



Väylävirasto  
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu  
44/2020

# VÄYLÄRAKENTEIDEN VALTA- KUNNALLINEN KIVIAINES- JA GEOSYNTTEETTITUTKIMUS

Vuoden 2019 tutkimukset





Antti Kalliainen, Pirjo Kuula, Minna Leppänen

# **Väylärakenteiden valtakunnallinen kiviaines- ja geosynteettitutkimus**

Vuoden 2019 tutkimukset

Väyläviraston julkaisuja 44/2020

Väylävirasto  
Helsinki 2020

*Kannen kuva: Antti Kalliainen, Minna Leppänen*

Verkojulkaisu pdf ([www.vayla.fi](http://www.vayla.fi))

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-799-4

Väylävirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puh. 0295 34 3000

**Antti Kalliainen, Pirjo Kuula ja Minna Leppänen: Väylärakenteiden valtakunnallinen kiviaines- ja geosynteettitutkimus – vuoden 2019 tutkimukset.** Väylävirasto. Helsinki 2020. Väyläviraston tutkimuksia 44/2020. 50 sivua. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-799-4.

**Avainsanat:** laadunvalvonta, kiviaines, asfaltti, sorastusmurske raidesepeli, geosynteetti

## Tiivistelmä

Tutkimus on jatkoa vuonna 2014 käynnistyneelle väylärakenteiden valtakunnalliselle selvitykselle, jossa tarkastellaan tie- ja ratarakenteissa käytettävien kiviainesten ja geosynteettisten materiaalien ominaisuuksia ja laatudokumentteja. Vuonna 2019 tutkimuksen painopistettä siirrettiin enenevässä määrin laatudokumenttien tarkastamiseen tierakenteita koskevan tutkimuksen osalta. Ratamateriaalien osalta jatkettiin pistokoemaista näytteenottoa aiempien vuosien tapaan.

Tierakennemateriaalien osalta haluttiin tarkastella materiaalien laatudokumenttaatiota ja laatuaineiston kertymistä hankkeen aikana, koska aiempina vuosina havaittiin säännöllisesti poikkeamia käytettävien materiaalien laatudokumenteissa. Suurimmat laatudokumenttien tarkastuksen yhteydessä havaitut poikkeamat liittyivät hankkeilla käytettyjen kiviainesten laatudokumentteihin. Valtaosa poikkeamista oli merkintäteknisiä eikä vaikuttanut kiviainesten kelpoisuuteen. Joukossa oli myös muutamia käyttötarkoitukseen nähden puutteellisia dokumentteja. Tarkastuksiin suhtauduttiin hankkeilla positiivisesti ja ne koettiin myös tarpeellisiksi, koska useimmissa tapauksissa toimitettujen dokumenttien oikeellisuuteen oli luotettu sellaisenaan.

Tierakennemateriaaleista otettiin näytteitä vuonna 2019 päällystekiviaineeksista ja soratien kulutuskerrosmurskeista. Lisäksi päällystekiviaineeksiin liittyviä tarkastuksia laajennettiin koskemaan myös asfalttimassan valmistusprosessia. Asfaltti-asemien tarkastusten yhteydessä ei havaittu poikkeamia tarkastettujen asfalttimassojen laadussa. Tarkastetuista päällystekiviaineeksista havaittiin yksi litteyslukupoikkeama.

Soratien kulutuskerrosmurskeiden tutkimuksessa sorastuksen lopputulokset vastasivat aiempien vuosien tutkimushavaintoja. Hieman yli puolet tarkastetuista kohteista täytti rakeisuusvaatimuksen. Sorastusmurskeiden osalta havaittiin laatudokumentteihin liittyvä positiivinen muutos. Kaikilla vuonna 2019 valmistetuilla ja tutkimukseen valikoituneilla materiaaleilla oli CE-merkintä ja suoritustasoilmoitus.

Geosynteeteistä tarkastettiin tienrakennuksessa käytettyjen tuotteiden laatudokumentteja. Merkittävimmät havainnot liittyivät puutteellisesti tehtyihin tai dokumentoituihin vastaanottotarkastuksiin sekä poikkeamiin tuotteiden laatudokumenteissa. Usein tuotteesta toimitettu suoritustasoilmoitus ei liittynyt siihen tuoterään, mihin työmaalle toimitettu tuote oli merkitty kuuluvaksi.

Vuonna 2019 tutkituissa raidesepeleissä havaittiin edelleen suuri määrä > 100 mm pitkiä rakeita. Keskimääräinen pitkien rakeiden osuus näyttää kuitenkin pudonneen verrattuna vuosiin 2017 ja 2018, mutta osuus oli edelleen noin 15...20 %. Lisäksi kahdesta tutkitusta sepelistä havaittiin poikkeamia materiaalin lujuusominaisuuksissa. Radan alusrakennemateriaalien osalta merkittävin havainto liittyi luonnonlajittamiin materiaaleihin. Vuonna 2019 tutkittiin kahta luonnonsoraa, joista molemmissa oli ylisuuria, halkaisijaltaan > 150 mm rakeita.

**Antti Kalliainen, Pirjo Kuula och Minna Leppänen: Riksomfattande studie av stenmaterial och geosyntet i trafikledskonstruktioner – studier år 2019.** Trafikledsverket. Helsingfors 2020. Trafikledsverkets undersökningar 44/2020. 50 sidor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-799-4.

## Sammanfattning

Studien är en fortsättning på den riksomfattande studien av trafikledskonstruktioner, som startade år 2014 och gäller egenskaper hos stenmaterial och geosyntetiska material som används i väg- och bankonstruktioner samt kvalitetsdokumenten för dessa. Under 2019 flyttades fokus i studien allt mer mot granskning av kvalitetsdokument i fråga om forskning om vägkonstruktioner. I fråga om banmaterial fortsatte provtagningen som stickprov, i likhet med tidigare år.

När det gäller vägkonstruktionsmaterial var syftet att granska materialens kvalitetsdokumentation och insamlingen av kvalitetsmaterial under projektets gång, eftersom det under tidigare år regelbundet observerades avvikelser i kvalitetsdokumenten för de material som användes. De största avvikelserna som observerades vid granskningen av kvalitetsdokument gällde kvalitetsdokumenten för stenmaterial som användes i projekten. Större delen av avvikelserna var märkningstekniska och påverkade inte stenmaterialets duglighet. Det fanns också vissa dokument som var bristfälliga i fråga om användningsändamålet. Projekten förhöll sig positiva till granskningarna och de upplevdes också vara nödvändiga, eftersom man i de flesta fallen hade litat på att dokumenten var korrekta som sådana.

När det gäller vägkonstruktionsmaterial togs år 2019 prover på beläggingsstenmaterial och slitlagergrus i grusvägar. Dessutom utökades granskningar gällande beläggingsstenmaterial till att omfatta även tillverkningsprocessen för asfaltmassa. I samband med granskningen av asfaltstationer observerades inga kvalitetsavvikelser i de undersökta asfaltmassorna. En avvikelse gällande flisighetstal observerades i de undersökta beläggingsstenmaterialen.

Vid undersökning av slitlagergrus på grusvägar motsvarade grusningens slutresultat tidigare års observationer. Drygt hälften av de granskade objekten uppfyllde kravet på kornighet. I fråga om grusningskross observerades en positiv förändring i fråga om kvalitetsdokument. Alla material som tillverkades och valdes ut till studien under 2019 hade CE-märkning och prestandadeklaration.

Bland geosyntet granskades kvalitetsdokumenten för produkter som används vid vägbyggen. De viktigaste observationerna gällde bristfälligt gjorda eller dokumenterade mottagningsinspektioner samt avvikelser i produkternas kvalitetsdokument. Ofta gällde prestandadeklarationen som lämnats in för produkten inte det produktparti som angetts för produkten som levererats till arbetsplatsen.

I spårmakadam som undersöktes under 2019 observerades fortfarande en stor mängd > 100 mm långa korn. Den genomsnittliga andelen långa korn verkar dock ha minskat jämfört med 2017 och 2018, men andelen var fortfarande cirka 15... 20 %. I två undersökta makadam observerades dessutom avvikelser i materialets hållfasthetsegenskaper. I fråga om banans underkonstruktionsmaterial gällde den viktigaste observationen naturligt sorterat material. Under 2019 undersöktes två naturgrus, vilka båda innehöll alltför stora korn, med en diameter på > 150 mm.

**Antti Kalliainen, Pirjo Kuula and Minna Leppänen: Nationwide study on quality properties of aggregate and geosynthetic materials used in road and railway structures – Studies in 2019.** Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2020. Research reports of the FTIA 44/2020. 50 pages. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-799-4.

## Abstract

The study is a follow-up of the nationwide study started in 2014 on the properties of aggregates and geosynthetic materials used in road and railway structures, and on related quality documentation. In 2019, the focus of the study on road structures increasingly shifted to the inspection of quality documentation. For track materials, spot sampling continued as in previous years.

As regards road structure materials, the aim was to examine the quality documentation of materials and the accumulation of quality data during the project, since deviations in the quality documentation concerning the materials used had been observed regularly in previous years. The main deviations observed during the inspection of quality documentation were related to the quality documents concerning the aggregates used in the projects. The majority of deviations concerned technicalities in the notes and did not affect the suitability of the aggregates. There were also a few defective documents. In general, the project staff reacted positively to the inspections and considered them necessary because in most cases the correctness of the submitted quality documents had not been questioned.

In 2019, the road structure materials were sampled both from paving stone aggregates and the crushed aggregates used in the gravel road wearing courses. Inspections related to paving stone aggregates were extended to include the process of asphalt mix manufacturing. In the inspections of asphalt mixing plants, no deviations were observed in the quality of the inspected asphalt mixes. One deviation was observed in the flakiness index of the inspected paving stone aggregates.

The results of gravelling in inspected gravel road wearing course aggregates were in line with the findings of previous years. Just over half of the inspected sites met the grading standard. With regard to gravelling aggregates, a positive development in quality documentation was observed. All materials manufactured in 2019 and included in this study carried a CE marking and declaration of performance.

For geosynthetic materials, quality documentation for products used in road construction were inspected. The most significant findings were related to the inadequately drawn up or documented delivery checks and deviations from product quality documentation. Often, the declaration of performance submitted for a product was not related to the batch of products to which, according to the documentation, the product delivered to the site belonged to.

In 2019, a large number of fragments longer than 100 mm were observed the inspected track ballast. While the average share of long fragments seemed to have decreased compared to 2017 and 2018, the percentage remained around 15... 20%. In addition, deviations from the strength properties were detected in the two ballast types studied. For track substructure materials, the most significant observation was related to natural graded materials. In 2019, two natural gravels were inspected, and each had oversized fragments with diameters larger than 150 mm.

## Esipuhe

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää väylärakenteissa käytettäville kiviaineksille ja maanteiden pohjavedensuojusrakenteiden materiaaleille asetettujen laatuvaatimusten täyttymistä erityyppisillä hankkeilla pistokoemaisesti tehdyn näytteenoton avulla.

Saatuja tutkimustuloksia on käytetty mm. nykyisten laatuvaatimusten kehittämiseen. Lisäksi tutkimuksessa on pyritty kehittämään käytäntöjä, joilla väylähankkeessa käytettävien materiaalien laadunosoitusprosessia saataisiin kehitettyä. Tutkimuksen on toteuttanut Ramboll Finland Oy yhteistyössä Tampereen yliopiston kanssa. Raportin ovat laatineet DI Antti Kalliainen (Ramboll), DI Pirjo Kuula (Tampereen yliopisto) ja DI Minna Leppänen (Tampereen yliopisto). Tutkimuksen ohjausryhmään ovat lisäksi kuuluneet:

Laura Valokoski (pj.)	Väylävirasto
Kari Lehtonen	Väylävirasto
Heikki Lappalainen	Väylävirasto
Juhan Tyrväinen	Väylävirasto
Katri Eskola	Väylävirasto
Veli-Matti Uotinen	Väylävirasto
Ossi Saarinen	Väylävirasto
Pentti Häkkinen	Ramboll Finland Oy

Helsingissä syyskuussa 2020

Väylävirasto  
Tekniikka ja ympäristö



## Sisältö

1	JOHDANTO .....	8
2	ASFALTTIASEMIEN TARKASTUKSET .....	10
2.1	Asfalttiasemien tarkastusprosessi .....	10
2.2	Päällystekiviainekset .....	11
2.3	Asfalttimassanäytteet.....	11
2.4	Massan valmistuksen seuranta .....	12
2.5	Asfalttiasemien toiminnan kehittäminen .....	13
2.6	Päällystekiviainesten laadun kehitys tutkimuksen aikana .....	14
3	SORATIEN KULUTUSKERROSMURSKOIDEN TUTKIMUKSET .....	15
3.1	Vaativasta vastaava sorastusmurske .....	15
3.2	Sorastusmurskeessa alhainen hienoainespitoisuus.....	17
3.3	Pintakelirikkoherkät kohteet .....	19
3.4	Runkokelirikon korjauskohde .....	22
3.5	Kulutuserrosmurskeiden tutkimuksen v.2014-2019 yhteenveto.....	23
4	INVESTOINTIHANKKEIDEN LAATUDOKUMENTTIEN TARKASTUKSET.....	25
4.1	Tarkastuksen kulku.....	25
4.2	Havainnot kiviainesten laatudokumenteista .....	25
4.2.1	Suodatinkerrokset.....	25
4.2.2	Jakavat kerrokset .....	26
4.2.3	Kantavat kerrokset .....	28
4.2.4	Sidotut päällysteet .....	28
4.2.5	Sitomattomat kulutuserrokset.....	28
4.3	Kerrosrakenteiden laadunosoitukset – Valmiin rakenteen laadun osoittaminen.....	29
4.4	Yhteenveto investointihankkeiden laatudokumenttien tarkastuksesta .	29
5	GEOSYNTTEETTIEN LAATUDOKUMENTTIEN TARKASTUKSET .....	31
5.1	Tarkastuksen kulku.....	31
5.2	Tarkastuksen yhteenveto.....	31
5.3	Havaintoja laminoituneen bentoniittimaton asentamisesta .....	33
6	RAIDESEPELIN TUTKIMUKSET VUOSINA 2017-2019 .....	37
7	RADAN ALUSRAKENNEKERROSTEN MATERIAALIEN TUTKIMUKSET VUOSINA 2015-2019 .....	40
7.1	Eristys- ja välikerroksessa käytettävät kalliomurskeet .....	40
7.2	Eristys- ja välikerroksessa käytettävät luonnon lajitamat materiaalit .	42
8	YHTEENVETO JA TOIMENPIDESUOSITUKSET .....	46
8.1	Päällystekiviainekset ja asfalttiasemien tuotantoprosessi .....	46
8.2	Soratien kulutuserrokset.....	47
8.3	Investointihankkeiden laatudokumentit .....	47
8.4	Geosynteettien laatudokumenttien tarkastukset.....	48
8.5	Raidesepelikiviainekset.....	49
8.6	Radan alusrakennemateriaalit .....	49

# 1 Johdanto

Tämä tutkimus on jatkoa vuonna 2014 alkaneelle väylärakenteiden valtakunnalliselle kiviainestutkimukselle. Vuosien 2015 ja 2016 aikana tutkimus on laajentunut koskemaan myös infrarakenteissa käytettäviä geosynteettejä. Tässä raportissa on esitetty vuoden 2019 tutkimustuloksia. Aiempien vuosien tutkimustulokset on raportoitu neljässä raportissa:

- [Väylärakenteiden valtakunnallinen kiviainestutkimus](#), LTS 18/2016
- [Väylärakenteiden valtakunnallinen kiviaines ja geosynteettitutkimus: Vuoden 2016 tutkimukset](#), LTS 22/2017
- [Väylärakenteiden valtakunnallinen kiviaines- ja geosynteettitutkimus: Vuoden 2017 tutkimukset](#), LTS 40/2018
- [Väylärakenteiden valtakunnallinen kiviaines- ja geosynteettitutkimus: Vuoden 2018 tutkimukset](#), VT 13/2019

Aiemmissä tutkimusraporteissa on esitelty erilaisten materiaalien näytteenotto- ja tutkimusmenetelmiä sekä yksittäisiä koetuloksia melko yksityiskohtaisesti. Näytteenotto- ja tutkimusmenetelmien kuvauksia ei esitetä tässä raportissa, jos asia on esitelty aiemmissä tutkimusraporteissa. Aiempien tutkimusvuosien painopiste on myös ollut enemmän pistokoemaisessa näytteenotossa. Vuonna 2019 painotusta siirrettiin enenevässä määrin laatudokumenttien tarkastamisen ja dokumentaation kertymisen suuntaan. Jotta tutkimuksen avulla pystyttäisiin havainnollistamaan vaadittavia toimenpiteitä helpommin lähestyttävästi, päätettiin tässä vuoden 2019 tutkimusraportissa keskittyä tehtyjen huomioiden ja yhteenvedojen esiin nostamiseen. Yksittäiset koetulokset on edelleen raportoitu asianomaisille hankkeille tarkasti. Tähän raporttiin on myös yhdistelty aiempien vuosien raporttien havaintoja ja pyritty kuvaamaan materiaalien laadun ja laadunhallintadokumentaation kehittymistä tutkimuksessa kerättyjen tietojen avulla.

Tierakennemateriaalien osalta päällystekiviainesten tutkimusta laajennettiin koskemaan myös asfalttiaseman toimintaa, koska haluttiin saada tietoa erityisesti asfalttiaseman valmistusprosessin tasalaatuisuudesta. Asfalttiasemien tarkastusprosessi ja keskeiset havainnot on esitelty luvussa 2.

Sorateiden kulutuskerrosmateriaalien tutkimusta jatkettiin samoilla periaatteilla kuin vuosina 2017 ja 2018. Sorastustoimenpiteiden lopputulosta tarkasteltiin ottamalla näytteitä tien pinnasta sorastuksen jälkeen. Vuonna 2019 tutkimuksessa oli mukana neljä teiden hoidon alueurakkaa. Tuloksia ja keskeisiä havaintoja on käsitelty luvussa 3.

Tierakennemateriaalien osalta haluttiin tarkastella materiaalien laatudokumenttaatiota ja laatuaineiston kertymistä hankkeen aikana, koska aiempina vuosina havaittiin säännöllisesti poikkeamia laatudokumenteissa. Ainakin osa tutkimuksessa havaituista poikkeamista materiaalien ominaisuuksissa olisi voitu havaita ajoissa, jos materiaalien laatudokumentit olisivat olleet käytössä riittävän aikaisessa vaiheessa. Laatudokumentaation oikea-aikaisuuden ja tallentamisen selvittämiseksi tarkasteltiin tien rakennekerrosten materiaalien laatudokumenttien ja laadunosoitusmittausten kertymistä laatuaineistoon valikoiduilla Väyläviraston investointihankkeilla. Tarkastelun tulokset on esitetty luvussa 4.

---

Geosynteettien osalta selvitettiin hankkeilla käytettävien materiaalien laatudokumentaatiota. Geosynteettisten materiaalien laatudokumentit tarkastettiin tutkimuksessa mukana olleilta Väyläviraston investointihankkeilta ja tuotteiden laatudokumenteissa ilmoitettuja tietoja verrattiin hankkeiden ilmoittamiin tuotteilta vaadittaviin ominaisuuksiin. Keskeiset havainnot geosynteettien laatudokumenttien tarkastuksesta on esitetty luvussa 5.

Ratamateriaalien osalta jatkettiin pistokoemaista näytteenottoa aiempien vuosien tapaan. Tutkimukseen kuului viisi raideseppelikohdetta ja kolme alusrakennekohdetta. Tutkimushavainnot on koottu raideseppeliä osalta lukuun 6 ja radan alusrakennekerros materiaalien osalta lukuun 7.

## 2 Asfalttiasemien tarkastukset

Asfalttiasemien toiminnan tarkastuksia tehtiin yhteensä viidellä asemapaikalla. Tarkastukset liittyivät ELY-keskusten tienpäällystysurakoihin. Jokaiselta vuodelta 2019 tienpäällystysurakoita toteuttaneelta toimijalta tarkastettiin yksi asemapaikka. Jokaiseen tarkastukseen osallistui tarkastuksen tekijän tai tekijöiden lisäksi vähintään yksi urakoitsijan edustaja sekä yksi tilaajan edustaja.

### 2.1 Asfalttiasemien tarkastusprosessi

Asfalttiasemalla tehty tarkastusprosessi koostui seuraavista vaiheista:

1. Asfalttiaseman aluesuunnitelman tarkastus
  - Käytiin läpi aluesuunnitelma ja siihen merkityt asiat.
  - Käytiin läpi turvallisuusohjeet alueella liikkumiseen.
  - Tarkastettiin, että asfalttimassan komponenttien sijainnit on merkitty suunnitelmaan ja eri komponenttien täydennyskuljetusten reitit oli merkitty aluesuunnitelmaan.
  - Käytiin läpi alkusammutuskalustojen- ja ensiapupisteiden sijainnit.
2. Asfalttimassan suunnittelu
  - Katsottiin, onko kyseessä toiminnallisesti vai kokemusperäisesti suunniteltu massa.
  - Tarkastettiin, että kaikkia reseptissä kerrottuja komponentteja oli merkittynä aluesuunnitelmaan ja että komponentit olivat fyysisesti suunnitelman osoittamissa paikoissa.
3. Päällystekiviainesnäytteet
  - Päällystekiviainesnäytteitä otettiin aseman toiminnan tarkastuksen yhteydessä samaan tapaan kuin aiempinakin vuosina. Kiviaineksesta tutkittiin litteysluku kolmesta ja nastarengaskulutuskestävyys kahdesta rinnakkaisnäytteestä.
4. Asfalttimassan tuotannon seuranta ja asfalttimassanäytteet
  - Asfalttimassan tuotantoa seurattiin noin 1-2 tunnin ajanjakso riippuen aseman tuotantomäärästä tarkastuksen aikana. Tuotannosta seurattiin eri komponenttien menekkiä ja asfalttimassan valmistuslämpötilaa.
  - Seurattiin asfalttimassanäytteiden ottamista aseman oman laadunvalvonnan yhteydessä. Samalla tuotannon laadunvalvontanäytteet ottanut henkilö otti rinnakkaisia asfalttimassanäytteitä tutkimuksen käyttöön. Tällä tavoin saatiin myös rinnakkaisen laboratorion tutkimustuloksia aseman käyttämän laboratorion tulosten tueksi. Tutkimusta varten otettiin kolme rinnakkaisnäytettä, joita tutkittiin rakeisuus ja sideainepitoisuus. Samalla kirjattiin ylös asemalla tehtävän laadunvalvonnan tutkimuspaikka.
5. Keskustelu toimijan edustajien kanssa
  - Keskusteltiin urakoitsijan edustajan kanssa tarkastusten sisällöstä ja annettiin urakoitsijalle mahdollisuus antaa palautetta tilaajan tarkastustoiminnasta.
  - Tiedusteltiin tilaajaa kiinnostaneita seikkoja asfalttimassan valmistusprosessista, esim. massan valmistuksen ja massakuormien seurannan digitaalinen raportointi.

## 2.2 Päällystekiviainekset

Taulukossa 1 on esitetty kootusti tehtyjen litteyslukutestien tulokset ja taulukossa 2 vastaavat nastarengaskulutuskestävyydestien tulokset. Yhden testatun kiviaineksen litteysluku poikkesi kiviaineksen suoritustasoilmoituksessa ilmoitetusta ja kohteesta vaaditusta luokasta. Kaikkien kiviainesten nastarengaskulutuskestävyydestien tulokset vastasivat vaatimuksia ja suoritustasoilmoituksissa ilmoitettuja luokkia. Kaikista kiviaineksista oli myös käytössä vähintään kolme tuotannonaikaista nastarengaskulutuskestävyydestin tulosta. Joidenkin kiviainesten suoritustasoilmoituksissa oli pieniä puutteita tai virheellisiä merkintöjä.

Taulukko 1. Päällystekiviainesten litteyslukutestien yhteenveto. Oranssilla värillä merkitty havaittu poikkeama.

Kiviaines	Lajite	Testitulokset			Luokka	Vaatus	Suoritustaso-ilmoitus
ASA	0/16 mm	20	20	21	FI20	FI20	FI20
ASB	0/22 mm	19	21	19	FI20	FI35	FI25
ASC	0/16 mm	13	12	11	FI15	FI15	FI15
ASD	0/16 mm	8	9	10	FI10	FI20	FI10
ASE	0/16 mm	25	24	26	FI25	FI20	FI15

Taulukko 2. Päällystekiviainesten nastarengaskulustestien yhteenveto.

Kiviaines	Tulos 1	Yksittäiset	Tulos 2	Yksittäiset	Luokka	Vaatus	Suoritustaso-ilmoitus
ASA	12,6	13,1 12,1	12,7	12,6 12,8	A <sub>N</sub> 14	A <sub>N</sub> 14	A <sub>N</sub> 14
ASB	11,8	11,8 11,7	11,9	11,9 11,8	A <sub>N</sub> 14	A <sub>N</sub> 19	A <sub>N</sub> 14
ASC	5,9	5,7 6,1	6,0	5,8 6,2	A <sub>N</sub> 7	A <sub>N</sub> 10	A <sub>N</sub> 7
ASD	12,5	12,9 12,1	12,2	12,3 12,1	A <sub>N</sub> 14	A <sub>N</sub> 14	A <sub>N</sub> 14
ASE	13,8	13,8 13,7	13,4	13,6 13,1	A <sub>N</sub> 14	A <sub>N</sub> 14	A <sub>N</sub> 14

## 2.3 Asfalttimassanäytteet

Asemien tarkastusten yhteydessä otettiin asfalttimassan laadunvalvontanäytteitä. Jokaiselta asemapaikalta otettiin kolme rinnakkaisnäytettä yhdestä kuorasta. Näytteet otti aseman henkilöstö tai asemalla työskennellyt laborantti. Näytteet otettiin samanaikaisesti aseman oman laadunvalvontanäytteen kanssa, jolloin myös asemapaikan laboratorio sai samalla käyttöönsä vertailutuloksia.

Sekä asemien omien laadunvalvontanäytteiden että tutkimuksessa tutkittujen näytteiden rakeisuudet kaikilla seuloilla ja sideainepitoisuudet olivat Asfalttin ormien 2017 sallimissa rajoissa. Tyypillisesti tutkittujen massanäytteiden poikkeamat verrattuna kunkin testatun massan tyyppitestausraportissa esitettyyn raekokojakaumaan olivat yksittäisillä seuloilla  $\pm 1...3$  %-yksikköä. Tutkittujen näytteiden sideainepitoisuus poikkesi enimmillään 0,2 %-yksikköä tyyppitestausraportissa ilmoitetusta arvosta. Kolmessa tapauksessa viidestä ero oli alle 0,1 %-yksikköä.

Massanäytteenottojen osalta suurin ero oli näytteenottotavassa. Jokaisella toimijalla tai laborantilla oli hieman toisistaan poikkeavia näytteenottomenetelmiä käytössä. Kaikki näytteenottomenetelmät ja näytteenottoon käytetyt välineet olivat standardissa SFS-EN 12697-27 esitetyn mukaisia. Käytetyt näytteenottomenetelmät on kuvattu seuraavassa luettelossa. Kohdassa 1 esitellyssä menetelmässä esiintyi työturvallisuuspuute.

1. Näytteenotto lapiolla auton lavalta. Näytteenottaja nousi auton lavalle kauhakuormaajan kauhassa ja otti neljä vähintään 3 kg osanäytettä, koska tarkastetun massan maksimiraekoko oli 22 mm. Osanäytteet koottiin yhteen ja siitä valmistettiin tutkimusnäyte.
2. Näytteenotto lapiolla auton lavalta. Näytteenottaja nousi auton lavalle pukkia apuna käyttäen ja otti neljä vähintään 2 kg osanäytettä, koska tarkastetun massan maksimiraekoko oli 16 mm. Osanäytteet koottiin yhteen ja siitä valmistettiin tutkimusnäyte.
3. Näytteenotto näytteenottoputkella auton lavalta. Näytteenottaja nousi auton lavan viereen henkilönostimella ja otti neljä vähintään 2 kg osanäytettä, koska tarkastetun massan maksimiraekoko oli 16 mm. Osanäytteet koottiin yhteen ja siitä valmistettiin tutkimusnäyte.
4. Näytteenotto näytteenottokauhalla auton lavalta. Näytteenottaja nousi auton lavalle pukkia apuna käyttäen ja otti neljä vähintään 2 kg osanäytettä, koska tarkastetun massan maksimiraekoko oli 16 mm. Osanäytteet koottiin yhteen ja siitä valmistettiin tutkimusnäyte.
5. Näytteenotto näytteenottokauhalla kauhakuormaajan kauhasta. Valmistettu asfalttiannos otettiin kauhakuormaajan kauhaan. Näytteenottaja tasasi massan kauhan ja otti neljä vähintään 2 kg osanäytettä, koska tarkastetun massan maksimiraekoko oli 16 mm. Osanäytteet koottiin yhteen ja siitä valmistettiin tutkimusnäyte.

## 2.4 Massan valmistuksen seuranta

Asfalttimassan valmistusta seurattiin tarkastuksen aikana noin 1-2 tunnin mittainen ajanjakso, riippuen massan valmistustahdista. Neljä asemaa viidestä tarkastetusta valmisti asfalttimassaa annoksina. Yksi asemista oli jatkuvatoiminen. Annosasemilla kirjattiin annoksiin käytettyjen raaka-aineiden määrät ylös. Tarkastuksen jälkeen annoskohtaisia ja seurantajaksoa verrattiin aseman tuotamaan tarkastuspäivän tuotantoraporttiin. Jatkuvatoimisella asemalla otettiin aseman vaakojen raportti vain seurantajakson ajalta ja seurantajakson raaka-aineenkulutusta verrattiin koko päivän vastaavaan.

Massan valmistus oli hyvin tasalaatuista kaikilla tarkastetuilla asemilla. Vaikka massan valmistus pilkottiin annoskohtaiseksi, oli hajonta esimerkiksi sideainepitoisuudessa enintään noin  $\pm 0,1$  %-yksikön luokkaa vaakojen punnitustuloksista laskettuna. Massan valmistuksen voitiin todeta olevan tasalaatuista ja tyyppitestausraportin mukaista kaikissa tarkastuksissa.

Massan valmistuksen seurantaan varten tarkastettiin luonnollisesti myös asfalttimassaa koskevat laatudokumentit. Massan näytteenottomenetelmien vaihteluvuuden lisäksi toinen merkittävä tarkastusten yhteydessä tehty havainto liittyikin juuri massan laatudokumentteihin. Kaikissa tarkastetuissa kohteissa asfalttimassalla oli olemassa tyyppitestausraportti ja massoille oli laadittu suoritustasoilmoitukset sekä CE-merkit. Massojen suoritustasoilmoituksissa oli kuitenkin huomattava määrä poikkeamia. Kolme viidestä suoritustasoilmoituksesta sisälsi virheellisiä merkintöjä. Yksi tarkastetuista suoritustasoilmoituksista ei pitänyt sisällään käytännössä yhtään suoritustasoa, vaan ominaisuuksien kerrottiin olevan AVCP-luokkaa 2+. Varsinaiset ilmoitettavat suoritustasot oli kuvattu CE-merkissä.

Kahdessa muussa suoritustasoilmoituksessa, joissa poikkeamia havaittiin, puutteet olivat pienempiä. Niissä oli ilmoitettu standardissa kuvattujen luokkien sijaan suoraan tyyppitestausraportissa määritettyjä lukuarvoja. Vaikka lukuarvot sinänsä tarkoittaisivat samaa asiaa, tulisi suoritustasoilmoitus laatia standardin edellyttämällä tavalla.

## 2.5 Asfalttiasemien toiminnan kehittäminen

Asfalttiasemien tarkastuksen yhteydessä pidettiin vapaamuotoinen keskustelu tarkastukseen osallistuneiden kesken. Keskustelussa annettiin urakoitsijalle mahdollisuus antaa palautetta tilaajan tekemästä tarkastustoiminnasta ja esitettiin muutamia kysymyksiä, joiden avulla tilaaja halusi selvittää asfalttiasemien toiminnassa lähitulevaisuudessa tapahtuvia kehityssuuntia muun muassa massan valmistus- ja kuormien seurantatietojen digitalisoimiseksi.

Yleisellä tasolla kaikki urakoitsijat olivat varsin myötämielisiä tilaajan tekemään tarkastustoimintaa kohtaan. Valtaosa toimijoista piti hyvänä, että tilaaja seuraa urakoitsijoiden toimintatapoja. Tällöin on mahdollisuus avoimuuden lisäämiseen ja toiminnan kehittämiseen. Kaikki toimijat painottivat, että tarkastustoiminnan täytyy koskea kaikkia toimijoita tasapuolisesti.

Urakoitsijat pitivät tärkeänä, että myös tilaaja tekee tarkastustoimintaa etenkin päällystekiviaineiksille. Tämäntyyppisellä tilaajan valvonnalla katsottiin olevan koko päällystealaa palveleva vaikutus. Osa toimijoista kertoi tekevänsä myös itse kiviainesten pistokoevalvontaa, jotta voivat varmistua hankkimansa kiviaineksen kelpoisuudesta.

Tilaaajaa kiinnosti etenkin digitalisaation eteneminen ja toiminnan reaaliaikaisen seurannan mahdollistaminen. Yksi urakoitsijoista totesi, että täysin digitaalinen raportointi olisi aseman toiminnan osalta mahdollista jo nyt. Muiden haastateltujen mukaan täysin digitaalinen toiminnan seuranta vaatisi päivitystä asemien ohjausjärjestelmiin. Kolme toimijaa oli jo pohtinut aseman toimintajärjestelmän digitalisointia, mutta toistaiseksi he eivät vielä kokeneet saavansa siitä riittävää hyötyä suhteessa aiheutuviin kustannuksiin. Tilaaajan käytäntöjä päivittämällä

asia voisi edetä, jolloin digitaalisen raportoinnin hyödyt olisivat varmemmin saatavissa.

Massakuormien seurannan osalta kaikilla toimijoilla oli jonkinlainen järjestelmä käytössä. Kaksi näistä järjestelmistä oli täysin digitaalisia. Edistyksellisimmässä järjestelmässä massan määrä- ja lämpötilatieto kirjattiin asemanhoitajan toimesta kuljetuskaluston tietoihin. Paikkatieto-ohjelma seurasi massakuorman liikkeitä. Työmaalla merkittiin paikkatietosovellukseen, kun kuormaa alettiin purkaa ja uudelleen, kun kuorman purku ja levitys oli saatu tehtyä. Tällöin yksittäinen massakuorma on jäljitettävissä valmistuksesta asti aina suoraan sinne, mille tieosoittevalille kuorma levitettiin tielle.

## 2.6 Päälystekiviainesten laadun kehitys tutkimuksen aikana

Päälystekiviaineksia on tarkastettu tämän tutkimuksen puitteissa vuonna 2014 ja vuosina 2016–2019. Vuosittain tarkastettujen kiviainesten määrä on vaihdellut viiden ja neljäntoista välillä. Yhteenveto havaituista poikkeamista on esitetty taulukossa 3. Poikkeamien määrä ja suhteellinen osuus ovat pienentyneet tarkastusten aikana. Tähän on varmasti osin vaikuttanut myös tutkimushavaintojen perusteella tehdyt muutokset Asfalttinormeissa esitettyihin vaatimuksiin. Samoin ainakin osa urakoitsijoista on alkanut kiinnittää asiaan enemmän huomiota ja testata käyttämiään kiviaineksia.

Päälystekiviainesten laatudokumenteissa on havaittu poikkeamia jokaisena tarkastusvuonna. Laatudokumenttien kehittämiseksi on järjestetty koulutusta, jonka toivotaan kehittävän dokumentaatiota.

*Taulukko 3. Päälystekiviainesten tutkimuksissa havaitut poikkeamat 2014–2019. (\* Vuonna 2014 näytteistä tutkittiin myös rakeisuutta. Näissä tutkimuksissa todettiin 2 poikkeamaa.*

Vuosi	Tutkitut materiaalit	Poikkeamien lukumäärä		
		Litteysluku	Kuulamyly	Laatudokumentit
2014	5 (*)	0	1	1
2016	6	3	4	1
2017	14	1	2	4
2018	14	0	3	1
2019	5	1	0	2

(\* Vuonna 2014 näytteistä tutkittiin myös rakeisuutta. Näissä tutkimuksissa todettiin 2 poikkeamaa.

Tarkastusten aikana on havaittu, että tietyissä kohteissa kiviainesten valmistus on vielä käynnissä, kun kohteen tekeminen alkaa. Tällöin riski päälysteessä käytetyn kiviaineksen laatu-poikkeamille kasvaa.

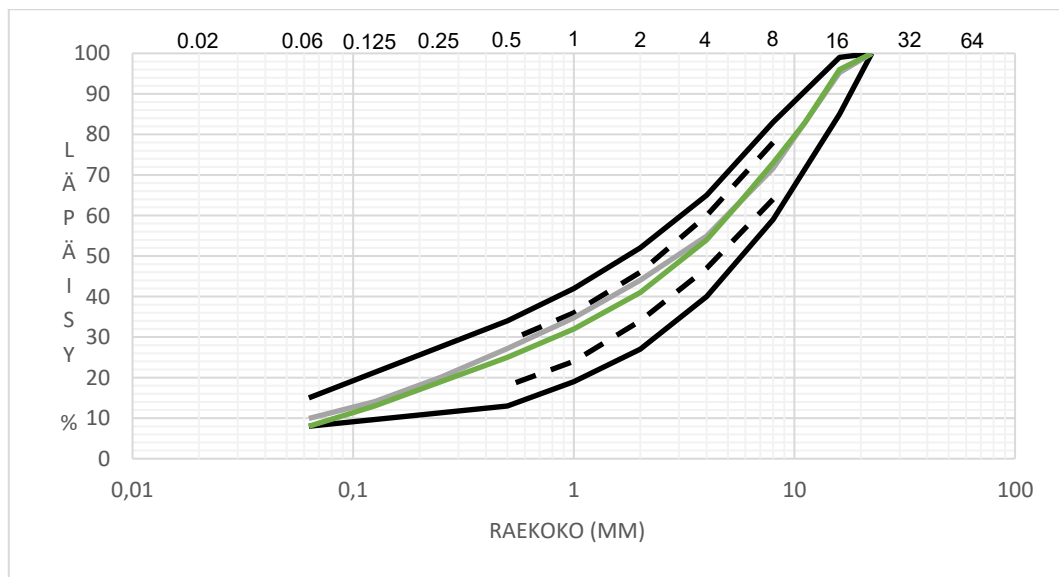


### 3 Soratien kulutuskerrosmurskeiden tutkimukset

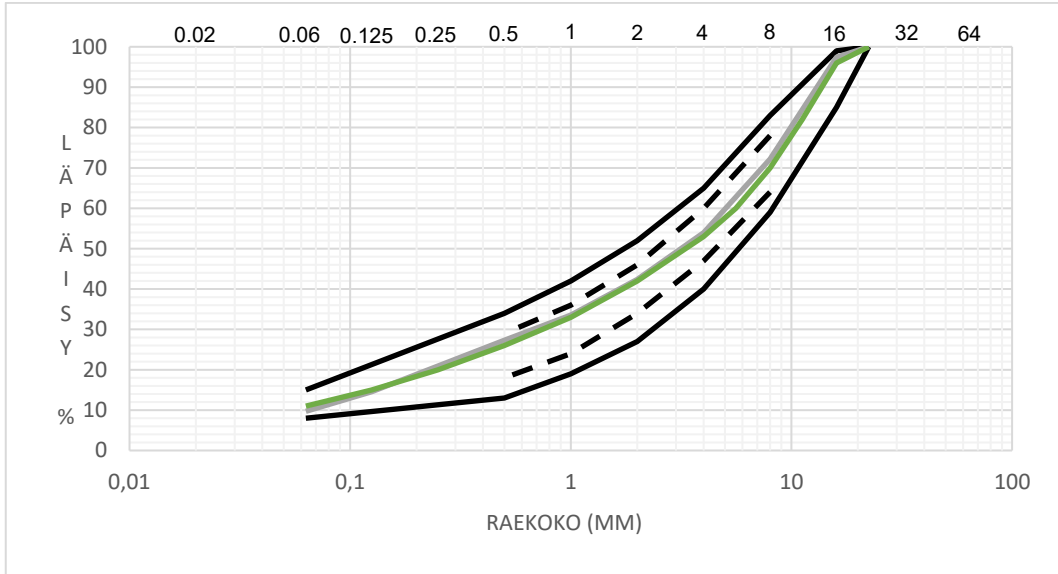
Vuonna 2019 tutkimukseen kuului neljä hoidon alueurakkaa. Kaikissa urakoissa päätoteuttajana oli eri toimija. Jokaisesta urakasta valittiin yhteistyössä ELY-keskuksen aluevastavan kanssa kaksi sorastettavaa tieosuutta tarkastukseen. Tarkastuksessa otettiin näytteitä tien pinnasta sorastustoimenpiteiden jälkeen ja tutkittiin niiden rakeisuus. Saatuja rakeisuustuloksia verrattiin urakoitsijoiden käyttämien lisämurskeiden rakeisuuteen ja Sorateiden kunnossapito-ohjeessa (L01/2014) esitettyyn soratien kulutuskerroksen rakeisuuden ohjealueeseen. Kolmessa urakassa sorastukset tehtiin vuonna 2019 ja yhdessä urakassa tutkittiin aiemmin sorastettuja tieosuuksia.

#### 3.1 Vaatimusta vastaava sorastusmurske

Kahdessa tarkastetussa kohteessa käytetty sorastusmurske oli ohjeessa Sorateiden kunnossapito esitetyllä 0/16 mm murskeen ohjealueella. Molemmissa kohteissa oli myös yli 5 vuotta aikaa edellisestä sorastuksesta, eli vanha kulutuskerros oli urakoitsijan mukaan kulunut käytännössä kokonaan pois. Molemmissa kohteissa käytetyn sorastusmurskeen ja tien pinnalta otettujen näytteiden keskimääräinen raekokojakauma olivat likimain identtisiä. Kohteen I tulokset on esitetty kuvassa 1 ja kohteen II tulokset kuvassa 2. Teiden pinta oli näytteenottohetkellä irtoton ja keli kohteissa kuiva. Tällöin tulisi kiinnittää erityistä huomiota myös tien pinnan tiivistymiseen ja tiivistämiseen.

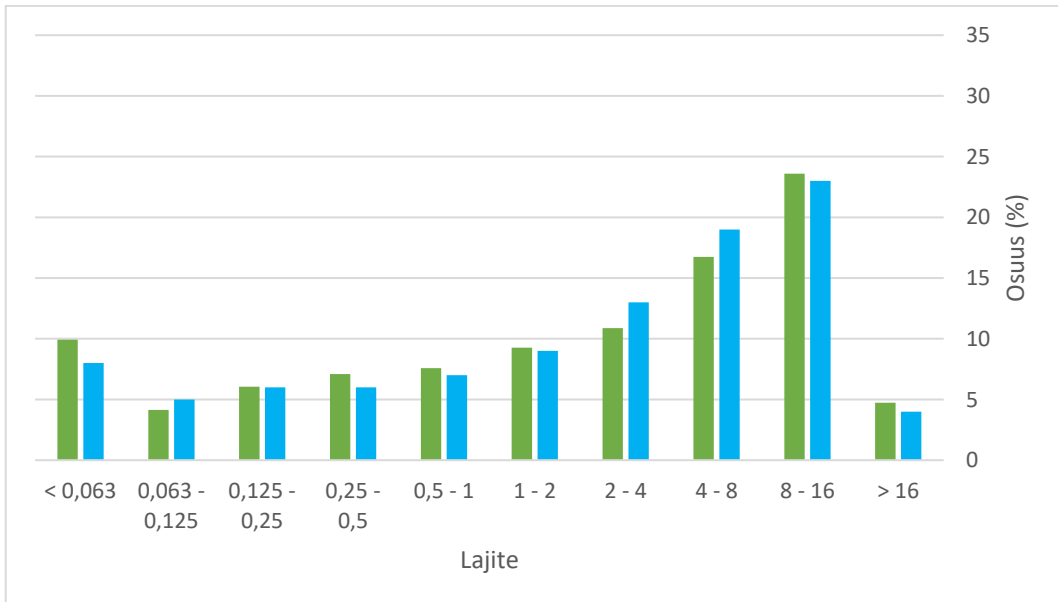


Kuva 1. Kohteessa I käytetyn sorastusmurskeen (vihreä) ja kohteesta tutkittujen näytteiden (n=4) keskimääräinen raekokojakauma (harmaa).

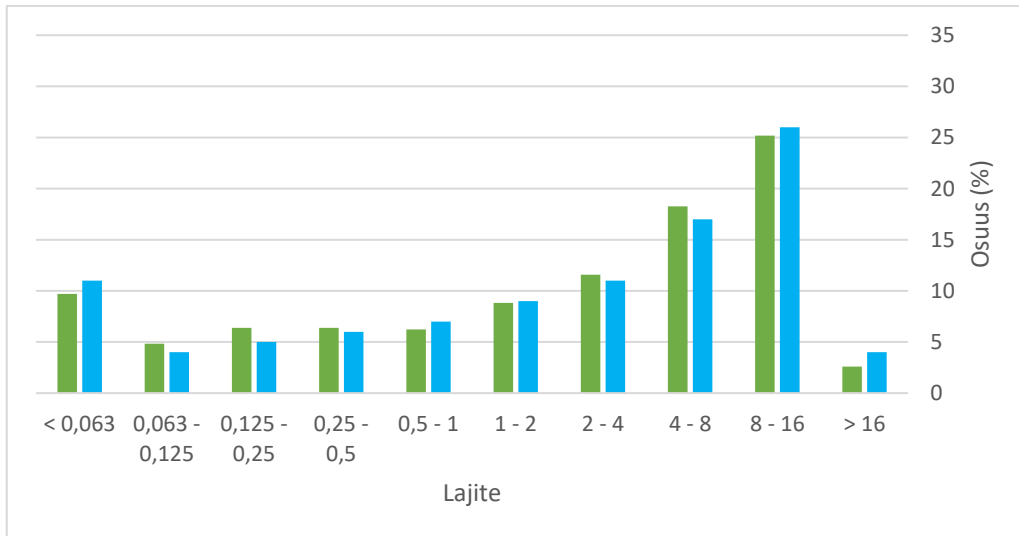


Kuva 2. Kohteessa II käytetyn sorastusmurskeen (vihreä) ja kohteesta tutkittujen näytteiden (n=4) keskimääräinen raekokojakauma (harmaa).

Kuvissa 3 ja 4 on esitetty kohteissa I ja II käytettyjen sorastusmurskeiden eri raekokofraktioiden suhteelliset osuudet ja vastaavat osuudet sorastuksen jälkeen tien pinnasta tutkituista näytteistä. Suhteellisten osuuksien mahdolliseen merkitykseen palataan kappaleessa 3.3.



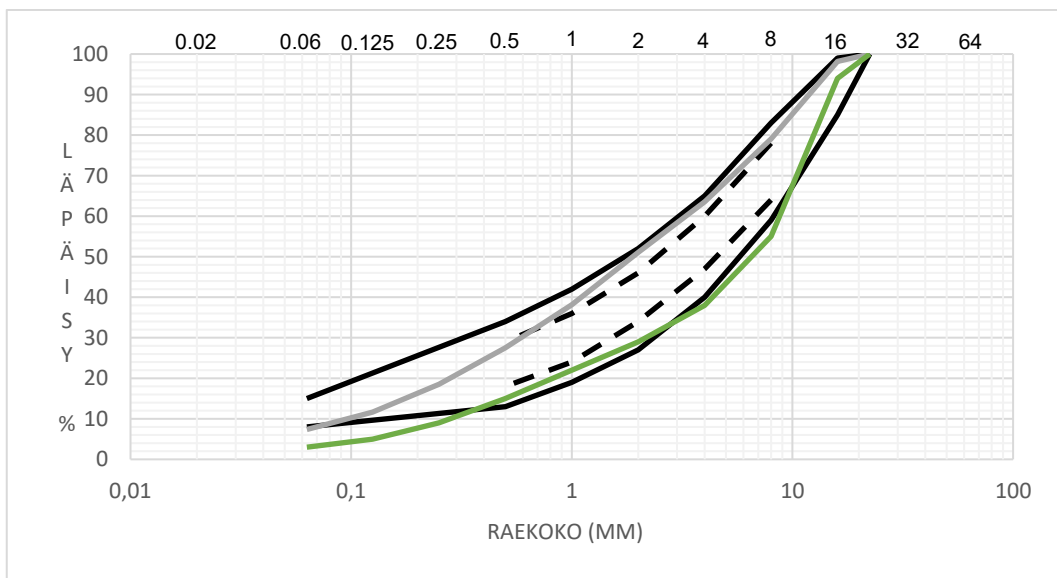
Kuva 3. Kohteessa I käytetyn sorastusmurskeen lajitteiden osuudet. Vihreällä värillä tien pinnasta otetuista näytteistä määritetty keskimääräiset osuudet, sinisellä käytetyn sorastusmurskeen osuudet.



Kuva 4. Kohteessa II käytetyn sorastusmurskeen lajitteiden osuudet. Vihreällä värillä tien pinnasta otetuista näytteistä määritetty keskimääräiset osuudet, sinisellä käytetyn sorastusmurskeen osuudet.

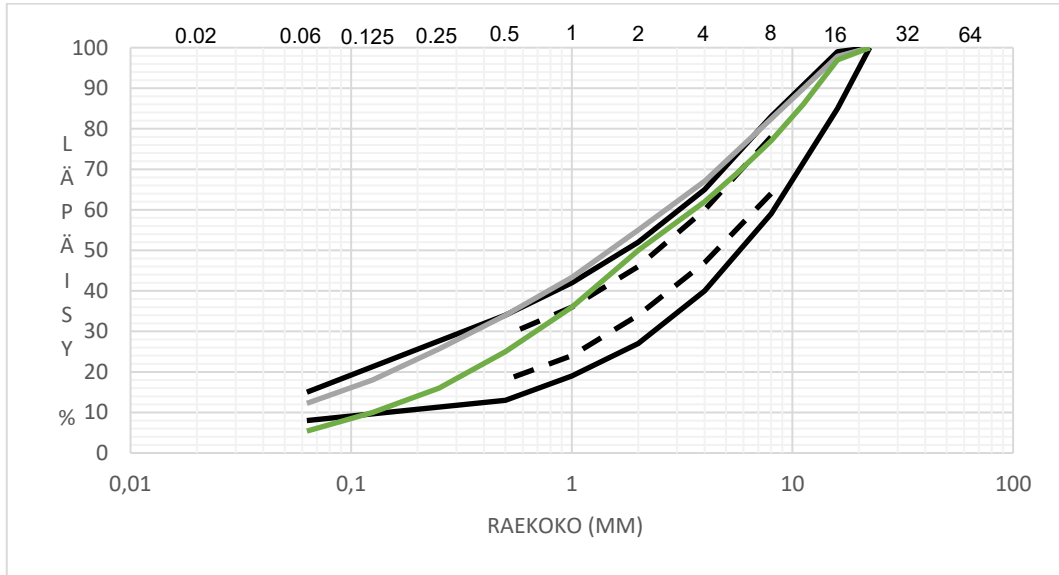
## 3.2 Sorastusmurskeessa alhainen hienoaines-pitoisuus

Kohteessa III tehtiin normaalia sorastusta loppukesällä 2019. Kuvassa 5 on esitetty tutkittujen näytteiden keskimääräinen raekokojakauma ja käytetyn sorastusmurskeen raekokojakauma. Tien pinnan rakeisuus on tutkittujen näytteiden perusteella aavistuksen hienorakeinen, vaikka hienoainespitoisuus onkin hieman liian pieni. Tien pinta oli hyvin kiinteä näytteenottohetkellä. On mahdollista, että osa lisätystä murskeesta oli irronnut ja siirtynyt jo pois rakenteesta, koska sorastus oli tehty joitain viikkoja ennen näytteenottoa.



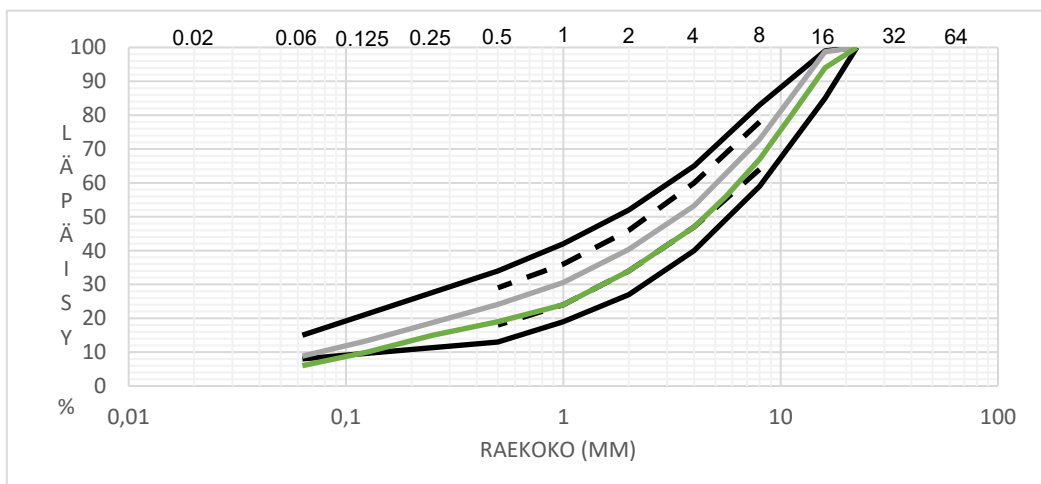
Kuva 5. Kohteessa III käytetyn sorastusmurskeen (vihreä) ja kohteesta tutkittujen näytteiden (n=4) keskimääräinen raekokojakauma (harmaa).

Kohteessa IV tien pinnan rakeisuus oli tutkittujen näytteiden perusteella jopa liian hienorakeinen. Tien pinta oli kuitenkin kiinteä likimain koko tien poikkileikkauksessa. Kuvassa 6 on esitetty tutkittujen näytteiden keskimääräinen raekokojakauma ja käytetyn sorastusmurskeen raekokojakauma. Käytetyn sorastusmurskeen rakeisuuskäyrässä näkyy poikkeuksellinen patti noin 1...4 mm rakeisuuksien välillä. Käyrä ei ole muodoltaan ohjekäyrien suuntainen ja tämä saattaa osaltaan selittää myös tien pinnasta määritettyä raekokojakaumaa.



Kuva 6. Kohteessa IV käytetyn sorastusmurskeen (vihreä) ja kohteesta tutkittujen näytteiden ( $n=4$ ) keskimääräinen raekokojakauma (harmaa).

Kohteessa V tien pinnan rakeisuus on vaaditulla ohjealueella, vaikka käytetty lisämurske sisälsi liian vähän hienoainesta. Kuvassa 7 on esitetty tutkittujen näytteiden keskimääräinen raekokojakauma ja käytetyn sorastusmurskeen raekokojakauma. Tien pinta oli kiinteä kolmessa muodostuneessa ajourassa, joten sorastustoimenpiteitä voidaan pitää onnistuneina.

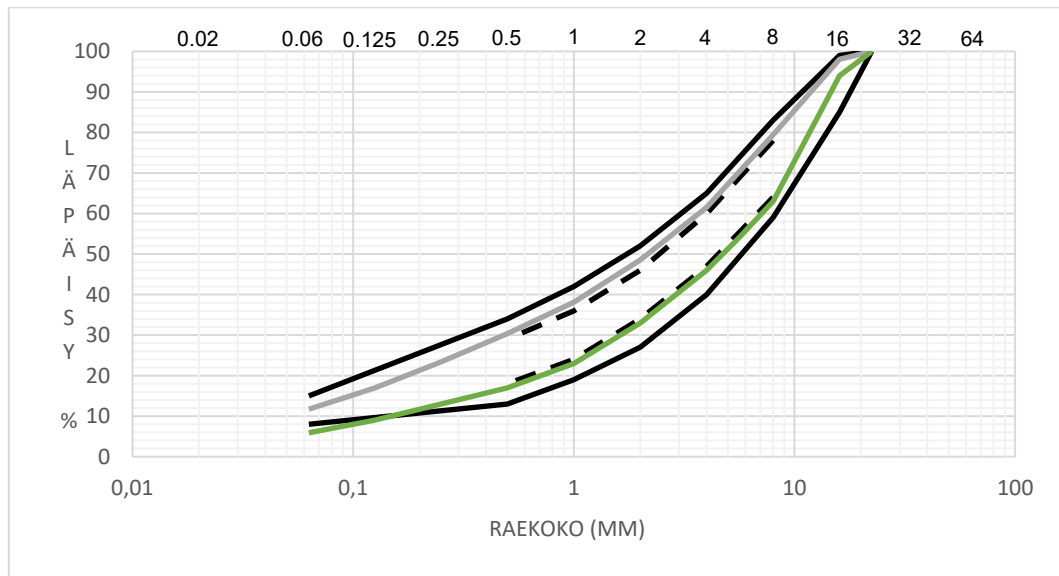


Kuva 7. Kohteessa V käytetyn sorastusmurskeen (vihreä) ja kohteesta tutkittujen näytteiden ( $n=4$ ) keskimääräinen raekokojakauma (harmaa).

### 3.3 Pintakelirikkoherkät kohteet

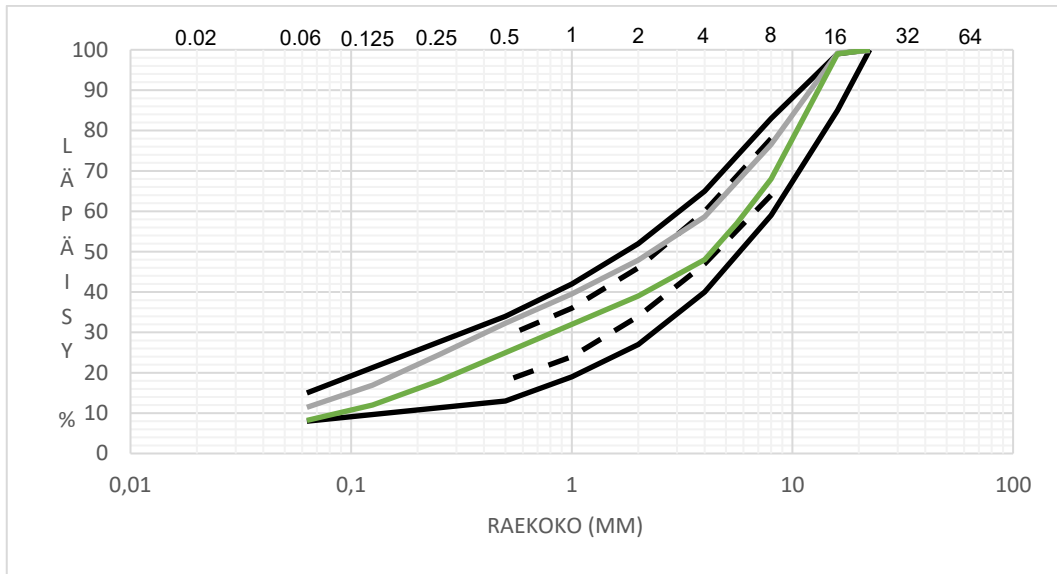
Kohteessa VI oli tehty osalle tieosuutta kelirikkokorjauksia vuonna 2017. Osa tieosuudesta sorastettiin. Kohteessa käytetty sorastusmurske ei täyttänyt raekokojakaumaltaan ohjeessa Sorateiden kunnossapito esitettyä vaatimusta. Tämä on ymmärrettävää, koska osalla tieosuutta on tehty kelirikkokorjausta. Tien pinta noin kaksi vuotta sorastustoimenpiteiden jälkeen oli kiinteä ja tien pinnan keskimääräinen raekokojakauma (kuva 8) likimain vaaditulla alueella, olen jopa aavistuksen hieman liian hienorakeinen.

Raekokojakaumassa on tapahtunut merkittävä muutos erityisesti lisääntyneen hienoaineksen osalta kahden vuoden kuluessa. Tieosalla on paljon peltoliittymiä ja maataloustoimintaa. Maatalouskoneiden mukana on saattanut kulkeutua hienoainesta tien pintaan.



Kuva 8. Kohteessa VI käytetyn sorastusmurskeen (vihreä) ja kohteesta tutkittujen näytteiden ( $n=4$ ) keskimääräinen raekokojakauma (harmaa).

Kohteessa VII oli tehty normaalia syyssorastusta vuonna 2018. Käytetty sorastusmurske oli rakeisuudeltaan ohjeen Sorateiden kunnossapito vaatimusten mukaista. Kuvassa 9 on esitetty tutkittujen näytteiden keskimääräinen raekokojakauma ja käytetyn sorastusmurskeen raekokojakauma. Tiellä oli lievää pintakelirikkoa näytteenottohetkellä (kuva 10). Käytetyn sorastusmurskeen raekokojakauma on kyllä vaaditulla alueella, mutta käyrän muoto on normaalista poikkeava. Käyrä taittuu noin 4 mm kohdalta, ja hienoainespitoisuuden kasvun lisäksi myös 0,25...4 mm kohdalla on käyrän muodossa patti. Käyrän muoto ei noudattele ohjekäyrien muotoa. Sama ilmiö näkyy myös tien pinnasta otettujen näytteiden raekokojakaumassa. Tämä voi vaikuttaa kulutuskerroksen vedenpidätyskykyyn ja sitä kautta pintakelirikon syntymiseen. Myös käytetyn kiviaineksen mineralogialla saattaa olla merkitystä.

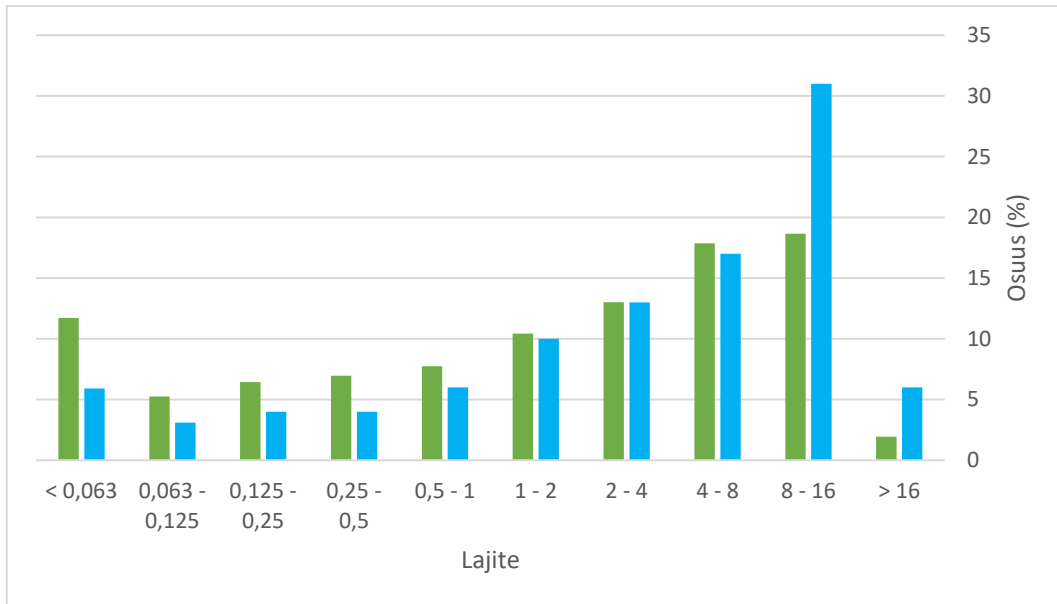


Kuva 9. Kohteessa VII käytetyn sorastusmurskeen (vihreä) ja kohteesta tutkittujen näytteiden (n=4) keskimääräinen raekokojakauma (harmaa).

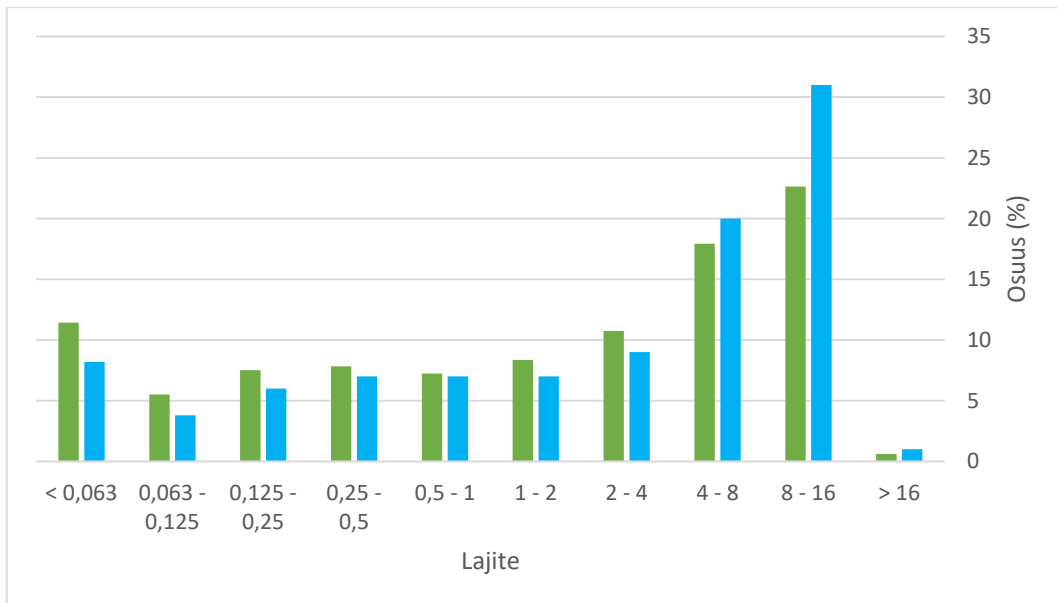


Kuva 10. Tien pinnassa olevaa lievää pintakelirikkoa kohteessa VII.

Kuvassa 11 on esitetty kohteessa VI käytetyn sorastusmurskeen eri raekoko-fraktioiden suhteelliset osuudet ja vastaavat osuudet sorastuksen jälkeen tien pinnasta tutkituista näytteistä. Tien pinnassa etenkin fraktion 8/16 mm osuus koko massasta on pudonnut merkittävästi. Vastaavasti kaikkien alle 1 mm fraktioiden osuus on kasvanut. Samantyyppinen havainto on tehtävissä kohteesta VII, jonka vastaavat osuudet on esitetty kuvassa 12.



Kuva 11. Kohteessa VI käytetyn sorastusmurskeen lajitteiden osuudet. Vihreällä värillä tien pinnasta otetuista näytteistä määritetty keskimääräiset osuudet, sinisellä käytetyn sorastusmurskeen osuudet.



Kuva 12. Kohteessa VII käytetyn sorastusmurskeen lajitteiden osuudet. Vihreällä värillä tien pinnasta otetuista näytteistä määritetty keskimääräiset osuudet, sinisellä käytetyn sorastusmurskeen osuudet.

Liian suurta hienoainespitoisuutta pidetään yleisesti pintakelirikon aiheutumisen syynä. Kuvissa 3 ja 4 esitetyt likimain identtiset fraktiojakaumat käytetyn sorastusmurskeen ja tien pinnasta määritetyn rakeisuuden kesken on tehty juuri sorastetusta kohteesta. Kuvissa 11 ja 12 esitettyjen tien pinnasta määritettyjen jakaumien ja sorastuksen välinen aikaikkuna on 1-2 vuotta. Ei tiedetä, lisääntykö kulutuskerroksen hienoainemäärä todella kuvissa havaitulla tavalla

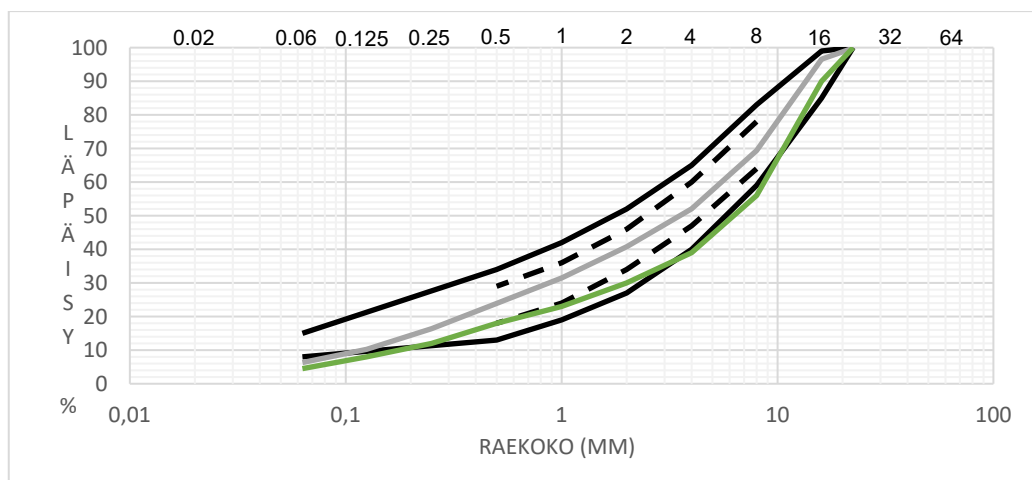
voimakkaasti vain vuodessa. Jos oletetaan, että käytetty sorastusmäärä olisi ollut vaikkapa 150 tonnia / kilometri, liikenteen tulisi käytännössä hienontaa ja/tai kuljettaa lisää alle 1 mm ainesta 10-15 % lisätystä määrästä. Toinen vaihtoehto on, että vanhan kulutuskerroksen pinta on ollut erittäin hienorakeinen. Tällöin ainakaan kohteen VII osalta tuskin olisi käytetty korkean hienoainespitoisuuden omaavaa mursketta edellisessä sorastuksessa.

Yksi mahdollinen selitys hienoaineen suhteelliselle lisääntymiselle on lajitteen 8/16 suuri määrä käytetyssä sorastusmurskeessa. Suuri suhteellinen osuus näkyy huonosti rakeisuuskäyrästä, mutta kuvissa 8 ja 9 on havaittavissa rakeisuuskäyrässä taitepiste. Tämä saattaisi indikoida, että huolimatta riittävästä sorastusmurskeen hienoainespitoisuudesta muita hienoja lajitteita on suhteessa karkeaan lajitteeseen sen verran vähän, että sorastuksen jälkeen koko käytetty murske ei ole tiivistynyt kulutuskerrokseksi, vaan suuri osa karkeista fraktioista on liikenteen vaikutuksesta lentänyt pois rakenteesta nopeasti sorastuksen jälkeen.

### 3.4 Runkokelirikon korjauskohde

Kohteessa VIII tehtiin runkokelirikon korjausta alkusyksystä 2019. Uuden kulutuskerroksen tekemiseen käytetty sorastusmurske ei täyttänyt raekokojakumaltaan ohjeessa Sorateiden kunnossapito esitettyä vaatimusta. Kuvassa 13 on esitetty tutkittujen näytteiden keskimääräinen raekokojakauma ja käytetyn sorastusmurskeen raekokojakauma. Tien pinnasta tutkittujen näytteiden perusteella pinnan rakeisuus on siirtynyt hyvin nopeasti vaatimuksenmukaiselle alueelle hienoainespitoisuutta lukuun ottamatta. Tien pinta oli kiinteä ajourien kohdalta, josta näytteet otettiin.

Tien reunat ja keskiosa olivat erittäin irtonaisia, johtuen todennäköisesti käytetystä sorastusmurskeesta. Vähän hienoainesta ja käyrän muodoltaan roikkuvan sorastusmurskeen käyttö pitäisi aina pystyä perustelemaan. Tässä kohteessa sille ei ollut selkeitä perusteita, koska koko kulutuskerros on rakennettu uudeen runkokelirikon korjaamisen jälkeen.



Kuva 13. Kohteessa VIII käytetyn sorastusmurskeen (vihreä) ja kohteesta tutkittujen näytteiden (n=4) keskimääräinen raekokojakauma (harmaa).



### 3.5 Kulutuskerrosmurskeiden tutkimuksen v.2014-2019 yhteenveto

Kappaleissa 3.1-3.4 kuvatut toimintatavat ja sorastuksen lopputulokset ovat olleet tyypillisiä vuosina 2017-2019, kun sorateiden kulutuskerrosten laatua on tarkasteltu rakenteesta otettujen näytteiden avulla. Käytetyissä materiaaleissa on tapahtunut pientä kehitystä. Edelleen merkittävä osa käytettävistä lisämurskeista ei täytä ohjeessa Sorateiden kunnossapito esitettyä kulutuskerroksen rakeisuusvaatimusta, mutta viimeisten kolmen vuoden aikana vaatimustenmukaisia lisämurskeitakin on ollut tutkimuksen piirissä.

Kun näytteitä otettiin tutkimuksen ensimmäisinä vuosina kasalta ennen sorastusta, kaikki tutkitut sorastusmateriaalit sisälsivät liian vähän hienoainesta. Vuosien 2017-2019 aikana näytteitä on otettu soratien pinnasta sorastustoimenpiteiden jälkeen. Lopputulos on ollut vaatimustenmukainen hieman yli puolessa kohteista (taulukko 4). Joissain tapauksissa rakenteesta tutkittujen hienoainespitoisuus on ollut riittävä, mutta raekokojakauma muutoin on ollut jo liian hienorakeinen. Kohdekohtaista arviointia ja suunnitelmallisuutta siis tarvitaan sorastusten tekemisessä.

*Taulukko 4. Sorastusmateriaaleissa havaitut poikkeamat raekokojakaumassa vuosina 2014-2019.*

Vuosi	Näytteenotto	Tutkitut materiaalit	Poikkeama rakeisuudessa	Materiaali tai lopputulos vaatimusten mukainen
2014	Kasalta	5	5	0
2015	Kasalta	11	11	0
2017	Rakenteesta	20	9	11
2018	Rakenteesta	8	3	5
2019	Rakenteesta	8	3	5

Toinen merkittävä seikka, joka on havaittu tutkimuksen aikana, liittyy materiaalien laatudokumentteihin. Tutkimuksen alkuvaiheessa oli hankaluuksia saada minkäänlaisia laatudokumentteja. Materiaaleista oli olemassa CE-merkintä ja suoritustasoilmoitus ainoastaan poikkeustapauksissa. Rakennustuoteasetuksen mukaisen CE-merkinnän pakollisuudesta on tiedotettu ja sen merkitystä on korostettu toimijoille. Kaikilla vuonna 2019 valmistetuilla ja tutkimukseen valikoituneilla materiaaleilla oli CE-merkintä ja suoritustasoilmoitus (taulukko 5). Vuoden 2019 tutkimukseen valikoituneista kohteista kaksi oli toteutettu jo aiempina vuosina. Yhdellä näissä kohteissa käytetyistä sorastusmurskeista oli CE-merkintä ja suoritustasoilmoitus, toisesta materiaalista oli olemassa rakeisuustutkimuksen tulokset.

Taulukko 5. Sorastusmateriaaleista tutkimuksen käyttöön toimitetut laatudokumentit vuosina 2014-2019.

Vuosi	Tutkitut materiaalit	CE-merkintä ja suoritustasoilmoitus	Rakeisuus-tutkimus	Ei laatu-dokumentteja
2014	5	0	2	3
2015	11	1	7	3
2017	20	2	7	11
2018	8	2	6	0
2019	8	7	1	0

## 4 Investointihankkeiden laatudokumenttien tarkastukset

Vuosien 2014–2018 aikana tehdyissä materiaaleihin kohdistuneissa tarkastuksissa havaittiin pieniä puutteita liki kaikissa kerrosrakennemateriaalien laatudokumenteissa. Vuonna 2019 päätettiin tarkistaa käytettävien kiviainesten laatudokumentteja valikoiduilla Väyläviraston investointihankkeilla. Kaikkiaan tarkastuksen piiriin valikoitui viisi urakkaa kolmesta eri investointihankkeesta.

### 4.1 Tarkastuksen kulku

Tarkastuksen ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin kunkin urakan laatuaineiston rakenne ja pyydettiin pääsy laatuaineistoon. Urakoiden laatudokumenttien tarkastus alkoi toukokuussa 2019, joten eri hankkeet ja urakat niiden sisällä olivat eri valmiusasteissa.

Toisessa vaiheessa käytiin läpi olemassa olevat, kiviaineksia koskevat laatudokumentit. Lisäksi tarkastettiin kerrosrakenteisiin liittyneet laadunosoitukset geometriaan liittyviä mittauksia lukuun ottamatta. Näiden havainnoista laadittiin urakkakohtainen yhteenveto ja pyydettiin urakoitsijoita selvittämään havaitut poikkeamat.

Kolmannessa vaiheessa seurattiin urakan etenemistä touko–elokuun 2019 välisenä aikana ja tarkkailtiin laatudokumenttien kerääntymistä urakan aineistoon. Samalla tarkastettiin poikkeamista aiheutuneet toimenpiteet ja avustettiin urakoiden valvojia ja urakoitsijoita poikkeamien käsittelyssä.

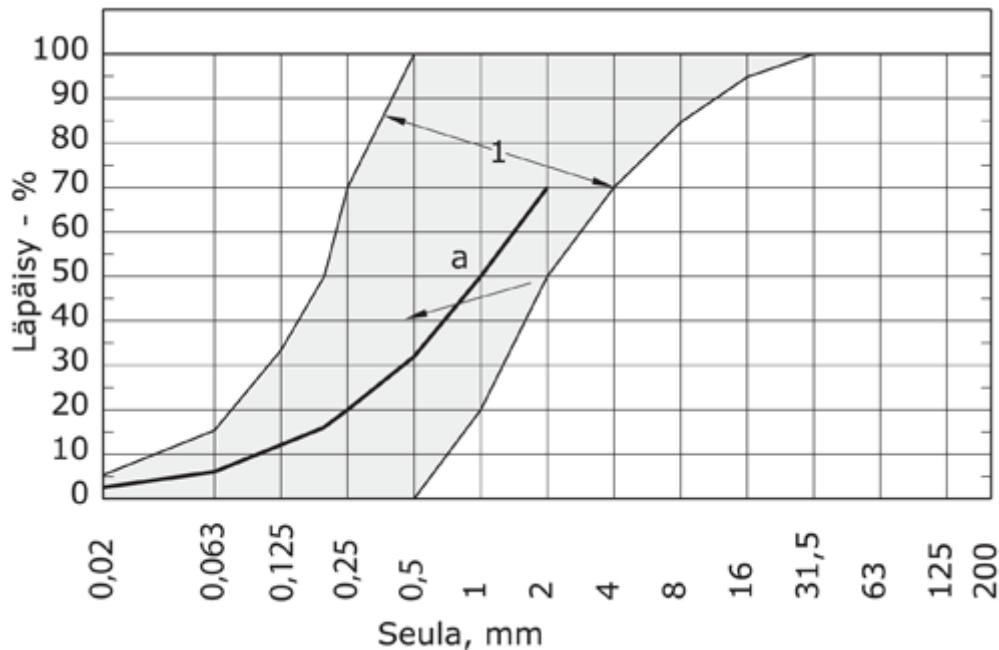
Viimeisessä vaiheessa tehtiin urakkakohtainen yhteenveto tarkastuksen aikana tehdyistä havainnoista. Lisäksi valmisteltiin yleinen osa havaituista poikkeamista. Yleinen osa ja urakkakohtaiset havainnot käytiin läpi urakkakohtaisesti urakoitsijoiden kanssa syys–lokakuun 2019 aikana pidetyissä tapaamisissa.

### 4.2 Havainnot kiviainesten laatudokumenteista

#### 4.2.1 Suodatinkerrokset

Luonnonmateriaaleista tehtyjä suodatinkerroksia käytettiin kahdessa urakassa. Molemmissa hankkeissa oli olemassa rakeisuuden tutkimustuloksia ja tutkimustulosten perusteella materiaalit kelpasivat suodatinkerrokseen. Tutkimustuloksia oli myös riittävä määrä suhteessa käytettyyn tonnimäärään.

Toisessa urakoista oli tehty poikkeamaraportti suodatinkerroksen materiaalista, koska käytetyn materiaalin rakeisuuskäyrä leikkasi InfraRYL kuvassa 21110:K1 paksun viivan (kuva 14). Käyrä leikkasi paksun viivan kuitenkin nuolen vastakkaisessa suunnassa, joten poikkeamaraportti oli aiheeton.




Kuva 14. Suodatinkerroksen rakeisuusvaatimus. (InfraRYL 21110:K1)

#### 4.2.2 Jakavat kerrokset

Neljässä urakassa viidestä rakennettiin jakavia kerroksia kalliomurskeesta. Yhteensä urakoissa oli käytössä kahdeksan kiviainesta. Kaikille materiaaleille oli olemassa suoritustasoilmoitus, mutta kahdesta materiaalista ei ollut CE-merkintää. Kaikkien materiaalien suoritustasoilmoituksissa oli pieniä poikkeamia. Poikkeamat olivat kuitenkin sellaisia, että ne eivät vaikuttaneet materiaalien kelppisuuteen. Havaitut poikkeamat olivat:

- Kahden materiaalin vedenimeytymistestin tulos oli ilmoitettu Jäädytys-sulatuskestävyyden kohdassa lukuarvona.
- Viiden materiaalin vedenimeytymistestin tulos oli ilmoitettu Jäädytys-sulatuskestävyyden kohdassa kohdan vedenimeytyminen lisäksi.
- Yhden materiaalin koostumusta/kivilajia ei ollut ilmoitettu.
- Viiden materiaalin suoritustasoilmoituksen kohdassa 7 oleva taulukko "ilmoitetut suoritustasot" ei ollut standardin SFS-EN 13242 mukainen (kuva 15). Useimmiten taulukossa oli poistettu joitain yksittäisiä rivejä. Näissä tapauksissa riville oli voinut kirjata ominaisuuden kohdalle *NPD* (*No Performance Determined*) eli ominaisuutta ei ole testattu. Tällöin ominaisuuden testausta ei tarvita tässä käyttötarkoituksessa.
- Kahden materiaalin suoritustasoilmoituksen taulukossa 7 oli ylimääräisiä ominaisuuksia. Toisessa tapauksessa taulukossa oli ilmoitettu materiaalin nastarengaskulutuskestävyys ja toisessa tapauksessa taulukko 7 sisälsi myös betonikiviaineksilta vaadittavia ominaisuuksia.
- Neljän materiaalin tyyppirakeisuus oli ilmoitettu suoritustasoilmoituksen taulukossa 7, vaikka se kuuluisi antaa suoritustasoilmoituksen lisätietona.
- Kolmen materiaalin hienoainesluokka oli ilmoitettu virheellisesti. Kaikissa tapauksissa murske oli valmistettu koostekiviaineksena (0/X mm, esim. 0/56 mm) ja hienoainesluokkana oli käytetty karkean kiviaineksen (X/X mm, esim. 2/45 mm) hienoainesluokkia.
- Kahta suoritustasoilmoitusta ei oltu allekirjoitettu.

Poikkeamat olivat siis merkintätekniisiä ja materiaalit täyttivät jakavan kerroksen materiaaalilta vaaditut ominaisuudet. Ongelmalliseksi asian tekee suoritus-tasoilmoitusten kirjavuus. Eri toimijoilla on omia tyyliä tehdä suoritus-tasoilmoituksia. Rakennustuoteasetuksessa on määritelty, mitä suoritus-tasoilmoituksessa ilmoitetaan. Kiviaineksen tuotestandardeissa on määritelty, aiotusta käyttötarkoituksesta riippuen, mitä ominaisuuksia suoritus-tasoi-lmoituksen taulukossa tulee ilmoittaa (tuotestandardin *taulukko ZA.1*). Tuotteen tilaajan tulisi pystyä tarkastamaan suoritus-tasoilmoituksesta toimitetun tuotteen suoritus-tasot yksiselitteisesti.

**SUORITUSTASOILMOITUS Nro 002ABC03062014** 

1. **Tuotetyypin yksilöivä tunniste:** *Kantavan kerroksen kiviaines KaM 0/45 mm, tuotantopaikan nimi*
2. **Aiottu käyttötarkoitus:** *Maa- ja vesirakentamisessa sekä tierakentamisessa käytettävä sitomaton kiviaines.*
3. **Valmistaja:** *Yritys ABC, Katu 1, 00110 Helsinki, sähköposti: yritysabc@abc.fi*
5. **AVCP-järjestelmä:** *AVCP 4.*
- 6a. **Yhdenmukaistettu standardi:** *EN 13242:2002+A1:2007*
7. **Ilmoitetut suoritus-tasot**

Perusominaisuus	Suoritus-taso	Yhdenmukaistettu tekninen asiakirja
<i>Raekoko</i>	<i>0/45</i>	<i>EN 13242:2002+A1:2007</i>
<i>Rakeisuusluokka</i>	<i>G<sub>A</sub>90 G<sub>TC</sub>20</i>	
<i>Litteysluku</i>	<i>FI<sub>35</sub></i>	
<i>Kiintotiheys</i>	<i>2,65 Mg/m<sup>3</sup></i>	
<i>Hienoaineksen määrä</i>	<i>f<sub>7</sub></i>	
<i>Murskaantuneiden rakeiden määrä</i>	<i>NPD</i>	
<i>Iskunkestävyys</i>	<i>LA<sub>30</sub></i>	
<i>Tilavuuden pysyvyys</i>	<i>NPD</i>	
<i>Veden imeytyminen</i>	<i>WA<sub>24</sub>I</i>	
<i>Petrografinen kuvaus</i>	<i>Graniittinen kalliomurske</i>	
<i>Kulutuskkestävyys</i>	<i>NPD</i>	
<i>Vaaralliset aineet</i>	<i>NPD</i>	
<i>Rapautumisen kestävyys</i>	<i>NPD</i>	
<i>Jäädytys-sulatuskestävyys</i>	<i>NPD</i>	

Tyyppirakeisuus ja sen poikkeamat: (rakeisuuskäyrä tai viittaus www-osoitteeseen, josta rakeisuuskäyrä löytyy)

Edellä yksilöidyn tuotteen suoritus-taso on ilmoitettujen suoritus-tasojen joukon mukainen. Tämä suoritus-tasoilmoitus on asetuksen (EU) N:o 305/2011 mukaisesti annettu edellä ilmoitetun valmistajan yksinomaisella vastuulla.

Valmistajan puolesta allekirjoittanut:

[Nimi] .....  
 [Paikka] ..... [Aika] .....  
 [Allekirjoitus] .....

Kuva 15. Esimerkki standardin SFS-EN 13242 mukaisesta suoritus-tasoilmoituksesta. (Henhelpdesk, viitattu 11.5.2020).

### 4.2.3 Kantavat kerrokset

Kaikissa viidessä urakassa rakennettiin kantavia kerroksia kalliomurskeesta. Yhteensä urakoissa oli käytössä kymmenen eri kiviainesta. Pääosa materiaalien laatudokumenteista tehdyistä huomioista oli samoja kuin jakavan kerroksen murskeista, koska käytettävät tuotteet olivat peräisin samoilta kiviainesalueilta. Jakavan kerroksen kohdalla esitettyjen huomioiden lisäksi:

- Kolmesta kiviaineksesta ei ollut ilmoitettu litteyslukua
- Yhdestä kiviaineksesta ei ollut ilmoitettu iskunkestävyyttä
- Urakassa, jossa rakennettiin kantava kerros louherakenteen päälle, käytettyjen materiaalien suoritustasoilmoituksen kohdassa 7 oleva taulukko "ilmoitetut suoritustasot" ei ollut standardin SFS-EN 13242 mukainen. Materiaalien suoritustasoilmoitusten taulukoista oli poistettu yksittäisiä rivejä.

### 4.2.4 Sidotut päällysteet

Neljässä urakassa rakennettiin tai oli rakennettu päällysteitä seurantajakson aikana. Päällysteistä oli olemassa tyyppitestausraportit, massojen suoritustasoilmoitukset ja CE-merkinnät sekä massan valmistukseen käytettyjen komponenttien laatudokumentit. Useimmiten päällysteitä koskeva laatudokumentaatio oli kuitenkin tallennettu kokonaisuudessaan yhteen kansioon. Kaikissa urakoissa oli käytössä useita asfalttimassoja ja useammassa urakassa päällystyksiä oli tehty kahtena eri vuonna. Laatudokumentaation rakenne oli kaikkiaan melko sekava ja tarkastuksen tekeminen vaati paljon aikaa ja osaamista. Tehty havainto saattaa indikoida, että päällysteisiin liittyvä osaaminen on keskittynyt päällystysurakoitsijoihin.

Toinen merkittävä havainto investointihankkeissa käytettyjen päällysteiden osalta liittyy päällystekiviainesten laatudokumentteihin. Massoihin käytetyistä kiviaineksista oli kyllä olemassa CE-merkinnät ja suoritustasoilmoitukset, mutta Asfalttinormien 2017 mukaan vaadittuja, tuotantoeräkohtaisia nastarengaskulutuskestävyydestien tuloksia ei ollut tallennettu laatuaineistoon yhtä poikkeusta lukuun ottamatta. Kun verrataan päällysteiden ylläpitourakoille tehtyihin tarkastuksiin, ero on merkittävä. Ylläpitourakoiden puolella vaaditut tuotantoeräkohtaiset testitulokset ovat olleet laatuaineiston mukana käytännössä siitä asti, kun niitä on alettu vaatia. Myös tämä voi osaltaan kertoa siitä, että päällysteiden laatudokumentaatioon liittyvässä osaamisessa on kehitettävää.

### 4.2.5 Sitomattomat kulutuskerrokset

Sorapintaisia teitä tehtiin kahden urakan yhteydessä seurantajakson aikana. Toisessa urakassa käytetyn materiaalin laadunosoituksessa oli käytetty rakeisuuden osalta vaatimuksen MaaRYL2010 "Liikennöitävien alueiden kulutuskerrokset"-kohdan vaatimusta. Vaatimus koskee talonrakennukseen liittyviä liikennöityjä alueita, kuten pihvoja ja kulkuteitä. Vaatimus poikkeaa InfraRYL luvun 21440 vaatimuksesta. Materiaali vaihdettiin urakassa vaatimustenmukaiseen.

## 4.3 Kerrosrakenteiden laadunosoitukset – Valmiin rakenteen laadun osoittaminen

Toisessa urakoista, joissa käytettiin suodatinkerrosten hiekkaa, käytettiin itsemittaavaa jyrää. Jyrän tulokset kalibroitiin säteilymittauslaitteen tulosten avulla. Säteilymittauslaitteella mitatut tiiviysasteet olivat vaaditulla tasolla, mutta käytetylle tiiviyyden vertailuarvolle ei ollut tallennettua tietoa laatuaineistossa. Koska urakassa käytettiin kahden eri ottopaikan materiaaleja, näyttäytyi kahden eri vertailuarvon käyttäminen erikoiselta. Vastaava tiiviyyden vertailuarvo puuttui myös toisesta urakasta, jossa käytettiin säteilymittauslaitetta kerroksen tiiviysasteen mittaamiseen.

Jakavan ja kantavan kerroksen tiivistystyön toteamiseen käytettiin kaikissa viidessä urakassa tiiviys/kantavuussuhteen määrittämistä levykuormituskokeella tai pudotuspainolaitteella. Yhdessä urakassa oli tulkittu pudotuspainolaitteen mittaustuloksia virheellisesti. Muutamassa yksittäisessä mittauksessa oli saatu huomattavasti vaadittua minimiarvoa suurempi E2-moduuli. Samalla tiiviys-suhde E2/E1 oli kasvanut aavistuksen yli suhdeluvun, joka oli ilmoitettu alkuperäisen E2-vaatimuksen mukaisesti. Tiiviysuhteen ylityksistä oli laadittu poikkeamaraportit ja kerroksia tiivistetty lisää. Tiiviysuhdetta tulisi kuitenkin arvioida aina suhteessa saavutettuun E2-moduularvoon, ja tässä tapauksessa alkuperäiset mittaustulokset täyttivät vaatimukset.

Yhdessä urakassa levykuormituskoetulokset oli laskettu käytetystä maksimikuormasta. Urakassa oli ollut haasteita saavuttaa vaadittuja E2-moduuleja. Levykuormituskokeiden tulkinta käytiin läpi urakoitsijan kanssa ja laskettiin moduularvot uudelleen InfraRYLin kuvan Liite2:K1 mukaisesti kuormitusväliltä 30...70 %. Urakoitsijan mukaan sama virhe olisi todennäköisesti tehty toisessa tarkastuksen kohteena olleessa urakassa, mutta tätä urakkaa ehdittiin ohjeistaa ennen laadunosoitusmittausten aloittamista.

Yhdessä urakassa levykuormituskoetulokset oli laskettu alusta saakka lähes oikein. Tarkkaa kuormitusväliä 30...70 % ei oltu määritetty, vaan tulokset oli laskettu suoraan kuormitusportaiden kohdalta, eli kuormitusväliltä 33...67 %. Kaikissa viidessä urakassa oli tehty myös materiaalin kelpoisuuskokeita kantavasta kerroksesta. Tehtyjen kelpoisuuskokeiden määrä ja tehdyt määritykset vaihtelivat riippuen urakkakohtaisista vaatimuksista. Kaikista urakoista oli määritetty kantavan kerroksen rakeisuus tai hienoainespitoisuus. Valtaosasta urakoita oli määritetty myös kantavan kerroksen kiviaineksen iskunkestävyys rakenteesta otettujen näytteiden avulla.

## 4.4 Yhteenveto investointihankkeiden laatudokumenttien tarkastuksesta

Kaikissa tarkastuksen kohteina olleissa urakoissa tilaajan tekemää materiaalien laatudokumenttien tarkastusta pidettiin positiivisena asiana. Suuri osa urakoitsijoista kertoi, että heidän oma osaamisensa esimerkiksi suoritusasoilmoitusten tulkinnassa on puutteellista, ja toimitettuihin dokumentteihin luotetaan sellaisenaan. Tarvetta nyt tehdyn kaltaiselle tarkastustoiminnalle on myös jatkossa.

Suurimmat havaitut poikkeamat liittyivät hankkeilla käytettyjen kiviainesten laatudokumentteihin. Valtaosa poikkeamista oli merkintätekniisiä eikä vaikuttanut kiviainesten kelpoisuuteen. Joukossa oli myös muutamia käyttötarkoitukseen nähden puutteellisia dokumentteja. Dokumentit tai tuotantoeriin liittyvät koetulokset kuitenkin saatiin kaikista materiaaleista, viimeistään kun niitä erikseen tiedusteltiin materiaalitoimittajilta.

Toinen merkittävä havainto liittyi kiviainesten suoritustasoilmoitusten muotoon. Suoritustasoilmoituksen muoto, ja osin sisältö vaihtelevat materiaalityötoimittajan mukaan verrattuna kuvassa 15 esitettyyn, tuotestandardiin perustuvaan muotoon. Kullakin kiviainestoimittajalla on hieman oma tapansa tehdä suoritustasoilmoituksia. Kuitenkin Rakennustuoteasetus ja tuotestandardi määrittelevät, mitä ominaisuuksia kiviaineksestä tulee ilmoittaa. Taulukoiden vertailtavuus ja samalla todennäköisesti myös työmaahenkilöstön ymmärrys suoritustasoilmoituksessa ilmoitettavista ominaisuuksista paranisivat, jos suoritustasoilmoitukset olisivat yhtenäisiä. Tällä hetkellä materiaalia hankkiva taho voi saada aina hieman erinäköisen ja -sisältöisen suoritustasoilmoituksen materiaaleja hankkiessaan.

Kerrosrakenteiden laadunosoitusten yhteydessä havaittiin mittaustulosten käsittelyyn ja verifiointiin liittyviä poikkeamia. Levykuormituskoetuloksista oli laskettu moduularvoja väärällä menetelmällä. Myös tiiviysasteen mittaamisessa tarvittavat materiaalikohtaiset tiiviydentarkkuusarvot puuttuivat laatuaineistosta. Puutteet saattavat kertoa ainakin osin siitä, että toteuttajilla ei ole kattavaa kokonais käsitystä tiiviydentarkkailusta, vaan lukuarvoja mitataan, koska näin on vaadittu. Saatavat tulokset eivät ohjaa toimintaa riittävällä tavalla.



## 5 Geosynteettien laatudokumenttien tarkastukset

Vuonna 2019 tarjottiin kaikille Väyläviraston tiehankkeille mahdollisuutta osallistua keskitettyyn geosynteettien laatudokumenttien tarkastukseen. Kaikkiaan tarkastukseen osallistui kahdeksan hanketta tai urakkaa.

### 5.1 Tarkastuksen kulku

Tarkastuksen aluksi lähetettiin Väyläviraston Projektien toteutusosastolle tiedote tehtävästä tarkastuksesta ja annettiin mahdollisuus osallistua tarkastukseen. Halukkaat ottivat yhteyttä tutkimuksen tekijöihin. Seuraavaksi kartoitettiin hankekohtaisesti osallistuvassa kohteessa käytettävät geosynteetit ja niille kohdekohtaisesti asetetut vaatimukset. Suunnitelmia ei käyty tarkasti läpi, vaan tutkimuksessa luotettiin hankkeelta saatuihin tietoihin hankekohtaisesti asetetuista vaatimustasoista.

Seuraavassa vaiheessa pyydettiin käytettävien geosynteettien laatudokumentit ja tarkistettiin dokumenttien sisältö. Tehdyistä havainnoista annettiin hankekohtainen palaute ja opastettiin sekä avustettiin mahdollisissa toimenpiteissä.

### 5.2 Tarkastuksen yhteenveto

Yhteenveto tehdyistä havainnoista on esitetty taulukossa 6. Geosynteettien laatudokumentaatio oli lähtötilanteessa varsin kirjavaa. Suodatinkankaiden osalta oli tyypillistä, että tuotteesta oli laatuaineistossa jokin dokumentti. Joskus tuotteesta oli tallennettu pelkkä suoritusasiainfo, joskus pelkkä kolmannen osapuolen laadunvalvontasertifikaatti. Jos suodatinkankaista oli molemmat em. dokumentit laatuaineistossa, ne eivät yleensä liittyneet samaan tuotantoerään.

Työmaalle tullessiin tuotantoeriin oli keskimäärin vaikeaa päästä käsiksi, koska urakoissa ei oltu tehty tai ainakaan dokumentoitu riittävällä tasolla työmaalla tehtäviä vastaanottotarkastuksia. Pelkkien dokumenttien perusteella on myös mahdotonta jälkikäteen selvittää työmaalle tullutta tuote-erää, kun tuotteet on asennettu ja pakkaukset hävitetty.

Bentoniittimattojen osalta molemmissa urakoissa tarkastukset saatiin aloitettua riittävän aikaisessa vaiheessa, jolloin pohjaveden suojauksessa käytetyille bentoniittimatoille ja ohutmuoveille tehtiin asianmukainen vastaanottotarkastus. Bentoniittimattojen osalta myös valmistajien toimittamat kuormakirjat helpottavat tuote-erän seurantaa.

Hankkeen alkuvaiheessa tehty tarkastus näkyy myös urakan 5 tuloksissa (taulukko 6). Bentoniittimaton tiedot oli tallennettu ensimmäisenä laatuaineistoon, ja sen dokumentaatiota päästiin tarkastelemaan yhdessä urakoitsijan kanssa ennen kuin tuotteita tuli työmaalle. Prosessi saatiin kuntoon alusta asti, ja myös suodatinkankaiden osalta toimittiin asianmukaisesti ja laatuaineiston dokumentit liittyivät samoihin tuote-eriin.

Taulukko 6. Geosynteettien laatudokumenteille tehdyn tarkastuksen keskeiset huomiot.

Urakka	Tuote	Suoritustaso- ilmoitus	NorGeoSpec- sertifikaatti	Vastaanotto- tarkastus
1	Lujiteverkko	2016	2018-2020	Tuote-erä 2018
	Suodatinkangas N3	2017	2018-2020	Sama kuin DoP
	Suodatinkangas N4	2017	2018-2020	Ei dokumentoitu
	Suodatinkangas N5	2017	2018-2020	Ei dokumentoitu
2	Suodatinkangas N2	Ei dokumenttia	Ei dokumenttia	Kuormakirja
	Suodatinkangas N3	Ei dokumenttia	Ei dokumenttia	Kuormakirja
3	Suodatinkangas N3	Ei dokumenttia	2018-2020	Ei dokumentoitu
	Suodatinkangas N5	Ei dokumenttia	2018-2020	Ei dokumentoitu
4	Suodatinkangas N3	2014	Ei dokumenttia	Tuote-erä 2017
	Suodatinkangas N5	2014	Ei dokumenttia	Tuote-erä 2018
5	Suodatinkangas N3	2018	2018-2020	Tuote-erä 2018
	Suodatinkangas N4	2018	2018-2020	Tuote-erä 2018
	Suodatinkangas N5	2018	2018-2020	Tuote-erä 2018
	Bentoniittimatto	2019	-	Tuote-erä 2019
	Ohutmuovi	2018	-	Tuote-erä 2018
6	Suodatinkangas N3	2014	Ei dokumenttia	Ei dokumentoitu
	Suodatinkangas N4	2013	2014-2016	Ei dokumentoitu
7	Suodatinkangas N4	2014	2016-2018	Ei dokumentoitu
	Suodatinkangas N4	2018	2018-2020	Ei dokumentoitu
8	Suodatinkangas N3	2013	2016-2018	Ei dokumentoitu
	Suodatinkangas N4	2013	2016-2018	Ei dokumentoitu
	Suodatinkangas N5	2013	2016-2018	Ei dokumentoitu
	Suojageotekstiili	2016	-	Ei dokumentoitu
	Bentoniittimatto	2018	-	Tuote-erä 2018
	Ohutmuovi	2017	-	Tuote-erä 2017
	Lujitekangas	2018	-	Ei dokumentoitu

Yleisellä tasolla geosynteettien laatudokumenttien tarkastuksen havainnot olivat samankaltaisia kuin kiviainesten dokumenttien osalta. Työmaahenkilöstö luotti toimitettuihin dokumentteihin sellaisenaan ja ne vain tallennettiin laatuaineistoon. Seikka käy hyvin ilmi myös esimerkiksi urakan 8 suojageotekstiilin osalta. Suojageotekstiilin dokumentit on tallennettu laatuaineistoon, mutta dokumentteja ei ole tarkastettu. Suojageotekstiilin dokumentissa ei nimittäin oltu ilmoitettu lainkaan suojausominaisuuksia.

### 5.3 Havainnot laminoitun bentoniittimaton asentamisesta

Markkinoille on tullut uusia geosynteettisiä tuotteita, joilla pyritään vastaamaan käyttökohteissa ilmenneisiin tarpeisiin. Yksi niistä on laminoitu bentoniittimatto, jossa bentoniittimaton pintaan on termisesti kiinnitetty nystyröity kalvopinta (kuva 16). Laminoitu bentoniittimatto sisältää mineraalisen tiivistyskerroksen ja tiivistyskalvon, jolloin yhden tuotteen asentamisella saadaan toteutettua maanteiden pohjavedensuojusrakenteissa koko vettäläpäisemätön rakenne yhdellä työvaiheella.



Kuva 16. Laminoitun bentoniittimaton rakenne. (Leppänen 2019)

Tämän tutkimuksen yhteydessä käytiin tutustumassa laminoitun bentoniittimaton asentamiseen. Laminoitua bentoniittimattoa käytetään hankkeessa pohjavedensuojusrakenteissa useammassakin kohdassa. Kuvassa 17 on yleiskuva työmaasta ja kuvassa 18 käynnissä olevasta työvaiheesta.

Kohteessa käytettiin ojan pohjalla myös hitsattua tiivistyskalvoa. Suojageotekstiilillä saatiin saumakohdat pidettyä hyvin puhtaina ennen saumasta. Kohteessa käytetyn suojageotekstiilin neliöpaino oli  $1000 \text{ g/m}^2$ . Suojageotekstiili on parantanut työturvallisuutta ja työmaan mielestä myös merkittävästi vähentänyt kalvon työnaikaisen vaurioitumisen riskiä. Suojageotekstiilin päälle levitettiin  $0...32 \text{ mm}$  kalliomurskettä (kuva 18). Työpatjan vähimmäispaksuus telakoneen alla on  $500 \text{ mm}$ .



Kuva 17. Yleiskuva pohjavedensuojaustyömaasta. (Leppänen 2019)



Kuva 18. Tutustumiskäynnillä käynnissä oleva työvaihe. Murskeen levitystä asennetun laminoitun bentoniittimatton, ojan pohjaan asennetun tiivistyskalvon ja suojageotekstiilin päälle. (Leppänen 2019)

Kitkikalvolla laminoitun bentoniittimaton merkittävimmät erot verrattuna bentoniittimaton ja ohutmuovin yhdistelmään:

- Suurempi jäykkyys
- Suurempi neliöpaino
- Parempi pintakitka kuin muovikalvolla
- Vähemmän materiaalien välisiä rajapintoja
- Yksi työvaihe vähemmän
- Läpivientiratkaisujen toteutus ennakkosuunnittelu tarpeen

Laminoitun bentoniittimattotuotteen neliöpaino on suurempi kuin tavanomaisen bentoniittimaton, joten rullat ovat painavampia ja niiden käsittely hankalampaa. Yhdessä rullassa on myös vähemmän neliöitä, joten kuljetus- ja käsittelymäärä hieman kasvaa. Maton leikkaamisessa kuluu terä enemmän kuin tavanomaista bentoniittimattoa leikatessa eikä mattoveitsi ole riittävä.

Laminoitu bentoniittimatto on paksua ja jäykkää, mikä pitää huomioida detaljien suunnittelussa. Läpivientejä ei voi toteuttaa samaan tapaan kuin tavallisella bentoniittimatolla, sillä tuote ei taivu. Taitteiden pitää olla loivempia ja kulmien pyöristettyjä. Asentaminen suoraviivaisiin rakenteisiin on helppoa, mutta mutkat ja kaaret ovat haasteellisia.

Kitkikalvolla laminoitun bentoniittimaton pintakitka on huomattavasti parempi kuin ohutmuovilla tai tiivistyskalvolla, mikä parantaa työmaan turvallisuutta ja rakennekerrosten työnaikaista pysyvyyttä luiskassa. Toisaalta matosta irtoaa rullalla bentoniittijauhetta laminoituille pinnalle, mikä vähentää pintakitkaa ja yhdessä työmaapölyn kanssa likaa kalvon pinnan (kuva 19). Hankkeessa käytetyssä tuotteessa bentoniitti on jauhemaista ja kuivaa, aiheuttaen enemmän pölyaltistusta työntekijöille.

Laminoitu bentoniittimatto limitettiin työmaalla vähintään 500 mm (kuva 20). Matossa on merkinnät 300 mm päässä reunasta. Materiaalimenekki on suurempi kuin tavallisella bentoniittimatolla, jolla vähimmäislimititys on InfraRYLin mukaan 300 mm, ja pienempi kuin muovikalvolla, jolla limititys ojan pohjalla on 2000 mm.



Kuva 19. Laminoidun bentoniittimaton pinnalle jää irtonaista bentoniittijauhetta. (Leppänen 2019)



Kuva 20. Laminoidun bentoniittimaton limitys. (Leppänen 2019)

## 6 Raidesepelin tutkimukset vuosina 2017-2019

Raidesepelin laatua on tutkittu vuosina 2017-2019. Vuonna 2019 tarkastettiin raidesepelin ominaisuuksia viidessä kohteessa. Kolmen vuoden aikana on tarkastettu raidesepelin ominaisuudet yhteensä 16 kohteessa.

Vuonna 2017 tarkastettiin viiteen kohteeseen asennettua raidesepeliä. Kahdessa kohteessa sepelin tuotantopaikka oli sama (kohteet 3 ja 4), joten yhteensä 2017 tarkastettiin neljän kiviaineksen ominaisuudet. Poikkeamia havaittiin erityisesti raidesepelin muoto-ominaisuuksissa. Kaksi materiaalia neljästä ei täyttänyt raidesepelille Suomessa käytössä olevaa, standardin SFS-EN 933-4 mukaan määritettyä muotoarvoluokkaa S120. Lisäksi yhdessä materiaalissa havaittiin iskunkestävyyspoikkeama. Yhteen veto vuosina 2017-2019 tutkittujen raidesepelien materiaaliominaisuuksien poikkeamista on esitetty taulukossa 7.

Merkittävin huomio vuonna 2017 tutkittuihin raidesepelisiin liittyen oli varin runsas pitkien rakeiden osuus, noin 20...25 %-yksikköä. Pitkillä rakeilla tarkoitetaan suurimmalta särmämitaltaan > 100 mm pitkiä rakeita. Julkaisussa SFS 7007, "Raidesepelikiviaineksilta vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot" on asetettu Suomessa käytettäväksi luokka D, joka tarkoittaa, että > 100 mm pitkiä rakeita saa olla valmistettavassa raidesepelissä enintään 12 %-yksikköä.

Raidesepelin muotoarvo testataan standardin (SFS-EN 933-4) mukaisesti lajitteesta 31,5 / 63 mm. Pitkien rakeiden osuus määritetään standardin (SFS-EN13450) mukaisesti koko raidesepelien raekokojakaumasta. Kun esimerkiksi rakeisuusluokan F sepelin raekokojakauman vaatimuksissa on määritetty läpäisy 63 mm:n seulalla välille 93...99 % ja 80 mm seulalle 100 %, jää muotoarvotestistä pois 63...80 mm kokoiset rakeet. Nämä rakeet ovat luonnollisesti myös potentiaalisesti > 100 mm pitkiä.

Osassa tarkastettujen materiaalien suoritusasoilmoituksista on ollut pitkien rakeiden osalta luokan D merkintä (> 100 mm rakeiden osuus ≤ 12 %), mutta tutkittujen näytteiden perusteella niissä on ollut 20 % tai enemmän pitkiä rakeita. On mahdollista, että näissä tapauksissa myös pitkien rakeiden osuus on testattu vain alle 63 mm lajitteesta.

Vuonna 2018 tarkastettiin kuudessa kohteessa käytetty raidesepeli. Havainnot olivat pitkien rakeiden osuuden osalta samankaltaisia kuin vuonna 2017. Jälleen yhdessä tutkitussa raidesepelissä havaittiin iskunkestävyyspoikkeama.

Lisäksi vuonna 2018 yhdessä kohteessa materiaali oli todella karkearakeista. Kohteessa käytetty määrä oli melko pieni ja raidesepeli oli tuotu työmaalle väli-varastosta. Tuotannonaikaisessa laadunvarmistuksessa ei havaittu poikkeamia. Todennäköinen selitys karkearakeisuudelle liittyy väli-varastointiin. Materiaalikesän rakentamiseen ei todennäköisesti oltu kiinnitetty riittävästi huomiota ja materiaali on lajittunut kasalla. Tällöin tarkastettuun kohteeseen on tullut liian karkearakeista materiaalia ja vastaavasti johonkin toiseen kohteeseen on päätyntä liian hienorakeista materiaalia.

Vuonna 2019 tarkastetuissa materiaaleissa pitkien rakeiden osuus oli keskimäärin hieman laskenut. Tarkastettujen materiaalien joukossa oli myös yksi raidesepeli, joka täytti pitkien rakeiden luokan D vaatimukset (> 100 mm rakeiden osuus ≤ 12 %). Tosin tässä kyseisessä raidesepelissä havaittiin iskunkestävyyspoikkeama.

Muotoarvon osalta vuonna 2018 havaittiin yksi poikkeama. Vuonna 2019 ei ollut muotoarvopoikkeamia yhdessäkään tuotteessa. Tutkimuksen aikana on siis havaittu pientä kehitystä raidesepelin geometrisissä ominaisuuksissa, mutta kehitystä tarvitaan edelleen, jotta materiaalit olisivat kaikilta osin vaatimusten mukaisia.

*Taulukko 7. Tutkituista raidesepeleistä vuosina 2017-2019 havaitut poikkeamat materiaaliominaisuuksissa.*

Vuosi	Kohde	> 100 mm rakeiden osuus	Muut poikkeamat ominaisuuksissa
2017	RSA	> 20 %	-
	RSB	> 20 %	Muotoarvo, Iskunkestävyys
	RSC	n. 20 %	Muotoarvo
	RSD	n. 20 %	Muotoarvo
	RSE	> 20 %	-
2018	RTA	> 20 %	-
	RTB	> 20 %	-
	RTC	> 20 %	Muotoarvo
	RTD	> 20 %	-
	RTE	> 20 %	Raekokojakauma
	RTF	n. 15 %	Iskunkestävyys
2019	RRA	n. 20 %	-
	RRB	n. 20 %	-
	RRC	Luokka D	Iskunkestävyys
	RRD	n. 15 %	Iskunkestävyys, Kulutuskestävyys
	RRE	n. 15 %	-

Vuosina 2017 ja 2018 tutkituista materiaaleista saatiin tarvittavat laatudokumentit. Materiaalien suoritustasoilmoituksissa oli pieniä merkintäteknisiä poikkeamia (taulukko 8). Tyypillisesti jonkin ominaisuuden luokka oli merkitty tiukemmaksi kuin Suomessa käytetty vaatimustaso on. Esimerkiksi hienoaineksen määrää kuvaavan puhtauden osalta oli käytetty luokkaa A, kun Suomessa on käytössä aina luokka B.



Huolestuttavaa sen sijaan oli, että vuonna 2019 tarkastetuista sepeleistä yhdestä ei saatu minkäänlaisia laatudokumentteja. Toisesta sepelistä ei saatu CE-merkintää ja suoritustasoilmoitusta, vaan yksittäisiä tuotannonaikaisia testituloksia.

*Taulukko 8. Tutkituista raidesepeleistä vuosina 2017-2019 havaitut poikkeamat laatudokumenteissa.*

Vuosi	Kohde	> 100 mm rakeiden osuus	Muut poikkeamat laatudokumenteissa
2017	RSA	Ei ilmoitettu	-
	RSB	Ei ilmoitettu	-
	RSC	Ei ilmoitettu	Merkitty Puhtaus A
	RSD	Ei ilmoitettu	Merkitty Puhtaus A
	RSE	Ei ilmoitettu	Merkitty hienoainesluokka (pitäisi merkitä Puhtaus)
2018	RTA	Ei ilmoitettu	Merkitty vedenimeytymistestin tulos Jäädytys-sulatuskestävyyden kohdalle
	RTB	Ei ilmoitettu	-
	RTC	Ei ilmoitettu	-
	RTD	Ei ilmoitettu	Merkitty Puhtaus A Merkitty vedenimeytymistestin tulos Jäädytys-sulatuskestävyyden kohdalle
	RTE	Luokka D	-
	RTF	Ei ilmoitettu	Merkitty vedenimeytymistestin tulos Jäädytys-sulatuskestävyyden kohdalle
2019	RRA	Ei ilmoitettu	-
	RRB	-	Ei suoritustasoilmoitusta
	RRC	Luokka D	Suoritustasoilmoituksen muoto virheellinen
	RRD	-	Ei laatudokumentteja
	RRE	Luokka D	-

## 7 Radan alusrakennekerrosten materiaalien tutkimukset vuosina 2015-2019

Radan alusrakennekerrosten materiaalien ominaisuuksia on tutkittu vuosina 2015-2017 ja 2019. Yhteensä alusrakennekerrosten materiaaleja on tarkastettu 21 kohteesta. Vuonna 2019 tarkastettiin kolmessa kohteessa käytettyjä alusrakennemateriaaleja.

Lisäksi vuosina 2015-2016 tehtiin tutkimuksia olemassa olevien alusrakennekerrosten ominaisuuksista. Niiden tutkimushavainnot on esitetty aiemmissa tutkimusraporteissa.

### 7.1 Eristys- ja välikerroksessa käytettävät kalliomurskeet

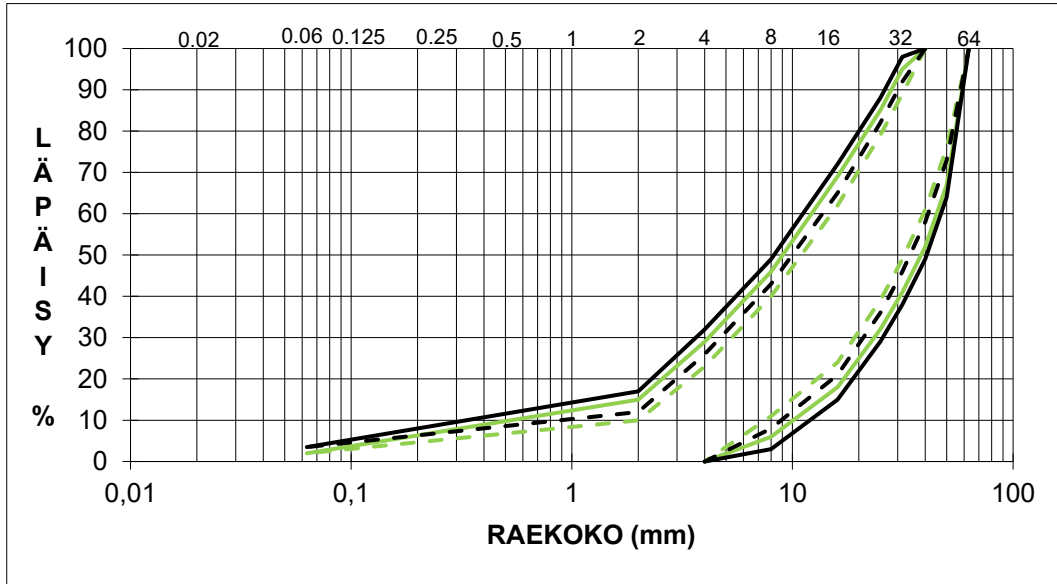
Tutkimuksen aikana on tarkastettu eristys- ja välikerroksessa käytettäviä kalliomurskeita yhteensä 12 kohteesta. Vuonna 2019 tarkastettiin yhdessä kohteessa käytetty materiaali. Yhteenvedo havaituista materiaaliominaisuuksien poikkeamista on esitetty taulukossa 9. Materiaaliominaisuuksien poikkeamia on havaittu 2/3 kohteista. Havaitut poikkeamat ovat liittyneet materiaalien mekaanisiin ominaisuuksiin ja raekokojakaumaan.

Tyypillisimmin poikkeama on liittynyt materiaalin hienoainespitoisuuteen. Tuotannon aikana eristys- ja välikerrosmurskeessa saa olla enintään 2 %-yksikköä hienoainesta ( $\leq 0,063$  mm lajite). Vaatimus on tiukempi verrattuna esimerkiksi tien kantavan kerroksen murskeeseen. Koska varsinkin alueellisesti ratarakenteeseen soveltuvan murskeen menekki vaihtelee, ei tämäntyyppinen materiaali kuulu kiviainestoimittajien normaaliin vuosittaiseen tuotantoon valtakunnallaajuisesti. Esimerkiksi kunnossapidon hankkeissa yhdessä kohteessa muodostuva tarve on pieni, eikä tällaista kohdetta varten yleensä valmisteta erillistä tuote-erää. Kohteissa onkin voitu käyttää alun perin toista käyttötarkoitusta varten valmistettua mursketta.

*Taulukko 9. Eristys- ja välikerroksessa käytettävissä kalliomurskeissa havaitut poikkeamat materiaaliominaisuuksissa vuosina 2015-2019.*

Vuosi	Kohde	Poikkeamat materiaaliominaisuuksissa
2015	RA	Iskunkestävyys
	RB	Liian hienorakeinen, liikaa hienoainesta
	RD	Liikaa hienoainesta
	RE	Liikaa hienoainesta
2016	RC	Liikaa hienoainesta
	RD	Kulutuskestävyys
	RE	Ei poikkeamia
2017	RAB	Iskunkestävyys, liikaa hienoainesta
	RAD	Iskunkestävyys, raekokosuhte
	RAF	Ei poikkeamia
2019	RRF	Ei poikkeamia

InfraRYL:n vuonna 2018 julkaistussa versiossa on päivitetty eristys- ja välikerroksissa käytettävien kalliomurskeiden raekokojakauman vaatimuksia siten, että rakenteesta tiivistämisen jälkeen tehtyjen laadunosoitusmittausten perusteella materiaalin hienoainespitoisuus voi olla enintään 3,5 %-yksikköä, läpäisy 0,125...2 mm seuloilla 2 %-yksikköä suurempi ja materiaalin läpäisy 4...63 mm:n seuloilla vastaavasti 3 %-yksikköä suurempi tai pienempi kuin alkuperäisessä materiaalivaatimuksessa. Erotus on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Eristys- ja välikerroksissa käytettävät kalliomurskeen rakeisuusvaatimukset. Vihreällä värillä on kuvattu tuotannonaikaiset vaatimukset ja mustalla värillä vaatimukset rakenteesta tehtävälle laadunosoitukselle.

Muutos raekokojakaumassa mahdollistaa alun perin esimerkiksi tierakenteeseen käytetyksi aiotun murskeen käytön ratarakenteessa. Jos tarkastellaan taulukossa 9 esitettyjä poikkeamia havaituissa materiaalien mekaanisissa ominaisuuksissa ja taulukossa 10 esitettyjä, tutkimuksen aikana havaittuja poikkeamia materiaalien suoritustasoilmoituksissa, huomataan, että laadudokumentit etukäteen tarkastamalla olisi valtaosa mekaanisten ominaisuuksien poikkeamista voitu havaita jo niiden dokumenteista. Vastaavasti materiaali oltaisiin voitu hylätä, koska sillä ei ole ollut suoritustasoilmoitusta.

Tutkimuksessa havaittiin puutteita materiaalien hankintaosaamisessa. Materiaaleja hankkiva taho hankkii rakenteeseen kelpaavaa materiaalia esimerkiksi ohjeilla "Tarvitaan 0/56 mm mursketta EV". Valtaosa paikallisista kiviainestoitajista ei tiedä, mitä tarkoittaa EV (eristys- ja välikerros). Materiaalia hankkiva taho taas ei välttämättä osaa lukea materiaalista toimitettavaa suoritustasoilmoitusta, josta luultavasti puuttuu jonkin ominaisuuden tieto. Kun lisäksi laadudokumentit ovat usein jälkijättöisiä, ei edes tilaajan edustaja pysty tarkistamaan dokumenttia ennen kuin materiaali on jo rakenteessa. Laadunhallintaosaaminen ja hankkeen prosessi vaativat kehittämistä, jotta edellä kuvatun kaltaisilta tilanteilta vältytään tulevaisuudessa. Etenkin, kun rakenteesta tehtyjen kelpoisuuskokeiden avulla voidaan käyttää toiseen käyttötarkoitukseen valmistettuja murskeita.

Taulukko 10. Eristys- ja välikerroksessa käytettävissä kalliomurskeissa havaitut poikkeamat laatudokumenteissa vuosina 2015-2019.

Vuosi	Kohde	Poikkeamat laatudokumenteissa
2015	RA	Ei suoritustasoilmoitusta
	RB	Merkitty vedenimeytyminen virheellisesti
	RD	Ei ilmoitettu kulutuskestävyyttä, hienoainesluokka
	RE	Hienoainesluokka
2016	RC	Hienoainesluokka
	RD	Ei ilmoitettu kulutuskestävyyttä, hienoainesluokka
	RE	Hienoainesluokka
2017	RAB	Hienoainesluokka
	RAD	Ei suoritustasoilmoitusta
	RAF	Hienoainesluokka
2019	RRF	Hienoainesluokka

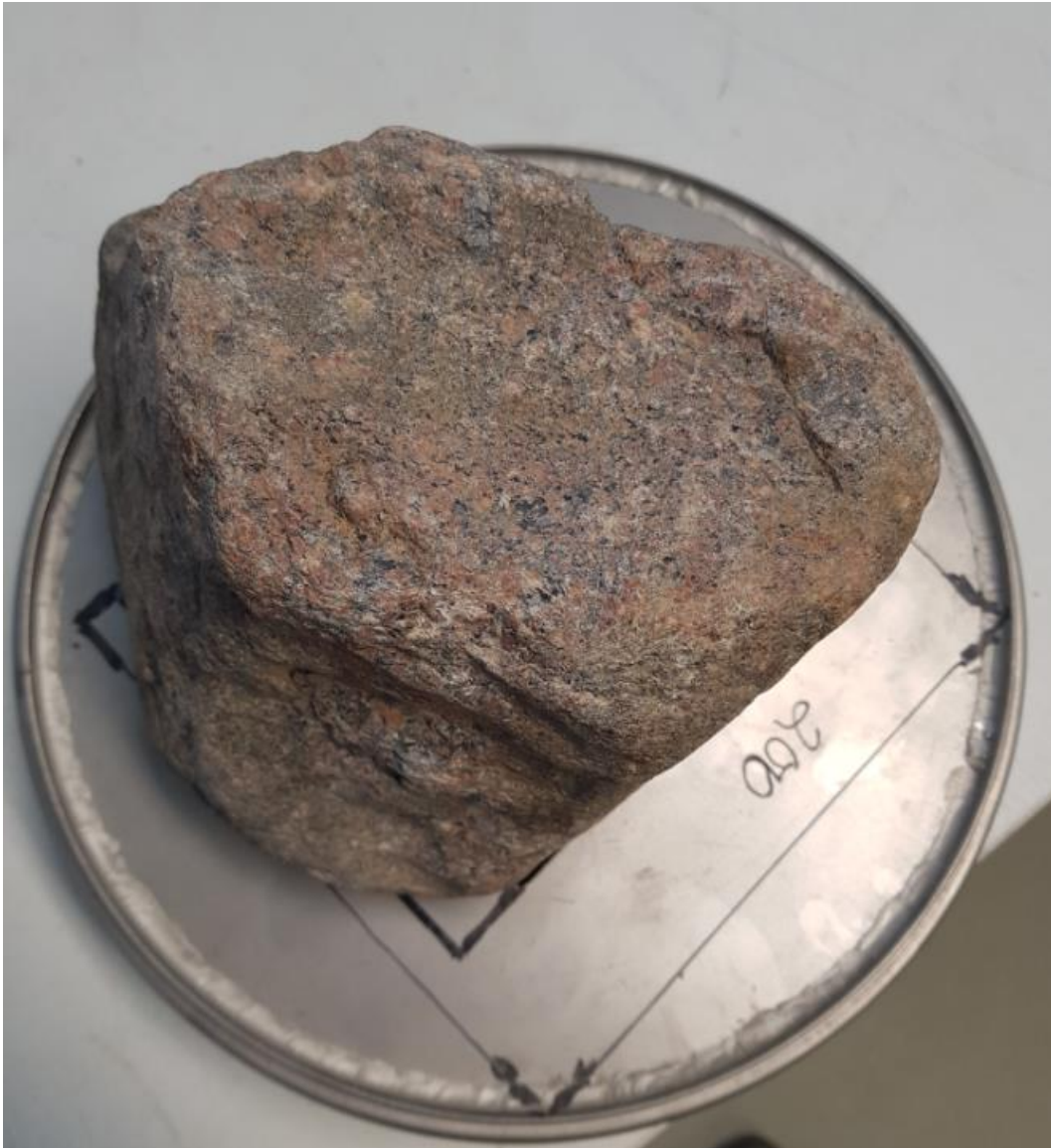
## 7.2 Eristys- ja välikerroksessa käytettävät luonnon lajittamat materiaalit

Tutkimuksen aikana on tarkastettu eristys- ja välikerroksessa käytettäviä luonnon lajittamia materiaaleja yhteensä yhdeksästä kohteesta. Vuonna 2019 tarkastettiin kahdessa kohteessa käytetyt materiaalit. Yhteenvedo havaituista materiaaliominaisuuksien poikkeamista on esitetty taulukossa 11. Yhteensä poikkeamia on havaittu hieman yli puolessa kohteista.

Vuonna 2019 tutkituissa kahdessa luonnonsorassa oli molemmissa yli 150 mm rakeita (kuvat 22 ja 23). Ylisuuret rakeet voivat alkaa liikkumaan rakenteen roustaantuessa ja aiheuttaa raidegeometrian muutoksia. Molemmissa tapauksissa materiaalin ottopaikalla tehdyn laadunvalvonnan perusteella ylisuuria rakeita ei oltu havaittu, joten joko ottopaikan tuotantoprosessi on muuttunut tai laadunosoitustulokset eivät alun perin edusta toimitettua materiaalia. On todennäköistä, että ottopaikan laadunvalvonta on tehty välpätylle materiaalille, jolloin ylisuuret rakeet saadaan poistettua. Työmaalle tuotaessa materiaali on todennäköisesti kuormattu suoraan rintauksesta.



*Kuva 22. Luonnonsorasta rakennetun välikerroksen pinnalta otettu osanäyte, jossa oli suuria rakeita.*



*Kuva 23. Esimerkki suuresta kivistä. Suurimmat tutkituissa näytteissä olleet kivet olivat noin 200 mm rakeita.*

Hiekkamateriaalien osalta on havaittu poikkeamia materiaalin raekokosuhteessa ja raekokojakaumassa. Tutkitut näytteet ovat tällöin olleet jonkin verran hienorakeisempia verrattuna materiaalista toimitettuihin tietoihin. Materiaalin ominaisuudet ovat saattaneet muuttua ottopaikalla, eikä tätä ole havaittu ottopaikan laadunvalvonnassa.

Vuonna 2015 havaittiin yhdessä kohteessa poikkeama, jossa luonnonsoraksi ilmoitetussa materiaalissa käytännössä kaikki yli 4 mm rakeet olivat murtopintaisia. Jos materiaali olisi oikeasti luonnonlajittama, sisältäisi se pyöristyneitä rakeita.

*Taulukko 11. Eristys- ja välikerroksessa käytettävissä luonnonmateriaaleissa havaitut poikkeamat materiaaliominaisuuksissa vuosina 2015-2019.*

<b>Vuosi</b>	<b>Kohde</b>	<b>Poikkeamat materiaaliominaisuuksissa</b>
2015	RC	Ei poikkeamia
	RF	Materiaalissa murskaantuneita rakeita, ei todennäköisesti luonnonmateriaali
2016	RA	Ei poikkeamia
	RB	Ei poikkeamia
2017	RAA	Raekokosuhde
	RAC	Ei poikkeamia
	RAE	Liian hienorakeinen välikerrokseen
2019	RRG	yli 150 mm rakeita
	RRH	yli 150 mm rakeita

Luonnonlajittamien materiaalien laatudokumentit ovat yleensä kunnossa (taulukko 12). Yksi luonnonmateriaali olisi pitänyt CE-merkitä, koska materiaali oli seulottu (valmistettu) ja se kuului rakeisuudeltaan harmonisoidun tuotestandardin piiriin.

Materiaaleista on toimitettu rakeisuustutkimusten tuloksia, eikä niissä ole havaittu poikkeamia verrattuna vaatimuksiin. Toisaalta tutkituista näytteistä poikkeamia materiaaliominaisuuksissa on havaittu säännöllisesti. Myös tämä havainto kertoo siitä, että työmaalle tuleviin materiaaleihin ei kiinnitetä riittävästi huomiota.

*Taulukko 12. Eristys- ja välikerroksessa käytettävissä luonnonmateriaaleissa havaitut poikkeamat laatudokumenteissa vuosina 2015-2019.*

<b>Vuosi</b>	<b>Kohde</b>	<b>Poikkeamat laatudokumenteissa</b>
2015	RC	Merkitty SSr, ei suoritustasoilmoitusta
	RF	Ei poikkeamia
2016	RA	Ei poikkeamia
	RB	Ei poikkeamia
2017	RAA	Ei poikkeamia
	RAC	Ei poikkeamia
	RAE	Ei poikkeamia
2019	RRG	Ei poikkeamia
	RRH	Ei poikkeamia
2019	10	Ei suoritustasoilmoitusta
	11	Hienoainesluokka
	12	Hienoainesluokka

## 8 Yhteenveto ja toimenpidesuosituks

Tutkimus on kestänyt tähän mennessä kuusi vuotta. Pistokoemaisessa näytteenotossa on havaittu poikkeamia materiaaliominaisuuksissa kaikissa testatuissa materiaaleissa. Tiettyjen materiaalien osalta tilaajan keskitetyllä laadunvalvonnalla on ollut selvä positiivinen vaikutus, mutta osassa materiaaleja vaikutukset ovat jääneet vähäisiksi. Kaikkien materiaalien laatudokumenteissa on havaittu vähintään pieniä poikkeamia säännöllisesti.

Vuonna 2019 otettiin näytteitä tierakennemateriaalien osalta päällystekiviaineksista ja asfalttimassoista sekä sorateiden kulutuskerrosmurskeista. Asfalttimassojen testaamisen yhteydessä tarkasteltiin asfalttiaseman tuotantoprosessia myös laajemmin. Lisäksi tarkasteltiin materiaalien laatudokumentteja valikoiduista Väyläviraston investointihankkeista. Ratarakenteissa käytettävistä kiviaineksista testattiin raidesepeleitä ja radan alusrakennekerroksissa käytettäviä materiaaleja.

Geosynteettien osalta selvitettiin hankkeilla käytettävien materiaalien laatudokumentaatiota. Geosynteettisten materiaalien laatudokumentit tarkastettiin tutkimuksessa mukana olleilta Väyläviraston investointihankkeilta ja tuotteiden laatudokumenteissa ilmoitettuja tietoja verrattiin hankkeiden ilmoittamiin tuotteilta vaadittaviin ominaisuuksiin.

### 8.1 Päällystekiviainekset ja asfalttiasemien tuotantoprosessi

Pitkäjänteisen tilaajan tekemän päällystekiviainesten pistokoevalvonnan avulla on saatu hyviä tuloksia. Vuosittainen otanta toki vaihtelee, mutta havaittujen laatu-poikkeamien määrä on pienentynyt. Vuonna 2019 testatuista kiviaineksista havaittiin yksi litteyslukupoikkeama.

Tutkimuksessa otetut asfalttimassanäytteet vastasivat erittäin hyvin suunniteltua ja ilmoitettua massan koostumusta. Tyypillisesti tutkittujen massanäytteiden poikkeamat verrattuna kunkin testatun massan tyyppitestausraportissa esitettyyn raekokojakumaan olivat yksittäisillä seuloilla  $\pm 1...3$  %-yksikköä. Tutkittujen näytteiden sideainepitoisuus poikkesi enimmillään 0,2 %-yksikköä tyyppitestausraportissa ilmoitetusta arvosta. Kolmessa tapauksessa viidestä ero oli alle 0,1 %-yksikköä. Tutkimuksessa otetut näytteet vastasivat hyvin myös asemien omia tuotannon laadunvalvontanäytteitä. Ainoastaan asfalttimassanäytteiden ottotapa poikkesi asemien välillä. Kaikki käytetyt näytteenottotavat täyttivät standardien vaatimukset, joten eri urakoitsijoilla ja laboranteille on vain käytössä erilaisia menetelmiä massanäytteiden ottamiseen.

Massan valmistus oli hyvin tasalaatuista kaikilla tarkastetuilla asemilla. Vaikka massan valmistus pilkottiin annoskohtaiseksi, oli hajonta esimerkiksi sideainepitoisuudessa enintään noin  $\pm 0,1$  %-yksikön luokkaa vaakojen punnitustuloksista laskettuna. Massan valmistuksen voitiin todeta olevan tasalaatuista ja tyyppitestausraportin mukaista kaikissa tarkastuksissa.



Massan valmistuksen seurantaan varten tarkastettiin myös asfalttimassaa koskevat laatudokumentit. Kaikissa tarkastetuissa kohteissa asfalttimassalla oli olemassa tyyppitestausraportti ja massoille oli laadittu suoritusasoilmoitukset sekä CE-merkit. Massojen suoritusasoilmoituksissa oli kuitenkin huomattava määrä poikkeamia. Kolme viidestä suoritusasoilmoituksesta sisälsi standardista poikkeavia merkintöjä. Yksi tarkastetuista suoritusasoilmoituksista ei pitänyt sisällään käytännössä yhtään suoritusasoa, vaan ominaisuuksien kerrottiin olevan AVCP-luokkaa 2+. Varsinaiset ilmoitettavat suoritusasot oli kuvattu CE-merkissä. Kahdessa muussa suoritusasoilmoituksessa, joissa poikkeamia havaittiin, puutteet olivat pienempiä. Niissä oli ilmoitettu standardissa kuvattujen luokkien sijaan suoraan tyyppitestausraportissa määritettyjä lukuarvoja. Vaikka lukuarvot sinänsä tarkoittaisivat samaa asiaa, tulisi suoritusasoilmoitus laatia standardin edellyttämällä tavalla.

## 8.2 Soratien kulutuskerrokset

Soratien kulutuskerrosmurskeiden tutkimuksessa sorastuksen lopputulokset vastasivat aiempien vuosien tutkimushavaintoja. Hieman yli puolet tarkastetuista kohteista täytti rakeisuusvaatimuksen. Edelleen käytettävissä sorastusmurskeissa on paljon vaihtelua, mikä osin on täysin luonnollista, koska käytettävän murskeen valinta tulee tehdä vallitsevin olosuhteisiin sopivaksi. Sen sijaan perusteluja tehdyille valinnoille ei yleensä ole kattavasti saatavilla. Tutkimuksen käytössä ei ole ollut esim. hoitourakoiden kokousmateriaaleja, joissa asioita yleensä käydään läpi.

Myös sorastustoimenpiteiden tekemisessä on edelleen paljon vaihtelua ja etenkin kulutuskerroksen tiivistämiseen tulisi kiinnittää keskimäärin enemmän huomiota, jotta tehdyn toimenpiteen elinkaari olisi mahdollisimman pitkä.

Positiivinen merkittävä havainto liittyy sorastuksessa käytettävien murskeiden laatudokumentteihin. Kaikilla vuonna 2019 valmistetuilla ja tutkimukseen valikoituneilla materiaaleilla oli CE-merkintä ja suoritusasoilmoitus. Asiasta on viestitty RTT:n ja Infra ry:n kautta toimijoille ja tutkimuksen otannan perusteella viesti näyttää välittyneen hyvin.

## 8.3 Investointihankkeiden laatudokumentit

Aiempina vuosina laatudokumenteissa havaittujen poikkeamien runsaan määrän takia tutkimuksen painopistettä siirrettiin vuonna 2019 enenevässä määrin materiaalien laatudokumenttien tarkastamisen suuntaan. Kaikissa tarkastuksen kohteina olleissa urakoissa tilaajan tekemiin materiaalien laatudokumenttien tarkastuksiin suhtauduttiin positiivisesti. Suuri osa urakoitsijoista kertoi, että heidän oma osaamisensa esimerkiksi suoritusasoilmoitusten tulkinnassa on puutteellista, ja toimitettuihin dokumentteihin luotetaan sellaisenaan. Tarvetta nyt tehdyn kaltaiselle tarkastustoiminnalle on myös jatkossa. Samalla menettely on myös hyvä mahdollisuus jakaa laatudokumentaatioon liittyvää osaamista.

Suurimmat havaitut poikkeamat liittyivät hankkeilla käytettyjen kiviainesten laatudokumentteihin. Valtaosa poikkeamista oli merkintätekniisiä eikä vaikuttanut kiviainesten tekniseen kelpoisuuteen. Joukossa oli myös muutamia käyttö-tarkoitukseen nähden puutteellisia dokumentteja. Käyttökohteeseen tarvittavat

ominaisuudet saatiin kuitenkin määritettyä ja dokumentoitua materiaaleista, kun niitä erikseen tiedusteltiin materiaalitoimittajilta.

Toinen merkittävä havainto liittyi kiviainesten suoritustasoilmoitusten muotoon. Suoritustasoilmoituksen muoto, ja osin sisältö vaihtelevat materiaali-toimittajan mukaan. Kullakin kiviainestoimittajalla on hieman oma tapansa tehdä suoritustasoilmoituksia. Rakennustuoteasetus ja tuotestandardi määrittelevät, mitä ominaisuuksia kiviaineksestä tulee ilmoittaa. Taulukoiden vertailtavuus paranisi, ja samalla todennäköisesti myös työmaahenkilöstön ymmärrys suoritustasoilmoituksessa ilmoitettavista ominaisuuksista, jos ne olisivat samanmuotoisia. Tällä hetkellä materiaalia hankkiva taho voi saada aina hieman erinäköisen ja -sisältöisen suoritustasoilmoituksen materiaaleja hankkiessaan.

Kerrosrakenteiden laadunosoitusmittausten yhteydessä havaittiin mittaustulosten käsittelyyn ja verifiointiin liittyviä poikkeamia. Levykuormituskoetuloksista oli laskettu moduuliarvoja väärällä menetelmällä. Tiiviysasteen mittaamisessa tarvittavien materiaalikohtaisten tiiviiden vertailuarvojen puute laatuaineistosta oli myös silmiinpistävä. Puutteet kertovat ainakin osin siitä, että lukuarvoja mitataan ilman kattavaa kokonaiskäsitystä tiiviydentarkkailusta vain, koska näin on vaadittu. Saatavat tulokset eivät kaikilta osin ohjaa toimintaa riittävällä tavalla.

## 8.4 Geosynteettien laatudokumenttien tarkastukset

Yleisellä tasolla geosynteettien laatudokumenttien tarkastuksen havainnot olivat samankaltaisia kuin kiviainesten dokumenttien osalta. Työmaahenkilöstön osaaminen laatudokumenttien tulkinnan osalta ei ole aina riittävällä tasolla, vaan toimitettuihin papereihin luotetaan sellaisenaan ja ne vain tallennetaan laatuaineistoon.

Tehtyjen tarkastusten perusteella geosynteettien laatudokumentaatio oli tarkastuksen aluksi varsin kirjavaa. Suodatinkankaiden osalta oli tyypillistä, että tuotteesta oli laatuaineistossa jokin dokumentti. Joskus tuotteesta oli tallennettu pelkkä suoritustasoilmoitus, joskus pelkkä kolmannen osapuolen laadunvalvontasertifikaatti. Jos suodatinkankaista oli molemmat em. dokumentit laatuaineistossa, ne eivät yleensä liittyneet samaan tuotantoerään.

Työmaalle tullessiin tuotantoeriin oli keskimäärin vaikeaa päästä käsiksi, koska urakoissa ei oltu tehty tai ainakaan dokumentoitu riittävällä tasolla työmaalla tehtäviä materiaalien vastaanottotarkastuksia. Pelkkien dokumenttien perusteella on myös mahdotonta jälkikäteen selvittää työmaalle tullutta tuote-erää, kun tuotteet on asennettu ja pakkaukset hävitetty. Tuotteiden vastaanottoon tulisi kiinnittää nykyistä selvästi enemmän huomiota.

Bentoniittimattojen osalta molemmissa urakoissa tarkastukset saatiin aloitettua riittävän aikaisessa vaiheessa, jolloin pohjaveden suojauksessa käytetyille bentoniittimatoille ja ohutmuoveille tehtiin asianmukainen vastaanottotarkastus. Bentoniittimattojen osalta myös valmistajien toimittamat kuormakirjat helpottavat tuote-erän seurantaa.

## 8.5 Raidesepelikiviainekset

Merkittävin havainto vuonna 2019 tutkituissa raidesepeleissä oli aiempien vuosien tapaan suuri määrä > 100 mm pitkiä rakeita. Keskimääräinen osuus näyttää kuitenkin pudonneen verrattuna vuosiin 2017 ja 2018, mutta pitkien rakeiden osuus oli tutkituissa näytteissä edelleen noin 15...20 %. Tosin vuonna 2019 tutkituissa sepeleissä oli yksi materiaali, jossa > 100 mm rakeiden osuus oli  $\leq$  12 %.

Lisäksi kahdesta tutkitusta sepelistä havaittiin poikkeamia materiaalin lujuusominaisuuksissa. Ensimmäinen näistä poikkeavista materiaaleista oli puutteellinen iskunkestävyyden ja kulutuskestävyyden osalta ja materiaali vaihdettiin toiseen, vaatimukset täyttävään materiaaliin kesken urakan. Toisessa materiaalissa havaittiin poikkeama iskunkestävyydessä. Raidesepelien lujuusominaisuuksiin liittyviä poikkeamia on havaittu kaikkina vuosina, kun raidesepeleitä on tutkittu ja asiaan tulisi kiinnittää jatkossa entistä enemmän huomiota.

Liki kaikissa tutkimuksen aikana tarkastelluissa raidesepelien laatudokumenteissa on ollut pieniä poikkeamia. Yleisimmin poikkeama on liittynyt >100 mm rakeiden osuuden puuttumiseen suoritustasoilmoituksesta. SFS 7007 on tullut voimaan 2016 ja raidesepelien ominaisuuksia on tutkittu vuosina 2017-2019. Standardin kansallisen soveltamisohjeen olisi siis pitänyt tutkimuksen aikana siirtyä osaksi valmistajien tehtaan sisäistä laadunvalvontaa. Näyttää kuitenkin, että ominaisuuden testaus ei ole siirtynyt käytäntöön tarvittavissa määrin.

## 8.6 Radan alusrakennemateriaalit

Tutkimuksen aikana on tarkastettu eristys- ja välikerroksessa käytettäviä kalliomurskeita yhteensä 12 kohteesta. Vuonna 2019 tarkastettiin yhdessä kohteessa käytetty materiaali. Yhteenveto havaituista materiaaliominaisuuksien poikkeamista on esitetty taulukossa 9. Materiaaliominaisuuksien poikkeamia on havaittu 2/3 kohteista. Havaitut poikkeamat ovat liittyneet materiaalien mekaanisiin ominaisuuksiin ja raekokojakaumaan.

Tyypillisimmin poikkeama on liittynyt materiaalin hienoainespitoisuuteen. Tuotannon aikana eristys- ja välikerrosmurskeessa saa olla enintään 2 %-yksikköä hienoainesta ( $\leq$  0,063 mm lajite). Vaatimus on tiukempi verrattuna esimerkiksi tien kantavan kerroksen murskeeseen. Koska varsinkin alueellisesti ratarakenteeseen soveltuvan murskeen menekki vaihtelee, ei tämäntyyppinen materiaali kuulu kiviainestoimittajien normaaliin vuosittaiseen tuotantoon. Esimerkiksi kunnossapidon hankkeissa yhdessä kohteessa muodostuva tarve on pieni, eikä tällaista kohdetta varten yleensä valmisteta erillistä tuote-erää. Kohteissa onkin voitu käyttää alun perin toista käyttötarkoitusta varten valmistettua mursketta.

Luonnon lajittamien materiaalien osalta merkittävin havainto vuonna 2019 liittyi luonnonlajittamiin materiaaleihin. Vuonna 2019 tutkittiin kaksi luonnonsoraa, joista molemmissa oli ylisuuria, halkaisijaltaan > 150 mm rakeita. Ylisuuret rakeet voivat alkaa liikkumaan rakenteen routaantuessa ja aiheuttaa raidegeometrian muutoksia.

Hiekkamateriaalien osalta on havaittu poikkeamia materiaalin raekokosuhteessa ja raekojakaumassa. Tutkitut näytteet ovat tällöin olleet jonkin verran hienorakeisempia verrattuna materiaalista toimitettuihin tietoihin. Materiaalin ominaisuudet ovat saattaneet muuttua ottopaikalla, eikä tätä ole havaittu ottopaikan laadunvalvonnassa.





Väylävirasto  
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745  
ISBN 978-952-317-799-4  
[www.vayla.fi](http://www.vayla.fi)