



Nuutti Vuorimies, Pauli Kolisoja

Kosteustilaherkkien

käsittelytekniikat

Tiivistelmä

materiaalien

Kosteustilaherkkien materiaalien käsittelytekniikat
TIIVISTELMÄ
Syyskuu 2006

Nuutti Vuorimies
Tampereen teknillinen yliopisto

Pauli Kolisoja
Tampereen teknillinen yliopisto

ESIPUHE

Tämä raportti on yhteenveto vuoden 2005 ROADEX II –raportista “Material Treatment”, jonka ovat kirjoittaneet Pauli Kolisoja ja Nuutti Vuorimies Tampereen teknillisestä yliopistosta.

Tiivistelmän tarkoituksena on olla työohje, joka keskittyy niihin testimenetelmiin ja –käytäntöihin, joita pitäisi soveltaa vähäliikenteisillä teillä vuodenaikojen vaihteluun – ja erityisesti kelirikkoon – liittyvissä ongelmissa, jotka johtuvat kosteustilaherkistä materiaaleista.

Tarkoituksena ei kuitenkaan ole korvata aiheeseen liittyviä lähdeteoksia, vaan tekijöiden toiveena on, että yhteenvedot saavat lukijan ymmärtämään paremmin näiden ongelmien pääsyyt ja niiden ratkaisut.

Raportin ovat kirjoittaneet Nuutti Vuorimies ja Pauli Kolisoja Tampereen teknillisestä yliopistosta, Suomesta. Raportin englanninkielisen kirjoitusasun on tarkastanut ROADEX III –hankkeen projektipäällikkö Ron Munro. Mika Pyhähuhta Laboratorio Uleåborgista on suunnitellut raportin ulkoasun.

Tekijät haluavat kiittää ROADEX III –hankkeen johtoryhmää kannustuksesta ja opastuksesta tässä työssä.

Tekijänoikeudet © 2006 Roadex III Project

Kaikki oikeudet pidätetään.

Roadex III -pääyhteistyökumppani: The Swedish Road Administration, Northern Region, Box 809, S-971 25 Luleå. Project co-ordinator: Mr. Krister Palo.

SISÄLLYSLUETTELO

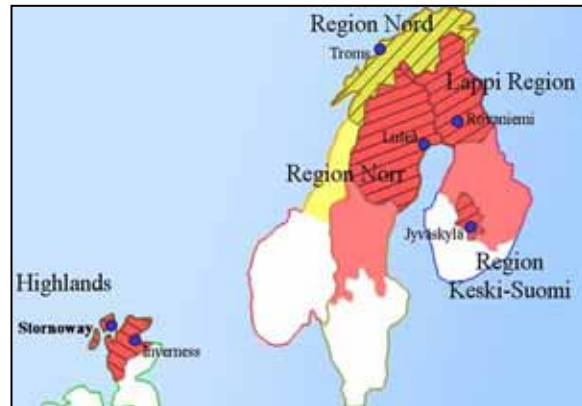
ESIPUHE	3
KAPPALE 1. JOHDANTO.....	4
1.1 ROADEX -PROJEKTI.....	4
1.2 KOSTEUSTILAHERKKIEN MATERIAALIEN KÄSITTELY.....	4
KAPPALE 2. KOSTEUSTILAHERKKIEN MATERIAALIEN KÄSITTELY – LYHYT MÄÄRITELMÄ	4
2.1 PERINTEISET KÄSITTELYAINEET	4
2.2 UUDET KÄSITTELYAINEET.....	4
KAPPALE 3. TIETOJEN KERÄYS KOSTEUSTILAHERKKIEN MATERIAALINEN KÄSITTELYN ONNISTUMISEN ARVIOIMISEKSI.....	4
3.1 TIEN PERUSTIEDOT.....	4
3.2 NÄYTTEENOTTO LABORATORIOKOEITA VARTEN	4
3.3 KÄSITTELEMÄTTÖMÄLLE MATERIAALILLE TEHTÄVÄT LABORATORIOKKEET	4
3.4 TIEDOT HARKITTAVISTA KÄSITTELYAINEISTA.....	4
3.5 KÄSITTELYAINEELLA KÄSITELLYLLE MATERIAALILLE TEHTÄVÄT LABORATORIOKKEET.....	4
KAPPALE 4. ESIMERKKI KOEKOHTEN JA KÄSITTELYAINEEN VALINNASTA	4
4.1 TAUSTA.....	4
4.2 KOHDE PT13581.....	4
4.3 KOHDE PT19735	4
4.4 KOKEMUKSET.....	4
KAPPALE 5. LOPPUSANAT.....	4
KAPPALE 7. LÄHTEET.....	4
LIITE 1.....	4

Kappale 1. JOHDANTO

1.1 ROADEX -PROJEKTI

Roadex on pohjoiseurooppalaisten tie- ja kuljetusalan toimijoiden teknistä yhteistyötä hyödyntävä hanke, joka tähtää vähäliikenteisiin teihin liittyvän tutkimustiedon keräämiseen ja jakamiseen yhteistyötahojen välillä.

Hanke aloitettiin vuonna 1998 kolmen vuoden pilottiprojektina, jossa yhteistyötahoina olivat tiepiirit Suomen Lapista, Tromssan alueelta Norjasta, Pohjois-Ruotsista sekä Highland Councilin alueelta Skotlannista. Hanketta jatkettiin myöhemmin toisella projektilla, ROADEX II:lla, vuosina 2002-2005.



Kuva 1: Pohjoisen Periferian alue ja Roadex II -yhteistyökumppanit

ROADEX II –projektin yhteistyökumppaneina olivat Pohjoisen Periferian alueiden tiehallinnot, metsätalousjärjestöt, metsäyhtiöt ja kuljetusorganisaatiot. Näitä olivat The Highland Council, The Western Isles Council (Highlandin ja The Western Islesin aluehallinnot) ja Forest Enterprise (valtiojohtoinen, mm. metsäautoteistä vastaava laitos) Skotlannista, Norjan tiehallinnon pohjoinen tiepiiri ja Norjan tiekuljetusliitto, Ruotsin tiehallinnon pohjoinen tiepiiri sekä Suomen tiehallinnon Lapin ja Keski-Suomen tiepiirit. Edellisten lisäksi hankkeessa on Suomessa ollut mukana Metsähallitus, Lapin metsäkeskus, Metsäliitto sekä Stora-Enso.

Hankkeen päämääränä oli ideoida ja kehittää uusia työkaluja interaktiiviselle ja innovatiiviselle vähäliikenteisten teiden ylläpidolle, mutta jotka ottavat samalla huomioon paikallisen teollisuuden, yhteiskunnan ja tiejärjestöjen tarpeet. Hankkeen tuloksena syntyi kahdeksan virallista raporttia ja DVD. Kopiot kaikista raporteista on ladattavissa ROADEX:in Internet-sivuilta osoitteessa www.roadex.org.

Tämä yhteenvetoraportti on yksi kahdeksasta lyhennelmästä, jotka on laadittu ROADEX III –projektin puitteissa. ROADEX III (2006-2007) on uusi projekti, johon aiemmin mainittujen tahojen lisäksi uusiksi Pohjoisen Periferian yhteistyökumppaneiksi ovat liittyneet Sisimiutin kunta Grönlannista, Islannin tiehallinto ja Suomen tiehallinnon Savo-Karjalan tiepiiri.

1.2 KOSTEUSTILAHERKKIEN MATERIAALIEN KÄSITTELY

Vuodenajanvaihtelut, jäätymissulamissykliä kanssa aiheuttavat kosteustilaherkissä materiaaleissa merkittävimmät teiden kantavuuksien alenemiset kylmän ilmastoin alueilla. Kantavuuden alenemisen aiheuttaa tien rakennekerrokseen jäätymisvaiheessa kerääntynyt liiallinen vesi, joka ei pääse riittävän nopeasti poistumaan kerroksista tierakenteen sulaessa. Tällöin raskas liikenne voi nopeasti vaurioittaa tien.

Tien rakennekerrosten materiaaleja käsittelemällä voidaan estää veden pääsemistä kosteustilaherkkiin materiaaleihin. Jos rakennekerroksessa ei ole juurikaan vettä ennen jäätymistä, niin se ei jäätyä aikana roudi ja keväällä roudan sulaessa kerros toimii suunnitellusti jakaen kuormat laajalle alueelle, jolloin tie kestää paremmin liikennekuormitusta.

Perinteisillä käsittelyaineilla, kuten bitumilla ja sementillä, on yleensä tarkoituksena merkittävästi parantaa käsiteltävän kerroksen lujuutta ja jäykkyyttä. Tällöin tarvittavat käsittelyainemäärät ovat suuria ja käsittely ei usein ole taloudellisesti mahdollista vähäliikenteisillä teillä. Uusilla käsittelyaineilla, jotka on tarkoitettu ensisijaisesti pienentämään materiaalien kosteustilaherkkyttä, pyritään parantamaan vuodenajanvaihteluista johtuvia alhaisimpia kantavuuksia. Nämä uudet käsittelyaineet kohdistuvat tiemateriaaleihin, joiden kantavuus ja lujuusominaisuudet ovat riittävät lukuun ottamatta kevään sulamiskaudella tapahtuvia lyhytaikaisia, mutta merkittäviä kantavuuden alenemisiä.

Tässä raportissa keskitytään esittelemään, mitä tietoja ja tutkimuksia tarvitaan, kun aiotaan käyttää käsittelyaineita tien rakennekerroksissa olevien materiaalien kosteustilaherkkyden vähentämiseen. Oleellinen osa tätä raporttia on selvittää selkeästi ja jopa yksinkertaistaen, miten tietoja voidaan käyttää ja hyödyntää. Raportissa on pyritty keskittymään edullisiin tutkimus- ja tietojen keräysmenetelmiin, koska tutkimuksen oletetaan ensisijaisesti kohdentuvan Euroopan Unionin pohjoisten alueiden vähäliikenteisille teihin.

Raporttia lukiessa kannattaa muistaa, että veden vaikutus ja kulkeutuminen erilaisissa kiviaineksissa erilaisissa sääolosuhteissa on kompleksinen kokonaisuus. Käsittelyaineiden sekoittaminen mutkistaa tätä kokonaisuutta, jolloin ilman riittäviä esitietoja käsittelyaineita voidaan käyttää niille sopimattomissa paikoissa. Erityisen tärkeitä tutkimusten tekeminen on uusien käsittelyaineiden kohdalla, joista ei ole saatavilla esimerkiksi luotettavaa tietoa pitkäaikaisesta toimivuudesta aiemmista kohteista.

Tämä raportti pohjautuu Roadex II -projektin raporttiin "Material Treatment" (Kolisoja ja Vuorimies 2005) ja pääosin Tekesin rahoittaman projektin raporttiin "Sitomattomien väylämateriaalien kosteustilaherkkyttä vähentävät uudet käsittelytekniikat"

(Vuorimies ja Kolisoja 2005) sekä vuonna 2005 Suomen Tiehallinnon Strategisen tutkimusprojektin S14 koekohteisiin tehdyistä tutkimuksista saatuihin kokemuksiin.



Kuva 1.2: Kulutus- ja kantavan kerroksen käsittelyä käsittelyaineella.

Kappale 2. Kosteustilaherkkien materiaalien käsittely – Lyhyt määritelmä

2.1 PERINTEISET KÄSITTELYAINEET

Bitumi ja sementti ovat yleisimmät tien kantavuuden parantamiseen käytetyt käsittelyaineet. Bitumia on käytetty myös kosteustilaherkkien materiaalien käsittelemiseen. Perinteisistä käsittelyaineista on yleensä hyvät ohjeet, jotka pohjautuvat pitkäaikaisiin kokemuksiin ja tutkimuksiin. Suomessa on vuodesta 2002 ollut koekäytössä Tiehallinnon Stabilointiohje. Stabilointiohjeessa on bitumi- ja sementtistabiloinnin lisäksi käsitelty masuunihiekka- ja komposiittistabilointia. Komposiittistabiloinnissa käytetään kahta tai useampaa sideainetta tarkoituksen ollessa yhdistää pehmeän ja kovan sideaineen hyvät ominaisuudet (Tiehallinto 2002).

Vähäliikenteisillä teillä perinteisten käsittelyaineiden käyttöä estää yleensä hinta. Lisäksi niiden käyttö soveltuu kylmillä alueilla materiaaleihin, joiden hienoainespitoisuus on enintään 12 %.

2.2 UUDET KÄSITTELYAINEET

Uusien käsittelyaineiden luokittelu ei ole vakiintunut. Uusia käsittelyaineita ja niiden vaikutusmekanismeja on esitetty Roadex II –projektin Material Treatment osuudessa. Tässä osassa niitä on esitetty hyvin lyhyesti. Useimmiten uudet käsittelyaineet soveltuvat johonkin seuraavista viidestä luokasta:

- 1) polymeerit
- 2) entsyymit
- 3) ioniset käsittelyaineet
- 4) ligniinit ja
- 5) hartsit

Polymeerejä on useita eri tyyppejä. Polymeereistä löytynevät tehokkaimmat uudet käsittelyaineet kosteustilaherkkien karkearakeisten tiemateriaalien käsittelyyn. Useimmiten ne ovat emulsioina, mutta markkinoilla on myös jauhemaisia polymeerejä.

Entsyymit ja ioniset käsittelyaineet soveltuvat materiaaleihin, joiden hienoainespitoisuus on suuri. Siten ne tuskin soveltuvat karkearakeisten materiaalien

käsittelyyn kylmän ilmanalan maissa, joissa tierakenteissa käytettyjen kiviainesten hienoainespitoisuus on pyritty pitämään pienenä.

Ligniinit ovat useimmiten metsäteollisuuden sivutuotteita ja niitä on käytetty biohajoavina lähinnä pölynsidontaan. Hartsit on tavallisesti tehty luonnontuotteista tai öljystä. Luonnontuotteista tehtyjen hartsit ovat yleensä lyhytvaikutteisia. Öljyhartseja käytettäessä on taasen havaittu olemassa pieni vaara ympäristön pilaantumisesta.



Kuva 2.1: Erilaisia käsittelyaineita.

Kappale 3. Tietojen keräys kosteustilaherkkien materiaalin käsittelyn onnistumisen arvioimiseksi

3.1 TIEN PERUSTIEDOT

Jokaisella tiellä on oma historiansa. Ilman syytä olemassa olevaa tietä ei paranneta tai korjata. Mikäli tien aikaisemmat vaiheet (rakentaminen ja toimenpiteet) on hyvin dokumentoitu ja arkistoitu, on mahdollista saada arvokasta tietoa tiehen käytetyistä tai suunnitelluista materiaaleista sekä paikoista, joihin korjaustoimenpiteet ovat kohdistuneet. Mikäli arkistoista ei löydy tietoja, niitä saatetaan saada haastattelemalla kokeneempia työntekijöitä tai paikallisia asukkaita. Tekemällä täydentäviä tutkimuksia esim. maatumalla voidaan paikata havaittuja puutteita korjattavan tien perustiedoissa.

Seuraavat perustiedot auttavat arvioimaan rakennekerrosten käsittelyn käyttökelpoisuutta mahdollisessa tien kunnon parantamisessa:

- tien rakennekerrosten paksuudet
- tiedot tien rakentamisessa käytetyistä materiaaleista
- aiemmat korjaustoimenpiteet
- tehdyt kunnossapitotoimenpiteet
- tiellä havaitut vauriot
- ojitus ja vapaan veden etäisyys tierakenteista
- liikennemäärät ja erityisesti raskas liikenne
- onko aiempaa kokemusta vastaavien materiaalien käsittelystä
- onko käytettävissä tiemateriaalien käsittelyyn soveltuvia työkoneita

Lisäksi arvioinnissa tarvitaan tietoja tai ennusteita tulevaisuudesta, jotka mahdollisesti rajoittavat tien korjauksessa käytettäviä menetelmiä. Oleelliset tiedot tulevasta, jotka vaikuttavat valittavaan menetelmään tai käsittelyaineeseen, ovat:

- tien merkitys ja tielle tuleva kuormitus
- päällystetäänkö tie
- käytettävissä oleva budjetti

Näiden perustietojen perusteella pitäisi pystyä arvioimaan, onko tien rakennekerroksessa olevan materiaalin käsittely mahdollisesti järkevää. On

muistettava, että arvioita tehtäessä käytettävissä olevan tiedon määrä ja täsmällisyys saattaa vaihdella hyvinkin paljon tapauskohtaisesti. Samalla on arvioitava, miten näytteenotto ja muut tutkimukset voivat hyödyntää tulevia korjaustoimenpiteitä.

3.2 NÄYTTEENOTTO LABORATORIOKOEITA VARTEN

Ennen näytteiden ottamista on harkittava miten paljon ja mistä näytteet otetaan. Tien rakennekerrokseen käytetty materiaali on saattanut vaihdella rakentamisajankohdan tai materiaalin ottopaikan vaihduttua. Tällöin näytettä olisi otettava useammasta kohdasta. Näytteenottopaikkojen määrä ja etäisyys tosistaan määräytyisi pääasiassa käsiteltäväksi ajatellun tien pituudesta ja aiemmin saatujen perustietojen luotettavuudesta. Suosituksena olisi pidettävä, että näytettä otetaan vähintään 2-4 kohtaa kustakin erilaisesta käsiteltäväksi aiotusta kerroksesta. Tällöin voidaan silmämääräisesti arvioida, ovatko eri kohdista otetut näytteet samaa materiaalia. Näytteet on suositeltavaa laittaa muovipussiin tai laatikkoon, josta vesi ei pääse haihtumaan pois kuljetusten aikana.

Nykyaikana näytteitä otettaessa on luontevaa kirjata ylös näytteenottokohdassa havaitut tien kerrospaksuudet ja esimerkiksi digitaalikameralla ottaa vähintään yksi hyvä kuva tukemaan muistia ja havaintoja.

Näytettä kannattaa ottaa tutkittavasta kerroksesta heti riittävästi. Vähimmäismäärä on noin 80 kg yhtä materiaalia kohden. Jos laboratoriokokeilla aiotaan verrata useita erilaisia käsittelyaineita tai muita vaihtoehtoisia korjausratkaisuja, näytemäärää on kasvatettava.

3.3 KÄSITTELEMÄTTÖMÄLLE MATERIAALILLE TEHTÄVÄT LABORATORIOKKEET

Laboratoriokokeille tulisi aina varata riittävästi aikaa, koska osa kokeista vaatii pitkiä koestusaikoja. Käsittelemättömien materiaalien laboratoriokokeet olisi hyödyllistä tehdä kolmessa vaiheessa, mikäli suunnitteluaiakataulu antaa siihen mahdollisuuden. Tämä on järkevää erityisesti silloin, kun ei olla varmoja, että vauriot aiheutuvat tutkittavan materiaalin kosteustilaherkkyydestä.

Ensimmäisen vaiheessa perusajatuksena on tehdä ensin yksinkertaisimmat ja kustannustehokkaimmat kokeet. Ensimmäisen vaiheen koetulokset ovat hyödyllisiä tien korjausta suunniteltaessa ja niillä saadaan selville alustava arvio tutkittavan materiaalin kosteustilaherkkyydestä. Ensimmäisen vaiheen laboratoriokokeita ovat:

- vesipitoisuusmääritykset

- rakeisuuskäyrän määrittäminen ja
- humuspitoisuus

Eri kohdista otetuista näytteistä määritetyistä vesipitoisuuksista voidaan arvioida tien eri kohtien tai tien materiaalien tasalaatuisuutta. Rakeisuus olisi määritettävä pesuseulonnalla. Jos pesuseulonnassa tutkittavan materiaalin hienoainepitoisuus on 10 % tai suurempi olisi pesuseulonnan lisäksi määritettävä myös hienoaineksen raekokajakautuma. Erityisesti hienoainepitoisuus ja rakeisuuskäyrän muoto vaikuttavat mitä käsittelyaineita on mahdollista käyttää tien parantamisessa. Rakeisuuskäyrän määrittäminen yhteydessä on luontevaa myös määrittää tai arvioida tutkittavan materiaalin humuspitoisuus. Materiaalin korkea humuspitoisuus voi olla materiaalin kosteustilaherkkyyden syynä ja se saattaa vaikuttaa käsittelyaineen valintaan.

Toisen vaiheen laboratoriokokeissa varmistetaan materiaalin kosteustilaherkkyys. Materiaalin kosteustilaherkkyyttä tutkitaan Tube Suction –kokeella (TS-koe). TS-koe tehdään yleensä alle 20 mm materiaalille. Koemenetelmän tarkempi kuvaus on Saarenkedon raportissa (2000) ja Texasin tiehallinnon (Texas Department of Transportation) koemenetelmäkuvaus (2003). TS –kokeessa kuivatun näytteen alapää laitetaan tislattuun veteen ja ajan suhteen mitataan näytteen yläpinnasta mittalaitteella dielektrisyys ja sähkönjohtavuutta. Dielektrisyysarvon suuruus ja kasvunopeus kertovat kuinka paljon ja nopeasti vapaata vettä nousee näytteen yläosaan kapillaarisesti. Dielektrisyysarvon perusteella sitomattomien murskeiden luokitus on esitetty taulukossa 3.1 Saarenkedon (2000) mukaisesti. Roadex II –projektin ”Material Treatment” –raportissa (Kolisoja & Vuorimies 2005) on esimerkkejä TS-kokeiden tuloksista.

Taulukko 3.1. TS-kokeen perusteella tehtävä sitomattomien murskeiden luokitus (Saarenketo 2000).

Dielektrisyysarvo	LUOKITUS
< 10	Hyvälaatuinen kantavan kerroksen murske
10-16	Kyseenalainen kantavan kerroksen murskeeksi
> 16	Sopimaton kantavan kerroksen murskeeksi

Suomessa TS-kokeen dielektrisyysarvoa 9 on myös käytetty hyvälaatuisiksi luokiteltavan murskeen ylärajana.

Toisessa vaiheessa materiaalin ominaispinta-alan ja veden adsorptioindeksin määrittäminen auttaa mietittäessä syitä tutkittavan materiaalin heikkoon käyttäytymiseen ja vahvistanevat TS-kokeen tuloksia. Ominaispinta-ala kuvaa kuinka paljon hienoaineksessa on pinta-alaa. Mitä suurempi on ominaispinta-ala, sitä todennäköisemmin materiaali pystyy pidättämään rakeidensa pinnoille vettä. Veden

adsorptioindeksi kuvaa materiaalin hienoaineksen kykyä sitoa rakeidensa pinnalle kosteutta 100 % ilmankosteudessa, joten se on myös indikaattori materiaalin ja veden välisen vuorovaikutuksen aktiivisuudesta. Jos materiaalin hienoainespitoisuus on pieni (alle 4 %) ja veden adsorptioindeksi pieni, on hyvin epätodennäköistä, että tutkittava materiaali olisi kosteustilaherkkä ja tien vauriot johtuisivat sen kosteustilaherkkyydestä. Koetuloksia tulkittaessa on huomioitava, että tierakenteista otetuissa näytteissä saattaa olla esimerkiksi suolajäämiä pölyntorjunnasta.

Mikäli kahden ensimmäisen laboratoriokoevaiheen jälkeen materiaali on todettu kosteustilaherkäksi materiaaliksi ja materiaalin ominaisuuksien parantaminen käsittelyaineilla on mahdollista, olisi käsittelemättömälle materiaalille tehtävä kolmannessa vaiheessa Proctor-koe. Proctor-kokeella selvitetään materiaalin tiivistyvyys eri vesipitoisuuksilla. Optimivesipitoisuudessa materiaali tiivistyy parhaiten. Useimpien käsittelyaineiden sekoitus ja tiivistäminen tehdään lähellä materiaalin optimivesipitoisuutta, jolloin Proctor-kokeen tulos on oleellinen lähtötieto ennen laboratoriokokeiden tekemistä käsittelyaineilla käsitellyillä materiaaleilla.

3.4 TIEDOT HARKITTAVISTA KÄSITTELYAINEISTA

Alustavat tiedot käsittelyaineiden soveltuvuudesta saa parhaiten niiden toimittajilta. Useimmiten tiedossa on käsiteltävän materiaalin rakeisuuskäyräalue tai ainakin hienoainespitoisuus, jolle käsittelyaineen pitäisi soveltua. Lisäksi käsittelyaineen "Material safety data sheet" on pyydettävä, josta saadaan selville käsittelyaineen kuljetusta, käsittelyä ja varastointia koskevat tiedot. Siitä myös selviää, jos käsittelyaineessa on mahdollisesti haitallisia aineita.

Ennakkotietona käsittelyaineen käyttäytymisestä käsiteltynä olisi saatava ainakin työskentelyyn soveltuvat sääolosuhteet ja täytyykö liikennettä rajoittaa käsitellyillä osuudella tiivistämisen jälkeen.

Edellä mainitut tiedot ja käsittelyaineen hinta yhdessä käsiteltävästä materiaalista tehtyjen tutkimusten kanssa auttavat rajaamaan laboratoriossa tutkittavat käsittelyaineet muutamaan lupaavimpaan tuotteeseen.

3.5 KÄSITTELYAINEELLA KÄSITELLYLLE MATERIAALILLE TEHTÄVÄT LABORATORIOKOKOET

Laboratoriokokeilla on vielä varmistettava käytettävän käsittelyaineen soveltuvuus tarkoitettuun tehtävään. Tällöin tarkoituksenmukaisin menetelmä odotettavissa olevien hyötyjen vertaamiseen on TS -koenäytteiden tekeminen käsittelemättömistä ja käsitellyistä materiaaleista. Kantavassa kerroksessa TS-kokeen dielektrisyysarvon

pitäisi pienentyä hyvälaatuiselta kantavan kerroksen murskeelta vaadittavaan arvoon taulukon 3.1 mukaisesti. Toinen mahdollisuus on routanousukokeiden perusteella osoittaa, että käsiteltyyn materiaaliin ei muodostu routanousua. Oleellista käsittelyaineilla testatuissa näytteissä on, että niiden kuivatilavuuspainot vastaavat työmaalla saavutettavia arvoja.

TS-kokeiden tulosten käytöstä ei ole vielä pitkäaikaisia kokemuksia suunniteltaessa käsittelyaineiden käyttöä kosteustilaherkkien materiaalien ominaisuuksien parantamiseen kohteen sijaitessa kylmässä ilmastossa, jossa materiaali altistuu pitkäaikaiselle jäätymiselle ja useille jäätymis-sulamissykleille. Tällöin on muistettava, että laboratoriokokeesta saatava yksi tunnusluku ei kerro koskaan kaikkea ja aina tarvitaan järkevää ajattelua yhdistämään laboratoriosta saatavat koetulokset käytännön töihin ja toimivaan kokonaisuuteen.

Kosteustilaherkkyttä pienentävän käsittelyaineen vaikutus materiaalin kantavuuteen voidaan tarvittaessa varmistaa esimerkiksi CBR-kokeella. Lähtökohtana kuitenkin on, että riittävän kuivana käsitellyllä materiaalilla on riittävä kantavuus, jonka pysyvyys varmistuu, kun veden tunkeutuminen materiaaliin estyy.

Liukenevaisuus voi olla myös yksi käsittelyssä eteen tulevista kysymyksistä. Jos käytettäväksi valitusta käsittelyaineesta ei ole aikaisempia käyttökokemuksia, tulisi käsittelyaineella käsitellystä materiaalista määrittää liukoisuuskokeella materiaalista mahdollisesti kulkeutuvat aineet. Tällöin tarvitaan myös vastaava liukoisuuskoe käsittelemättömästä materiaalista vertailun tekemiseksi.

Kappale 4. Esimerkki koekohteen ja käsittelyaineen valinnasta

4.1 TAUSTA

Suomen Tiehallinnon Strateginen tutkimusprojekti S14 (Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito) rahoitti koekohteen rakentamisesta ja tutkimisesta aiheutuvia kustannuksia. Muutaman tiepiirin kanssa haettiin kunnostettavista teistä koekohteeksi sopivia kohtia, joissa olisi mahdollista kokeilla kahta erilaista käsittelyainetta kosteustilaherkän materiaalin ominaisuuksien parantamiseen. Aiempien tutkimusten (Vuorimies & Kolisoja 2005 ja Kolisoja & Vuorimies 2005) perusteella oli valittu kolme ainetta, joiden soveltuvuutta kohteisiin tutkittaisiin.

4.2 KOHDE PT13581

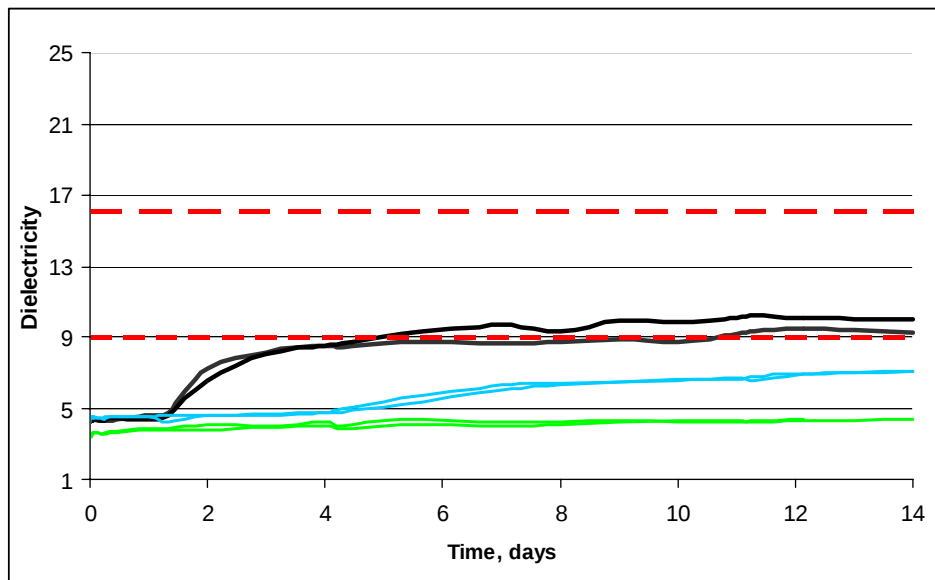
Paikallistie 13581 on ohuesti päällystetty tie, jossa oli tarkoitus tehdä tien kunnon parantamistoimenpiteenä bitumistabilointi. Vaihtoehtona bitumistabiloinnille tutkittiin mahdollisuutta tehdä kosteustilaherkkyttä vähentävillä käsittelyaineilla koekohte peltoukealle, jossa pohjavedenpinta on suhteellisen lähellä tien pintaa. Kuvassa 4.1 on esitetty näytteenottoa kohteesta. Näytteenotto on keskittynyt vaurioituneelle kohdalle. Kantavan kerroksen paksuus oli näytteenottokohdalla 20-25 cm. Ojaa kohden kantavan kerroksen paksuus pieneni. Paikallistieltä kantavasta kerroksesta otetusta näytteestä määritetty vesipitoisuus oli 3,8 %. Pesuseulonnan perusteella materiaalin hienoaainespitoisuus oli 7 %.



Kuva 4.1: Näytteen ottamista paikallistiellä pt 13581.

TS-kokeet tehtiin käsittelemättömälle ja käsitellylle materiaaleille kahdella rinnakkaisnäytteellä. Näytteet tiivistettiin 5,5 % vesipitoisuudessa vakiotyömäärällä ja näytteiden kuivatilavuuspainot olivat 22,3 - 22,8 kN/m³. Kuvassa 4.2 nähdään näytteiden dielektrisyysarvojen muuttuminen ajan suhteen, kun uunissa 40-45 °C asteessa kuivuneet näytteet oli asetettu vesialtaaseen. Käsittelemättömillä näytteillä dielektrisyysarvot olivat kymmenen ensimmäisen mittauspäivän aikana suurimmillaan 8,9 ja 9,9, jonka jälkeen arvot nousivat vielä hieman. Käsitellyillä näytteillä dielektrisyysarvot olivat pienempiä. Käsittelemättömistä näytteistä mitatut sähkönjohtavuudet olivat alle 15 µS/cm.

Koska käsittelemättömien näytteiden dielektrisyysarvot TS-kokeessa eivät olleet selkeästi raja-arvoa (9-10) suurempia, päätettiin koetulosten tutkimisen jälkeen uusien käsittelyaineiden koekohteeksi etsiä kuitenkin soveltuvampi kohde.



Kuva 4.2: Paikallistien 13581 käsittelemättömälle soralle (mustat) ja käsitellylle soralle (värilliset) tehtyjen TS-kokeiden dielektrisyyskuvaajat.

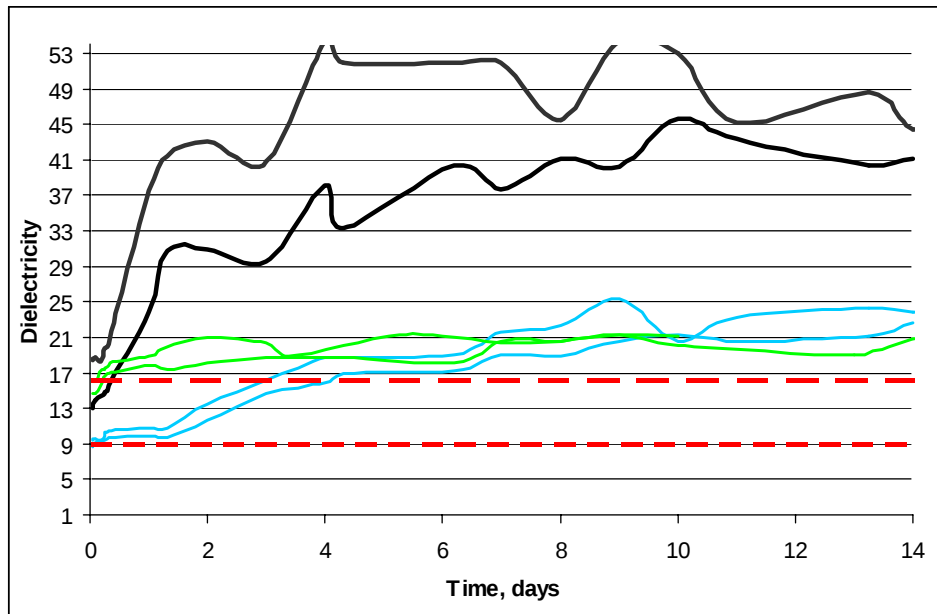
4.3 KOHDE PT19735

Soratie pt19735 oli kärsinyt keväisin etenkin pintakelirikosta. Tien ojat oli kunnostettu syksyllä 2005. Pehmeiköllä sijaitsevan osan tiestä ajateltiin soveltuvan koekohteeksi kosteustilaherkkyttä vähentäville käsittelyaineille. Kuvassa 4.3 on kaksi keväällä 2005 koekohteelta otettua valokuvaa. Oikeanpuoleisesta valokuvasta näkee oijen kasvaneen umpeen koekohteella ja vasemmanpuoleinen valokuva esittää tien rakennekerrosta 20 cm syvyydestä koekuopasta. Tiestä otetusta näytteestä pesuseulonnalla määritetyn rakeisuuskäyrän perusteella hienoainespitoisuus oli yli 7 %. Näytteen vesipitoisuus oli 3,5 %.

TS-kokeet tehtiin käsittelemättömälle ja käsitellyille materiaaleille kahdella rinnakkaisnäytteellä. Näytteet tiivistettiin 5,5 % vesipitoisuudessa vakiotyömäärällä ja näytteiden kuivatilavuuspainot olivat 21,8 - 22,2 kN/m³. Kuvassa 4.4 nähdään näytteiden dielektrisyysarvojen muuttuminen ajan suhteen, kun uunissa kuivuneet näytteet oli asetettu vesialtaaseen. Käsittelemättömillä näytteillä mitatut dielektrisyysarvot tasaantuivat lopulta arvojen 40-50 välille. Käsitellyillä näytteillä dielektrisyysarvot olivat selvästi pienempiä ollen arvojen 20 ja 25 välissä. (Dielektrisyyskuvaajissa on erityisesti huomioitava, että jo lähtötilanteessa oli mitattu korkeita dielektrisyysarvoja näytteiden vesipitoisuuden ollessa kuivatuksen jäljeltä noin 2 %.) Käsittelemättömistä näytteistä mitatut sähkönjohtavuudet olivat 200-800 µS/cm. Käsitellyissä materiaaleissa sähkönjohtavuudet olivat vastaavasti suurimmillaan noin 50 µS/cm. Korkeat sähkönjohtavuudet ovat todennäköisesti peräisin kulutuskerrokseen käytetystä pölynsidonta-aineesta, jonka epätasainen jakautuminen koekappaleissa johtaa eroihin rinnakkaisnäytteiden välillä.



Kuva 4.3: Näytteen ottamista paikallistiellä pt 19735. (kuvat: Jani Riihiniemi)



Kuva 4.4: Paikallistien 19735 käsittelemättömälle materiaalille (mustat) ja käsitellylle soralle (värilliset) tehtyjen TS-kokeiden dielektrisyyskuvaajat.

Koska TS-kokeiden perusteella käsittelemätön materiaali oli erittäin herkkä kosteudelle ja käsittelyaineet selkeästi pienensivät materiaalin kosteustilaherkkyyttä, kohde vaikutti sovelialta kokeilla parantamista uusilla käsittelyaineilla. Ennen lopullista päätöstä toiselle rinnakkaisista TS-koekappaleista tehtiin routanousukoe. Kolme vuorokautta kestäneessä routanousukokeessa käsiteltyihin näytteisiin ei muodostunut routanousua. Käsittelemättömän näytteen routanousu oli lähes 7 mm.

TS- ja routanousukokeiden perusteella käsittelyaineet toimisivat tutkussa materiaalissa. Ennen paikan lopullista hyväksymistä koekohteeksi koekappaleista tehtiin maksimiliukoisuuskokeet, koska kyseisistä käsittelyaineista ei ollut aiempaa kokemusta vastaavista kohteista. Liukoisuuskokeiden perusteella käsitellyistä materiaaleista ei aiheutuisi ympäristöriskiä.

4.4 KOKEMUKSET

Kaikkiaan Euroopan Pohjoisen Periferian vähäliikenteisille teille soveltuvista edullisista käsittelyaineista on toistaiseksi vähän kokemusta. Nykyiset kokemukset rajoittuvat muutamiin toteutettuihin koekohteisiin ja laboratoriokokeisiin. Toteutetutkin koekohteet ovat alle yhden vuoden ikäisiä, joten pitkäaikaisia kokemuksia uusien käsittelyaineiden toimivuudesta todellisissa tierakenteissa on niukalti. Siitä huolimatta sopivan käsittelyaineen valintaan ja sen toimivuuden varmistamiseen on vaikuttanut mahdollisesta luonnosta menettelytapa. Menettelytapaehdotuksen kaaviokuva on esitetty liitteessä 1.

Tutkittaessa harvemmin käytettyjen käsittelyaineiden soveltuvuutta tierakenteiden kunnostamiseen on oleellista, että riittävän aikaisessa vaiheessa on saatavissa riittävän laajat tutkimustulokset suunnittelun lähtötiedoiksi, joiden täydentämiseen, tarkistamiseen tai korjaamiseen jää riittävästi aikaa. Tämä koskee erityisesti toistaiseksi harvakseltaan käytettäviä uusia käsittelyaineita, joita ei todennäköisesti pystytä toimittamaan nopeasti, koska aineen valmistus saattaa olla pitkien matkojen päässä parannettavista kohteista, joten joskus niitä joudutaan kuljettamaan jopa laivalla.

Tällä hetkellä käytettävät työkoneet on suunniteltu lähinnä bitumi- tai sementtistabilointiin. Koska uusien käsittelyaineiden ominaisuuksien voidaan olettaa poikkeavan perinteisten käsittelyaineiden ominaisuuksista, voi projektin edetessä joutua korjaamaan suunniteltuja uusien käsittelyaineiden annostuksia ja sekoitustapoja käsiteltäviin kerroksiin. Tällöin työn alkuvaiheessa on varauduttava hitaampaan sekoitusnopeuteen ja tarkistamaan käsittelyaineen menekki tavallista useammin kunnes kokemusta on saatu riittävästi.

Käytännössä lyhyellä aikavälillä vähäliikenteisiä teitä tultaneen parantamaan uusilla käsittelyaineilla vain suhteellisen pieniä määriä, kunnes niistä on kertynyt riittävä määrä kokemusta työmailta.

Kappale 5. Loppusanat

Tässä raportissa tarkastellaan uusien käsittelyaineiden käyttöä kosteustilaherkissä materiaaleissa, kun bitumi- ja sementtistabilointien oletetaan olevan liian kalliita toteutettaviksi ja materiaalin karkeuttaminen ei ole mahdollista. Nämä uudet käsittelyaineet ovat merkittävä vaihtoehto harkittaessa kosteustilaherkkien materiaalien ominaisuuksien parantamista Euroopan Pohjoisen Periferian alueella, erityisesti kun kyseessä ovat keväisen kelirikon aikana heikkenevät tiet, jolloin teiden rakennekerroksien vesipitoisuudet ovat korkeimmillaan.

Käytännön kokemuksia kosteustilaherkkien materiaalien käsittelemisestä on niukasti. Kuitenkin juuri siitä syystä tämä raportti on keskittynyt kuvaamaan mitä pitäisi tutkia etsittäessä vaihtoehtoisia ratkaisuja ehkäisemään kausiluontoista kantavuuden huononemista. Ehdotettu menettelytapa suunnittelua varten on lupaava, koska tarvittavat laboratoriokokeet ovat suhteellisen edullisia ja yksinkertaiset tehdä. Lisäksi käytännön kokemusten kertyessä menettelytapa tarkentuu.

Suurin kysymys monelle, joka aikoo hyödyntää menettelytapaa, saattaa olla suhteellisen uusi TS-koe ja miten TS-kokeiden tulosten perusteella voidaan valita sopiva käsittelyaine. Tämä on erityisen tärkeätä, jos kokeesta ei ole itsellä aiempaa kokemusta. Tämä on ymmärrettävää ja seuraavat raportit sekä kirjoitukset tukevat TS-kokeen potentiaalia ja käyttökelpoisuutta:

- TS-koe on esimerkiksi USA:ssa koemenettelyjä verrattaessa havaittu parhaimmaksi menetelmäksi tierakenteen sitomattomien materiaalien routimisherkkyyksien arvioimiseen (Saeed et al. 2001).
- Saarenkedon (2000) kirjoittaman TS-kokeiden rengastestien tulokset raportissa olevaan menettelyohjeeseen on tehty parannuksia ja tarkennuksia koskien lähinnä näytteiden tekotapaa ja säilytystä.
- Pisimmällä TS-kokeen standardisoinnissa ollaan Texasissa, jossa TS-kokeesta on tehty standardiluonnos (2003), jolla saavutettavaa TS-kokeiden toistettavuutta ovat tutkineet Barbu ja Scullion (2006).
- Guthrie (2001) on todennut TS-kokeiden toistettavuuden hyväksi.
- TS-koetta käytetään Suomessa koekäytössä olevassa stabilointiohjeissa (Tiehallinto 2002) yhtenä kriteerinä varmistettaessa bitumi- tai sementtipitoisuus.
- Texasissa Scullion ja Harris (1998) ovat havainneet TS-kokeiden tulosten selittäneen sementtistabiloitujen teiden nopean vaurioitumisen.

Kuitenkin vasta koekohteiden käyttäytymistä seuraamalla tarkentuvat kriteerit TS-kokeiden tulosten käytölle valittaessa käsittelyainetta parantamaan

kosteustilaherkkien materiaalien ominaisuuksia. Siihen asti on ehdotettua menettelytapaa käytettävä varoen unohtamatta tervettä järkeä.

Vaikka menettelytapa käsittelyaineen valinnalle olisi hyvä, sitä tarvitaan lopulta vain kokonaiskustannusten olleessa kilpailukykyinen muiden parantamismenetelmien kanssa.

KAPPALE 7. LÄHTEET

Bardu, B.G. ja Scullion, T. (2006). Repeatability and Reproducibility study for Tube Suction Test. FHWA/TX-06/5-4114-01-1. <http://tti.tamu.edu/documents/5-4114-01-1.pdf>

Guthrie, S. W., Ellis, P. M. & Scullion, T. (2001). Repeatability and Reliability of the Tube Suction Test. Transport Research Record 1772, s. 151-157.

Kolisoja, P. ja Vuorimies, N. (2005). Material Treatment. Roadex II –raportti. www.roadex.org

Saeed, A., Hall, J. H. ja Barker, W. (2001). NCHRP report 453. Performance-Related Tests of Aggregates for Use in Unbound Pavement Layers. Transportation Research Board – National Research Council.

Saarenketo, T. (2000). Tube Suction Test - Results of Round Robin Tests on Unbound Aggregates. Finnra Reports 19/2000.

Saarenketo, T. (2000). Tube Suction Test – sitomattomilla murskeilla suoritettujen rengastestien tulokset. Tielaitoksen selvityksiä 20/2000.

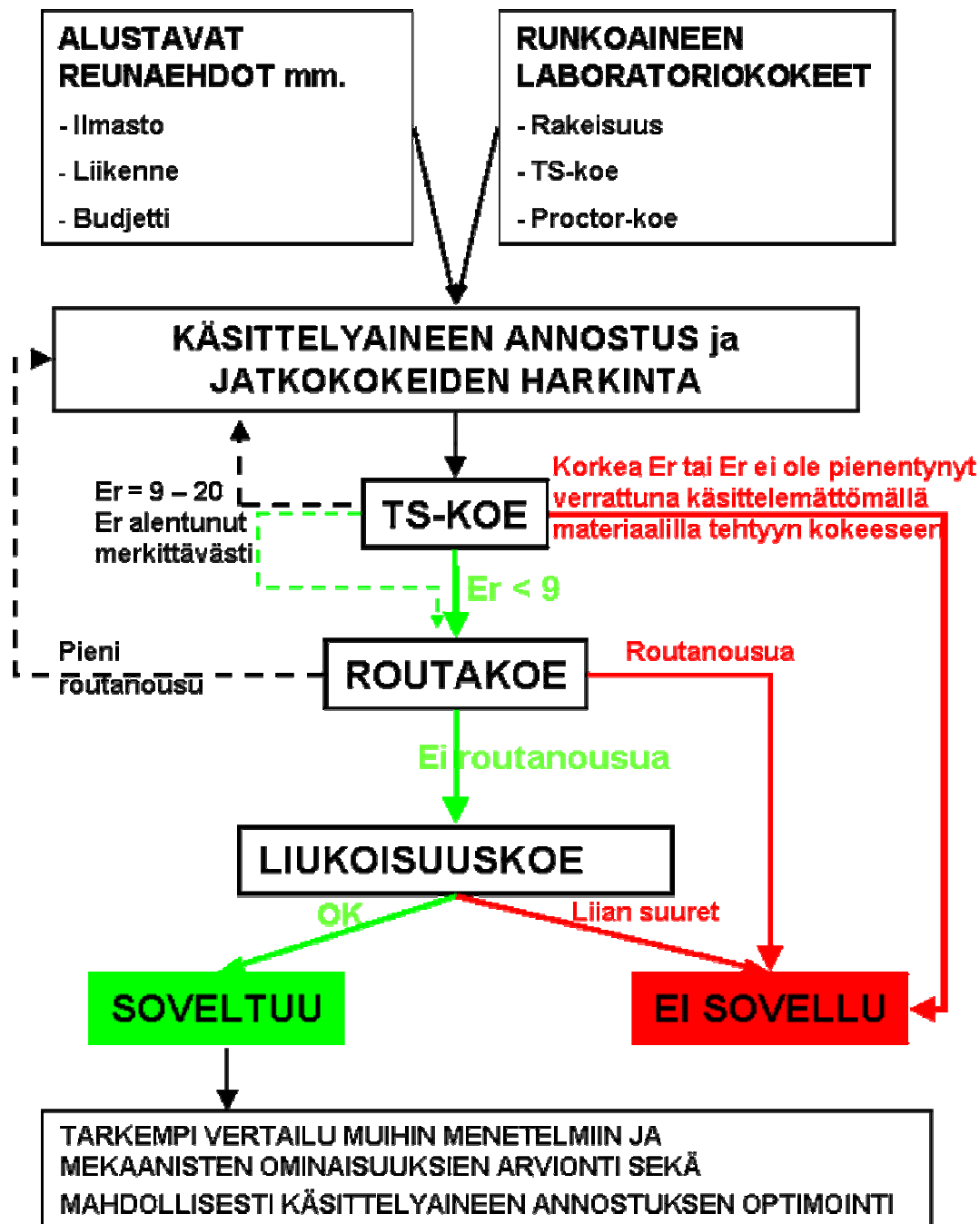
Scullion, T. ja Harris, P. (1998). Forensic Evaluation of Three Failed Cement-Treated Base Pavements. Transport Research Record 1611. s. 10-18.

Test Method Tex-144 (daft) (2003).

Tiehallinto (2002). Stabilointiohje : koekäyttöön.
<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100009-02.pdf>

Vuorimies, N. ja Kolisoja, P. (2005). Sitomattomien väylämateriaalien kosteustilaherkkyyttä vähentävät uudet käsittelytekniikat. Tampereen teknillinen yliopisto. Pohja- ja maarakenteet tutkimusraportti 61.

Liite 1.



Käsittelyaineen valintaa varten tehtävät kokeet. Katkoviivat tarkoittavat käsittelyaineen annostuksen tarkistamista tai jatkokokeisiin etenemistä.



ROADEX III PUBLICATIONS

Executive Summaries

Managing rutting on low volume roads

Treatment of moisture susceptible aggregates

Design and repair of roads suffering spring thaw weakening

Socio-economic impacts of road conditions on low volume roads

Managing peat related problems on low volume roads

Managing drainage on low volume roads

Environmental guidelines and checklist

Monitoring low volume roads

Copyright © 2006 The ROADEX III Project, EU Northern Periphery Programme. All rights reserved.

ROADEX III Lead Partner: The Swedish Road Administration, Northern Region, Box 809, S-971 25 Luleå.

Project co-ordinator: Mr. Krister Palo.