



jamk

Selvitys sorateiden pölynsidonnasta ra- keisella kalsiumkloridilla

Konsta Ensola

Opinnäytetyö, AMK

Joulukuu 2025

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Ensola Konsta

Selvitys sorateiden pölynsidonnasta rakeisella kalsiumkloridilla

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Joulukuu 2025, 40 sivua.

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: Kyllä

Tiivistelmä

Sorateiden pölynsidontaa toteutetaan osana maantieverkon kunnossapitoa joka vuosi. Pölynsidonnalla pyritään hallitsemaan sorateiden pölyämisen aiheuttamia haittoja, kuten terveys- ja ympäristöhaittoja, edistää sorateiden liikenneturvallisuutta ja hallita kunnossapitokustannuksia. Suomessa pölynsidonta yleisesti toteutetaan joko kalsiumkloridilla (CaCl_2) ja magnesiumkloridilla (MgCl_2). Näiden suolojen hygroskooppiset eli kosteutta sitovat ominaisuudet sitovat hienoainesta soratien pintaan vähentäen pölyn leviämistä. Pölynsidonta toteutetaan vähintään kerran vuodessa, mutta tarvittaessa kesällä suoritetaan lisäpölynsidonta erityisesti asutuksen ja elinkeinoelämän lähellä.

Tavoitteena oli selvittää väkevän rakeisen kalsiumkloridin käyttöön liittyviä kokemuksia sorateiden pölynsidonnassa, tarkastella pölynsidontakauden onnistumisia sekä tunnistaa haasteita pölynsidontakalustoon, varastointiin ja kuljetuksiin liittyen. Selvitystyö toteutettiin puolistrukturoituna haastatteluna, jossa haastateltiin toimeksiantajayritys Destia Oy:n työnjohtoa pölynsidonnasta väkevällä rakeisella kalsiumkloridilla. Haastatteluihin osallistui yhteensä 11 maanteiden hoitourakkaa, joista kolme ei käyttänyt pölynsidontaan väkevää rakeista kalsiumkloridia. Haastatteluissa pääpainona oli pölynsidonnan onnistumiset sekä väkevän kalsiumkloridin levittämiseen liittyvät haasteet.

Haastatteluiden tuloksista huomattiin, että urakoilla oli lähtökohtaisesti positiivisia kokemuksia pölynsidonnasta väkevällä rakeisella kalsiumkloridilla. Urakoissa, joissa pölynsidonta oli aikaisemmin toteutettu liuoksella, koettiin merkittävää parannusta pölynsidonnassa, kun käytettiin väkevää rakeista kalsiumkloridia. Urakoissa, joissa oli aikaisemmin käytetty 77 % rakeista kalsiumkloridia, merkittävää parannusta pölynsidonnassa ei haastatteluissa havaittu. Haastatteluissa selvisi, että lähtökohtaisesti jokaisessa urakassa, joissa väkevää rakeista kalsiumkloridia käytettiin, oli haasteita kuormauksessa, levityksessä ja kuljetuksessa.

Haastatellut urakat kokivat väkevän rakeisen kalsiumkloridin hyväksi vaihtoehtoiseksi pölynsidontamenetelmäksi. Haastatteluiden perusteella oli kuitenkin vaikeaa tehdä johtopäätöksiä, johtuiko onnistuminen pölynsidonta-aineesta vai pölynsidontakauden muista tekijöistä. Haastatteluissa tunnistettiin kehityskohteita esimerkiksi varastointiin sekä väkevän rakeisen kalsiumkloridin kuormaamiseen. Johtopäätöksinä todettiin, että yhden pölynsidontakauden perusteella ei voida suoraan todeta johtuiko pölynsidonnan onnistuminen väkevästä rakeisesta kalsiumkloridista ja seuranta tulisi jatkaa useampi pölynsidontakausi.

Avainsanat (asiasanat)

soratiet, pölynsidonta, kalsiumkloridi

Ensola Konsta

Study on dust suppression on gravel roads using granular calcium chloride

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2025, 40 pages.

Degree Programme in Construction and Civil engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Dust suppression on gravel roads is carried out annually as part of public road network maintenance. The purpose of dust suppression is to control the adverse effects caused by dust emissions from gravel roads, such as health and environmental impacts, to improve traffic safety, and to manage maintenance costs. In Finland, dust suppression is commonly performed using either calcium chloride (CaCl₂) or magnesium chloride (MgCl₂). The hygroscopic properties of these salts bind fine particles to the gravel surface, thereby reducing dust dispersion. Dust suppression is applied at least once a year, but additional treatments may be carried out during the summer, especially near residential areas and industrial activities.

The aim of this study was to investigate the use experiences of concentrated granular calcium chloride in dust suppression on gravel roads, to assess the success of the dust suppression season, and to identify challenges related to equipment, storage, and transportation. The study was conducted as a semi-structured interview with supervisors from Destia Oy road maintenance contracts, focusing on the performance of concentrated granular calcium chloride and related operational challenges. A total of eleven road maintenance contracts participated in the interviews, three of which did not use concentrated granular calcium chloride for dust suppression.

The results indicated that the interviewed maintenance contracts generally had positive experiences with dust suppression using concentrated granular calcium chloride. In contracts where dust suppression had previously been carried out using liquid solutions, significant improvements were observed when switching to the concentrated granular form. In contracts where 77% granular calcium chloride had been used previously, no major improvement in dust suppression effectiveness was necessarily observed. However, challenges were reported in loading, spreading, and transportation in nearly all maintenance contracts.

Overall, the supervisors from the interviewed maintenance contracts considered concentrated granular calcium chloride a good alternative method for dust suppression. However, based on the interviews, it was difficult to determine whether the observed success resulted from the dust suppression material itself or from other seasonal factors. Areas for improvement were identified in storage and loading practices. As a conclusion, it was noted that based on one dust suppression season, no definitive conclusions can be drawn about the effectiveness of concentrated granular calcium chloride, and follow-up over several seasons is recommended.

Keywords/tags (subjects)

gravel roads, dust suppression, calcium chloride

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet.....	3
1.2	Toimeksiantaja yritys Destia Oy	4
2	Soratiet Suomen tieverkossa	6
2.1	Sorateiden kunnossapito	6
2.2	Sorateiden rakenne	8
2.3	Sorateiden kunto.....	9
2.4	Kevätmuokkaus	12
3	Pölynsidonta osana sorateiden kunnossapitoa	13
3.1	Pölyämisen syyt ja seuraukset	13
3.2	Pölyävyyden arviointi	14
3.3	Pölynsidonta-aineet ja niiden ympäristövaikutukset.....	16
3.4	Pölynsidonnan käytännön toteutus	18
4	Tutkimustehtävä ja tutkimuksen toteutus	18
4.1	Tutkimustehtävä	18
4.2	Tutkimusmenetelmän kuvaus	19
4.3	Aineistonkeruu ja analyysi	19
5	Tulokset	20
5.1	Ajoitus, logistiikka ja varastointi.....	20
5.2	Levitystekniikka, -laitteet, -haasteet ja kuljetus kohteisiin.....	21
5.3	Uuden suolan toimivuus pölynsidonnan onnistumisen kannalta.....	22
5.4	Lisäpölynsidonta, paikkaussuolaukset ja vaikutus työmääriin	23
5.5	Käyttö yksityisteiden pölynsidonnassa	23
5.6	Väkevän rakeisen kalsiumkloridin käytön haasteet.....	24
5.7	Muut kehityskohteet.....	25
6	Johtopäätökset	25
6.1	Kokemukset onnistumisista	25
6.2	Kokemukset haasteista	26
6.3	Puuttuvat kokemukset	27
7	Pohdinta	28
7.1	Tavoitteiden toteutuminen	28
7.2	Tulosten ja tiedon luotettavuus	29
7.3	Tulosten hyödynnettävyys	30

7.4	Jatkotutkimuksen tarve.....	30
7.5	Eettisyys.....	31
Lähteet		33
Liitteet		35
	Liite 1. Haastattelupohja, kun käytössä väkevä rakeinen kalsiumkloridi	35
	Liite 2. Haastattelupohja, kun ei käytetä väkevää rakeista kalsiumkloridia	37
 Kuviot		
	Kuvio 1. Maanteiden hoitourakat (Maanteiden hoidon kilpailutus 2025).	5
	Kuvio 2. Rakentamaton soratie (Sorateiden kunnossapito 2014, 12).	9
	Kuvio 3. Soratien kunto ja niiden osatekijät (Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021).	10
	Kuvio 4. Esimerkki pölyävyyden kolmi- ja viisiportaisesta kuntoarvioinnista (Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021)	12
	Kuvio 5. Esimerkki kuntoarvo 1 (vas.) ja kuntoarvo 2 alaraja (oik.) (Soratien pintakunnon määrittäminen 2022).	15
	Kuvio 6. Esimerkki kuntoarvo 3 (vas.) ja kuntoarvo 3 alaraja (oik.) (Soratien pintakunnon määrittäminen 2022).	16

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Sorateiden kunnossapito on tärkeä osa maantieverkoston ylläpitoa, koska soratiet muodostavat noin kolmanneksen maanteistä. Vaikka vuosien ajan liikennöinti sorateilla on vähentynyt huomattavasti, niin liikennöitävyys sorateilla on monille eri yrityksille sekä maa- ja metsätaloudelle tärkeää. Ilmastomuutos, kuorma-autojen ja maatalouskoneiden kasvaneet kokonaisuudet sekä rakentamattomien sorateiden rakenteelliset puutteet altistavat sorateita enemmän erilaisiin ongelmiin, mikä heikentää liikennöitävyyttä. Vuosittain sorateiden kunnossapitoon Suomessa käytetään 35–40 miljoonaa euroa. Se vastaa noin 6–7 % koko tieverkon kunnossapitokustannuksista. (Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021, 11–12.)

Sorateiden pölynsidonta on oleellinen osa sorateiden kunnossapitoa. Kevään kelirikkoajan päätyttyä sorateille tehdään kevätmuokkaus, jonka yhteydessä kevätpölynsidonta toteutetaan. Kevätpölynsidonta toteutetaan ensin lanaamalla tai höyläämällä soratien kulutuskerrosmateriaali, jotta tie saadaan oikeaan profiiliin. Tämän jälkeen pölynsidontamateriaali levitetään soratienpinnalle, jonka jälkeen pinta tiivistetään. Pölynsidontamateriaali voidaan levittää erilaisilla kuorma-autoasenteisilla levittimillä, kuten perälautahiekoittimella tai suolausautomaatilla. Liuosuolaa voidaan puolestaan levittää talviliukkaudentorjunnassa käytettävillä levityslaitteilla. (Sorateiden kunnossapito 2014, 41–42.)

Sorateiden pölynsidonnalla pyritään hallitsemaan soratien kulumista, vähentämään pölyämisestä aiheutuvia haittoja, vähentää kunnossapitoon liittyviä kustannuksia sekä edistää liikenneturvallisuutta sorateilla. Pölyä syntyy, kun kulutuskerroksessa oleva hienoaines nousee ilmaan liikenteen mukana, josta se voi ilmavirtauksien mukana siirtyä tiealueen ulkopuolelle, liaten rakennuksia ja haitaten maataloutta. (Sorateiden kunnossapito 2014, 17.) Yleisin Suomessa käytetty pölynsidonta-aine on kalsiumkloridi (Kaarela 2003, 13).

Suomessa pölynsidonnassa käytetään pääsääntöisesti kalsiumkloridia ja magnesiumkloridia. Ne ottavat kosteutta ilmasta, pitävät hienoainehiukkaset kulutuskerroksessa paikoillaan kapilaarivoimien avulla samalla estäen niiden irtoamisen kulutuskerroksen rakenteesta. Tarkoituksen mukaisen lopputuloksen saavuttamiseksi, on kulutuskerroksessa oltava riittävästi hienoainesta. Kalsium-

ja magnesiumkloridin lisäksi monia muita aineita on kokeiltu pölynsidonnassa, mutta parhaat ja kustannustehokkaimmat tulokset on saatu juuri kalsium- ja magnesiumkloridilla. Pölynsidontamäärät vaihtelevat maasto- ja ympäristötyypin mukaan. Esimerkiksi aurinkoisilla ja aukeilla osuuksilla voi olla tarvetta suuremmalle määrälle pölynsidontaa, kun taas varjoisilla ja metsäisillä tieosuuksilla voidaan pärjätä vähemmällä määrällä pölynsidontaa. Pölynsidontamäärät suunnitellaan tiekohtaisesti työsuunnittelun yhteydessä kunnossapitourakoitsijan toimesta. Pölynsidonta-aineen määrään voidaan vaikuttaa oikeisiin paikkoihin kohdistetulla täsmäsuolauksella. (Sorateiden kunnossapito 2014, 42–44.)

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa haastatteluiden avulla toimeksiantajayritykselle tietoa väkevän rakeisen kalsiumkloridin toimivuudesta sorateiden pölynsidonnassa yrityksen omissa maanteiden hoitourakoissa. Tavoitteena on myös tunnistaa haasteita, kehityskohteita ja onnistumisia sorateiden pölynsidonnassa, havainnoida maantieteellisen sijainnin vaikutusta rakeisen kalsiumkloridin tilaamiseen sekä kehittää ja tehostaa väkevän rakeisen kalsiumkloridin käyttöä toimeksiantaja yrityksen maanteiden hoitourakoissa. Tutkimus toteutettiin puolistrukturoituna haastatteluna, johon osallistui toimeksiantaja yrityksen maanteiden hoitourakoissa työskentelevää työnjohtoa. Haastatteluihin osallistuneita urakoita oli yhteensä 11 kappaletta. Urakat erosivat maantieteelliseltä sijainniltaan ja soratie kilometrimääriltä.

1.2 Toimeksiantaja yritys Destia Oy

Destia Oy on suurin suomalainen infra-alan palveluita tuottava yhtiö ja osa ranskalaista Colas-konsernia. Vuonna 2024 Destian liikevaihto oli 630,5 milj. euroa ja sillä oli noin 1100 projektia vuodessa. Destian liiketoiminnot kattavat laajasti infrarakentamisen eri osa-alueet, joita ovat muun muassa erilaiset rakentamisen palvelut, suunnittelupalvelut ja kunnossapitopalvelut. Destialla on asiakkaita yksityisellä sektorilla, kuten teollisuus- ja liikeyritykset sekä julkisella sektorilla, kuten kunnat, kaupungit ja valtionhallinnon organisaatiot. (Destia N.d.)

Destian kunnossapitopalvelut vastaavat väylien kunnossapidosta. Kunnossapitopalvelut vastaavat maanteiden hoitourakoiden hoidosta ympärivuotisesti viiden vuoden ajan. Tämän jälkeen Väylävirasto ja ELY-keskus kilpailuttavat maanteiden hoitourakat seuraavalle viidelle vuodelle (Maanteiden hoidon kilpailutus 2025). Vuosina 2025–2026 Destia Oy toimi urakoitsijana 36 maanhoitourakassa (ks. kuvio 1).

2 Soratiet Suomen tieverkossa

2.1 Sorateiden kunnossapito

Sorateiden kunnossapito on keskeinen osa liikennöinnin turvaamista sorateilla. Väyläviraston julkaisemissa sorateiden kunnossapidon toimintalinjoissa kerrotaan Suomen maantieverkossa olevan sorapintaisia yhteensä noin 27 000 kilometriä, mikä vastaa hieman yli kolmasosaa koko Suomen maanteistä. Vaikka sorateiden osuus maantieverkossa on kohtalaisen suuri, niin liikennöinti sorapintaisilla teillä on vähäistä. (Sorateita kunnossapidetään jatkossa entistä kokonaisvaltaisemmin 2023; Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021, 11.) Tämä tulee esille Ylen verkkosivuilla julkaistussa uutisessa, jossa Väyläviraston maanteiden kunnossapidon asiantuntijan Jarkko Pirinen kertoo sorateiden liikennemääristä. Pirisen mukaan sorateiden liikennemäärät ovat pudonneet jopa 30 prosenttia. (Tanskanen 16.8.2023.) Kuitenkin sorapintaisilla teillä on oleellinen merkitys maa- ja metsätaloudelle, huoltovarmuudelle, sekä sorateiden varrella asuville asukkaille (Sorateita kunnossapidetään jatkossa entistä kokonaisvaltaisemmin 2023; Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021, 11).

Ilmastonmuutos hankaloittaa sorateiden kunnossapitoa lisäämällä kelirikkoalueita ja hankaloittamalla sorateiden liikennöitävyyttä. Väyläviraston verkkosivulla julkaistussa artikkelissa ”Sorateita kunnossapidetään jatkossa entistä kokonaisvaltaisemmin” (2023) kerrotaan, että vaikka runkokelirikkoa on onnistuttu vähentämään korjaustoimenpiteiden avulla, niiden ilmaantuvuusalue on laajentunut ilmastonmuutoksen takia. Väyläviraston maanteiden kunnossapidon asiantuntija Jarkko Pirinen kertoo Väyläviraston verkkosivuilla sorateiden toimintaympäristön muuttuneen. Ilmastonmuutos hankaloittaa sorateiden kunnossapitoa tehden sulan ajan hoitokausista pidempiä, leudontamalla talvia ja lisäämällä sään ääriolosuhteita. (Sorateita kunnossapidetään jatkossa entistä kokonaisvaltaisemmin 2023.) Tämä näkökulma on myös tuotu esiin Väyläviraston julkaisussa sorateiden kunnossapidon toimintalinjoista.

Sorateiden kunnossapitoa toteutetaan ympäri vuoden. Se on jaettu neljään eri osaan kunnossapitotöiden luonteen mukaan keväälle, kesälle, syksylle ja talvelle. Väyläviraston verkkosivuilla, sekä liikenneviraston ohjeessa sorateiden kunnossapidosta kerrotaan kunnossapitokausiin sijoittuvista tehtävistä, joista kerron seuraavaksi tarkemmin.

Kevätajan kunnossapitotöillä pyritään varmistamaan sorateiden liikennöitävyys ehkäisemällä keli-rikkojen haittoja ajamalla soratien pehmeisiin kohtiin mursketta, sekä asettamalla painorajoituksia sorateille. Tämän lisäksi sorateille suoritetaan kevätmuokkaus, missä soratien kulutuskerrosta muotoillaan tasaiseksi. Kevätmuokkauksen yhteydessä tie suolataan joko kalsiumkloridilla tai magnesiumkloridilla. (Sorateiden kunnossapito 2025; Sorateiden kunnossapito 2014, 33–44.) Liikenneviraston ohjeessa sorateiden kunnossapidosta (2014) pidetään tärkeimpänä kunnossapitotyönä kulutuskerroksen muokkausta ja muotoilua, mutta Väylävirasto ei ole määritellyt tärkeintä kunnossapitotyötä omilla verkkosivuillaan.

Kesän säällä on suuri vaikutus sorateiden hoitoon. Väyläviraston verkkosivulla julkaistussa artikkelissa ”Sorateiden kunnossapito” (2025) kerrotaan eri sääolosuhteiden synnyttävän erilaisia kunnossapitotarpeita. Pitkät kuivat kaudet voivat lisätä tarvetta lisäpölynsidonnalle, kun taas sateet voivat synnyttää reikiä soratien pintaan, jolloin soratien pintaa tarvitsee tasoittaa. Liikenneviraston ohjeessa sorateiden kunnossapidosta (2014) asia on tiivistetty sorateiden laadun ylläpitämiseen. Liikenneviraston ohjeessa, sekä Väyläviraston verkkosivuilla mainitaan hoito- ja kunnostustöiden, kuten niittojen, vesakon raivauksien ja kuivatusjärjestelmien hoitaminen ja kunnostaminen ajoittuvan kesäajalle. (Sorateiden kunnossapito 2025; Sorateiden kunnossapito 2014, 45–50.)

Syksyn kunnossapidolla varaudutaan talveen ja syyskelien tuomaan haasteeseen. Ilmastonmuutoksen takia pintakelirikot ovat lisääntyneet syksyisin (Sorateiden kunnossapito 2025). Syksyllä soratien pinta tasataan ja myös tarvittaessa sorastetaan. Tällä pyritään tekemään soratien pinnasta tasainen, jotta tien pinnan jäätyessä kulutuskerros pysyy tasaisena. Syksyn aikana sorateille asennetaan aurausviitat helpottamaan auraamista. (Sorateiden kunnossapito 2025; Sorateiden kunnossapito 2014, 51–54.)

Talvi koostuu sorateiden kunnossapidossa pääsääntöisesti aurauksista sekä liukkauden torjunnasta. Liukkauden torjunta suoritetaan joko tien pintaa karhentamalla tai hiekoittamalla (Sorateiden kunnossapito 2025). Ilmastonmuutoksen takia soratiet voivat pysyä sulana koko talven erityisesti maan lounais- ja eteläosissa. Tällöin suurin ongelma on pintakelirikko. (Sorateiden kunnossapito 2025.) Kevään kelirikotilannetta pyritään helpottamaan loppupalvesta ajamalla tien reunoilla olevat lumivallit pois, sekä sulattamalla jäätyneitä rumpuja ja avaamalla tukkeutuneita rumpuja. Tällä pyritään varmistamaan, että sulamisvedet pääsevät valumaan pois, eikä vedet jää

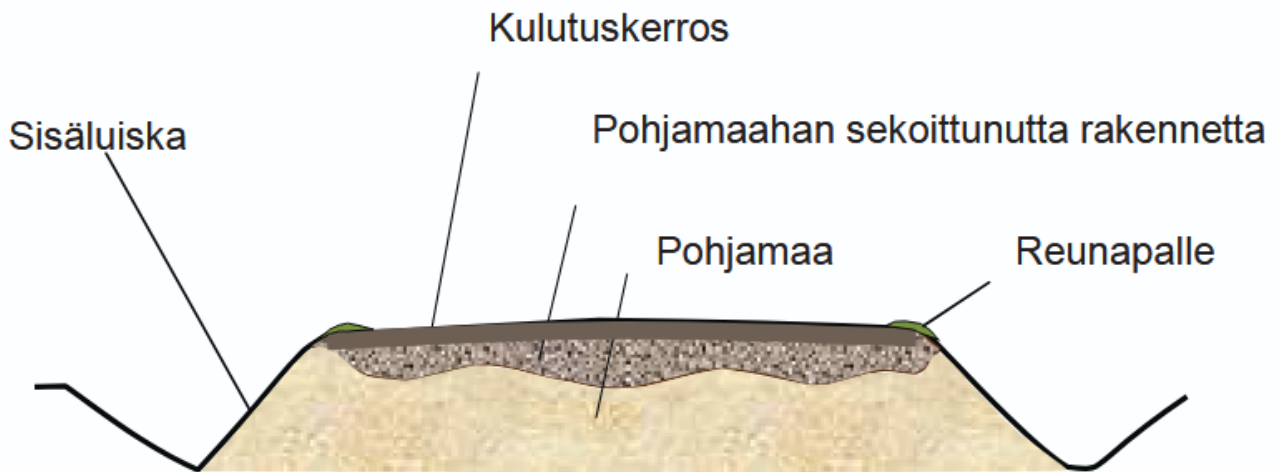
soratien päälle tulvimaan. (Sorateiden kunnossapito 2025.) Ympärivuotinen kunnossapito on tärkeää sorateiden kunnolle. Oikeat toimenpiteet suoritettuna oikeaan aikaan ovat perusta sorateiden kunnolle.

2.2 Sorateiden rakenne

Suomessa on erikuntoisia sorateita. Nämä soratiet pääsääntöisesti koostuvat kahdesta eri soratietyyppistä, rakennetuista ja rakentamattomista sorateista. Näistä kahdesta soratietyyppistä selvästi yleisin on rakentamaton soratie. (Sorateiden kunnossapito 2014, 11.) Ne ovat muodostuneet vanhojen kulkureittien päälle, niiden rakenteellinen kestävyys on kyseenalainen eikä niiden kantavuus vastaa nykyliikenteen vaatimuksia (Soratiet N.d.).

Rakennettu ja rakentamaton soratie eroavat rakenteellisesti toisistaan. Yleensä rakennettujen sorateiden rakenteita ovat kulutuskerros, kantava kerros, jakava kerros sekä joko suodatinkangas tai suodatinkerros. Tämän tyyppisiä rakennettuja sorateita on kuitenkin vähän verrattuna rakentamattomiin sorateihin. Rakentamattomat soratiet pääsääntöisesti koostuvat kulutuskerroksesta ja pohjamaahan sekoittuneesta rakennemateriaalista, jota on sorastusten yhteydessä soratielle ajettu (ks. kuvio 2). (Sorateiden kunnossapito 2014, 11.)

Rakennekerroksissa ja pohjamaassa tapahtuvat muodonmuutokset ovat oleellisin vaurioitumismekanismi soratien rakenteelliselta kannalta. Vauriot ilmenevät joko urautumisena, rakennekerrosten ja pohjamaan sekoittumisena tai muina kantavuuspuutteina. Nämä vauriot voivat aiheutua soratiella liikennöivästä raskaasta liikenteestä, kun soratien rakennekerrosten kantavuus pettää myös kelirikkokauden ulkopuolella. Toisaalta nämä vauriot voivat syntyä, vaikka soratien kulutuskerros olisi riittävän paksu ja kulutusta kestävä. Näiden vaurioiden korjauksiin on vähän resursseja ja Väylävirasto on selvittämässä mahdollisia keinoja rakenteiden vaurioitumisen hallintaan. (Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021, 24.)



Kuvio 2. Rakentamaton soratie (Sorateiden kunnossapito 2014, 12).

2.3 Sorateiden kunto

Soratien kunto voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen, rakenteelliseen kuntoon ja pintakuntoon. Jaottelu perustuu siihen, että näihin osa-alueisiin vaikuttavat eri tekijät. Lisäksi sorateiden kuntoon vaikuttavia tekijöitä on muitakin, mutta niitä ei voida suoraan liittää kumpaankaan osa-alueeseen. (Sorateiden kunnossapito 2014, 10; Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021 ,22–23.) Sorateita keväisin, syksyisin ja ilmastonmuutoksen takia myös talvisin piinaavalla kelirikolla tarkoitetaan soratien kulkukelpoisuuden vaikeutumista tai estymistä. Tätä tien pinnan tai tierakenteen pehmenemistä aiheuttaa keväisin roudan sulaminen, kun taas syksyllä runsaat sateet sekä leudot alkutalvet aiheuttavat vettymistä. Tämän takia tien rakenne ja kantavuus voivat heiketä pinnalta sekä syvemmältä rakenteista. Täten sorateille voi esiintyä pinta- ja runkokelirikkoa. (Sorateiden kunnossapito 2014, 14.) Soratien kunnan jakautuminen sekä niihin vaikuttavat osatekijät on esitetty tämän kappaleen alapuolella (ks. kuvio 3).



Kuvio 3. Soratien kunto ja niiden osatekijät (Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021).

Soratien rakenteelliseen kuntoon pyritään vaikuttamaan ylläpidolla. Runko- ja pintakelirikko ovat merkkejä soratien rakenteellisen kunnan heikkenemisestä. Tällöin soratielle viedään liikennemerkit, joilla varoitetaan tienkäyttäjiä kelirikosta. Mikäli soratie menettää kantavuuttaan lisätään kelirikko merkkien rinnalle painorajoitukset. Näin pyritään välttämään liikenne onnettomuudet sekä pitää soratie korjauskelpoisena. Kelirikkoisille teille ei kuitenkaan voida tehdä paljoa toimenpiteitä. Mursketta voidaan ajaa pahimpiin kelirikkokohteisiin. Tällä ei kuitenkaan ole pitkäkestoista vaikutusta soratien kantavuuden parantamiseen, vaan vaikutus on lyhytkestoista. Keväällä sorateiden vauriot ovat yleisiä johtuen runsaista sateista sekä maan sulamisesta, mutta nämä vauriot ovat myös yleistyneet syksyisin ja jopa talvisin ilmastonmuutoksen takia. (Mitä sorateille tehdään keväällä? 2025.)

Sorateihin kohdistuneiden korjausten myötä runkokelirikko on vähentynyt, mutta ilmastonmuutoksen uskotaan lisäävän kelirikkojen ilmaantuvuusalueita (Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021, 23). Tämän toteaa myös Väyläviraston maanteiden kunnossapidon asiantuntija Jarkko Pirinen Väyläviraston verkkosivulla. Pirisen mukaan ilmastonmuutos pidentää sulan ajan hoitokausia. Leudot talvet ja lisääntyneet säiden ääriolosuhteet ovat lisänneet sorateiden runkokelirikkoa. Verkkosivulla kerrotaan myös, että runkokelirikoille on tyypillistä ilmaantua samoihin paikkoihin.

Näihin kohtiin joudutaan usein rakentamaan uusi kantava kerros sekä pintakerros. (Sorateitä kunnossapidetään jatkossa entistä kokonaisvaltaisemmin 2023.)

Keväisin roudan sulaminen sekä syksyn sateiset olosuhteet aiheuttavat sorateilla pintakelirikkoa. Kosteuden vaikutuksesta soratien pintakerros muuttuu huonosti kantavaksi, mikäli kosteus ei pääse haihtumaan pois. Pahimmassa tapauksessa pintakerros pääsee velliintymään, mikä haittaa soratien liikennöintiä. Alkutilvien muuttuneet sääolosuhteet, kuten lauhat sääjaksot sekä runsaat sateet lisäävät pintakelirikkoa talvisin. (Sorateiden kunnossapito 2014, 14–15.) Pintakelirikon torjumiseen pyritään vaikuttamaan hoidollisin keinoin. Tämä tapahtuu soratien pinnan muotoilulla ja tiivistämisellä, sopivan murskeen käytöllä sekä pintakerroksen kuivatuksella. Kustannusten salliessa ylileveitä sorateita voidaan kaventaa ojittamalla sekä parannella kuivatusjärjestelmiä sorateilla pintakelirikon ehkäisemiseksi. (Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021, 24.)

Pintakuntoon pyritään vaikuttamaan hoidolla (Sorateiden kunnossapito 2014, 10). Hoidolla pyritään varmistamaan liikennöitävyys soratiella laatuvaatimukset huomioiden. Pintakunnon laatu muodostuu kolmesta eri tekijästä: tasaisuus, kiinteys ja pölyävyys ja niitä arvioidaan kolmiportaisella asteikolla (ks. kuvio 4). Näitä vaatimuksia kuitenkin tarkennetaan urakkakohtaisesti esimerkiksi määrän, toistuvuuden ja pituuden mukaan. (Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021, 25.) Tässä opinnäytetyössä näistä kolmesta laatutekijästä tarkastellaan tarkemmin pölyävyyttä kappaleessa 3.2.

PÖLYÄVYYS	
1	Kuntoarvo 1: Tie pölyää runsaasti Pöly leviää erittäin paljon tien ympäristöön ja haittaa merkittävästi näkyvyyttä Pöly aiheuttaa huomattavaa haittaa tien varren asutukselle ja viljelyksille
2	Kuntoarvo 2: Tie pölyää kohtalaisesti Pöly leviää melko paljon tien ympäristöön ja haittaa lievästi näkyvyyttä Pöly haittaa tien varren asutusta ja viljelyksiä
3	Kuntoarvo 3: Tie pölyää jonkin verran Pöly ei leviä pientareita kauemmaksi
3	Kuntoarvo 4: Pientä pölyämistä renkaiden kohdalla Pientä pölyämistä renkaiden takana havaittavissa
3	Kuntoarvo 5: Pölyämistä ei esiinny lainkaan Ei havaittavaa pölyämistä

Kuvio 4. Esimerkki pölyävyyden kolmi- ja viisiportaisesta kuntoarvioinnista (Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021)

2.4 Kevätmuokkaus

Kevätmuokkaus on tärkeä osa kevätajan kunnossapitoa. Sen tarkoitus on muokata soratien kulumakerrosta ja palauttaa soratien pinta oikeaan kaltevuuteen tulevalle kesäkaudelle. (Sorateiden kunnossapito 2025.) Tämä toteutetaan tasoittamalla soratie, palauttamalla soratie oikeaan poikki-leikkausmuotoon, poistamalla reunapalteet ja hyödyntämällä soratien reunoille siirtynyt murske. Muokkaus toteutetaan yleensä tiehöylällä tai lanalla. Kuorma-auton alusterällä voidaan yksittäisiä lyhyitä pätkiä tasoittaa. (Sorateiden kunnossapito 2014, 37–40.) Kevätmuokkaus voidaan aloittaa sen jälkeen, kun soratiellä runkokelirikkovaihe on päättynyt ja tien pinta on sulanut ja kuivunut riittävästi. Kevätmuokkauksen yhteydessä suoritetaan kevätpölynsidonta sekoitussuolauksena. (Mitä sorateille tehdään keväällä? 2025.)

Kevätmuokkauksen yhteydessä tehdään kevätpölynsidonta. Tarkoituksena olisi, että kevätmuokkauksen yhteydessä sekoitussuolauksena tehty pölynsidonta riittäisi koko kesäkaudelle, mutta erityisesti asutuilla ja aurinkoisilla alueilla pölynsidontaa joudutaan tekemään uudestaan (Mitä sorateille tehdään keväisin? 2025). Kelirikkovaiheen päätyttyä kosteaan ja kevätmuokkauksen jälkeen kuohkeaan tien pintaan levitetään suolaa, mikä sekoittuu soratien kulutuskerrokseen (Sorateiden kunnossapito 2014, 41). Pölynsidontaa ja sen merkitystä sorateiden kunnossapidossa tarkastellaan tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

3 Pölynsidonta osana sorateiden kunnossapitoa

3.1 Pölyämisen syyt ja seuraukset

Soratien pölyäminen on yleistä etenkin pitkinä kuivina kausina. Liikenneviraston ohjeessa ”Sorateiden kunnossapito” (2014) todetaan pölyämisen aiheutuvan, kun kuivasta tienpinnasta irtoaa hienoainesta liikenteen vaikutuksesta. Samassa ohjeessa nostetaan esiin pölyävyyden syiksi ajoneuvojen renkaiden iskut tienpintaan ja liikenteen ilmavirtaukset. (Sorateiden kunnossapito 2014, 17.) Kaarela (2003, 13) mainitsee näiden syiden lisäksi muutamia eri tekijöitä, kuten ajoneuvon nopeus, ajoneuvon paino, pyörien määrä, pintamateriaalin raekokojakauma ja kulutuskestävyys, tienpinnan kosteus sekä liikennemäärä. Oscarsson (2007, 52) puolestaan kuvaa pölyävyyden johtuvan ajoneuvojen liikkeestä sekä renkaiden pyörimisen aiheuttamasta ilmavirtauksesta. Hän viittaa myös Moosmüllerin ym. (2005) havainneen tienpinnan kosteuden vaikuttavan myös pölyämiseen. (Oscarsson 2007, 52.)

Liikenneviraston ohjeessa ”Sorateiden kunnossapito” (2014) kerrotaan hienoaineksen vähentyessä, kulutuskerroksesta alkaa irrota myös karkeampaa materiaalia. Karkean materiaalin irrotessa soratien pintaan alkaa syntyä kuoppia ja tie urautuu. Kulutuskerros materiaalin menekin kasvaessa tullaan tarvitsemaan lisää kunnossapitotoimenpiteitä. (Sorateiden kunnossapito 2014, 17; Kaarela 2003, 13.) Hyvällä kulutuskerroksella sekä hyvin ajoitetuilla ja tehdyillä kunnossapitotoimenpiteillä voidaan vähentää materiaalihävikkiä ja pölyämistä sekä vähentää tarvetta lisäpölynsidonnalle (Sorateiden kunnossapito 2014, 17). Toisaalta Oscarsson (2007, 52) mainitsee Lindhin (1981) esittämän ratkaisun pölyävyyden hallitsemiseen, joka olisi kaikkien teiden päällystäminen. Tämä ei kuitenkaan ole taloudellisesti toteuttamiskelpoinen vaihtoehto. (Oscarsson 2007, 52.) Voidaankin päätellä, että pölynsidonnalla on tärkeä rooli sorateiden kunnossapidossa. Tämän lisäksi pölynsidontan puuttumisella on vaikutuksia sorateiden kunnossapidon kustannuksiin, kuin myös niiden varrella asuviin ihmisiin.

Pölyämisellä on useita haittavaikutuksia ja sen hallinta on tärkeä osa kesäkauden kunnossapitoa. Liikenneviraston ohjeessa ”Sorateiden kunnossapito” (2014) kerrotaan liikenteen nostattavan pölyä ilmaan tien pinnasta heikentäen näkyvyyttä ja liikenneturvallisuutta. Pölyäminen haittaa sorateiden varsilla olevien asukkaiden asumisviihtyvyyttä sekä likaa soratien lähiympäristön rakennuksia ja kasvillisuutta. (Sorateiden kunnossapito 2014, 17.) Myös Kaarela (2003, 13) tunnistaa

pölyämisen haittavaikutuksiksi edellä mainitut tekijät. Näiden lisäksi Kaarela kertoo pölyn vaikuttavan ajoneuvojen kulumiseen sekä maatalouden tuottavuuteen. Kaarela korostaa pölyämisen myös lisäävän huomattavasti kunnossapidon kustannuksia. (Kaarela 2003, 13.) Pölynsidonnan suhteen olisi tärkeää tarkastella ilmastonmuutoksen vaikutuksia sekä sitä, miten pidemmät kesäkaudet voivat lisätä pölyämisen riskiä. Pidemmät kesäkaudet voivat kasvattaa pölynsidonnan tarvetta ja sitä kautta kunnossapidon kustannuksia. Tämän lisäksi Edvarsson (2010, 13) tuo ruotsalaisessa diplomityössään esille Carlssonin (1986) havainneen vaikutuksia polttoaineen kulutukseen, matkustus-aikoihin ja ajomukavuuteen, jos tienpinta on pahasti kärsinyt pölynsidonnan puutteesta.

Edvarsson (2010, 13) mainitsee pölyämisen aiheuttavan terveydellisiä haittoja soratien varren asukkaille. Soratien pinnasta irtoavat pienihiukkaset, jotka ovat halkaisijaltaan alle 10 mikrometriä (PM10) voivat levitessään päätyä hengityselimistöön. Edvarsson viittaa Gustafssonin (2005) tutkimukseen, jossa havaittiin, että lisääntyneet PM10-hiukkasten pitoisuudet ovat nostattaneet kuolleisuutta sydän- ja keuhkosairauksissa. Tämä pienihiukkassaaste on yhdistetty moniin hengityselinten sairauksiin, kuten heikentyneeseen keuhkotoimintaan, astman pahenemiseen, kroonisen keuhkoputkentulehduksen kehittymiseen sekä sydämen rytmihäiriöihin. (Edvarsson 2013, 13.) Onkin tärkeä huomata, että pölynsidonnalla on liikenneturvallisuuden lisäksi myös vaikutusta ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin.

3.2 Pölyävyyden arviointi

Suomessa pölyävyyttä arvioidaan kolmiportaisella kuntoasteikolla (ks. kuvio 4). Pölyävyyttä arvioidessa kuntoarvoa 1 ei sallita, kuntoarvoa 2 sallitaan vain pieni määrä ja kuntoarvo 3 on tavoite. (Soratien pintakunnon määrittäminen 2022, 5.) Väyläviraston ohjeessa ”Sorateiden pintakunnon määrittäminen” (2022) sekä palauteväylän artikkelissa ”Mitä soratien pölyämiselle tehdään?” (2025) kerrotaan pölyämisen haitoista ja arvioinnista. Niiden mukaan pölyäminen vaikuttaa ajo-olosuhteisiin, turvallisuuteen sekä soratien varrella oleviin asukkaisiin ja elinkeinoelämään. Pölyämistä arvioidaan silmämääräisesti ajamalla soratiellä 60 km/h. (Mitä sorateiden pölyämiselle tehdään? 2025; Sorateiden pintakunnon määrittäminen 2022.)

Toisaalta palauteväylän sivulla kerrotaan, että 60 km/h nopeudella ajettaessa, soratien pölyäminen saattaa olla vielä laatuvaatimusten mukaista eikä aiheuta välittömiä kunnossapidollisia toimenpiteitä. Palauteväylän sivuilla korostetaan, että ajoneuvon kuljettaja voi vaikuttaa soratien pölyävyyteen omalla ajonopeudellaan. (Mitä sorateiden pölyämiselle tehdään? 2025.)

Esimerkit sorateiden pölyävyydestä ja kuntoarvoista on esitetty tämän kappaleen alapuolella (ks. kuvio 5 & 6). Kuvion 5 vasemmanpuoleisessa kuvassa on havaittavissa runsasta pölyämistä ja pöly pääsee leviämään tien ympäristöön. Pölystä aiheutuu huomattavaa haittaa näkyvyydelle, asutukselle sekä viljelyksille. Tie pölyää runsaasti, joten kuntoarvo on 1. Puolestaan oikeanpuoleisessa kuvassa pölyämistä on havaittavissa, mutta se rajoittuu tiealueelle täten haitaten lievästi näkyvyyttä, asutusta ja viljelyksiä. Tie pölyää kohtalaisesti, joten kuntoarvo on 2. Kuviossa 6 puolestaan molemmat kuvat edustavat kuntoarvoa 3 eli tavoitetasoa. Pölyämistä on vähän tai ei ollenkaan ja pöly ei leviä piennarta kauemmaksi. Täten kuntoarvo on 3. (Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat 2021; Sorateiden pintakunnon määrittäminen 2022, 15–17.)



Kuvio 5. Esimerkki kuntoarvo 1 (vas.) ja kuntoarvo 2 alaraja (oik.) (Soratien pintakunnon määrittäminen 2022).



Kuvio 6. Esimerkki kuntoarvo 3 (vas.) ja kuntoarvo 3 alaraja (oik.) (Soratieiden pintakunnon määrittäminen 2022).

3.3 Pölynsidonta-aineet ja niiden ympäristövaikutukset

Suomessa ja muissa Pohjoismaissa pölynsidontaa toteutetaan pääasiassa kalsium- ja magnesiumkloridilla. Muitakin pölynsidonta-aineita on kokeiltu, kuten natrium- ja kalsiumlignosulfonaatteja, bitumipohjaisia pölynsidonta-aineita sekä ympäristöllisesti herkillä alueilla, kaliumformiaattia. Näiden käyttö ei kuitenkaan ole yleistynyt vaihtelevista syistä. (Soratieiden kunnossapito 2014, 41–42.) Kaarelan (2003, 13) mukaan Suomessa yleisin käytetty pölynsidonta-aine on kalsiumkloridi ja sitä käytetään keskimäärin 28 000–30 000 tonnia vuosittain.

Kalsiumkloridi (CaCl_2) on pölynsidonassa yleisesti käytetty hygroskooppinen suola. Se sitoo ilmasta kosteutta samalla pitäen soratieiden pinnan kosteana. Suomessa kalsiumkloridia valmistetaan kalkkikivestä ja suolahaposta. Yleisesti Suomessa käytettävän hiutalemuotoisen kalsiumkloridin pitoisuus on noin 77 % ja kalsiumkloridi liuoksen pitoisuus vaihtelee 32–44 % välillä. (Pöyhönen 1994, 8; Kaarela 2003, 15.) Liikenneviraston ohjeessa ”Soratieiden kunnossapito” (2014) puolestaan kerrotaan, että kalsiumkloridin valmistaja ei suosittele käytettäväksi liuoksia yli 36 % pitoisuuksilla matalan kiteytymispisteen takia. Tästä huolimatta yli 36 % liuosta voidaan levittää, mikäli se tehdään ilman välivarastointia. Toisaalta samassa ohjeessa mainitaan, että kunnossapitotutkimyksissä voidaan tehdä liuosta hiutalesuolasta, jolloin siitä tulee 37–41 %. Tällöinkin levittäminen pitäisi tehdä ilman välivarastointia. Kalsiumkloridi aktivoituu eli alkaa sitomaan ilmasta kosteutta, kun ilman suhteellinen kosteus ylittää 30 % ja on näin riippuvainen ilman lämpötilasta. (Soratieiden kunnossapito 2014, 42–43.)

Magnesiumkloridi (MgCl_2) on pölynsidonnassa käytetty hygroσκοoppinen suola. Kalsiumkloridin tavoin magnesiumkloridi sitoo ilmasta kosteutta itseensä ja pitää tien pinnan kosteana. Hiutalemuodossa magnesiumkloridin pitoisuus on 47 % ja siitä voidaan myös tehdä liuosta. (Sorateiden kunnossapito 2014, 42.) Pöyhösen (1994) tekemän tutkimuksen mukaan magnesiumkloridi on mahdollisesti hygroσκοoppisempi materiaali kuin kalsiumkloridi. Kalsiumkloridiin verrattuna magnesiumkloridi nesteytyy pienemmällä vesimäärällä ja saavuttaa pölynsidontavaikutuksen nopeammin. Toisaalta sitä käytettiin noin 10 % enemmän kalsiumkloridiin verrattuna. (Pöyhönen 1994, 17–20.)

Kalsiumkloridin ja magnesiumkloridin ympäristövaikutukset ovat lähes samankaltaiset. Kaarela (2003, 40) tuo esille kalsiumkloridin ympäristövaikutuksia. Kaarelan mukaan kalsiumkloridin käytössä huolta herättää pohjavesien kloridipitoisuuksien nouseminen sekä raskasmetallien liukeminen pohjaveteen, sillä kalsiumkloridi voi liuottaa liikenteen raskasmetalleja pohjaveteen. (Kaarela 2003, 36–41.) Magnesiumkloridilla on puolestaan pienempi kloridikuormitus verrattuna kalsiumkloridiin, mikä tekee sitä hieman paremman vaihtoehdon pölynsidontaan. Muuten Pöyhösen mukaan selkeitä eroja magnesium- ja kalsiumkloridin ympäristövaikutuksilla ei ole. (Pöyhönen 1994, 19.)

Liikenneviraston ohjeita sekä Pöyhösen ja Kaarelan tutkimuksia tarkastellessa voidaan todeta, että pölynsidonnassa magnesium- ja kalsiumkloridin toimintaperiaate on sama. Molemmat ovat hygroσκοoppisia suoloja, jotka ottavat ilmasta kosteutta. Kosteuden avulla magnesium- ja kalsiumkloridi sitovat hienoaineshiukkaset kulutuskerrokseen kapilaarivoimien avulla edellyttäen, että kulutuskerroksessa on riittävästi hienoainesta. Magnesium- sekä kalsiumkloridia voidaan levittää liuoksena tai hiutaleena. (ks. Pöyhönen 1994; Kaarela 2003; Sorateiden kunnossapito 2014.)

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin väkevän (yli 77 %) rakeisen kalsiumkloridin käyttöä. Tulokset osiossa sekä johtopäätöksissä käsitteellä suola tai raesuola tarkoitetaan väkevää rakeista kalsiumkloridia. Puhuttaessa suolauksesta, viitataan pölynsidontaan ei liukkaudentorjuntaan (ks. Kappale 5 & 6.)

3.4 Pölynsidonnan käytännön toteutus

Pölynsidonta toteutetaan vähintään kerran sorateilla. Kevätmuokkauksen yhteydessä tehdään kevätpölynsidonta sekoitus-suolauksena. Siinä hiutalesuola levitetään joko kuorma-autoasenteisella levittimellä tai suolautomaatilla karhennetulle soratien pinnalle. Suolautomaatilla saadaan suola levitettyä molemmille ajokaistoille verrattuna kuorma-autoasenteiseen levittimeen. Tämän jälkeen soratien pinta tiivistetään. Hygroskooppiset suolat aiheuttavat korroosiota, joten teräksisten levityslaitteiden puhdistus on tärkeää. (Sorateiden kunnossapito 2014, 42.)

Kesäajalla voidaan mahdollisesti joutua tekemään lisäpölynsidontaa erityisesti asutuilla ja aukeilla alueilla. Levitettävä suolamäärä on huomattavasti pienempi, kun verrataan kevätpölynsidonnan suola määrään. Mikäli soratien pinta on pahasti vaurioitunut, muokataan tie tai tien pätkä uudelleen ja suolataan uudestaan samaan tyyliin kuin keväällä. Lisäpölynsidonta voidaan tehdä joko liuksella tai hiutalesuolauksella. (Sorateiden kunnossapito 2014, 46.)

4 Tutkimustehtävä ja tutkimuksen toteutus

4.1 Tutkimustehtävä

Kesällä 2025 lähdin tiedustelemaan toimeksiantajayritys Destialta mahdollisuutta toteuttaa heille opinnäytetyötä. Sain Destialta mahdollisuuden toteuttaa tämän opinnäytetyön. Tämä opinnäytetyö on tutkimuksellista kehittämistoimintaa, jossa toimeksiantajayritys Destialle tuotetaan selvitys maanteiden hoitourakoissa käytetystä väkevästä rakeisesta kalsiumkloridista pölynsidonnan kehittämiseksi tehokkaammaksi.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä kokemuksia, haasteita ja onnistumisia kesäkauden pölynsidonnasta, joka on toteutettu väkevällä rakeisella kalsiumkloridilla. Tämän opinnäytetyön kautta kerätyllä tiedolla pyrittiin kehittämään ja tehostamaan pölynsidonnan onnistumista. Lisäksi toimeksiantaja sai tietoa maantieteellisesti eri alueilta väkevän kalsiumkloridin käytöstä, haasteista sekä alueellisista tarpeista.

Tutkimuskysymykset tässä opinnäytetyössä oli:

1. Millaisia kokemuksia väkevän rakeisen kalsiumkloridin käytöstä on?
2. Mitä haasteita väkevän rakeisen kalsiumkloridin käyttöön liittyy?
3. Miten pölynsidonta on onnistunut väkevällä rakeisella kalsiumkloridilla kesäkaudella 2025?

4.2 Tutkimusmenetelmän kuvaus

Tässä opinnäytetyössä käytettiin tutkimusmenetelmänä tutkimuksellista kehittämistyötä. Tutkimuksellista kehittämistyötä pidetään tieteellisestä tutkimuksesta erillisenä. Voidaan ajatella, että tieteellisellä tutkimuksella ilmiöstä pyritään luomaan uutta teoriaa, kun taas tutkimuksellisella kehittämistyöllä etsitään käytännön parannuksia ja uusia ratkaisuja. Tätä tutkimuksellista kehittämistyötä ryhdyttiin tekemään organisaatiossa ilmenneen kehittämistarpeen vuoksi. Tämä on tyypillinen kehittämistyön lähtökohta, sillä käytännön ongelmien ratkaisu ja uusien ideoiden sekä käytäntöjen tuottaminen ovat tutkimuksellisen kehittämistyön tavoitteita. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015.)

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on tuottaa uutta tietoa organisaation ammatillisista käytännöistä, mikä voi toimia perustana uusille kehittämishankkeille (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015, 18–21). Työ toteutettiin tapaustutkimuksena. Tapaustutkimuksessa tavoitteena on tuottaa tutkimuksen keinoin kehittämis ehdotuksia organisaation tarpeisiin (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015, 37). Työ toteutettiin puolistrukturoituna haastatteluna. Puolistrukturoidussa haastattelussa haastatteluteemat on suunniteltu etukäteen, mutta esimerkiksi kysymysten järjestys voi vaihdella haastattelukohtaisesti (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015, 41).

4.3 Aineistonkeruu ja analyysi

Kehittämistyön aineistona toimii Destian maanteiden hoitourakoiden työmaapäälliköiden ja työnohtajien haastattelut. Haastattelumenetelmänä käytettiin puolistrukturoitua haastattelua, jossa oli sekä valmiit kysymykset, että mahdollisuus vapaaseen keskusteluun aiheesta. Haastatteluiden ohessa kysyttiin toimeksiantajan pyynnöstä lisätietoja urakoiden käyttämistä suolamääristä sekä suolamäärien raportoinnista tilaajalle. Nämä ei kuitenkaan ole oleellisia asioita sorateiden pölynsidonnan kannalta, joten ne on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle eikä näiden kysymysten

tuloksia esitetä tässä opinnäytetyössä. Haastattelukysymykset löytyvät tämän dokumentin lopusta liitteenä (ks. liite 1 & 2). Haastattelut toteutettiin erikseen sovittuna ajankohtana. Tavoitteena oli saada vähintään kahdeksan haastateltavaa, jotka edustavat maanteiden hoitourakoita eripuolelta Suomea. Näin tuloksista saadaan mahdollisimman yleistettäviä, mutta aineiston koko on opinnäytetyön mittakoossa hallittava. Haastatteluja toteutui yhteensä 11 kappaletta. Aineistoon sisältyy maanteiden hoitourakoita, joissa on aiemmin käytetty rakeista kalsiumkloridia (77 %) tai liuosmuotoista pölynsidonta-ainetta ja, joista suurin osa on käyttänyt kesäkaudella 2025 väkevää rakeista kalsiumkloridia. Haastattelut toteutettiin pääsääntöisesti Microsoft Teams:in kautta, mutta kolme haastattelua toteutettiin kasvokkain Jyväskylän lähialueilla. Haastattelut tallennettiin analyysia varten äänittämällä.

Tässä opinnäytetyössä haastattelut analysoitiin sisällönanalyysin keinoin. Sisällönanalyysi on analyysimenetelmä, jota voidaan käyttää kaikenlaisessa laadullisessa tutkimuksessa. Sen pyrkimyksenä on muodostaa tutkittavasta ilmiöstä tiivis ja yleinen kuvaus, joka mahdollistaa johtopäätösten tekemisen tutkittavasta asiasta. (Tuomi & Sarajärvi 2018.) Sisällönanalyysin kautta pyritään hahmottamaan, mistä asioista, aiheista ja teemoista aineisto kertoo eli, mistä haastateltavat puhuvat (Vuori 2021). Sisällönanalyysissa aineisto koodataan eli aineiston osia ryhmitellään ja erotellaan eri aihepiirien mukaan, jotta aineistosta tunnistetaan usein esiintyviä luokkia tai teemoja. Koodaamista ohjaa tutkimuskysymys ja tutkimuksen tavoite. (Juhila 2021; Tuomi & Sarajärvi 2018.)

5 Tulokset

5.1 Ajoitus, logistiikka ja varastointi

Urakoiden haastatteluissa selvisi, että tilattu suola olisi hyvä olla urakan varastossa pääsääntöisesti huhti-toukokuun vaihteessa, sääolosuhteet huomioiden. Suolan toimitusajankohtaan vaikuttavat haastateltujen mukaan kevään eteneminen, tien sulaminen ja maantieteellinen sijainti. Esimerkiksi Pohjois-Suomessa suolan olisi hyvä olla toimitettuna kesäkuun puoliväliin mennessä, kun taas Etelä-Suomessa suola olisi hyvä olla jo huhtikuun puolella välissä. Tästä on pääteltävissä, että mitä pohjoisemmaksi mennään, sitä myöhemmin suolan tarvitsee olla varastossa.

Haastatellut urakat kertovat säilyttävänsä raesuolaa niissä säkeissä, joissa ne toimitetaan. Urakan varastotilojen mukaan, niitä säilytetään joko sisätiloissa tai ulkona. Koska raesuola on niin väkevää, tulee se säilyttää hyvin kosteudelta suojattuna. Tämä toteutetaan ulkotiloissa laittamalla säkkien alle lavoja ja peittämällä säkit pressulla, jolloin kosteus ei pääse yhtä helposti imeytymään suolaan. Raesuolan varastointi vie huomattavasti enemmän tilaa, kuin liuossuolan. Siksi säkkejä on myös tilattu paikallisten aliurakoitsijoiden tiloille/varastoille. Laajoilla urakka-alueilla on myös tilattu suoraan raesuolaa aliurakoitsijoiden pihaan, jotta kustannuksia saadaan pienemmiksi.

Lähtökohtaisesti, mikäli urakassa varastoalueet on hajautettu urakka-alueelle, niin raesuola tilataan lähimpään varastoon suolattavasta soratiestä. Tällä pyritään säästämään kustannuksissa ja ajomatkoissa, eli optimoidaan suolausprosessia. Kaikissa urakoissa tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, jolloin suola tilataan tukikohdan omaan varastoon ja aliurakoitsijat tai Destian omat kuljettajat hakevat suolan sieltä. Haastatellut urakat kertovat pyrkivänsä käyttämään kaiken tilatun raesuolan talvisäilytyksen sijaan, koska talvisäilytyksessä olevat riskit raesuolan kovettumiselle ovat suuret.

5.2 Levitystekniikka, -laitteet, -haasteet ja kuljetus kohteisiin

Haastateltujen mukaan suolaukset on tehty joko perälautahiekoittimella tai suola-automaatilla. Suuri osa haastatelluista toi esiin yhtenä haasteena suola-automaatin pienen tilavuuden raetta levitettäessä. Automaatilla levitettäessä saadaan tarkempi määrä raetta levitettyä ja rakeen levittäminen onnistuu paremmin, kuin perälautahiekoittimella. Toisaalta perälautahiekoittimen oikealla säätämällä saatiin lähes yhtä hyvä tulos, kuin automaatilla. Erityisesti urakoissa, joissa oli pitkät välimatkat, suosittiin perälautahiekoitinta.

Erityisiä haasteita levittämisessä ei haastateltujen mukaan ole esiintynyt. Muutama haastateltava nosti esiin haasteita perälautahiekoittimen säätämässä, sekä raesuolan oikeaoppisessa varastoinnissa. Oikeaoppisella varastoinnilla tarkoitetaan sitä, että paakkuuntunut suola tulee huonosti perälautahiekoittimen ja automaatin lävitse, mikäli varastointia ei ole tehty oikein.

Lähtökohtaisesti haasteet ovat liittyneet raesuolan kuormaamiseen. Haastatteluissa esiin nousi suurimmaksi haasteeksi suolan kuormaaminen. Raesuolan kuormaaminen on raskasta ja vie paljon

aikaa, varsinkin, jos suolausta suorittaa vain yksi työntekijä. Raesuola kuormataan pyöräkuormajalla siten, että säkki viedään kuorma-auton lavan tai automaatin yläpuolelle. Sitten puukolla tai piikillä puhkaistaan säkkiin reikä, jolloin suola valuu lavalle tai automaattiin. Kun prosessi toistetaan useaan kertaan, suolan kuormaamiseen kuluu tunteja. Haastateltavat esittivät toiveen, että kuormausrakennusta voisi kehittää jollain tapaa, esimerkiksi yhtenä ehdotuksena oli jonkinlainen integroitu piikki kuorma-auton lavalle, jotta pyöräkuorman kuljettajan ei tarvitse poistua ajoneuvosta purkamisen aikana.

Toinen lähes jokaisessa haastattelussa ilmi tullut haaste oli raesuolan pölyäminen. Raesuola on haastattelujen perusteella todella hienoa tavaraa, jonka vuoksi se tulee nopeasti hiekoittimen läpi, sekä pölyää runsaasti. Pölyäminen on erityisesti haaste kuormausrakennuksessa, kun säkkiä avataan kuorma-auton lavalle tai automaattiin. Haastatellut kuvasivat, että purkamisessa käytetään hengityssuojaimia sekä asianmukaista vaatekäsittelyä ja muita tarvittavia suojaimia.

Haastateltujen mukaan uudella rakeella ei ole ollut vaikutusta levityslaitteiden valintaan. Muutama haastateltu urakka on ensimmäistä kertaa levittämässä raemuotoista pölynsidonta-ainetta, joten heillä ei ollut kokemusta muista laitteista.

5.3 Uuden suolan toimivuus pölynsidonnan onnistumisen kannalta

Koska urakka-alueet sijaitsevat maantieteellisesti erilaisilla sijainneilla, maaperä vaihtelee. Haastateltavat kertoivat parhaan tietämyksensä mukaan, millaista maaperää suolattavilla sorateilla on. Kuitenkin haastateltavien mukaan maaperällä ei suoranaisesti ole vaikutusta käytetyn suolan määrään tai pölynsidontaan. Pölynsidontaan vaikuttavat haastateltavien mukaan enemmän maaston muoto, esimerkiksi onko suolattava soratie peltoaukealla tai tiheän metsikön keskellä.

Muutamien urakoiden haastateltavat kertoivat haasteista rakennettujen teiden pölynsidonnessa, mikä johtuu soratien rakenteesta olevasta suodatinkankaasta tai kapilaarikatkosta. Toisaalta osa haastatelluista urakoista kuvasi pölynsidonnan onnistuneen paremmin rakennetuilla sorateilla. Yhteisenä tekijänä haastattelussa on, että oikea-aikainen kevätmuokkaus ja suolaus ovat todella tärkeitä kesän pölynsidonnan kannalta.

Suurin osa haastateltavista kertoi, että pölynsidonnassa on onnistuttu paremmin kuin aikaisemmin, varsinkin sellaisissa urakoissa, joissa sorateiden suolaamiseen on käytetty liuosta. Haastateltavat eivät olleet varmoja siitä, johtuuko pölynsidonnan onnistuminen uudesta väkevästä rakeisesta suolasta, kesästä vai sorateille viljellyn raesuolan määrästä. Kuitenkin osa haastatelluista urakoista ei huomannut mitään eroa edelliseen, varsinkin jos urakassa soratiet oli suolattu 77 % raesuolalla aikaisemmin. Tämä vaatisi pitkäaikaisempaa tarkkailua siitä, miten väkevämpi raesuola vaikuttaa pölynsidontaan. Tästä huolimatta kaikki haastatellut urakat olivat tyytyväisiä raesuolan tulokseen pölynsidonnan kannalta.

5.4 Lisäpölynsidonta, paikkaussuolaukset ja vaikutus työmääriin

Haastattelujen perusteella osassa urakoita on huomattu vähentynyttä tarvetta lisäpölynsidontaan sekä paikkaussuolauksiin, kun on käytetty väkevämpää raesuolaa. Haastatellut eivät tarkalleen osaa määrittää, johtuuko se väkevästä raesuolasta, kesästä vai viljellystä suolan määrästä. Osa haastatelluista urakoista ei ole huomannut eroa verrattuna aikaisempaan tai ero ei ole ollut merkityksellinen. Lähtökohtaisesti sellaisissa urakoissa, joissa sorateiden suolaaminen on tehty liuoksella, eroja on huomattu laajalti, mutta jos urakassa on aikaisemmin käytetty raetta erot eivät olleet suuria tai ne ei ole olleet huomattavia.

Vaikutukset työmääriin puolestaan ovat huomattavissa pääsääntöisesti jokaisessa haastatellussa urakassa muutamaa lukuun ottamatta. Urakoissa on huomattu merkittävää työmäärien vähene mistä joko lanauksissa, lisäpölynsidonnassa tai molemmissa. Vain parissa urakassa ei huomattu minkäänlaista muutosta työmääriin lanauksissa tai lisäpölynsidonnassa.

5.5 Käyttö yksityisteiden pölynsidonnassa

Haastattelujen perusteella yksityisteiden pölynsidonnassa käytetään pääosin liuosta, koska sitä on helpompi levittää ja se on kustannustehokkaampaa tiekunnille. Tästä huolimatta muutama haastateltu urakka käyttää raesuolaa yksityisteiden pölynsidontaan, mutta niissä suolamäärät ovat todella pieniä johtuen kustannussyistä. Tämän lisäksi soratien kunnossapito on vaihtelevaa eri yksityisteillä, mikä hankaloittaa raesuolausta, jos esimerkiksi kevätmuokkausta ei ole tehty ajallaan tai oikein. Haastatteluissa ilmeni, että tiekunnat tilaavat suolaa toisinaan liian myöhään, vasta silloin, kun pölynsidontaa akuutisti tarvittaisiin. Haastateltavat kuvasivat, että tiekuntien toiveena on

saada omien sorateiden suolaus mahdollisimman edulliseen hintaan. Haastateltavat kertovat ohjeistavansa tiekuntia oikean suolamäärän tilaamiseen. Haastateltavat kertovat käyttävänsä samaa kalustoa yksityisteiden ja ELY-teiden suolaamiseen. Haastatteluissa ilmeni, että Destian kalustolla on hankala levittää pieniä määriä suolaa.

5.6 Väkevän rakeisen kalsiumkloridin käytön haasteet

Haastatteluissa oli edustettuna kolme maanteiden hoitourakkaa, joissa ei käytetä väkevää rakeista suolaa pölynsitomiseen vaan pölynsidontaan käytetään liuosmuotoista kalsiumkloridia. Tässä kappaleessa käydään lävitse, miksi näissä urakoissa ei käytetä väkevää rakeista kalsiumkloridia.

Haastatteluissa selvisi, että vanhat tottumukset, liuoksen kustannustehokkuus, liuoksen levittämisen helppous sekä se, että urakan varastotilat/kuljetuslaitteet on suunniteltu liuoksen kuljetusta ja levitystä varten ovat keskeisimpiä syitä siihen, miksi liuosta käytetään rakeen sijaan. Kaikissa kolmessa urakassa pölynsidonta on käytännössä aina toteutettu liuksella.

Haastatellut urakat kertoivat liuoksen käyttöä puoltavan muutamat eri seikat. Urakoissa on runsaasti kalustoa liuoksen käyttöön. Kahdessa urakassa rakeen varastointi voi olla ongelma, mikä puoltaa liuoksen käyttöä. Lisäksi aliurakoitsijat pitävät liuoksen levittämisestä, koska siihen on totuttu ja se on työmenetelmänä kevyempi. Yhtenä etuna liuksessa on myös se, että sitä voidaan levittää myös kuivilla keleillä, kun taas raetta ei voida. Maantieteelliset sijainnit myös saattavat puoltaa liuoksen käyttöä.

Haastatellut urakat kertovat, että tuskin mitään estettä olisi väkevän raesuolan käyttöön urakassa. Yhdessä haastatellussa urakassa suurimpana haasteena on kaluston muuttaminen raetta varten. Kaikki haastatellut urakat myös mainitsevat, että työmenetelmää pitäisi saada helpommaksi ja kustannustehokkaammaksi. Tietoisuutta tulisi lisätä raesuolan kustannuksista ja saatavuudesta muissa maanteiden hoitourakoissa, jotka eivät käytä vielä väkevää rakeista suolaa. Näillä kolmella urakalla on yhteistä se, että liuos on kustannus näkökulmasta parempi vaihtoehto kuin raesuola.

5.7 Muut kehityskohteet

Muita kehityskohteita urakoiden haastatteluissa ei varsinaisesti ilmennyt, mutta muutamia huomioita koskien väkevää raesuolaa esitettiin. Ensimmäisenä suolaajien sekä kuormaajien oikeat suojaruusteet eli työturvallisuus näkökulma. Olisi hyvä aina varmistaa, että kaikilla on oikeat turvaruusteet väkevää raesuolaa käytettäessä, etenkin silloin kun suola pölyää paljon. Toisena asiana haastatteluissa nousi esiin väkevän suolan kamiintumis-ongelma. Erityisesti irtotavarana suola kamiintuu eli kovettuu haastateltavien mukaan nopeasti. Lisäksi eräässä haastattelussa mainittiin säkkien kierrätys kehitysideana.

6 Johtopäätökset

Tunnistin haastatteluista kolme keskeistä teemaa, jotka kuvasivat haastateltavien kokemuksia väkevän rakeisen kalsiumkloridin käyttöön liittyen. Teemat ovat: kokemukset onnistumisista, kokemukset haasteista ja puuttuvat kokemukset. Seuraavissa kappaleissa esittelen kuhunkin teemaan liittyvät keskeisimmät havainnot.

6.1 Kokemukset onnistumisista

Niissä urakoissa, joissa oli käytetty väkevää kalsiumkloridia, lähes kaikissa tunnistettiin joitakin positiivisia kokemuksia pölynsidonnassa. Erityisesti positiivisia kokemuksia kuvattiin niissä, joissa oli aiemmin käytetty pölynsidonnassa liuosta rakeisen kalsiumkloridin sijasta. Kuten kappaleissa 5.3 ja 5.4 kerrotaan, väkevemmän raesuolan avulla pölynsidonnassa on koettu onnistuneen paremmin ja lisäpölynsidonnalle on havaittu vähäisempää tarvetta verrattuna aiempaan pölynsidontatapaan. Tästä voidaan päätellä, että väkevä rakeinen kalsiumkloridi koetaan jossain määrin aiemmin käytössä olleita pölynsidonta-aineita toimivammaksi pölynsidonnassa. Aiheesta kuitenkin tarvitaan lisätutkimusta. On myös huomionarvoista, että osa urakoista ei huomannut merkittävää parannusta pölynsidonnassa otettuaan käyttöön väkevän rakeisen kalsiumkloridin. Tämä mahdollisesti johtuu siitä, että urakat olivat aikaisemmin käyttäneet raemuotoista suolaa (77 %) pölynsidonnassa, mikä tulee ilmi kappaleessa 5.3 muutaman urakan tapauksessa.

Lisäksi urakoissa havaittiin, että väkevän rakeisen kalsiumkloridin käyttö vaikutti työmääriin. Pääsääntöisesti kaikissa urakoissa on huomattu vähentynyttä tarvetta lanauksille sekä lisäpölynsidonalle. Myös tässä on poikkeuksena ne urakat, joissa on aikaisemmin käytetty pölynsidonnassa rakeista kalsiumkloridia.

6.2 Kokemukset haasteista

Urakoissa haasteet liittyivät lähinnä väkevän kalsiumkloridin varastointiin, kuormaamiseen, väkevän kalsiumkloridin pölyämiseen ja kuljetukseen. Pääsääntöisesti kaikissa haastatteluissa tuli ilmi haasteet väkevän rakeisen kalsiumkloridin kuormaamiseen. Toisaalta urakoissa, joissa pölynsidontaan on aikaisemmin käytetty rakeista kalsiumkloridia (77 %), prosessia on paranneltu pääsääntöisesti kuormaushenkilöstön lisäämisellä. Tämä johtunee siitä, että näissä urakoissa on aiempaa kokemusta rakeen kuormaamisesta. Kuten kappaleessa 5.2 kerrotaan, muutamat urakat levittivät kuluneella kesäkaudella ensimmäistä kertaa väkevää rakeista kalsiumkloridia. Tästä voidaan todeta, että urakoilla ei ole ollut tasapuolisesti tietoa väkevän rakeisen kalsiumkloridin kuormaamisesta. Näin ollen voidaan todeta, että kuormaustilannetta tullee jatkossa optimoimaan esimerkiksi ajankäytöllisesti.

Väkevän kalsiumkloridin pölyävyys erityisesti kuormauksen yhteydessä yhdisti haastateltuja urakoita. Moni urakka kertoi väkevän kalsiumkloridin pölyävän paljon levitettäessä ja kuormatessa. Destialla on olemassa turvallisuusohjeet työntekijöiden turvavaatetukselle sekä lisäsuojaimille työn luonteen mukaan. Destia vaatii heidän omia työntekijöitään, sekä aliurakoitsijoiden työntekijöitä noudattamaan turvallisuusohjeita suolaa levitettäessä ja kuormatessa. Toisaalta levittämisessä syntyvä pöly ei ole aivan niin akuutti ongelma, kuin kuormatessa, sillä väkevää kalsiumkloridia levitettäessä kuljettaja on yleensä levitysjoneuvon kopissa suojassa pölyltä. Väkevän kalsiumkloridin pölyltä suojautumiseen on siis jo käytänteitä, mutta keinoja taata työntekijöiden turvallisuus väkevää kalsiumkloridia käsiteltäessä olisi syytä tarkastella.

Urakoilla on vaihtelevia kokemuksia varastoinnista, mutta suurin osa urakoista kuitenkin kokee väkevän rakeisen kalsiumkloridin varastoimisen haasteena. Kalsiumkloridi aktivoituu eli alkaa sitomaan ilmasta kosteutta, kun ilman suhteellinen kosteus ylittää 30 % (Sorateiden kunnossapito 2014, 42–43). Kappaleessa 5.7 tulee ilmi, mikäli säkeissä, jossa väkevä kalsiumkloridi on toimitettu,

löytyy reikiä tai jos sitä säilytetään irtotavarana suola hallissa, suola kamiintuu eli kovettuu suhteellisen nopeasti. Tämä on erityisen ongelmallista väkevän kalsiumkloridin levittämisen kannalta, sillä kovettunut suola ei pääse levityslaitteiden lävitse. Toisaalta vaikka tämä on koettu haasteeksi, on urakoissa hyvin toimittu varastoinnin suhteen. Säkit on pyritty suojaamaan kosteudelta (ks. kappale 5.1). Kuten aikaisemmin on todettu, urakat, jotka ovat aikaisemmin käyttäneet raemuotoista kalsiumkloridia (77 %) ovat tässäkin asiassa edellä verrattuna urakoihin, joissa aikaisemmin on käytetty liuosmuotoista kalsiumkloridia. Keskeinen aineistosta tunnistettu kehityskohde liittyy varastointiin vuodenympäri, joka ei tällä hetkellä ole mahdollista osassa urakoista. Toisaalta on tärkeää pohtia, onko tämä tarpeellista tai kannattavaa, sillä maanteiden hoitourakat kilpailutetaan viiden vuoden välein.

Väkevän rakeisen kalsiumkloridin kuljettamisessa kokemukset riippuivat urakoiden pölynsidontakalustosta. Rakeinen suola levitetään joko kuorma-autoasenteisella levittimellä tai suolausautomaatilla (Sorateiden kunnossapito 2014, 42). Käytännössä jokaisessa haastattelussa urakassa, jossa pölynsidontaa suoritettiin suola-automaatilla, haasteeksi ilmeni automaatin pieni kapasiteetti väkevän kalsiumkloridin kuljettamiseen verrattuna perälautahiekoittimeen. Osa haastatelluista urakoista joutui tekemään suolauksen pelkällä automaatilla, mikä lisäsi ajokilometrejä sekä suolan lastaukseen kuluvaa aikaa. Olisikin tärkeää tarkastella tarkemmin, suolausreittejä ja kuinka niitä voitaisiin optimoida siten, että automaatilla saataisiin suolattua mahdollisimman monta kilometriä. Toisaalta hyvänä ratkaisuna voisi pitää pölynsidontakaluston monipuolistamista esimerkiksi hankkimalla urakkaan vaihtoehtoista pölynsidontakalustoa ja tämän lisäksi optimoida pölynsidontareittejä eri kalustolle sopiviksi. Esimerkiksi pitkille matkoille valittaisiin perälautahiekoitin ja lyhyemmille automaatti. Täytyy kuitenkin huomioida, että automaatti levittää tarkemman määrän kalsiumkloridia, kuin perälautahiekoitin. Haastattelujen perusteella on kuitenkin vaikea arvioida, millainen vaikutus pölynsidontakaluston monipuolistamisella olisi.

6.3 Puuttuvat kokemukset

Yksityisteiden pölynsidonnassa vain muutama haastateltu urakka käyttää väkevää rakeista kalsiumkloridia pölynsidontaan. Levitettyt määrät ovat kuitenkin pieniä, jonka takia kokemukset jäävät vähäisiksi. Pääosin haastatellut urakat ovat toteuttaneet yksityisteiden pölynsidontaa liuosmuotoisella kalsiumkloridilla. Haastateltujen mukaan tämä johtunee siitä, että yksityisteiden pölynsidonta on liuosmuotoisella kalsiumkloridilla tiekunnille yleensä halvempaa. Muutamit urakat mainitsevat

myös tiekuntien tienkunnossapidon ongelmakohdat liittyen sorateiden kunnossapitoon. Hyvin ajoitetuilla ja tehdyillä kunnossapitotoimenpiteillä voidaan vähentää pölyämistä sekä tarvetta lisäpölynsidonnalle (Sorateiden kunnossapito 2014, 17). Väkevän rakeisen kalsiumkloridin toiminnan varmistamiseksi, se tulisi levittää jo kevätkuokkauksen yhteydessä. Tätä ei välttämättä jokaisella yksityistiellä tehdä kunnolla tai lainkaan. Toisin sanoen tiekunnilla ei välttämättä ole tarpeeksi tietoa rakeisesta kalsiumkloridista ja sen käytöstä. Toisaalta tiekunnille liuoksen käyttöä puoltavat sen edullisuus verrattuna väkevään rakeiseen kalsiumkloridiin. Tähän voi myös vaikuttaa totutut toimintatavat sekä asenteet liuoksen käyttöä kohtaan urakoitsijan tai aliurakoitsijan toimesta. Tie- kunnille voisi lisätä tietoisuutta väkevän rakeisen kalsiumkloridin käytöstä pölynsidonnasta ja sen kustannusvaikutuksista. Tarkempaa tutkimusta voisi myös suorittaa tiekuntien sorateiden kunnossapidosta.

Kuten tutkimuksen tuloksissa tuli ilmi 11 maanteiden hoitourakasta kolme ei käyttänyt ollenkaan väkevää rakeista kalsiumkloridia pölynsidontaan. Näissä urakoissa olivat totutut toimintatavat, liuoksen kustannustehokkuus sekä levittämisen helppous päätekijöitä liuoksen valintaan. Näitä urakoita yhdisti myös liuoksen pitkäaikainen käyttö sekä paljon liuoksen kuljetukseen ja levittämiseen olevaa kalustoa. Yhdessä urakassa varastointi oli suunniteltu pääsääntöisesti vain liuoksen varastointia varten. Tästä huolimatta yhdessäkään urakassa ei koettu esteeksi kokeilla väkevää rakeista kalsiumkloridia pölynsidonnassa. Siksi urakoiden mahdollisuutta eri pölynsidontamenetelmien käyttöön tulisi lisätä.

7 Pohdinta

7.1 Tavoitteiden toteutuminen

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa selvitystyö väkevän rakeisen kalsiumkloridin käytöstä toimeksiantajayritys Destia Oy:n maanteiden hoitourakoissa. Tarkoituksena oli kerätä kokemuksia, haasteita ja onnistumisia kesäkauden pölynsidonnasta väkevällä rakeisella kalsiumkloridilla. Edellä olen kuvannut keskeisimmät onnistumiset ja haasteet, jotka haastatteluaineistosta tunnistettiin. Näiden pohjalta pystyttiin vastaamaan opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin. Tästä opinnäytetyöstä toimeksiantajayritys Destia Oy saa luotettavaa ja ajankohtaista tietoa maanteiden hoitourakoiden pölynsidonnasta käyttökokemuksista. Tässä opinnäytetyössä tunnistettujen haastei-

den ja onnistumisten perusteella Destia Oy voi jatkaa väkevän rakeisen kalsiumkloridin käytön kehittämistä. Näin ollen voidaan todeta, että opinnäytetyön tavoite toteutui suunnitellusti ja lopullinen tuotos vastaa toimeksiantajan tarpeita.

7.2 Tulosten ja tiedon luotettavuus

Opinnäytetyötä tehdessä luotettavien tiedonlähteiden valinta on tärkeää. Lähdekriittisyyttä tulee soveltaa tiedonlähteiden valintaan ja on merkityksellistä, mistä lähteistä tietoa valitsee ja mitä tietoa etsityistä lähteistä käyttää. Tutkimustieto, ammatillinen tieto, viranomaistieto sekä eri tilastot ja standardit ovat suositeltavia lähteitä. Luotettavuutta arvioidessa tulee kiinnittää huomiota erityisesti:

1. Kirjoittajaan
2. Ajankohtaisuuteen
3. Tarkoitukseen
4. Sponsorointiin
5. Evidenssiin

Yleistajuisia eli populaareja julkaisuja, jotka ovat suunnattu suuremmalle yleisölle ei voida pitää yhtä arvostettuna lähteenä, kuin alkuperäistä tutkimusta. (LAB informaatiolukutaidon perusteet 2025.) Näitä periaatteita sovellettiin tämän opinnäytetyön lähteiden valintaan.

Tässä opinnäytetyössä käytetyt lähteet ovat pääosin luotettavia. Opinnäytetyöhön valitut lähteet ovat sisällöllisesti neutraaleja sekä kaupallisesti riippumattomia. Opinnäytetyössä on käytetty lähteitä, jotka ovat suunnattuja alan ammattilaisille, kuten Väyläviraston julkaisuja ja ohjeita. Näitä lähteitä voidaan pitää luotettavina, sillä julkaisija taho eli Väylävirasto on Suomen valtion alainen virasto. Tämän lisäksi opinnäytetyöhön on sisällytetty tieteellisiä lähteitä, kuten Edvarssonin (2010) ja Oscarssonin (2007) tutkimuksia. Näistä luotettavampana ja tieteellisempänä voidaan pitää Edvarssonin (2010) väitöstutkimusta. Kuitenkin opinnäytetyössä on lähteitä, kuten palauteväylän artikkelit, joita ei ole suoraan kohdistettu alan ammattilaisille vaan laajemmalle yleisölle. Tämän takia artikkeleiden luotettavuutta voidaan pitää jokseenkin heikompana. Toisaalta palauteväylää kuitenkin ylläpitää Väylävirasto, minkä vuoksi myös nämä julkaisut ovat Väyläviraston julkaisujen ja ohjeiden mukaisia. Osa lähteistä on julkaistu yli kymmenen vuotta sitten, minkä vuoksi

lähteistä saatu tieto ei välttämättä ole ajantasaisinta. Tätä voidaan pitää lähteiden luotettavuutta rajoittavana tekijänä.

Haastatteluista kerättyä aineistoa voidaan pitää luotettavana, sillä haastateltavat olivat alan asiantuntijoita. Haastattelun runko oli jokaisessa haastattelussa samanlainen pois lukien ne haastattelut, joissa urakoitsijat eivät käyttäneet väkevää rakeista kalsiumkloridia pölynsidontaan (ks. liite 1 & 2). Eri haastatteluissa asiantuntijat kertoivat samansuuntaisia havaintoja väkevän rakeisen kalsiumkloridin käyttöön liittyen, minkä voidaan ajatella puoltavan haastatteluista saadun tiedon luotettavuutta.

7.3 Tulosten hyödynnettävyys

Tämän opinnäytteen tuloksia voidaan hyvin hyödyntää toimeksiantajayrityksen tarpeisiin. Tuloksissa esiin nousseet onnistumiset antavat suuntaa kunnossapidon työnjohdolle, miten pölynsidontaa tulisi toteuttaa tulevana pölynsidontakausina. Tuloksissa esiin tulleet haasteet ja kehityskohdetutkimukset aiheuttavat aihetta lisätutkimuksille.

Täytyy kuitenkin huomioida, että sorateiden pölynsidontaa toteutetaan joka vuosi ja se on riippuvaista sääolosuhteista. Yhden kesäkauden tulokset pölynsidontan onnistumisesta eivät edusta jokaista kesäkautta, vaan väkevän rakeisen kalsiumkloridin käyttö vaatii pidempijaksoista tutkimusta. Kuitenkin opinnäytteen tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina.

Muut tulokset, kuten kuljetuskaluston optimointi väkevän rakeisen kalsiumkloridin kuljetukseen ja levittämiseen sekä työturvallisuuden parantamiseen kuormauksessa ja levityksessä puolestaan ovat sellaisia kehittämisen kohteita, joihin voidaan jo lyhyellä aikavälillä vaikuttaa ilman välttämättömää tarvetta lisätutkimuksille. Tämän opinnäytteen tuloksia voidaan hyödyntää edellä mainittujen asioiden kehittämisessä.

7.4 Jatkotutkimuksen tarve

Haastatteluiden tulosten sekä tutkitun tiedon perusteella jatkotutkimukselle on tarvetta. Kuten edellisessä kappaleessa jo mainittiin, yhden kesäkauden pölynsidonnalla ei voida tehdä varmoja

johtopäätöksiä, vaan tulokset ovat suuntaa antavia. Tätä yhtä pölynsidonta kautta koskevan empiirisen tutkimuksen perusteella ei voida tehdä havaintoja väkevän rakeisen kalsiumkloridin ympäristövaikutuksista, vaan se tarvitsee toisenlaista tutkimusta ja lähestymistapaa.

Tulosten varjossa olisi hyvä kiinnittää lisähuomiota esille tulleisiin haasteisiin. Toimeksiantajan olisi tärkeää tehdä jatkoselvitystä siitä, miten voitaisiin väkevän rakeisen kalsiumkloridin eri työvaiheita tehostaa ja optimoida niin, että siitä saataisiin mahdollisimman kustannustehokas vaihtoehto ajankäytöllisesti, kuin myös taloudellisesti.

Näiden lisäksi jatkotutkimuksia on syytä tehdä pölynsidontan ympäristövaikutuksista ja etsiä vaihtoehtoisia menetelmiä kalsiumkloridille. Kalsiumkloridin on todettu vaikuttavan pohjavesien kloridi pitoisuuteen (Kaarela 2003). Kuten aikaisemmin jo mainitsin, tämän tyyppisellä tutkimuksella ja tällä aikavälillä on mahdotonta todeta, millaisia vaikutuksia väkevällä rakeisella kalsiumkloridilla on ympäristölle. Tässä opinnäytetyössä ei tutkittu väkevän rakeisen kalsiumkloridin ympäristövaikutuksia, mutta on mahdollista, että väkevällä rakeisella kalsiumkloridilla on vähintään samankaltaiset ympäristövaikutukset, kuin 77 % kalsiumkloridilla. Tämä kuitenkin vaatii jatkotutkimusta. Näiden lisäksi vaihtoehtoisten pölynsidontamateriaalien tutkiminen ympäristön kannalta on erityisen tärkeää.

7.5 Eettisyys

Hyvän tieteellisen käytännön peruseriaatteita ovat luotettavuus, arvostus rehellisyys ja vastuunjako. Se koostuu menettelytavoista, jotka huolehtivat, että tieteellisen käytännön toteutuminen tapahtuu koko tieteellisen toiminnan elinkaaren ajan. Hyvät tieteelliset menettelytavat ovat osa tiede- ja tutkimusyhteisöihin kuuluvien organisaatioiden laatujärjestelmää. Näiden laiminlyönti loukkaa hyvää tieteellistä käytäntöä ja voi johtaa HTK-prosessiin. (Hyvätieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa 2023, 11–12.)

Tämän opinnäytetyön toteutuksessa on käytetty hyvän tieteellisen käytännön peruseriaatteita. Opinnäytetyö on toteutettu avoimesti ja läpinäkyvästi, ilman tuloksia ohjaavaa vaikutusta toimeksiantajalta. Opinnäytetyössä ei käsitelty toimeksiantajayrityksen liikesalaisuuksia eikä luottamuk-

sellista materiaalia, vaan selvitystyö tehtiin yleisellä tasolla. Haastatteluaineisto esimerkiksi litteroinnit ja äänitteet on tallennettu opinnäytetyöprosessin aikana tietoturvallisesti sekä suojattu asianmukaisesti. Opinnäytetyöprosessin jälkeen nämä materiaalit hävitetään.

Tässä opinnäytetyössä keskeisin eettinen kysymys on haastateltujen tietosuojaa. Tämä ongelma ratkaistaan pseudonymisoinnilla, jossa niihin viitataan joko työnimikkeellä tai puhutaan urakoista. Urakoihin viitataan myös ilman paikkatietoa haastateltujen tietosuojan turvaamiseksi. Ennen haastatteluiden alkua haastateltaville kerrottiin, että toimeksiantajan edustajalle lähetetään yhteenveto haastatteluista. Kaikki haastateltavat toimivat toimeksiantajayrityksessä ja toimeksiantaja on myös osallistunut haastateltavien rekrytoimiseen.

Lähteet

Destia. N.d. Destia Oy:n verkkosivu. Viitattu 29.10.2025. <https://destia.fi/>

Edvarsson, K. 2010. Evaluation of Dust Suppressants for Gravel Roads: Methods Development and Efficiency Studies. Väitöskirja. Kungliga Tekniska högskolan, Tukholma. Viitattu 5.11.2025. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:309927/FULLTEXT01.pdf>

Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. 2023. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja 2/2023. Helsinki: Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Viitattu 8.11.2025. https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje_2023.pdf

Juhila, K. 2021. Koodaaminen. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 5.11.2025 <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>

Kaarela, O. 2003. Sorateiden pölynsidonta-aineiden ympäristövaikutuksia. Tiehallinnon selvityksiä 23/2003. Viitattu 5.11.2025. <https://www.doria.fi/handle/10024/139144>

LAB Informaatiolukutaidon perusteet. 2025. LUT Academic Library. Päivitetty 25.4.2025. Viitattu 25.11.2025. https://libguides.lut.fi/LAB_informaatiolukutaito/arviointi

Maanteiden hoidon kilpailutus. 2025. Artikkelit Väyläviraston verkkosivustolla. Päivitetty 23.10.2025. Viitattu 29.10.2025. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/hankinnat/tieurakat>

Mitä sorateille tehdään keväällä? 2025. Artikkelit palauteväylän verkkosivustolla. Päivitetty 24.9.2025. Viitattu 4.11.2025. https://www.palautevayla.fi/aspa/fi/mit%C3%A4-sorateille-tehd%C3%A4n-kev%C3%A4n-kev%C3%A4n-kev%C3%A4n?id=kb_article&sys_kb_id=adf810b32bc8b2101ac1f054ce91bf40

Mitä soratien pölyämiseksi tehdään? 2025. Artikkelit palauteväylän verkkosivustolla. Päivitetty 6.2.2025. Viitattu 4.11.2025. https://www.palautevayla.fi/aspa/fi/mit%C3%A4-sorateiden-p%C3%B6ly%C3%A4miselle-tehd%C3%A4n?id=kb_article&sys_kb_id=d5ba9fa52b2792107587fb76fe91bfaa

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2014. Kehittämistyön menetelmät: uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro.

Oscarsson, K. 2007. Dust suppressants for Nordic gravel roads. Lisensiaatintutkielma. Kungliga Tekniska högskolan, Tukholma. Viitattu 5.11.2025. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:11937/FULLTEXT01.pdf>

Pöyhönen, A. 1994. Magnesiumkloridi (MgCl₂) pölynsidonnessa. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 10/1994. Viitattu 4.11.2025. <https://www.doria.fi/handle/10024/171112>

Sorateiden kunnossapidon toimintalinjat. 2021. Väyläviraston julkaisu 72/2021. Viitattu 5.10.2025. <https://www.doria.fi/handle/10024/183033>

Sorateiden kunnossapito. 2014. Liikenneviraston ohjeita 1/2014. Viitattu 5.10.2025. <https://www.doria.fi/handle/10024/121558>

Sorateiden kunnossapito. 2025. Artikkelit Väyläviraston verkkosivustolla. Päivitetty 20.3.2025. Viitattu 14.9.2025. <https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/soratiet>

Sorateiden pintakunnon määrittäminen. 2022. Väyläviraston ohjeita 39/2022. Viitattu 5.11.2025. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-39_soratien_pintakunto.pdf

Sorateita kunnossapidetään jatkossa entistä kokonaisvaltaisemmin. 2023. Artikkelit Väyläviraston verkkosivustolla. Julkaistu 20.6.2023. Viitattu 14.9.2025. <https://vayla.fi/-/sorateita-kunnossapidaan-jatkossa-entista-kokonaisvaltaisemmin>

Soratiet. N.d. Artikkelit ELY-keskuksen verkkosivulla. Viitattu 29.10.2025. <https://www.ely-keskus.fi/soratiet>

Tanskanen, J. 2023. Suomessa on yhä enemmän sorateita, joita juuri kukaan ei käytä – ne saattavat lopulta jäädä mökkiläisten vastuulle. YLE 16.8.2023. Viitattu 14.9.2025. <https://yle.fi/a/74-20043619>

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi.

Vuori, J. 2021. Laadullinen sisällönanalyysi. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 5.11.2025. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>

Liitteet

Liite 1. Haastattelupohja, kun käytössä väkevä rakeinen kalsiumkloridi

Sorateiden pölynsidonta rakeisella kalsiumkloridilla – Haastattelu

Urakka:

Haastateltavat:

Ajoitus, logistiikka, varastointi:

1. Milloin lähtökohtaisesti suola pitäisi olla varastossa?
2. Vaikuttaako raemainen suola varastointiin? Miten?
3. Tarvitseeko varastoja sijoitella eri tavalla vrt. liuosmuotoiseen suolaan?

Levitystekniikka, haasteet, laitteet ja kuljetus kohteisiin:

1. Millaisella levitystekniikalla soratiet suolataan?
2. Esiintyykö levittämisessä jotain haasteita?
3. Aikaisempi rae on hieman erimuotoinen kuin uudessa. Onko tämä vaikuttanut levityslaitteiden valintaan tai suolan kuljetukseen?

Toteutuneet käyttömäärät:

1. Kuinka paljon suolaa on käytetty urakassa (t/km)

Uuden suolan toimivuus pölynsidonnassa onnistumisen kannalta

1. Millaista maaperää suolattavilla sorateilla on?
2. Onko maaperällä ollut vaikutusta pölynsidonnassa onnistumiseen?
3. Onko maaperällä ollut vaikutusta käytetyn suolan määrään?
4. Onko väkevämmällä suolalla onnistuttu pölynsidonnassa paremmin, kuin aikaisemmin?

Lisäpölynsidonta, pienet paikkaussuolaukset, vaikutus työmääriin

1. Onko uudella suolalla ollut vaikutusta lisäpölynsidontaan? (Määriin, kertoihin)
2. Onko uudella suolalla ollut vaikutusta pieniin paikkaussuolauksiin?
3. Millainen vaikutus työmääriin?

Varastoitavuus

1. Miten ylijäämä suola varastoidaan? Millaisen varastotilan se tarvitsee talven ajaksi.

Väkevyyden huomiointi

1. Tehtävä- ja määräluettelossa rakeisen kalsiumkloridin väkevyyden lähtökohta on 77 %. Miten uuden väkevemmän kalsiumkloridin oikea käyttömäärä on huomioitu?
2. Entä miten raportointi on suoritettu asiakkaalle?

Liuosmuotoisen kalsiumkloridin tarve

1. Onko jatkossa tarvetta liuosmuotoiselle kalsiumkloridille? Jos on niin miten tai mihin?

Käyttö yksityisteiden pölynsidonnassa kannalta

1. Miten väkevämpää rakeista kalsiumkloridia käytetään yksityisteiden pölynsidontaan?
2. Vaikuttavatko levitysmenetelmät yksityisteiden pölynsidontaan
3. Mitä huomioitavaa on yksityisteiden pölynsidonnassa uudella kalsiumkloridilla?

Arvio seuraavan kauden tarpeista

- 1.

Muuta huomioitavaa

Yhteystiedot

Liite 2. Haastattelupohja, kun ei käytetä väkevää rakeista kalsiumkloridia

Sorateiden pölynsidonta rakeisella kalsiumkloridilla – Haastattelu

Urakka:

Haastateltavat:

Rakeisen kalsiumkloridin käyttö

1. Miksi rakeista kalsiumkloridia ei käytetä urakassa?
2. Mitkä asiat puoltavat liuosmuotoisen suolan käyttöä verrattuna rakeiseen?
3. Voitaisiinko urakassa käyttää rakeista kalsiumkloridia jatkossa? Mitä se vaatisi?

Muuta huomioitavaa

Yhteystiedot