

# BIOPOLYMEERIT SORATEIDEN PÖLYNSIDONNASSA

Tervashonka Tuomas

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikka  
Insinööri

2016

Tekniikka ja Liikenne  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Tuomas Tervashonka	<b>Vuosi</b>	2016
<b>Ohjaaja(t)</b>	Kauko Nikkanen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Destia Oy		
<b>Työn nimi</b>	Biopolymeerit sorateiden pölynsidonnassa		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	42 + 1		

---

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia Kemion Oy:n ja JP-konsultoinnin kehittämisen biopolymeeriliuoksen toimivuutta pölynsitojana sorateilla. Tärkkelys- ja selluloosajohdannaisien polysakkaridien on tarkoitus vähentää ja osin korvata kalsiumkloridin käyttöä ja parantaa tienhoidon ekotehokkuutta. Työmenetelmän avulla pyritään vähentämään teille kohdistuvien hoitotoimien määriä, mikä tuo säästöjä käytetyssä työajassa sekä materiaalikustannuksissa.

Tavoitteena on pienentää teille käytettyjen kloridisuolojen määriä ja vähentää soran käyttöä. Kun teille ei tarvitse suorittaa hoitotoimina pölynsidontaa, saavutetaan rekka-autokuljetusten vähentyessä hiilidioksidi- ja päästöarvojen vähenemistä. Biopolymeerien käyttöä pölynsidonnassa ei ole Suomessa tutkittu, eikä sen käytöstä yhdessä kalsium- ja magnesiumkloridien kanssa löydy viitteitä maailmalta.

Patenttihakemus on Suomessa jätetty toukokuussa 2014 ja ensimmäiset kenttäkokeet on tehty saman vuoden kesäkuussa. Aikaisempia tuloksia hyödyistä ja haitoista on vielä vähän. Opinnäytetyössä seurattiin Nurmeksen ja Lapuan alueurakoissa sijaitsevia testikohteita, joille levitettiin biopolymeerejä sisältävä liuosaine keväällä 2015.

Technology, Communication and  
Transport  
Civil Engineering Degree Programme

---

<b>Author</b>	Tuomas Tervashonka	<b>Year</b>	2016
<b>Supervisor</b>	Kauko Nikkanen		
<b>Commissioned by</b>	Destia Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Dust Control in Gravel Roads with Biopolymer Solution		
<b>Number of pages</b>	42 + 1		

---

The objective of this thesis was to investigate the functionality of the biopolymer solution developed by Kemio Oy and JP-konsultointi as a dust controller on gravel roads. Polysaccharides derived from starch and cellulose are meant to reduce and partly replace the use of calcium chloride and thus improve the eco-efficiency of road maintenance. This method aims at reducing the number of maintenance procedures on roads, which brings about savings in working hours and material costs.

The objective was to reduce the amount of chloride salts and gravel used in road procedures. When the need for dust control is reduced, truck traffic and the number of transportations is also cut down, and reductions in carbon dioxide and other emissions can follow. The use of biopolymers in dust control has not been researched in Finland previously. References of its use together with calcium and magnesium chlorides have not been found elsewhere either.

A patent application was filed in May 2014 and the first field experiments were conducted in June the same year. Currently there are still few results pertaining to the benefits and disadvantages of the use of biopolymers in dust control. The thesis examines were locations in the Nurmes and Lapua areas where a biopolymer solution was experimentally used on roads in the spring of 2015.

Key words                      gravel roads, dust controller, biopolymer solution

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	7
2 SORATEIDEN LAATUVAATIMUKSET.....	8
2.1 Sorateiden rakenne .....	8
2.2 Kulutuskerrosmateriaali ja sen vaikutus pölyämiseen.....	10
2.3 Soratieluokat ja kuntovaatimukset .....	14
3 SORATEIDEN KESÄNAIKAINEN PÖLYNSIDONTA.....	17
3.1 Pölynsidonnan odotukset.....	18
3.2 Yleisimmin käytettyjä pölynsidonta-aineita.....	20
4 BIOPOLYMEERIEIN KÄYTTÖ PÖLYNSIDONNASSA.....	23
5 BIOPOLYMEERITESTI NURMEKSEN JA LAPUAN ALUEURAKOISSA .....	25
5.1 Nurmeksen alueurakan biopolymeeritesti 1.6-27.8.2015.....	27
5.2 Lapuan alueurakan biopolymeeritesti 10.6-27.8.2015 .....	30
6 BIOPOLYMEERISEN PÖLYNSIDONNAN TULOKSET .....	32
6.1 Nurmeksen alueurakan koetulokset.....	32
6.2 Lapuan alueurakan koetulokset .....	36
7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	38
LÄHTEET.....	40
LIITTEET .....	42

## ALKUSANAT

Haluan kiittää JP Konsultoinnin Jorma Pottalaa sekä Kemino Oy:n Timo Nissistä tämän opinnäytetyön aiheesta ja tuesta projektin aikana. Lisäksi haluan kiittää Destia Oy:n kehittämispäällikkö Oiva Huuskosta opinnäytetyön tilaamisesta sekä Lapin amk lehtori Kauko Nikkasta työn ohjaamisesta. Erityiskiitos Destia Oy:n henkilöstölle Nurmeksen ja Lapuan hoitourakoissa sekä kaikille projektin yhteistyökumppaneille.

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KL	Keskivuorokausiliikenne. Yksikkö, joka kertoo tietä käyttävien ajoneuvojen lukumäärän vuorokaudessa
KKVL	Keskivuorokausiliikenne kesällä
tn	Tonnia, 1000 kg
CaCl <sub>2</sub>	Kalsiumkloridi
MgCl <sub>2</sub>	Magnesiumkloridi

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää uuden pölynsidontakeinon biopolymeeriliuoksen käyttöä sorateiden pölynsidonnassa ja kertoa sen mahdollisista hyödyistä verrattuna perinteisiin pölynsidontakeinoihin. Opinnäytetyö myös selvittää, miksi pölynsidontaa ylipäätään tiestöllä kesäisin tehdään, mitä sillä pyritään saavuttamaan ja mitä tienrakenteen ongelmia sillä ehkäistään.

Suomessa maanteitä, eli valtion omistamistamia ja ylläpitämiä teitä on yhteensä noin 78 000 kilometriä. Näistä teistä soreita on noin 27 000 kilometriä eli kaikista ylläpidetyistä teistä päällystämättömiä tiepintoja on yhteensä noin 35 %. Tämän lisäksi Suomessa on noin 350 000 kilometriä yksityis- ja metsäautoteitä, joista valtaosa on sorapintaisia (Liikenneviraston ojeita 1/2014, 7).

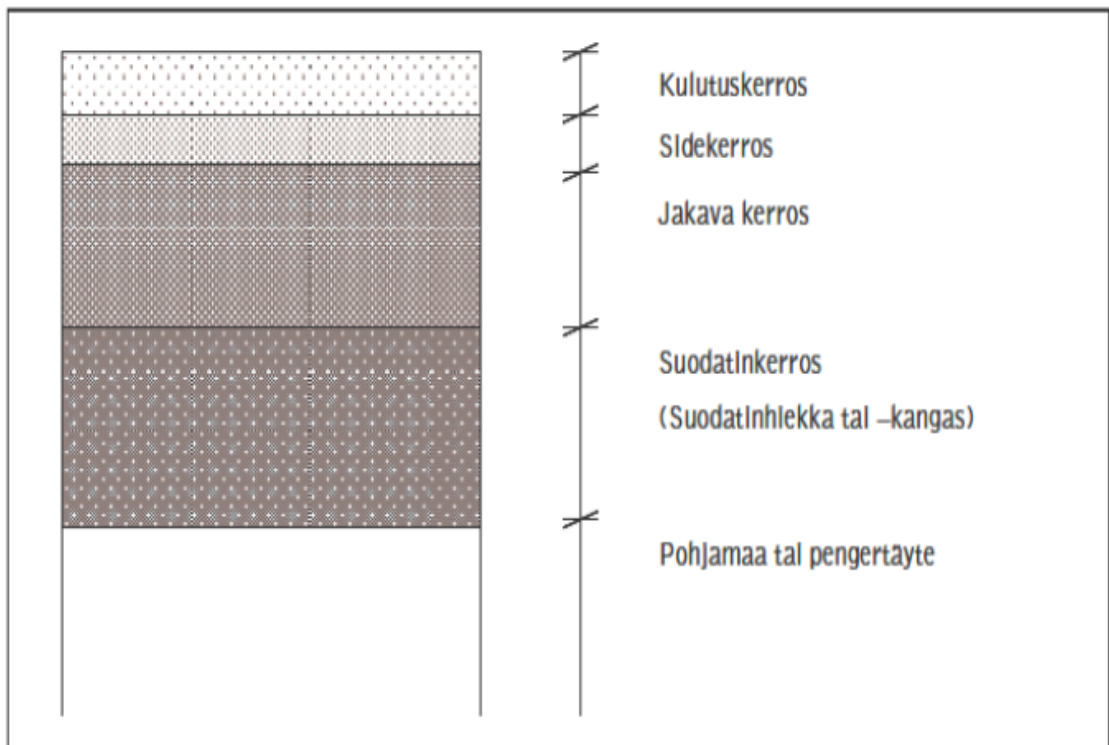
Soratiet ovat tärkeässä asemassa, kun on kyse yksityisten tienkäyttäjien liikkumisesta ja elinkeinoelämän tarpeista. Näiden syiden vuoksi sorateille täytyy kesäisin kohdistaa hoitotoimina pölynsidontaa, jotta tiet saataisiin pysymään liikennöitävässä kunnossa. (Destia Oy.) Hoitotoimenpiteillä turvataan tieverkon tehokas ja pitkäikäinen toiminta. Määrärahojen vähyyys ja niiden tiukka kohdentaminen vaikuttavat tienhoitoon kuten pölynsidontakertoihin kesänaikana, mikä tuo haasteita tienpitäjälle ja käyttäjille. Kemion Oy:n ja JP konsultoinnin kehittämän biopolymeeriliuoksen tarkoitus on toimia tehokkaana sidosaineena haastavissa pölynsidontakohteissa, joissa tarvitaan ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja kalliille kalsiumkloridi käsittelylle.

Opinnäytteen tarkoitus on kertoa biopolymeerikäsittelyn toimivuudesta teiden ja kaivosten mahdollisena hoidollisena toimenpiteenä. Opinnäytetyön kohteiksi otettiin vuonna 2015 kaksi kohdetta, joiden hoitoon käytettiin biopolymeeriliuosta ja niiden toimivuutta tarkkailtiin kesänajan.

## 2 SORATEIDEN LAATUVAATIMUKSET

### 2.1 Sorateiden rakenne

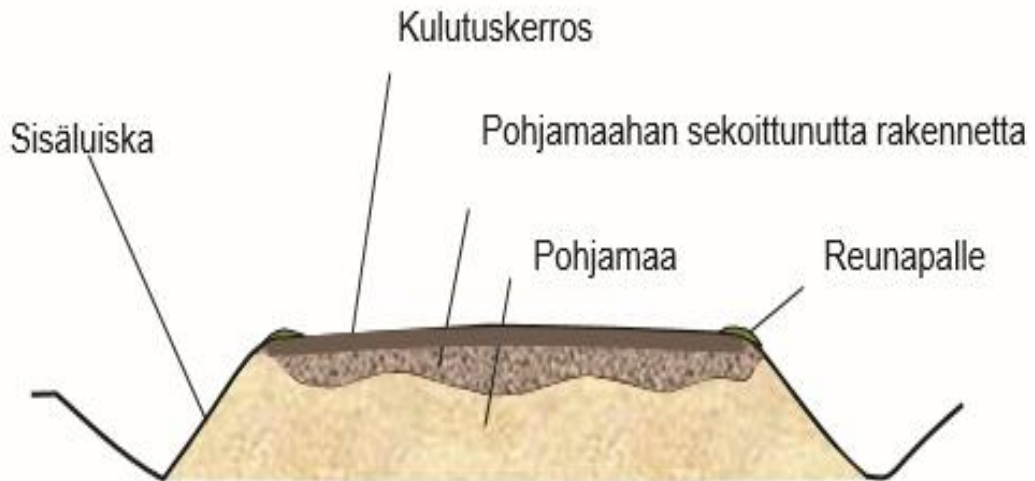
Soratien päällysrakenne koostuu kulutus- ja sidekerroksesta joiden tulisi olla yhteispaksuudeltaan vähintään 100 mm ja kohdissa, joissa hävikki on suurta, paksuuden tulisi olla 200 mm. Sidekerroksen tehtävänä on saada kulutuskerros pysymään kosteana ja pölyämättömänä. Kantavaa kerrosta sorateissa ei ole vaan alemmat rakenneosat ovat jakava kerros ja suodatinkerros, joiden paksuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa tien tavoitekantavuus ja pohjamaan laatu. Kuviossa on 1 esitetty soratien rakennekerrokset. Näitä ns. rakennettuja sorateita on Suomessa vain vähän. (Tiehallinto 2004 56-57).



Kuvio 1. Rakennetun soratien rakenne ( Suhonen 2005, 8)



Suurin osa Suomen soratieverkosta on ns. rakentamattomia sorateitä, kuten kuviossa 2. Nämä tiet ovat vanhoja kyläteitä, joita ei ole rakennettu nykyisten laatuvaatimusten mukaisesti. Tyypillistä näissä teissä on ettei niissä ole kapilaarista vedenousua estävää suodatinkerrosta, joten ne ovat yleensä kostearunkoisia. Tällä on niin positiivisia kuin negatiivisiakin vaikutuksia, esimerkkeinä pölynsidonta-aineen määriin ja tien kantavuuteen.



Kuvio 2. Rakentamaton soratie (Liikenneviraston ohjeita 2014,12)

Tienpinnan kestävyteen vaikuttavia tekijöitä ovat kuivatus, koossapysyvyys, tiiveys ja kantavuus. Liikenneministeriön ohjeiden mukaan sorateiden kantavan kerroksen kuuluu olla 5-10cm paksu, jotta se täyttää laadulliset vaatimukset. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 17). Tilaaja ja urakoitsija voivat kuitenkin halutessaan kasvattaa kerrospaksuutta, jos pohjamaan laatu, tiealueen kosteikkopaikat tai liikenneturvallisuuteen vaikuttavat mäki ja notkokohdat antavat muutoksille aiheita. Kulutuskerroksen hoitoon vaikuttavia tekijöitä ovat materiaalin kosteustila, herkkyys roudan sulaessa ja kuivina kausina sekä sitoutuminen. Kosteustilaan vaikuttavat tien katveisuus, ojat ja rakennekerrokset. Kulutuskerroksesta puhuttaessa tarkoitetaan tien päällimmäistä rakennekerrosta, joka sijaitsee jakavan rakennekerroksen päällä. Sen tehtävänä on suojata tierakennetta sää ja liikennesitukseilta. Tämä tarkoittaa että tienpinnan tulee ohjata valtaosa sade ja sulamisvesistä sivuojiin ennen kuin ne ehtivät imeytyä rakenteisiin, sekä jakaa kohdistuvat kuormitukset alempiin rakennekerroksiin.

## 2.2 Kulutuskerrosmateriaali ja sen vaikutus pölyämiseen

Kulutuskerrosmateriaalin hävikillä on suuri taloudellinen merkitys. Sorateiden kulutuskerroksen uusimiseen käytetään keskimäärin 150–250 tonnia kulutuskerrosmursketta kilometrille kertalisäyksenä 3–5 vuoden lisäskierrolla. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 17) Tienpinnan pölyäväisyyteen voidaan vaikuttaa suunnitteluvaiheessa, kun valitaan kulutuskerroksessa käytettävää materiaalia. Oikein valittu maksimiraekoko ja rakeisuuskäyrä voivat pitemmällä aikavälillä vähentää merkittävästi tielle kohdennettavia hoitotoimenpiteitä. Tienpinta voidaan saada pysymään täysin pölyämättömänä, jos materiaalin hienoainemäärä ja imupainen. Eli kosketusherkyys on valittu kohteessa oikein. Kulutuskerrostutkimuksissa on todettu, että sään ja liikenteen ilmaan nostattamasta pölystä noin 70 % on rakeisuudeltaan karkeampaa kuin 0,053 mm. Tämä näkyy muun muassa siinä, että hienoainepitoisuus kulutuskerroksessa lisääntyy ensimmäisten 1–2 vuoden aikana, minkä jälkeen hienoaineksen suhteellinen osuus kulutuskerroksesta yleensä laskee. (Telaitos 1995, 22). Tämä taas johtaa siihen, että useat kulutuskerrosmateriaalin ominaisuudet muuttuvat rakennusvaiheen suunnitelmista, miksi onkin taloudellisesti järkevää käyttää hyvälaatuisia ja kestäviä kulutuskerrosmateriaaleja, jotta välttyttäisiin jatkuvilta hoitotoimenpiteiltä.

Kulutuskerroksen rakeisuuskäyrässä 0,063 mm seulan läpäisyprosentin tulisi olla 8 --15 % jotta kulutuskerros sitoutuu kunnolla eikä rakenteeseen jää tyhjätiloja. Jos hienoainesta ei ole rakenteessa tarpeeksi aiheuttaa se tielle kantavuusongelmia, kun rakenteita toisiinsa sitova koheesion vaikutus jää pieneksi. Toisaalta liiallinen hienoainemäärä materiaalissa aiheuttaa rakenteeseen kosteustilaherkkyyttä, mikä näkyy tien liejuuntumisena ja keväisin pintakelirikkona. (Liikenneviraston ohjeita 2014, 27). Levymäisten ja rapautuneiden mineraalien kosteustilaherkkyys on suurempi kuin muilla mineraaleilla. Tämän vuoksi niiden käyttö kulutuskerroksessa aiheuttaa tienpinnan liettymistä sekä pintakelirikkoa. Kulutuskerrosmurskeen kelirikkoherkkyyttä voidaan mitata laboratoriossa imupainekokeen Tube Suctionin eli lyhennettynä TS-arvon, avulla (Taulukko 1). Laboratoriossa tehtävällä imupainekokeella määritetään maa- tai kiviainemateriaalista sen

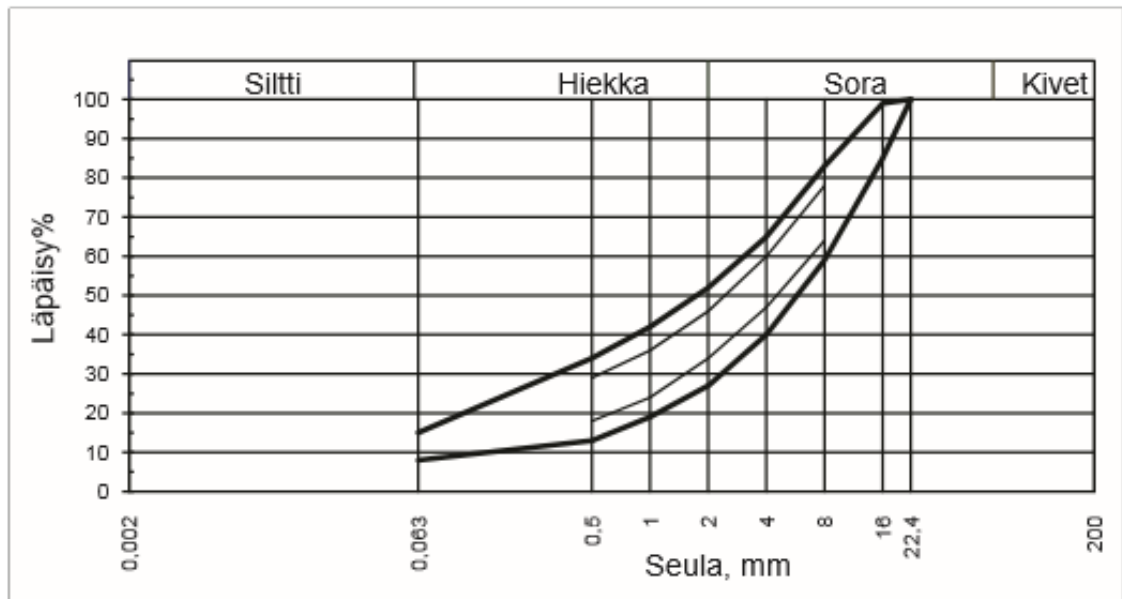
dielektrisyys ja sähkönjohtavuus. TS-arvo kuvaa materiaalin kosteustilaherkkyyttä ja vedensitomiskykyä. ( Liikennevirasto 2014, 9).

Taulukko 1. Kulutuskerroksen arviointi dielektrisyysarvon mukaan. (Liikenneviraston ohjeita. 2014, 30)

<b>Dielektrisyysarvo (TS-arvo)</b>	<b>Laatu</b>
< 8	<i>Kulutuskerroksen imupaine on liian pieni, pölyämisvaara on suuri ja kulutuskerros kuluu nopeasti. Hienoaineksen lisäystä ja suolan käyttöä on harkittava.</i>
8...12	<i>Optimaalinen kulutuskerroksen kosteus. Dielektrisyysarvo sallii lisäsorastuksen ja hienoainesta voidaan myös hieman lisätä.</i>
12...16	<i>Optimaalinen kulutuskerroksen kosteus. Sorastuksen suhteutuksessa on kiinnitettävä huomiota hienoaineksen määrään. Tien kuivatuksesta tulee huolehtia.</i>
>16 *)	<i>Kulutuskerros sitoo liikaa vettä, pintakelirikkovaara on olemassa. Tien pinta on mahdollisesti sateella liukas. Kulutuskerroksen hienoaineksen määrä ja suolapitoisuus tulisi tarkistaa ja kuivatuksesta tulee huolehtia.</i>
<i>*)Huonon arvon raja on mahdollisesti 20</i>	

Soramurskeessa täysin murskautuneiden kivirakeiden määrä on pienempi kuin kalliomurskeessa, joten sen lujuusominaisuudet ovat heikommät kuin kalliomurskeella. Myös sen hävikki liikenteen kuluttamana on suurempi kuin kalliomurskeella. Moreenimurskeesta on hyviä kestävyystuloksia, ja aiempien tutkimusten mukaan sen vuotuinen hävikki oli tutkituista murskeista kaikkein pienin. Moreenimurskeen käyttö ei ole kuitenkaan yleistynyt sopivien murskattavien materiaaliesiintymien puutteen takia. (Liikennevirasto 2014, 25). Soraesiintymien vähentyessä ja uusien alueiden maa-ainelupien saannin tiukentuessa on kalliomurskeiden käyttö lisääntynyt ja murskauksia tehdään entistä enemmän suurissa kalliomurskauskohdeissa. Sorateiden kulutuskerrosmateriaaleina käytetään yleisimmin murskattuja sora-, moreeni- ja kalliomurskeita. Maksimiraekoko on rakentamattomilla teillä on 16 mm (taulukossa 2.)

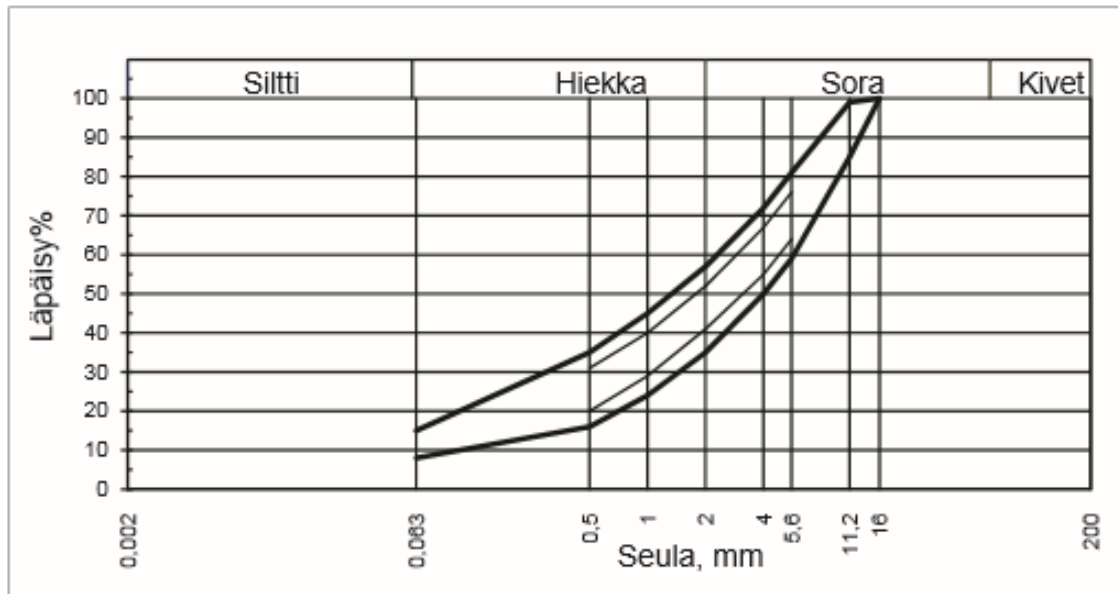
Taulukko 2. Soratien kulutuskerrosmurskeen 0/16 rakeisuusvaatimukset. Sorateiden kunnossapito. (Liikenneviraston ohjeita. 2014, 26)



0/16 murskeen ohjeseulojen läpäisyprosentit				
Keskiarvot Sisemmät rakeisuuskäyrät			Yksittäiset tulokset Uloimmat rakeisuuskäyrät	
Seulat mm	Alaraja	Yläraja	Alaraja	Yläraja
22,4			100	100
16			85	99
8	64	78	59	83
4	47	60	40	65
2	34	46	27	52
1	24	36	19	42
0,5	18	29	13	34
0,063			8	15

Rakennetuilla teillä maksimiraekoko on 11 mm (taulukossa 3.) Hienompaa raekokoa suositellaan käytettäväksi teillä, joilla on paljon kevyttä liikennettä, sillä hienolla murskeella saavutetaan helpommin kiinteä ja pölyämätön tienpinta.

Taulukko 3. Soratien kulutuskerrosmurskeen 0/11 rakeisuusvaatimukset. Sorateiden kunnossapito. (Liikenneviraston ohjeita. 2014, 27)



0/11 murskeen ohjeseulojen läpäisyprosentit				
Keskiarvot Sisemmät rakeisuuskäyrät			Yksittäiset tulokset Uloimmat rakeisuuskäyrät	
Seulat mm	Alaraja	Yläraja	Alaraja	Yläraja
16			100	100
11,2			85	99
5,6	64	76	59	81
4	55	67	50	72
2	41	52	35	57
1	29	40	24	45
0,5	20	31	16	35
0,063			8	15

### 2.3 Soratieluokat ja kuntovaatimukset

Suomessa soratiet jaetaan kolmeen soratieluokkaan liikennemäärien (KVL) ja ympäristöntekijöiden perusteella. Taulukossa 4 on esitetty soratieluokkien luokitusperusteet. Luokitus määrää tielle asetettavan hoitotason ja laatuksiteerit, joilla asetetaan rajoituksia tien kunnolle kuten pölyämislle

Taulukko 4. Soratieluokkien luokitusperusteet. (Liikenneviraston ohjeita. 2008, 23)

Soratie- luokka	Sora- tiestö	Perus- luokitus	Muut perusteet	
			Luokan nosto	Luokan lasku
<b>I Vilkkaat</b>	n. 10%	KVL > 200		*Lyhyt osuus yhdistetään luokan 2 tiehen
<b>II Perus- soratiet</b>	n. 70%	KVL 50-200	*Huomioidaan asiakastarpeet *Merkittävä verkollinen asema * Merkittävää maankäyttöä tien välittömässä läheisyydessä *On osa pitkää yhteisväliä *KVL < 250	*Pistotie, jolla ei tarvitse ajaa pitkiä matkoja *Ei maankäyttöä tien välittömässä läheisyydessä
<b>III vähä- liikenteiset</b>	n.20%	KLV < 50	* Huomioidaan asiakastarpeet *Merkittävä verkollinen asema *Maankäyttöä tien välittömässä läheisyydessä	

Soratieluokassa I ns. vilkkaat soratiet tarkoittaa tietä, joilla on yli 200 ajoneuvoa vuorokaudessa. Nämä tiet ovat alueellisesti tärkeitä tai niiden läheisyydessä on merkittävää maankäyttöä. Kesäajanliikenne (KKVL) kasvaa luokan I sorateilla merkittävästi kesänaikana. Tähän luokkaan kuuluvat seututiet ja noin 10 % Suomen tiestöstä. Soratieluokka II ovat ns. perussorateita ja niissä KVL on 50–200 ajoneuvoa vuorokaudessa. Soratieluokkaan II kuuluu noin 70 % Suomen sorateista. Soratieluokat III ovat ns. vähäliikenteisiä sorateita, joissa ajoneuvoja on alle 50 vuorokaudessa. Suomen sorateista 20 % on vähäliikenteisiä. (Tiehallinto. 2008a, 24).

Tärkeimpiä laatuvaatimuksia soratielle asettavat liikenneturvallisuus, kuormistuskestävyys ja ajomukavuus. Soratienpintakuntoa määritetään silmämääräisesti tienpinnan tasaisuuden, pölyävyyden sekä kuoppaisuuden mukaan liittymäväleittäin asteikolla 1-5. Tielle lasketaan kuntoarvioluokka palveluindeksilaskulla, jolla yhdistetään tasaisuuden, kiinteiden ja pölyävyyden arvot yhdeksi kuntoarvioluvuksi.

(Palveluindeksi=  $0.65 \times \text{tasaisuus} + 0.25 \times \text{kiinteys} + 0.1 \times \text{pölyävyys}$ )

Kuntoarvio 1 on taulukon heikoin tulos, eikä sitä saa esiintyä missään kolmesta soratieluokassa. Minimiarvio joka hyväksytään soratieluokassa III on 2. Kuntoarvio 5 on taulukon paras tulos, johon tienpitäjän tulee pyrkiä, mutta sitä ei vaadita edes korkeimmassa soratieluokassa I. Maankäytön erityiskohteet voivat nostaa vaadittavaa luokitusta korkeammaksi, mikä sen soratieluokan mukaan kuuluisi olla.

## **Pölyäminen**

Kaikille teille kuuluu tehdä kahden viikon välein tarkastuskäynti, jolla tarkastetaan tien pölyämistä. Pölyävyyden kuntoarvio tehdään arvioimalla silmämääräisesti 60km/h ajavan henkilöauton nostattamaa pölymäärää, jolla arvioidaan pölynsidonnin tarvetta. Kaikilla tietyypeillä on suoritettava vähintään kerran vuodessa pölynsidontaa, ellei pölyämistä voida muuten estää. Laatukriteerejä voidaan tiukentaa asettamalla pölynsidonnalle erityiskohteita sekä tarpeen vaatiessa täsmähoitoalueita. Pölyämisen erityiskohteita ovat mm. koulut ja marjaviljelmät. Taulukossa 5 on esitetty sorateiden kuntovaatimukset pölyävyydelle.

Taulukko 5. Sorateiden kuntovaatimukset pölyävyydelle. (Tiehallinnon julkaisuja 2008, 27)

Soratie- luokka	Perusvaatimus koko tiestolle (kuntoarvo)	Maankäytön erikoiskohteet
I	3	4
II	3	4
III	2	3
Maankäytön erilliskohteet (100m lähempänä tietä *Asutus tien varressa *Avomaan vihannes- ja marjaviljely *Koulut, laitokset, yms. *Muut erityiskohteet		

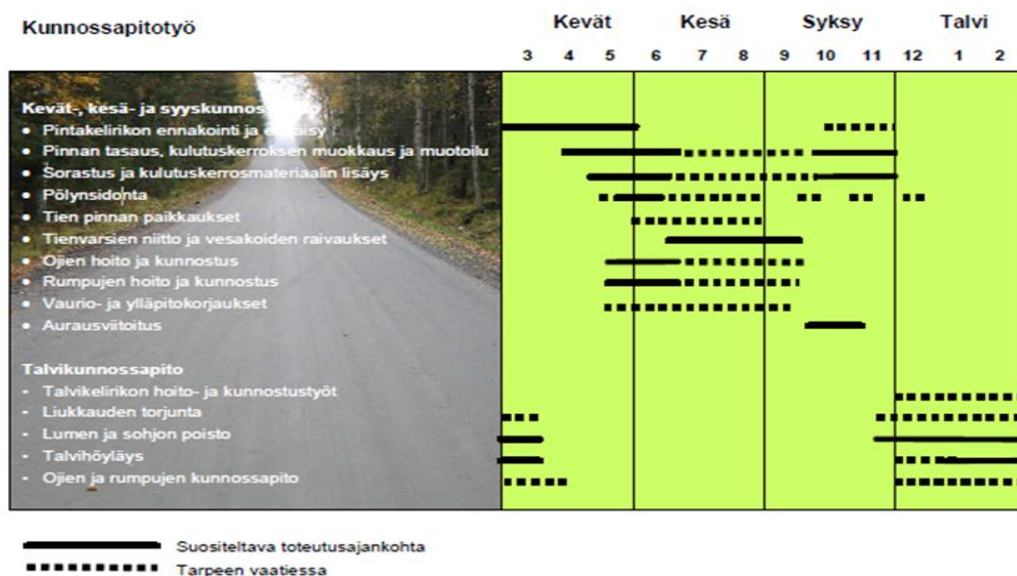
Kuntoarviossa 1 tie pölyää runsaasti ja pöly leviää erittäin paljon tien ympäristöön haitaten merkittävästi näkyvyyttä. Pöly aiheuttaa huomattavaa haittaa tien varren asutukselle ja viljelyksille. Kuntoarviossa 2 tie pölyää kohtalaisesti ja pöly leviää melko paljon tien ympäristöön haitaten näkyvyyttä lievästi. Pöly aiheuttaa haittaa tienvarren asutukselle ja viljelyksille. Kuntoarviossa 3 tie pölyää jonkin verran, mutta pöly ei leviä tienpientareita kauemmaksi. Kuntoarviossa 4 tiellä on pientä pölyämistä renkaiden kohdalla, mutta pölystä ei aiheudu haittaa. Kuntoarviossa 5 pölyämistä ei esiinny lainkaan. (Tiehallinto. 2008b, 17).



### 3 SORATEIDEN KESÄNAIKAINEN PÖLYNSIDONTA

Pölynsidontaa tehdään teille monista eri syistä, kuten ajomukavuuden ja liikenneturvallisuuden vuoksi. Ajonopeudet sorapintaisilla teillä eivät nouse niin suuriksi kuin pinnoitetuilla teillä, minkä vuoksi onnettomuudet eivät yleensä ole yhtä vakavia kuin päällystetyillä teillä. Suurin osa soratien onnettomuuksista johtuu irtonaisesta sorasta tienpinnalla, mikä aiheuttaa tieltä suistumisia kun, renkaat eivät saa tienpinnasta riittävästi kitkaa. (Tiehallinto 2008a, 21.) Toinen tärkeä syy pölynsidonnalla on pyrkimys vähentää muiden kalliimpien hoitotoimien määrää teillä ja pidentää tien käyttöikää. Ulkomaisen tutkimuksen mukaan kuivaan kesäaikaan auringon kuivattamalla soratiellä ajava henkilöauto irrottaa tienpinnasta kulutuskerrosmateriaalia 1,5 kg tiekilometriä kohden. Lisäksi kiinteä tienpinta ei päästä sadevesiä syövyttämään rakennettuja kerroksia, eikä siitä poistu kiviainesta pölyämisen ja rengaskulutuksen vuoksi yhtä paljon kuin irtonaisesta pinnasta. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 17.)

Teiden erilaisuudesta johtuen tulisi jokaiselle soratielle laatia oma pölynsidontasuunnitelmansa, jossa huomioidaan tien erityiskohteet ja muut pölynsidontaan vaikuttavat tekijät. Pölynsidontaa tehdään eniten kuvion 3 mukaisesti keväällä, jolloin milloin pyritään luomaan pölyämätön pinta, mutta tarpeen mukaan pölynsidontaa joudutaan tekemään pitkälle syksyyn.



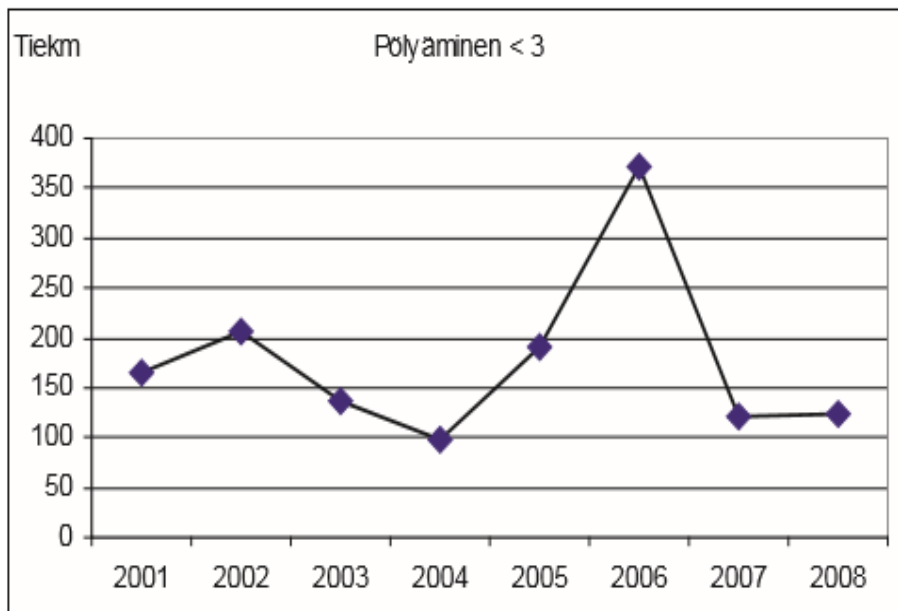
Kuvio 3. Sorateiden kunnossapidon suositeltavat toteuttamisajat. (Liikenneviraston ohjeita. 2014, 32).

### 3.1 Pölynsidonnan odotukset

Omien kokemusteni mukaan sorateitä pidetään kakkosluokan teinä pölyävyyden ja kuraisuuden vuoksi. Huonokuntoisistakaan päällysteosuuksia ei haluta muuttaa sorateiksi, sillä niitä pidetään saavutettuna etuna. Hyvin hoidetut soratie on hyviä ajettavuudeltaan, mutta on huomattu että tienkäyttäjien odotukset tien kuntoa kohtaan ovat suuremmat kuin tienpitäjien tavoitetasot laadulle. Tämä aiheuttaa valituksia ja vastustusta tienpitäjiä kohtaan.

Taulukossa 6 on esitetty pölyämiseltään huonojen ja erittäin huonojen sorateiden määrä. Suuret vaihtelut taulukossa johtuvat niin teiden ylläpitoon kohdistetuista varoista kuin myös kesän lämpötiloista ja sademääristä. Voidaan kuitenkin olettaa että pölyämiseltään erittäin huonojen tiekilometrien määrä tulee tulevaisuudessa kasvamaan, ellei tien hoitoon kohdenneta enemmän varoja kuin nykyään.

Taulukko 6. Pölyämiseltään huonojen ja erittäin huonojen sorateiden määrä. (Tiehallinnon julkaisuja. 2008a).



Teiden pölyämisestä syntyy haittoja, kun kulutuskerroksesta irtoava kuiva hienoaines nouse pölypilvenä ilmaan liikenteen vaikutuksesta. Eniten haitta koskee kevyttä liikennettä, jonka asiakasryhmiin kuuluvat muun muassa jalankulkijat ja pyöräilijät joiden näkyvyyttä ja hengitysilman laatua pöly huonontaa. Toinen pölyämisestä eniten kärsivä ryhmä ovat tienvarren asukkaat joiden pihalle hiekka leviää tuulen mukana. Pöly vaikeuttaa pihalla oleskelua ja esimerkiksi pyykkien kuivattamista. Ilmassa oleva pöly kuluttaa autojen maalipintaa ja laskeutuessaan hienoaines sotkee pihakalusteita, sekä huonontaa marjojen, hedelmien ja viljanlaatua. Teiden pölyävyys ei aiheuta suurta haittaa henkilöauto ja raskasliikenteelle sillä näille käyttäjäryhmille tärkeintä ovat tien rakenteen kestävyys ja hyvä ajettavuus. Pölyäminen kuitenkin aiheuttaa tien pintarakenteen kunnan laskua, mikä tulee vaikuttamaan myös näiden ryhmien tien käyttöön pitemmällä aikavälillä. (Tiehallinto 2008a, 22.)

### 3.2 Yleisimmin käytettyjä pölynsidonta-aineita

Pölynsidonassa käytettävän aineen määrään eniten vaikuttavia tekijöitä ovat tienleveys ja tielle kohdistuva liikennemäärä. Muita huomioon otettavia asioita pölynsidontaa suunnitellessa ovat muun muassa tien katvealueet, pohjamaanlaatu, tierakenne, kulutuskerrosmateriaali, ilmasto- ja ilmansuunnat, sekä tienhoitohistoria. Ainemäärien tulisi olla suurimmillaan aukeilla tieosuuksilla ja asutusten lähellä. Vastaavasti pölynsidontamäärän ei tarvitse olla kovinkaan suuri metsäisillä tienosuuksilla, eikä alueilla joilla on hyvin kapilaarinen pohjamaa. (Liikenneviraston ohjeita 2014, 44.) Tienpitäjä ja urakoitsija sopivat yhdessä käytettävästä pölynsidontakeinosta. Käytettäessä kemiallisia pölynsidonta-aineita on urakoitsijan esitettävä tilaajalle liuoksen sisältämä suolapitoisuus, raskasmetallit ja muut aineet. Alhaiset kunnossapitokustannukset ovat urakoitsijan ja tienpitäjän tavoitteena. Urakoitsijan etu on jos pölynsidonta onnistuu kerralla hyvin, sillä se vähentää tien kalliita sorastusmääriä ja muita korjauskustannuksia parantaen tienpidon kannattavuutta. (Destia Oy).

Vettä ei ole taloudellisesti järkevää käyttää pölynsidontaan pitkiä aikoja sillä se haihtuu nopeasti eikä sido pölyä pitkään. Merivesi on hieman tehokkaampi pölynsitoja kuin makeavesi sen sisältämän suolan takia. Suolapitoisuus Suomen rannikolla on kuitenkin niin vähäinen ettei sitä ole järkevää käyttää pölynsidontaan.

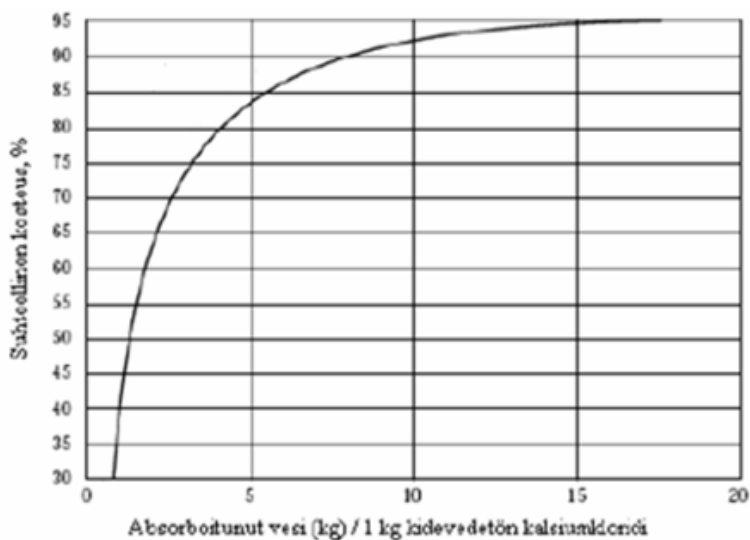
Hienoaineksen, päällysterouheen tai masuunihiekan lisääminen kulutuskerrokseen on yksi vaihtoehto, mitä on käytetty estämään tienpinnan pölyämistä. Luonnonsavien lisääminen soratielle parantaa tien koheesiota johtuen saven vahvasta plastisuudesta. Kuitenkaan savisorasekoitus ei ole täysin pölytön ja se voi muuttaa tienpinnan liukkaaksi sateella. Päällysterouheen ja masuunihiekan lisäämistä soraan on Suomessa kokeiluja (Tiehallinto 2008a, 39). Tuloksena on saatu kiinteätienpinta, jolla on hyvät sitoutumisominaisuudet, mutta joiden muokkaus on ollut haastavaa. Uuden aineksen lisääminen tiehen on kallista, eikä materiaalin sekoittaminen tiehen tasaisesti välttämättä onnistu helposti.

Orgaanisia pölynsidonta-aineita on kokeiltu pölynsidontaan yleisimmin ulkomailla ja Suomessa kaivoksilla. Niitä syntyy teollisuuden sivutuotteena, kuten puunjalostuksesta ja ruokateollisuudesta. Ylijäämätuotteita ovat muun muassa mäntyterva, mäntyöljyhartsit, sulfiittilipeä, lignosulfaatti, melaasi ja erilaiset kasviöljyt. Niiden toiminnan periaatteena on sitoa kevyet pölypartikkelit yhteen raskaammiksi kokonaisuuksiksi, sekä sitoa kosteutta hygrooskooppisesti sokerien ja suolojen avulla. Niiden käytöstä pölynsidonnassa on saatu vaihtelevia tuloksia ja huonoja puolia niillä ovat olleet muun muassa hinta, minkä vuoksi niiden käyttö on keskittynyt tuotantolaitosten läheisyyteen. Lisäksi sään kestävyys, tahmaisuus, sekä pahat hajut ovat olleet ongelmina orgaanisissa tuotteissa.

Raakaöljypohjaiset pölynsidonta-aineet kuten bitumiemulsiot ja öljyt ovat olleet ennen suosittuja pölynsidonta tuotteita. Niiden toiminta perustuu siihen että hienoaines sitoutuu yhteen kalvolla tai liimamaisesti. Niistä irtoavat hiilivedyt ovat kuitenkin ympäristölle haitallisia joten niiden käytöstä on Suomessa luovuttu. (Kurki 2005, 10).

Vettä sitovat pölynsidonta-aineet kuten kloriidit, suolat ja suolavedet ovat yleisimmin käytettyjä pölynsidonta tuotteita, joista käytetyimpiä ovat kalsiumkloriitti  $\text{CaCl}_2$  ja magnesiumkloriitti  $\text{MgCl}_2$ . Suolaliuoksia on käytetty Suomessa jo pitkään ja niiden toiminta on tullut toimijoille tutuimmaksi pölynsidontakeinoksi. Suolojen toiminta pölynsidonnassa perustuu hygrooskooppisuuteen, eli ne imevät itseensä kosteutta ilmasta ja samalla hidastavat veden luontaista haihtumista. Kalsiumkloridin ja myös magnesiumkloridin hygrooskooppisuus riippuu lämpötilan lisäksi hyvin merkittävästi ilman suhteellisesta kosteudesta.  $\text{CaCl}_2$  levitys on säästä riippuvaista ja sen teho voi jäädä tavoitteista. Varsinkin alkukesällä ilman suhteellinen kosteus voi olla hyvin alhainen ja sulan hygrooskooppisuus heikkenee oleellisesti. Esimerkiksi +25 – asteen lämpötilassa ja 30 % suhteellisessa kosteudessa 1 kg  $\text{CaCl}_2$  pystyy muodostamaan liuosta noin 1 litran, kun samassa lämpötilassa ja 85 % suhteellisessa kosteudessa sama määrä  $\text{CaCl}_2$ :a pystyy muodostamaan liuosta viisi kertaa enemmän. Taulukossa 7 on esitetty kidevedettömään kalsiumkloridiin absorboituneen veden määrä ja ilman suhteellisen kosteuden välinen tasapainokäyrä (25 °C)

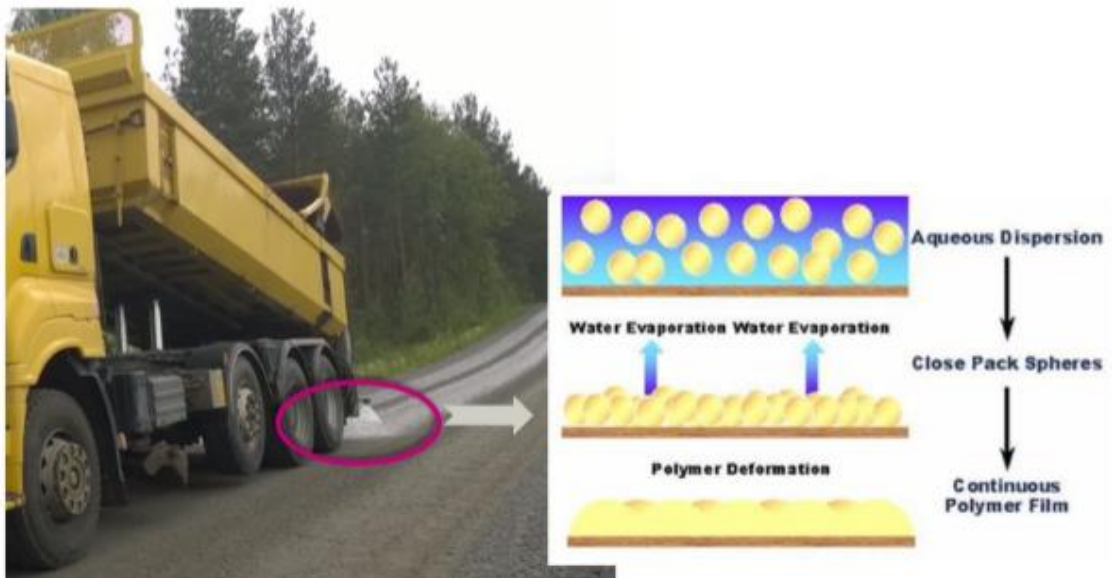
Taulukko 7. Kidevedettömään kalsiumkloridiin absorboituneen veden määrä ja ilman suhteellisen kosteuden välinen tasapainokäyrä (25 °C). (Tiehallinnon selvityksiä 38/2006, 22.)



Kalsiumkloridia voidaan levittää tielle liuosmuodossa 32–40% tai keväisin sekoittamalla tiehen hiutalemuodossa 77 %. Tarvittava suolamäärä on 0,5-2,5 tonnia hiutalesuolaa tiekilometriä kohti riippuen liikennemäärästä ja tien leveydestä. Oikein käytettynä ne antavat pölynsidonta suojan yhdeksi kesäksi. Vettä sitovat tuotteet ovat oikein käytettyinä tehokkaita, yksinkertaisia ja kestäviä ratkaisuja, jolloin myös hoitokustannukset pysyvät alhaisina. Suolojen käytön huonoja puolia ovat tehon riittämättömyys mikä näkyy useina käsittelykertoina kauden aikana, mikä aiheuttaa lisäkustannuksia tienpitäjälle. Liuossuolan levitys on säästä riippuvaista ja levitys tulisi suorittaa tihkusateella tai vähintään aamuyöstä, jotta vesi ei ehtisi haihtua liian nopeasti tienpinnalta. Tämän vuoksi poutasäällä ei voida pölyävyyteen vaikuttaa nopeasti. Suolat aiheuttavat korroosiota autoille ja terässilloille. Tämän vuoksi niitä ei myöskään käytetä pölynsidontaan kaivoksilla, eikä voimalaitosten hiilikasoissa.

#### 4 BIOPOLYMEERIEEN KÄYTTÖ PÖLYNSIDONNASSA

JP Konsultointi ja Kemion Oy ovat yhdessä yhteistyökumppaneidensa kanssa kehittäneet tärkkelys- ja selluloosajohdannaisiin perustuvia ympäristöstävällisiä pölynsidonta-aineita, joiden toiminnassa yhdistetään hygroskooppisuuteen ja hienoaineksen partikkeleiden liimamaisuuteen perustuvia pölynsidontaratkaisuja (Rossi, A, 26.) Yleisimmin käytetyt pölynsidonta-aineet toimivat joko sitoen kosteutta itseensä esimerkiksi kalsium- ja magnesiumkloridi tai liimamaisesti esimerkiksi ligniini tai polymeerit. Biopolymeerien avulla on tarkoitus luoda hitaasti biohajoava ja vähän vettä läpäisevä polymeerikerros tienpintaan, mikä suojaisi tien kulutuskerrosta ja estäisi tienpinnan pölyämisen. Kuviossa 4 on esitetty periaate biopolymeerikalvon muodostumiselle tienpinnalle.



Kuvio 4. Nissinen, T. 2014. Biopolymeeri kalvon muodostuminen soratien pinnalle. (New Eco-Efficient Dust Binding Technology for Unpaved Roads Business Evaluation, 5.)

Biopolymeerejä sisältävän pölynsidontaratkaisun on kehitetty vastaamaan monenlaisiin pölynsidontatarpeisiin, mukaan lukien erityisen haastavat pölynsidontakohteet, joissa joudutaan käyttämään suuria määriä  $\text{CaCl}_2$  tai jotka käsitellään useita kertoja kesäkaudella. Yhtenä keskeisenä tavoitteena on vähentää kalsiumkloridin käyttöä, sekä pidemmällä tähtäimellä vähentää luonnonvarojen käyttöä teiden kulutuskerrosten sorastuksissa. Kaivosteollisuuden tarpeisiin tuote kävisi kohteissa joissa kloridien käyttöä halutaan välttää maametallien suojelemisen vuoksi. Voimalaitoksissa, joissa poltetaan hiiltä tai turvetta halutaan välttää suoloja, sillä ne ruostuttavat kattiloita. Muita biopolymeereille sopivia käyttökohteita voisivat olla muun muassa teollisuusalueet, satamat, jäteasemat ja muut kohteet joissa on varastoituja pölyäviä kasoja. (Nissinen, T.)

Tulevaisuudessa on oletettavaa, että tuotteiden ympäristöön jättämiin jälkiin ja haittoihin tullaan kiinnittämään enemmän huomiota. Lisäksi on odotettavissa, että ympäristönormit ja säännökset tulevat tiukentumaan nykyisestä, mikä on johtanut haluun luoda kehittyneempiä tuotteita teiden hoitourakoihin. (Huuskonen, O.)

Kelirikkokorjausrakenteessa kapilaarinen veden nousu tien pintaa on hyvin vähäistä, jolloin pölynsidontan tehokkuuskalsium- ja magnesiumkloridin käytön osalta perustuu kokonaan suolan hygroskooppisuuteen. Tämä luo tarvetta tehostaa pölynsidontaa biopolymeerejä käyttäen. Biopolymeerillä vähennetään kosteuden haihtumista rakenteesta pitäen  $\text{CaCl}_2$  sisältävä murske kosteampana suolan pölynsidontatehokkuuden kannalta.



## 5 BIOPOLYMEERITESTI NURMEKSEN JA LAPUAN ALUEURAKOISSA

Tehtävänä oli selvittää biopolymeeriliuoksen toimivuutta pölynsidonnassa kesän 2015 aikana Nurmeksen ja Lapuan koepätkillä. Testaus oli jatkoa Hämeenkyrön biopolymeeritestille, joka suoritettiin kesältä 2014. Kesän 2014 testikohde Sillanpääntie Hämeenkyrössä oli hiljattain ojitettu ja muokattu erittäin hyvään rakenteeseen. Vuoden 2015 kokeissa haluttiin kuitenkin selvittää, kuinka biopolymeerit toimivat haastavimmilla hoitokohteilla. (Nissinen, T.) Tämän vuoksi testiin valittiin erityisen vaikeita pölynsidontakohteita, joille tehdyt kevätmuokkauksen toimenpiteet olivat jo menettämässä tehoaan. Hoitotoimet testiosuuksilla pyrittiin pitämään minimissään biopolymeeriseurannan aikana.

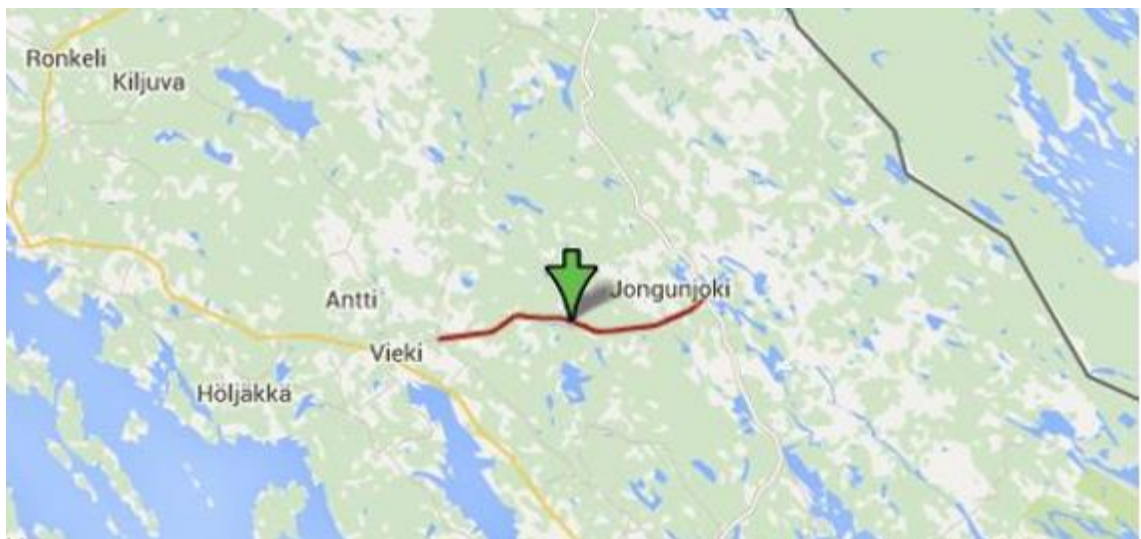
Destia Oy valitsi testikohteet ja tarjosi työvoimaa kohteiden seurantaan varten alueurakoistaan. Nurmeksen alueurakasta kohteeksi valittiin 5260 Jongunjoentie hoitoluokka II. Lapuan alueurakasta seurantaan valittiin 17685 Jokitie hoitoluokka II. Molempien koekohteiden seurantaan ja valvontaan osallistuivat Destia Oy:n työntekijät ja menetelmän kehittäjät Kemion Oy:stä ja JP-Konsultoinnista. Tarkastuskäynneillä pyrittiin tekemään huomioita tien pinnan kiinteydestä ja mahdollisista eroista käsittelemättömiin pätkiin verrattuna. Havainnot dokumentointiin valokuvoin ja täyttämällä Destia Oy:n sorateiden laadunseurantalomaketta. Testikohteilla pyrittiin käymään vähintään kahden viikon välein aineen levityksen jälkeen aikavälillä 1.6–27.8.2015. Seurantakäynnit suoritettiin muiden töiden ohella ja ne pyrittiin ajoittamaan mahdollisuuksien mukaan poutaisille päiville, jotta tien pölyämisestä saataisiin mahdollisimman luotettava kuva. Tien pölyämistä seurattiin silmämääräisesti 60 km/h nopeudella ajettavasta autosta ja irtoavan pölyn määrää pyrittiin arvioimaan kuvion 4 mukaisesti asteikolla 1-5.



Kuvio 5. Pölyämisen seuranta Jongunjoentiellä testikohteella II

### 5.1 Nurmeksen alueurakan biopolymeeritesti 1.6-27.8.2015

Jongunjoentie numero 5260 on Nurmeksen alueurakan alueella sijaitseva II-hoitoluokkaan kuuluva soratie, joka yhdistää Viekin ja Nurmijärven kylät esitettynä kuviossa 6. Tie on vähäliikenteinen ja sen varrella ei ole mainittavaa asutusta, mutta sitä voidaan kuitenkin pitää taloudellisesti tärkeänä puukuljetuksille. Tiellä on pitkiä pelto-osuuksia, jotka pölyävät runsaasti, sekä varjoisampia metsän kohtia. Tien on todettu vaativan useita pölynsidontakertoja kevään ja kesän aikana, jotta saavutettaisiin kiinteä tienpinta ja päästäisiin vaadittaviin kuntoarvioluokkiin. (Talvinen, T. Peltonen, J.) Tielle oli ennen kevään 2015 biopolymeerikoetta tehty kevätmuokkaus ja se on käsitelty kaksi kertaa  $\text{CaCl}_2$  32 –prosenttisella liuoksella. Tielle oli ajettu 11.5 noin 18 tn suolaliuosta ja 28.5 noin 3 tn suolaliuosta.



Kuvio 6. Jongunjoentie Nurmeksen. (Google Maps, 2015.)

Tie on ollut öljysorapäälysteinen, mutta se on 10 vuotta sitten muutettu soratieksi. Tien muutostyöt eivät onnistuneet suunnitellusti, sillä tien alkupäässä öljysoran paksuus oli jopa 15 cm sen jäädessä itäpäässä 5 cm:n paksuuteen. Tämän vuoksi tielle onkin suoritettu vain osittainen päälysteen poisto ja öljysoran päälle on paikoitellen ajettu ohut kulutuskerros, mikä on vuosien saatossa kulunut pois sään ja liikenteen vaikutuksesta kuvion 7 mukaisesti.

Ohut kulutuskerros öljysoran päällä kuivuu kesäisin nopeasti ja aiheuttaa pölyn erittäin suurta leviämistä ympäristöön. Tämä haittaa näkyvyyttä ja ohentaa kulutuskerrosta entisestään. Paikoitellen vanha päällyste on paljastunut useiden neliöiden alalta. Pinta on erilaatuista ja tasoista vaikeuttaen kohteen hoitotoita, kuten muotoon lanauksia.



Kuvio 7. Paljastunutta öljysoraa testipätkältä III.

Testipäivä aloitettiin poutaisessa säässä Jongunjoentiellä. Kuviossa 8 on esitetty havainnekuva aineen levityksestä. Läheisen tiesääaseman tietojen mukaan testihetkellä ilmanlämpötila oli: +17,2 °C ja tienpinnan lämpötila +30,8. Samana iltana klo 18 alkaen testialueella oli kevyttä sadetta, minkä epäiltiin vaikuttavan aineen kovettumiseen ja pölynsidontatehoon.



Kuvio 8. Biopolymeerinlevitystä Jongunjoentielle 1.6

Testipätkiksi valittiin tieltä kolme kohdetta, jotka on esitetty kuviossa 9. Aikataulusta jäätiin alussa noin puoli tuntia, koska biopolymeeriliuoksen viskositeetti oli liian korkea ja lastaaminen levitysautoon siksi hidasta. Aine kuitenkin levittyi autosta hyvin tielle, eikä se kuljettajan mukaan eronnut normaalista suolaliuoksen levityksestä. Käsittely aloitettiin länsipäädystä testikohteelta yksi ja lopetettiin tien itäpäätyyn testikohteella kolme. Testiin kuulumattomat tieosuudet käsiteltiin 4.6 käyttämällä 20 tn liuossuolaa. Tämän jälkeen tielle ei tehty pölynsidontaa testin keston aikana.

<p><b>Testikohde 1: Tierekisterinumero 5260/3/1950–5260/3/2950</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4000 litraa biopolymeeriä (tärkkelys)</li> <li>• 1 km matkalle</li> </ul>
<p><b>Testikohde 2: Tierekisterinumero 5260/3/2950–5260/3/3450</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1000 litraa biopolymeeriä (tärkkelys)</li> <li>• 0,5 km matkalle</li> </ul>
<p><b>Testikohde 3: Tierekisterinumero 5260/5/3790–5260/5/4790</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3000 litraa biopolymeeriä (tärkkelys)</li> <li>• 1 km matkalle</li> </ul>

Kuvio 9. Jongunjoentien testipätkät 3kpl.

Testikohteilta otettiin maanäytteet poikkien ja 2-5 cm syvyydeltä ennen biopolymeerinlevitystä 1.6 sekä kahtaviikkoa ennen testin päättymistä 13.8 (kuvio 10). Maanäytteet lähetettiin johtokykytestiin Oulun yliopistoon, jolla haluttiin selvittää kalsiumkloridin määrää näytteissä. Tuloksilla haluttiin selvittää suojaako biopolymeerikalvo tiehen levitettyä kalsiumkloridia.



kuvio 10. Maanäytteen ottaminen 13.8 Jongunjoentiellä.

## 5.2 Lapuan alueurakan biopolymeeritesti 10.6-27.8.2015

Jokitie numero 17685 on Lapuan hoitourakan alueella sijaitseva II-hoitoluokkaan kuuluva soratie, joka on esitetty kuviossa 11. Tie kulkee peltojen keskellä eikä varjoisia kohtia juurikaan ole, mikä aiheuttaa tienpinnan nopeaa kuivumista ja pölisemistä. Lapuan keskusta sijaitsee lähellä, joten tiellä on suuria liikennemääriä, jotka kuluttavat tienpintaa. Lisäksi tiellä kulkee paljon maatalouskoneita, jotka kulkiessaan ympäröiville pelloille jauhavat tienpintaa. Kokemusten mukaan tie on haastava pölynsidontakohde ja se joudutaan suoлаamaan useita kertoja kevään ja kesän aikana. (Hätönen, J, Oravasaari, A.)



Kuvio 11. Jokitie Lapua. (Google Maps, 2015.)

Tie oli käsitelty keväällä 2015 ennen biopolymeerikokeilua kaksi kertaa määrällä 1,32 tn liuosta/km 32 –prosenttista  $\text{CaCl}_2$ . Hoitotoimia ei tarvinnut tielle kohdentaa kokeilujakson aikana. Biopolymeeri levitettiin Jokitielle kuvion 12 mukaisesti 10.6, eikä aineen levittymisessä huomattu ongelmia. Ennen testin aloitusta huomattiin, että erityisesti testikohtien II ja III pinnat olivat pääosin irtonaisia.



Kuvio 12. Biopolymeerinlevitystä Jokitielle 10.6

Erona Nurmeksen testiin haluttiin kuvion 13 mukaisesti Lapualla selvittää vaihtoehtoisena ratkaisuna myös selluloosapohjaisen biopolymeerin toimivuutta testikohteella III. Tarkoituksena oli tarkkailla, mitä eroavuuksia testiosuudella olisi verrattuna tärkkelyspohjaisella pölynsitoja-aineella käsiteltyihin osuuksiin.

<p><b>Testikohde 1: Tierekisterinumero 17685/1/5295- 17685/1/6295</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3000 litraa biopolymeeriä (tärkkelys)</li> <li>• 1km</li> </ul>
<p><b>Testikohde 2: Tierekisterinumero 17685/1/6295- 17685/1/6846</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2000 litraa biopolymeeriä (tärkkelys)</li> <li>• 0,5km</li> </ul>
<p><b>Testikohde 3: Tierekisterinumero 17685/1/6846- 17685/1/7096</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1000 litraa biopolymeeriä (selluloosa)</li> <li>• 0,250</li> </ul>

Kuvio 13. Jokitien testipätkät 3kpl

## 6 BIOPOLYMEERISEN PÖLYNSIDONNAN TULOKSET

### 6.1 Nurmeksen alueurakan koetulokset

12.6 suoritetussa ensimmäisessä tarkastuskäynnissä havaittiin aineen muodostaneen kiinteän pinnan kaikille testiosuuksille kuvion 14 mukaisesti. Tämän kiinteän ja pölyämättömän pinnan huomattiin säilyneen myös seuraavalla käynnillä. Pölyäminen oli vähäistä ja tie oli kuntoarvioluokassa 5.



Kuvio 14. Biopolymeerikäsitelty testiosuus III 12.6

Kun testistä oli kulunut aikaa noin kuukausi, havaittiin tarkastuskäynnillä 7.7, että tienpinta alkoi purkautumaan kuvion 15 mukaisesti tiekohteilla II ja III. Tien pinta oli kauttaaltaan peittynyt 0--8 mm hienoaineksesta, joka nousi renkaan mukana ilmaan kuntoarviolla 3.



Kuvio 15. Biopolymeerikäsitelty testiosuus III 7.7



Testikohde I kesti Nurmeksen kohteista pisimpään, jolloin ajourat pysyivät kiinteinä ajoradan reunojen irrotessa. Oulun yliopistossa suoritettu maaperänäytteen johtokykytesti tukee olettaa, jonka mukaan biopolymeeri suojelee kohteen I kalsiumkloridia (taulukko 8.) Testikohteella I kalsiumkloridia on jäljellä eniten, minkä arveltiin johtuvan testikohteen suurimmasta biopolymeerimäärästä. (Nissinen, T)

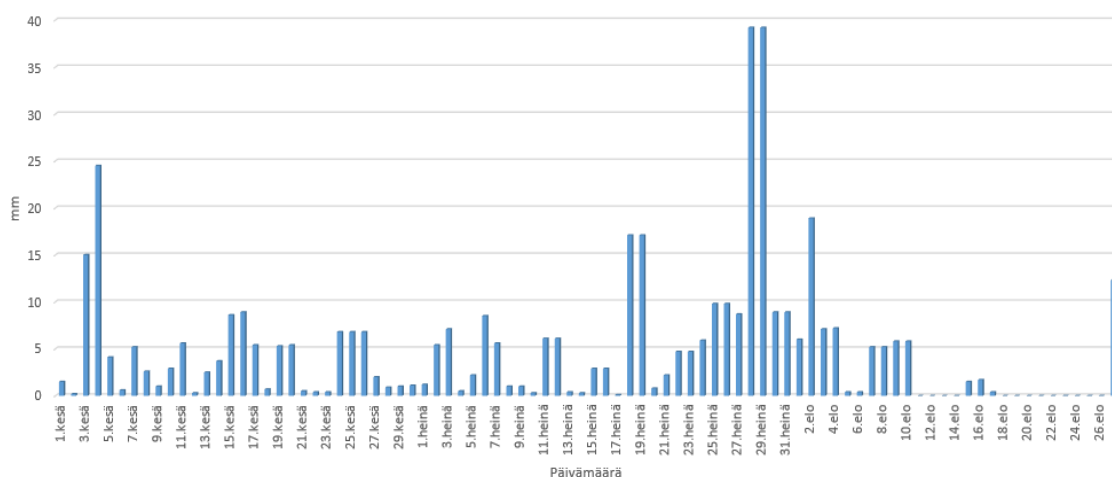
Taulukko 8. Nurmeksen maaperänäytteiden johtokykytesti.

	testikohde.1	testikohde. 2	testikohde. 3
1.6.2015	687 $\mu\text{S}/\text{cm}$	518 $\mu\text{S}/\text{cm}$	345 $\mu\text{S}/\text{cm}$
13.8.2015	137.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$	44.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$	42.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Osa testikohteisiin kuulumattomista tien itäpäädyn osuuksista oli suolattu kolmeen kertaan: 11.5. 28.5. ja 4.6, mutta nekin menettivät pölynsidontakykynsä elokuun hellejakson aikana.

Säät häirtasivat kummankin testikohteen seuranta, sillä testipäiville sattui sadekuuroja, jotka estivät biopolymeeriliuoksen kovettumisen. Lisäksi kesä ja heinäkuu olivat vuonna 2015 poikkeuksellisen sateisia, minkä vuoksi teiden pölyämisen seuranta vaikeutui ja useilla testikäynneillä koekohteet olivat kosteita ja liejuisia. Taulukossa 9 on esitetty Nurmeksen sadanta läheisen tiesääaseman mittaamana.

Taulukko 9. Sadanta Jongunjoentiellä aikavälillä 1.6–27.8

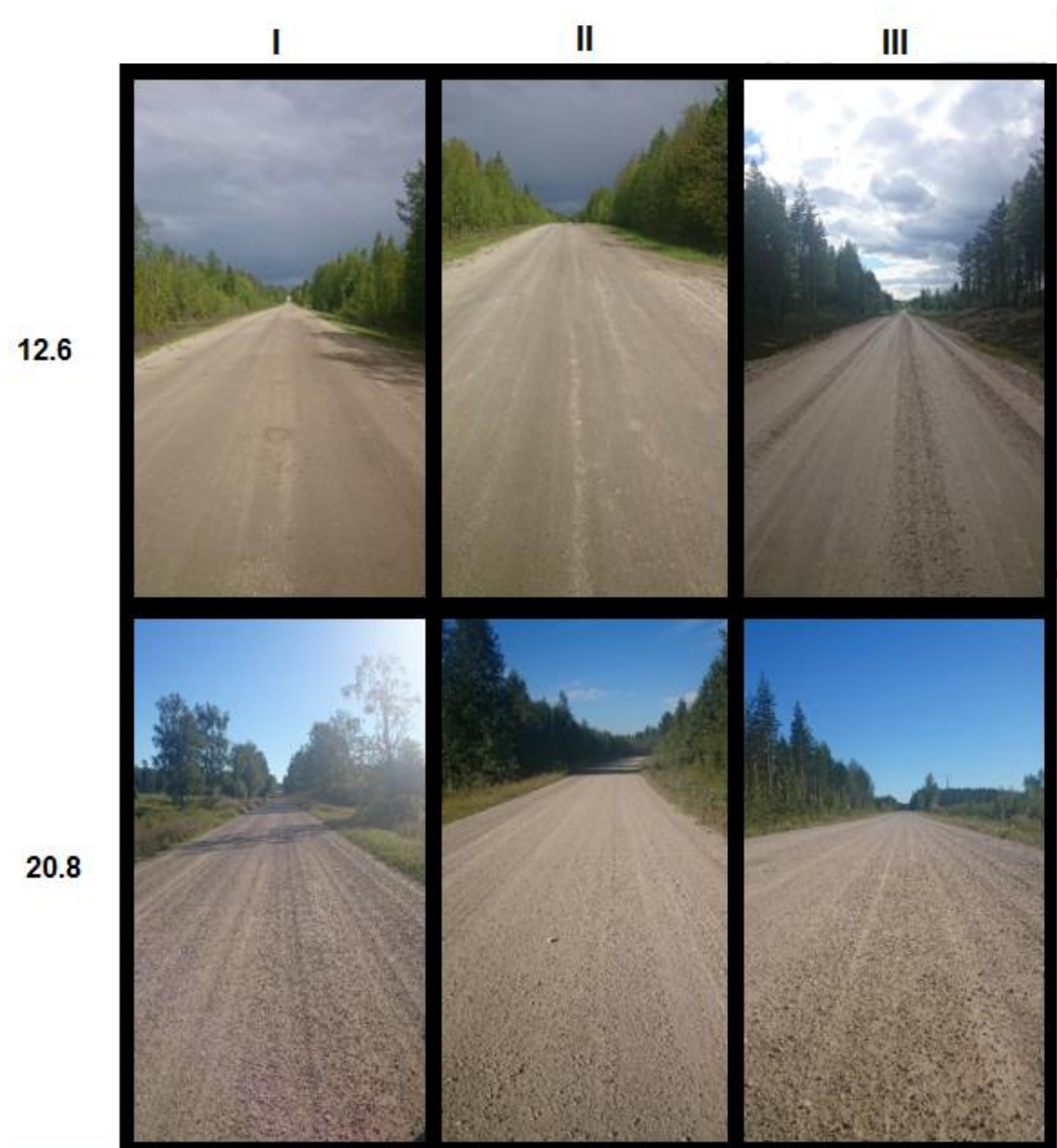


Taulukossa 10 on esitetty Nurmeksen testialueen tien kuntoarvoluokat testiajalta. Tien kuntoarvoluokka laskettiin palveluindeksilaskulla  $0.65 * \text{tasaisuus} + 0.25 * \text{kiinteys} + 0.1 * \text{pölyävyys}$ , jolloin saatiin tulokseksi tien kuntoluokka. Huomioitavaa taulukossa on tien kunnan rapistuminen kun sille ei suoritettu hoitotoimenpiteitä. Poikkeuksia taulukkoon aiheuttivat sateet, jotka vähensivät pölyämistä sekä paikkolanaus 29.7, jonka vaurioitti biopolymeerikalvoa.

Taulukko 10. Jongunjoentien kuntoarvio

<b>Pvm.</b>	<b>Tasaisuus</b>	<b>Pölyävyys</b>	<b>Kiinteys</b>	<b>Kuntoarvo- luokka</b>
<b>12.kesä</b>	4	5	4	4,25
<b>29.kesä</b>	4	4	4	4
<b>7.heinä</b>	3	2	3	2,75
<b>20.heinä</b>	2	3	2	2,25
<b>3.elo</b>	4	3	2	3,55
<b>13.elo</b>	3	2	2	2,65
<b>20.elo</b>	3	2	1	2,55

Kuviossa 16 on esitetty Nurmeksen kolme testikohdetta ennen ja jälkeen-kuvina. Yläpuoliset kuvat on otettu 12.6 pian biopolymeerikäsittelyn jälkeen, ja alemmissa kuvissa on esitetty samat kolme kohdetta testivaiheen loppuvaiheessa 20.8. Tien pinta pysyi parhaimpana varjoisilla ja mäkisillä osuuksilla.

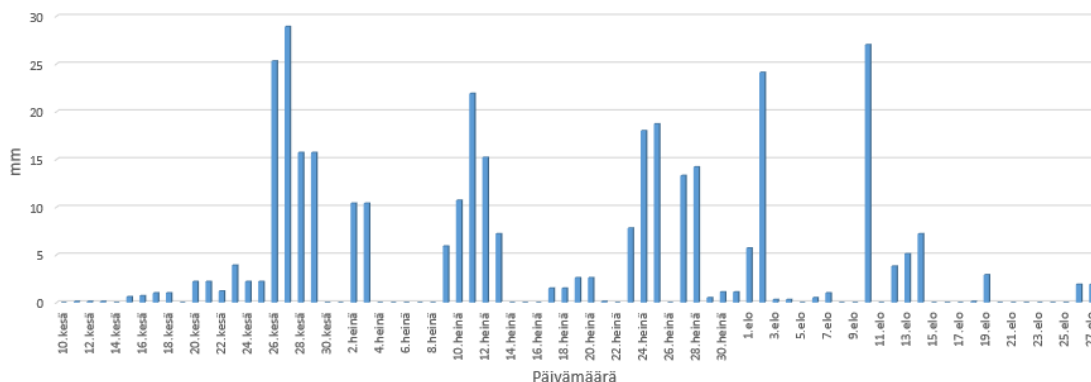


Kuvio 16. Jongunjoentien testipätkät ennen ja jälkeen kuvina

## 6.2 Lapuan alueurakan koetulokset

Muutaman viikon kuluttua biopolymeerien levityksestä havaittiin tarkastuskäynnillä 23.6, että testikohteet olivat kuntoarvioluokassa 3 ja että ne olivat alkaneet purkautua tien reunoista. Kuukauden kuluttua testistä kohteet olivat edelleen osin irtonaisia, mutta eivät pölynneet, joten kuntoarvio säilyi luokassa 3. Elokuun aikana kohteessa oli irtonaisia osuuksia ja hieman pölyongelmaa. Sateet haittasivat myös Jokitien pölyävyyden seurantaan, sillä testikohteet olivat usein kuraisia. Jokitien sademäärät on esitetty taulukossa 11 läheisen tiesääaseman mittaamana.

Taulukko 11. Jokitien sadanta 10.6-27.8

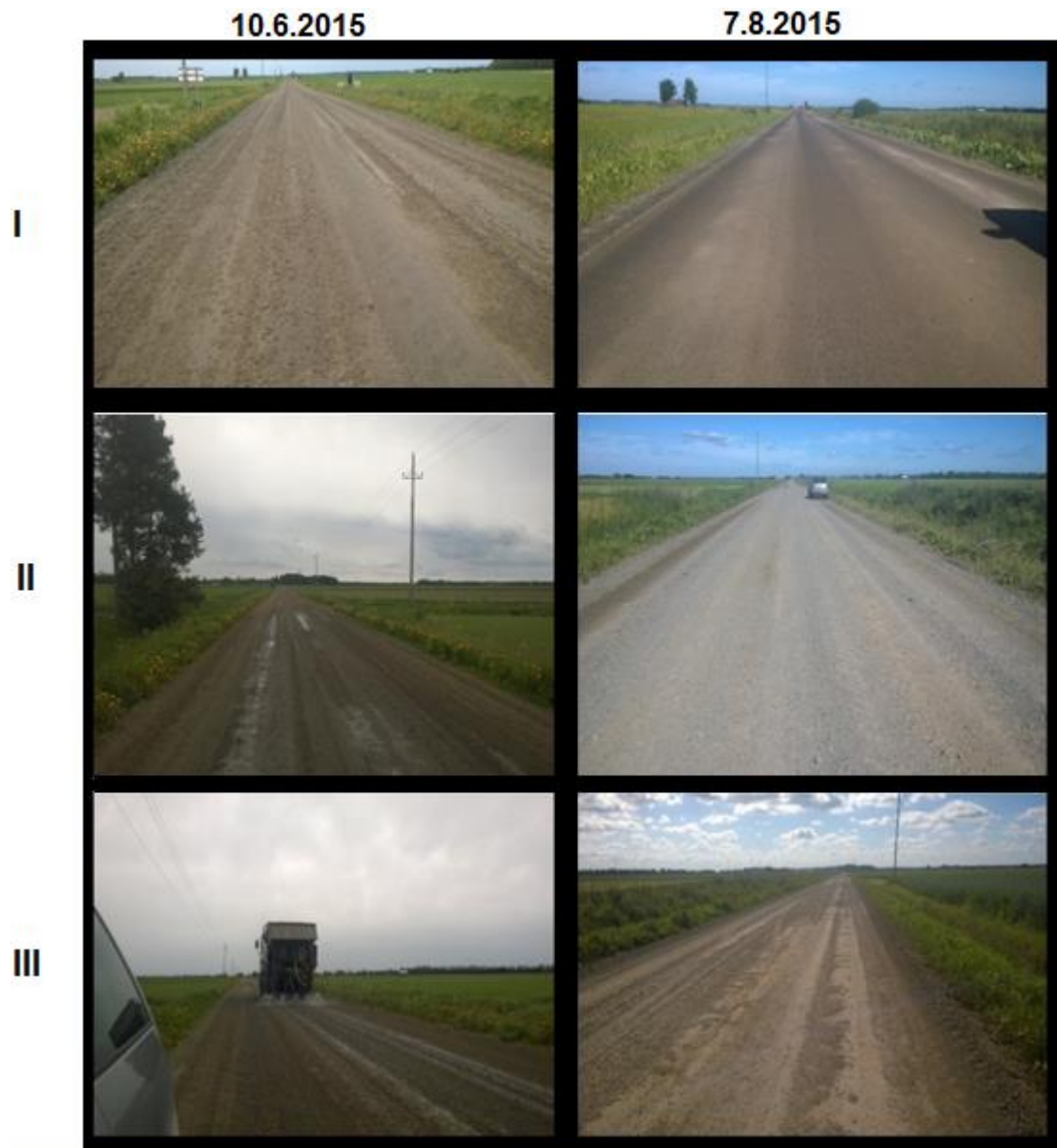


Irtonaisuudesta johtuen syntyi tiehen myös epätasaisuuksia. Tarvetta kohteiden käsittelylle olisi ollut, mutta niistä pidättäydyttiin testin ajaksi. Taulukossa 12 on esitetty Lapuan testialueen tien kuntoarvoluokat testiajalta. Tien kuntoarvoluokka laskettiin palveluindeksilaskulla  $0.65 \cdot \text{tasaisuus} + 0.25 \cdot \text{kiinteys} + 0.1 \cdot \text{pölyävyys}$ , jolloin saatiin tulokseksi tien kuntoluokka. Huomioitavaa taulukossa on hoitamattoman tien kunnan nopea alentuminen.

Taulukko 12. Jokitien kuntoarvio

Pvm.	Tasaisuus	Pölyävyys	Kiinteys	Kuntoarvo- luokka
23. kesä	4	4	3	3,9
9. heinä	3	3	3	3
17. heinä	2	3	2	2,25
5. eloku	2	2	2	2
19. eloku	2	2	1	1,9

Kuviossa 17 on esitetty kaikki Lapuan kolme testikohdetta ennen ja jälkeenkuvina. Vasemmanpuoleiset kuvat on otettu 10.6 pian biopolymeerikäsittelyn jälkeen ja oikeanpuolisissa kuvissa on esitetty samat kolme kohdetta testivaiheen loppuvaiheessa 7.8.



Kuvio 17. Jokien testipätkät ennen ja jälkeen kuvina

## 7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Seurantajakson aikana havaittiin, että biopolymeerit sitoivat parhaiten kiinteitä osuuksia, joilla oli vielä nähtävissä ainakin osittaista kalsiumkloridin vaikutusta. Tämän uskottiin johtuvan siitä, että aine pystyi muodostamaan kiinteämmän ja yhtenäisemmän rakenteen pintaan, jossa irtonaisia osia oli vähän.

Testitulosten perusteella näyttäisi myös siltä, että biopolymeerikäsittelyllä voidaan pitkittää kalsiumkloridin vaikutusaikaa, myös Oulun yliopiston johtokykyktesti tuki tätä olettaa. Yleisen havainnon mukaan aineen käyttömäärällä vaikuttaisi olevan merkitystä tehollisen pölynsidonnan kestoon. Selvimmin tämä huomattiin Nurmeksen testikohteella I, joka näytti säilyttävän tiiviin ja pölyämättömän muotonsa huomattavasti pidempään kuin testikohteet II ja III. Lapualla havaittiin, että testikohde III jolla oli käytetty selluloosajohdannaisista polymeeriä, kesti huonommin kuin muut tärkkelyspohjaiset testikohteet.

Oli havaittavissa, että biopolymeerit näyttivät menettävän tehonsa nopeimmin testipätkillä, joilla oli enemmän irtonaisia osuuksia. Tämän uskottiin johtuvan siitä, että näillä käyttömäärillä biopolymeerit eivät pysty sitomaan suuria irtonaisia partikkeleja itseensä, vaan ne lähtevät liikkeelle liikenteen vaikutuksesta. Aineen kehittäjien mukaan molempien kohteiden testipäiviksi sattuneet sateet ovat voineet estää polymeerikalvon kovettumisen. Heidän mukaansa on myös todennäköistä, että bakteerit ovat päässeet hajottamaan biopolymeeriä, mikä on nopeuttanut sen muodostaman rakenteen hajoamista. (Nissinen, T.)

Urakoitsijan mielestä testin toteutus ja ajankohta ei ollut paras mahdollinen. Pölynsidonnan toteutus kuivalla ilmalla irtonaiselle tienpinnalle erosi suuresti käytännöistä, joihin oli totuttu kalsiumkloridin kanssa toimiessa. Biopolymeeritestaus olisi urakoitsijan näkemyksen mukaan ollut parempi ajoittaa kevätmuokkauksen yhteyteen, josta nyt myöhästyttiin noin kuukaudella. Tällöin aine olisi voitu levittää muiden hoitotoimien jälkeen tasatulle pinnalle. Testikohteet olivat myös erityisen haastavia pölynsidontakohteita, joita käsitellään normaalisti pölynsidonnalla useita kertoja kevään ja kesän aikana. Siksi aineen tehon

vähittäinen häviäminen ei yllättänyt Destian henkilöstöä. (Talvinen, T. Peltonen, J.)

Testin aikana heränneitä kysymyksiä olivat: millaisella säällä ja miten toteutus olisi paras toteuttaa, kuinka vahva prosenttinen biopolymeeriliuos olisi tehokkainta ja mitä levitysmäärää  $\text{m}^3/\text{km}$  kannattaisi käyttää. Olisi myös hyvä ymmärtää paremmin, miten nopeaa on tuotteen biohajoavuus tierakenteessa. Lisäksi herää kysymys, voidaanko selluloosajohdannaisista sisältävää biopolymeeriä kehittää tehokkaammaksi. Näiden perusteella voidaan paremmin arvioida, kuinka kannattavaa biopolymeerien käyttö taloudellisesti on.

## LÄHTEET

Destia Oy. 2015. Palvelut. Viitattu 15.7.2015

<http://www.destia.fi/fi/palvelut/kunnossapito/sorateiden-hoito-ja-kunnostus.html>

Google Maps. 2015. Viitattu 27.8.2015

Huuskonen, O. 2015. Destia Oy. Kehittämispäällikkö haastattelu. 15.6.2015

Hätönen, J. 2015. Destia Oy. Työmaapäällikkö Lapuan alueurakka haastattelu. 10.6-27.8.2015

Kurki, T 2005. Vähäliikenteisten teiden päällysteiden uudet ideat. VTT Rakennus ja –Yhdyskuntatekniikka tutkimusraportti.

Nissinen, T. 2015. Kemion Oy. Haastattelu. 3.8.2015

Oravasaari, A.2015. Destia Oy. Työnjohtaja Lapuan alueurakka haastattelu. 10.6-27.8.2015

Peltonen, J. 2015. Destia Oy. Työnjohtaja Nurmeksen alueurakka haastattelu. 18.5-27.8.2015

Rossi, A. 2015. Biopolymeereistä apua pölynsidontaan. Tie&Liikenne 4/2015, 26

Suhonen, K 2005. Soratien kulutuskerrosmateriaalin vaikutus pintakelirikkoon.

Talvinen, T. 2015. Destia Oy. Työmaapäällikkö Nurmeksen alueurakka haastattelu. 18.5-27.8.2015

Tiehallinto 2004. Tierakenteen suunnittelu – suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Tiehallinto 2006. Kalsiumkloridin sivuvaikutukset. Helsinki: Edita Primera Oy.



Tiehallinto 2008a. Sorateiden hoidon ja ylläpidon toimintalinjat. Helsinki: Edita Primera Oy.

Tiehallinto 2008b. Sorateiden pintakunnon määrittäminen. Edita Primera Oy.

Tielaitos 1995. Sorateiden hoito ja kunnostus. Helsinki: Tuotannon palvelukeskus.

## LIITTEET

Liite. 1 Destia Oy:n Sorateiden laadunseurantalomake

## LIITE 1. Sorateiden laadunseurantalomake


SORATEIDEN  
LAADUNSEURANTALOMAKE

Projekti	Laatija
Tiiosa	Pvm.

Tie				
Tiiosa				
Alkometri				
Alkukellonaika		Loppukellonaika		
	Tasaisuus	Pölyisyys	Kilntäys	Kunto- luokka
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Tie				
Tiiosa				
Alkometri				
Alkukellonaika		Loppukellonaika		
	Tasaisuus	Pölyisyys	Kilntäys	Kunto- luokka
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Lomakkeelle sopii 2 x 2 km tarkkailujaksot. Jatka viereiseen taulukkoon, mikäli tarkkailtava osuus on pidempi kuin 2 km.