

UUSIOMATERIAALIT INFRARAKENTAMISESSA

Case Koululaisenpolku

Lämsä Heikki

Opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Heikki Lämsä	Vuosi	2020
Ohjaaja	Ari Romakkaniemi		
Toimeksiantaja	Veljekset Toivanen Oy		
Työn nimi	Uusiomateriaalit infrarakentamisessa		
Sivu- ja liitesivumäärä	39		

Opinnäytetyössäni tavoitteena oli selvittää kolmen eri uusiomateriaalin käyttämistä infrarakentamisessa maarakennusurakoitsijan näkökulmasta. Vuonna 2017 toteutettiin kiertotalouden alueellinen innovaatiokokeilu. Kemian kaupungin omistama kevyen liikenteen väylä päätettiin peruskorjata hyödyntäen teollisuuslaitosten prosesseissa syntyviä sivuvirtamateriaaleja ja niistä tuotteistettuja rakennusmateriaaleja; pohjatuhkaa, OKTO-eristettä ja Fill-R-kevytkiviainesta.

Case-esimerkissä on käyty läpi toteutunut hanke, jossa kevyen liikenteen väylä peruskorjattiin edellä mainittuja uusiomateriaaleja hyödyntäen. Kohteen peruskorjaus on käyty läpi vaihe vaiheelta ihan siitä syystä, että se innostaisi kokeilemaan uusiomateriaalien käyttöä rohkeammin. Vaikka voisi helposti tosin olettaa, niin rakentaminen ei juuri poikkea totutusta.

Uusiomateriaalien käytön tuloksia tarkasteltiin käytettävyyden, vertailevan tutkimuksen ja laadullisesta näkökulmasta. Materiaalit olivat kaikki käytettävyydeltään hyviä, mutta pohjatuhkan pölyäminen koettiin epämieluisana. Koerakenteiden keskinäisessä vertailussa OKTO-eristeellä toteutettu rakenne todettiin muita paremmaksi sen perusteella, että massanvaihtoa tarvittiin vähiten ja rakenne oli muita yksinkertaisempi. Laadullisia eroja eri koerakenteiden välillä ei puolestaan havaittu 2,5 vuotta rakentamisen jälkeen suoritettulla silmämääräisellä tarkastelulla.

Degree Programme in Civil Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Heikki Lämsä	Year	2020
Supervisor	Ari Romakkaniemi		
Commissioned by	Veljekset Toivanen Oy		
Subject of thesis	Recycled Materials in Infrastructure		
Number of pages	39		

The thesis studied the utilization of three different recycled materials in infrastructure. A regional innovation experiment in the circular economy was conducted in 2017. The cycleway in the town of Kemi was renovated utilizing the by-product materials generated in the processes of industrial plants and the construction materials productized from them, namely, bottom ash, ferrochrome slag OKTO insulation material and Fill-R lightweight stone material.

A completed project was studied as a case, in which the cycleway was renovated using the recycled materials. The case introduced step by step and precisely to encourage the use of recycled materials more boldly. The construction work did not differ much from traditional construction.

The results of the use of different recycled materials was examined from the point of view of usability, comparative research and qualitative. All the materials were good in usability, but the dusting of bottom ash was unpleasant. In the comparison of the experimental structures, the OKTO insulation structure was better than the others because the need for mass exchange was the least and the structure was simplest. Qualitative differences between the different experimental structures were not observed in the visual inspection done 2.5 years after construction.

Key words

recycled materials, bottom ash, OKTO, Fill-R

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	KIERTOTALOUS TEOLLISUUDESSA	8
2.1	Teollisuuden sivuvirrat	8
2.2	Veljekset Toivanen Oy ja kiertotalous	8
3	UUSIOMATERIAALIT	12
3.1	Uusiomateriaalit ja niiden käyttö	12
3.2	OKTO-eriste	13
3.3	Pohjatuhka	13
3.4	Fill-R	14
3.5	LD-masuunihiekka	15
3.6	Betonimurske	16
4	CASE KOULULAISEN POLKU	18
4.1	Koululaisenpolun peruskorjaus uusiomateriaaleilla	18
4.2	Käytettävät resurssit	19
4.3	Valmistelevat työt	20
4.4	Leikkaus	22
4.5	Infratekniikka	22
4.6	Täyttö - Suodatinkerros	23
4.6.1	OKTO-eriste, versio 1	23
4.6.2	Hiekka	24
4.6.3	Pohjatuhka	25
4.6.4	OKTO-eriste, versio 2	27
4.6.5	Fill-R	28
4.7	Täyttö - Kantava kerros	29
4.8	Päällystys	30
4.9	Työmaan päättäminen	31
5	TULOKSET	33
5.1	Tulosten tarkastelu	33
5.2	Käyttäjien kokemukset	33
5.3	Vertaileva tutkimus	34
5.4	Laadullinen tarkastelu	35

6 POHDINTA.....	37
LÄHTEET.....	38

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

3D-järjestelmä	Maanrakennuskoneeseen asennettava satelliittipaikannukseen perustuva mittausjärjestelmä
Fill-R	Ecolan Oy:n tuotemerkki lentotuhkasta valmistetulle kevytkiviainekselle
InfraRYL	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
KKHp	Koneluokitusmerkintä pyöräalustaisesta kaivinkoneesta
m2tr	Teoreettinen neliömetrin pinta-ala
m3rtr	Rakenneteoreettinen kuutiometri
OKTO	Outokumpu Chrome Oy:n tuotemerkki ferrokromikuonasta valmistetulle materiaalille
PLV	Paaluväli, yksikkö metri

1 JOHDANTO

Uusiomateriaalien käytön infrarakentamisessa ei voida sanoa tulleen vakiintuneeksi käytännöksi. Tuhkamateriaalit, kuten pohja- ja lentotuhka soveltuvat ominaisuuksiltaan hyvin maarakentamiseen, mutta lain tuomat rajoitukset ja vaatimukset nostamat käyttökynnystä.

Meri-Lapin alueella rakentamisessa käytetään tuotteistettua uusiomateriaali OKTO-eristettä puolestaan oikein mielellään ja totutusti johtuen hyvästä saatavuudesta, hyvistä ominaisuuksista ja kilpailukykyisestä hinnasta. Mahdollisesti tuhkamateriaaliekkin käyttäminen olisi enemmän kiinnostusta herättävää, jos materiaalin käyttämiseen jollain tavalla taloudellisesti kannustettaisiin, eikä tällöin teollisuusyrityksen tarvitsisi toimittaa sitä jätteenä kaatopaikalle. Toisaalta tuotteistaminen, kuten lentotuhkasta valmistettu Ecolan Oy:n Fill-R-kevytkiviaines, helpottaa käyttämistä, kun tuotteen käyttäjän ei tarvitse nähdä vaivaa viranomaisen asettamia rajoitusten ja vaatimusten täyttämässä. Näin teollisuuslaitosten tuhkamateriaaleille tulisi vakituinen toimituskohde ja syntyisi uutta kiertotalouteen pohjautuvaa yritystoimintaa.

Kemissä toteutettiin vuonna 2017 hanke, jossa kevyen liikenteen väylä peruskorjattiin eri uusiomateriaaleja hyödyntäen. Materiaaleja käytettiin rakenteen suodatinkerroksessa, jotka olivat pohjatuhka, OKTO-eriste ja Fill-R-kevytkiviaines. Projektissa haluttiin kokeilla eri uusiomateriaaleja ja verrata niitä perinteiseen materiaalin, hiekkaan. Kun käytetään uusiomateriaaleja, saadaan teollisuuden sivuvirrat hyötykäyttöön ja samalla säästetään luonnonmateriaaleja. Itse rakentaminen ei välttämättä poikkea totutusta, vaikka luonnonmateriaali vaihtuisikin uusimateriaaliin ja sitä käsitellään tässä opinnäytetyössä.

2 KIERTOTALOUS TEOLLISUUDESSA

2.1 Teollisuuden sivuvirrat

Kiertotaloudella pyritään vähentämään talouden jätevirtoja niin, että materiaalia ei päädy jätteeksi vaan se menee hyötykäyttöön. Materiaali saadaan näin pidettyä pitemmän aikaa hyödykkeenä ja sen elinkaarta jatkettua loppu päästä. Mahdollisia uusia käyttökohteita voi löytyä samalta, mutta myös aivan toiseltakin sektorilta, jos materiaalia ei voi enää hyödyntää alkuperäisessä arvoketjussa. Jätevirtoja voidaan toki suitsia myös parantamalla prosessien tehokkuutta ja pienentämällä hukkaa. Teollisuuden kiertotalouden tarkoituksena ei ole kuitenkaan pienentää taloudellista toimintaa, vaan pyrkiä saamaan taloudellinen toiminta materiaalien suhteen sellaiseksi, että se ei olisi suoraviivaista vaan kiertävää. (Sitra 2015, 4-5.)

Luonnonvarojen säästäväisempi käyttö, tuotteiden pidempi elinkaari ja materiaalien kierrättäminen on teollisuuden kiertotaloutta. Teollisuuden sivuvirroilla tarkoitetaan, kun varsinaisten tuotteiden ohessa teollisuuslaitokset tuottavat valmistuksen yhteydessä sivutuotteita, jotka voi olla mahdollista hyödyntää uudestaan. Toisen jäte voi olla toisen raaka-aine.

Teollisuuden sivuvirroille pyritään löytämään käyttökohteita, etteivät ne päätyisi jätteenä kaatopaikoille. Jotta hyviä ideoita ja uusia hyödyntämistapoja voitaisiin toteuttaa, voidaan joutua jätelakia tulkitsemaan eri tavalla tai ympäristölupamenettelyä muokkaamaan niin, että menettely sujuu ketterämmin. Tämä vaatii hyvää yhteistyötä viranomaisten, alan asiantuntijoiden ja teollisuuden edustajien välillä. (Sitra 2016, 22.)

2.2 Veljekset Toivanen Oy ja kiertotalous

Veljekset Toivanen Oy on yksi Pohjois-Suomen suurimmista maanrakennusalalla ja teollisuuden palvelutuottajana toimivista perheyrittäjistä. Yritys on perustettu vuonna 1983. Tänä päivänä yritys työllistää noin 320 henkilöä ja toimipisteet on viidellä eri paikkakunnalla Pohjois-Suomen ja -Ruotsin alueella, kuvassa 1 merkityillä paikkakunnilla.

Liikevaihto vuonna 2019 oli noin 31 miljoonaa euroa. Yrityksellä on käytössään yli 200 koneyksikköä palvelemaan eri asiakkaita ympäri Suomea ja Ruotsia.



Kuva 1. Veljekset Toivanen Oy:n toimipisteet (Veljekset Toivanen Oy 2020)

Veljekset Toivanen Oy:n asiakaskunta koostuu kaivos- ja suurteollisuudesta, verkko-operaattoreista, energialaitoksista, kunnista ja kuntien liikelaitoksista. Yrityksen liiketoiminta on jaettu viiteen liiketoiminta-alueeseen:

- Kaivospalvelut
- Tehdaspalvelut
- Kuljetuspalvelut
- Kaapelointityöt
- Maanrakennustyöt.

Vaikka Veljekset Toivanen Oy tunnetaankin parhaiten edellä mainituilta liiketoiminta-alueistaan, on yrityksellä myös vankkaa kokemusta kiertotaloudesta ja sivuvirtatuotteiden käsittelystä. Toivanen on osallistunut useiden vuosien ajan Kemin Digipolis Oy:n järjestämiin työpajoihin, joissa on etsitty ratkaisuja alueen teollisuuden jäte- ja sivuvirtojen hyödyntämiseen. Yritys on omaksunutkin kiertotalousajattelun jo hyvin aikaisessa vaiheessa toimiessaan palveluntuottajana Meri-Lapin suurteollisuudessa, kun asiakkaiden kanssa yhteistyössä on eri sivuvirtoja käsitelty testiluontoisesti. Voidaankin sanoa perustellusti, että Veljekset Toivanen Oy on kiertotalousajattelun eturintamassa. Yritykselle on myönnetty kansainväliset ISO 9001:2015 laatujärjestelmä ja 14001 ympäristöjärjestelmä – sertifikaatit, sekä RALA-pätevyys usealla toimialalla. (Veljekset Toivanen Oy 2020)



Kuva 2. Veljekset Toivanen Oy:n kalustoa (Veljekset Toivanen Oy 2020)

Jukka Toivanen, Veljekset Toivanen Oy:n yrittäjä, suhtautuu ehdottoman positiivisesti kiertotalouteen ja teollisuuden sivuvirtojen hyötykäyttöön: ”Yrityksemme toimii palveluntuottajana teollisuudessa, jossa sivuvirtoja syntyy. Urakoimme infrarakennuskohteissa teollisuuslaitosten ulkopuolella, jossa sivuvirtatuotteita voisimme hyödyntää. Täyden palvelun talona kuljetuksetkin

onnistuvat, ja voimme hyödyntää esimerkiksi kuljetuksia paluukuormina, jolloin hiilijalanjälki jää puolta pienemmäksi. Annamme oman tietämyksemme ja osaamisemme mielellään asiakkaiden käyttöön.”

Veljekset Toivanen Oy toteutti uusiomateriaaleja käyttäen Koululaisenpolku kevyen liikenteen väylän saneerauksen vuonna 2017. Vaikka urakassa oli paljon uuden opettelua, ja haasteitakin oli, jäi työmaasta silti positiivinen kuva. Yritys lähtisi mielellään urakoimaan jatkossakin vastaavanlaisiin projekteihin uusimateriaaleja hyödyntäen.

3 UUSIOMATERIAALIT

3.1 Uusiomateriaalit ja niiden käyttö

Uusiomateriaalit ovat materiaaleja, joita käyttämällä on mahdollista korvata esimerkiksi maanrakentamisessa käytettäviä luonnonkiviaineita. Uusiomateriaaleiksi lasketaan esimerkiksi teollisuuden sivutuotteet tai jätteet. Kovasta yrityksestä huolimatta uusiomateriaalien hyödyntäminen ei ole kasvanut toivotulla tavalla. Luonnonmateriaalien saatavuus on hyvä, niitä on totuttu käyttämään ja vaikka uusiomateriaalia käytettäisiinkin, ei sillä saavuteta välttämättä minkäänlaista kilpailuetua.

Yhtenä syynä uusiomateriaalien kohtalaisen vähäiseen käyttöön on siitä aiheutuva vaiva eri selvitysten muodossa, esimerkiksi tuhkamateriaaleissa. Jos uusiomateriaali on puolestaan tuotteistettu ja hyväksi todettu, on käyttö hyvinkin sujuvaa infrarakentamisessa. (Liikennevirasto 2018, 9-10.)

Uusiomateriaalin tuotteistaminen on pitkä vaativa prosessi. Ei riitä, että on teknistä tietämystä itse materiaalista, vaan on oltava tietämystä myös kohteista, joihin sitä on suunniteltu käytettävän ja niiden laatuvaatimuksista. Esimerkiksi tuotteistajan tulee olla tietoinen eri rakenteiden toimivuusvaatimuksista tai teknisistä ominaisuuksista. Lisäksi pitää olla lainsäädännöllistä osaamista varsinkin silloin, jos tuotteistetaan jäteperäisiä uusiomateriaaleja. Infrarakentajien näkökulmasta puolestaan uusiomateriaali on yksi materiaali muiden joukossa. Uusiomateriaali kilpailee luonnonkiviainesten kanssa, mutta myös toisten uusiomateriaalien kanssa, joten tuotteistamisessa tulee myös panostaa näkyvyyteen, vaivattomuuteen ja tuoteinformaatioon. (Koivisto, Forsman & Vaajasaari 2016, 1.)

Seuraavissa kappaleissa on esitelty eri uusiomateriaaleja. Osa näistä on hyvinkin paikallisia tuotteita, johtuen suurteollisuuden sijainnista ja kuljetuskustannusten vaikutuksesta tuotteen hintaan niin, ettei sen käyttö kauempana ole taloudellisesti perusteltua. Sivu- ja jätevirroista taas esimerkiksi pohjatuhkaa ja betonimursketta

on saatavilla lähes joka kaupungista, missä lämmitetään tai puretaan ja rakennetaan.

3.2 OKTO-eriste

OKTO-eristettä valmistuu Torniossa Outokummun terästehtaalla sivutuotteena. Materiaalia syntyy, kun sula ferrokromikuona rakeistetaan ja jäähdytetään vedellä. Materiaali vastaisi rakeisuuden mukaan hiekkaa, mutta OKTO-eriste luonnonmateriaaleja kevyempää ja on särmikäs, lasimainen ja huokoinen. OKTO-eriste poikkeaa luonnonmateriaaleista sillä tavoin, että se omaa paremman lämmöneristyskyvyn. Tämän ominaisuuden ansiosta OKTO-eristeellä rakennetuista rakenteista tulee huomattavan paljon ohuempia. (Kallio, Holappa & Tikkakoski 2010, 1.)

OKTO-eristeellä rakentaessa suodatinkerrosta voidaan noudattaa InfraRYL-ohjetta. Ohjeessa todetaan, että *”suodatinkerros tehdään yhtenä tai useana kerroksena paksuuden ja tiivistyskaluston mukaan koko leveydeltä”*. Ohjeessa on taulukko, jossa on määritelty ohjeelliset jyräskertamäärät ja kerrospaksuudet. (InfraRYL 2006, 299.)

Jos pohjamaa on pehmeiköä, esimerkiksi savea tai silttiä, tulisi tällöin käyttää suodatinkangasta, ettei rakennekerrokset sekoitu. Kun OKTO-eriste on tiivistetty, voidaan sen päällä liikkua. Materiaali levitetään 20 – 30 cm:n kerroksina ja tiivistetään heti levittämisen. (Kallio, Holappa & Tikkakoski 2010, 1.)

3.3 Pohjatuhka

Pohjatuhkaa muodostuu metsä- ja energiateollisuuden energiantuotannossa. Sitä syntyy, kun poltetaan kiinteää fossiilista ja biomassapohjaista polttoainetta. Pohjatuhkan lisäksi muodostuu lentotuhkaa. Tuhkien keskinäiset määrät ja ominaisuudet perustuvat käytettävään polttoaineeseen ja tekniikkaan. Pohjatuhka on rakenteeltaan hiekkamaista, vastaa rakenteisuudeltaan kitkamaalajeja. (Rakennustieto Oy 2017, 2-3.)

Pohjatuhkaa voidaan käsitellä normaaleilla maanrakennuskoneilla. Pölyäminen on ongelma, mutta sitä voidaan hillitä esimerkiksi peittämällä kuorma-auton lavat kuljettamisen ajaksi ja kastelulla. Pohjatuhka tulee levittää ja tiivistää enintään 20 – 40 cm:n kerroksina. Tiivistäminen tapahtuu normaalilla tiivistyskalustolla, kuten tärylevyllä tai täryjyrällä. Yliajokertoja tulisi olla 6 – 8 riippuen kalustosta. Pohjatuhka on helposti tiivistyvä materiaali. Tien rakentamisessa tiivistyksessä tulisi olla reunapenger, jotta materiaali tiivistyy riittävästi. Pohjatuhkakerroksen päällä voidaan liikkua, kun se on levitetty ja tiivistettynä. Pohjatuhka tulee peittää tai suojata tiivistämisen jälkeen, esimerkiksi seuraavalla rakennekerroksella. Näin pohjatuhka ei pääse pölyämään ympäristöön. Kun pohjatuhkan päälle levitetään ohut murskekerros ja tiivistetään se, antaa se entistä paremman tiivistämistuloksen ja lisäksi pohjatuhkalle tulee vielä sääsuojaus. (Rudus Oy 2008, 8.)

Laki asettaa pohjatuhkan käytölle rajoituksia ja vaatimuksia. Pohjatuhkasta tehdyn rakennekerroksen paksuus saa olla enintään 150 cm:ä, mutta mieluummin niin, että tasauksen, kantavuuden ja kestävyuden puolesta vain tarpeellinen määrä. Lisäksi pohjatuhkarakenne pitää asfaltoida tai peittää kiviaineksilla, jonka paksuus on vähintään 10 cm. Pohjatuhkaa ei ole lupa käyttää I – II –luokan pohjavesialueilla. Lisäksi hyödyntämispaikan haltijan tulee hyväksyä pohjatuhkan käyttö. Samaisen haltijan pitää tehdä ilmoitus ympäristönsuojelun tietojärjestelmään ja annettava vaaditut tiedot. (VNa 591/2006.)

3.4 Fill-R

Fill-R on lentotuhkasta valmistettua raemaista materiaalia, niin sanottua kevytkiviainesta. Fill-R on Ecolan Oy:n tuotemerkki ja sitä valmistetaan Viitasaarella.

Fill-R-kevytkiviainesta voidaan käyttää erilaisissa maanrakennuskohteissa. Materiaalin hyviä ominaisuuksia on mm. hyvä lämmöneristävyys ja ominaispainoltaan kevyt. Näin ollen materiaali sopii hyvin esimerkiksi suodatinkerrokseen routaeristeenä tai putkikaivantoihin arina- tai alku- ja lopputäyttömateriaaleiksi. (Fill-R 2012, 4.)

Materiaalin varastointi tapahtuu kuin vastaavanlaiset luonnonmateriaalitkin, eli kesäisin varastokasaan ja talvisin niin, ettei pääse jäätymään. Kesällä pitää tarvittaessa huolehtia kasan kastelusta, ettei pääse syntymään pölyämistä. (Fill-R 2012, 14.)

Valmistusprosessin ansiosta Fill-R ei pölyä samalla tavoin kuin tuhkamateriaalit yleensä. Myös tuhkassa olevien raskasmetallien liukenemista on onnistuttu pienentämään. Mm. näiden johdosta materiaalia voi käyttää infrarakentamis kohteissa ilman ympäristölupaa, mutta ilmoitusmenettely tulee tehdä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Nämä poikkeavuudet ovat, että tärkeillä pohjavesialueilla ei voida materiaalia käyttää ja kohteesta riippumatta rakentamisen tulee olla ammattimaista. Jos rakentaminen ei ammattimaista tule neuvotella kunnan kanssa, kun materiaalin määrä on alle 200 tonnia. (Fill-R 2012, 5.)

Suodatinkerrosta rakennettaessa materiaalin levittäminen tehdään normaaliin tapaan siihen soveltuvalla kalustolla, esimerkiksi pyöräkuormaajalla. Materiaali levitetään enintään 600 mm:n kerroksissa riippuen tiivistämiskalustosta. Materiaalin alle on hyvä asentaa suodatinkangas, varsinkin jos perusmaa kantaa huonosti. Perusmaa muotoilu tehdään ihan normaaleja laatuvaatimuksia noudattaen, eli kuivatuksen tulee toimia, eikä saa olla painanteita, johon vesi jää makaamaan. (Fill-R 2012, 15.)

3.5 LD-masuunihiekka

LD-masuunihiekka SSAB Europe Oy:n Raahan tehtaassa tuotettu uusiomateriaalia, jossa on sekoitettu teräskuonaa ja masuunihiekkaa. Masuunihiekkaa syntyy raakaraudan valmistuksessa sivutuotteena, kun sula masuunikuona vesi-jäähdytetään. Tällöin saadaan 0 – 5 mm:n raekokoa oleva lasimainen ja huokoinen materiaali. Teräskuonaa puolestaan syntyy teräskuonakonvertterissa, kun raakaraudan hiilipitoisuutta lasketaan. Konverttereilta kuona viedään senkoissa ilmajäähdytykseen ja useiden päivien jälkeen koneellisesti poistetaan senkasta ja murskataan. (SSAB Merox AB 2020, 4-5.)

Kun käytetään LD-masuunihiekkaa, voidaan suodatinkerroksen paksuutta pienentää johtuen pienemmästä lämmönjohtavuudesta. Tämän ansiosta saadaan kaivuumassojen määrää pienennettyä. Suodatinkerroksen suunnitteluun käytetään normaalia teiden suunnitteluohjetta. Perusmaan ja LD-masuunihiekalla tehdyn suodatinkerroksen välissä tulee käyttää suodatinkangasta, jos on vaarana, että kerrokset voivat sekoittua. (SSAB Merox AB 2020, 21.)

Materiaalia voidaan säilyttää varastokasoissa niin kuin vastaavia luonnonmateriaalejakin. Erytystä huomiota tulee kiinnittää siihen, jos varastokasa on päässyt talvisaikaan jäätymään. Tällöin materiaalin huonon lämmönjohtavuuden vuoksi, se ei ole välttämättä ehtinyt sulamaan kasan keskeltä ja on vaara, että jäätyneitä kappaleita päätyy rakennekerrokseen. LD-masuunihiekalle on ominaista, että heti rakennekerroksen tiivistämisen jälkeen tehdyissä tiiveysmittauksissa ei välttämättä saavuteta tavoiteltuja arvoja. Kantavuus saavutetaan vasta 2 – 3 kuukauden päästä, kun materiaali on sitoutunut. LD-masuunihiekan molemmilla raaka-aineilla on sitoutumisominaisuus hydratoitumisreaktion ansiosta. (SSAB Merox AB 2020, 35.)

3.6 Betonimurske

Rakennus- ja purkutyömailta sekä betoniteollisuudesta saadaan vuositasolla 1,5 miljoonaa tonnia betonijätettä. Kun tämä betonijäte murskataan ja seulotaan, saadaan ulkonäöltä ja käsiteltävyydeltään lähes luonnonkivimursketta. Betonimurske on jätettä, joten sen hyödyntäminen rakentamisessa vaatii MARA – ilmoitusmenettelyn väylä- ja kenttärakenteissa. (Liikennevirasto 2020, 54.)

Valtioneuvoston asetuksessa 843/2017 on säädetty betonimurskeen hyödyntämiselle mm. seuraavia rajoituksia:

- Väylä- ja kenttärakenteissa betonimurskeen päällä tulee olla vähintään 10 cm:n kerros luonnonkiviainesta tai asfalttipäällyste.
- Etäisyys rakenteen alapinnasta tulee olla vähintään 1 metri pohjaveden pintaan.

- Betonimurske saa sisältää enintään 30 % tiili – ja kaakelijätettä
- Maksimi raekoko 90 mm
- Jätteen omistajalla tulee olla laadunhallintajärjestelmä, jolla varmistetaan, että jäte kuuluu lain asetusten vaatimukset. (VNa 843/2017.)

Betonimurske on hyvä maanrakennusmateriaali. Hyviä käyttökohteita ovat varsinkin jakavat ja kantavat kerrokset. Materiaali sisältää reagoimatonta sementtiä, joten se lujittuu käytössä kun tiivistäminen tehdään huolellisesti. Kantavuudet ovat paremmat kuin vastaavan kokoluokan luonnonmateriaaleilla, joten tämän ominaisuuden vuoksi kantaviin kerroksiin materiaalia tarvitaan pienempi kerrospaksuus. Muita hyviä ominaisuuksia ovat mm. pienemmät kuljetuskustannukset, koska materiaali on kevyempää kuin luonnonmateriaali. Tällöin kuljetuskaluston lavoille saadaan enemmän kuutioita. Lisäksi murskauspaikat ovat hyvin usein lähempänä kuin luonnonmateriaalin ottopaikat. (Liikennevirasto 2020, 54.)

4 CASE KOULULAISENPOLKU

4.1 Koululaisenpolun peruskorjaus uusiomateriaaleilla

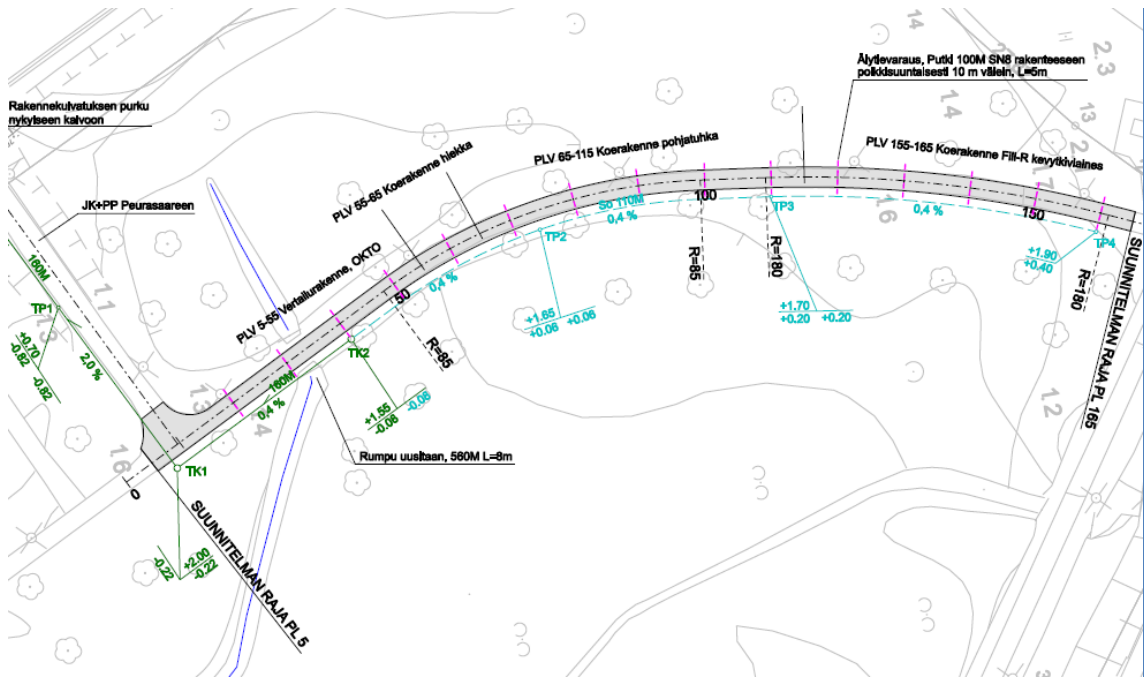
Vuonna 2017 toteutettiin kiertotalouden alueellinen innovaatiokokeilu. Kemin kaupungin Haukkarin kaupunginosassa oleva Koululaisenpolku-niminen kevyen liikenteen väylä päätettiin peruskorjata hyödyntäen teollisuuslaitosten prosesseissa syntyviä sivu- ja jättemateriaaleja.

Mukana hankkeessa olivat Kemin kaupungin lisäksi Kemin Digipolis Oy, Lapin ammattikorkeakoulu, Lapin liitto, Veljekset Toivanen Oy, Ahma Insinööri Oy, Ecolan Oy ja Stora Enso Oyj. Varsinaisen rakentamistyön suorittivat Veljekset Toivanen Oy.

Alkuperäisen suunnitelman mukaisesti koerakenteet ja vertailurakenne olisi mennyt seuraavasti:

- PLV 5-55: OKTO-eriste
- PLV 55-65: Hiekka (vertailurakenne)
- PLV 65-115: Pohjatuhka
- PLV 115-165: Fill-R-kevytkiviaines.

Koska pohjatuhkaa ei ehtinyt kertyä tarpeeksi, jouduttiin pohjatuhka-koerakennetta lyhentämään puoleen alkuperäisestä suunnitelmasta. Kuvassa 3 on esitetty asemapiirros peruskorjattavasta Koululaisenpolusta.



Kuva 3. Asemapiirros Koululaisenpolku-urakasta

4.2 Käytettävät resurssit

Kalustovalintoja on alustavasti mietitty jo tarjouslaskentavaiheessa, kun on tiedetty työskentely-ympäristö, ajankohta, leikkaussyvyys ja käsiteltävät massamäärät. Tällöin on näiden edellä mainittujen kriteerien perusteella valittu käyttötarkoitukseen sopiva kaivinkone, jolla on sitten mitoitettu työtehot ja hinnoiteltu kustannukset.

Urakoitsija yrityksen konekalustosta työmaalle valikoitui Volvo EW 180C kaivinkone, joka on oikeinkin sopiva kyseiselle työmaalle ja jota oli jo alustavasti tarjouslaskentavaiheessa mietitty. Kone on pyöräalustainen ja painoltaan noin 19 tonnia. Koneluokituksena käytetään merkintää KKHp 19. Koneen työkaluina ovat kauhat; luiska- ja kuokkakauha. Lisäksi työmaalle vietiin myös iskuvasara, koska pituusleikkauksen mukaan yhdessä paikassa mahdollisesti tulisi kallio vastaan. Kyseinen kaivinkone on varustettu lisäksi Scanlaserin 3D-koneohjausjärjestelmällä. Tämä tehostaa ja helpottaa työskentelyä, kun työmaan suunnitelmakuvista muodostetut 3D-mallit ladataan koneen koneohjausjärjestelmään. Tällöin kaivinkoneenkuljettajalla on koko ajan

reaaliaikainen tieto esimerkiksi kaivuusyvyyksistä ja täytönkoroista. Koneohjauksen ansioista työmaalla ei tarvita erillistä mittamiestä.

Kaivinkoneen lisäksi työmaalla tarvitaan kuorma-auto kaivuumaiden kuljetukseen ja työmaalle varastoitavien täyttömateriaalien siirtoon. Kuorma-autona käytettiin 4-akselista Volvo FM13 8x4.

Työmaalla tarvitaan myös maanrakennustyöntekijä. Maanrakennustyöntekijän tehtäviin kuuluu mm. aitausten ja liikennemerkkien asentaminen, puunkaato ja lapiomiehenä toimiminen kaivuussa, infratekniikan asentaminen ja tiivistäminen täytön aikana. Voidaankin sanoa, että maanrakennustyöntekijällä on työtä jokaisessa suoritettavassa työvaiheessa.

Tiivistyskalustona käytettiin 400 kg:n tärylevyä suodatinkerrosten osalta. Kantavassa kerroksessa käytettiin täryjyrää, jossa on 1 täryvalssi.

4.3 Valmistelevat työt

Työmaa-alue aidattiin ja suljettiin rakentamisen ajaksi. Kevyen liikenteen väylän käyttäjät ohjattiin vaihtoehtoisille reiteille työmaan molemmilta suunnilta. Työmaa-alueen sulkemisella saadaan nopeutettua rakentamista huomattavasti ja samalla parannettua turvallisuutta niin kevyen liikenteen väylän käyttäjien kuin rakentajienkin näkökulmasta. Kuvassa 4 on Koululaisenpolku kevyen liikenteen väylän pohjoispään aitaukset sekä varoitus- ja liikenteenohjauskyltit.



Kuva 4. Työmaa-alueen suojaukset ja liikenteenohjaus

Ennen kaivuutöiden aloittamista tulee työsuorittajan olla selvillä, onko työskentelyalueella sähkö- tai tietoliikennekaapeleita. Johdon omistajilta pyydetään, että näyttävät kaivuureitillä kulkevat omat kaapelinsa. Yleensä johdon omistajat ovat ulkoistaneet tämän työnsä, ja sama kaapelinnäyttäjä näyttää useamman operaattorin kaapelit.

Koululaispolulla oli sijoitettu 20 kV- ja katuvalokaapelit. Kaapeleiden sijainnut maalattiin spraymaalilla kaapelinomistajien taholta. Maalausmerkinnät dokumentoitiin kaiken varalta myös kuvaamalla, että esimerkiksi vesisateiden tai heinän kasvun vuoksi ei tarvitse tilata kaapeleiden näyttämistä uudestaan. Kaapeleiden kaivaminen esiin tehdään suurta huolellisuutta noudattaen.

Kaivamisen tieltä kaadettiin puustoa molemmin puolin pyörätietä. Poistettavaa puuta arvioitiin olevan noin 50 kiintokuutiota, joten puusto päätettiin kaataa moottorisahalla ajan ja kustannusten säästämiseksi. Poiskuljetus toteutettiin kuorma-autoilla. Puuston kannot ja juurakot poistettiin kaivinkoneella ja toimitettiin kuorma-autolla jäteasemalle.

Valmisteleviin töihin kuului myös olemassa olevan asfaltin poisto. Kevyen liikenteen väylillä asfaltin paksuus on noin 40 - 50 mm:n luokkaa. Asfaltti kuorittiin

koko matkalta pois ja kuljetettiin asianmukaiseen kierrätyspisteeseen, jossa sitä voidaan hyödyntää uuden asfaltin raaka-aineena. Asfaltin kuorinta suoritettiin kaivinkoneella, jolla ne myös lastattiin kuorma-auton lavalle.

4.4 Leikkaus

Koska työmaalle oli kulku molemmista suunnista, tehtiin päätös suorittaa leikkaus kevyen liikenteen väylän koko matkalle yhdellä kertaa, ja vasta sen jälkeen suorittaa täyttö koerakenne kerrallaan. Koneohjauslaitteistolla varustetulla pyöräalustaisella kaivinkoneella oli varsin helppoa leikata tie kerralla oikeaan korkoon. Kaivuumaat ajettiin 2 – 3 kuorma-autolla kaupungin maankaatopaikalle.

Kevyen liikenteen väylän pientareen puolella meni koko matkalta katuvalo- ja syöttökaapeli, joten näiltä kohdilta kaivettiin äärimmäistä varovaisuutta noudattaen ja maanrakennustyöntekijä oli näyttämässä merkkejä kaivinkoneenkuljettajalle ja auttamassa lapiolla kaapeleiden löytymistä.

4.5 Infratekniikka

Kohteeseen tuli jonkin verran infratekniikkaa rakennettavaksi. Toiselle puolelle kevyen liikenteen väylän pohjarakennetta rakennettiin salaojaputki koko matkalle. Salaojaputken ympärille tuli salaojasepeli. Lisäksi asennettiin kaksi salaojan tarkastusputkea. Vesihuollon järjestelmistä asennettiin muovinen sadevesiviemäri Koululaisenpolun eteläosaan, kaksi tarkastuskaivoa ja yksi tarkastusputki. Lisäksi uusittiin yksi 560 mm:n rumpu.

Kevyen liikenteen väylän koko matkalta uusittiin katuvalaistus. Vanhat katuvalotolpat kerättiin pois ja tilalle asennettiin uudet, yhteensä 5 kappaletta. Lisäksi uusittiin kaapelointi ja asennettiin uudet tolppien anturat.

Lisäksi Lapin ammattikorkeakoulun tutkimuksia varten rakennekerroksiin asennettiin putket routa-antureita varten. Kyseisen kohteen routamittauksen tuloksia on käsitelty Hannu Juolan tekemässä opinnäytetyössä. (Juola 2018)

4.6 Täyttö - Suodatinkerros

Työmaan täyttö aloitettiin eteläpäästä ja valmista tehtiin etappi kerrallaan murskepinnalle asti. Näin kuorma-autolla päästiin aina peruuttamaan ja kippaamaan täyttömateriaaleja suoraan kaivantoon ja eikä tarvinnut tehdä kippausta varastopaikalle ja siitä edelleen kuljettaa pyöräkuormaajan kauhassa kaivantoon

4.6.1 OKTO-eriste, versio 1

OKTO-eristettä käytettiin projektin kahdessa eri koerakenteessa. Alun perin oli tarkoitus käyttää vain yhdellä koerakenne-osuudella, mutta pohjatuhkan vähäisen määrän vuoksi, jouduttiin tekemään viides koerakenne-osuus, ja tähän uuteen osuuteen päätettiin käyttää myös OKTO-eristettä, mutta eri rakenteella. Opinnäytetyössä nämä kaksi OKTO-eristepohjaista koerakennetta erotetaan toisistaan käyttämällä eteläpäässä olevasta nimitystä "versio 1" ja pohjoispäässä olevasta nimitystä "versio 2".

OKTO-eriste tilattiin aliurakoitsijalta toimitettuna työmaalle. Materiaali levitettiin kaivinkoneella ja tiivistettiin noin 20 cm:n kerroksissa. Menekki laskettiin etukäteen, koska materiaalia sai tuoda useammalla yhdistelmällä mahdollisimman tasaisin väliajoin, jotta työt sujuisivat joutuisasti, eikä odotusaikoja tulisi maarakentajille eikä kuljetusyritykselle. Tiivistämisessä käytettiin Infra RYL -taulukkoa apuna, kun laskettiin tärylevyn yliajokertoja. 20 cm:n kerroksina rakennettaessa yliajokertoja suoritettiin 3 kappaletta. Kuvassa 5 on käynnissä levitys ja tasaaminen -työvaihe.

OKTO-eriste, versio 1 rakennekerrokset olivat seuraavat:

- 100 mm kalliomurske 0-32 mm:n raekoko
- 250 mm kalliomurske 0-55 mm:n raekoko
- 400 mm OKTO-eriste
- suodatinkangas.

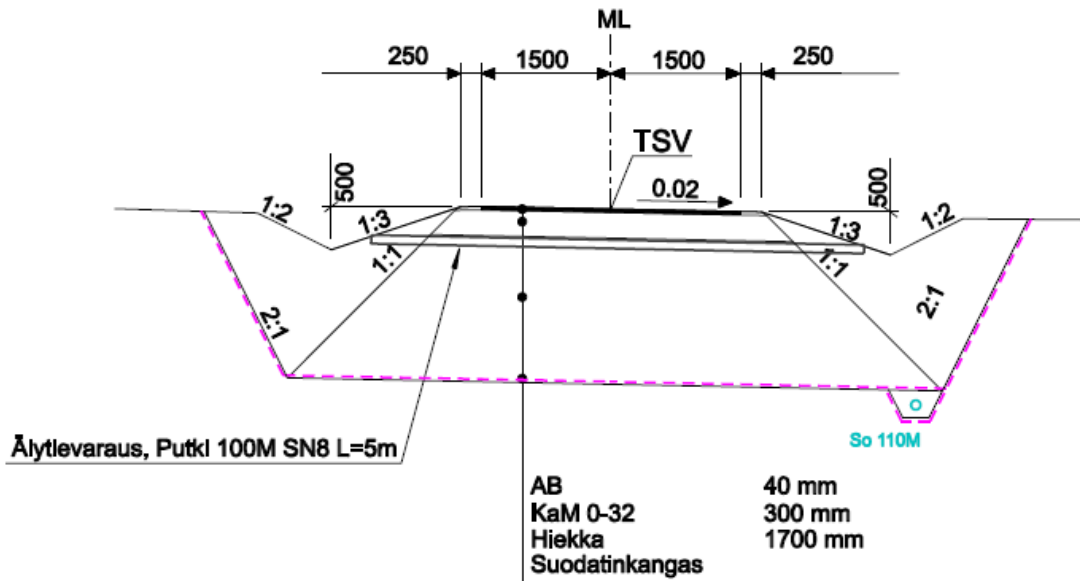


Kuva 5. OKTO-eristeellä tehtävä koerakenne

4.6.2 Hiekka

Hiekalla toteutettu koerakenne toimi vertailurakenteena, ja sen vuoksi etapin pituus oli vain 10 metriä, muiden ollessa noin 25 – 50 metriä.

Hiekka on materiaalina tuttu ja sen käsittely on tuttua eri rakennustyömailta. Hiekka tilattiin paikalliselta materiaalintoimittajalta, joka kuljetti materiaalin kasettiauto-yhdistelmillä hiekanotto paikalta työmaalle. Työmaalla hiekka kipattiin suoraan kaivantoon. Kaivinkoneella aloitettiin välittömästi levittäminen ja maanrakennustyöntekijä aloitti tiivistämisen. Tiivistäminen tapahtui 250 mm:n kerroksissa. Ylijokertoja suoritettiin 3 kappaletta kutakin 250 mm:n kerrosta varten.

KOULULAISEN POLKU JK+PP - TYYPIPOIKKILEIKKAUS / HIEKKARAKENNE


Kuva 6. Hiekka-vertailurakenne

Kuvassa 6 on poikkileikkaus hiekka-vertailurakenteen rakennekerroksista. Hiekan kerrospaksuus on 1700 mm ja sen päällä 300 mm kalliomurskettä 0-32 mm.

4.6.3 Pohjatuhka

Pohjatuhka saatiin Stora Enson Veitsiluodon tehtaalta. Stora Enso oli mukana projektissa ja pohjatuhkaa oli kerätty ja varastoitu valmiiksi meneillään olevaa projektia varten. Materiaalia ei kuitenkaan ehtinyt kertyä riittävästi, jotta koerakenne olisi voitu toteuttaa suunnitellusti, vaan etapin pituutta jouduttiin lyhentämään sen verran, että materiaali varmasti riittäisi.

Materiaalin siirto toteutettiin kahdella kuorma-autolla. Etäisyys materiaalin lastauspaikalta rakennustyömaalle oli noin 10 kilometriä. Materiaalin pölyväisyys oli haasteena joka työvaiheessa; lastauksessa, kuljetuksessa, levityksessä ja tiivistämisessä. Vesisateet pitkin päivää onneksi helpotti tuhkan käsittelyä ja sen vuoksi erillistä kastelua ei järjestetty. Tiivistystyössä työntekijä

veloitettiin silti pitämään hengityssuojainta. Kuvassa 7 näkyy hyvin, kuinka pohjatuhka pölysi, vaikka oli sateinen päivä.

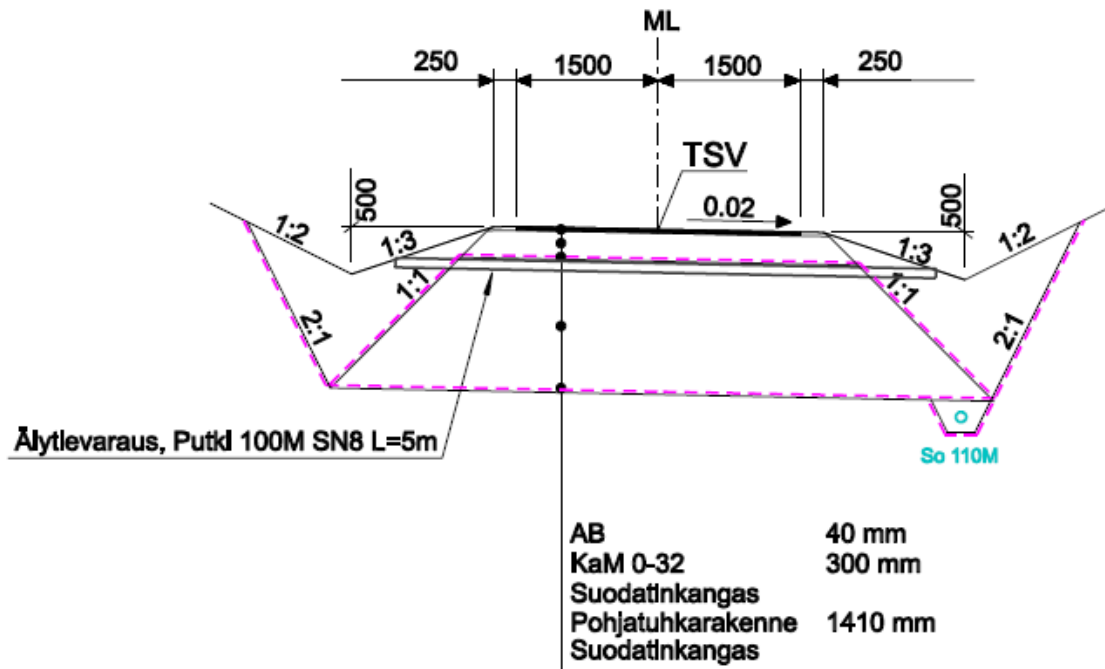


Kuva 7. Pohjatuhka-koerakenteen rakentaminen

Kuvassa 8 on esitetty pohjatuhka-koerakenteen poikkileikkaus. Rakennekerrokset olivat seuraavanlaiset:

- 300 mm kalliomurske 0-32 mm:n raekoko
- suodatinkangas
- 1410 mm pohjatuhkaa
- suodatinkangas.

Koska pohjatuhkaa tuli huomattava kerrospaksuus, tiivistäminen oli työläin vaihe. Pohjatuhka levitettiin noin 20 cm:n kerroksissa ja tiivistäminen tehtiin tärylevyllä. Tiivistämiskertojen lukumäärä oli 3 yliajokertaa. Pohjatuhkakerroksia tuli yhteensä 7 kappaletta.



Kuva 8. Pohjatuhka-koerakenne

4.6.4 OKTO-eriste, versio 2

Kuten kappaleessa 4.5.1 todettiin, että pohjatuhkaa ei ollut riittävä määrä, niin jouduttiin poikkeamaan suunnitelmasta. Päädettiin siihen, että tehdään toinen OKTO-eriste koerakenne. Koska leikkaus oli jo tehty, oli poikkileikkaus samanlainen kuin pohjatuhkalla, mutta pohjatuhkan tilalla oli OKTO-eriste. Koerakenteen pituudeksi tuli 25 metriä.

Koerakenne oli seuraava:

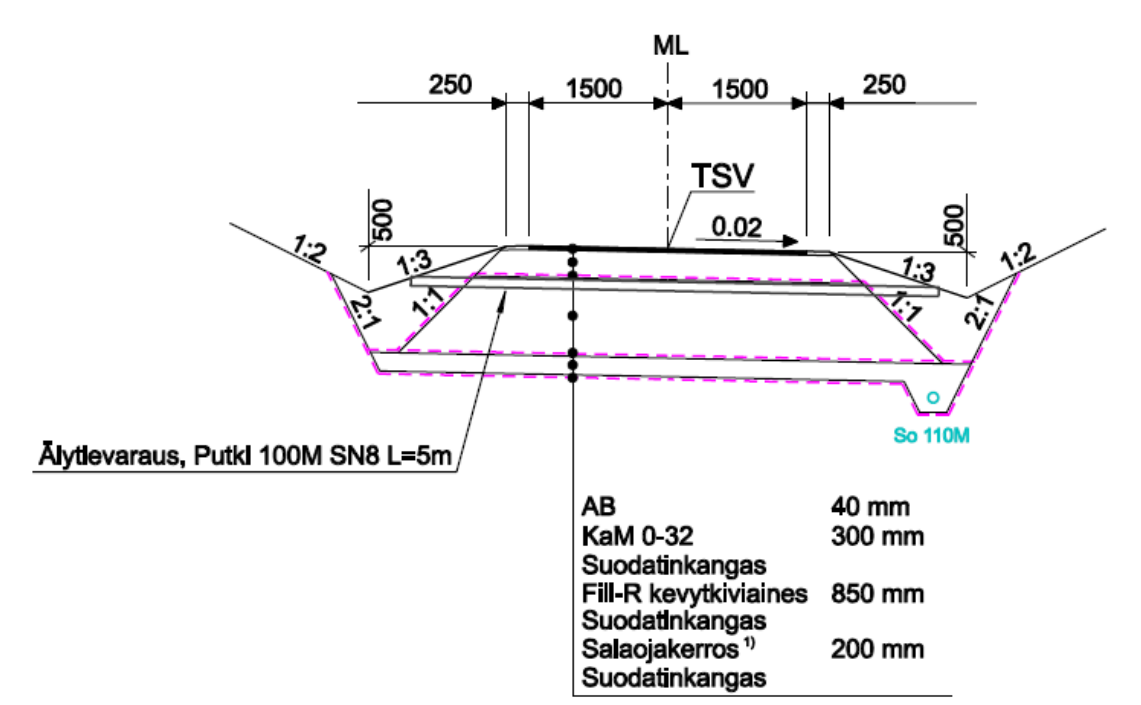
- 300 mm kalliomurske 0-32 mm:n raekoko
- 1410 mm OKTO-eriste
- suodatinkangas.

Koerakenteen pituus oli 25 metriä, mutta materiaalimenekki oli tosi iso, johtuen OKTO-eristeen todella reilusta kerrospaksuudesta. Kuten pohjatuhkassakin, tiivistäminen oli todella työlästä, johtuen useista kerroksista. Tiivistäminen tehtiin 3 yliajokerralla kukin 20 cm:n kerros.

4.6.5 Fill-R

Fill-R oli aivan uusi materiaali urakoitsijalle johtuen sitä valmistavan teollisuuslaitoksen kaukaisesta sijainnista Kemistä päin katsottuna. Materiaalia kuljetettiin siitä syystä Viitasaarelta monta yhdistelmäkuorma-autollista valmiiksi työmaan varastopaikalle.

Fill-R-materiaalia oli suunniteltu 850 mm:n kerrosvahvuudelta. Fill-R alapuolelle tuli 200 mm:n paksuinen salaojakerros sepeliä. Salaojakerroksen ylä- ja alapuolella on suodatinkangas. Näin salaojakerros ei pääse sekoittumaan alapuolella olevan perusmaan ja yläpuolella olevan Fill-R:n kanssa. Suodatinkangas asennettiin vielä Fill-R -rakennekerroksen päälle. Lopuksi näiden päälle tuli 300 mm:n paksuudelta kalliomurskettä, tasauskerros ja asfaltti. Kuvassa 9 on poikkileikkauskuvaa Fill-R-koerakenteesta.



Kuva 9. Fill-R-koerakenne

Kuvassa 10 näkyy Fill-R-koerakenteen poikkileikkaus. Alalaidassa on salaojakerros sepeliä kahden suodatinkankaan välissä ja yläpuolella Fill-R materiaalia noin 25 cm:n ensimmäinen kerros. Kauempana on tulossa seuraavat kerrokset Fill-R-kevytkiviainesta. Fill-R-kevytkiviaines siirrettiin työmaan

varastopaikalta kuorma-autolla kaivannonreunalle ja siitä se levitettiin pyöräalustaisella kaivinkoneella kaivantoon.



Kuva 10. Fill-R-koerakenteen rakentaminen

4.7 Täyttö - Kantava kerros

Kantavaksi kerros oli suunniteltu tehtäväksi kalliomurskeesta 0 – 32 m. Kerrospaksuus oli 300 mm OKTO-eriste versio 1 lukuunottamatta, jossa oli 100 mm kantava kerros ja 250 mm:n jakava kerros kalliomurske 0 – 55 mm.

Kantavat kerrokset tehtiin aina suodatinkerrosten valmistuttua ja lopullinen tiivistäminen tehtiin täryjyrällä, jossa oli 1 täryvalssi. Kuvassa 11 on kantavan kerroksen tiivistäminen meneillään. Kerrospaksuus oli 300 mm ja jyräskertojen lukumäärä oli 9 yliajokertaa.



Kuva 11. Kantavan kerroksen tiivistäminen täryjyrällä

4.8 Päällystys

Kevyen liikenteen väylälle tuli koko matkalle 40 mm:n paksuinen asfalttipäällyste. Ennen varsinaista päällystystyötä kevyen liikenteen väylän pohja tasattiin tasausmurskeella ja tiehöylällä tehtiin tarvittavat kaadot. Päällysteeksi tuli AB 16 asfalttilaatu. Valmista lopputulosta näkyy kuvassa 12.



Kuva 12. Päällystys

4.9 Työmaan päättäminen

Kun asfaltointiurakoitsija on poistunut työmaalta, voidaan käydä suorittamassa viimeistelytyöt. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi kaikki ne, joita ei olisi voinut suorittaa ennen kuin raskaampi konekalusto on poistunut työmaalta, jota vaurioitumisen vaara saadaan ehkäistyä. Muun muassa liikennemerkkit, kyltit ja katuvalaistustolpat ovat sellaisia.

Urakoitsija on tavannut rakentaa asfaltin ja viheralueen väliin useissa kohteissa noin 20 senttiä leveän ja tiivistetyn ”jätkänpolun”, joka on tehty 0 – 8 mm:n murskeella. Tässä kyseisessä kohteessa tilaaja ei halunnut sitä. Ajatuksena oli, että talvella käytettävät hiekoitusmurskeet kulkeutuvat ajan saatossa asfaltin reunan yli täyttämään tämän välin.

Työmaa-aikaiset liikenteenohjaukset purettiin ja kulkemista estävät aitaukset poistettiin ja kevyen liikenteen väylä avattiin yleiseen käyttöön. Lisäksi samassa yhteydessä työmaaympäristö siivottiin sekä viimeiset tarveaineet ja työkalut kerättiin pois.

Loppukatselmus suoritettiin rakennustöiden päätteeksi. Suurempia huomautuksia ei tullut. Työmaa sujui uusiomateriaalien kokeiluista huolimatta kuin mikä tahansa normaali infrarakennuskohde.

5 TULOKSET

5.1 Tulosten tarkastelu

Tuloksia tarkasteltiin kolmesta näkökulmasta; käyttökokemukset, vertailevaa tutkimista ja laadullisin argumentein. Tarkempi kustannustarkastelu jätettiin pois, koska projektissa materiaalien hankintakustannukset eivät olleet vertailukelpoisia keskenään. Fill-R toimitettiin työmaalle Ecolan Oy:n lahjoittamana, Kemin kaupunki maksoi OKTO-eristeen ja hiekan toimitettuna työmaalle ja Stora Enso Oyj lahjoitti pohjatuhkan, mutta lastauksen ja kuljetuksen järjesti Toivanen.

5.2 Käyttäjien kokemukset

Työkohteessa työskennelleiltä tiedusteltiin työsuoritusten aikana kokemuksia työkohteessa käytetyistä kolmesta eri uusiomateriaalista.

OKTO-eriste on Meri-Lapin alueella hyvin tuttua, koska sitä on käytettyä hyvin kauan monilla infratyömailla. Saatavuus on ollut kyseisellä alueella hyvä ja materiaali on erinomainen eristävyyskannalta. Jos kuljetusmatka on pysynyt kohtuullisena, niin materiaalia on mielellään käytetty rakennuskohteissa. OKTO-eristeen käsittely on työntekijöiden mieleen. Materiaali tulee helposti kuorma-auton kuljettajan mukaan lavalta olosuhteista riippumatta myös talvella ja materiaalin käsittely on koneenkuljettajan mukaan mielekästä ja helppoa. Samoin tiivistäminen on helppoa. Kuljetuskustannuksetkin pysyvät hyvin usein kohtuullisena, kun materiaalin saa toimitettua terästehtaalta ns. paluukuljetuksella, eli ajoneuvoyhdistelmällä, joka on vienyt materiaalia tehtaalle ja lähtisi muutoin tyhjänä tehtaalta pois. Tämä näkyy edullisempänä kuljetuskustannuksena, mutta myös pienempänä hiilijalanjälkenä.

Pohjatuhkan osalta nousi yksi negatiivinen piirre ylitse muiden; pölyisyys. Materiaali pölysi kosteista olosuhteista huolimatta ja pölyäminen oli läsnä joka työvaiheessa. Lastauksessa se ei niinkään haitannut, kun työt tehdään koneellisesti ja ympäristössä ei ole muita ihmisiä. Kuljetus varsinkin taajamien alueella vaatii kuorma-auton kuormatilaan katteen, jotta materiaali ei aiheuta haittaa ulkopuolisille. Kipatessa, levittäessä ja tiivistämisessä materiaalin

pölyisyys aiheuttaa haittaa varsinkin tiivistämisen suorittavalle maanrakennustyöntekijälle. Tällöin tulee olla työntekijällä riittävän hyvät suojarusteet. Koneenkuljettajaa ei pohjatuhkan pölyäminen niin haitannut, kun koneessa oli koneohjausjärjestelmä, josta näkee oikeat kerrospaksuudet, eikä tarvitse pölyn keskeltä havaita mittaustikkuja tai itse mittamiestä. Koneenkuljettajan näkemyksen mukaan pohjatuhkan käsittely muistutti hyvin paljon hiekkaa.

Materiaaleista käyttäjäystävällisin oli Fill-R-kevytkiviaines. Se jopa yllätti työntekijät; niin kaivinkoneenkuljettajan kuin tiivistämisen tehneen maanrakennustyöntekijän. Koneenkuljettaja vertasi materiaalin työstettävyyttä muovailuvahaan. Tiivistämisen suorittanut oli myös positiivisesti yllätynyt materiaalin käyttäytymisestä ja vähäisestä pölyämisestä, kun ottaa huomioon tuotteen olevan tehty tuhkasta.

5.3 Vertaileva tutkimus

Koerakenteiden eroja voidaan vertailla keskenään taloudellisessa mielessä. Taulukossa 1 on esitetty eri koerakenteiden määriä suodatinkankaiden ja täytön osalta. Määrät mitattiin rakenteiden poikkileikkauksista. Pituusmittana käytettiin jokaiselle koerakenteelle 1 metriä, jotta tulokset olisivat keskenään vertailukelpoisia.

Taulukko 1. Koerakenteiden suodatinkankaan ja täyttöjen määrät

Koerakenteet / määrät työvaiheittain	Suodatin- kankaan asentaminen [m ² tr]	Täyttö				Yhteensä [m ³ tr]
		Salaojakerros [m ³ tr]	Suodatinkerros [m ³ tr]	Jakavakerros [m ³ tr]	Kantavakerros [m ³ tr]	
OKTO-eriste, versio 1	6,00		1,84	0,99	0,36	3,19
Hiekka	12,00		9,86		1,14	11,00
Pohjatuhka	19,25		7,77		1,14	8,91
OKTO-eriste, versio 2	11,00		7,77		1,14	8,91
Fill-R	24,70	1,30	4,21		1,14	6,65

Suodatinkankaan asentamisessa huomataan, että OKTO-eriste versio 1:ssä on huomattavasti pienin määrä. Kun taas Fill-R- ja pohjatuhka-koerakenteissa se on suurin. Ero johtuu siitä, että OKTO-eriste versio 1:ssä suodatinkangas tulee

pelkästään perusmaan ja OKTO-eristeen väliin. Kun taas esimerkiksi Fill-R koerakenteessa suodatinkangas asennetaan pohjamaan ja salaojakerroksen väliin, salaojakerroksen ja Fill-R-kevytkiviaineksen väliin, sekä vielä Fill-R-kevytkiviaineksen päälle. Suodatinkangas itsessään on kohtuullisen edullista ja asentaminen nopeaa, joten kovin isoja kustannusvaikutuksia niillä ei ole. Eri rakenteiden vertailussa enemmän kannattaakin ottaa huomioon se, että mitä monimutkaisempi rakenne, sen suuremmat mahdollisuudet on tehdä rakennusvirheitä.

Kun vertaillaan eri täyttömääriä, huomataan OKTO-eriste versio 1:llä olevan kirkkaasti pienin kokonaismäärä. OKTO-eristeen erityisen hyvä lämmöneristävyys ominaisuus mahdollistaa ohuemmat rakennekerrokset.

Mitä suuremmat määrät, sitä enemmän kustannuksia syntyy. Kustannukset eivät pelkästään rajoitu materiaalin hankintaan ja sen asentamiseen, vaan myös aina leikkaus työvaiheeseen asti ja mahdollisten massojen poisajoon työmaalta läjityspaikalle.

Materiaalin hintaan vaikuttaa myös kuljetusmatka. Koska Fill-R-kevytkiviainesta valmistetaan Viitasaarella, ei sen käyttäminen Kemissä asti ole taloudellisesti perusteltua. OKTO-eristeen käyttäminen on taloudellista, kun kuljetusmatkat ovat kohtuulliset. Pohjatuhkan käyttökiinnostusta lisää se seikka, että materiaali olisi ilmaista, ja urakoitsija / asiakas maksaisi pelkästään kuljetuskustannuksista.

5.4 Laadullinen tarkastelu

Työn laadullinen tarkastelu toteutettiin silmämääräisesti. Rakennettu kevyen liikenteen väylä käveltiin läpi päästä päähän. Tarkistusajankohta oli toukokuussa 2020, eli noin 2,5 vuotta urakan valmistumisen jälkeen. Näin ollen kohde on läpikäynyt kolme talvea. Talviolosuhteet asettavat tierakenteille Suomessa erityisvaatimuksensa.



Kuva 13. Koululaisenpolku eteläpäätä vuonna 2020

Kuvissa 13 ja 14 on kevyen liikenteen väylä etelä- ja pohjoispäästä kuvattuna. Kuten kuvista ja tarkastelukierrokselta yleensäkin voitiin havaita, että kevyen liikenteen väylä on pysynyt todella hyvässä kunnossa, eikä painumia tai muitakaan vaurioita ole havaittavissa, eikä korjauksiakaan ole ollut. Voidaankin todeta, että uusiomateriaalit soveltuvat tämän silmämääräisen tarkastelun perusteella rakennusmateriaaliksi siinä missä perinteisetkin luonnonmateriaalit, kun suunnitelmat ja toteuttaminen on hyvin tehty.



Kuva 14. Koululaisenpolku pohjoispäästä vuonna 2020

6 POHDINTA

Työssä tarkasteltiin uusimateriaalien käyttöä maanrakentamisessa. Tuloksia tarkasteltiin käytettävyyden, kustannustaloudellisesta ja laadullisesta näkökulmasta. Käytettävyydeltään OKTO-eriste ja Fill-R olivat mielekkäitä, ja pohjatuhka puolestaan pölyämisen vuoksi epämieluisa.

Taloudellisessa tarkastelun pohjalta uusiomateriaalien käyttö on järkevää, kun materiaalia on saatavissa kohtuullisen etäisyyden päästä. Kun materiaali tuotteistetaan, on sen käyttäminen vaivattomampaa kuin tuotteistamattoman materiaalin, esimerkiksi pohjatuhkan. Pohjatuhkan käyttäminen vaatii erilaisia lupaprosessien läpikäymistä. Tuotteistaminen puolestaan voi lisätä materiaalikustannuksia.

Pohjatuhkarakenteen käyttäminen voisi olla taloudellisesti kannattavaa, kun materiaali on ilmaista tai sen käyttämisestä oltaisiin valmiita jopa maksamaan. Tällaisia tapauksia voi esimerkiksi olla silloin, kun tuhkaa syntyy teollisuuslaitoksen sivuvirtana ja teollisuuslaitos joutuu maksamaan siitä jätemaksua. Kun jätemaksua pienemmällä hinnalla tuhkan hyötykäyttäjää hakisi tuhkan teollisuuslaitokselta käyttääkseen sitä esimerkiksi rakentamiseen, molemmat osapuolet hyötyisivät. Tällöin on toki vaarana, että sivuvirtamateriaalien määrät pyritään maksimoimaan rakenteissa, ja normaalisti käytettävät mitoitusarvot kuten routanousu ja kantavuusmitoitus jäävät sekundäärisiksi arvoiksi.

Laadullisen tarkastelun perusteella ei havaittu silmämääräisesti minkäänlaisia poikkeavuuksia eri koerakenteiden välillä. Voidaankin todeta tämän tutkimuksen perusteella, että laadukkailla uusiomateriaaleilla, hyvällä suunnittelulla ja suunnitelmien mukaisella rakentamisella voidaan päästä sopivissa rakennuskohteissa yhtä hyvään lopputulokseen kuin luonnonmateriaaleilla.

LÄHTEET

Fill-R 2012. Suunnittelu- ja mitoitusohje tie-, katu- ja maarakenteissa. Viitattu 29.4.2020 https://www.ecolan.fi/userfiles/image/articles/fill-R_ohje.pdf.

InfraRyl 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 Väylät ja alueet. Rakennustietosäätiö RTS. Rakennustieto Oy.

Juola, H. 2018. Teollisuuden sivutuotteiden hyötykäyttö maarakentamisessa. Lapin ammattikorkeakoulu.

Kallio, V., Holappa, T. & Tikkakoski, A., 2010. OKTO-rakennustuotteiden suunnittelu- ja rakentamishoje tie-, katu- ja maarakenteissa. Joutsen media.

Koivisto, K., Forsman, J. & Vaajasaari, K., 2016. Uuma 2, uusiomateriaalien tuotteistamisohje maarakentamiseen. Viitattu 17.5.2020. http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/images/Tuotteistamisohje%202016_05_20_liite%201%20yhdistetty.pdf

Liikennevirasto 2018. Uusiomateriaalien käytön ohjeistus ja hankekäytännöt - Kehitystarpeet ja mahdollisuudet tierakentamisessa. Viitattu 14.4.2020 https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-18_uusiomateriaalien_kayton_web.pdf.

Liikennevirasto 2020. Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa. Viitattu 15.5.2020 https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-06_uusiomateriaalien_kaytto_web.pdf

Rakennustieto Oy. RTS 17-56. 2017. Tuhkien käyttö maarakentamisessa – Tuhkaohjekortin käsikirjoitus (lausunnolla). Viitattu 1.5.2020 https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5fIPeDhrH/NjY0Vs4V1/Tuhkaohjekortti_RTS_17-56.pdf.

Rudus Oy 2008. Pohjatuhkaohje – Käyttöohje rakentamiseen ja suunnitteluun. Viitattu 3.5.2020 <https://www.rudus.fi/Download/24034/Pohjatuhka-ohje.pdf>.

Sitra 2014. Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle. Viitattu 2.5.2020 <https://www.sitra.fi/julkaisut/kiertotalouden-mahdollisuudet-suomelle/>.

Sitra 2016. Kierrolla kärkeen, Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025. Viitattu 2.5.2020 <https://www.sitra.fi/artikkelit/kierrolla-karkeen-suomen-tiekartta-kiertotalouteen-2016-2025/>.

SSAB Merox AB 2020. Maa- ja tienrakennustuotteet. LD-Masuunihiekka, LD-MaHk. Suunnittelu- ja rakentamisperusteet. Viitattu 16.5.2020 <https://www.merox.fi/download-center>.

Veljekset Toivanen Oy 2020. Tietoa meistä. Viitattu 10.5.2020 <https://toivanengroup.com/tietoa-meista/>.

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

VNa 843/2017. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Ympäristöministeriö.