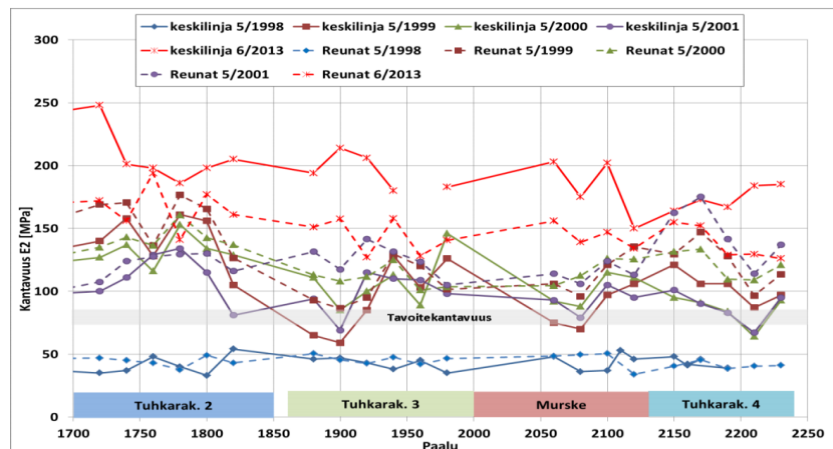
Tutkimusmenetelmät

Päällysteen kunto



Tutkimusmenetelmät

Rakennetutkimukset



Kohde	Rakennus- vuosi	Porauskerat/ Ehjat rakenne- näytteet (kpl)	Puristuslujuus (MPa)				E50 – sekannttimoduuli, 2017 (MPa)	
			Ennakkokoe	Aiemmat tulokset / Vuosi	Keski- arvo (2017)	Mediaani (2017)	Keski- arvo	Mediaani
Kt87	2004	13/6	4,8	3,56/2005	3,83	3,9	254	211
Yt 14547	2006	14/12	4,0 - 6,0	4,67/2006	7,47	8,22	613	542
Yt 14800	2007	4/4	3,0 - 4,0	2,37/2007	3,58	3,58	431	444
Yt 16563	2010	7/5	3,5	4,3/2013	3,31	2,93	378	364
Yt 16573	2010	5/3	3,3	3,3/2013	3,18	3,56	354	354

Kohde	Päällysteen paksuus (mm)	E2- tavoite (MPa)	Mittaus- vuosi	PPL-Mittaukset, mediaaniarvo				
				SCI, d0-d300 (µm)	BCI, d900-d1200 (µm)	E2_T (MPa)	E20_T (MPa)	E120_T (MPa)
Kt 87	40	290	2008	54	27	572	242	83
Yt 14547	40	204	2007	60	43	406	169	57
Yt 16563	50	420	2012	64	25	680	306	116
Yt 11146	40	125	2002	132	63	305	132	36
Yt 16573	50	390	2012	88	29	541	253	113

Sitomattomat kantavat kerrokset

Betonimurskerakenteet:

- Betonimurskerakenteet toimineet pääasiassa suunnitellulla tavalla ja seurannassa ei ole havaittu tavanomaisesta poikkeavaa vaurioitumista
- Betonimurskerakenteilla voidaan saavuttaa pitkän ajan (yli 10 vuotta) kuluessa 15-25 % suurempia päällysteen päältä mitattuja kantavuuksia
- Selvityksessä esitelty myös betonimurskerakenne, joka on vaurioitunut liikenteelle oton jälkeen
 - Syitä vaurioitumiselle mm.
 - Alimitoitettu rakenne
 - Lujittuvana mitoitettun rakenteen toteuttaminen myöhään syksyllä ja liikenteelle avaaminen ennen riittävää lujittumista (myös jakava kerros lujittuvaa materiaalia)
 - Toteutuksen ja rakenteiden laadunvalvonnan ja -varmistuksen puutteet

-> Materiaalikohtaisten ohjeiden noudattaminen tärkeää suunnittelussa, rakentamisessa, laadunvalvonnassa ja käyttöönotossa!

Kohde	Rak. vuosi	Sijainti	Rakenne
Rusutjärvi-Paijala	1995	Yt 11591 1/365 – 1420	BeM 0-50/0-70 (Kantava ja Jakava) ¹⁾
Sasi-Metsäkylä	1996	Vt 3 203/4900 - 204/400	BeM 0-50, 440/300 mm (Kantava ja Jakava) ²⁾
Järvenpää-Mäntsälä	1998	Vt 4 109/1250 - 3925 (ajor. 1)	BeM 0-50, 150 mm (Kantava)
Haikala (Nurmijärvi)	1999-2000	Vuorenhaltijantie (Kirkkotie-Velhotie)	BeM 0-50, 150 mm (kantava) ³⁾
Lasikaari (Pirkkala)	2000-2001	Lasikaari välillä Lentoasemantie-Sorkkalantie	BeM 0-50, 800 mm (Jakava)
Lahden-peräkatu (Tampere)	1996	Lahdenperäkatu (Viinikankatu-Jokipohjantie)	BeM 0-50/~80, 220 mm (Jakava) ⁴⁾
Haaransilta (Liminka)	2001	Kiertotie sekä Vt4 / Vt8 kiertoliittymä	BeM 0-50 (kantava)

¹⁾ Plv. 365-730 ja 1040-1420, kantava BeM 0-50 170 mm ja jakava BeM 0-70 200 mm. Plv. 730 - 1040, kantava BeM 0-50 200 mm ja jakava BeM 0-70 200 mm (koerakenteet tiellä Nummenväylä / Paijalantie).

²⁾ BeM 0-50 440 mm, Ontelolaattamurske. BeM 0-50 300 mm, Ratapölkky murske.

³⁾ Seurantatutkimukset raportoitu Ekoinfra -projektin raportissa vuonna 2002.

⁴⁾ Plv. 50 - 220, BeM ~0-80 (Seulomaton). Plv. 220 - 470, BeM 0-50 (Seulottu).

Sidotut kantavat kerrokset

Stabiloitu uusiomateriaali:

- Materiaaliseokset on aina suhteitettava kokeellisesti, jotta voidaan varmistua siitä, että materiaaliseos saavuttaa rakennuskohteeseen riittävät tekniset ominaisuudet (lujuus, routimattomuus, rasituskestävyys)
- Onnistuneissa rakennuskohteissa lujittuvien uusiomateriaalien sitoutumisreaktiot on havaittu rakenteiden kantavuuksien pitkäaikaisena kehittymisenä
- Lentotuhkilla on luonnonkiviainesta alhaisempi lämmönjohtavuus, joten eristävä kerros saattaa kasvattaa jonkin verran päällysteen kuuraliukkausriskiä
- Kokemukset kuitusaven käytöstä tien päällysrakenteessa ovat vaihdelleet kohteittain ja tässä selvityksessä tehtyjen havaintojen perusteella kuitusavea ei suositella käytettäväksi tien päällysrakenteessa
- Rakenteissa havaittu jäykkien, laattamaisten rakenteiden halkeamavaurioita pohjamaan routanousujen seurauksena

Kohde	Rak. vuosi	Sijainti	Rakenne
Vihtola – Jäkkö (Lappeenranta)	2006	Yt 14795 1/2550-2950	Stabiloitu RiHk 250 mm (LT 20% + Yse 4%)
Yli-Liikka – Kourilehto (Tornio)	1999	Yt 19552 1/1450-2050	LT, 200 mm Stabiloitu LT, 200 mm (Yse 4%) Stabiloitu TeKu, 200 mm (RSe+Kj 1:2, 6%)
Degerby – Tyräs (Inkoo)	2000	Yt 11146 1/0 - 5400	Stabiloitu LT, 200 mm (RPT+Kalkki+Yse, 15+5%) Stabiloitu LT+Ksa (3:1), 200 mm (Yse+RPT 17%)
Ämttö – Poikeljärvi (Pori)	1997	Mt 272 2/340-1340	Stabiloitu PT+LT, 200 mm (Yse 5%)

Yse = Yleissementti
Rse = Rapidsementti
PT = Pohjatuhka

LT = Lentotuhka
Kj = Masuunikuonajauhe
TeKu = Teräskuona
Ksa = Kuitusavi
RiHk = Rikastushiekka (kalsiitin erottamisesta)

Sidotut kantavat kerrokset

Stabiloitu kantava kerros:

- Osalla kohteista liian alhainen alusrakenteen kantavuus on vaikuttanut rakenteiden pitkäaikaistoimivuuteen
 - Tiivistäminen: Liian löyhäksi jäänyt rakennekerros ei lujitu suunnitellusti
 - Kuormitus: Liian heikosti kantava alusrakenne ei tue hydraulisesti lujittuvaa, jäykkää stabiloitua kerrosta riittävästi
- Hydraulisesti lujittuneen stabiloinnin avulla saavutetut kantavuuslisät rakenteissa varsin huomattavia
 - Hydraulisen stabiloinnin E-moduuli jopa 1400...2800 MPa
- Rakentamisessa kiinnitettävä erityistä huomiota materiaaliseoksen vesipitoisuuteen, tiivistystyöhön ja rakentamisajankohtaan
- Paksu ja luja hydraulinen stabilointi ei ole tämän selvityksen perusteella riittävä ehkäisemään pohjamaan ja/tai alusrakenteen epätasaisten routanousujen aiheuttamia vaurioita
 - Vauriot havaittu pituus- ja poikkisuuntaisina päällystevaurioina

Kohde	Rak. vuosi	Sijainti	Sideaineseos
Degerby – Tyris (Inkoo)	2000	Yt 11146 1/0 - 5400	LT+RPT+YSe (1:1:1), 7%
Rautavaara	2004	Kt 87 14/9500-10500	Kipsi+LT+MSe (56:8,5:35,5), 12 %
Teuroinen (Elimäki)	2006	Yt 14547 1/108 - 8165	LT+YSe 8% + 2,5%
Hanhikemppi (Lappeenranta)	2007	Yt 14800 1/150 - 1100	LT+YSe 7% + 4%
Seppola – Kaipola (Jämsä)	2010	Yt 16563 1/300 - 4450	LT+YSe 8% + 3,5%
Hiidenmäki – Vaheri (Jämsä)	20140	Yt 16573 2/0 – 3/108	LT+YSe 7% + 3%

YSe = Yleissementti

Kipsi = dihydraattikipsi

LT = Lentotuhka

RPT = Rikinpoiston lopputuote

MSe = Masuunisementti

Jakavat kerrokset

- Sitomattomat uusiomateriaalirakenteet (Fku, BeM) toimineet jakavassa kerroksessa suunnittelulla tavalla
- Mt 272:n stabiloitujen uusiomateriaalirakenteiden rakentamisessa käytetty tuhka oli poikennut teknisiltä ominaisuuksiltaan suhteituskokeissa käytetystä tuhkasta
 - Vaikutukset materiaaliseoksen tiivistymis-, lujittumis- ja rasituskestävyysominaisuuksiin
- Viikin savikadun perusteella oleellista stabiloitujen heikkolaatuisten kaivuumassojen hyödyntämisessä eri rakennusosissa on huolehtia rakenteiden kuivatuksesta
 - Esim. Viikin savikadun massastabiloitu savi on luokiteltu laboratoriossa routivaksi, mutta hyvin kuivatettu rakenne on toiminut suunnitellulla tavalla
- Käsitellyn jätteenpolton pohjakuonan rakentamisen yhteydessä havaittu kuonan lujittumisominaisuuksien vaikutus rakenteen kantavuuteen
 - Sama ilmiö kuin lujittuvilla lentotuhkilla, mutta kuonan lujittumisreaktio ei ole yhtä voimakas
 - Jätteenpolton pohjakuonalla rakennettaessa kiinnitettävä huomiota materiaalin vesipitoisuuden säätämiseen optimialueelle

Kohde	Rak. vuosi	Sijainti	Rakenne
Vt4 Tervola (Keminmaa)	2005	Vt4 429/6715-6815	Fku, 700 mm
Vihtola – Jäkkö (Lappeenranta)	2006	Yt 14795 1/2550-2950	Stabiloitu KT+Ksa, 350 mm (YSe 5,5%)
Ämttö – Poikeljärvi (Pori)	1997	Mt 272 2/340-1340	Stabiloitu LT, 500 mm (Yse 6%)
Haikala kadut (Nurmijärvi)	1999	Vuorenhaltijantie	BeM 150 mm + MaHk 400 mm
Vt19 Seinäjoen itäinen ohikulkutie klv	2015	Kevyen liikenteen väylä J2	JpKu, 700 mm
Viikin savikatu (Helsinki)	1997	Tilanhoidajankaari	Massastabiloitu savi, 550 mm

YSe = Yleissementti

LT = Lentotuhka

KSa = Kuitusavi

BeM = Betonimurske

JpKu = Käsitelty jätteenpolton pohjakuona

Fku = Ferrokromikuonamurske

Suodatinkerrokset

- Selvityksessä tarkasteltujen suodatinkerrosten uusiomateriaalirakenteiden ei ole havaittu vaikuttavan rakenteen pitkäaikaiskestävyyttä heikentävästi
- Ferrokromikuonan luonnonhiekkaa parempi lämmöneristävyys hyödynnettävissä routamitoituksessa
- Pohjatuhkien kapillaarinen nousukorkeus voi olla jopa 0,7 m, mikä on huomioitava kuivatusta suunniteltaessa
- Pohjatuhkan rakeet voivat hienontua iskevän kuormituksen seurauksena, mikä on huomioitava rakennetta tiivistettäessä

Kohde	Rak. vuosi	Sijainti	Rakenne
Vt4 Tervola (Keminmaa)	2005	Vt4 429/6715-6815	Fku, 500 mm
Ämttöö – Poikeljärvi (Pori)	1997	Mt 272 2/340-1340	PT, 300 mm

Fku = Ferrokromikuonamurske

PT = Pohjatuhka

Soratiet



- Kaikki selvityksessä tarkastellut sorateiden uusiomateriaalirakenteet ovat sidottuja/stabiloituja rakenteita, jotka korvaavat soratien murskekerrosta (kantava/jakava)
- Lentotuhkarakenteiden osalta havaittu, että tuhkakerroksen päälle rakennettavan murskekerroksen tulee olla vähintään 100 mm
 - Veden tulee päästä poistumaan tuhkakerroksen päältä sivuille
- Sidottuihin rakenteisiin kohdistuu sorateilla päällystettyjä teitä voimakkaampi ilmastokuormitus, mikä on huomioitava suhteituksessa
- Huonosti vettä johtavan, sidotun uusiomateriaalirakenteen sijoittaminen soratien kulutuskerroksen alapuolelle edellyttää riittävää sivukaltevuutta pintakelirikon ehkäisemiseksi
 - Heikosti vettä läpäisevän kerroksen on toisaalta myös havaittu kuivattavan kulutuskerrosta
- Tuhkamursketietutkimuksissa lentotuhkan käytön on havaittu vaikuttavan positiivisesti rakenteen kantavuuteen

Kohde	Rak. vuosi	Sijainti	Rakenne
Metsäkulmantie (Koria)	1998 ja 2001	14657 1/1000 – 2550	Stabiloitu LT, 200 mm
Mustinsalo – Sarkalahti (Leppävirta)	2002	5341 3/5000 – 6140	Stabiloitu kantava kerros (LT+Yse) Stabiloitu LT
Vt 11 – Ala-Pinsiö (Nokia)	2012	Yt 13791 1/580 – 3340	Stabiloitu LT+KSa (Yse 7%)
Kukkia – Circlet (Pälkäne)	2002	Mt 3201 3/2850 – 10340 Pt 13981 1/340 – 2500	Stabiloitu kantava kerros 200 mm (LT+Yse/FTC) Stabiloitu LT+KSa 200 mm
Tuhkatie –hanke (Karstula)	2011	Useita koerakenteita metsäautoteillä	LT+kulutuskerroksen murske
Knuters – Östersundom (Sipoo)	1997	11636 1/1475 -1855	LT, 500 mm LT+RPT 500 mm Stabiloitu LT, 500 mm

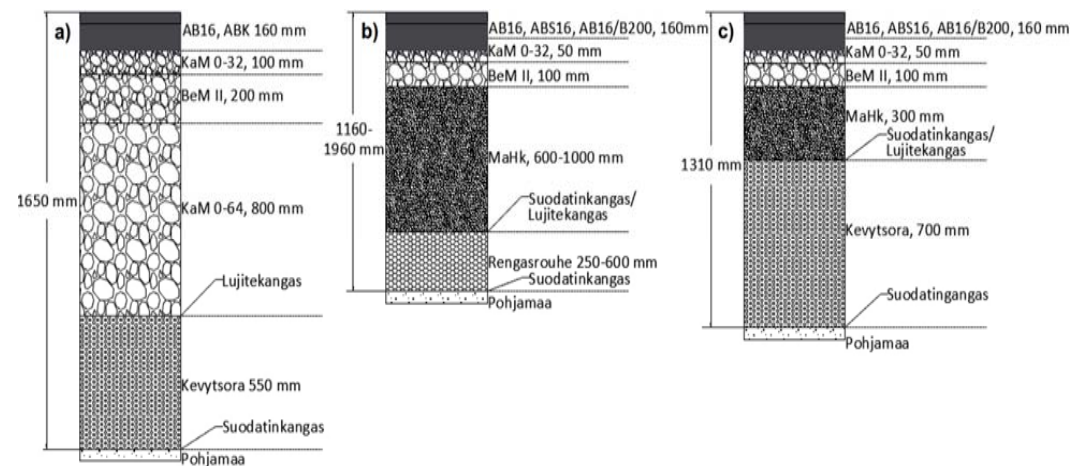
YSe = Yleisementti LT = Lentotuhka
FTC = Kalkki-sementtiseideaine

KSa = Kuitusavi
RPT = Rikinpoisto lopputuote

Kevennetyt penkereet

Parivaljakontie (Helsinki, 2001)

- Rengasrouheen palakoon havaittiin vaikuttavan kerroksen tiivistämiseen sekä käytön aikaiseen tiivistymiseen
 - Materiaalin laadunseuranta tuotannossa ja työmaalla tärkeää
- Rengasrouhe- ja kevytsorakevennykset toimineet toistensa veroisesti
 - Molempien rakenteiden painumat lähestulkoon samansuuruiset (huom! kyseessä on korjauskohde, jota on esikuormittanut aikaisempi maanvarainen katurakenne pitkään)
- Masuunihiekan tiivistäminen onnistui paremmin lujitekankaan päältä kuin suodatinkankaan päältä
- Työmaalla vastaanotetun betonimurskeen havaittiin olevan paikoin lajittunutta ja siitä puuttui hienoaainesta



Kevennetyt penkereet

Kehä I Meluvalli: Pilaristabiloinnin ja kevennyksen yhdistelmä rakenne

- Rengastäyttö kokoonpuristui suunniteltua enemmän
 - Renkaiden päällä ylipaksu täyttö?
 - Räjäytysmattokerrosten käyttäminen rengastäytössä? (ei alkuperäisessä suunnitelmassa) => vaikutus täytön tilavuuspainoon?
- => Rakennetta korotettiin EPS –blokeilla ensimmäisen maataytön jälkeen

Kohde	Rak. vuosi	Sijainti	Rakenne
Kehä I Meluvalli (Helsinki)	2016–2017	Kehä I	Kierrätysrenkaat ja EPS –blokit meluvallin keventeenä
Vt7 Porvoo – Koskenkylä (Porvoo)	2000	Vt 7, Porvoo	Kierrätetyt kokonaiset renkaat meluvallissa

Vt7 Porvoo: Kokonaisten kierrätysrenkaiden hyödyntäminen meluvallin rakentamisessa

- Rakentamisen aikana kokonaiset renkaat pysyivät suunnitellussa luiskakaltevuudessaan
- Suodatinkankaan asentaminen joustavan pengermateriaalin päälle oli kohteella aluksi haastavaa
 - Työtapu kehittyi rakentamisen aikana
- Rengaskerroksen keskimääräiseksi kokoonpuristumaksi määritettiin noin 30 %

Liikennekuormitetut maapenkereet

- Penkereissä materiaalityö on usein suuri, joten vaihtoehtoisen rakennusmateriaalin käyttö on perusteltua
- Kun rakenteen kuivatus on suunniteltu riittävän hyvin, niin lähtökohtaisesti routiva materiaali välttämättä roudi haitallisessa määrin ja aiheuta rakenteen vaurioitumista
- Lentotuhkapenkereiden rakentamisessa käytetyn tuhkan vesipitoisuus oli säädetty materiaalityöntekijän toimesta, ennen tuhkien toimittamista työmaalle
 - Rakentaminen sujui lähes suunnitelmallisesti
- Lentotuhkapenkereen rakentamisessa runsas sade voi aiheuttaa laaturiskiä ja ongelmia rakentamisessa
 - Rakentamisessa varauduttava sateeseen
 - Rakentamista myöhään syksyllä syytä välttää

Kohde	Rak. vuosi	Sijainti	Rakenne
Vt21 (Kilpisjärvi)	1986	Vt 21 Peera	Moreenipenger
Männikkövaara (Posio)	1996	Mt 941 8/3700 – 3900	Moreenipenger
Vt19 ja Vt3/Vt8 (Seinäjoen ja Laihia)	2014 ja 2017	-	Lentotuhka sillan tulopenkereessä
Lövö – Sandsund (Pietarsaari)	2015	Mt 741 KLV	Lentotuhka KLV:n penkereessä

Liikennekuormittamattomat maapenkereet



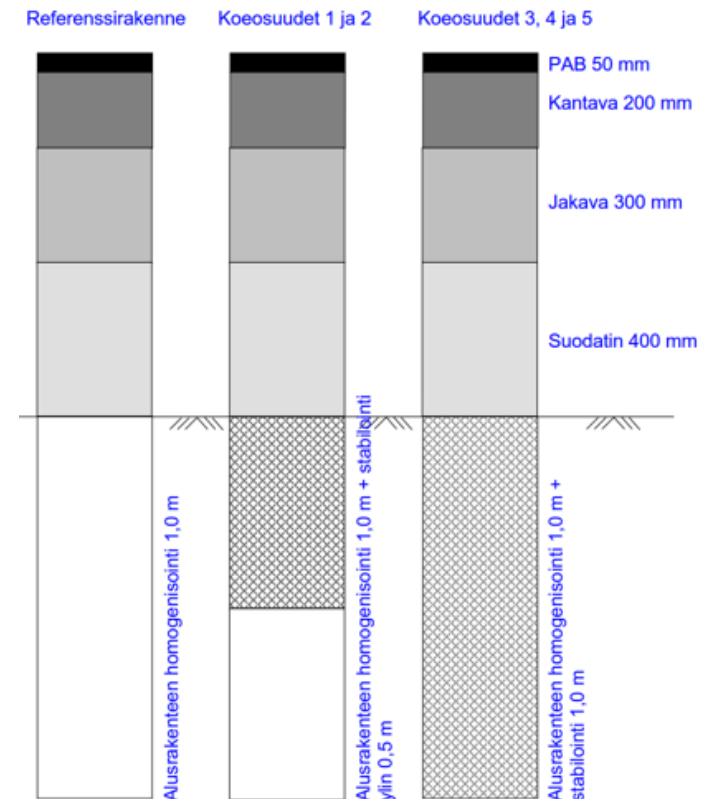
- Sepänmäen meluvallin täytössä käytetty tuhkasideaineseoksilla stabiloitu ruoppausmassa (sedimentti Sa + ljSa) on saavuttanut allasstabiloinnissa lujuuden, joka on kestänyt hyvin lastauksen, siirron (Jätkäsaari – Malmi), purun ja rakentamisen ongelmitta
- Kerroksen lujuuden on todettu olevan suurempi kuin se oli altaassa n. 1-12 kk lujittumisajan jälkeen
- Perkkaan koirapuiston stabilointi onnistui tehtyjen tutkimusten perusteella hyvin. Ylijäämänsaven lyhyt kuljetusetäisyys sekä uusiomateriaalien käyttäminen massastabiloinnin sideaineena vähensi rakentamisen CO₂ -päästöjä.

Kohde	Rak. vuosi	Sijainti	Rakenne
Kehä I (Sepänmäki, Helsinki)	2016-2018	Sepänmäki, Kehä I	Stabiloitu ruoppausmassa meluvallin täytössä
Koirapuisto (Perkkaa)	2012-2013	Espoo, Perkkaa	Stabiloitu hienorakeinen leikkausmassa penkereessä

Pohjamaan pinnan stabilointi

Kohde	Rak. vuosi	Sijainti	Rakenne
Mt 595 (Kiuruvesi)	1996	Mt 595	Moreenipohjamaan pinnan stabilointi
Mt 5950 (Salahmi)	1997	Mt 5950	Alusrakenteen homogenisointi mekaanisesti sekä homogenisoidun materiaalin hienoaineksen käsittely stabiloinnin avulla

- Kiuruveden (Mt 959) ja Salahmin (Mt 5950) kohteiden perusteella voidaan todeta, että pohjamaan stabilointi vähentää rakenteen routanousua
- Tehdyissä koekohteissa routanousu kasvoi vuosien kuluessa ja epäillään, että pohjamaan pintaan stabiloidut kerrokset eivät ole kestäneet toistuvia jäätymis-sulamissyklejä.



Yhteenvedo ja toimivuuden kokonaisarvio

Taulukko 49. Masuunihiekka ja stabiloitu savi sekä stabiloitu lentotuhka+ kuitusavi jaka-
vassa kerroksessa. Kohteiden toimivuuden kokonaisarvio.

Kohde	Parivaljakontie (Helsinki, 2001)	Yt 14795 Vihtola – Jäkkö (Lappeenranta, 2007)	Väkin savikatu (Helsinki, 1997)
Rakenteen parantamisen / ra- kentämisen syy	Perusparannus painumien takia	Leventäminen, perusparannus	Uudisrakentaminen
Toteutetun rakenteen toimivuuden kokonaisarvio	Tyydyttävä , Rakenteen painuminen pysähtynyt ja kantavuus parantunut. Painumattomat vesihoitokanteet aiheuttaneet päällystevaurioita.	Tyydyttävä , Päällystehalkkeamat ja vertailurakennetta suuremmat IRI-tasaisuuden arvot	Tyydyttävä/Hyvä , Päällystevauriot
KVL (ajon./vrk)	Ei tiedossa	436	Ei tiedossa
Kantavuustavoite	350 MPa 2 kk ikäisenä	5 AB	Ei tiedossa
Rakenne	Päällystetyyppi	AB, 160 mm	AB 20/100
	Kantava	KaM 50 mm + BeM 100 mm	BST/170 mm + KaM/200 mm
	Jakava	MaHk 300 - 1000 mm	Stab. KSa + LT / 550 mm
	Suodatinkerros	Suodatinkangas	Sr/ 100mm + PT / 300 mm
	Pengertäyttyö/Kevennys	KS / 550-700 mm RR2 / 250-600 mm	-
	Pohjamaa/alusrakenne	Sa	saSi/laSa
	Stabiloinnin runkoaine	-	KSa+LT
Toimivuus	Stabiloinnin sideaine	-	YSe 5,5 %
	Päällystehalkkeamat	+	-
	Urautuminen	ei mitattu	+
	Kantavuus (MPa)	350-450	ei mitattu
	Tasaisuus	ei mitattu	++
	Kuivatus	+	ei tiedossa
	Takaisinlask. E-moduuli	Esitetty raportissa Haatainen & Forsman 2002	ei mitattu
Seurantatutkimukset	Forsman & Koivisto 2002	Ramboll 2008 b	Mäkelä et al. 2000
Ylä- ja/tai alapuolisten rakennusosien vaikutus	Kevennykset ja päällysrakenteet toimineet suunnitellusti	Pehmeä, routiva ja heikosti kuivattaa stabiloituneen kerroksen	Alapuolinen rakenne
Tehdyt korjaustoimenpiteet	Saumapaikkaukset	Ei	Päällystepaikkaukset
Huomiot:			

MaHk = Masuunihiekka LT = Lentotuhka KSa = Kuitusavi
BST = Bitumistabilointi

Taulukko 44. Stabiloitu kantava kerros, uusiomateriaalideainseoksella stabiloitu
murske. Kohteiden toimivuuden kokonaisarvio. (Harju 2017, muokattu)

Kohde	Yt 11146 Degerby – Tyräs (Inkoo, 2000)	Kt 87 Rautavaara (Rautavaara, 2004)	Yt 14547 Teuroinen (2007, Elämäki)
Rakenteen parantamisen / rakentamisen syy	Päällystevauriot, kantavuuspuute, reunapainumat	Kantavuuspuute, painumat, urautuminen, verkko-halkaisu	Painumat, urautuminen, päällystevauriot, kantavuuspuute
Toteutetun rakenteen toimivuuden kokonaisarvio	Välttävä , Heikko alusrakenteen kantavuus vaikeuttanut rakenteen tiivistämistä. Routivan pohjamaan routanousut vaurioittaneet jäykkää kantavaa kerrosta	Tyydyttävä , Stabiloinnin lujuus kehittynyt ajan myötä. Heikosti kuivatettu tierakenne routinut ja aiheuttanut vaurioita stabiloituneen kerrokseen ja päällysteeseen.	Tyydyttävä , Stabiloinnin lujuus kehittynyt ajan myötä. Routiva alusrakenne aiheuttanut vaurioita stabiloituneen kerrokseen ja päällysteeseen.
KVL (ajon. / vrk)	509	442	170
Kantavuustavoite	125 MPa	290 MPa	204 / 243 MPa
Rakenne	Päällystetyyppi	PAB-V 16/100	PAB 16/100 (AB plv. 7100-8100)
	Laakerikerros	Kyllä / 50 mm	Kyllä / 50 mm (vain. plv. 9550-9750)
	Kantava kerros	Stabiloitu 250 mm	Stabiloitu 250 / 300 mm
	Kantavan kerroksen alapuoliset rakenteet	Olemassa olevan tien rakennekerrokset	
	Pohjamaa	Savi/Siltti	Moreeni
	Stabiloinnin sideaine	LT+RPT (kipsi) + YSe (1:1:1, 7 %)	Kipsi + LT + Masuunimurske (56:8,5:35,5, 12 %)
	Stabiloinnin runkoaine	Heikkolaatuinen murske	Hyvälaatuinen murske
Toimivuus	Tavoitekujuustaso	4,0 - 4,5 MPa	4,1 - 5,2 MPa
	Pituushalkkeamat	-	-
	Poikkialkeamat	-	+
	Pakkaskatkot	ei mit.	+
	Urautuminen	ei mit.	ei mit.
	Kantavuus	+++ 200-250 MPa	+++ 570 MPa
	Päällystevauriot	-	(+)
	Tasaisuus	-	-
	Painumat	-	+
	Päällysteen tartunta	-	-
	Kuivatus	-	-
	Lujuuskehitys	-	+++
Seurantatutkimukset	Tarkio 2013, Harju 2017	Harju 2017	Harju 2017
	Ylä- ja/tai alapuolisten rakennusosien vaikutus	Huonosti kantava routiva pohjamaa	Alemmat rakennekerroksen routivia ja puutteellisesti kuivatettu
			Routiva pohjamaa aiheuttanut vaurioita

Johtopäätelmät

- Selvityksessä tunnistettiin usean uusiomateriaalirakenteen potentiaali käytettäväksi päällys- ja pengerrakenteissa.
- Selvityksen perusteella uusiomateriaalit toimivat päällys- ja pengerrakenteessa suunnitellulla tavalla, kun rakenteet on suunniteltu, mitoitettu ja toteutettu oikein.
 - Tuotteistetuilla uusiomateriaaleilla toteutetuissa kohteissa havaittiin ongelmia vain silloin, kun jokin/jotkin edellä esitetyistä asioista ei toteutunut
- Hydraulisesti sidotuilla uusiomateriaalirakenteilla saavutetaan luonnon maa- ja kiviainesta parempi lämmöneristävyys, jota oikein hyödyntämällä voidaan rajoittaa roudan tunkeutumissyvyyttä rakenteessa
- Hydraulisesti sidottujen rakenteiden E -moduulit ovat usein huomattavasti luonnon maa- ja kiviainesta suurempia, jolloin niiden avulla voidaan rakentaa suuren kantavuuden omaavia rakenteita
- Hydraulisesti sidottujen uusiomateriaalirakenteiden ja stabilointien tapauksissa puutteet materiaaliseoksen homogeenisuudessa, tiivistämisessä ja vesipitoisuudessa kasvattavat rakenteen vaurioitumisriskiä sekä heikentävät rakenteen pitkäaikaistoimivuutta herkemmin kuin perinteisten sitomattomien luonnon maa- ja kiviainesten tapauksissa
 - Riskin vähentämiseksi, kokeellisessa suhteituksessa tulee pyrkiä optimoimaan rakentamisessa käytettävä materiaaliseos sietämään mahdollisimman paljon vaihtelua esimerkiksi vesipitoisuudessa ja/tai tiiveysasteessa

Jatkotutkimustarpeita

- Sidottujen uusiomateriaalirakenteiden yhdistäminen sitomattomista materiaaleista rakennettujen rakennekerrosten kanssa kasvattaa jäykkyyseroja päällysrakenteessa
 - Hydraulisilla sideaineilla stabiloitujen jäykkien rakennekerrosmateriaalien sietämiä vetojännityksiä tulisi tutkia tarkemmin mallinnuksen ja laboratoriotutkimusten avulla ja näin ollen kehittää uusiomateriaalipäällysrakenteiden mitoitus tapaa
- Osa tässä selvityksessä tarkastelluista alemman tieverkoston koerakennuskohteista on toteutettu tilaajan vaatimuksesta mahdollisimman kustannustehokkaasti, jolloin rakennepaksuudet ovat olleet usein ohuita
 - Tulevissa koerakenteissa tulisi pyrkiä välttämään tietoista alimitoitusta
- Selvityksessä tarkastellut rakennuskohteet sijoittuvat pääasiassa alemmalle tieverkolle, jossa liukkaudentorjunnassa käytetään ensisijaisesti hiekoitusta ja tien pinnan karhennusta.
 - Sitoutuvien, sidottujen ja stabiloitujen uusiomateriaalirakenteiden suolapakkaskestävyyttä tulisikin jatkossa tutkia tarkemmin laboratoriossa

