



SORAPINTAISEN YKSITYISTIEN KUNNOSTAMINEN BETONIMURS- KEELLA

Timo Rönkä

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2015
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

Timo Rönkä:
Sorapintaisen yksityistien kunnostaminen betonimurskeella

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Huhtikuu 2015

Opinnäytetyössä tutkitaan mahdollisuuksia kunnostaa sorateitä betonimurskeella. Työssä esimerkkikohteena toimii Palojärventie Ylöjärvellä, joka on kelirikkoaikoina lähes ajokelvoton. Maanomistajuussuhteista ja hankalasta maastosta johtuen, kunnollisen kiu- vatus järjestelmän rakentaminen on mahdotonta. Kohde sijaitsee rinteessä, josta vettä pääsee valumaan suuria määriä tien rakenteeseen ja tämän vuoksi varsinkin notkoissa tien kunto on heikko. Liikenne on vähäistä, arviolta 10- 20 ajon./vrk.

Kohteen korjauskeinoksi on valikoitunut korjaus betonimurskeella, kohde onkin Delete Finland Oy:n pilottikohde sertifioidun DeleKiven käytölle teiden kantavuuden paranta- misessa. Toiminta ei sinällään ole laitos- tai ammattimaista, koska määrä on suhteelli- sen pieni, eikä toiminta siis vaadi ympäristölupaa. Mara-asetusta voidaan soveltaa koh- teessa, mutta sen soveltamisista ei vaadita johtuen kohteen koosta. Työn tilaajana toimii Ossi Sippola, Delete Oy toimittaa murskeet ja Taratest Oy suorittaa mittaukset. Opin- näytetyö tehdään Taratest Oy:lle, joka suorittaa kantavuusmittaukset Loadman- laitteella.

Murskeen laatu on kelpollista, joten sen päälle ei toimiteta pienemmän raekoon sora- tai murskekerrosta, myös teräkset oli poistettu tehokkaasti. Mursketta ei levitetty koko tien matkalle vaan tieltä oli valittu viisi pehmeikkökohtaa. Levitetyn kerroksen paksuus oli noin 100–150 mm.

Tien kantavuuden todettiin parantuneen kohdilla, joihin betonimursketta oli levitetty. Nykyisellään tie kestää myös raskaampaa liikennettä ja kelirikkoaikoina ongelmia ei enää ilmene vanhaan malliin.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering
Civil Engineering

Timo Rönkä:
The Renovation of Gravel Surface Private Road with Crushed Concrete.

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 3 pages
April 2015

The purpose of this thesis was to study possibilities to renovate gravel roads with crushed concrete. In this thesis there is an example road Palojärventie in Ylöjärvi which is almost non-drivable. Because of the land ownership and difficult terrain building the working drainage system is not an possible. The road is built on a slope, where big amount of water flows into the structure of the road and because of this roads condition is poor especially in the kettles. Traffic is slight approximate 10-20 cars/day

Road is selected to renovate with crushed concrete and the road is a pilot project of the Delete Finland Ltd's for the using crushed concrete to improve bearing capacity. Operation in itself isn't institutional or professional and the amounts are small so it doesn't need environmental permission. Also the Mara-regulation isn't needed because of the scope of application. Work is ordered by Ossi Sippola, Delete Ltd will deliver the crushed concrete and Taratest Ltd will do load tests for the road with Loadman-machine.

Quality of the crushed concrete is suitable and therefore it won't covered with smaller grain size gravel or aggregate. Crushed concrete wasn't delivered everywhere, only five selected soft soil areas. Filled layer was 100-150 mm thick.

Bearing capacity of the road discovered to be better at the areas where crushed concrete was used. Now even heavier traffic will not caude damage and at the frost heaving times there is no problems like before.

Key words: crushed concrete, private road

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 6 |
| 2 | Betonimurske..... | 7 |
| 2.1 | Käyttö yleisesti | 7 |
| 2.2 | Betonijätteen jalostusprosessi | 8 |
| 2.3 | Lainsäädäntö ja lupa-asiat..... | 9 |
| 2.3.1 | Jätelaki 646/2011 | 9 |
| 2.3.2 | Jätevero | 10 |
| 2.3.3 | Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527 | 11 |
| 2.3.4 | Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakennuksessa 591/2006 | 11 |
| 2.4 | DeleKivi®-uusiokiviaines | 12 |
| 2.5 | Murskaus Ylöjärven Kolsopin teollisuusalueella | 13 |
| 2.6 | Betonimurskeen käyttö tien rakennuksessa | 15 |
| 3 | Palojärventie..... | 17 |
| 3.1 | Kohteen sijainti | 17 |
| 3.2 | Kohteen tiedot..... | 18 |
| 3.3 | Työn toteuttaminen | 19 |
| 4 | Tutkimukset..... | 22 |
| 4.1 | Kannettava pudotuspainolaite..... | 22 |
| 4.1.1 | Periaate ja tekniikka | 22 |
| 4.1.2 | Mittaus | 23 |
| 4.1.3 | Mittaustulos..... | 24 |
| 4.2 | Mittaukset | 24 |
| 4.2.1 | Lähtötiedot | 24 |
| 4.2.2 | Tulokset murskeen levityksen jälkeen | 25 |
| 5 | POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET | 27 |
| 5.1 | Kohdetien seuranta | 27 |
| 5.2 | Tulosten yleistettävyys | 28 |
| 5.3 | Tulosten arviointi..... | 28 |
| | LÄHTEET..... | 30 |
| | LIITTEET | 32 |
| | Liite 1. Betonimurskeen liukoisuustesti | 32 |
| | Liite 2. Laadunvalvonta menetelmät ja valvontaohjelma..... | 33 |
| | 1(2) Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty. | |

LYHENTEET JA TERMIT

| | |
|-----------|-------------------------------|
| ajon./vrk | ajoneuvoa vuorokaudessa |
| YSL | Ympäristönsuojelulaki |
| Vna | Valtioneuvoston asetus |
| AVI | Aluehallintavirasto |
| PANK | Päällystealan neuvottelukunta |
| BeM | Betonimurske |

1 JOHDANTO

Suomessa yksityisteitä on kaikkiaan noin 360 000 km. Pysyvän asutuksen käytössä olevia teitä on noin 90 000 km, rakennettuja metsäautoteitä arviolta 120 000 km sekä muita autolla ajokelpoisia metsä- ja mökkiteitä on noin 110 000 km. Näiden lisäksi on vielä huomattava määrä pääasiassa kiinteistökohtaisia kevyempirakenteisia ajouria, pihateitä, yms. (Suomen Tieyhdistys, 2014)

Opinnäytetyössä tutkitaan mahdollisuuksia kunnostaa teitä betonimurskeella. Esimerkki kohteena toimii vähäliikenteinen yksityistie, jossa osakkaita on kuusi. Tilaajalla on tieyksiköistä 80 prosenttia, muut ovat metsänomistajia ja toinen vakituinen asunto sijaitsee heti tien alussa. Kohde sijaitsee sivukaltevassa maastossa, jossa vettä pääsee virtamaan tien rakenteeseen. Sulaan aikaan ylimääräinen vesi saa aikaan tien urautumista etenkin rinteiden puolelle tietä. Virtaavasta vedestä muodostuu pakkaskaudella paannejäättä tai se ”ruokkii” routivaan pohjamaahan muodostuvan jäälinsin kasvua. Vaurioina on routaheittoja, pituushalkeamia sekä sorateillä kelirikkoa (Rantanen, Turunen & Nousiainen 2005, 12).

Palojärventielle haluttiin toteuttaa edullinen kunnostustoimenpide. Tie on kelirikkoaikoina pahimmillaan jopa lähes ajokelvoton henkilöautolla. Suurten ajoneuvojen kulkua on rajoitettu 8 tonnin painorajoituksella.

Ongelmat kohteessa ilmenevät erityisesti kevään ja lumen sulamisenaikaan, jolloin huulavesien virtaus on suurimmillaan. Johtuen tierakenteen puutteellisesta levityksestä ja hiekkaisesta siltistä, tierunko menettää kantavuutensa huokosvedenpaineen kasvaessa.

2 Betonimurske

2.1 Käyttö yleisesti

Betonimurskeella tarkoitetaan jätettä, joka on valmistettu puretuista betonirakenteista tai uudisrakentamisen ja betoniteollisuuden betonijätteistä murskaamalla enintään 150 millimetrin kappalekokoon. Murskattu betonijäte saa sisältää enintään 30 painoprosenttia tiilimursketta. (VNa 591/2006.)

Betonimursketta on käytetty teiden, katujen ja kenttien jakavassa ja kantavassa kerroksessa Suomessa vuodesta 1994 saakka. Rakennetuissa kohteissa mitatut kantavuudet ovat ylittäneet tavanomaisilla kiviainesrakenteilla saavutettavat kantavuudet ja kokemukset ovat olleet hyviä. Lisäksi betonimursketta on tutkittu laboratoriokokeilla teknisten ja ympäristöominaisuuksien määrittämiseksi (Tiehallinto 2000,4).

Rakentamiseen käytetään Suomessa kiviaineksia yli 100 miljoonaa tonnia vuodessa. Luonnon kiviainesten käyttö on noin 70–80 miljoonaa tonnia vuodessa. Rakentamiseen mahdollisesti soveltuvia uusiomateriaaleja tuotetaan vuosittain lähes yhtä paljon. Uusiomateriaalien käytön edistäminen on erittäin tehokas keino materiaalitehokkuuden edistämiseen ja sillä voidaan vähentää merkittävästi neitseellisten luonnonvarojen käyttöä sekä niiden kuljetusten tarvitseman energian kulutusta (Inkeröinen & Alasaarela 2010,5).

Betonimursketuotteet jaotellaan niiden raaka-aineen ja materiaaliominaisuuksien mukaan. Raaka-aineena voi olla joko betonituoteteollisuudesta tai purkutyömailta peräisin oleva betonijäte. Betonimurskeet jaotellaan neljään eri luokkaan raaka-aineidensa perusteella taulukon 1 mukaisesti. Päällysrakenteiden suunnittelussa suositellaan käytettäväksi betonimurskelajitteita I ja II.

TAULUKKO 1. Betonimurskelajitteiden raaka-aineiden kuvaus (Tiehallinto 2000, 9).

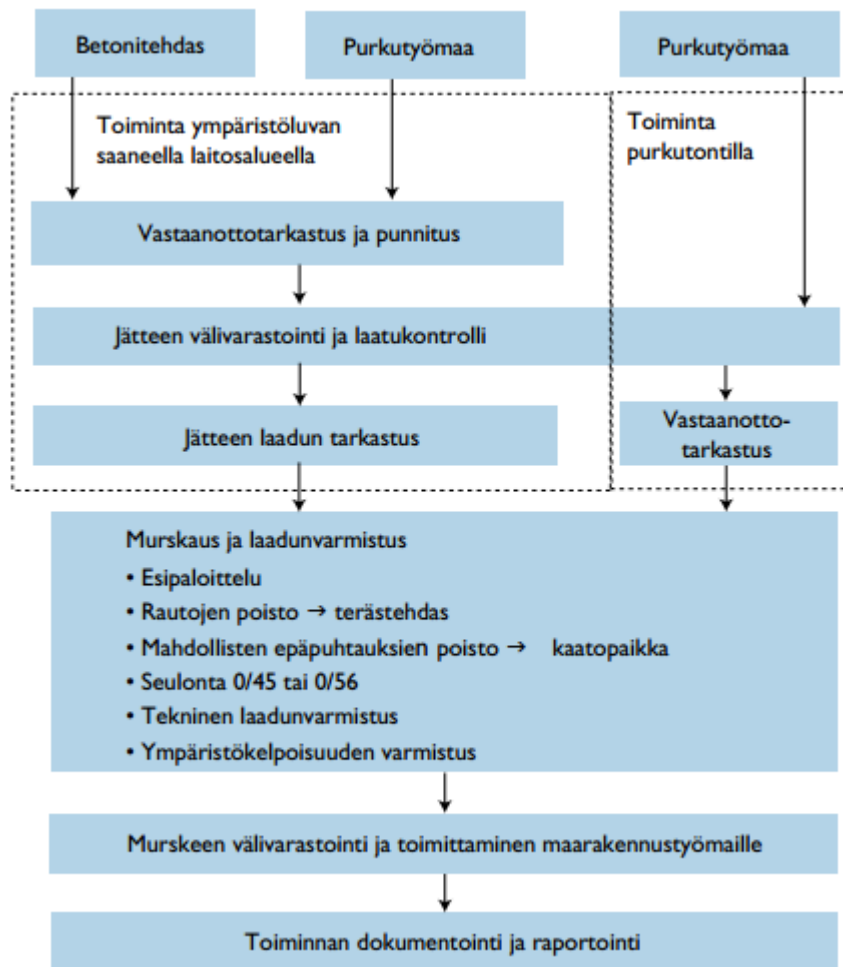
| Lajite | Raaka-aine |
|----------------|--|
| BeM I | Epäpuhtauksista vapaa betonijäte, joka on peräisin esim. betonituoteteollisuudesta |
| BeM II | Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte |
| BeM III | Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, jonka uudelleenlujittuminen rakenteessa on epävarmaa |
| BeM IV | Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, joka ei lujitu rakenteeseen tiivistettynä ja voi olla routivaa |

Betonijätteen kierrätyksellä saavutetaan useita etuja. Sitä käyttämällä säästetään neitseellisiä luonnonvaroja, kuljetus matkat lyhenevät, jätteen määrä vähenee mikä vaikuttaa suoraan kaatopaikkakustannuksiin. Taloudellista höytyä saadaan myymällä jätettä, myös teräkset saadaan eroteltua omaan kierrätykseen.

2.2 Betonijätteen jalostusprosessi

Betonijätteen jalostusprosessin päävaiheet ovat betonijätteen talteenotto, kuljetukset, jätteen vastaanotto, väliavarastointi, betonimurskeen valmistus, murskeen väliavarastointi ja toimitus käyttäjille (kuva 1).

Jos purkukohteessa syntyvää jätebetonia ajatellaan hyödynnettäväksi betonimurskeena, purkukohteesta tulee laatia huolellinen purkusuunnitelma, jossa tunnistetaan mahdolliset ongelma-aineet ja -materiaalit sekä arvioidaan alustavasti purussa syntyvän betonijätteen soveltuvuutta hyödynnettäväksi (Pajukallio ym. 2011, 72). Betonimurskeen laadunvalvontamenetelmät ja valvontaohjelma on esitetty liitteessä 2.



KUVA 1. Betonimurskeen jalostusprosessi (Pajukallio ym. 2011, 72).

2.3 Lainsäädäntö ja lupa-asiat

Uusiomateriaalien käyttöä ohjaavat eurooppalainen ja kansallinen lainsäädäntö, ympäristöviranomaisten vaatimukset, Liikenneviraston ohjeet, InfraRYL (Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 Väylät ja alueet) ja eurooppalainen standardisointi. Uusiomateriaalien tekniset vaatimukset ja niiden tutkimusmenetelmät perustuvat Liikenneviraston ohjeisiin, InfraRYL- julkaisuun ja eurooppalaiseen standardisointiin. (Liikennevirasto 2014, 12)

2.3.1 Jätelaki 646/2011

Lain tarkoituksena on ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, edistää luonnon-

varojen kestäväää käyttöä, varmistaa toimiva jätehuolto ja ehkäistä roskaantumista. Lakia sovelletaan jätteeseen, jätehuoltoon ja roskaantumiseen sekä tuotteisiin ja toimintaan, joista syntyy jätettä. Betonimurskeen käytössä jätelaki on tärkeä tuottajalle, mutta käyttäjälle ei ole merkitystä.

Jätelain 1 luvun 6 §:n mukaan on esitetty oleellimmat käsitteet, jotta välttyttäisiin väärin käsityksiltä vastuualueissa ja käsitteissä.

Uudelleenkäytöllä tarkoitetaan tuotteen tai sen osan käyttämistä uudelleen samaan tarkoitukseen kuin mihin se on alun perin suunniteltu.

Jätteen kierrätyksellä tarkoitetaan toimintaa, jossa jäte valmistetaan tuotteeksi, materiaaliksi tai aineeksi joko alkuperäiseen tai muuhun tarkoitukseen; jätteen kierrätyksenä ei pidetä jätteen hyödyntämistä energiana eikä jätteen valmistamista polttoaineeksi tai maantäyttöön käytettäväksi aineeksi.

Jätteen hyödyntämisellä tarkoitetaan toimintaa, jonka ensisijaisena tuloksena jäte käytetään hyödyksi tuotantolaitoksessa tai muualla taloudessa siten, että sillä korvataan kyseiseen tarkoitukseen muutoin käytettäviä aineita tai esineitä, mukaan lukien jätteen valmistelu tällaista tarkoitusta varten

Jätteen loppukäsittelyllä tarkoitetaan jätteen sijoittamista kaatopaikalle, polttoa ilman energian talteenottoa tai muuta näihin rinnastettavaa toimintaa, joka ei ole jätteen hyödyntämistä, vaikka toiminnan toissijaisena seurauksena on jätteen sisältämän aineen tai energian hyödyntäminen, mukaan lukien jätteen valmistelu loppukäsittelyä varten.

2.3.2 Jätevero

Jäteveron tavoitteena on edistää jätteen hyödyntämistä ja vähentää kaatopaikoille sijoitettavan jätteen määrää. Jäteverolaki (495/1996) tuli voimaan 1996 ja se uudistettiin kokonaan vuoden 2011 alussa voimaan tulleella uudella jäteverolailla (1126/2010). Alun perin jäteveroa perittiin vain yleisille kaatopaikoille sijoitettavasta jätteestä (pois lukien muusta jätteistä eroteltuna toimitettava pilaantunut maa-aines, siustausjäte, voi-

malaitoksen rikinpoistojäte ja lentotuhka sekä kaatopaikalla hyödynnettävä jäte yli 150 mm kokoisista kappaleista koostuvaa betonijätettä lukuun ottamatta).

Uuden jäteverolain periaatteena on, että veroa kannetaan kaikesta sellaisesta kaatopaikalle sijoitetusta jätteestä, jonka hyödyntäminen on teknisesti mahdollista ja ympäristönsuojelun kannalta perusteltua ja jonka taloudellista hyödynnettävyyttä voidaan jäteverolla parantaa. Sellaiset kaatopaikalle sijoitettavat jätelajit, joille ei ole kaatopaikkaa korvaavaa teknistä hyödyntämis- tai käsittelyvaihtoehtoa tai joiden hyödyntämisestä aiheutuva haitta olisi hyötyä suurempi, eivät ole laissa verollisia. Vero määrätään jätteen painon perusteella ja se on sama jätteen laadusta riippumatta. Vuoden 2013 alusta veron määrää on 50 euroa tonnilta. Kierrättämällä betonijätteen murskeeksi säästyy jäteveron maksulta (Pajukallio ym. 2011, 35).

2.3.3 Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527

Lain tarkoituksena on, ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä, tukea kestävästä kehityksestä ja torjua ilmaston muutosta. Tarkoituksena myös edistää luonnonvarojen kestävästä käytöstä sekä vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta. Ympäristönsuojelulain luvussa 16. kielletään maaperän pilaaminen siten, että siitä voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Luvussa 17. kielletään pohjavesien pilaaminen. Luvut 16. ja 17. ohjaavat betonimurskeen käyttöä siten, että laadusta on oltava varmoja. (YSL 2014/527)

2.3.4 Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakennuksessa 591/2006

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa eli ns. MARA-asetuksen tarkoituksena on edistää jätteiden hyödyntämistä määrittelemällä edellytykset, joiden täytyessä asetuksessa tarkoitettujen jätteiden käyttöön maarakentamisessa ei tarvita ympäristönsuojelulain (86/2000) mukaista ympäristölupaa. Laki helpottaa ja ohjeistaa betonimurskeen käyttöä maanrakennuksessa.

Jätteen luovuttajalla on oltava laadunvalmistusjärjestelmä, joka sisältää ainakin seuraavat kohdat:

1) laadunvalvontatutkimukset

- näytteenottosuunnitelma ja arvio näytteenoton edustavuudesta sekä ohjeet näytteenotosta, näytteiden valmistuksesta ja näytteiden toimittamisesta analysoitaviksi
- tutkimus- ja määrittämenetelmät, seurattavat haitalliset aineet ja muut seurattavat ominaisuudet sekä seurantatiheydet
- tutkittavien haitallisten aineiden raja-arvot
- laatu poikkeamien käsittely ja hyväksyttävät poikkeamat
- näytteenoton ja tutkimusten laadunvarmistus
- laadunvalvonnan seuranta-asiakirjat ja raportointiohje

2) vastuuhenkilöt ja näiden pätevyys

3) ohjeet jätteen vastaanotosta (erityisesti, jos kysymys on useista kohteista toimitettavan jätteen käsittelystä hyödyntämiskelpoiseksi), varastoinnista, käsittelystä ja toimitamisesta hyödyntämispaikkaan

4) laadunvarmistusjärjestelmän arviointi- tai auditointisuunnitelma

5) tarvittaessa erityiset puhtausvaatimukset, kuten jätteeseen kuulumattoman aineksen osuus

6) seuranta ja raportointi

- laadunvalvontapöytäkirja kultakin näytteenotto- ja tutkimuskerralta
- havaitut laatu poikkeamat ja niiden johdosta tehdyt toimenpiteet
- hyödynnettäväksi toimitettavan jätteen määrä ja laatu sekä toimituskohteet (591/2006 liite 2).

2.4 DeleKivi®-uusiokiviaines

DeleKivi on Delete Oy:n oma uusiokiviaines, jonka raaka-aine on rakennusten purkamisessa tai betoniteollisuudessa syntyvä betoni- ja tiilijäte. Jäte syntyy pääosin Deleten purkutyömailla rakennusten purussa syntyvästä betonista ja tiilestä. DeleKivi on rae-kooltaan 0/90 ja se sopii maarakennukseen sekä tienrakentamiseen (Delete).

Tuotteen laatua valvotaan SFS-EN 13242+A1 -tuotestandardin mukaan. Valvontaa tehdään sekä purkutyökohteessa että myös kierrätysasemalla Tampereella. Laadunvalvonnan ensimmäisenä vaiheena on aina silmämääräinen tarkastelu ja sen perusteella voi-

daan tehdä päätös esimerkiksi suunniteltua useamman testin tekemisestä. Testaukset suoritetaan alihankintana kiviainesten testaukseen erikoistuneessa laboratorioissa (Delete).

Purkutyömaalla syntyvän murskeen ympäristökelpoisuuden laadunvalvonta tehdään pääasiassa Vna 591/2006 (muutos 403/2009) mukaisin perustutkimuksin. Jokaisesta uudesta purkukohteesta tehdään murskeelle perustutkimukset, jolla osoitetaan jätteen kuuluvan Valtioneuvoston asetuksen 591/2006 soveltamisalaan. Perustutkimuksiin lähetettävät näytteet voidaan ottaa joko pystyssä olevan rakennuksen rakenteista tai purkamisessa syntyneestä murskekasasta. Asetuksen mukaisilla perustutkimuksilla varmistetaan, ettei yhdenkään haitta-aineen pitoisuus ylitä kiviaineksen käyttöpaikalla voimassa olevia raja-arvoja (Delete).

Raaka-aineesta otetaan ennen purkuvaihetta näytteet hyötykäyttökelpoisuuden varmistamiseksi. Tämän jälkeen rakennus puretaan purkusuunnitelman mukaisesti lajittelevana purkuna. Ennen rakenteiden purkamista varmistetaan, että purkukohde on siivottu muista purkujätteistä. Rakenteet puretaan omiin kasoihinsa pitäen ne erossa muusta purkujätteestä (Delete).

2.5 Murskaus Ylöjärven Kolsopin teollisuusalueella

Betonimurske murskataan Ylöjärvellä sille varatulla tontilla Kolsopin teollisuusalueella. Toimintaa varten on haettu ja saatu ympäristölupa. Laitosalue on kooltaan noin 3 hehtaaria. Laitoksen pääasiallinen toiminta on esilajitellun betoni- ja tiilijätteen murskaus maanrakentamisessa hyödynnettäväksi. Laitoksessa vastaanotetaan ja käsitellään vuosittain enintään 100 000 tonnia betoni- ja tiilijätettä ja varastoitava määrä on enintään 50 000 tonnia kerralla (AVI:n ympäristölupa 23/2011/11).

Betonit tuodaan erikokoisina paloina alueelle, jossa ne paloitellaan pienemmiksi, samalla erotellaan suurimmat raudat ja muut epäpuhtaudet. Betonit murskataan telalustaisella leukamurskaimella (kuva 2), jota syöttää kaivinkone. Murskain erottaa raudat betonin joukosta magneettisesti hihnalle, josta ne kerätään talteen erilliseen säilöön ja toimitetaan kierrätykseen (kuva 3). Puhdas betonimurske ajetaan varastokasoihin pyöräkuormaajalla.



KUVA 2. Telamurskain työssään

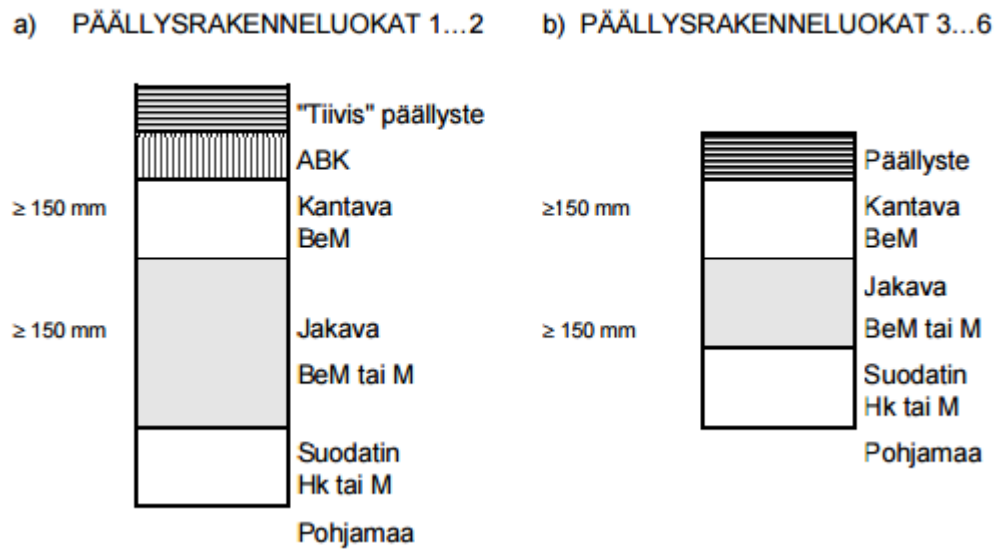


KUVA 3. Hihna, joka erottelee raudat omaa kierrätykseen.

2.6 Betonimurskeen käyttö tien rakennuksessa

Betonimurskettä on teknisesti mahdollista käyttää kaikissa päällyys- ja alusrakenteen kerroksissa pengertäytteestä ja suodatinkerroksesta kantavaan kerrokseen saakka. Mikäli I ja II-luokan betonimurskeen lujittumista ei hyödynnetä, voidaan niitä käyttää sellaisenaan korvaamaan jakavan ja kantavan kerroksen kallio- ja soramurskettä (Tiehallinto 2000, 8).

Taloudellisesti ja teknisesti mielekkäintä käyttö on kantavassa kerroksessa, jolloin kantavaa kerrosta ja/tai kantavan kerroksen alapuolista jakavaa kerrosta voidaan ohentaa lujittuneen betonimurskeen hyvien kantavuusominaisuuksien ansiosta. Sitomattomien rakennekerrosten tiivistetyn paksuuden on oltava vähintään kaksinkertainen verrattuna niiden sisältämän materiaalin maksimiraekokoon. Kuvassa 4 on esitetty tyypillinen betonimurskerakenne (Tiehallinto 2000, 8).



KUVA 4 Tyypillinen betonimurskerakenne (Tiehallinto 2000, 9).

Koska betonimurskeen vedenläpäisevyys on pienempi kuin normaalilla murskeella, on betonimurskeen pinnan sivukallistuksen oltava riittävä ($\geq 3\%$). Betonimurskeen lujittuminen edellyttää murskeen riittävää kosteutta ensimmäisen 1 kk:n aikana kerroksen tiivistyksen jälkeen. Riittävä kosteus voidaan ylläpitää seuraavasti:

- 1) ABK tai AB-päällysteellä tai
- 2) bitumiemulsiolla ja kiviaineskerroksella välittömästi tiivistyksen jälkeen tai
- 3) kastelemalla kerros esim. kasteluautolla.

Vaihtoehdot 1 ja 2 eivät vaadi lisä kastelua tiivistyksen jälkeen. Vaihtoehdossa 3 kastelun tarve riippuu säätilasta. Tavanomaisena kesänä, jolloin sadekuuroja on ajoittain, kastelua ei paljon tarvita. Pitkinä hellejaksoina kastelua tarvitaan päivittäin. Jos betonimurskekerroksen päälle tehdään ohut murskekerros (n. 50 mm), vähenee kastelun tarve (Tiehallinto 2000, 23-24).

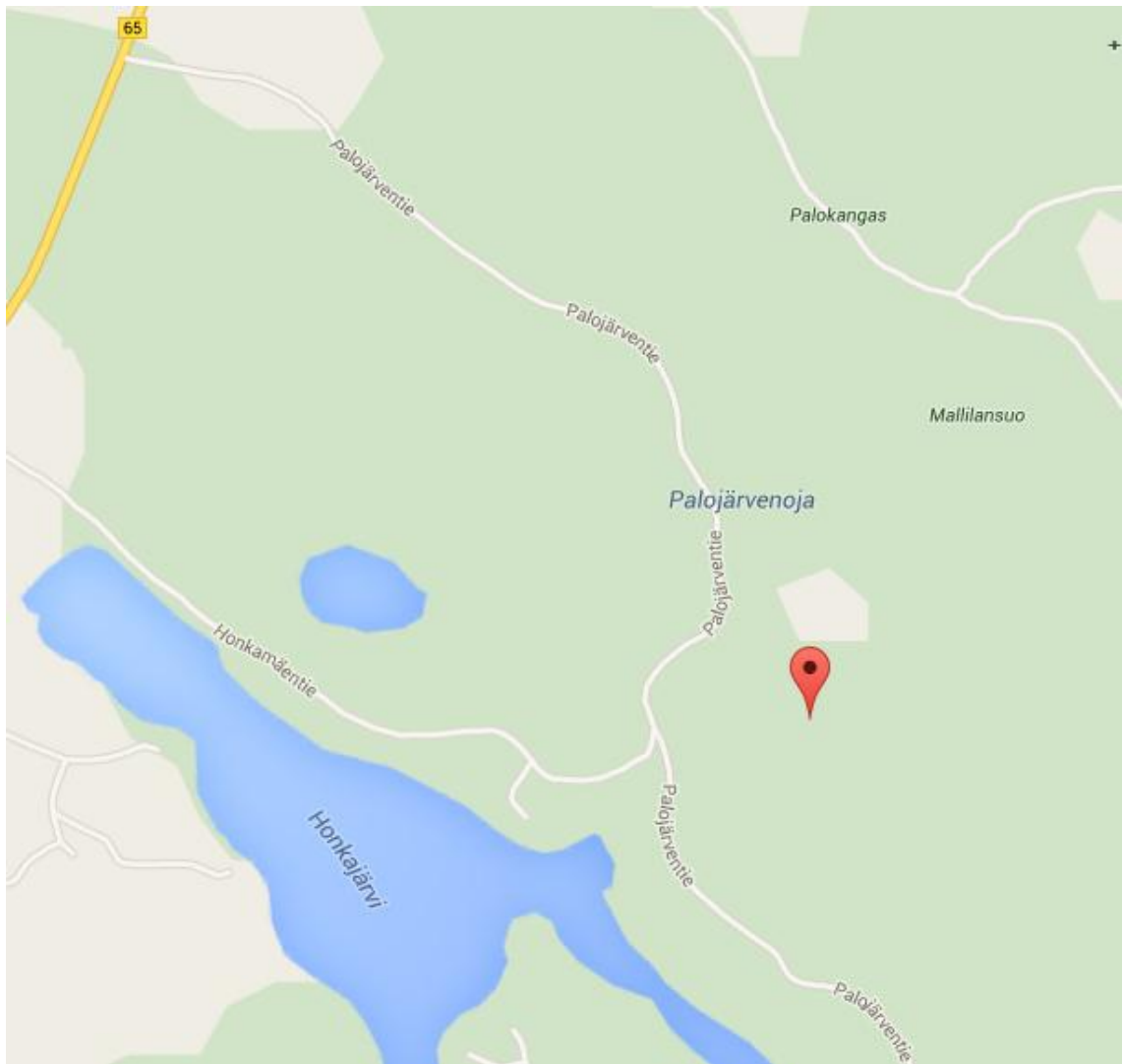
3 Palojärventie

3.1 Kohteen sijainti

Palojärventie sijaitsee Ylöjärvellä n.25 km keskustasta pohjoiseen. Ylöjärven kaupunki sijaitsee Pirkanmaalla, Tampereen naapurissa. Palojärventielle käännyttään kantatie 65:ltä (Ylöjärvi-Virrat) noin 15 km ennen Kurua itään päin. (kuvat 5 ja 6).



KUVA 5. Sijainti on merkitty punaisella osoittimella (Google Maps).



KUVA 6. Kohde tie (Google Maps).

3.2 Kohteen tiedot

Betonimursketta haluttiin kokeilla sen edullisuuden vuoksi. Kohde ei sijaitse pohjavesialueella, joten murskeen käytölle ei ollut mitään ongelmia ja Kolsopin varastokin sijaitsee varsin lähellä.

Tiellä on 8 tonnin painorajoitus sillan vuoksi ja liikennettä n. 10–20 ajon/vrk. Tielinjan mutkaisuudesta ja kapeudesta johtuen nopeudet tiellä ovat alhaisia n. 20–30 km/h. Tien varrella sijaitsee vain kaksi kiinteistöä.

Taratest Oy:n Juha Mäkinen ja työn tilaaja Ossi Sippola ovat pitäneet kesällä 2014 katselmuksen, jossa maastoon on merkitty tien huonoimmat kohdat. Katselmuksessa on

myös arvioitu tarvittavan betonimurskeen määrää. Ennen korjaustoimenpiteitä valituista kohdista on otettu kantavuuskokeet Loadman-laitteella.

Delete Kierrätys- ja Purkupalvelut Oy on toimittanut betonimursketta kesän lopulla tielle 450 tonnia. Murske oli Deleten omaa standardoitua DeleKiveä, jonka laatu on todettu liukoisuustestien (liite 1). Betonimurskeen tiivistämistä ei nähty tarpeelliseksi, vaan se jätettiin liikenteen tehtäväksi. Marraskuussa Taratest Oy on käynyt suorittamassa kantavuusmittaukset samoista kohdista kuin mittaukset tehtiin kesällä.

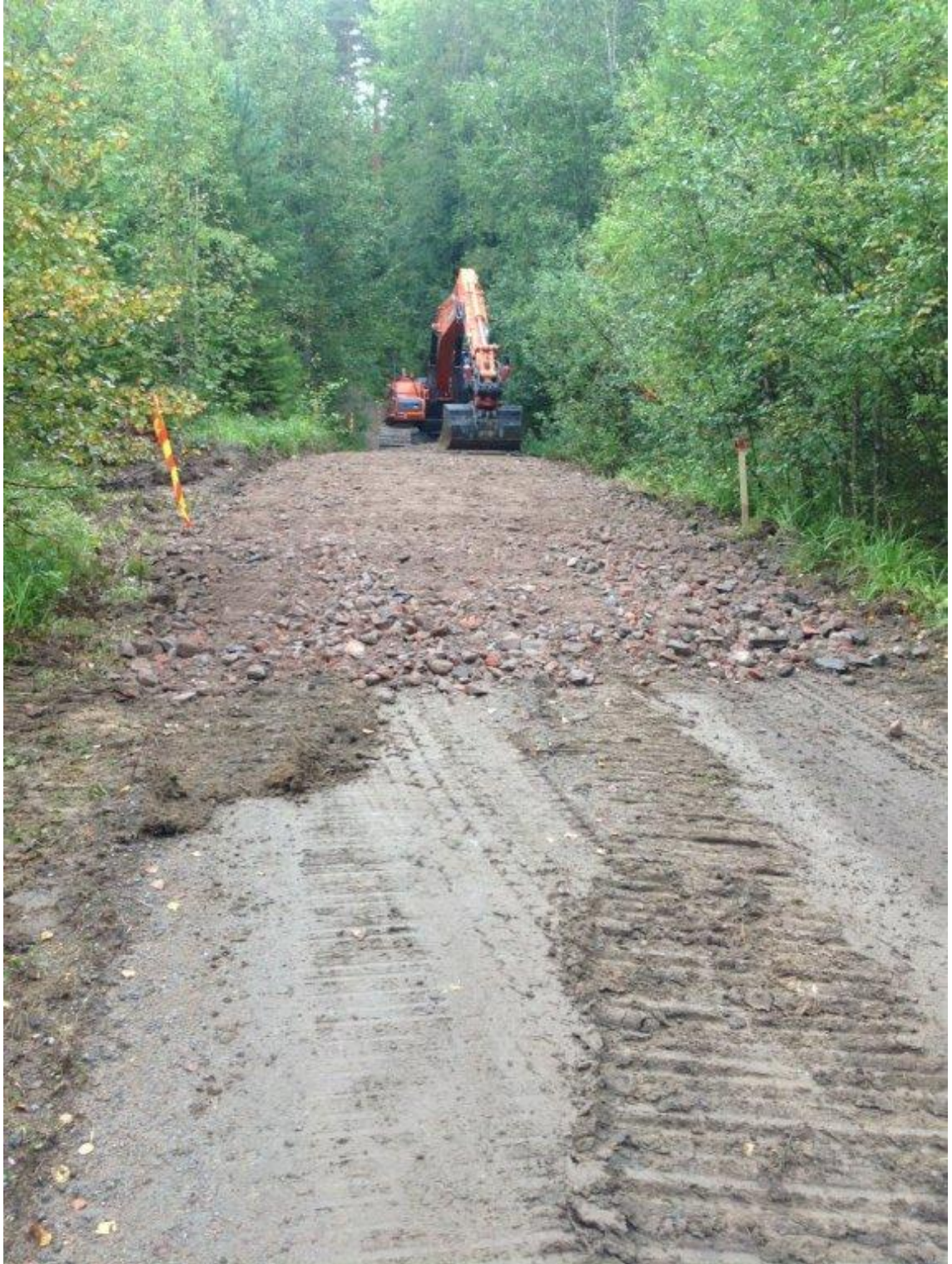
3.3 Työn toteuttaminen

Ennen betonimurskeen ajoa tien runko tasoitettiin traktorin takalevyllä. Korjattavat kohdat oli merkitty maastoon punakeltaisella nauhalla. Rungon tasoituksen jälkeen korjattaville osuuksille toimitettiin 100–150 mm paksu kerros betonimursketta, jonka rae-
koko oli 0-90 mm (kuva 7).



KUVA 7. Betonimursketta levitettynä tielle.

Murskeen levittäminen toteutettiin kaivinkoneella (kuva 8), joka arvioitiin parhaaksi työvälineeksi ahtaista olosuhteista johtuen. Murskeen tiivistymisen kannalta levittämisvaihe oli tärkeä, koska tällöin tiellä oli raskasta kalustoa, joka tiivisti mursketta omalla painollaan.



KUVA 8. Kaivinkone levittää mursketta. (Kuva Ossi Sippola 2014)

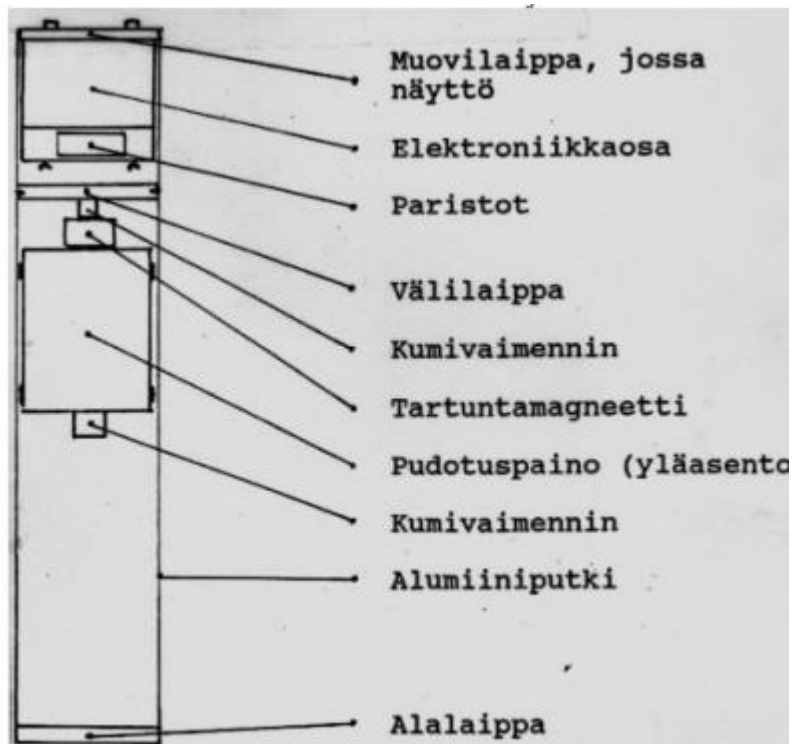
Ennen toimenpiteisiin ryhtymistä tien rungosta tehtiin kantavuuskokeita kevyellä Loadman pudotuspainolaitteella. Tuloksia verrataan samoista paikoista murskeen levityksen jälkeen otettuihin kokeisiin, työn hyödyn toteamiseksi. Loadman pudotuspainolaitteen tulokset eivät sinällään kerro koko kuvaa tien todellisesta kantavuudesta. Koetuksilla oli kuitenkin tarkoitus kuvata työn onnistumista.

4 Tutkimukset

4.1 Kannettava pudotuspainolaite

4.1.1 Periaate ja tekniikka

Loadman on kevyt kannettava pudotuspainolaite (kuva 9), joka mittaa laitteen sisällä olevan painon pudottamisen aiheuttamaa painumaa. Mittauksen periaatteena on pudottaa vapaasti putoava paino jäykälle kuormituslevylle ja mitata kuormituksen aiheuttama painuma laitteeseen kiinnitetyllä kiihtyvyyssanturilla. Laitteen elektroniikka laskee kiihtyvyyssignaalista aika-siirtymäkäyrän, jonka maksimisiirtymä = mitattu maksimipainuma (PANK kantavuuden mittaus 2012, 2). Taulukossa 2. on esitetty laitteen tekniset tiedot.



KUVA 9. Laitteen eri osat (AI-Engineering 2014, 3)

TAULUKKO 2. Tekniset tiedot (AL-Engineering)

| | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Kokonaispaino | 16 kg |
| Korkeus | 117 cm |
| Pohjalevyjen halkaisijat | 132 ja 300 mm |
| Pudotuspainon paino | 10 kg |
| Pudotuskorkeus | 80 cm |
| Toimintajännite | 27 V, 3 kpl 9 V paristoa |
| Mittausalue | n. 0.1-5 mm |
| Kuormitusimpulssin kesto | n. 25-30 ms |
| Muuta | LCD-näyttö ja neljä käyttönäppäintä |

Laitetta voidaan käyttää kaikenlaisilla rakennustyömailla kantavuusmittauksiin ja tiivis-tyksen tarkkailuun sidotuilla ja sitomattomilla kerroksilla, sen kevyen rakenteen takia. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi teillä, kaduilla, siltatyömailla, talonrakennustyömailla, kaivannoissa, urheilukentillä sekä erilaisten materiaalien testaamiseen laboratoriossa (AL-Engineering).

4.1.2 Mittaus

Mittauksessa laite asetetaan pystysuoraan mitattavalle paikalle, painetaan käsin ja ”hie-rotaan” edestakaisin, jotta pohjalevy asettuu tasaisesti alustalle koskettaessa koko alal-taan mittauskohtaa. Pudotusnapista painaen suoritetaan ensimmäinen mittaus. Tulos näkyy välittömästi näytöllä, josta se tallennetaan laitteen muistiin tai kirjoitetaan ylös. Seuraavat mittaukset tehdään samalla tavalla samalla paikalla ja tuloksista saadaan suo-raan E-arvot ja tiiviysasteet.

Käytettäessä isompaa $D=200$ tai 300 mm pohjalevyä asetetaan ko. levy mittauspäälle, astutaan levyn päälle ”alkutiivistämistä” varten ja tämän jälkeen suoritetaan mittaukset alimmaisen pohjalevyn päältä sitä paikaltaan nostamatta. Isompaa pohjalevyä käytetään hienojakoisilla materiaaleilla ja painuman ollessa yli $3-4$ mm.

Mittauksessa tarvittavien pudotusten lukumäärään vaikuttaa mittaustilanteen ominaisuudet, kuten materiaali (luonnonmateriaali/murskattu materiaali), tiivistystyö, kosteusolosuhteet jne, tavallisesti se on $3-6$ ja määräytyy kokemukseräisesti. Yhden pisteen mittaamiseen kuluva aika on n. $1-2$ min (PANK kantavuuden mittaus 2012, 4).

4.1.3 Mittaustulos

Taipuman perusteella prosessori laskee E moduulin. Mittaustuloksen toistettavuus on n. 5% , millä tarkoitetaan joustavalla alustalla tehtyjen mittausten keskihajontaa.

Moduulin arvo lasketaan kaavalla (1):

$$E = (1.5pa)/s \quad (1)$$

E = jäykkyysmoduuli MN/m^2

p = kuormitus MN/m^2

a = kuormituslevyn säde mm

s = taipuma mm

4.2 Mittaukset

4.2.1 Lähtötiedot

Kantavuuskokeita tehtiin seitsemästä eri pisteestä. Mittaukset suoritettiin 21.8.2014. Mittauksen jälkeen piste merkittiin maastoon puisella merkkitikulla, johon kirjattiin pisteen numero ja etäisyys. Tien tasauksen jälkeen, mutta ennen murskeen levitystä saaduissa tuloksissa moduuliarvo E_2 vaihtelee välillä $35-88 MN/m^2$ (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Mittaustulokset ennen murskeen levitystä.

| Piste | E1 MN/m ² | E2 MN/m ² | E2/E1 | Vaadittu | |
|-------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | | | | E2 MN/m ² | E2/E1 |
| P1 | 40 | 72 | 1,8 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P2 | 86 | 88 | 1 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P3 | 47 | 57 | 1,2 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P4 | 59 | 77 | 1,3 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P5 | 43 | 65 | 1,5 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P6 | 109 | 85 | 0,8 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P7 | 28 | 35 | 1,3 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |

4.2.2 Tulokset murskeen levityksen jälkeen

Jälkimmäinen mittaus suoritettiin 11.11.2014. Mittauksen aluksi pisteet paikannettiin kesällä tien viereen laitettujen merkkien avulla (kuva 10). Merkkejä tarkasteltaessa huomattiin, ettei pisteiden P3 ja P4 kohdille ollut levitettykään betonimurskettä, joten jäljellä jäi 5 pistettä joista voitiin tarkastella korjauksen onnistumista.



KUVA 10. Kantavuuskokeen ottopaikka merkattuna.

Murskeen levityksen jälkeisissä mittauksissa kantavuusarvo E2 vaihteli välillä 77–122 MN/m² (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Mittaustulokset betonimurskeen levityksen jälkeen.

| Piste | E1 MN/m ² | E2 MN/m ² | E2/E1 | Vaadittu | |
|-------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | | | | E2 MN/m ² | E2/E1 |
| P1 | 78 | 108 | 1,4 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P2 | 69 | 110 | 1,6 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P3 | 80 | 104 | 1,3 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P4 | 55 | 93 | 1,7 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P5 | 61 | 77 | 1,3 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P6 | 55 | 87 | 1,6 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |
| P7 | 110 | 122 | 1,1 | ≥ 100 | ≤ 2,2 |

Kantavuusmittauksissa verrattaessa tarkasteltiin kantavuusmoduulin E2 (MN/m²) arvoa ennen ja jälkeen (taulukko 5). Sen perusteella voitiin todeta tien kantokyvyn parantuneen merkittävästi. Työn onnistumisesta kertoo myös se, ettei tienrunko märkään aikaan enää menetä kantavuuttaan liikennöitäessä. Tienrunko kestää nykyisellään myös raskaan kaluston liikennettä.

TAULUKKO 5. Moduuliarvon E2 vertailu.

| Ennen | Jälkeen | Kantavuuden parannus prosentteina |
|----------------------|----------------------|-----------------------------------|
| E2 MN/m ² | E2 MN/m ² | |
| 72 | 108 | 150 % |
| 88 | 110 | 125 % |
| 57 | 104 | 182 % |
| 77 | 93 | 121 % |
| 65 | 77 | 118 % |
| 85 | 87 | 102 % |
| 35 | 122 | 349 % |

5 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Kohdetien seuranta

Kantavuusmittaukset osoittavat tien kantavuuden parantuneen ja havainnot tien kunnosta syksyn sateilla kertovat, myös tien liikennöitävyyden parantuneen selvästi. 15.3.2015 paikan päällä käynti osoittaa kuitenkin, että tiellä on vielä ongelma kohtia (kuva 11). Lumen nopea sulaminen peltoaukean kohdalla on aiheuttanut ojaan suuria vesimääriä, tältä kohdalta tietä ei ole kunnostettu, joten sen kantavuus on heikentynyt huomattavasti. Vastaavia ongelmia kunnostetuilla kohdilla ei ole esiintynyt.



KUVA 11. Lumen sulamisesta aiheutuneita ongelmia.

15.3.2015 metsän keskellä olevat osuudet olivat vielä osittain jään ja lumen peitossa, mutta sulista osuuksista pystyi näkemään, että murske oli painautunut ja tiivistynyt tiehen varsin hyvin talven mittaan (kuva 12). Suurta urautumistakaan ei näyttänyt tapahtuneen. Tie oli liikennöitävässä kunnossa ja ongelmat esiintyivät korjaamattomilla kohdilla.



KUVA 12. Talven yli tiessä ollut murske.

5.2 Tulosten yleistettävyys

Vilkasliikenteisille väylille korjausta voi käyttää, mutta silloin siihen tulisi tehdä kulkuskerros pienemmän raekoon murskeesta. Korjauksen kestävyys voitaisiin vaikuttaa varmistamalla riittävät sivukaadot ja harkitsemalla suodatinkankaan laittamista. Kerros- paksuuden kasvattamisella saataisiin lisää kantavuutta, mutta silloin tiivistämistä pitäisi suunnitella urautumisen ja palteiden muodostumisen välttämiseksi.

5.3 Tulosten arviointi

Työn tarkoituksena oli todistaa, että betonimurskeella voidaan kunnostaa tie edullisesti käyttökuntoiseksi. Korjausmenetelmä todettiin kohteessa toimivaksi ratkaisuksi, sitä voikin suositella mökki- ja metsäautoteille edulliseksi vaihtoehdoksi. Ratkaisu oli kyseiseen kohteeseen juuri sopiva edullisuuden ja kuivatusjärjestelmän rakentamisen

mahdottomuuden takia. Murskeen raekoko on päällysrakenteeksi varsin suurta ja tämä heikentää tien ajomukavuutta, myös tien urautuminen voi aiheuttaa tulevaisuudessa ongelmia. Betonimurskeen päälle suositellaan levitettäväksi pintakulutuskerros 0/35 mm raekoon murskeesta ajomukavuuden parantamiseksi ja kunnossapidon helpottamiseksi. Murskeesta raudat oli poistettu tehokkaasti, mutta silti on olemassa riski raudan päätyemisestä tielle.

Paksuudeltaan 10-15cm murskekerros arvioitiin kohteeseen sopivaksi. Murske kerroksen paksuutta lisäämällä olisi saatu kantavuutta enemmän, mutta se olisi myös aiheuttanut tarpeen tiivistää mursketta. Paksumpi kerros olisi myös kaventanut jo ennestään varsin kapeaa tietä. Paljoa ohuempi kerros ei olisi ollut toteuttavissa suuresta raekoosta johtuen.

Kierrätetty betoni on ominaisuuksiltaan erinomaista rakennusainetta ja sen merkitys ekologisesti on tärkeä. Sillä voidaan korvata arvokkaita luonnonvaroja ja se myös tiivistyy ajan kuluessa kalliomursketta paremmin.

LÄHTEET

AL-Engineerin Oy. Loadman. Luettu 19.2.2015

<http://www.al-engineering.fi/fi/loadman.html>

AL-Engineering. 2014. Loadman Käyttöohje.

http://www.al-engineering.fi/downloads/Loadman_Kohje.pdf

Aluehallintoviraston ympäristölupapäätös 23/2011/11

http://www.avi.fi/documents/10191/56868/lssavi_paatos_23_2011_1_2011_03_18.pdf

Delete Oy. DeleKivi®-uusiokiviaines maarakennuksen hyötykäyttöön.

Luettu 19.2.2015

<http://www.delete.fi/rakentamiseen/purkupalvelut/uusiokiviaines-betonimurske-maarakennuksen-hyotykayttoon/>

Hämäläinen, E. 2010. Yksitystien parantaminen. Suomen tieyhdistys. Luettu 4.2.2015.

<http://www.tieyhdistys.fi/binary/file/-/id/3/fid/103>

Inkeröinen, J., & Alasaarela, E. 2010. Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa Tuloksia UUMA-ohjelmasta 2006–2010. Luettu 9.3.2015

<http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/Uusiomateriaalin%20k%C3%A4ytt%C3%B6%20maarakentamisessa%20E2%80%93%20YMr13%20E2%80%93%202010.pdf>

Jätelaki 646/2011

Jätevero 17.12.2010/1126

Liikennevirasto. 2014. Uusiomateriaaliopas. Luettu 5.2.2015.

<http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/Uusiomateriaaliopas%20E2%80%93%20Luonnos%2028.2.2014%20E2%80%93%20Liikennevirasto%202014.pdf>

PANK Kantavuudenmittaus, Loadman. 2002. Luettu 19.2.2015

http://www.pank.fi/file/414/281_pank9001.pdf

Rantanen, T., Turunen, J., Nousianen, A. 2005. Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen. Helsinki 2005. Tiehallinto. Tiehallinnon selvityksiä 65/2005, 38 s + liitt. 18 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-651-9, TIEH 3200979. Luettu 29.1.2015.

<http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200979-v-kuivatusraportti.pdf>

Tiehallinto. 2000. Betonimurskeen käyttö tien päällysrakennekerroksissa, Mitoitus- ja työohjeet. Luettu 4.2.2015.

http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/tiel_3200594_betmurskeohje.pdf

Pajukallio, A-M., Alasaarela, E. & Inkeröinen, J. 2011. Maarakentamisen uusiomateriaalit. Ympäristökelpoisuuden osoittaminen ja tuotteistaminen. Ympäristöministeriön raportteja 11/2011. Helsinki: Ympäristöministeriö.

www.ymparisto.fi/FI/content/4371/26956

Vakkuri, R. 2011. Purkubetoni hyödynnetään, mutta vielä yksipuolisesti. Luettu 4.2.2015. www.betoni.com/Download/22599/BET1102_s46-51.pdf

Valtioneuvoston asetuseräiden jätteen hyödyntämisestä maarakentamisessa 591/2006.

Ympäristönsuojelulaki: 27.6.2014/579.

LIITTEET

Liite 1. Betonimurskeen liukoisuustesti



Delete Kierrätys- ja Purkupalvelut Oy
Jaakko Kouhia
Tauskonkatu 30
33720 Tampere

Tutkimustodistus



Todistus: AR-14-FN-001331-01

Asiakaskoodi: FN0000006

Näytenumero: 494-2014-00001910
Näyte: 20000 kolsop
Asiakkaan viite: 20000 kolsop
Näyte-erän tunnistus: Betoninäyte, 30.4.2014
Näyte-erän ottaja:
Näyte-erän ottopäivä:

Näytteet vastaanotettu: 30.04.2014

| Tutkimus | Tulos | Yksikkö | U | Menetelmä | Laboratorio |
|--|---------|----------|---|------------------------------|-------------|
| KOKONAISPITOISUUDET | | | | | |
| (a) AN01C Kuiva-ainepitoisuus | 93.9 | % | | EN 14346 | EUDEFR |
| (a) AN01G PCB 28 | < 0.01 | mg/kg ka | | DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 | EUDEFR |
| (a) AN01G PCB 52 | < 0.01 | mg/kg ka | | DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 | EUDEFR |
| (a) AN01G PCB 101 | 0.01 | mg/kg ka | | DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 | EUDEFR |
| (a) AN01G PCB 153 | 0.02 | mg/kg ka | | DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 | EUDEFR |
| (a) AN01G PCB 138 | 0.03 | mg/kg ka | | DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 | EUDEFR |
| (a) AN01G PCB 180 | 0.02 | mg/kg ka | | DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 | EUDEFR |
| (a) AN01G PCB 118 | < 0.01 | mg/kg ka | | DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 | EUDEFR |
| (a) AN01G PCB-7 Summa | 0.08 | mg/kg ka | | DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 | EUDEFR |
| KUNINGASVESIUTOLLA | | | | | |
| (a) AN00Z Arseeni (As) | 9.0 | mg/kg ka | | EN ISO 17294-2 | EUDEFR |
| (a) AN012 Kadmium (Cd) | < 0.2 | mg/kg ka | | EN ISO 17294-2 | EUDEFR |
| (a) AN013 Kromi (Cr) | 44 | mg/kg ka | | EN ISO 17294-2 | EUDEFR |
| (a) AN014 Kupari (Cu) | 36 | mg/kg ka | | EN ISO 17294-2 | EUDEFR |
| (a) AN010 Lyijy (Pb) | 24 | mg/kg ka | | EN ISO 17294-2 | EUDEFR |
| (a) AN017 Sinkki (Zn) | 120 | mg/kg ka | | EN ISO 17294-2 | EUDEFR |
| 2-VAIHEINEN RAVISTELUTESTI | | | | | |
| LIUKOISET PITOISUUDET | | | | | |
| (a) FR09Q Kadmium (Cd), L/S=10 | < 0.003 | mg/kg ka | | EN ISO 17294-2 | EUDEFR |
| (a) FR09R Kromi (Cr), L/S=10 | 0.16 | mg/kg ka | | EN ISO 17294-2 | EUDEFR |
| (a) FR09T Kupari (Cu), L/S=10 | < 0.05 | mg/kg ka | | EN ISO 17294-2 | EUDEFR |
| (a) FR09P Lyijy (Pb), L/S=10 | 0.02 | mg/kg ka | | EN ISO 17294-2 | EUDEFR |
| (a) FR0A4 Sulfaatti (SO ₄), L/S=10 | 42 | mg/kg ka | | EN ISO 10304-1/2 | EUDEFR |

(a) - Akkreditoitu menetelmä

U - Laajennettu mittausepävarmuus, k=2

Laboratorioliyhenneet

EUDEFR - Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), GERMANY - DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00

Tampere 22.05.2014

Anni-Kaisa Kurri
ASM, Kemisti
+358 3 230 6501

Asiakirjojen osittainen kopiointi on kielletty. Testausulos koskee vain tutkittua näytettä. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Akkreditoituneet menetelmät on arvioitu tutkimuksen suorittaneen laboratorion oman maan akkreditointielimen toimesta. Tämä tutkimustodistus on luotu sähköisesti ja se on tarkastettu ja hyväksytty. Mittausepävarmuuksien osalta lisätietoja saatavilla pyydettäessä.

Sivu 1/1

Eurofins Scientific Finland Oy

Hatanpäänkatu 3 A
33900 Tampere
Finland

Y-tunnus 1514462-1
www.eurofins.fi
Environment@eurofins.fi
ResultsEnvironment@eurofins.fi
p. 03 230 6504

Liite 2. Laadunvalvonta menetelmät ja valvontaohjelma (Tiehallinto 2000,27-28).

1(2)

1. Raaka-aineen vastaanotto murskausasemalle

- Materiaalin puhtauden varmistaminen
 - Silmämääräinen tarkistus
- Vastaanottokirjanpito
 - Materiaalin alkuperä
 - Materiaalin laatu
 - Toimittaja
 - Määrä

2. Murskaus

- Näytteenotto
 - Kasasta tai
 - Kuljetinhihnalta

Näytteenotossa noudatetaan PANK-2001 Kiviainesnäytteiden ottaminen ja käsittely, kohta 5.5 ja Suomen betoniyhdistys by 43 betonin kiviainekset, kohdat 6.4 ja 6.8.

3. Betonimurskeen laatuvaatimukset

Määritettävät ominaisuudet (murskeen toimittajan teettämät tutkimukset):

- Rakeisuus
- Routivuus
- Maksimi irtotiheys ja optimivesipitoisuus
- Puristuslujuus
- Materiaalin puhtaus (muiden aineiden kuten puu, muovi, yms. määrä)
- Ympäristökelpoisuus (VTT 1996 suositusten mukaisesti, katso s. 10)

Rakeisuus:

Rakeisuus määritetään seulomalla. Seulomisia tehdään 1 seulontaa 2000 tonnia kohden tai vähintään 2 seulontaa/viikko. Rakeisuuden tulee olla Tielaitoksen kantavan kerroksen kiviainesmurskeen 0/45 ohjekäyrän alueella [Murskaustyöt. Tielaitoksen yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset 1999].

Routivuus:

Materiaalin routivuus määritetään rakeisuuden avulla. Seulomalla määritettyä materiaalin rakeisuuskäyrää verrataan Tielaitoksen ohjeissa [Teiden suunnittelu, TVH:n ohjeet, kansio B 1985, kuva 12:2] esitettyihin rakeisuus-käyriin. Edellä esitetyt rakeisuusvaatimukset täyttävä betonimurske on routimatonta. Materiaalin routivuutta seurataan samalla näytteenottovälillä kuin rakeisuutta.

Maksimi irtotiheys ja optimivesipitoisuus:

Maksimi irtotiheys ja optimivesipitoisuus määritetään parannetulla Proctor -kokeella tai IC -testerillä. IC -kokeessa käytetään työpaineena 4,0 bar ja kierroksia 160.

Puristuslujuus:

Lujittumisen seuraamiseksi tehdään IC -testerilaitteistolla yksi näytesarja/10 000 tn tai vähintään 1 näytesarja/murskauserä. Yksi näytesarja sisältää 7 koekappaletta. Koekappaleet valmistetaan vastaavalla tavalla kuin määritetään maksimikuivatilavuuspaino. Puristaminen suoritetaan ohjeen BY 15 Betoninormit 1993 mukaisesti.

Kolme koekappaletta puristetaan 7 vuorokauden ikäisenä ja kolme 28 vuorokauden ikäisenä. Seitsemäs koekappale on varakappale, joka puristetaan tarvittaessa. Koekappaleet säilytetään + 20 °C lämpötilassa muovikelmulla peitettynä.

Materiaalin puhtaus:

Orgaanisten epäpuhtauksien (puu, muovi yms.) määrä ja tiilipitoisuus (# 8 mm seulalle jääneestä kuivatusta näytteestä) määritetään riittävän usein, kuitenkin vähintään 20 000 t välein. Määrittäminen tehdään standardin NEN 5942 (Nederlandse norm 1990) mukaisesti seuraavin tarkennuksin:

- Yli #8 mm rakeet jaetaan silmämääräisesti kolmeen ryhmään: betoni, tiilet ja muut. Tiileksi lasketaan lujuudeltaan tiiltä vastaavat mineraali-pohjaiset materiaalit, kuten poltetut tiilet, kalkkihiekkatiilet, keraamiset laatat, kevytbetonit, muurauslaasti....
- Kunkin materiaalin paino-osuudet (paino-%) lasketaan #8 mm seulalle jääneestä kokonaisuudesta.

Materiaalin tiilipitoisuus ja erittäin keveiden eristemateriaalien (esim. solu-muovi, vuorivilla yms.) määrää arvioidaan jatkuvasti silmämääräisesti murskeesta murskaamalla.

Betonimurskeen luokituksessa epäpuhtauksien suhteen käytetään seuraavia raja-arvoja:

| | tiilen maksimimäärä [paino-%] | muita materiaaleja (puu, muovi...) [paino-%] |
|---------|----------------------------------|---|
| BeM I | 0 | 0,5 |
| BeM II | 10 | 1 |
| BeM III | 10 | 1 |
| BeM IV | 30 | 1 |

4. Betonimurskeen vastaanotto työmaalle

- Materiaalin laadun arvioiminen
 - Silmämääräinen tarkistus
 - Materiaalin rakeisuus todetaan TYLT [1994] mukaisin näytteenotto-välein työmaalla
- Vastaanottokirjanpito
 - - Mitä lajitetta
 - - Kuka toimitti ja milloin
 - - Määrä
- Rakentamiskirjanpito
 - - Mihin kuormat on sijoitettu. Kirjataan esim. mitä paaluväliä on rakennettu ko. päivänä betonimurskeella
 - - Erytistoimenpiteet (kastelu...)