

Anne Saileranta

**RADAN TUKIKERROS- JA  
ROUTIVUUSNÄYTTEENOTON  
LUOTETTAVUUS**

Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Diplomityö  
Toukokuu 2020

# TIIVISTELMÄ

Anne Sailaranta: Radan tukikerros- ja routivuusnäytteenoton luotettavuus  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Rakennustekniikan Diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma  
Toukokuu 2020

---

Radan maarakenteiden kunnolla ja laadulla on merkittävä vaikutus radan toimivuuteen ja käytettävyyteen. Suomen rataverkosto ja erityisesti sen alusrakenne on paikoin hyvinkin vanhaa, ja siksi sen materiaalit ja rakenteet eivät kohtaa tämän päivän vaatimuksia. Alkuperäisten materiaalien ja rakenteen lisäksi liikenteen kuormitus voi tehdä muutoksia radan rakenteeseen ja sen toimivuuteen. Radan maarakenteiden kuntoa tutkitaan useimmiten näytteillä. Näytteet ohjaavat voimakkaasti suunnittelua ja niiden perusteella tehdään laajojakin suunnitteluratkaisuja. On siis tärkeää, että näytteet edustavat tutkittua rakennetta tarkasti. Ajatus lähteä tutkimaan routanäytteiden luotettavuutta lähti kokemuserustaisesti, kun useampaan kertaan maastossa routimattomaksi arvioitu näyte olikin seulonnan perusteella routivaa. Tukikerroksen hienontumista on tutkittu paljon, ja niiden perusteella nykyinen näytteenottotapa ja erityisesti näytteenottopaikka ratapölkkyjen välissä ei anna oikeanlaista kuvaa tukikerroksen tilasta.

Tutkimuksen tavoite oli selvittää, vaikuttaako näytteenottotapa näytteiden edustavuuteen, ja miten näytteenottoa radalla voitaisiin kehittää jatkossa. Routatutkimusten luotettavuutta tutkittiin tekemällä ratarakenteesta rinnakkaistutkimuksia eri näytteenottotavoin. Rinnakkaistutkimuksien lisäksi tutkimusaineistoon kuuluu myös suunnittelukohteiden varsinaiset routatutkimukset, jotka sijoittuvat rinnakkaistutkimusten viereen. Näytteiden pesuseulottuja raekokojakaumia vertailltiin niin rinnakkaistutkimusten kesken kuin rinnakkaistutkimusten ja routatutkimusten välillä. Vertailun tuloksina todettiin, että perinteisillä näytteenottimilla, kierrekairalla ja putkinäytteenottimella, hienoainespitoisuus on korkeampi kuin koekuopasta otetun näytteen. Ero hienoainespitoisuuksissa näytteiden välillä näyttäisi olevan sitä isompi mitä karkearakeisempaa materiaalia tutkitaan. Routatutkimusten näytteet olivat keskimäärin myös hienorakeisempia kuin samalla näytteenottimella raiteen vierestä otetut näytteet. Erot näytteiden rakeisuuksien välillä vaihtelivat paljon eri tutkimuskohteiden välillä.

Tukikerrosnäytteenoton luotettavuutta tutkittiin myös vertailemalla eri tavoilla otettuja näytteitä. Ensimmäinen näyteryhmä otettiin voimassa olevan sepelitukikerroksen laadun tutkimusohjeiden mukaan. Toisen näyteryhmän näytteet kerättiin ratapölkkyjen päähän kaivetuista matalista koekuopista. Koekuopista näytteet päästiin ottamaan pölkyn alta ja syvemmältä kuin ohjeen mukaiset näytteet. Pölkyn päästä otettujen näytteiden keskimääräinen rakeisuusluku oli noin 30 % suurempi kuin ohjeen mukaan otettujen näytteiden keskimääräinen rakeisuusluku.

Näytetutkimusten lisäksi diplomityötä varten haastateltiin radalla työskenteleviä pohjatutkijoita. Haastatteluissa nousi esiin lyhyet työraot ja kiireinen aikataulu. Eri näytteenottimien ongelmat on kentälläkin havaittu, mutta edustavampien tutkimusten tekeminen vaatisi enemmän aikaa ja jossain tapauksissa isompaa kalustoa. Tutkimusten perusteella nykyohjeiden mukaiset näytteet eivät anna täysin luotettavia tuloksia, joten näytteenottoa radalla tulisi kehittää, vaikka se kasvatkaisikin hankkeen pohjatutkimusten kustannuksia. Tukikerrosnäytteiden osalta suosittelen tässä työssä esiteltyä koekuoppamenettelyn kaltaista näytteenottotapaa. Routatutkimusten osalta tulokset eivät ole yhtä yksiselitteiset. Tukikerroksen vaikutus routatutkimuksiin pitäisi pystyä poistamaan, jotta voidaan selvittää kuinka hyvin raiteen viereen tehty koekuoppa kuvaa raiteen alla olevia rakenteita. Koekuopan kaivaminen ratarakenteeseen on radan rakenteelle raskas tutkimustapa, eikä sitä voida suositella routatutkimusten ainoaksi tutkimusmenetelmäksi. Ikkunanäytteenotin on vähäisessä käytössä radalla. Se voisi kuitenkin parhaimmassa tapauksessa olla hyvä tutkimusväline kerrokselliseen rakenteeseen.

Avainsanat: Pohjatutkimus, Näytteenotto, Luotettavuus, Hienontuminen, Ratarakenne

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

# ABSTRACT

Anne Sailaranta: The Reliability of Soil Sampling in Existing Tracks  
Master of Science Thesis  
Tampere University  
Master's Degree Programme in Civil Engineering  
May 2020

---

The condition of the track structure has an impact on the functionality and usability of the track. The railway network and its subballast are in some railway sections very old and hence they don't meet current requirements when it comes to the materials and the structure. The rail traffic also impacts on the track structure. The condition of the track is investigated with soil samples. Many engineering decisions are made based on the soil samples. Hence, it is very important that the soil samples are high in quality and represent the materials in the track structure. The subballast is investigated to detect whether the materials are likely to cause frost heave to the track. The ballast is investigated to find out its level of degradation. The idea to investigate the reliability of soil sampling initiated from experiences that the samples haven't represented the real structure.

To research the reliability of the subballast samples, soil sampling was conducted with a few different ways from the same place. All in all soil samples were collected in three ways from the same cross section of the track: with a soil sampler from the middle of the rail, with a soil sampler from the end of the railway sleeper and from a trial pit from the end of the sleeper. The samples taken from the trial pit and the samples taken with a soil sampler from the end of the sleeper were compared to each other. The comparison revealed that the samples taken with soil sampler are on average more fine grained than from trial pit. Also the samples from the middle of the track are on average finer than the samples from the end of the sleeper.

The reliability of ballast sampling was also studied with samples that were collected in different ways. The first group of samples was collected according to the current instructions of the Finnish Transport Infrastructure Agency. The other group of samples was sampled from trial pits at the end of the sleeper. From the trial pit the samples could be collected under the sleeper and deeper than the first group. The second group of samples were on average considerably finer than the first group.

In addition to the sampling study some ground investigators were interviewed. The interviews revealed that collecting samples from the subballast is hard work and the working time on the track is limited and often too short. To improve the quality of sampling, more time and possibly larger machines are needed. According to the sample research, the soil sampling needs to be improved even if it increases the costs of the ground investigations. In the future, sampling from the ballast should resemble the the second group which was sampled from the trial pit. The sampling from the subballast is more complicated than ballast investigations and needs further study. It seems that with the current sampling method, the ballast makes sampling more difficult and it may have an effect on the grain size distribution of samples collected from the subballast. The trial pit shouldn't be the only way of sampling since it is a quite heavy method. In Finland, very little of experience exists on collecting samples from the track structure with a window sampler. The window sampler's ability to collect representative samples from the subballast should be studied.

Keywords: Ground investigations, Soil sampling, Reliability, Degradation, Track structure

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.



## ALKUSANAT

Tämä diplomityö tehtiin Proxion Plan Oy:lle ja on osa Väylän tekemää tilausta. Kiitos molemmille tahoille mahdollisuudesta tehdä tämä diplomityö. On ilo olla töissä työnantajalla, jolla on halua ja rohkeutta kehittää työntekijöitään. Haluan kiittää kaikkia ohjaajiani Tampereen yliopistolla, Proxionilla ja Väylällä. Kiitos Pauli Kolisoja, Heikki Luomala, Samuel Korkeamäki ja Panu Tolla.

Ohjaajien lisäksi haluan kiittää haastattelututkimuksiin osallistuneita pohjatutkimusorganisaatioita Ramboll Finland Oy, Sweco Finland Oy, Suomen GSP-mittaus Oy ja Mitta Oy. Nöyrä kiitos ajastanne ja kiinnostuksestanne kehittää alaa.

Diplomityö on ollut projektina juuri sellainen kuin vanhemmat tieteenharjoittajat sitä kuvailevat. Kiitos kaikille ystäville ja työkavereille sekä perheelle, jotka ovat antaneet apua ja tukea kirjoitusprosessin aikana. Erityisen suuri kiitos poikaystävälleni Teemulle, joka on antanut korvaamatonta tukea ja on kirjoitustyön viimeiset kuukaudet joutunut jakamaan niin työhuoneen mutta myös työpöydän kanssani. Olkoon poikkeusolot pian selätetty turvallisesti, jotta normaali elämä voisi taas jatkua.

Tampereella, 11. toukokuuta 2020

Anne Saileranta

# SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto . . . . .	1
2	Radan rakennekerrokset . . . . .	3
2.1	Radan rakentamisen historiaa . . . . .	3
2.2	Rakennekerrosten materiaalit . . . . .	6
3	Routiminen . . . . .	12
3.1	Routiminen ilmiönä . . . . .	12
3.2	Routivuuden arviointimenetelmät . . . . .	15
3.2.1	Hienoainesmäärä ja rakeisuusjakauma . . . . .	15
3.2.2	Kapillaarinen nousukorkeus . . . . .	16
3.2.3	Routanousukoe . . . . .	19
4	Tukikerroksen hienontuminen . . . . .	20
4.1	Hienontumisen syyt ja seuraukset . . . . .	20
4.2	Laboratoriotutkimukset . . . . .	22
4.2.1	Hienontuneisuuden arviointi rakeisuudesta . . . . .	22
4.2.2	Kestävyytutkimukset . . . . .	23
5	Radan rakeisuustutkimusten näytteenottotapojen nykyohjeistus . . . . .	26
5.1	Routatutkimukset . . . . .	26
5.2	Sepelitukikerroksen laatututkimus . . . . .	28
6	Näytteenotto alusrakenteesta . . . . .	30
6.1	Tutkimuskohteet . . . . .	30
6.2	Näytteenottotavat . . . . .	31
6.3	Tutkimustulokset ja niiden analysointi . . . . .	34
6.3.1	Näytteenottotavan vaikutus näytteen rakeisuuteen . . . . .	34
6.3.2	Näytteenottoaikan vaikutus näytteen rakeisuuteen . . . . .	40
6.4	Näytteenoton vaikutus näytteen ominaisuuksiin . . . . .	46
7	Näytteenotto tukikerroksesta . . . . .	48
7.1	Tutkimuskohde . . . . .	48
7.2	Näytteenottotavat . . . . .	49
7.3	Tutkimustulokset ja niiden analysointi . . . . .	51
7.3.1	Näytteenottotavan vaikutus rakeisuuslukuun . . . . .	51
7.3.2	Pesun vaikutus rakeisuuslukuun . . . . .	54
7.3.3	Raidesepelin laadun tutkimukset . . . . .	57
8	Pohjatutkijoiden haastattelu . . . . .	59
8.1	Haastattelututkimukset . . . . .	59
8.1.1	Haastattelututkimusten toteutustavat . . . . .	59
8.1.2	Teemahaastattelut . . . . .	59

8.1.3 Lomakehaastattelut . . . . .	60
8.2 Yhteenveto haastattelututkimuksesta . . . . .	63
9 Johtopäätökset . . . . .	64
9.1 Näytteenotto alusrakenteesta . . . . .	64
9.2 Näytteenotto tukikerroksesta . . . . .	65
9.3 Jatkotutkimusehdotukset . . . . .	66
9.4 Luiman pohjatutkimusohjelma . . . . .	67
10 Yhteenveto . . . . .	70
Lähteet . . . . .	73
Liite A Luima pohjatutkimusohjelma . . . . .	
Liite B Rakennekerroskaaviot . . . . .	
Liite C Rakeisuustutkimukset: Routatutkimukset . . . . .	
Liite D Rakeisuustutkimukset: Tukikerrosnäytteet . . . . .	

## KUVALUETTELO

2.1	Ratakilometrien määrän sekä pohjarakentamisen kehitys tekniikan ja suunnitteluohjeiden näkökulmasta Suomessa vuosina 1850-2000. (Saarinen 2008)	3
2.2	Ohjepiirustukset ratojen perusparantamiseen 1970-luvulla. (Rautatiehallitus 1987)	5
2.3	Murskatusta kiviaineksesta rakennettujen väli- ja eristyskerroksen materiaalien rakeisuusvaatimukset. (InfraRYL-verkkopalvelu 2019)	7
2.4	Luonnonmateriaalista rakennettujen väli- ja eristyskerroksen materiaalien rakeisuusvaatimukset. (InfraRYL-verkkopalvelu 2019)	8
2.5	Luonnonmateriaalista rakennetun eristyskerroksen rakeisuusvaatimukset ennen vuotta 2017.	8
2.6	Luonnonmateriaalista rakennetun suodatinkerroksen materiaalin rakeisudentulee olla normaalisti alueella 1. Rakeisuuskäyrä ei saa ylittää viivaa "a" -nuolen suunnassa. (InfraRYL-verkkopalvelu 2019)	9
2.7	Suomessa raidesepelin rakeisuus on luokkaa C, E tai F, riippuen radan liikenteen määrästä. (Ratahallintokeskus 2004)	10
2.8	Raidesepelin rakeisuusvaatimukset vuonna 1976 (RMYT Rautatiehallinto 1976) ja nykyiset F-luokan vaatimukset (Ratahallintokeskus 2004).	11
3.1	Maasta routautumisen aikana poistuva lämpömäärä jaettuna komponentteihin lämmön alkuperän mukaan. (Ehrola 1996)	13
3.2	Käyrälle esitetty rakennepaksuus vastaa sitä radan rakennekerrosten kokonaispaksuutta, joka estää roudan tunkeutumisen routivaan pohjamaahan. Mitoitus perustuu Nurmikolun ja Kolisojan (2002) laskentaan ja ilmastotietoihin kaudelta 1978-2007. (Liikennevirasto 2018a)	14
3.3	Routivien materiaalien rakeisuuskäyrät sijoittuvat kokonaisuudessaan alueelle 1 ja 1L. Routivia materiaaleja ovat myös ne materiaalit, joiden rakeisuuskäyrä kulkee alueella 2, 3 tai 4, mutta hienoainespitoisuus ylittää vasemman puoleisen ohjearvon. (Liikennevirasto 2017)	16
3.4	Vedenimeytymiskorkeutta tutkitaan upottamalla testinäytteellä täytetyn putken alapää vesiastian. (Kuva: Anne Sailaranta 2020)	17
3.5	Kapillaarimetrin kammio koostuu kahdesta osasta, ylempään osaan laitetaan näyte (kuvassa a.) ja alempaan osaan (b.) muodostetaan alipaine. Alipainetta säädellään kytkimistä (c.) ja paineen määrä voidaan lukea joko digitaaliselta näytöltä tai painemitasta (d.). (Kuva: Anne Sailaranta 2020)	18
3.6	Routanousukokeen järjestely. (Onninen 2001)	19

4.1	Tampere - Orivesi -rataosuuden keskimääräiset rakeisuusluvut. (Nurmikolu 2006)	21
4.2	Raidesepelinäytteitä (Kuvat: Anne Sailaranta 2020)	23
4.3	Tampereen yliopiston geolaboratorion testilaite micro-Deval -arvon määrittämiseen. (Kuva: Anne Sailaranta 2020)	24
4.4	Tampereen yliopiston geolaboratorion testilaite ja teräskuulat LA-luvun määrittämiseen. (Kuvat: Anne Sailaranta 2020)	25
5.1	Sepelinäytteenottoa paikka betoniratapölkkyraiteella. (Ratahallintokeskus 1997)	28
5.2	Sepelinäytteenottoa paikka puuratapölkkyraiteella. (Ratahallintokeskus 1997)	29
5.3	Teräskehikko, jolla voidaan kerätä tukikerrosnäyte. Numero 1 viittaa hitsisaumoihin ja numero 2 teräslevyyn. Kuvan mitat ovat millimetreinä. (SFS-EN 13450 2004)	29
6.1	Tutkimuskohteet kartalla. (taustakartta ja rataverkko: Väylä 2019b)	30
6.2	Tyypipoikkileikkaus rinnakkaistutkimuksista suhteessa routatutkimuksiin.	32
6.3	Näyteparien rakeisuuksien vertailu	35
6.4	Keskimääräiset raekokojakaumat eri näytteenottotavoilla.	36
6.5	Kontiomäellä koekuopasta 5 löytyi muuta rakennetta selvästi hienompaa hiekkaa.	37
6.6	Yhden routatutkimuksen ja sen rinnakkaistutkimusten tulokset Haapajärvellä.	41
6.7	Yhden routatutkimuksen ja sen rinnakkaistutkimusten tulokset Kontiomäellä.	41
6.8	Yhden routatutkimuksen ja sen rinnakkaistutkimusten tulokset Pesiökylässä.	41
6.9	Näyteparien rakeisuuksien vertailu	42
6.10	Keskimääräiset rakeisuuskäyrät	44
7.1	Luumäki-Imatra -ratahankkeen suunnittelukohteet. (Väylä 2019a)	48
7.2	Näytteidenottoa paikat pituusleikkauksessa näytteenottotavoittain.	49
7.3	Tukikerrosnäytteenotto nykyohjeistuksen mukaan.	49
7.4	Tukikerrosnäytteenotto koekuopasta pölkyn päästä.	50
7.5	Rakeisuuslukujen vertailu.	51
7.6	Näytteenottotapakohtaisesti keskimääräiset rakeisuuskäyrät	52
7.7	Läpäisyprosenttien vertailu näytteenottotapojen välillä.	52
7.8	Seulontojen vaikutus rakeisuuksiin.	55
8.1	Näytteenottimia ja näytteenottoa koskevien väittämien keskiarvovastaukset	61
8.2	Keskiarvovastaukset tukikerrokseen ja suojaputkeen liittyvissä kysymyksissä.	62
8.3	Keskiarvovastaukset pohjatutkimusohjelmia koskeviin kysymyksiin	63
9.1	Luimaan ohjelmoidut rinnakkaistutkimukset.	68

## TAULUKKOLUETTELO

3.1	Routivuuden arviointi kapillaarisen nousukorkeuden avulla (alkuperäinen ISSMFE 1989, työssä lähteestä: Ehrola 1996). . . . .	17
5.1	Suosittelvat näytekoot raekokojakauman määrittämiseen seulonnalla. (SFS-EN ISO 17892-4:2016 2016) . . . . .	27
6.1	Haapajärven, Kontiomäen ja Pesiökylän rinnakkaistutkimusten toteuma. . .	33
6.2	Näytteenoton epäonnistumisten syyt. . . . .	33
6.3	Keskimääräisten raekokojakaumien laskentaan käytettyjen näytteiden lukumäärä maalajeittain ja näytteenottotavoittain. . . . .	36
6.4	Verrokinäyteparien läpäisyprosenttien erotusten keskiarvot. . . . .	38
6.5	Verrokinäyteparien läpäisyprosenttien erotusten keskiarvot. . . . .	43
6.6	Keskimääräisten raekokojakaumien laskentaan käytettyjen näytteiden lukumäärä liikennepaikka- ja näytteenottoaikoittain. . . . .	43
6.7	Näytteenottotavan vaikutus näytteen routivuusarvioon. . . . .	46
6.8	Näytteenottoaikoittain vaikutus näytteen routivuusarvioon. . . . .	46
6.9	Suosittelvan vähimmäismassat seulontaa varten maksimiraekoon mukaan. . . . .	47
7.1	Tukikerrosnäytteet. . . . .	50
7.2	Pesuseulotut näytteet ja niiden vertailunäytteet. . . . .	54
7.3	Pesun vaikutus rakeisuuslukuihin . . . . .	56
7.4	Yhdistelmänäytteet ja Los Angeles -testin tulokset. . . . .	57
10.1	Eri näytteenottotavoilla otettujen näytteiden verrokinäyteparien hienoainespitoisuuksien erotusten keskiarvot. . . . .	71
10.2	Eri näytteenottoaikoittain otettujen näytteiden verrokinäyteparien hienoainespitoisuuksien erotusten keskiarvot. . . . .	71

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

ERRI	European Rail Research Institute
RAMO	Ratatekniset ohjeet ja määräykset kts. RATO
RATO	Väyläviraston ylläpitämät Ratatekniset ohjeet. Ohjeet julkaistiin ennen vuotta 2010 nimellä Ratatekniset ohjeet ja määräykset (RAMO). Julkaisijoina RHK (1978-2010), Liikennevirasto (2010-2018) ja Väylä (2018-).
RHK	Ratahallintokeskus
SGY	Suomen geoteknillinen yhdistys

# 1 JOHDANTO

Pohjatutkimuksilla on tärkeä rooli geoteknisessä suunnittelussa. Tutkimustulokset ja niiden tulkinnat ohjaavat pitkälti hankkeen geoteknisiä suunnitelmaratkaisuja ja sitä kautta vaikuttavat hankkeen kokonaiskustannuksiin. Pohjatutkimuksia harvoin tehdään liian paljon, mutta mikään tutkimusten määrä ei anna todenmukaista kuvaa tutkittavasta maaperästä tai -rakenteista, jos tulokset eivät ole luotettavia. Tutkimustapoja on monenlaisia, mutta tässä diplomityössä rajaudutaan näytteenoton luotettavuuteen vaikuttaviin tekijöihin ratarakenteessa. Koska radan rakenteessa on lähtökohtaisesti vain karkearakeisia materiaaleja, keskitytään työssä häiriintyneiden näytteiden ottoon.

Nykyisen radan kuntoa tutkitaan näytteillä, joita otetaan routatutkimusten ja tukikerroksen laatututkimusten yhteydessä. Näytteenotolla on kaksi päätavoitetta: tunnistaa rakenne- ja maakerrosrajat ja saada jokaisesta kerroksesta edustava näyte. Pelkästään radan rakentamisen pitkän ja monivaiheisen historian takia ensimmäinen tavoite on voi olla haastava. Näytteen edustavuuteen ja kerrosten tunnistamiseen vaikuttavat myös näytteenotin, näytteenottoaika ja näytteen koko sekä se, miten näytettä käsitellään ennen sen laboratorioon saapumista.

Näytteestä voidaan tutkia useita maan ominaisuuksia. Ominaisuuksille voi olla useampiakin tutkimusmenetelmä. Radan routatutkimuksissa maan routivuutta arvioidaan joko silmäämääräisesti tai laboratoriossa rakeisuuden tai kapillaarisen nousukorkeuden perusteella. Routanousukokeet tehdään vain erityistilanteissa. Käytännössä rakeisuuden perustuva routivuuden arviointi on yleisin menetelmä. On kuitenkin hyvä muistaa, että tutkimusmenetelmät perustuvat teorioihin, eivätkä koskaan voi täysin vastata todellisuutta. Eri laboratoriotutkimukset vaativat erilaisia ominaisuuksia näytteeltä ja vain kyseisen tutkimuksen vaatimukset täyttävästä näytteestä voidaan saada luotettavia tuloksia.

Tässä diplomityössä tutkitaan näytteenoton mahdollisia virhelähteitä. Työssä vertaillaan eri näytteenottomenetelmiä ja eri kohdista radan poikkileikkausta otettuja näytteitä sekä selvitetään mitä näytteenottoon vaikuttavia käytännön haasteita pohjatutkijat kohtaavat radan läheisyydessä työskennellessä. Työn tavoitteena on arvioida, miten näytteenottoa ja sen ohjelmointia tulisi kehittää jatkossa. Diplomityö on osa Väylän myöhemmin julkaisutettavaa selvitystä, joka toimii taustana ja perustana radan routatutkimusohjeen ja tukikerroksen laadun tutkimusohjeen päivityksille.

Luvussa 2 esitellään radan rakennekerrokset ja maarakenteiden materiaalivaatimukset sekä tutkitaan radan rakentamisen kehityksen vaikutusta olemassa oleviin ratoihin. Lu-

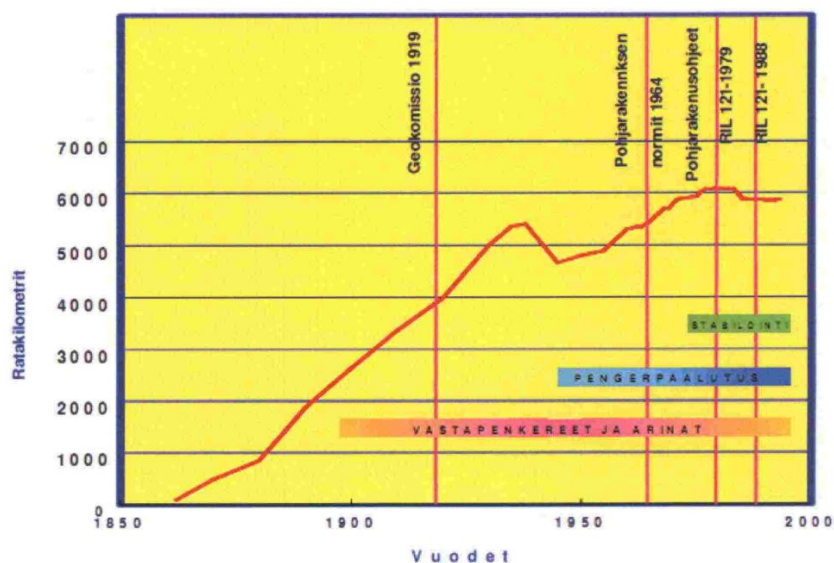


vussa 3 perehdytään routimiseen ilmiönä ja siihen, miten materiaalien routimisherkkyttä voi arvioida. Tukikerroksen jauhaantumisen syitä ja seurauksia käsitellään luvussa 4. Luvussa 5 esitellään näytteenoton nykyohjeistus radalla. Luvut 6, 7 ja 8 ovat diplomityön tutkimusosuus, jossa vertaillaan näytteenottokäytäntöjä ja haastatellaan pohjatutkijoita käytännön haasteista. Johtopäätökset esitellään luvussa 9.

## 2 RADAN RAKENNEKERROKSET

### 2.1 Radan rakentamisen historiaa

Suomen rataverkoston rakentaminen aloitettiin noin 160 vuotta sitten 1860-luvulla. Vuosien kuluessa suunnitteluperusteet ja rakentamiskäytännöt ovat muuttuneet, ja nykyinen rataverkosto on sekoitus monenlaisia rakenteita. Suurin osa Suomen rataverkostosta on rakennettu ennen toista maailmansotaa, jolloin materiaalien laatuvaatimukset eivät vastanneet nykypäivän tietämyksellä laadittuja vaatimuksia. Näistä rakenteista erityisesti alusrakenne on suurilta osin edelleen käytössä. Tutkittavan radan historian tunteminen auttaa radan rakenteiden tutkimisessa, ja rakennusvuoden avulla vanhoista suunnitteluohjeista voi päätellä radan teoreettisen rakenteen. Saarinen on tehnyt selvityksen ratojen alusrakenteissa käytettyjen materiaalien routimisherkkyydestä, ja hän on käyttänyt siinä lähteenä Oy VR-Rata Ab:n sisäistä muistiota (kirjoittanut K. Fagerholm 1997), jota ei saatu tämän diplomityön lähteeksi. Kuva 2.1 on kyseisestä sisäisestä muistiosta ja siinä nähdään hyvin rakentamisen määrä suhteessa pohjarakentamisen kehitykseen. (Saarinen 2008, Suomalainen 2007) Ajankohtaisen suunnitteluohjeen ja rakennustekniikan lisäksi radan nykyiseen rakenteeseen vaikuttavat tietenkin myös radalla tehdyt parantamistoimenpiteet ja niiden laatuvaatimukset.



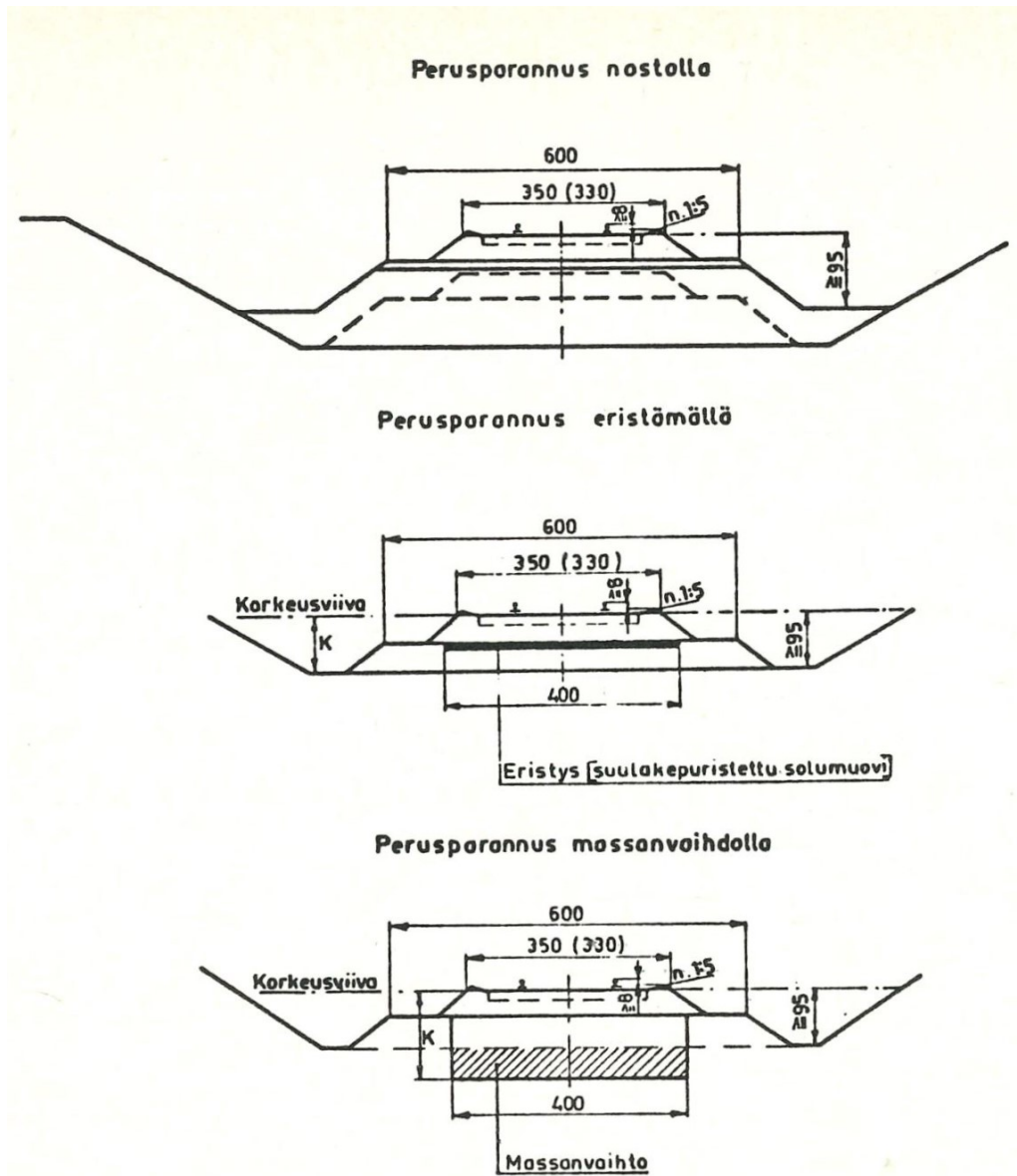
**Kuva 2.1.** Ratakilometrien määrän sekä pohjarakentamisen kehitys tekniikan ja suunnitteluohjeiden näkökulmasta Suomessa vuosina 1850-2000. (Saarinen 2008)

Ensimmäiset sata vuotta radan rakenne koostui käytännössä päällysrakenteesta sekä mahdollisesta pengertäytöstä. Tukikerroksen paksuus vaihteli niin rakentamisvuodesta kuin myös pohjasuhteista riippuen. Väli- ja eristyskerrokset tulivat vasta vuoden 1960 normaalipoikkileikkauksiin, kun liikennöinnin kasvaneiden vaatimusten takia routanousua ei taloudellisista syistä voitu enää sallia. Routanousuja oli ennen hoidettu kiilaamalla puutavaraa niiden pölkkyjen alle, jotka olivat nousseet routimisen vuoksi ilmaan. Kiilaus kuitenkin rasitti pölkkyjä ja kehittyvän kiskonkiinnitystekniikan myötä oli muuttumassa mahdolliseksi. Vuoden 1960 normaalipoikkileikkauksissa routimattoman alusrakenteen paksuus vaihteli 0,15...0,75 metrin välillä ja vuonna 1968 alusrakenteen paksuus kasvoi paksuimmillaan 1,65 metriin. Radan pengerleveys on pysynyt vuosien ajan normaalipoikkileikkauksissa suhteellisen samana. (Suomen Valtionrautatiet 1916, Rautatiehallitus 1937, Rautatiehallitus 1962, Rautatiehallitus 1987)

Routanousu oli tunnistettu jo ennen 1960-lukua ongelmaksi ja sitä oli yritetty ennaltaehkäistä erinäisin keinoin. Vuoden 1910 normaalipoikkileikkauksissa esitetään 0,3 metrin massanvaihto savikoilla ”kylmäkyhmyjen” syntymisen estämiseksi sekä kuivatuksen tehostamiseksi. Vuoden 1924 normaalipoikkileikkauksista massanvaihto oli poistettu, mutta vuonna 1928 annettiin määräyksiä routanousujen välttämiseksi. Pohjamaasta tuli määräysten mukaan poistaa suuret kivet ja tukikerrokselle piti tehdä tasainen pohja. Määräyksissä todettiin mm. myös, että jos pengertäyttö tehtiin useammasta maalajista, piti maalajit levittää rakenteeseen kerroksittain kasojen sijasta. Tukikerros, joka silloin oli radan rakenteen ainoa rakennekerros, ei enää vuodesta 1928 lähtien saanut olla savista. (Suomen Valtionrautatiet 1916, Rautatiehallitus 1937, Rautatiehallitus 1962)

Liikenteen kohonneet vaatimukset toisen maailmansodan jälkeen vaikuttivat myös radan geometrian suunnitteluun ja kohdistuivat siten myös olemassa oleviin ratoihin, joiden linjauksia ja tasauksia nyt oikaistiin. Alueille, joita oli huonojen pohjasuhteiden takia kierretty, jouduttiin nyt perustamaan rautateitä. Pohjanvahvistamisena käytettiin mm. puuarinaa, turpeen syrjäyttämistä räjäyttämällä, pengerpaaluja sekä pystysalaojia. Vastapenger oli yleisin ratkaisu radan stabiliteetin parantamiseksi. Oikaistujen kohteiden lisäksi olemassa olevia ratoja perusparannettiin stabiliteetti- ja rautaongelmien takia 1960-luvulla, ja vuonna 1970 tehtiin perusparannuspoikkileikkaukset, joissa esitettiin kolme perustapaus-ta (kuva 2.2). (Rautatiehallitus 1937, Rautatiehallitus 1962, Rautatiehallitus 1987) Myöhemmin 1970-luvulla julkaistiin Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys (RMYT) ja Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), jonka jälkeen ratojen teoreettinen rakenne on hyvin lähellä nykyisiä normaalipoikkileikkauksia.

Saarinen on työtään varten haastatellut VR-Rata Ab Rautatiesuunnittelun geoteknistä asiantuntijaa Jouko Suomalaista 2007 ratojen alusrakenteen rakentamisesta. Saarisen mukaan haastattelussa selvisi, että vanhan radan rakenteen uusimiseen ei ollut mitään yhtenäistä rakentamistapaa ja rakennekerrosten materiaalit saattavat vaihtua radan leveysuunnassa leventämistoimenpiteiden takia. Rakennepaksuutta lisättäessä vanha tukikerros on voinut jäädä rakenteeseen nykyisen tukikerroksen alle sellaisenaan tai se on voitu levittää uuden rakenteen leveydelle. (Saarinen 2008)



**Kuva 2.2.** Ohjepiirustukset ratojen perusparantamiseen 1970-luvulla. (Rautatiehallitus 1987)

## 2.2 Rakennekerrosten materiaalit

Uusi rata suunnitellaan Suomessa Väyläviraston rautatieohjeluettelon ratateknisten ohjeiden (RATO, ent. RAMO) mukaan. Radan rakenne jaetaan päällyys- ja alusrakenteeseen. Päällysrakenteeseen kuuluu raide sekä tukikerros. Tukikerros on ylhäältä päin laskettuna radan ensimmäinen rakennekerros. Muut rakennekerrokset ovat väli- ja eristyskerros sekä mahdollinen suodatinkerros. Väli-, eristys- ja suodatinkerros muodostavat yhdessä mahdollisen routaeristeen kanssa alusrakenteen. Mahdollinen pengertäyttö ei ole osa alusrakennetta, mutta sillä on pohjamaan lailla tärkeä osa radan toimivuudessa. (Liikennevirasto 2018a, Ratahallintokeskus 2002a)

Rakennekerrosten päätehtävät ovat siirtää ja jakaa raiteelta tuleva junakuorma laajemmalle alueelle pohjamaan sekä estää radan routiminen. Lisäksi rakenteilla on kerroskohtaisia tehtäviä. Tukikerros ylläpitää raiteen geometriaa, välikerros estää tukikerroksen materiaalin sekoittumisen alusrakenteeseen ja eristyskerros toimii kapillaarisena katkona. Suodatinkerroksen tehtävä on estää pohjamaan sekoittuminen rakennekerrokseen ja se tarvitaan ratarakenteeseen vain silloin, kun pohjamaa on selvästi hienorakeisempaa kuin eristyskerrosmateriaali. InfraRYL:ssä suodatinkerroksen tarve määritetään alla esitetyllä rakeisuusehdolla (kaava (2.1)).

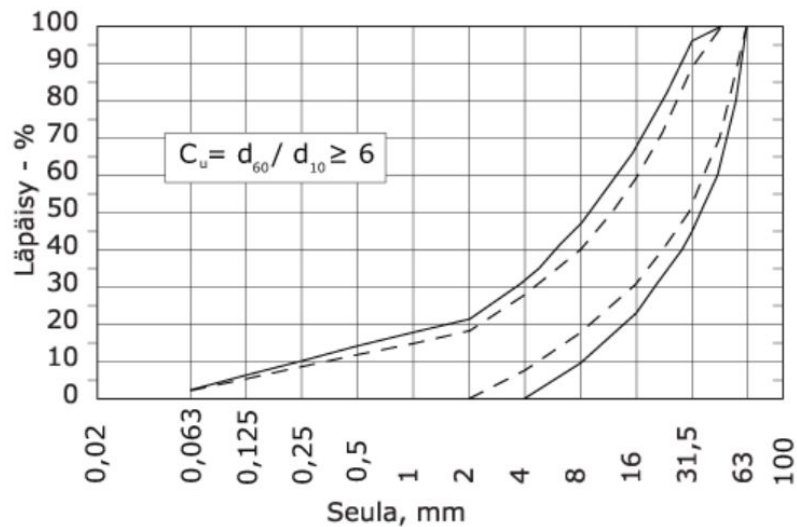
$$D_{15}/d_{85} < 5, \text{ missä} \quad (2.1)$$

$D_{15}$  on eristyskerrosmateriaalin läpäisyprosenttia 15 vastaava raekoko ja  $d_{85}$  on pohjamaan läpäisyprosenttia 85 vastaava raekoko. Jos ehto täyttyy, eristyskerros toimii suodatinkerroksena, eikä erillistä suodatinkerrosta tai -kangasta tarvita. (Liikennevirasto 2018a, Ratahallintokeskus 2002a, InfraRYL-verkkopalvelu 2019)

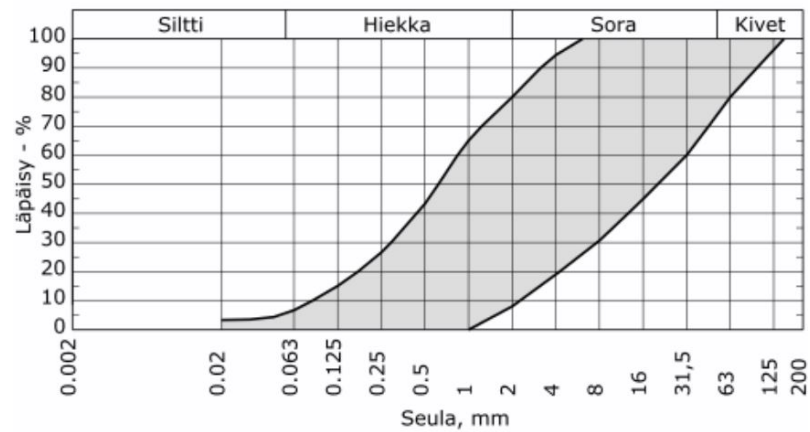
Jotta rakennekerrokset täyttäisivät tehtävänsä mahdollisimman hyvin, on jokaiselle materiaalille asetettu laatuvaatimukset. Suomessa käytettyjen väli-, eristys- ja suodatinkerroksen materiaalien laatuvaatimukset on esitetty InfraRYL:ssä. Tukikerros rakennetaan joko raidesepeleistä tai -sorasta. Raidesepelein laatuvaatimukset ovat eurooppalaisen standardin SFS-EN 13450 ja kansallisten soveltamisohjeiden mukaiset. Raidesoran laatuvaatimukset määritetään hankekohtaisesti ja esitetään suunnitelma-asiakirjoissa. Myös alusrakenteen materiaaleja ohjaa eurooppalainen standardi, mutta standardi SFS-EN 13242 ottaa kantaa vain rakentamisessa käytettyjen kiviainesten yleisiin ominaisuuksiin, eikä erittele materiaalikohtaisia vaatimuksia tai käyttökohteita. Materiaalien tärkeimmät ominaisuudet ovat rakeisuus, puhtaus ja kivimateriaalin lujuus. Kaikkien radan rakennekerrosten tulee olla routimattomasta materiaalista rakennettuja eivätkä ne saa sisältää haitallisia epäpuhtauksia. Routivuudesta kerrotaan enemmän luvussa 3. Standardit määrittelevät myös ominaisuuksien määrittämismenetelmät sekä tuotteen laadunvarmistuksen. (InfraRYL-verkkopalvelu 2019, SFS-EN 13450 2004, SFS-EN 13242 2008)

## Alusrakenteen materiaalit

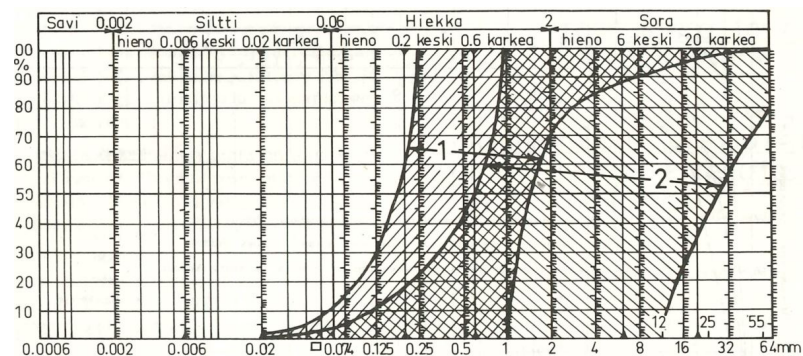
Suodatin-, väli- ja eristyskerros tehdään joko luonnonmateriaalista tai murskatusta kiviaineksesta. Murskeen käyttöön ratarakenteessa on kuitenkin rajoituksia. Jos eristyskerros tehdään murskeesta, on välikerroskin rakennettava saman aikaisesti ja samasta materiaalista. Murskeen on täytettävä kuvan 2.3 rakeisuusvaatimukset. Suodatinkerros voidaan tehdä 2/4 mm -murskeesta vain silloin, kun myös muukin alusrakenne on murskeesta. (InfraRYL-verkkopalvelu 2019) Vuonna 1976 julkaistussa Rautatien maarakennustöiden yleisessä työselityksessä (RMYT) väli- ja eristyskerrokseen sallittiin louhetta. Välikerrokseen sallittiin myös ”hienoa raidesepeliä”, jonka rakeisuus oli 12...25 mm. (Rautatiehallinto 1976) Luonnonmateriaalista rakennetun välikerroksen materiaalin vaatimukset eivät ole muuttuneet sen jälkeen, kun sen rakeisuusjakauma esitettiin RMYT:ssä vuonna 1976. InfraRYL:n 2017 painoksesta lähtien samat rakeisuuskriteerit koskevat myös luonnonmateriaalista rakennettua eristyskerrosta (kuva 2.4). Siihen asti luonnonmateriaalista rakennettu eristyskerros oli jaettu kahteen osakerrokseen, joilla oli keskenään erilaiset vuosien aikoina muuttuneet rakeisuusvaatimukset. Kuvassa 2.5a ja 2.5b esitellään eristyskerrosmateriaalin vanhoja rakeisuusvaatimuksia. Eristyskerrosmateriaalin rakeisuuden muutoksella on vaikutusta niin radan routivuusherkkyyteen kuin kuormituskestävyyteen. Luonnonmateriaalista rakennetun suodatinkerroksen materiaalin on täytettävä kuvan 2.6 rakeisuusvaatimukset. (InfraRYL-verkkopalvelu 2019)



**Kuva 2.3.** Murskatusta kiviaineksesta rakennettujen väli- ja eristyskerroksen materiaalien rakeisuusvaatimukset. (InfraRYL-verkkopalvelu 2019)

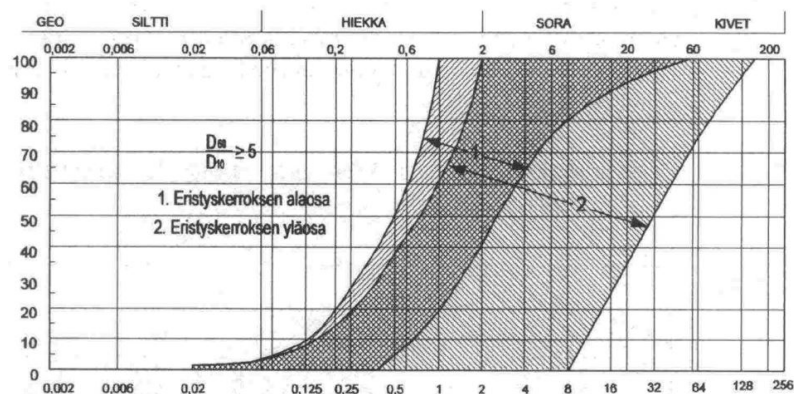


**Kuva 2.4.** Luonnonmateriaalista rakennettujen väli- ja eristyskerroksen materiaalien rakeisuusvaatimukset. (InfraRYL-verkkopalvelu 2019)



1. Eristyskerroksen alaosa ( $\sim \frac{h}{2}$ , kun  $h$ =eristyskerroksen paksuus), kapillaarisuus enintään 70 cm.
2. Eristyskerroksen yläosa ( $\sim \frac{h}{2}$ , kun  $h$ =eristyskerroksen paksuus), maksimiraekoko 150mm.

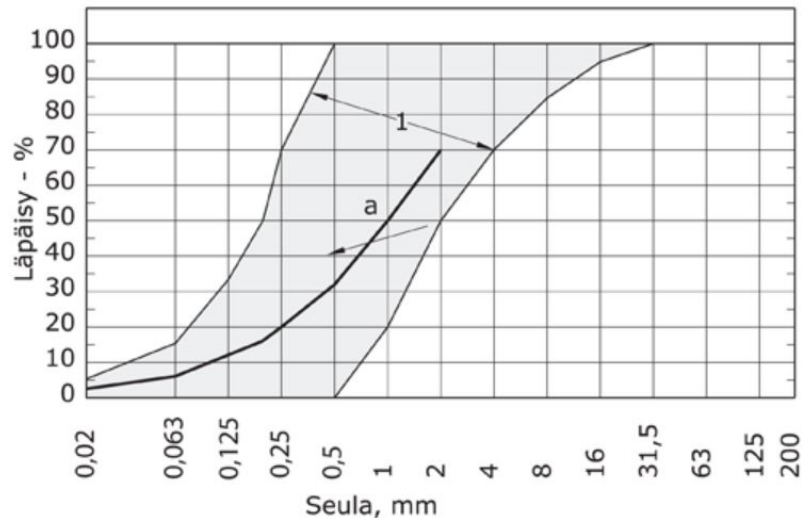
**(a)** Rakeisuusvaatimukset vuonna 1976. (Rautatiehallinto 1976)



**(b)** Rakeisuusvaatimukset vuonna 1999. (Ratahallintokeskus 1999)

**Kuva 2.5.** Luonnonmateriaalista rakennetun eristyskerroksen rakeisuusvaatimukset ennen vuotta 2017.





**Kuva 2.6.** Luonnonmateriaalista rakennetun suodatinkerroksen materiaalin rakeisuudentulee olla normaalisti alueella 1. Rakeisuuskäyrä ei saa ylittää viivaa "a" -nuolen suunnassa. (InfraRYL-verkkopalvelu 2019)

### Tukikerroksen materiaali

Raidesepelille Suomessa vaaditut ominaisuudet on asetettu kansallisessa soveltamisstandardissa SFS 7007 sekä Ratahallintokeskuksen kansallisessa soveltamisohjeessa (2004), jotka ovat osittain päällekkäiset. Kansallista soveltamisohjetta ja -standardia luetaan varsinaisen standardin rinnalla, ja niissä määritetään varsinaisessa standardissa esitelyjen ominaisuuksien laatutasoista nimenomaan Suomessa sallitut laatutasot. Standardissa raidesepelille esitetyt ominaisuudet voidaan jakaa geometrisiin ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Geometriset ominaisuudet ovat raekokojakauma ja raemuoto. Mekaaniset ominaisuudet ovat iskunkestävyys ja kulutuskestävyys sekä säilyvyys. Mekaanisten ja geometristen ominaisuuksien lisäksi standardissa määritellään raidesepelin puhtaus. Soveltamisstandardissa ja -ohjeessa hyväksytään muutamalle ominaisuudelle useampi laatutaso, sillä eritasoisille raidesepelille on erilaiset käyttötarkoitukset. Näytteenoton näkökulmasta tärkein ominaisuus on sepelin rakeisuus. Suomessa käytetään kolmea erilaista rakeisuutta. Standardin mukaiset luokat ovat C, E ja F, joiden raekokovaatimukset on esitetty kuvassa 2.7. Luokka F on käytössä pääradoilla, luokka E vähäliikenteisillä radoilla (vuotuinen liikenne alle 1 Mbrt) ja luokka C kuormaus- ja vaihtoalueilla. Kaikissa rakeisuusluokissa hienoainespitoisuus on luokkaa B, eli materiaalissa ei saa olla alle 0,063 mm kokoisia rakeita yli yhtä painoprosenttia. Iskunkestävyys määritetään Los Angeles -lukuna ja kulutuskestävyys micro Deval -arvona. (SFS 7007 2016, SFS-EN 13450 2004, Ratahallintokeskus 2004) Raidesepelin kestävyydellä on suuri vaikutus tukikerroksen jauhaantumisherkkyyteen ja päällysrakenteen toimivuuteen. Tukikerroksen hienontumisesta kerrotaan lisää luvussa 4.

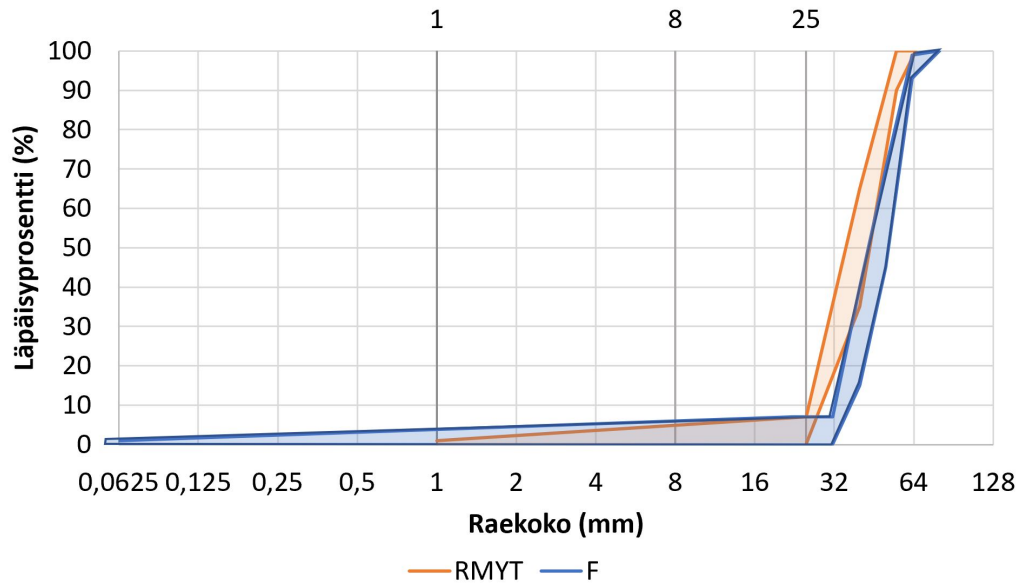


Seulan koko mm	Raidesepelin raekoko 31,5...50 mm			Raidesepelin raekoko 31,5...63 mm		
	Läpäisy massaprosentteina					
	Rakeisuusluokka					
	A	B	C	D	E	F
80	100	100	100	100	100	100
63	100	97...100	95...100	97...99	95...99	93...99
50	70...99	70...99	70...99	65...99	55...99	45...70
40	30...65	30...70	25...75	30...65	25...75	15...40
31,5	1...25	1...25	1...25	1...25	1...25	0...7
22,4	0...3	0...3	0...3	0...3	0...3	0...7
31,5...50	≥ 50	≥ 50	≥ 50	-	-	-
31,5...63	-	-	-	≥ 50	≥ 50	≥ 85

HUOM. 1. Seulan 22,4 mm läpäisylle asetetut vaatimuksia sovelletaan vain tuotantopaikalta otetulle raidesepelinäytteelle  
HUOM. 2. Tietyissä olosuhteissa 25 mm seulaa voidaan käyttää 22,4 mm seulan sijasta, tällöin raja-arvona käytetään 0...5 (0...7 luokassa F).

**Kuva 2.7.** Suomessa raidesepelin rakeisuus on luokkaa C, E tai F, riippuen radan liikenteen määrästä. (Ratahallintokeskus 2004)

Raiteiden tuenta tehtiin radan rakentamisen alkuaikoina pääasiassa raidesoralla, mutta nykyään raidesepeli on Suomessa tukikerroksen ensisijainen materiaali. Raidesoran systemaattinen korvaaminen sepelillä aloitettiin 1950-luvulla (Latvala 2019). Helsinki-Karjaa -rataosuus ns. Rantarata on Suomen ensimmäinen rataosuus, jossa käytettiin raidesepeliä raidesoran sijasta vuonna 1922 (Nummelin 2008). Vuonna 1976 julkaistussa RMYT:ssä esiteltiin rakeisuus- ja laatuvaatimukset kahdelle raidesepelille. "Hienon raidesepelin" rakeisuus oli 12...25 mm ja varsinaisen raidesepelin rakeisuus 25...55 mm. Hienolle raidesepelille oli erikseen määritetyt käyttökohteensa. Vuoden 2006 alusta lähtien Ratahallintokeskus vaatinut kaikissa raidesepelitoimituksissa standardin SFS-EN 13450 mukaista CE-merkintää (Ratahallintokeskus 2005). Raidesepelin laatuvaatimuksia ennen standardia ohjannut RHK:n julkaisu Raidesepelin tekniset toimitusehdot sisälsi vielä silloin julkaisemattomasta standardista osuuksia ja vaati raidesepeliltä siten standardin mukaisia vaatimuksia jo vuonna 2001. Standardi EN 13450 julkaistiin ensimmäisen kerran 2002 englanninkielisenä. Nykyinen suomenkielinen versio on käännös standardin korjauksesta vuodelta 2004. (Ratahallintokeskus 2001, SFS-EN 13450 2004). Kaiken kaikkiaan raidesepelin rakeisuusominaisuudet ovat pysyneet suhteellisen samana käyttötönotosta lähtien. Kuvassa 2.8 on vuoden 1976 mukaiset rakeisuusvaatimukset ja nykyiset F-luokan rakeisuusvaatimukset. Lujuus, puhtaus sekä ilmaston kestävyys tunnistettiin myös vaadittaviksi ominaisuuksiksi varsin pian 1950-1960 -luvulla (Kuula 2015, alkupe-  
räinen lähde on vuosina 1953-1962 Rautatiehallituksen geologi-insinöörinä toiminut Leo Keinosen julkaisematon kirjoitus)



**Kuva 2.8.** Raidesepelin rakeisuusvaatimukset vuonna 1976 (RMYT Rautatiehallinto 1976) ja nykyiset F-luokan vaatimukset (Ratahallintokeskus 2004).

### Tulevaisuuden materiaalit

Ennen kaikkea radan rakentamisen kuten yleisestikin maarakentamisen materiaalivalinnoissa näkyy kuljetus- ja murskauskaluston kehittyminen sekä luonnonmateriaalien paikoin heikko saatavuus. Luonnonmateriaalit ovat vaihtuneet yhä useammin murskatuiksi materiaaleiksi eikä materiaalin valinta ole enää täysin riippuvainen rakennettavan radan sijainnista ja materiaalien kuljetusmatkoista. Kuljetuskilometrejä pyritään minimoimaan edelleen ja mahdollisuuksien mukaan käyttää työmaan massoja, mutta nämä eivät enää rajoita rakenteen teknisiä ominaisuuksia. Mahdollisia tulevia trendejä materiaalivalinnoissa on uusiomateriaalit sekä ylijäämämaiden minimointi. Uusiomateriaalien käyttöä maarakentamisessa on kannustettu MARA-asetuksen (VNA 843/2017) päivityksellä 2018 (Rakennusteollisuus 2017). Erityisesti pääkaupunkiseudulla ylijäämämaille on vaikeaa löytää sijoituspaikkaa.

## 3 ROUTIMINEN

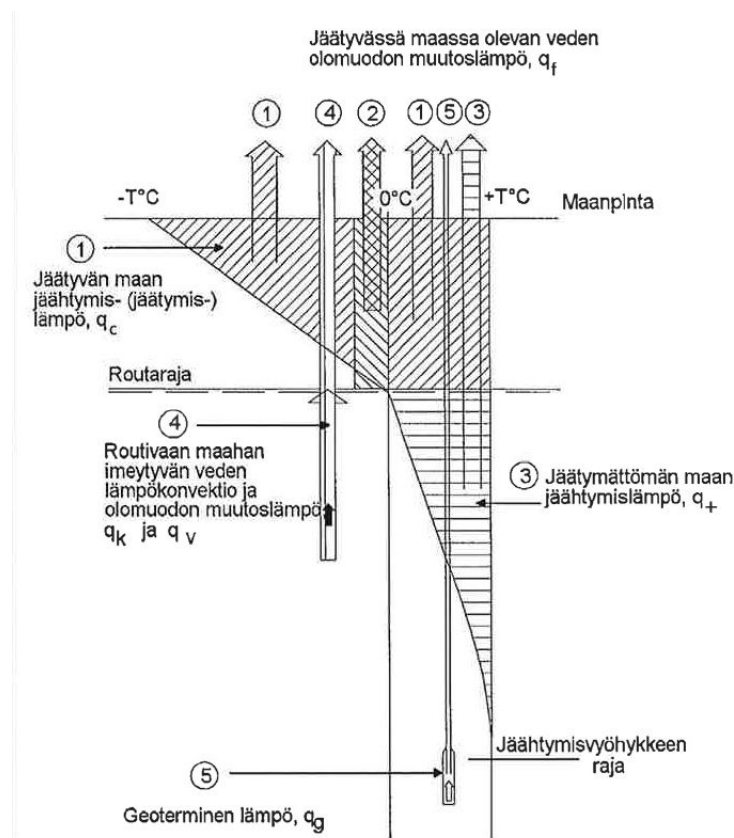
### 3.1 Routiminen ilmiönä

Maan routivuutta voidaan käsitellä kahdesta näkökulmasta. Voidaan arvioida materiaalien ominaisuuksia ja taipumusta routia. Toisaalta maa ei roudi ilman sille suotuisia olosuhteita. Maastossa materiaalin routivuuteen vaikuttavat esimerkiksi ilmasto, veden saatavuus ja pintakuorma. (Nurmikolu 2004) Tässä alaluvussa käsitellään routimista ilmiönä maastossa ja seuraavassa alaluvussa (alaluku 3.2) esitellään, miten materiaalien routimisherkkyttä voidaan tutkia laboratoriossa.

Maa roudaan, kun sen huokosissa oleva vesi jäätyy, ja jäätyneen veden kovettamaa maakerrosta kutsutaan roudaksi. Veden tilavuus kasvaa luonnollisesti 9 % jäätyessään. Kun maan tilavuus kasvaa sen jäätyessä, puhutaan routimisesta. Tilavuuden kasvu näkyy maanpinnalla routanousuna, kunhan jäätyvään maakerrokseen ei kohdistu maanpinnalta routimispainetta suurempaa ulkoista jännitystä. Routimisen perusedellytykset ovat vesi, riittävä pakkasmäärä ja routiva materiaali. Epätasaiset routanousut johtuvat yleensä jäälinssistä. Jäälinssit ovat maanpinnan suuntaisia ja muodostuvat, kun maan vesipitoisuus kasvaa imupaineen takia routarajalla. Maalajeja, joissa oikeissa olosuhteissa voi muodostua jäälinssiä kutsutaan routiviksi. Routiminen voi esiintyä myös niin sanottuna massiivisena routimisena. Massiivisen routimisen, tai in-situ routimisen, routanousu on tasaisempaa ja vähäisempää kuin jäälinssinä tapahtuvan routimisen. Massiivista routimista syntyy, kun kyllästynyt tai lähes kyllästynyt maakerros jäätyy ja jäätyessään laajeneva huokosvesi ei pääse purkautumaan sivuille tai alaspäin ja kasvattaa näin huokosten ja niin edelleen maan tilavuutta. Massiivista routimista syntyy maakerroksessa, jonka maalajin ominaisuudet sekä ympäristö ja ilmasto estävät jäälinssien syntymiseen tarvittavan tarpeeksi voimakkaan imupaineen. Massiivista routimista voi esiintyä myös jäälinssien välissä. (Ehrola 1996). Lähtökohtaisesti routimattoman materiaalinkin tilavuus voi roudantuessa kasvaa, mutta usein jäätyvä ja laajeneva huokosvesi kuitenkin pystyy siirtämään vielä jäätyttömän veden pois rakenteesta, eikä maakerroksen kokonaistilavuus kasva. (Rantamäki, Jääskeläinen ja Tammirinne 1979) Routimiseen liittyy myös sulamisvaiheessa keväällä toinen ilmiö. Niin kutsuttu sulamispehmenemistä esiintyy, kun jäälinssin sulaessa maan vesipitoisuus kasvaa. Sulamispehmeneminen pienentää rakenteen kuormituskestävyyttä. (Ehrola 1996)

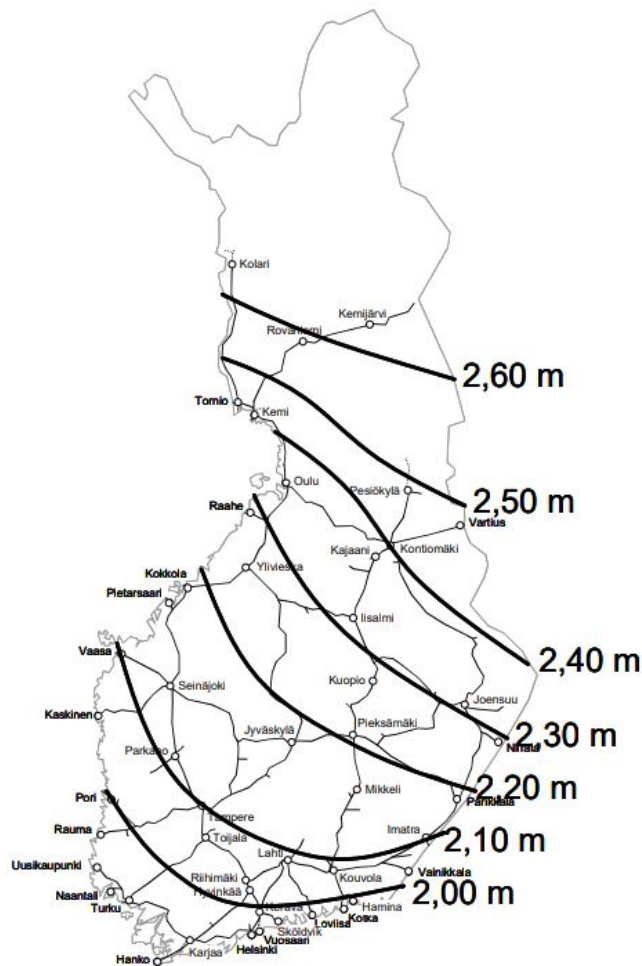
Uusi ratarakenne suunnitellaan routimattomaksi eli laskennallista routanousua ei sallita. Edellisessä luvussa 2 todettiin, että kaikkien radan rakennekerroksissa käytettävien

materiaalien on oltava routimattomia. Materiaalien routimisherkkyyden arviointimenetelmät esitellään alaluvussa 3.2. Materiaalivaatimusten lisäksi radan rakennekerrosten kokonaispaksuuden tulee vastata roudan tunkeutumissyvyyttä, kun pohjamaa on routivaa. Roudan syvyyteen vaikuttaa ilmastotekijät, eristävät tekijät maanpinnalla (esim. lumipeitte), pohjaveden pinta sekä maakerrosten lämpötekniset ominaisuudet. Routaantumisen tapahtuu jäätymistä ja jäähtymistä, jotka ovat eksotermisiä reaktioita, eli prosesseissa vapautuu lämpöä. Lämpöä vapautuu jäähtyvistä ja jäätyvästä maa-aineksesta ja huokosvedestä sekä routarajalle alemmista kerroksista imeytyvästä vedestä. Lisäksi maan routaantuessa maasta virtaa geotermistä lämpöä. Lämpötaseyhtälön perusteella jäähtymisestä, jäätymisestä ja geotermisestä virtauksesta vapautuva lämpömäärä vastaa routaantuvasta maakerroksesta ylöspäin poistuvaa lämpöä. Kuvassa 3.1 esitellään poistuva lämpömäärä eriteltynä alkuperän mukaan. Lämmön poistuminen maakerroksesta on routaantumisen pääehto. Maakerroksen vesipitoisuudella on siten merkittävä rooli roudan tunkeutumisessa, maakerroksen jäätymisvastus kasvaa, kun sen vesipitoisuus kasvaa. Näin roudan syvyys samoissa olosuhteissa on hiekassa syvemmällä kuin siltissä, jonka vesipitoisuus on tavallisesti suurempi kuin hiekan. Toisaalta kuten aiemmin todettiin, veden saanti on routimisen ehto ja routanousua esiintyy vesipitoisissa maakerroksissa todennäköisemmin. (Ehrola 1996, Nurmikolu ja Kolisoja 2002)



**Kuva 3.1.** Maasta routaantumisen aikana poistuva lämpömäärä jaettuna komponentteihin lämmön alkuperän mukaan. (Ehrola 1996)

Roudan syvyyden määrittämiseen on kehitetty useita laskentamenetelmiä. Laskentamenetelmien ero on pääasiassa kuvassa 3.1 esiteltujen lämpömäärien erilainen huomiointi. Roudan syvyyttä ei kuitenkaan tarvitse radan suunnittelussa erikseen laskea, sillä RA-TO 3:ssa esitellään Nurmikolun ja Kolisojan (2002) määrittämät routamitoituskäyrät, jota käytetään uuden radan rakennekerrosten eli käytännössä eristyskerroksen paksuuden määrittämiseen. Nurmikolu ja Kolisoja vertailivat laskentamenetelmien soveltuvuutta ratarakenteeseen, ja nykyiset routamitoituskäyrät perustuvat Watzingerin, Kindemin ja Michelsenin sekä Beskowin menetelmään, joka on yhdistelmä kahdesta menetelmästä. Kuvassa 3.2 rakennekerrosten vähimmäiskokonaispaksuus eristämättömällä radalla on esitetty kartalla. Jos alusrakenne rakennetaan murskatuista materiaaleista, tulee rakennekerrokset mitoittaa 15 % paksummaksi. Uusi rata suunnitellaan lähtökohtaisesti ilman routaeristeitä. (Nurmikolu ja Kolisoja 2002, Liikennevirasto 2018a)



**Kuva 3.2.** Käyrälle esitetty rakennekerrosten vähimmäiskokonaispaksuus vastaa sitä radan rakennekerrosten kokonaispaksuutta, joka estää roudan tunkeutumisen routivaan pohjamaahan. Mitoitus perustuu Nurmikolun ja Kolisojan (2002) laskentaan ja ilmastotietoihin kaudelta 1978-2007. (Liikennevirasto 2018a)

## 3.2 Routivuuden arviointimenetelmät

Materiaalin routivuutta voidaan arvioida laboratoriossa tutkimuksilla, jotka perustuvat luonnollista routimista mallintaviin teorioihin. Testattavat ominaisuudet ovat indikaattoreita materiaalin routimisherkkyydestä. Routimisherkkään materiaali ei roudi, jos pakkasta tai vettä ei ole.

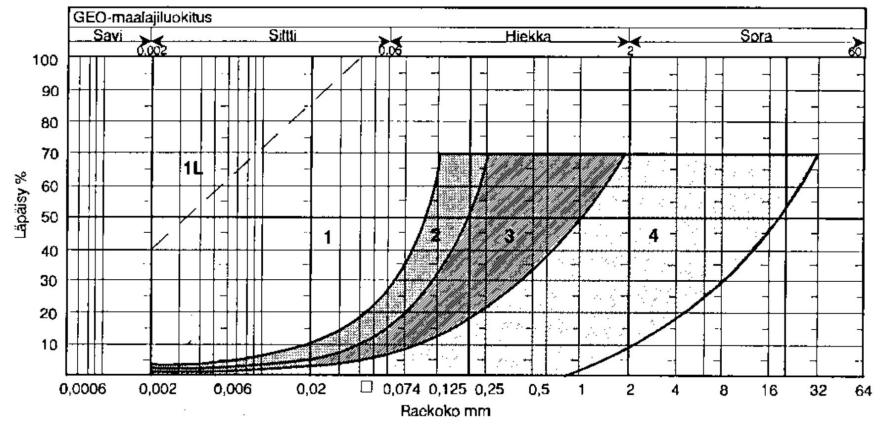
### 3.2.1 Hienoainesmäärä ja rakeisuusjakauma

Hienoaines määritellään yleensä maa-ainekseksi, jonka raekoko on alle 0,06 mm. Käytännössä hienoainespitoisuuden määrittämiseen on vakiintunut raekooltaan alle 0,063 mm aines standardin SFS-EN 933-2 mukaisen seulasarjan vuoksi. Hienoaines sitoo vettä karkeampaa materiaalia tehokkaammin, sillä sen ominaispinta-ala on suurempi. Hienoainespitoisuuden ja routivuuden välillä on siksi selvä suhde. Kuitenkin aineksen raekoon pieneneminen laskee myös maakerroksen vedenläpäisevyyttä, mikä vähentää routimisen yhteydessä syntyvien jäälinssien paksuutta. Tämän vuoksi siltti routii savea voimakkaammin. Nurmikolu kirjallisuusselvityksessään (2004) kertoo, että useissa laboratorio-koesarjoissa materiaalin routivuuden on havaittu korreloivan parhaiten nimenomaan alle 0,02 mm aineksen pitoisuuden kanssa, eikä niinkään hienoainespitoisuuden kanssa. Useimmat rakeisuuteen perustuvat routivuusluokitukset perustuvat kuitenkin hienoainespitoisuuteen (tai vastaavasti alle 0,074 mm aineksen pitoisuuteen), sillä sen selvittäminen onnistuu seulonnalla, jolla saadaan tieto myös maan karkearakeisemman osuuden raekokojakaumasta, kun taas alle 0,02 mm aineksen pitoisuuden selvittämiseen tarvitaan aina erillinen tutkimus, esimerkiksi hydrometrikoe. (Nurmikolu 2004) Näin routivuusluokituksia on helpompi käyttää.

Routivuutta voidaan arvioida rakeisuuden perusteella myös tarkastelemalla näytteen suhteistuneisuutta. Casagrande esitti Nurmikolun (2004) mukaan vuonna 1932, että suhteistunut maa-aines tarvitsee vain muutaman prosentin alle 0,02 mm ainesta routiakseen, kun taas tasarakeisessa maa-aineksessa jäälinssien muodostumista voidaan odottaa vasta, kun alle 0,02 mm ainesta on yli 10 %. Suhteistuneisuutta voidaan arvioida raekokosuhteen (kaava (3.1)) avulla.

$$C_u = d_{60}/d_{10}, \text{ missä} \quad (3.1)$$

$d_{60}$  ja  $d_{10}$  kuvaavat tutkittavan materiaalin läpäisyprosentteja 60 ja 10 vastaavat raekoot. Kun raekokosuhte on alle viisi ( $C_u < 5$ ) pidetään maa-ainesta tasarakeisena, ja suhteistuneena, kun raekokosuhte on yli 15 ( $C_u > 15$ ) (Nurmikolu 2004) Pelkästään näytteen rakeisuuden perusteella routivuutta voidaan arvioida kuvan 3.3 mukaan. Käyrät perustuvat hienoainesmäärään ja raekokosuhteeseen.



**Kuva 3.3.** Routivien materiaalien rakeisuuskäyrät sijoittuvat kokonaisuudessaan alueelle 1 ja 1L. Routivia materiaaleja ovat myös ne materiaalit, joiden rakeisuuskäyrä kulkee alueella 2, 3 tai 4, mutta hienoainespitoisuus ylittää vasemman puoleisen ohjearvon. (Liikennevirasto 2017)

Seulonnan lisäksi routivuutta tutkiessa näytteistä määritetään usein vesipitoisuus. Vesipitoisuudesta voidaan arvioida maan hienoainespitoisuutta ja vedenpidätyskykyä, ja siten routivuutta (Ehrola 1996).

### 3.2.2 Kapillaarinen nousukorkeus

Kapillaarisuus tarkoittaa nesteen taipumusta kulkea ohuita putkia ylöspäin. Maan huokokset muodostavat monimutkaista putkistoa muistuttavan järjestelmän, jota pitkin vettä voi nousta pohjaveden pintaa korkeammalle kapillaarivoimien ansiosta. Huokosiin nousutta vettä kutsutaan kapillaarivedeksi. Kapillaarivesi ei kuitenkaan nouse loputtomiin, vaan pysähtyy korkeuteen, jossa kapillaarivoimat ja veteen kohdistuva painovoima ovat tasapainossa. Tämän korkeuden ja pohjaveden pinnan erotusta kutsutaan kapillaariseksi nousukorkeudeksi, ja se on riippuvainen materiaalin raekokojakaumasta ja tiivyydestä. (Rantamäki, Jääskeläinen ja Tammirinne 1979)

Maan routimisherkkyys voidaan jakaa neljään luokkaan kapillaarisen nousukorkeuden perusteella. Routivuusluokat esitellään taulukossa 3.1. (Ehrola 1996, alkuperäinen ISSM-FE 1989) Arvioitaessa routimisherkkyyttä kapillaarisuuden perusteella tulisi huomioida myös veden nousunopeus eli kuinka nopeasti maksiminousukorkeus saavutetaan. Tähän vaikuttaa materiaali vedenläpäisevyys. Kapillaarinen nousukorkeus voidaan joko johtaa laskennallisesti materiaalin rakeisuusominaisuuksista tai tutkia laboratorioissa. (Rantamäki, Jääskeläinen ja Tammirinne 1979)

**Taulukko 3.1.** Routivuuden arviointi kapillaarisen nousukorkeuden avulla (alkuperäinen ISSMFE 1989, työssä lähteestä: Ehrola 1996).

Routivuusluokka	Kapillaarinen nousukorkeus
Routimaton	< 1 m
Lievästi routiva	1... 1,5 m
Keskinkertaisesti routiva	1,5... 2 m
Erittäin routiva	> 2 m

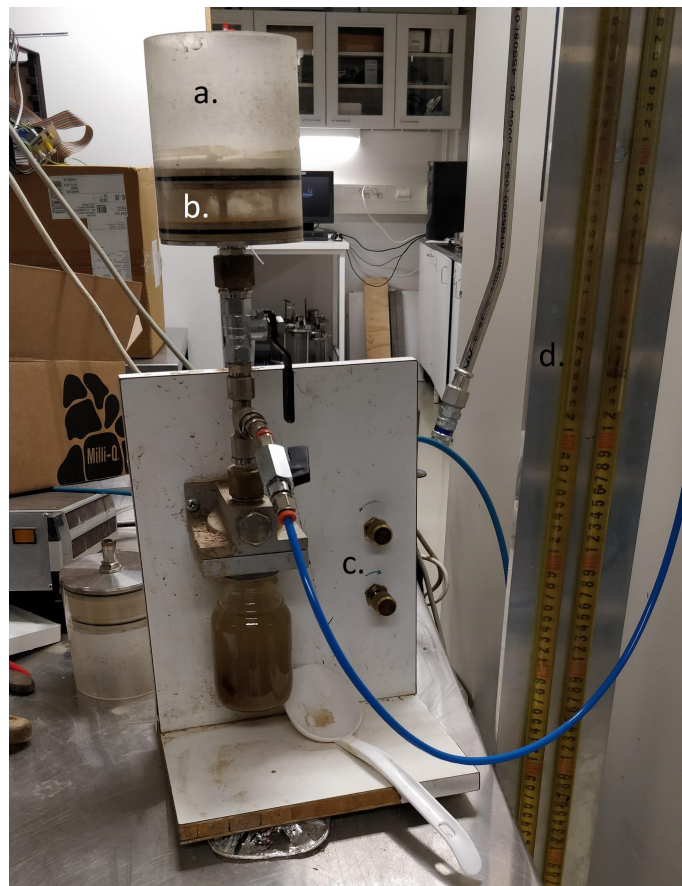
Kapillaarinen nousukorkeus voidaan määrittää laboratoriossa kahdella menetelmällä, joista toinen on standardoitu ja tarkoitettu erityisesti kiviainestuotantoon. Standardin SFS-EN 1097-10 mukaisessa vedenimeytymiskorkeuden määrittämisessä testinäyte laitetaan läpinäkyvään putkeen, joka on pituudeltaan vähintään 200 mm. Putken halkaisija on tavanomaisesti karkeilla materiaaleilla noin 125... 170 mm, ja sen minimihalkaisija määräytyy tutkittavan kiviaineksen maksimiraekoon mukaan. Putki on tutkimuksen aikana pystyasennossa, niin että sen alapää on vedellä täytetyssä astiassa ja yläpäässä on muovipussi. Astian vedenpinnan taso pidetään vakiona, jotta testinäytteellä on aina saman verran vettä saatavilla. Näyte punnitaan testin aikana kalustoineen ja kapillaarinen nousukorkeus voidaan määrittää läpinäkyvästä putkesta mittaamalla, kun menetelmän kokonaismassan muutos on alle 0,2 grammaa seitsemän vuorokauden aikana. (SFS-EN 1097-10 2014) Kuvassa 3.4 esitellään käynnissä oleva tutkimusmenettely.



**Kuva 3.4.** Vedenimeytymiskorkeutta tutkitaan upottamalla testinäytteellä täytetyn putken alapää vesiastiaan. (Kuva: Anne Sailaranta 2020)



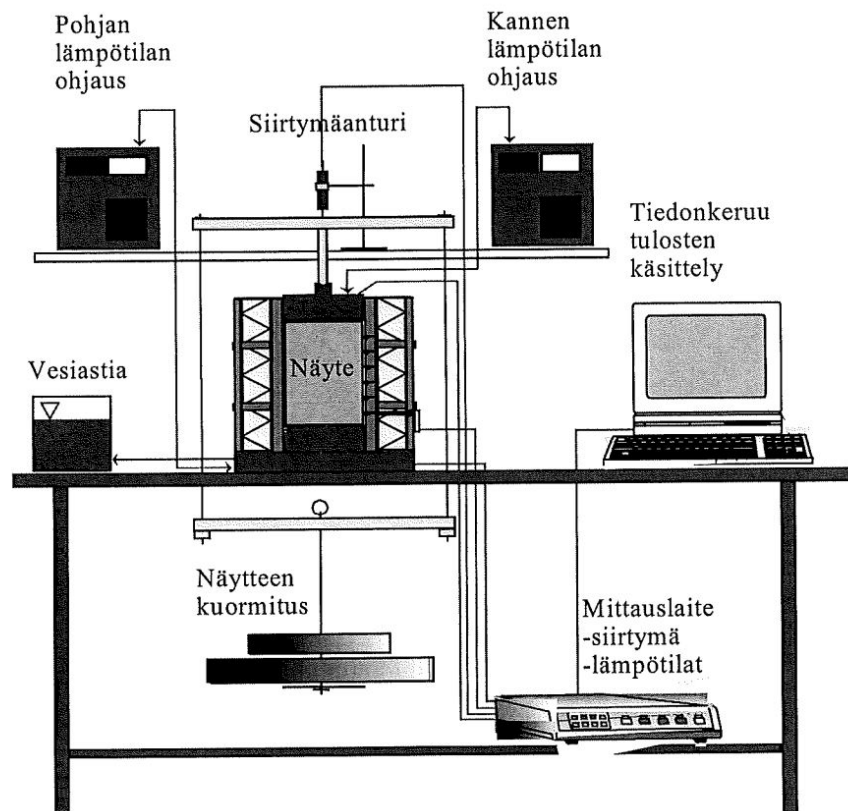
Toinen tapa arvioida maakerroksen kapillaarista nousukorkeutta laboratorioissa on niin sanottu kapillaarimetri. Kapillaarimetri ei ole standardoitu tutkimusmenetelmä, joten kalustoissa saattaa olla eroavaisuuksia laboratorioden välillä. Kapillaarimetriin tarvittava näytekoko on huomattavasti pienempi kuin edellä esitellyn vedenimeytymiskorkeuden määrittämiseen tarvittu näytekoko. Kapillaarimetrikoe on myös huomattavasti nopeampi toteuttaa. Kapillaarimetrin kammion yläosaan laitetaan huokoskiven ja suodatinpaperin päälle vedellä kyllästetty näyte. Kammioon luodaan alipaine, joka imee näytteestä vettä. Alipainetta kasvatetaan, kunnes kammioon tulee vesipisaroiden sijasta ilmaa. Sen hetkinen alipaine muutettuna vesipaineeksi vastaa materiaalin kapillaarista imukykyä ja on siten sama kuin materiaalin kapillaarinen nousukorkeus. (Rantamäki, Jääskeläinen ja Tamminen 1979) Kapillaarimetrillä voidaan tutkia vain suhteellisen hienorakeista maainesta. Kuvassa 3.5 on Tampereen yliopiston kapillaarimetri, jolla tutkittavan materiaalin maksimirakekoon on arvioitu olevan noin 16 mm.



**Kuva 3.5.** Kapillaarimetrin kammio koostuu kahdesta osasta, ylem্পään osaan laitetaan näyte (kuvassa a.) ja alempaan osaan (b.) muodostetaan alipaine. Alipainetta säädellään kytkimistä (c.) ja paineen määrä voidaan lukea joko digitaaliselta näytöltä tai painemitasta (d.). (Kuva: Anne Saileranta 2020)

### 3.2.3 Routanousukoe

Routanousukoe soveltuu parhaiten vain tutkimustyöhön, sillä sen ominaisuuksia ei ole määritetty standardissa, ja se on suhteellisen aikaa vievä ja kallis tutkimus. Routanousukokeelle ei ole vakiintunutta menettelyä edes Suomessa. Seuraavaksi esitellään Tampereen yliopiston geolaboratorion routanousukoejärjestely lyhyesti. Menetelmä on hyvin samanlainen kuin VTT:n routanousukokeen menetelmäkuvauksessa esitetty järjestely (Onninen 2001). Routanousukokeessa tutkittava materiaali tiivistetään sylinteriin. Sylinteri ei ole pituussuunnassa yhtenäinen vaan muodostuu muutaman sentin korkuisista putkiprofiileista. Tämä mahdollistaa materiaalin suhteellisen vapaan routaturpoamisen pystysuunnassa, kun sylinterin ja näytteen välinen kitka ei vastusta turpoamista. Sylinteri näytteineen asetetaan vesiastiaan ja veden annetaan kyllästyä tiivistetty näyte. Vedenpinta lasketaan kyllästyksen jälkeen niin, että vain näytteen alapää on kosketuksissa veden kanssa. Näin vesi pidetään koko tutkimuksen ajan saatavilla. Näytettä jäädyytetään ylhäältä päin jäädytysnesteellä. Näytteen routaturpoamaa ja lämpötilaa mitataan eri kohdista antureilla. Tutkimuskalustosta riippuen routanousukoe voidaan tehdä myös aksiaalisesti kuormitettuna. Kuvassa 3.6 on routanousukokekaluston periaatekuva.



**Kuva 3.6.** Routanousukokeen järjestely. (Onninen 2001)

## 4 TUKIKERROKSEN HIENONTUMINEN

### 4.1 Hienontumisen syyt ja seuraukset

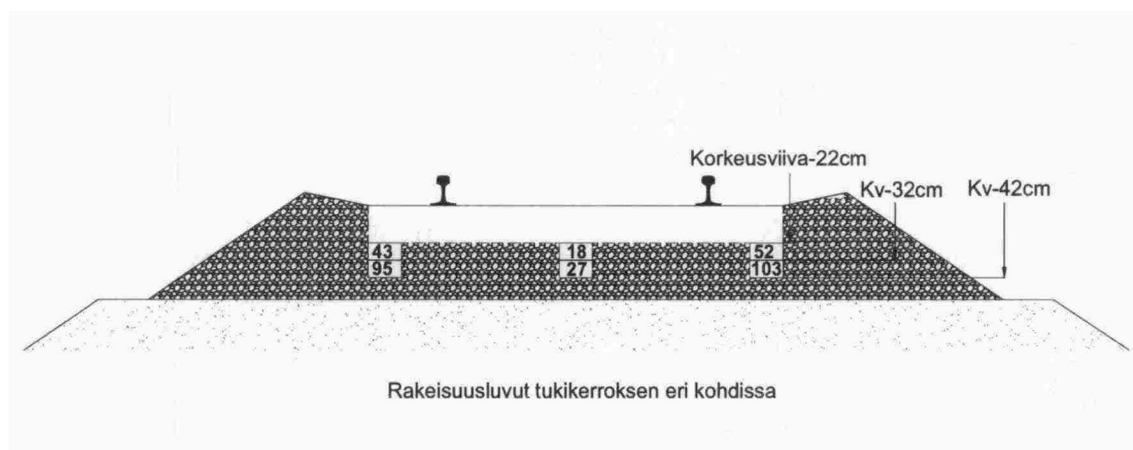
Tukikerrosmateriaali on elinkaarensa aikana usean erilaisen kuormituksen alaisena. Kuormitukset kuten kuljetus, ilmasto ja liikenne rikkovat materiaalin rakeita, jonka seurauksena materiaalin raekokojakauma muuttuu. Tätä kutsutaan tukikerroksen hienontumiseksi. Aikaisemmassa luvussa hienoaineksen määriteltiin olevan raekooltaan alle 0,06 mm. Tukikerroksen hienontumisen yhteydessä hienoaineksena voidaan puhua tarkoittaen kaikkea sepelin alkuperäiseen raekokojakaumaan kuulumatonta hienompaa ainesta. Materiaalin hienontuessa tukikerroksen toimivuus heikkenee. Tukikerroksen hienontuneisuutta tutkitaan näytteenotolla, jonka nykyohjeistusta sepelitukikerroksessa käsitellään luvussa 5.2. Hienontunut materiaali voidaan puhdistaa tai vaihtaa. Koska raidesepeli on rakennemateriaalina korvannut raidesoran lähes kokonaan Suomessa, käsitellään tässä luvussa vain raidesepelin hienontumista.

Valmiin raidesepelin hienontuminen alkaa heti. Materiaalin lastaaminen ja kuljettaminen voivat rikkoa tai hioa rakeita. Hienontumista voi tapahtua myös radan rakentamisen yhteydessä. Valmiissa rakenteessa raidesepeliä hienontavat liikennekuormat, fyysikaalinen ja kemiallinen rapautuminen sekä kunnossapito. Edellä mainitut hienontumisen syyt perustuvat raidesepelin rakeiden rikkoutumiseen. Hienorakeisempaa ainesta voi kulkeutua tukikerrokseen myös muualta kuten rikkoutuneista pölkyistä, tuulen mukana, junan vaunuista tai alusrakenteesta. Hienoaineksen alkuperä ja syntymistapa vaikuttavat hienoaineksen laatuun, jolla on hienoaineksen määrän lisäksi vaikutus tukikerroksen routivuuteen. (Nurmikolu 2004) Nurmikolu tutki murskattujen kiviainesten hienontumista ratarakenteessa (2006) ja selvitti, että raidesepelin hienontumisen syyt Suomessa ovat pääasiassa liikennekuormitukset sekä raiteen tukeminen. Vain harvoissa tapauksissa pakkausrapautuminen on mahdollisesti ollut osasyynä rakeiden rikkoutumiseen. Kiviaineksen mineralogia vaikuttaa kiviaineksen kykyyn vastustaa mekaanista hienonemista ja kemiallista rapautumista. Mekaanisia kestävyysominaisuuksia kuvataan Los Angeles -luvulla ja micro-Deval -arvolla, joiden määrittäminen esitetään alaluvussa 4.2.2. Nurmikolun (2006) mukaan myös raekokojakaumalla on merkitys hienontumisherkyyteen. Tasarakeinen materiaali 4/32 mm hienoni tutkimuksissa voimakkaammin kuin hienoainesta sisältävä materiaali 0/50 mm. (Nurmikolu 2006)

Kun hienontuminen etenee ja hienompi aines on täyttänyt karkearakeisten partikkeleiden väliin jäävän huokostilan, karkearakeisempien partikkelin keskinäinen kontakti huononee

ja vähitellen tukikerros siirtyy hienorakeisen aineksen ominaisuuksien varaan (Kolisoja 1997). Silloin tukikerroksen jäykkyys laskee, mikä lisää kuormituksia ratapölkkyillä ja kiskonkiinnityksillä. Hienontuessa tukikerros menettää myös elastisuutensa, mikä muuttaa ratapölkyn ja tukikerroksen yhteistoimintaa ja edistää hienontumista entisestään. Elastisuuden menettäminen tekee tukikerroksen alttiimmaksi pysyville muodonmuutoksille, ja pölkkyjen alle voi syntyä erityisesti pölkkyjen päihin tyhjä tila. Hienontuessaan tukikerroksen kyky ylläpitää raiteen geometriaa heikkenee. Raiteen tukemisella voidaan parantaa tukikerroksen muotoa, mutta tulee muistaa, että tukeminen on toinen hienontumisen pääaiheuttajista Suomen radoilla. Sen lisäksi tukemisen vaikutukset katoavat nopeasti toimenpiteen jälkeen, kun tukikerros on hienontunut. Hienontuminen vaikuttaa myös tukikerroksen vedenläpäisevyyteen ja siten routimisherkkyyteen. Veden pidättäytyminen rakenteessa kiihdyttää hienontumista. (Esveld 2001, Nurmikolu 2004, Nurmikolu 2000)

Tukikerroksen poikkileikkaus ei hienone tasaisesti. Hienontuminen on voimakkainta ratapölkkyjen päissä, jonka takia tukikerros pölkkyjen päiden alla on altis pysyville muodonmuutoksille. Tukikerroksen raekokojakauma muuttuu myös syvyyden suhteen, kun hienoaines kulkeutuu tukikerroksen alaosaan. Vaikka tukikerroksen tukemisen ja muodonmuutosominaisuuksien näkökulmasta sen yläosan raekokojakauma on merkittävä, suhteellisen hyväkuntoinen raidesepeli tukikerroksen yläosassa ei kuitenkaan takaa tukikerroksen suhteellisen hyviä muodonmuutosominaisuuksia, sillä epätasaisesti hienontunut alaosa luo tukikerroksen yläosalle ja siten pölkylle epätasaisen, keskeltä paremmin kantavan, pohjan. Silloin pölkyn kuormituskäyttäytyminen muuttuu, jonka seurauksena se on alttiimpi vaurioille. Tämä todettiin Tampere-Orivesi -rataosalla 2000-luvun alussa, kun noin 4000 vastavaihdettua pölkkyä rikkoutui, ja syyksi todettiin epätasaisesti hienontunut ja liian ohut tukikerros. Kohteessa otettiin näytteitä pölkyn alta eri kohdista pölkkyä ja niille määritettiin rakeisuusluvut, jotka esitellään kuvassa 4.1. Rakeisuusluku on tapa kuvata tukikerroksen hienontumista Suomessa. Rakeisuusluvusta lisää alaluvussa 4.2.1. (Nurmikolu 2004, Esveld 2001, Nurmikolu 2006)



**Kuva 4.1.** Tampere - Orivesi -rataosuuden keskimääräiset rakeisuusluvut. (Nurmikolu 2006)

## 4.2 Laboratoriotutkimukset

Raidesepelin laatua tutkitaan tuotantopaikalla ennen sen markkinoille asettamista. Tutkimukset ja laadun varmistaminen on CE-merkinnän edellytys. Raidesepelin laatua voidaan tutkia myös rakentamisen aikana ja liikenteellä olleelta radalta. Alaluvuissa 4.2.1 ja 4.2.2 esitellään tukikerroksen hienontuneisuuden tutkiminen sekä raidesepelin kestävyystutkimukset.

### 4.2.1 Hienontuneisuuden arviointi rakeisuudesta

Suomessa hienontumista arvioidaan rakeisuusluvun perusteella. Rakeisuusluku on 1 mm, 8 mm ja 25 mm seulojen läpäisyprosenttien summa. Nurmikolu (2000) huomasi, että tukikerrosnäytteiden rakeisuusluku vaihtelee huomattavasti vierekkäistenkin pölkkyvälien välillä. Siksi vain rataosan keskimääräistä rakeisuuslukua voidaan käyttää kuvaamaan tukikerroksen hienontuneisuutta. Kun rakeisuusluku on enemmän kuin 88, vaatii tukikerros toimenpiteitä. Tämä perustuu Nurmikolun mukaan Uusi-Luomalahden arvioon, siitä milloin hienoainesmäärä on täyttänyt hienontuneen tukikerroksen karkeiden partikkelien väliin jäävän huokostilan. (Nurmikolu 2000, Nurmikolu 2004) Nurmikolu (2006) epäilee rakeisuusluvun toimivuutta sellaisenaan jatkossa, kun tutkittavaksi tulee myöhemmin eri rakeisuusvaatimuksilla rakennetut tukikerrokset. Vuodesta 1995 eteenpäin on käytetty 31,5/63 mm raidesepeliä 25/55 mm raidesepelin sijasta. Tämä pudotti 25 mm seulan läpäisyprosenttia huomattavasti. Rakeisuusluku, joka olisi vain seulojen 1 mm ja 8 mm summa, kuvaisi Nurmikolun mukaan paremmin tukikerroksen toimintakykyä. Tällöin toimenpideraja olisi 35. (Nurmikolu 2006) Voimassa olevan ohjeen mukainen työmenettely Suomessa rakeisuusluvun määrittämiseen laboratoriossa esitellään alaluvussa 5.2.

Hienontuneisuuden puhdistusrajan eli toimenpiderajan arviointi perustuu Nurmikolun (2004) mukaan myös ulkomailla pitkälti karkeiden partikkelien väliin jäävän huokostilan täyttymisellä hienoaineksella. Britanniassa hienontuneen tukikerroksen karkeiden partikkelien väliin jäävän huokostila arvioidaan täyttyvän, kun tukikerros sisältää noin 30 % raekooltaan alle 14 mm ainesta. Nurmikolun mukaan tämä vastaa suhteellisen hyvin Suomen puhdistusrajaa. Pohjois-Amerikassa karkeiden partikkelien väliin jäävän huokostilan täyttymistä arvioidaan ns. Fullerin yhtälöä, jossa vertaillaan tarkasteltua hienoa raekokoa materiaalin maksimiraekokoon. Nimenomaan tämä tapa on vaikuttanut Suomessa käytettyyn rakeisuuslukuun. Huokostilan täyttymisen lisäksi pohjoisamerikkalaiset arvioivat tukikerroksen hienontumista sen vedenläpäisevyyden perusteella. Niin sanottu ”fouling index” on seulojen 4,75 mm ja 0,075 mm läpäisyprosenttien summa. ”Fouling index” on hienoainesmäärä, joka tietyllä sademäärällä estää tukikerroksen toimivan kuivatuksen. Varsinaista rajaa ”fouling indexille” ei ole Nurmikolun mukaan ole esitetty. Ruotsissa ja Norjassa ei ole käytössä puhdistusrajaa, mutta Ruotsissa on sovellettu ja Norjassa on arvioitu European Rail Research Institutun (ERRI) suosittamaa puhdistusrajaa. ERRI tutki 1990-luvulla jäsenmaittensa tukikerrosnäytteitä ja puhdistamisrajan arvioimismenetelmiä, ja tarkastelun tuloksena ERRI loi suosituksen puhdistusrajaksi. ERRI:n suositus

on puhdistaa tukikerros, kun siinä on yli 30 % alle 22,4 mm ainesta. Tämä vastaisi Nurmikolon mukaan rakeisuuslukua 45. Nurmikolon mukaan ERRI:n tutkimus ja näytteenotto eivät ole tarpeeksi luotettavia, jotta Suomen kannattaisi muuttaa puhdistusrajaa ERRI:n mukaan. Myös Norjan Jernbaneverket piti ERRI:n tutkimuksen tulosta virheellisenä. (Nurmikolu 2004)

## 4.2.2 Kestävyytutkimukset

Raidesepelin standardissa SFS-EN 13450 määrittellään raidesepelin ominaisuuksien laadun varmistamisessa käytettävät tutkimusmenetelmät. Standardi käsittelee ensisijaisesti raidesepelintuotantoa, ja sitä voidaan joutua soveltamaan olemassa olevan tukikerroksen tutkimiseen. Kulutuskestävyyttä arvioidaan micro-Deval -arvolla ja iskunkestävyyttä Los Angeles -luvulla. Molempien arvojen määrittelemiseen laboratoriossa on standardoidut tutkimusmenetelmät, joita sovelletaan raidesepelin standardissa SFS-EN 13450. Los Angeles -luku ja micro-Deval -arvo kuvaavat kiviaineksen erilaisia kestävyysominaisuuksia. Tutkimusten erilaisuutta kuvaa hyvin kierrosten jälkeisen materiaalin ulkonäkö. Kuvassa 4.2 voi vertailla uuden raidesepelin ulkonäköä tutkimuksissa käyneisiin testinäytteisiin. LA-luvun määrittelyssä käyneen testinäytteen rakeet ovat särmikkäämpiä ja raekokoja-kauma on laajempi. Micro-Deval -arvon määrittelyssä rakeiden särmät pyöristyvät, mutta partikkelit pysyvät suhteellisen samankokoisina.



(a) Näyte uudesta raidesepelistä.



(b) Seulottu testinäyte micro-Deval -arvon määrittelyksen jälkeen.



(c) Seulottu testinäyte LA-luvun määrittelyksen jälkeen.

**Kuva 4.2.** Raidesepelinäytteitä (Kuvat: Anne Sailaranta 2020)



### Micro-Deval -arvo

Micro-Deval -arvon määrittämiseen käytetty näyte on noin 10 kg ja se koostuu raidese-  
pelin suhteellisen suurista rakeista. Testinäytteeseen seulotaan näytteestä rakeet, jotka  
ovat raekooltaan 31,5... 50 mm. Testinäytteet pestään ja kuivataan ennen varsinaisen ku-  
lutuskestävyystutkimuksen aloittamista. Laboratorioon saapuvan näytteen tulee sisältää  
vähintään 25 kg testinäytteeseen vaadittavaa raekokoa. Näytteestä tehdään aina kaksi  
vertailututkimusta. (SFS-EN 13450 2004)

Testinäyte laitetaan testilaitteen rumpuun (kuva 4.3) ja sekaan lisätään vettä. Rumpu pyö-  
rii koneellisesti ja kivet hioutuvat toisiaan vastaan. Standardissa SFS-EN 13450 määri-  
tettyjen kierrosmäärien jälkeen määritetään testinäytteen yli 1,6 mm kokoisten rakeiden  
painoprosentti testinäytteen ohjeellisesta alkuperäismassasta (10 kg). Tämä prosenttilu-  
ku on testattavan aineksen micro-Deval -arvo. (SFS-EN 13450 2004) Suomessa sallitaan  
raidesepelille micro-Deval -arvoksi 11 tai pienempi (SFS 7007 2016, Ratahallintokeskus  
2004).

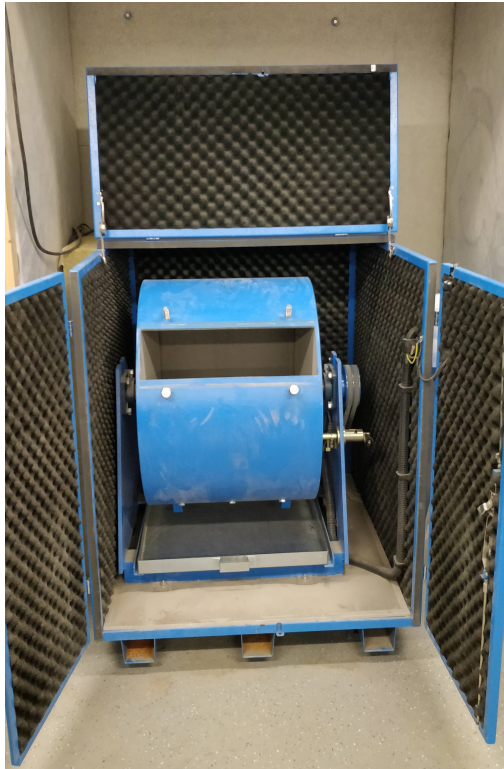


**Kuva 4.3.** Tampereen yliopiston geolaboratorion testilaitte micro-Deval -arvon määrittä-  
miseen. (Kuva: Anne Sailaranta 2020)

## Los Angeles -luku

Los Angeles -luvun määrittämiseen käytetty testinäyte on hyvin samanlainen kuin micro-Deval -arvon määrittämiseen käytetty. Testinäytteen raekokojakauma on 31,5...50 mm ja koko on 10 kg. Laboratorioon saapuvan näytteen tulee sisältää vähintään 15 kg testinäytteen vaadittavaa raekokoa. Näytteestä tehdään vain yksi LA-luvun määrittäminen. (SFS-EN 13450 2004)

Seulottu ja pesty testinäyte asetetaan testilaitteen rumpuun (kuva 4.4a). Rumpuun lisätään testinäytteen lisäksi raskaita teräskuulia (kuvassa 4.4b). Rummun sisäreunoilla on siivekkeet, jotka rummun pyöriessä nostavat rummun sisällön ylös. Testinäyte sekä teräskuulat putoavat siivekkeeltä ja iskeytyvät pohjalla toisiinsa. LA-luku on micro-Deval -arvon tavoin standardin mukaisen kierrosmäärän jälkeinen yli 1,6 mm kokoisten rakeiden painoprosentti 10 kg:stä. (SFS-EN 13450 2004) Suomessa sallitaan raidesepeliksi LA-luku, joka sisältyy LA-luokkiin 12, 16 ja 20 radan liikennemäärästä riippuen (SFS 7007 2016, Ratahallintokeskus 2004).



(a) Testilaitte LA-luvun määrittämiseen.



(b) Teräskuulat

**Kuva 4.4.** Tampereen yliopiston geolaboratorion testilaitte ja teräskuulat LA-luvun määrittämiseen. (Kuvat: Anne Saileranta 2020)



## 5 RADAN RAKEISUUSTUTKIMUSTEN NÄYTTEENOTTOTAPOJEN NYKYOHJEISTUS

### 5.1 Routatutkimukset

Olemassa olevien ratojen routatutkimuksia ohjaa pääasiassa Ratahallintokeskuksen (RHK) vuonna 2002 julkaisema tutkimusohje: Ratojen routasuojaustarpeen selvittäminen. Liikenneviraston julkaisuun Geotekniset tutkimukset ja mittaukset on kerätty tutkimuksille suositellut tutkimuspisteiheydet sekä perustietoa tutkimusmenetelmistä, mutta vain RHK:n tutkimusohje (2002) kuvaa tarkasti radan routatutkimusten näytteenoton menetelyt. RHK:n ja Liikenneviraston ohjeissa, kuten Rakennusinsinööriliiton kirjassa RIL 261-2013 Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet kerrotaan myös maatutkan käytöstä routatutkimuksissa, mutta tässä työssä keskitytään vain näytteenoton ja näytteiden luotettavuuteen. Maatutkaluotausaineiston tulkinta vaatii referenssinäytteitä, ja sen luotettavuus on silloin riippuvainen näytteistä. (Ratahallintokeskus 2002b, RIL 2013, Liikennevirasto 2015)

Ratojen routasuojaustarpeen selvittäminen -ohjeen soveltamisala on nimenomaan olemassa olevat radat. Ohjeessa on kattava kuvaus routivan kerroksen yläpinnan selvittämisestä näytteenoton avulla aina ohjelmoinnista pohjatutkimusten tulostamiseen. Näytteenotto on ohjeessa ohjattu tekemään kierrekairalla keskilinjalta määräväleihin, jonka ohjelmoija määrittää. Väylä suosittelee tutkimuksia 80. . . 150 metrin välein ratasuunnitelma- vaiheessa. Tukikerros poistetaan ennen kairausta, ja tukikerroksen paksuus kiskon selästä merkitään pöytäkirjaan. Kierrekaira kierretään maahan monitoimikairalla varovasti, jotta maa ei nouse kierteissä ylöspäin. Kerralla kairattavan näytteen syvyys on maksimissaan yksi metri. Kairauksen määräsyvyys on ainakin routimattomien rakennekerrosten vaadittu kokonaispaksuus. Kierrekairan kierreosien halkaisija on vähintään 80 mm ja kairan tankojen halkaisija vähintään 25 mm. Suositeltu kierreosien halkaisija on 120 mm. Maanpinnalla näytteestä arvioidaan ja mitataan maakerrosrajat 10 mm tarkkuudella, ja näytteet siirretään kierrekairasta muovipusseihin. Näytteiden tilavuus tulisi olla noin yksi litra. Kun näytettä otetaan samasta tutkimuspisteestä toista tai useampaa kertaa tulee näytteestä poistaa siihen kuulumaton, ylemmistä kerroksista varissut maa-aines. Näyte- reikä täytetään tutkimusten lopuksi routimattomalla maa-aineksella ja tukikerros- materiaali palautetaan. Näytteet toimitetaan maa- ja kiviaineslaboratorioon, joissa niiden routivuus arvioidaan silmämääräisesti. Näytteille, joiden routivuus on silmämääräisesti epävarmaa, tehdään kapillaarinen nousukorkeuden mittausta (katso alaluku 3.2.2) tai rakeisuusmääri-

tys (alaluku 3.2.1). Routanousukoe (alaluku 3.2.3) tehdään vain erikoistapauksissa. (Ratohallintokeskus 2002b, Liikennevirasto 2015)

Maanäytteenottoa ohjaa Suomessa standardi SFS-EN ISO 22475-1 ja geoteknisiä tutkimuksia standardi SFS-EN 1997-2. Liikenneviraston julkaisu Geotekniset tutkimukset ja mittaukset on standardin SFS-EN 1997-2 kansallinen soveltamisohje. Suomen geoteknillinen yhdistys (SGY) on laatinut vuonna 1984 kairausoppaan näytteenotolle, jota Väylä pitää standardin SFS-EN ISO 22475-1 soveltamisohjeena. RHK:n ohjeen tutkimusmenetelmä, joka kuvattiin edellä lyhyesti, ei eroa muiden ohjeiden menettelystä merkittävästi. Kairausoppaan menetelmäkuvaus on tarkempi, mutta ristiriitoja ei varsinaisesti ole. Standardit sen sijaan kumoavat kierrekairan käytön routivuustutkimuksissa. Standardissa SFS-EN 1997-2 todetaan, että esimerkiksi rakeisuuden määrittämiseen tarvitaan vähintään 4-luokan näyte ja standardissa SFS-EN ISO 22475-1 arvioidaan, että kierrekairalla voidaan saada 4-luokan näyte vain hyvissä olosuhteissa kevyissä koheesiomaissa. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset kumoaa jopa kevyet koheesiomaat ja esittää kierrekairan soveltuvan Suomen maaperässä pelkkään maakerrosjärjestyksen selvittämiseen. (SFS-EN ISO 22475-1 2006, SFS-EN 1997-2 2007, Liikennevirasto 2015, SGY 1984)

RHK:n ohjeessa routivuus määritetään joko kapillaarisen nousukorkeuden tai rakeisuuden perusteella. Standardi SFS-EN ISO 17892-4:2016 koskee geoteknisten tutkimusten näytteiden rakeisuuden määrittämistä. Standardissa suositellaan pesuseulonnalla tehtyyn rakeisuusmäärittämiseen taulukon 5.1 näytekokoja.

**Taulukko 5.1.** Suositeltavat näytekoot raekokojakauman määrittämiseen seulonnalla. (SFS-EN ISO 17892-4:2016 2016)

Näytteen suurin raekoko, $D_{max}$ (mm)	Testinäytteen suositeltu vähimmäismassa, $m_{min}$ (g)
< 2,0	< 100
2,0	100
6,3	300
10	500
20	2 000
37,5	14 000
63	40 000

Näytteen suurimman raekoon määrityksessä yksittäisiä kiviä ja lohkkareita ei huomioida. Jos  $D_{max}$  on pienempi kuin 20 mm, voidaan välit interpoloida. Jos  $D_{max}$  on suurempi kuin 20 mm, lasketaan testinäytteen suositeltu vähimmäismassa kilogrammoina kaavalla (5.1). (SFS-EN ISO 17892-4:2016 2016)

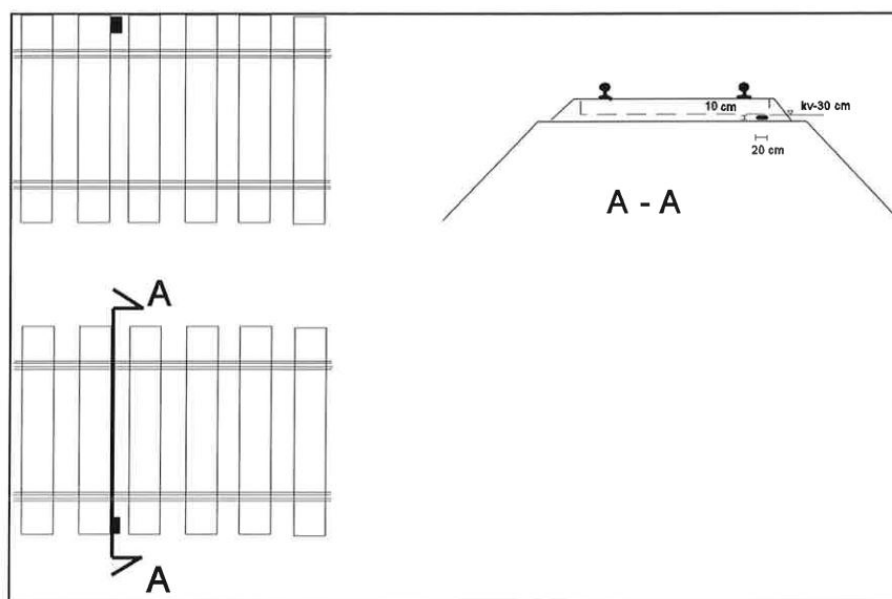
$$m_{min} = \left( \frac{D_{max}}{10} \right)^2 \quad (5.1)$$

Kun katsotaan kappaleessa 2.2 esitettyjä ratarakenteessa käytettävien materiaalien rakeisuusvaatimuksia, voidaan todeta, että yhden litran näytteet eivät ole suositusten mukaiset. Jos oletetaan hiekan, soran ja murskeiden tilavuuspainon vaihtelevan  $17 \dots 20 \text{ kN/m}^3$ , tulee litran näytteen painoksi aina alle 2 kiloa.

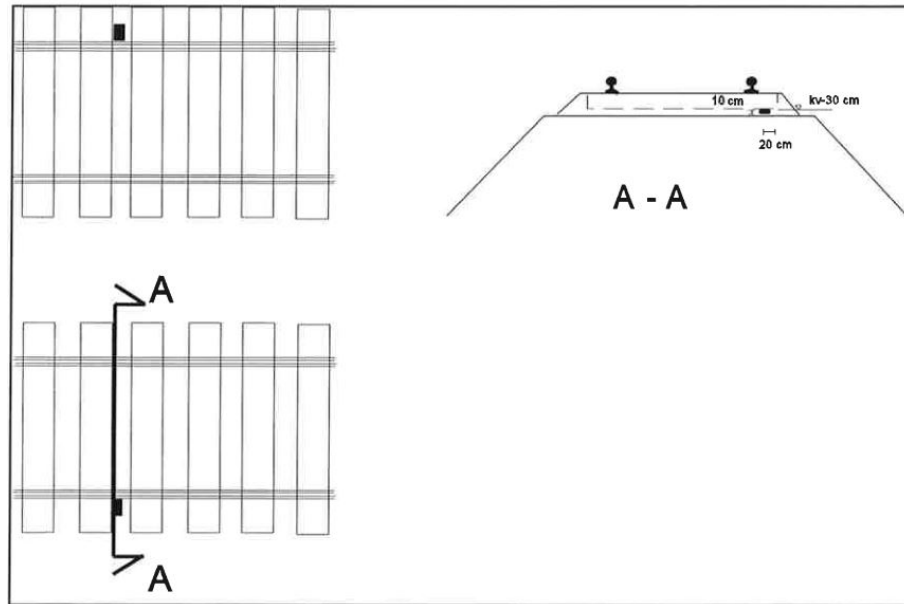
## 5.2 Sepelitukikerroksen laatututkimus

Ratahallintokeskus on julkaissut vuonna 1997 ohjeen sepelitukikerroksen laadun tutkimisesta. Käytännössä tukikerroksen laadun tutkiminen rajataan ohjeessa sepelin hiontumisen määrittämiseen kuivaseulotusta näytteestä. Ohje kattaa sepelin tutkimisen näytteenotosta laboratoriokäytäntöihin. RHK:n ohjeen lisäksi raidesepelin laatua ohjavan standardin SFS-EN 13450 liitteessä A käsitellään sepelinäytteen keräämistä niin radalta kuin tuotannosta.

RHK:n (1997) ohjeen mukaan näytteen massan tulisi olla 6-8 kg, ja näytteet otetaan tutkimuksen ohjelman mukaan tai kilometrin välein pölkkyjen välistä. Näytteitä ei saa ottaa rikkoontuneen pölkyn kohdalta tai muuten poikkeavasta kohdasta. Näytteenottoa paikka pölkkyyn nähden on määriteltävä erikseen betonipölkky- ja puupölkkyraiteelle (kuvat 5.1 ja 5.2). Näytteenottokuoppa on molemmilla pölkkytyypeillä 10 cm korkuinen suorakulmainen särmiö, jonka särmät ovat 20 cm. Näytteenotto aloitetaan -30 cm korkeusviivasta ja sen yläpuolinen sepeli poistetaan esimerkiksi pistolapiolla. Poistettaessa sepeliä pinnasta ja kerätessä varsinaista näytettä on estettävä hienoaineksen kulkeutuminen alempiin kerroksiin. Kaarteissa näytteet otetaan sisäkaarten puolelta ja vaihteen kohdalta otetaan aina kaksi näytettä. Näytteet kuivaseulotaan seulasarjalla, johon kuuluvat hiontuneisuutta kuvaavan rakeisuusluvun määrittämiseen tarvittavat seulat (1 mm, 8 mm ja 25 mm) sekä vähintään kolme muuta seulaa. Seulonta tehdään käsiseulontana. (Ratahallintokeskus 1997)

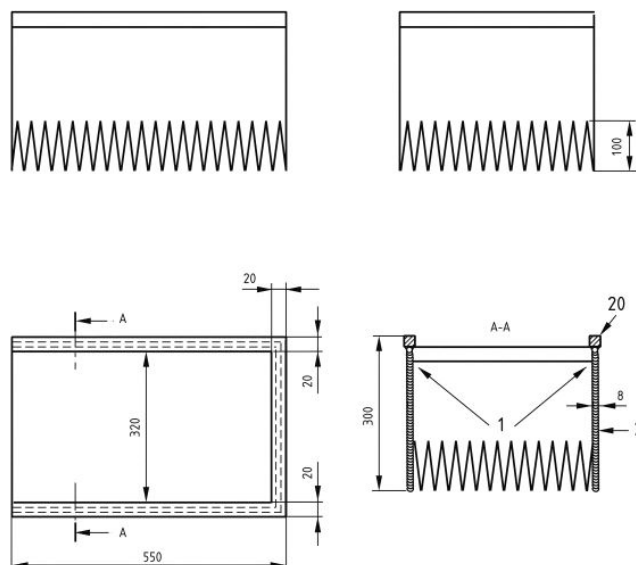


**Kuva 5.1.** Sepelinäytteenottoa paikka betoniratapölkkyraiteella. (Ratahallintokeskus 1997)



**Kuva 5.2.** Sepelinäytteenottoaikka puuratapölkkyraiteella. (Ratahallintokeskus 1997)

Standardissa SFS-EN 13450 todetaan, että tukikerrosnäytteen ottamiselle on kaksi syytä: kuljetuksessa tapahtuneen materiaalin hienonemisen tarkastus ja tietyn rataosan ongelmien tutkiminen. Jälkimmäinen voidaan tehdä standardin mukaan ottamalla näyte joko teräskehikolla (kuva 5.3) tai lapiolla tai lapiota vastaavalla työkalulla. Teräskehikkoa käytettäessä lyödään se lekalla sepelitukikerrokseen ja kehiin jäänyt materiaali kerätään näytteeseen. Ennen kehiin käyttöä tukikerroksen pinnasta kerätään sepeli talikolla, ja kehiin käytön jälkeen lapiolla tai vastaavalla kerätään loput tukikerroksesta näytteeseen. Näyte voi olla yhdestä pölkkyvälistä tai yhdistetty useammasta. RHK:n (1997) ohjeistuksesta poiketen standardi käskää keräämään näytteen koko tukikerroksen syvyydeltä aina alempaan kerrokseen asti. (SFS-EN 13450 2004)



**Kuva 5.3.** Teräskehikko, jolla voidaan kerätä tukikerrosnäyte. Numero 1 viittaa hitsisau-moihin ja numero 2 teräslevyyn. Kuvan mitat ovat millimetreinä. (SFS-EN 13450 2004)

## 6 NÄYTTEENOTTO ALUSRAKENTEESTA

### 6.1 Tutkimuskohteet

Diplomityön tutkimusaineisto kerättiin Väylän hankkeen Vaihdeeteema 2020-2021 rakentamissuunnittelun yhteydessä. Vaihdeeteema 2020-2021 hankkeessa uusitaan Pohjois-Suomen liikennepaikkojen vaihteita. Diplomityön tutkimusaineiston tutkimukset on tehty Haapajärven, Kontiomäen ja Pesiökyvän liikennepaikoilla. Liikennepaikat esitetään kartalla kuvassa 6.1.



**Kuva 6.1.** Tutkimuskohteet kartalla. (taustakartta ja rataverkko: Väylä 2019b)

Haapajärven liikennepaikka sijaitsee rataosolla 087 Iisalmi-Ylivieska. Rataosa rakennettiin 1920-luvulla. Rataosa on sekaliikennöity, eli rataosalla kulkee niin henkilö- kuin tavaraliikenne. Haapajärven ja Jyväskylän välillä kulkee rataosa 004, jolla liikennöi vain tava-

rاليكennettä. Liikennepaikalla on raakapuun kuormauspaikka. (Väylä 2019b, Liikennevirasto 2018c) Kaikki Haapajärven tutkimuspisteet sijaitsevat puupölkkyradalla. Tukikerros on raidesepeliä ja -sora. Liikennepaikan pohjamaa on näytteiden perusteella savista silttiä sekä turvetta. Pohjaveden pinta on noin metrin syvyydellä maanpinnasta.

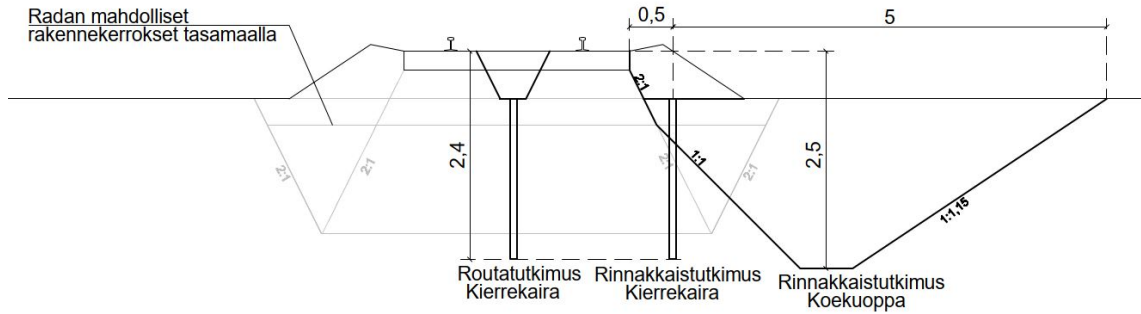
Kontiomäen liikennepaikka sijaitsee Kainuussa ratojen risteyskohdassa. Kontiomäelle päättyvät etelästä tulevat rataosat 005 ja 006, jotka Kontiomäen liikennepaikan jakautuvat kolmeksi reitiksi. Kontiomäeltä Ouluun kulkee rataosa 531, Pesiökylään rataosa 552 ja Suomen itärajalle rataosa 554. Vain rataosat 005 ja 531 ovat sekaliikennöityjä ja muut rataosat ovat vain tavaraliikenteellä. Myös Kontiomäellä on raakapuun kuormauspaikka. (Väylä 2019b, Liikennevirasto 2018c) Kontiomäen tutkimuspisteet ovat puupölkkyradalta. Tukikerros on raidesepeliä. Liikennepaikan pohjamaa on näytteiden mukaan hiekkaa. Pohjavedenpintaa ei havaittu koekuoppia kaivaessa.

Pesiökylä sijaitsee rataosan 552 päässä. Pesiökylästä lähtee itään Ämmänsaaren rataosa 555. Pesiökylän liikennepaikan läpi menee vain tavaraliikennettä. Ämmänsaaren lisäksi Pesiökylästä lähtee rataosa 555 pohjoiseen Taivalkoskelle, mutta rataosa on suljettu liikenteeltä. Rataosa Ämmänsaaresta Pesiökylän kautta Kontiomäelle on raakapuunkuljetusreitti. Liikennepaikan alusrakennetta ei ole peruskorjattu koko sen historian aikana. Rataosat Pesiökylään ja Ämmänsaarelle on rakennettu 1950-luvulla. Rataosalla on paljon routaongelmia. Liikennepaikan pölkkyt ovat puisia ja tukikerros on raidesorasta. (Väylä 2019b, Liikennevirasto 2018c, Liikennevirasto 2018b) Pohjamaa on näytteiden perusteella routivaa hiekkamoreenia ja turvetta. Pohjavedenpinta havaittiin yhden koekuopan kaivamisen yhteydessä noin 1,9 metrin syvyydessä.

## 6.2 Näytteenottotavat

Alusrakennenäytteiden tutkimusaineisto koostuu nykyohjeistuksen mukaisista routatutkimuksista sekä niiden viereen tehdyistä rinnakkaistutkimuksista. Rinnakkaistutkimukset koostuvat näytteenotosta kierrekairalla ja koekuopasta. Kuvassa 6.2 esitetään tutkimukset poikkileikkauksessa kuten ne ohjelmoitiin kohteisiin. Kierrekairalla tehtäväksi ohjelmoitu rinnakkaistutkimus ohjeistettiin tekemään ennen koekuoppaa, jotta rinnakkaistutkimukset ovat täsmälleen samasta pisteestä. Rinnakkaistutkimuksia ei ohjelmoitu jokaisen varsinaisen routatutkimuspisteen viereen, vaan ahtaat poikkileikkaukset karsittiin työn toteuttavuuden ja turvallisuuden takia pois. Haapajärvelle ohjelmoitiin 14:lle routatutkimukselle rinnakkaistutkimukset, Kontiomäellä neljälle routatutkimukselle ja Pesiökylässä viidelle. Rinnakkaistutkimuksina ohjelmoitiin yhteensä 23 kierrekairausta ja 23 koekuoppaa.

Kierrekairalla tehtävä näytteenotto ohjeistettiin tekemään jatkuvana raiteen korkeusviivasta 2,4 metrin määräsyyvyyteen. Koekuopan määräsyyvyys oli 2,5 metriä. Jokaisesta tunnistetusta kerroksesta ohjeistettiin ottamaan näyte. Lähtökohtaisesti tutkittavia kerroksia on kolme: välikerros, eristyskerros ja pengertäyttö tai pohjamaa. Näytteitä kerättiin noin 2...5 näytettä tutkimuspistettä kohden. Näytteet toimitettiin laboratorioon ja niistä määritettiin vesipitoisuus (SFS-EN ISO 17892-1) ja raekokojakauma pesuseulonnal-



**Kuva 6.2.** Tyypipiikkileikkaus rinnakkaistutkimuksista suhteessa routatutkimuksiin.

la (SFS-EN ISO 17892-4:2016) sekä tarvittaessa hydrometrillä (SFS-EN ISO 17892-4:2016). Laboratoriotutkimusten tulokset ovat liitteessä C.

Pohjatutkimukset tehtiin syksyllä ja talvella 2019. Näytteitä otettiin yhteensä 31:stä rinnakkaistutkimuspisteestä, joista 10:ssä tutkimustapa oli koekuoppa ja 21:ssä näytteenotin. Toteuma esitetään taulukossa 6.1. Kymmenestä kaivetusta koekuopasta vain kaksi kuoppaa pystyttiin kaivamaan 2,5 metrin määräsyyvyyteen. Ennen määräsyyvyttä keskeytyneiden koekuoppien syvyydet vaihtelevat 1,1...2,4 metrin välillä. Kaksi metriä tai yli kaksi metriä syviä koekuoppia kaivettiin kokonaisuudessaan kuusi mukaan lukien kaksi määräsyyvyyteen kaivettua koekuoppaa. Ratapenkereessä olevat maakaapelit olivat yleisin este koekuopan kaivamiselle. Haapajärvellä ongelmia tuotti myös maanpintaa lähellä oleva pohjavedenpinta sekä maanalaiset rakenteet. Pesiökylässä yhden koekuopan kaivaminen keskeytyi koekuoppaan virtaavan pohjaveden vuoksi. Koekuoppien kaivamisen onnistumiseen suunnittelulla tavalla vaikutti myös se, että routatutkimusten paikkaa ei vaihdekohteissa voi siirtää yhtä vapaasti kuin esimerkiksi linjatutkimuksissa. Tutkimuspaikkaa ei siis voitu valita koekuopan onnistumisen näkökulmasta optimaalisimmaksi. Kierrekairalla tehtäviksi ohjelmoiduista tutkimuksista vain neljä tutkimusta tehtiin ohjelman mukaisesti kierrekairalla ja loput 17 onnistunutta näytteenottoa otettiin putkinäytteenottimella. Putkinäytteenotin otettiin käyttöön, kun kierrekairalla ei päästy jo routaantuneen maan läpi. Tutkimusten ajoittuminen loppuvuodelle ja lumentulo estivät myös kahden koekuopan tekemisen, sillä läjitysmaiden sekoittumista lumeen ei olisi voitu estää. Kaikki varsinaiset routatutkimukset onnistuivat. Taulukossa 6.2 on yhteenveto rinnakkaistutkimusten onnistumiseen vaikuttaneista syistä.

**Taulukko 6.1.** Haapajärven, Kontiomäen ja Pesiökylän rinnakkaistutkimusten toteuma.

Tutkimuspaikka	Näytteenottotapa	Tutkimuspisteet lkm	
		Ohjelmoitu	Onnistuneet
Haapajärvi	Koekuoppa	14	3
	Putkinäytteenotin 90/68 mm	14	12
Kontiomäki	Koekuoppa	4	4
	Kierrekaira 80 mm tai 60 mm	4	4
Pesiökylä	Koekuoppa	5	3
	Putkinäytteenotin 90/68 mm	5	5
Yhteensä	Koekuoppa	23	10
	Näytteenotin	23	21

**Taulukko 6.2.** Näytteenoton epäonnistumisten syyt.

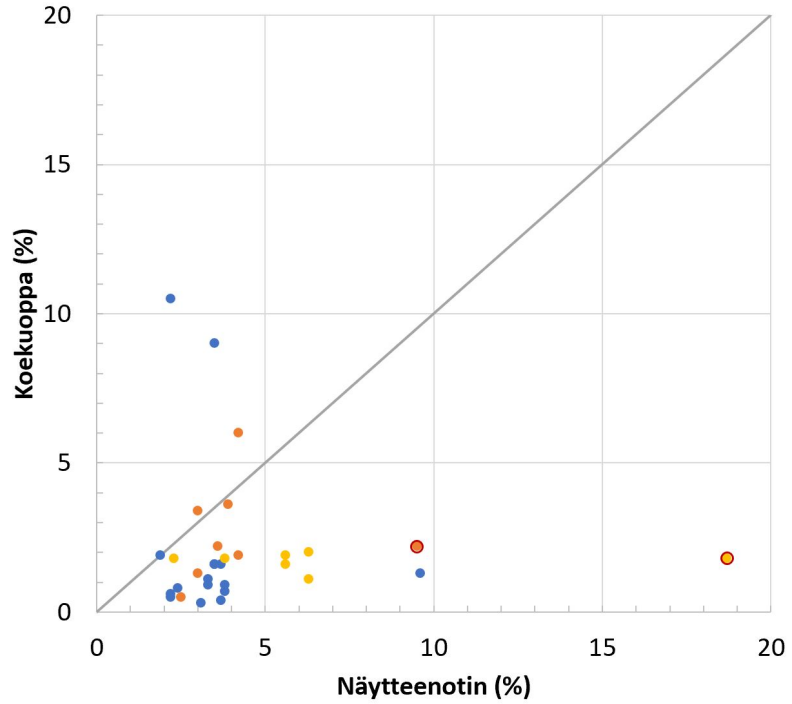
Tutkimuspisteestä ei saatu näytteitä		
Syy	Koekuoppa	Näytteenotin
Maakaapelit	10	0
Lumi olisi estänyt täyttämisen	2	0
Radan vieressä oleva tie	1	0
Vesijohto	0	1
Muu	0	1
Yhteensä	13	2
Tutkimuspisteessä ei päästy määräsyyvyyteen		
Syy	Koekuoppa	Näytteenotin
Luiskat uhkasivat sortua	4	0
Pohjavesi virtasi kuoppaan	2	0
Rakenne kuopan pohjalla	2	0
Kivi tai lohkare	0	4
Yhteensä	8	4



## 6.3 Tutkimustulokset ja niiden analysointi

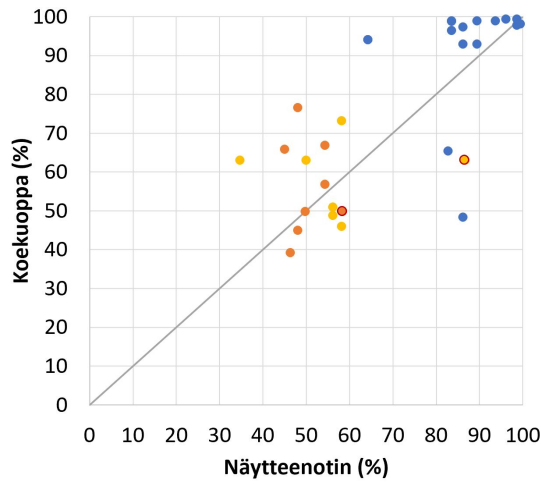
### 6.3.1 Näytteenottotavan vaikutus näytteen rakeisuuteen

Koekuopasta otetut näytteet lajiteltiin maalajin ja syvyyden perusteella pohjamaa- ja alusrakennenäytteiksi. Alusrakennenäytteille etsittiin samasta kerroksesta näytteenottimella (putkinäytteenottimella tai kierrekairalla) otettu verrokinäyte. Koska verrokinäyteparit on muodostettu tutkimuksista, joiden rakennekerrosrajojen tunnistamisessa ei ole välttämättä päädytty samaan tulokseen, yhdellä näytteellä voi olla useampi verrokinäyte. Alusrakennenäytteistä saatiin muodostettua yhteensä 31 verrokinäyteparia. Verrokinäyteparit esitellään liitteessä B. Alusrakennenäytteiden 0,063 mm -läpäisyprosenttia, 2 mm -läpäisyprosenttia ja  $d_{50}$ -arvoa vertailtiin. Verrokiparien vertailu esitetään kuvissa 6.3a, 6.3b ja 6.3c. Jokainen piste esittää yhtä verrokinäyteparia. Mitä lähempänä piste on vertailuviivaa, sitä paremmin verrokinäytteiden ominaisuudet vastaavat toisiaan. Kuten aiemmin esiteltiin, vain Kontiomäellä näytteet otettiin kierrekairalla ja muissa kohteissa käytettiin putkinäytteenotinta. Eri liikennepaikoilla ratarakenteessa käytetyt materiaalit kuitenkin eroavat toisistaan niin paljon, ettei vertailu eri näytteenottimien välillä ei ole mieleistä.



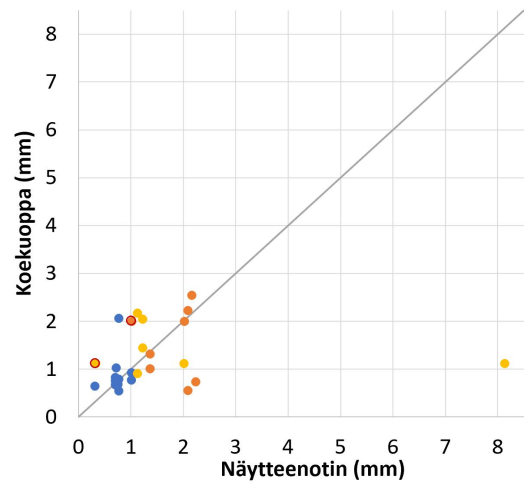
— Yhtenevä tulos    • Kontiomäki    • Haapajärvi    • Pesiökylä    • Routiva

**(a)** 0,063 mm läpäisyprosentti



— Yhtenevä tulos    • Kontiomäki    • Haapajärvi  
• Pesiökylä    • Routiva

**(b)** 2 mm läpäisyprosentti

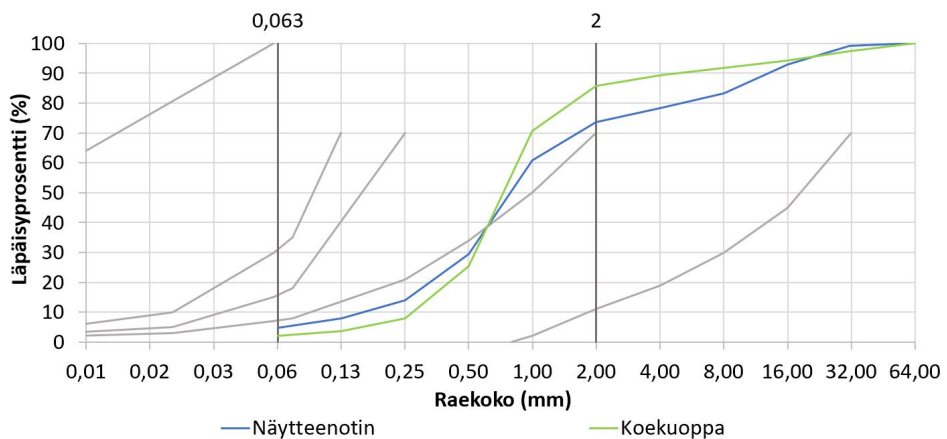


— Yhtenevä tulos    • Kontiomäki    • Haapajärvi  
• Pesiökylä    • Routiva

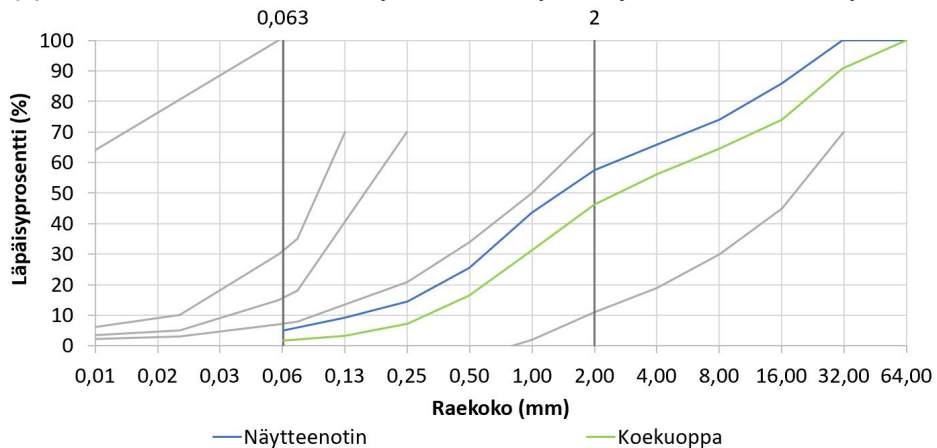
**(c)** d50 partikkelikoko

**Kuva 6.3.** Näyteparien rakeisuuksien vertailu

Koska näytteen läpäisyprosentit ovat suhteessa toisiinsa, havainnollistettiin kuvien 6.3a-6.3c tuloksia rakeisuuskäyrillä. Verrokinäyteparit lajiteltiin koekuopasta otetun näytteen maalajin mukaan. Hiekkänäytteiden sekä niiden verrokinäytteiden keskimääräiset raekokojakaumat esitetään rakeisuuskäyrinä kuvassa 6.4a, ja soranäytteiden sekä niiden verrokinäytteiden keskimääräiset raekokojakaumat esitetään rakeisuuskäyrinä kuvassa 6.4b. Kuten aiemmin todettiin, yksi näyte voi olla osa useampaa näyteparia maakerrosrajojen tulkintojen vuoksi. Keskimääräistä raekokojakaumaa määrittäessä jokainen näyte huomioitiin vain kerran. Taulukossa 6.3 esitellään maalaji- ja näytteenottotapakohtaiset näytemäärät. Yksi koekuopasta otettu alusrakennenäyte määriteltiin laboratoriossa moreeniksi. Kyseinen näyte ja sen verrokinäyte jätettiin rakeisuuskäyristä pois.



(a) Keskimääräiset rakeisuuskäyrät hiekkänäytteille ja niiden verrokinäytteille.



(b) Keskimääräiset rakeisuuskäyrät soranäytteille ja niiden verrokinäytteille

**Kuva 6.4.** Keskimääräiset raekokojakaumat eri näytteenottotavoilla.

**Taulukko 6.3.** Keskimääräisten raekokojakaumien laskentaan käytettyjen näytteiden lukumäärä maalajeittain ja näytteenottotavoittain.

Koekuopasta otetun näytteen maalaji	Koekuoppa	Näytteenotin	
		Kierrekaira	Putkinäytteenotin
Hiekka	21	9	7
Sora	6	1	6

Kuvassa 6.3a nähdään, että näytteenottimella otettujen näytteiden hienoainespitoisuus on usein suurempi kuin koekuopasta otettujen verrokinäytteiden. Näyttäisi kuitenkin siltä, että kun koekuoppänäytteen hienoainespitoisuus on yli 5 %, näytteenottimella otetuilla näytteillä hienoainespitoisuus on pienempi. Koekuoppänäytteiden hienorakeisuus verrattuna verrokinäytteisiin saattaa selittyä sillä, että koekuopasta on helpompi tunnistaa hyvin ohuitakin kerroksia ja paikallisia materiaalivaihteluja, joihin näytteenottimelle ei osuttu. Kuvassa 6.5 nähdään esimerkkinä harmaata, hienorakeista hiekkaa, josta otettu koekuoppänäyte on selvästi hienorakeisempi kuin näytteenottimella samasta syvyydeltä otettu näyte.

Taulukkoon 6.4 laskettiin, kuinka suuri ero verrokinäytteiden välillä hienoainespitoisuuksissa keskimäärin on. Taulukossa tehty vertailu on tehty vähentämällä verrokinäytteenä otetun koekuoppänäytteen läpäisyprosentti näytteenottimella otetun verrokinäytteen läpäisyprosentista. Taulukkoon laskettiin kaikkien verrokinäytteenparien lisäksi erikseen keskiarvot koekuoppänäytteen  $d_{50}$ -arvon perusteella sorille ja hienorakeisemmille materiaaleille. Vaikuttaisi siltä, että näytteenottimella otettujen näytteiden hienoainespitoisuus kasvaa verrattuna koekuoppänäytteeseen enemmän, jos tutkittava materiaali on karkearakaisempaa.



**Kuva 6.5.** Kontiomäellä koekuopasta 5 löytyi muuta rakennetta selvästi hienompaa hiekkaa.

Verrokinäyteparien sorapitoisuuksien tulkinta ei vaikuta olevan yhtä suoraviivaista. Sijoittuminen vertailuviivan ala- tai yläpuolelle kuvassa 6.3b näyttää olevan riippuvainen tutkittavan kerroksen maalajista, tai ainakin sen sorapitoisuudesta. Kun koekuopasta otetun näytteen sorapitoisuus on alle 10 %, näytteenottimella otetun näytteen sorapitoisuus on suurempi kuin koekuopasta otetun näytteen. Kun koekuopasta otettu näyte on soraa ( $d_{50}$  on 2 mm tai isompi), näytteenottimella otetun näytteen sorapitoisuus on pienempi kuin koekuopasta otetun näytteen. Koekuoppänäytteen sorapitoisuuden ollessa jotain 10...50 % välillä näytteenottimella otetun näytteen sorapitoisuus on keskimäärin suurempi kuin koekuopasta otetun näytteen, mutta hajonta on huomattavan isoa. Keskimääräiset erot verrokinäytteiden 2 mm seulan läpäisyprosentissa esitetään taulukossa 6.4. Taulukossa vertailu on tehty vähentämällä verrokinäyteparin koekuoppänäytteen läpäisyprosentin näytteenottimella otetun näytteen läpäisyprosentista.  $D_{50}$ -partikkelikoko seuraava sorapitoisuutta niin, että se kasvaa, kun sorapitoisuus kasvaa.

**Taulukko 6.4.** Verrokinäyteparien läpäisyprosenttien erotusten keskiarvot.

0,063 mm seulan läpäisyprosenttien erotukset				
Koekuoppänäytteen $d_{50}$ (mm)	kaikki	$d_{50} > 2$	$d_{50} < 2$	
<b>Keskiarvo (%-yksikköä)</b>	2,3	3,3	2,0	
<b>Mediaani (%-yksikköä)</b>	2,0	2,8	2	
<b>Keskihajonta (%-yksikköä)</b>	4,1	2,05	4,5	
2 mm seulan läpäisyprosenttien erotukset				
Koekuoppänäytteen 2 mm läpäisyprosentti (%)	<100	< 50	50 < x < 90	>90
<b>Keskiarvo (%-yksikköä)</b>	-4,7	10,7	-7,6	-10,3
<b>Mediaani (%-yksikköä)</b>	-3,7	7,2	-13,0	-8,3
<b>Keskihajonta (%-yksikköä)</b>	15,7	12,5	18,1	10,0

Rakeisuuskäyrät kuvissa 6.4a ja 6.4b havainnollistavat eri näytteenottotavoilla otettujen näytteiden eroja. Kuvissa nähdään hyvin tutkittavan materiaalin sorapitoisuuden vaikutus näytteenottimien keräämään karkearakeisen aineksen määrään, mikä todettiin verrokiparien ominaisuuksien vertailussa. Näytteenottimella otetun näytteen hienoainespitoisuus näyttäisi myös keskimääräisten rakeisuuskäyrien perusteella olevan suurempi kuin koekuopasta otetun näytteen niin soranäytteiden kuin hiekkänäytteiden osalta. Huomattavaa on, että rakeisuuskäyrän muoto pysyy sorasta otettujen näytteiden vertailussa hyvinkin samanlaisena näytteenottotavasta riippumatta toisin kuin hiekasta otettujen näytteiden rakeisuuskäyrät. Soranäytteiden rakeisuuskäyristä nähdään selvästi, että näytteenottimet eivät kerää juuri lainkaan yli 32 mm jaetta, jonka takia muiden raekokojen paino suhteessa kokonaispainoon kasvaa. Hiekasta näytteenottimella otettujen näytteiden keskimääräinen rakeisuuskäyrä on suhteistuneempi, eli näytteet sisältävät tasaisemmin kaikkia tarkasteltuja raekokoja. Näytteenottimet näyttävät jostain syystä keräävän hiekasta raekooltaan yli 8 mm ainesta suhteessa enemmän kuin koekuopasta ottamalla. Tämän epäiltiin johtuvan siitä, että näytteet saattavat sekoittua ylläolevaan karkearakeisempaan kerrokseen. Tutkittavista näytteistä kuitenkin vain neljä näytettä oli otettu hiekkakerrok-

sesta, jonka päällä oli näytteenottohetkellä karkearakeisempi kerros, sillä tukikerros oli ohjeistettu poistamaan ennen näytteenottoa. Näiden neljän näyteparin rakeisuuksien vertailussa ei löydetty mitään koko tutkimusaineistosta poikkeavaa, vaan tulokset muistuttivat paljon taulukossa 6.4 esitettyjä tuloksia. Näiden neljän näyteparin poistaminen massasta ei toisaalta myöskään vaikuttanut huomattavasti jäljelle jäävien näyteparien keskimääräisiin tuloksiin.

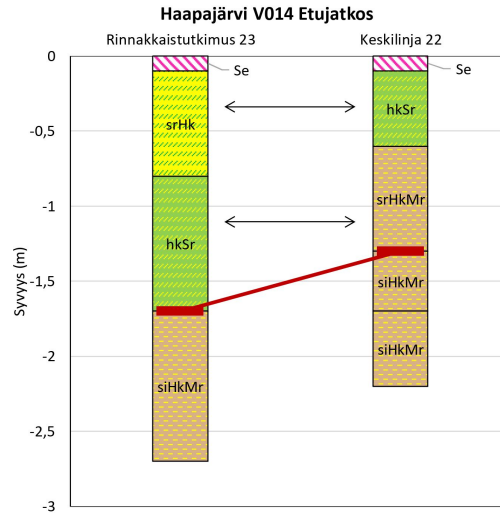
Geotekniset tutkimukset ja mittaukset -ohjeen mukaan putkinäytteenottimen sisähalkaisijan tai kierrekairan halkaisijan pitäisi olla vähintään 63 mm, kun tutkittavan materiaalin isoin partikkelikoko on yli 32 mm. Tutkimuksissa käytettyjen putkinäytteenottimen sisähalkaisija on 68 mm. Tutkimustulosten perusteella vaikuttaisi, ettei halkaisija ohjeen mukaisuudesta huolimatta ole tarpeeksi iso. Näytteenottomenetelmien standardi SFS EN ISO 22475-1 ei suoranaisesti ota kantaa putkinäytteenottimen halkaisijan kokoon suhteessa tutkittavan materiaalin maksimiraekokoon. Kierrekairan kierreosuuden halkaisija pitää standardin mukaan olla vähintään kolme kertaa suurempi kuin tutkittavan materiaalin maksimiraekoko. Tutkimusaineiston kierrekairojen halkaisijat ovat 60 mm ja 80 mm. Tutkittavan materiaalin maksimiraekoko saisi siis standardin mukaan olla 20...26 mm. Kierrekairaa käytettiin vain Kontiomäellä, jossa tutkittavat materiaalit olivat pääosin hiekkaa. Koekuoppänäytteiden perusteella tutkittujen materiaalien maksimiraekoko on 8 mm tai alle lukuun ottamatta muutamaa näytettä, joiden maksimiraekoko oli 64 mm. (SFS-EN ISO 22475-1 2006, Liikennevirasto 2015)

Rakeisuuskäyrille tehtiin herkkyystarkastelu poistamalla keskimääräisten raekokojakaimien laskennasta hienoainespitoisuuden ja  $d_{50}$ -arvon perusteella eniten toisistaan eroavat verrokinäyteparit. Karsitut näyteparit ovat molemmat koekuoppänäytteen perusteella otettu hiekkakerroksista. Koekuopasta otettujen hiekkänäytteiden keskimääräisen raekokojakauman sorapitoisuus kasvoi hieman, noin yhden prosenttiyksikön. Näytteenottimella otettujen näytteiden keskimääräisen raekokojakauman hienoainespitoisuus ja sorapitoisuus pienenevät kumpikin reilun prosenttiyksikön herkkyystarkastelun myötä. Muutokset eivät kuitenkaan olleet merkittäviä vaikuttaakseen koekuopasta ja näytteenottimella otettujen näytteiden välillä tehtyjen havaintoihin.

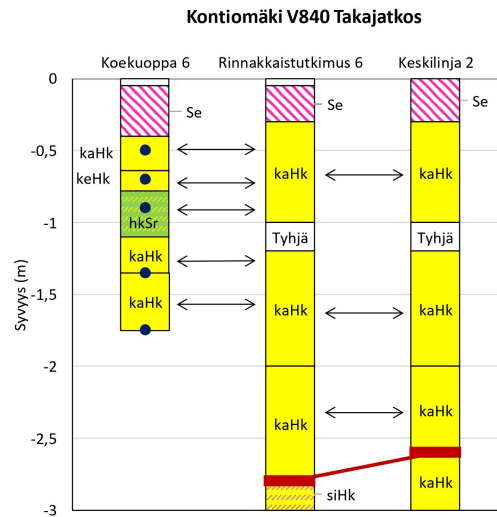
### 6.3.2 Näytteenottopaikan vaikutus näytteen rakeisuuteen

Radan toiminnan kannalta kiinnostavimmat materiaalit ovat raiteen alla ja radan kuormitusjakaumassa, jonka vuoksi radan routatutkimukset tehdään raiteen keskilinjalta. Kuormitusjakaumaksi kutsutaan aluetta raiteen alla, jolle liikennekuormitus jakautuu. Kuormitusjakauma oletetaan alkavan ratapölkyn levyisenä ja laajenevan alaspäin ratapölkyn molemmista päistä 2:1 kulmassa. Radan vakavuuden varmistamiseksi koekuoppa on kaivettava riittävän kauas ja riittävän loivilla luiskilla, eikä koekuoppaa siten pystytä kaivamaan niin, että se ulottuisi kokonaisuudessaan kuormitusjakauman reunalle (katso poikkileikkaus kuva 6.2). Raiteen keskilinjalta tehtyjä routatutkimuksia verrattiin raiteen vierestä näytteenottimella tehtyihin tutkimuksiin. Samasta poikkileikkauksesta tehdyt näytteenotot on tehty keskenään samalla näytteenottimella: kierrekairalla tai putkinäytteenottimella. Vertailun tavoite oli selvittää kuinka hyvin raiteen viereen tehdyt tutkimukset kuvaavat raiteen alapuolisia rakenteita.

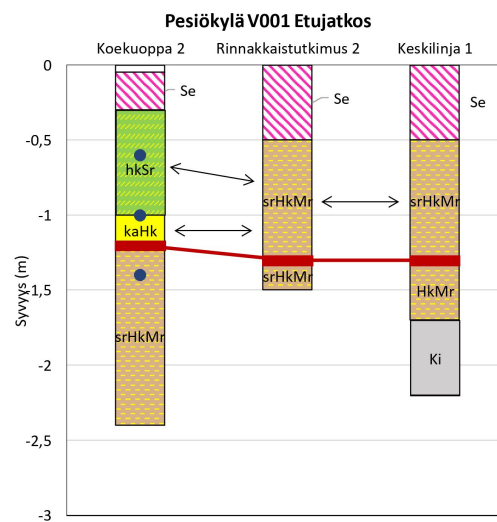
Vertailua varten muodostettiin jälleen verrokinäyteparit. Taulukossa 6.1 nähdään, että näytteenottimella tehdyt rinnakkaistutkimukset onnistuivat koekuoppia useammin. Näyteparien muodostamisessa käytettiin kaikkia näytteenottimella tehtyjä rinnakkaistutkimuksia lukuun ottamatta yhtä rinnakkaistutkimuspistettä, jonka etäisyys varsinaisesta routatutkimuksesta radan suunnassa on liian pitkä. Vertailuun otettiin vain ne näytteet, jotka tulkittiin olevan alusrakenteesta. Luvussa 2.1 todettiin, että radan alusrakenteen materiaalit ja rakennekerrokset voivat vaihdella raiteen alla. Rakenteen mahdollinen vaihtelu otettiin huomioon verrokinäyteparien muodostamisessa. Näyteparien muodostaminen routatutkimuksista ja rinnakkaistutkimuksista osottautui yllättävän hankalaksi erityisesti Haapajärven tutkimuksista. Tutkimustulokset havainnollistettiin kaavioiksi. Kuvassa 6.6 on tutkimustulokset yhdestä routatutkimuksesta sekä sen rinnakkaistutkimuksista Haapajärvellä. Haapajärvellä alusrakenteen tulkittiin ulottuvan noin 0,8...1,5 metriin. Alusrakennenäytteet ovat pääasiassa soraista hiekkaa ja hiekkaista sora, mutta kuten kuvassa 6.6 esitellyissäkin tutkimuksissa raiteen alta otetut näytteet ovat usein moreenia. Routivan maakerroksen yläpintakin on korkeammalla raiteen alla kuin raiteen vieressä. Kontiomäellä vertailtavat tutkimukset muistuttavat paljon enemmän toisiaan kuten kuvassa 6.7 nähdään. Alusrakennenäytteet ovat raiteen alla ja vierestä pääosin hiekkaa jopa 2...2,5 metrin syvyyteen. Pesiökylässä alusrakenteen paksuudeksi tulkittiin noin 1...1,2 metriä. Alusrakennenäytteet ovat pääosin hiekka- ja soramoreenia niin raiteen vieressä kuin raiteen alla (kuva 6.8). Kaikki rakennekerroskaaviot ja muodostetut verrokinäyteparit esitellään liitteessä B.



**Kuva 6.6.** Yhden routatutkimuksen ja sen rinnakaistutkimusten tulokset Haapajärvellä.



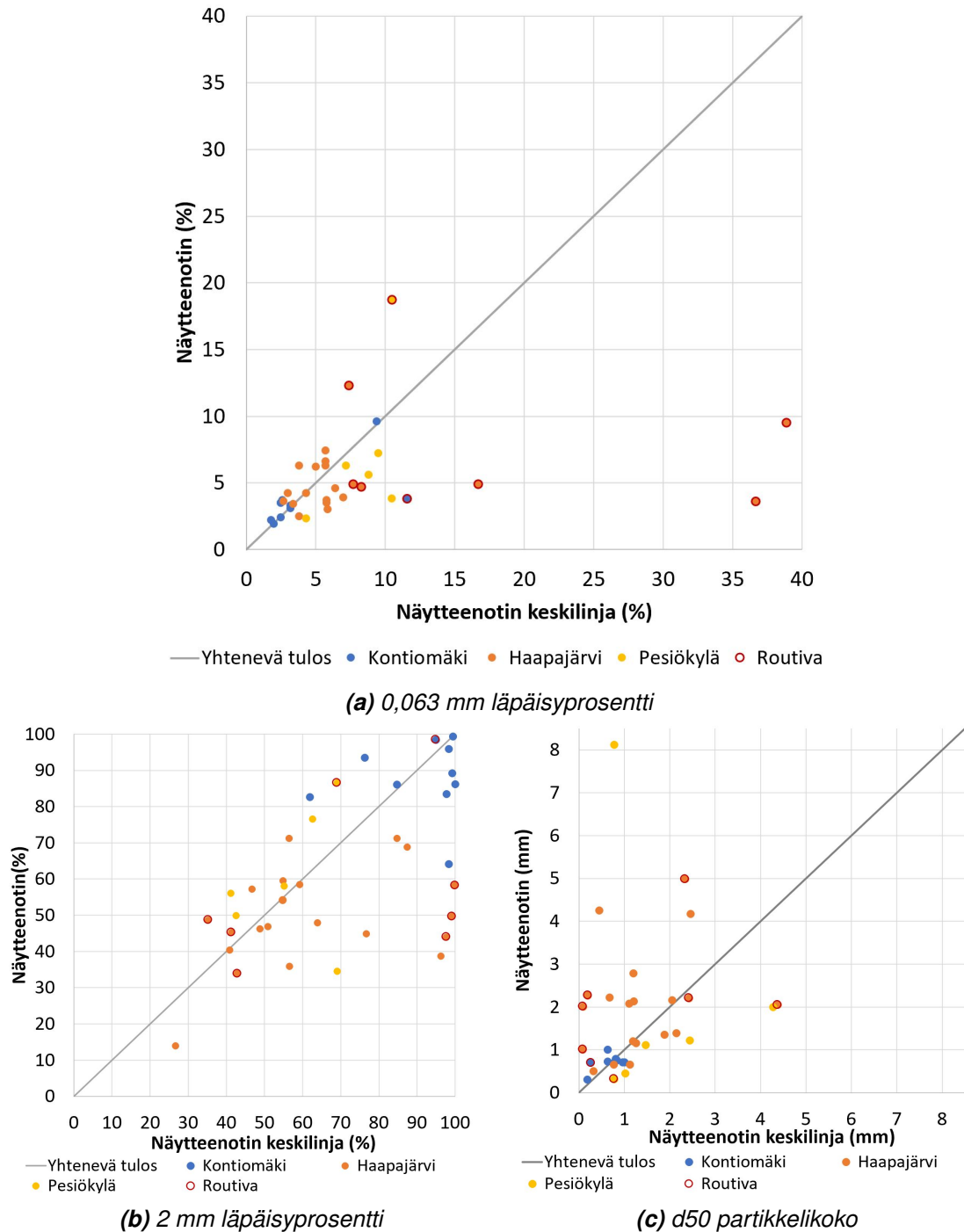
**Kuva 6.7.** Yhden routatutkimuksen ja sen rinnakaistutkimusten tulokset Kontiomäellä.



**Kuva 6.8.** Yhden routatutkimuksen ja sen rinnakaistutkimusten tulokset Pesiökylässä.



Verrokinäytepareja muodostettiin yhteensä 37. Parien 0,063 mm ja 2 mm läpäisyprosentteja sekä  $d_{50}$ -raekokoa vertailtiin. Vertailut esitetään kuvissa 6.9a, 6.9b ja 6.9c. Ominaisuuksien vertailujen keskiarvot on liikennepaikkakohtaisesti taulukossa 6.5. Vertailu on tehty vähentämällä raiteen vierestä otetun näytteen läpäisyprosentti keskilinjalta otetun verrokinäytteen läpäisyprosentista.



**Kuva 6.9.** Näyteparien rakeisuuksien vertailu

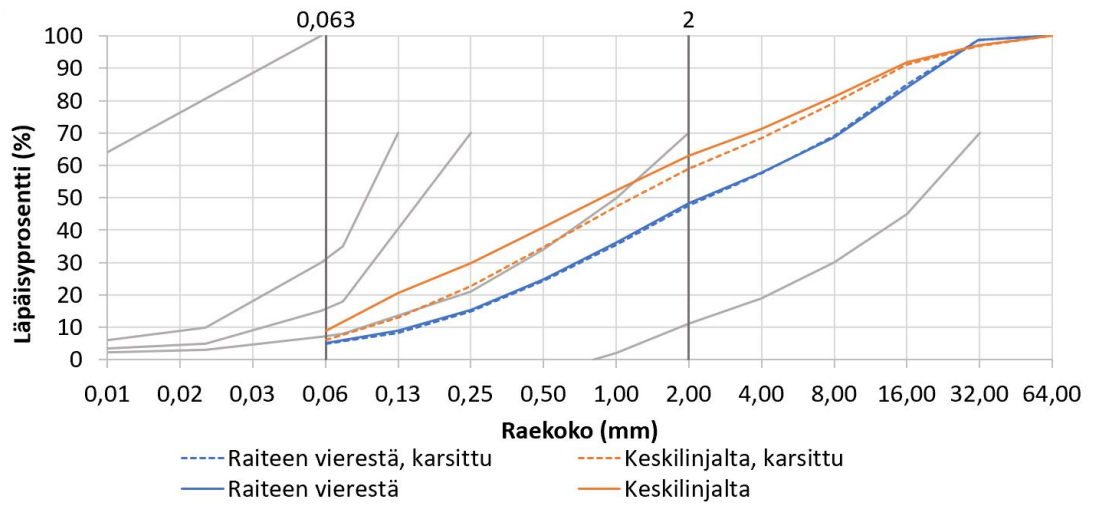
**Taulukko 6.5.** Verrokinäyteparien läpäisyprosenttien erotusten keskiarvot.

<b>Seula 0,063 mm</b>				
	Kaikki	Haapajärvi	Kontiomäki	Pesiökylä
<b>Keskiarvo (%-yksikköä)</b>	2,5	3,8	0,4	1,2
<b>Mediaani (%-yksikköä)</b>	0,1	1,3	-0,15	2,15
<b>Keskihajonta (%-yksikköä)</b>	7,6	9,7	2,6	5,0
<b>Seula 2 mm</b>				
	Kaikki	Haapajärvi	Kontiomäki	Pesiökylä
<b>Keskiarvo (%-yksikköä)</b>	7,9	13,5	3,12	-3,8
<b>Mediaani (%-yksikköä)</b>	2,3	8,9	1,15	-10,7
<b>Keskihajonta (%-yksikköä)</b>	20,4	21,8	16,0	19,5

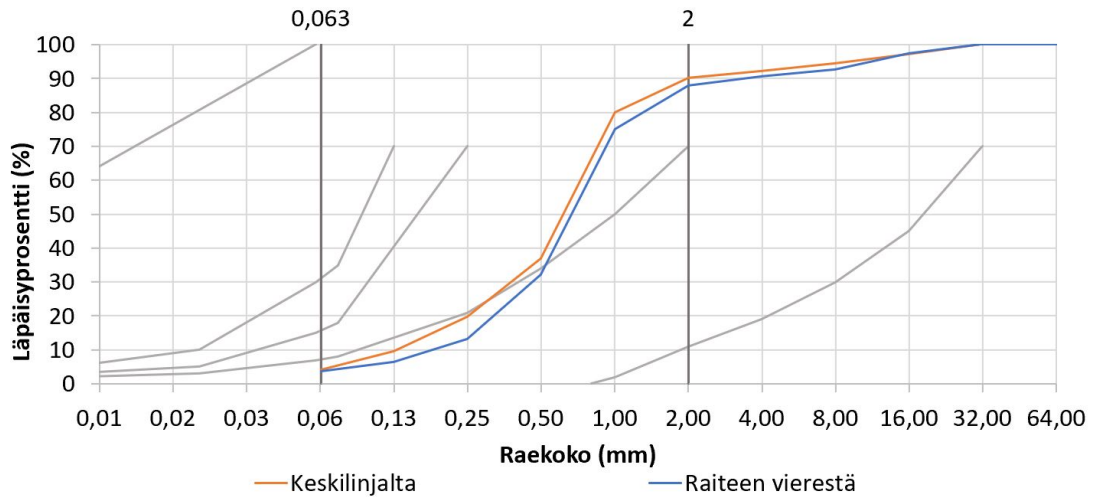
Myös keskilinjaa ja raiteen vierestä otettujen näytteiden läpäisyprosentteista tehtiin keskimääräiset rakeisuuskäyrät (kuva 6.10). Rakeisuuskäyrät tehtiin liikennepaikkakohtaisesti, sillä liikennepaikkojen rakenteissa oli keskenään selviä eroja. Yksi näyte voi olla osa useampaa verrokinäyteparia, mutta keskimääräisiin rakeisuuskäyriin jokainen näyte huomioidaan vain kerran. Taulukossa 6.6 on keskimääräisten läpäisyprosenttien laskemiseen käytettyjen näytteiden lukumäärä.

**Taulukko 6.6.** Keskimääräisten raekokojakaumien laskentaan käytettyjen näytteiden lukumäärä liikennepaikka- ja näytteenottoaikkakohtaisesti.

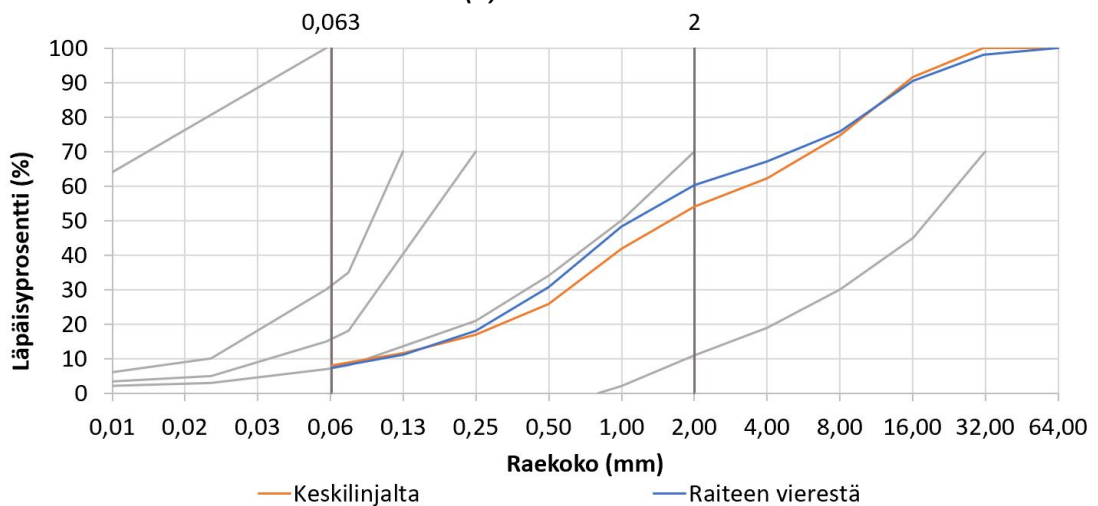
<b>Liikennepaikka</b>	<b>Keskilinja</b>	<b>Raiteen vierestä</b>
<b>Haapajärvi</b>	21	20
<b>Kontiomäki</b>	9	10
<b>Pesiökylä</b>	5	6



(a) Haapajärvi



(b) Kontiomäki



(c) Pesiökylä

Kuva 6.10. Keskimääräiset rakeisuuskäyrät

Taulukon 6.5 perusteella kaikilla liikennepaikoilla hienoainespitoisuus on keskimäärin korkeampi keskilinjalla näytteissä. Kontiomäellä erotusten keskiarvo on hyvin pieni ja mediaani vielä lähempänä nollaa. Samalta näyttää myös Kontiomäen keskimääräiset rakeisuuskäyrät kuvassa 6.10b. Keskilinjalla otettujen näytteiden rakeisuuskäyrä on hienorakeisempi erityisesti seulojen 0,125 mm, 0,25 mm ja 0,5 mm läpäisevyysprosentteissa. Taulukon 6.5 ja rakeisuuskäyrien kuvassa 6.10c perusteella Pesiökylässä näytteenottoa ei näytä vaikuttavan paljoakaan keskimääräiseen hienoainespitoisuuteen. Kun tarkastellaan tarkemmin kuvaa 6.9a nähdään, että yhtä verrokinäyteparia lukuun ottamatta kaikki Pesiökylän verrokiparit jäävät vertailuviivan alapuolelle. Keskilinjalla otetun näytteen hienoainespitoisuus on useammin suurempi kuin raiteen vierestä otetun verrokinäytteen.

Taulukon 6.5 mukaan Haapajärvellä verrokinäyteparien hienoainespitoisuuksien erotusten keskiarvossa on suurin ero. Myös rakeisuuskäyrästä voidaan nähdä, että keskilinjalla otettujen näytteiden keskimääräinen hienoainespitoisuus on huomattavasti suurempi kuin raiteen vierestä otettujen näytteiden. Kuvassa 6.9a kuitenkin nähdään, että Haapajärven verrokinäyteparit kahta hyvin kauan vertailuviivasta jäävää näyteparia lukuun ottamatta vaikuttavat jakautuvan paljon tasaisemmin vertailuviivan molemmin puolin, kun vertaillaan verrokinäytteiden hienoainespitoisuuksia. Haapajärven näytteille laskettiin karsitut keskimääräiset rakeisuuskäyrät, joista jätettiin pois ne näytteet, jotka muodostavat massasta eroavat kaksi näyteparia. Haapajärven karsitut rakeisuuskäyrät niin keskilinjalla kuin raiteen vierestä otetuille näytteille sekä alkuperäiset rakeisuuskäyrät esitetään kuvassa 6.10a. Karsimisen jälkeen voidaan todeta, että keskimääräinen ero hienoainespitoisuuksissa näytteenottoaikojen välillä myös Haapajärvellä on pieni.

Kuvassa 6.9b vertaillaan verrokinäyteparien 2 mm läpäisyprosentteja. Kuvassa nähdään, että verrokinäyteparien pisteet jakautuvat lukumäärältään suhteellisen tasaisesti molemmin puolin vertailuviivaa, mutta vertailuviivan alla olevat pisteet ovat keskimäärin kauempana vertailuviivasta. Taulukossa 6.5 nähdään, että liikennepaikkojen välillä on selvää vaihtelua verrokinäytteiden keskinäisissä eroissa 2 mm läpäisyprosentteissa. Haapajärvellä raiteen keskilinjalla otetun näytteen 2 mm läpäisyprosentti on keskimäärin 13,5 %-yksikköä suurempi kuin raiteen vierestä otetun verrokinäytteen, eli sen sorapitoisuus on keskimäärin 13,5 %-yksikköä pienempi. Pesiökylässä tulokset ovat päinvastaiset, ja raiteen keskilinjalla otetun näytteen sorapitoisuus on keskimäärin 3,8 %-yksikköä suurempi. Pesiökylän verrokinäytepareista yhtä paria lukuun ottamatta kaikkien parien raiteen keskilinjalla otetun näytteen sorapitoisuus on suurempi kuin raiteen vierestä otetun verrokinäytteen. Kontiomäellä näytteenottoa ei näytä vaikuttavan näytteen sorapitoisuuteenkaan huomattavasti. Kontiomäen pisteet jakautuvat vertailuviivan molemmin puolin suhteellisen tasaisesti. Nämä huomiot näkyvät myös keskimääräisissä rakeisuuskäyrissä kuvissa 6.10a, 6.10b ja 6.10c.

Tutkimuskohteet ovat siis hyvin erilaisia keskenään. Kaiken kaikkiaan keskilinjalla otetut näytteet ovat hieman hienorakeisempia kuin raiteen vierestä otetut. Haapajärven ja Kontiomäen näytteissä keskilinjalla otetut näytteet ovat keskimäärin hienorakeisempia

jo isommissa raekoissa. Pesiökylän raiteen keskilinjalta otetut näytteet ovat keskimäärin hienorakeisempia vasta kuin vertaillaan hienoainespitoisuuksia. Kontiomäellä raiteen vierestä otetut näytteet kuvaavat hyvin raiteen keskilinjalla alla olevaa rakennetta, Pesiökylässä näytteet kohtaavat suhteellisen hyvin ja Haapajärvellä näytteenottopaikalla on eniten vaikutusta näytteiden rakeisuuteen. Haapajärvellä on suotuisat olosuhteet pohjamaan sekoittumiselle rakennekerroksiin. Rakennepaksuus on pieni, pohjamaa on suhteellisen hienoa savista silttiä ja paikoitellen turvetta ja pohjavedenpinta on koekuoppien perusteella lähellä maanpintaa. On mahdollista, että Haapajärvellä radan rakenne on vuosien aikana muuttunut raiteen alla.

## 6.4 Näytteenoton vaikutus näytteen ominaisuuksiin

Näytteenottotapa ja -paikka vaikuttavat siis näytteen rakeisuuteen. Raekokojakauman perusteella voidaan arvioida näytteen routimisherkkyyttä. Tutkimusaineiston alusrakennenäytteiden routivuutta arvioitiin raekokojakauman perusteella kuvassa 3.3 esiteltujen kriteerien mukaan. Kaikki koekuopasta otetut näytteet olivat routimattomia. Kahden koekuopasta otetun näytteen verrokinäytteet oli routivia. Raiteen keskilinjalta otettiin yhteensä kuusi routivaa alusrakennenäytettä. Näistä routivista näytteistä vain yhden verrokinäyte raiteen vierestä oli myös routiva. Raiteen vierestä näytteenottimella otettiin siis yhteensä kolme routivaa näytettä. Alusrakennenäytteiden routivuusarviot verrattuna verrokinäytteenäytteenä on kerätty taulukoihin 6.7 ja 6.8. Taulukon kahdessa ensimmäisessä sarakkeessa on esitelty verrokinäytteiden routivuusarviot, ja tutkimuskohteittain eritelty vastaavien routivuusarviot omaavien näyteparien lukumäärä.

**Taulukko 6.7.** Näytteenottotavan vaikutus näytteen routivuusarvioon.

Routivuusarvio		Verrokinäyteparien lkm			
Näytteenotin	Koekuoppa	Haapajärvi	Kontiomäki	Pesiökylä	Yhteensä
Ei roudi	Ei roudi	7	16	6	<b>29</b>
Routiva	Ei roudi	1	0	1	<b>2</b>
				<b>Yhteensä:</b>	<b>31</b>

**Taulukko 6.8.** Näytteenottopaikan vaikutus näytteen routivuusarvioon.

Routivuusarvio		Verrokinäyteparien lkm			
Keskilinjalta	Raiteen vierestä	Haapajärvi	Kontiomäki	Pesiökylä	Yhteensä
Ei roudi	Ei roudi	15	9	5	<b>29</b>
Routiva	Routiva	1	0	0	<b>1</b>
Ei roudi	Routiva	1	0	1	<b>2</b>
Routiva	Ei roudi	4	1	0	<b>5</b>
				<b>Yhteensä:</b>	<b>37</b>

Eri näytteenottotavalla otettujen verrokinäytteiden routivuusarvio oli 29/31 näytepareis-

sa keskenään sama (routimaton). Eri paikasta radan poikkileikkausta otettujen verrokinäytteiden routivuusarvio oli keskenään sama 30/37 näyteparissa. Näytteenottoaika näyttää vaikuttavan routivuusarvioon enemmän kuin näytteenottotapa. Verrokinäyteparien läpäisyprosentteja vertaileviin kuviin 6.3 ja 6.9 merkittiin erikseen ne näyteparit, joista parin molemmat tai jompikumpi näytteistä määriteltiin routivaksi. Kun katsotaan kuvaa 6.3a, jossa vertaillaan koekuoppinäytteitä ja näytteenottimella otettuja näytteitä, voidaan todeta, että niiden näyteparien, joissa toinen näyte on määritelty routivaksi, hienoainespi-toisuuksissa on keskenään iso ero (7,3... 16,9%-yks.). Kuvasta 6.9a taas voidaan päätel-lä, että näyte voi kääntyä routimattomasta routivaksi pienemmälläkin erolla hienoainespi-toisuuksissa (2,8... 33,1%-yks.).

Toinen näytteen ominaisuus, mikä voi vaikuttaa tutkimustuloksiin on näytteen massa. Tutkimusaineistossa ei ole ilmoitettu kaikkien näytteiden massoja. Raiteen vierestä näyttee-nottimella otettiin yhteensä 76 ja keskilinjalta otettiin yhteensä 67 näytettä alusraken-teesta ja pohjamaasta, joista yhteensä 45 näytteen massa tiedetään. Näytteiden mas-sat vaihtelevat 474... 3069 gramman välillä ja massojen keskiarvo on 1470 grammaa. Kaikkien koekuoppinäytteiden lukuun ottamatta yhtä massat tiedetään. Koekuoppinäyt-teiden massat vaihtelevat 880... 4950 gramman välillä ja massojen keskiarvo on 2745 grammaa. Tutkimusaineiston alusrakenninäytteiden maksimiraekoko oli 8... 60 mm välil-lä. Taulukossa 6.9 esitetään tutkimusaineiston näytteiden maksimiraekoon mukaiset suo-sitellut vähimmäismassat pesuseulontaa varten. Vähimmäismassat on laskettu luvussa 5.1 esiteltyllä tavalla SFS-EN ISO 17892-2:2016 mukaisesti. Taulukosta nähdään, että nykyiset näytekoot eivät ole standardin mukaiset, kun tutkittavan materiaalin maksimirae-koko on yli 16 mm.

**Taulukko 6.9.** Suositeltavan vähimmäismassat seulontaa varten maksimiraekoon mu-kaan.

Näytteen suurin raekoko, $D_{max}$ (mm)	Testinäytteen suositeltu vähimmäismassa, $m_{min}$ (g)
8	400
16	1400
22,4	5000
31,5	10 000
63	40 000

## 7 NÄYTTEENOTTO TUKIKERROKSESTA

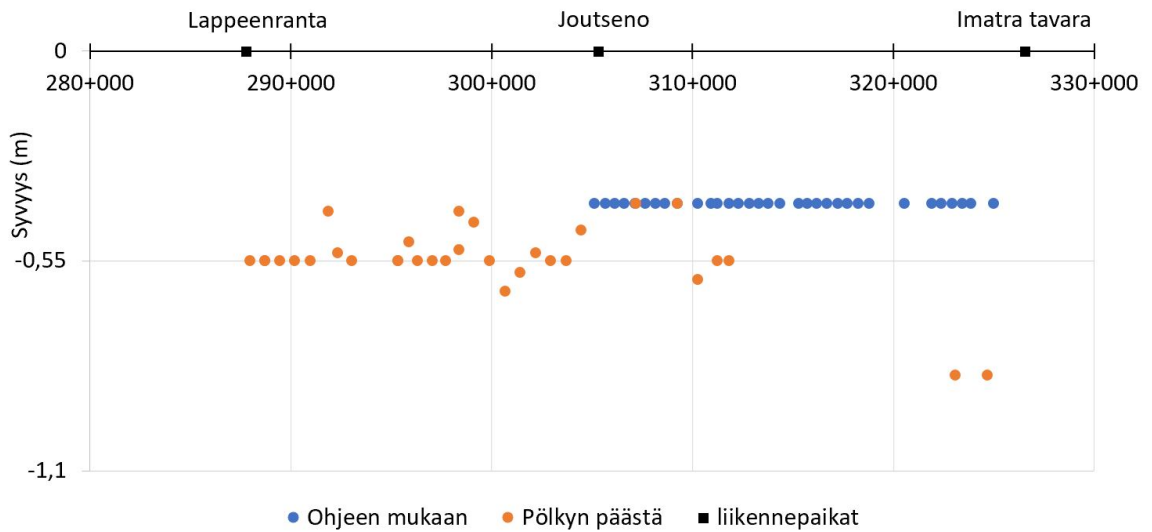
### 7.1 Tutkimuskohde

Tukikerrosnäytteenottoa tutkitaan näytteistä, jotka on otettu vuosien 2018-2019 aikana Lappeenranta-Imatra -rataosuudelta. Näytteet on otettu Väylän Luima -ratahankkeen rata- ja rakennussuunnittelun yhteydessä. Luima on hanke, jossa radan välityskykyä parannetaan Luumäki - Imatra välillä Itä-Suomessa. Rataosuudelle rakennetaan kaksoisraide Joutsenon ja Imatran välille, ja Luumäki - Joutseno välillä tehdään radan perusparannus (kuva 7.1). Lappeenranta-Imatra -rataosuudella tukikerros on raidesepeleistä ja ratapölkyt ovat betonisia. Rataosuudella on tehty lisäsepelöinti vuonna 2000. Rataosuus on sekalii-kennöity ja merkittävä raakapuun kuljetusreitti.



**Kuva 7.1.** Luumäki-Imatra -ratahankkeen suunnittelukohteet. (Väylä 2019a)

Tukikerrosnäytteitä otettiin kahdella eri menetelmällä, jotka esitellään aluvuossa 7.2. Koska näytteet otettiin suunnittelua varten, eikä niinkään tutkimusmielessä, näytteiden jakautuminen rataosuudelle ei ole tasaista. Näytteiden ottopaikat esitellään kuvassa 7.2 näytteenottotavoittain.



**Kuva 7.2.** Näytteidenottopaikat pituusleikkauksessa näytteenottotavoittain.

## 7.2 Näytteenottotavat

Tutkimusaineiston näytteet otettiin kahdella eri tavalla. Kesällä 2018 Joutseno-Imatra -rataosuudella otettiin noin kilometrin välein tukikerrosnäytteet nykyohjeistuksen mukaisesti pölkkyjen välistä ylhäältä päin. Sepelitukikerroksen laadun tutkimusohje esiteltiin luvussa 5.2. Kuva 7.3 on yhdestä tutkimuspisteestä. Näytteille tehtiin ohjeen mukaisesti kuivaseulonta rakeisuusluvun selvittämiseksi. Näytteiden laboratoriolomakkeet sekä pistekohtainen taulukko ovat liitteessä D. Näytteitä on yhteensä 33.



**Kuva 7.3.** Tukikerrosnäytteenotto nykyohjeistuksen mukaan.



Keväällä 2019 Lappeenranta-Imatra välillä tutkittiin uudestaan tukikerrosta. Ensisijaisesti tutkimusten tavoite oli tutkia välikerrosta, josta ei routatutkimuksissa saatu näytteitä. Tutkimukset toteutettiin kaivamalla pölkyn päähän koekuoppa alusrakenteen yläpintaan saakka. Kuva 7.4 on yhdestä tutkimuspisteestä. Koekuopasta päästiin myös mittamaan tukikerroksen paksuus. Näytteet otettiin pääasiassa tukikerroksen pohjalta pölkyn alta. Koekuoppia tehtiin noin kilometrin välein, mutta tukikerrosnäytteitä ei kerätty jokaisesta koekuopasta. Kuvassa 7.2 näytteenottoaika on esitetty pituusleikkauksessa. Näytteiden laboratoriotutkimukset sekä pistekohtainen taulukko ovat liitteessä D. Näytteet seulottiin siten, että vain alle 22,4 mm aines pestiin. Pölkkyjen päähän kaivetuista koekuopista kerättiin yhteensä 29 tukikerrosnäytettä. Taulukossa 7.1 on yhteenveto tutkimusaineistosta.



**Kuva 7.4.** Tukikerrosnäytteenotto koekuopasta pölkyn päästä.

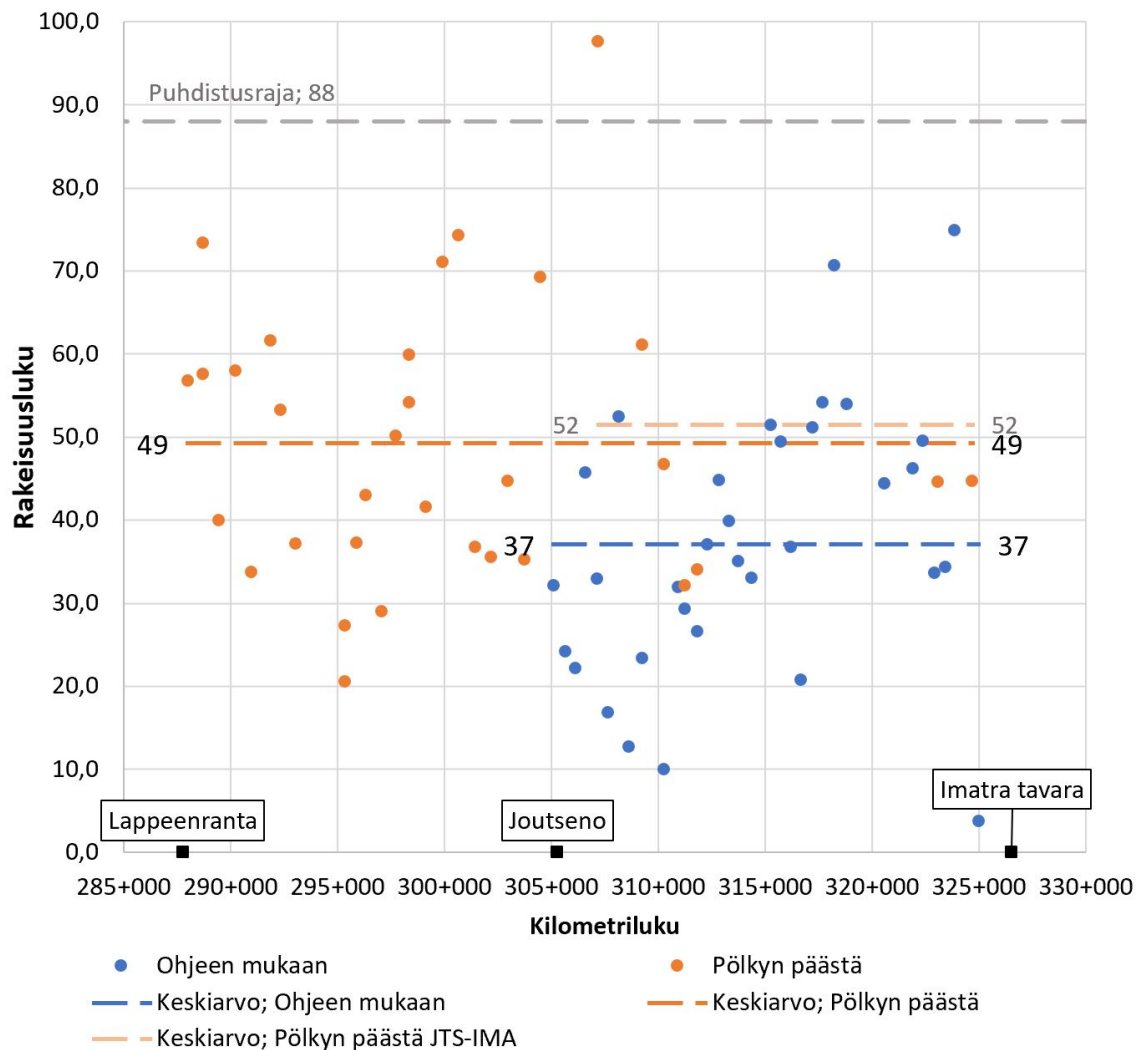
**Taulukko 7.1.** Tukikerrosnäytteet.

Näytteenottotapa	Km-väli	Näytteiden lkm	Näytteenottosyvyys
Ohjeen mukaan	305+111-324+998	33	0,3-0,4 m
Pölkyn päästä	287+980-324+703	29	0,25... 0,35-0,55... 0,85 m

## 7.3 Tutkimustulokset ja niiden analysointi

### 7.3.1 Näytteenottotavan vaikutus rakeisuuslukuun

Kuten aiemmin todettiin rakeisuusluku voi vaihdella jopa vierekkäisten pölkkyjen välillä (Nurmikolu 2000). Siksi näiden kahden erilaisen näytteenottotavan välinen vertailu tehdään vertailemalla rakeisuuslukujen keskiarvoja. Kuvassa 7.5 esitetään Lappeenranta-Imatra -rataosuuden tukikerrosnäytteiden rakeisuusluvut ja niiden keskiarvot Nurmikolun (2006) esittämällä tavalla.

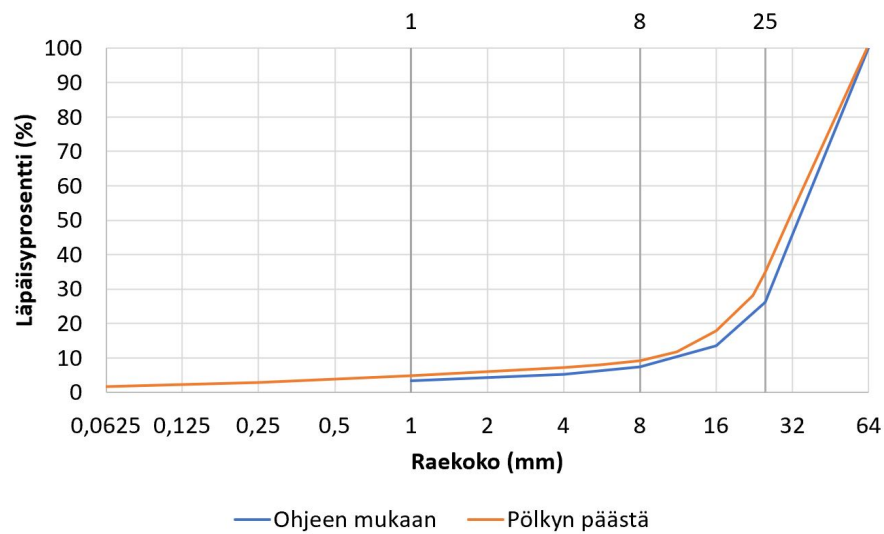


**Kuva 7.5.** Rakeisuuslukujen vertailu.

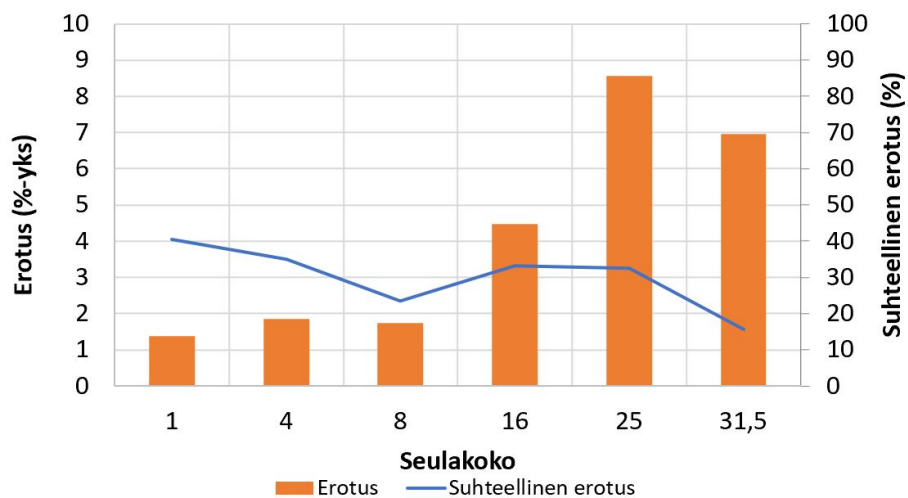
Molemmilla tavoilla tutkittuna rataosan rakeisuusluku on alle puhdistusrajan (88) ja siten tukikerros on tutkimushetkellä rakeisuuden puolesta toimivaa. Pölkyn päästä otettujen näytteiden rakeisuuslukujen keskiarvo on noin 33 % suurempi kuin ohjeen mukaan otettujen näytteiden. Nurmikolu 2006 toi esiin, että rakeisuusluku, joka koostuu seulojen 1 mm ja 8 mm läpäisyprosenttien summasta, voisi kuvata paremmin vuoden 1995 jälkeen rakennettuja tukikerroksia. Puhdistusraja olisi silloin 35. Tutkimusaineistolle lasket-

tiin rakeisuusluvut myös tällä tavalla, mutta eri näytteenottotavoilla otettujen näytteiden suhde ei eronnut merkittävästi perinteisten rakeisuuslukujen vertailusta, sillä suhde pie-  
neni vain noin 3 %-yksiköllä. Rakeisuusluvut, jotka määriteltiin käyttämällä vain 1 mm ja  
8 mm läpäisyprosentteja ovat molempien näytteenottotapojen osalta kauempana puhdis-  
tusrajastaan (35) kuin perinteisellä tavalla määritetyt rakeisuusluvut puhdistusrajastaan  
(88).

Näytteiden raekokojakaumista laskettiin keskimääräiset rakeisuuskäyrät (kuva 7.6). Ra-  
keisuuskäyristä on vaikea hahmottaa tarkkaan, mistä ero rakeisuuslukuihin näytteenot-  
totapojen välillä muodostuu. Kuvassa 7.7 esitetään seulakohtaisesti läpäisyprosenttien  
erot näytteenottotapojen välillä. Kuvassa esitellään seulakohtaisesti keskimääräisten ra-  
keisuuskäyrien erotukset prosenttiyksikköinä ja prosentteina.



**Kuva 7.6.** Näytteenottotapakohtaisesti keskimääräiset rakeisuuskäyrät



**Kuva 7.7.** Läpäisyprosenttien vertailu näytteenottotapojen välillä.

Rakeisuuslukujen ero näytteenottotapojen välillä on huomattava. Eroon vaikuttaa kuitenkin moni asia. Ensinnäkin näytteet on otettu eri kohdasta radan poikkileikkausta. Luvussa 4.1 todettiin, että tukikerros hienontuu luonnollisesti pölkyn alla enemmän kuin pölkkyjen välissä, mutta erityisen voimakkaasti pölkyn päässä. Raidesepelin hienontumisen vaihtelu raiteen pituussuunnassa nähdään kuvassa 7.4. Hienoaines kulkeutuu tukikerroksessa isompien partikkelien välissä alemmas, joten näytteenottosyvyydellä on huomattava merkitys näytteen raekokojakaumaan. Rakeisuusluvun kasvaminen syvyyden suhteen todettiin Tampere-Orivesi -rataosuuden tutkimuksissa ja nähdään kuvassa 4.1 (Nurmikolu 2006). Näytteiden keräystavassa on myös merkittävä ero, sillä pölkyn päästä näyte otetaan sivulta päin, ja ohjeen mukaan näyte kerätään ylhäältä päin, jolloin hienorakeinen aines voi entisestään valua alaspäin. Näytteenottotavan lisäksi näytteet on seulottu eri menetelmillä. Ohjeen mukaan otetut näytteet on myös ohjeen mukaisesti kuivaseulottu, kun taas pölkyn päästä otettujen näytteiden alle 22,4 mm jae on pesuseulottu. Pesuseulonta kasvattaa isompien seulojen läpäisyprosentteja, kun karkeiden rakeiden pinnalle jäänyt hienorakeisempi aines pestään. Pesuseulotulla näytteellä on lähtökohtaisesti suurempi rakeisuusluku.

Rakeisuuskäyristä nähdään kuvassa 7.6, että ohjeen mukaan otettujen näytteiden raekokojakauma on karkearakeisempi kuin pölkyn päästä otettujen näytteiden. Kuvan 7.7 perusteella isoissa seulakoissa on suurimmat absoluuttiset erot. Pölkyn päästä otetuissa näytteissä on keskimäärin 8,6 %-yksikköä enemmän alle 25 mm jaetta. Pienempien seulojen läpäisyprosentteissa ero on enää muutama prosenttiyksikkö. Pienien seulojen läpäisyprosentit ovat kuitenkin lähtökohtaisestikin niin pieniä, että muutamakin prosenttiyksikkökin on suhteessa iso ero. Kuvasta 7.7 nähdäänkin, että näytteiden läpäisyprosenttien suhteelliset erotukset ovat suurimpia juuri pienimmissä seuloissa. Seulakoissa 1 mm, 2 mm ja 4 mm pölkyn päästä otettujen näytteiden keskimääräiset läpäisyprosentit ovat 35...40 % suuremmat ohjeen mukaan otettujen näytteiden. Muissa seulakoissa suhteellinen ero on 15...35 %. Pieni suhteellinen muutos 25 mm seulan läpäisyprosentissa kasvattaa rakeisuuslukua siis yhtä paljon kuin iso suhteellinen muutos 1 mm seulan läpäisyprosentteissa.

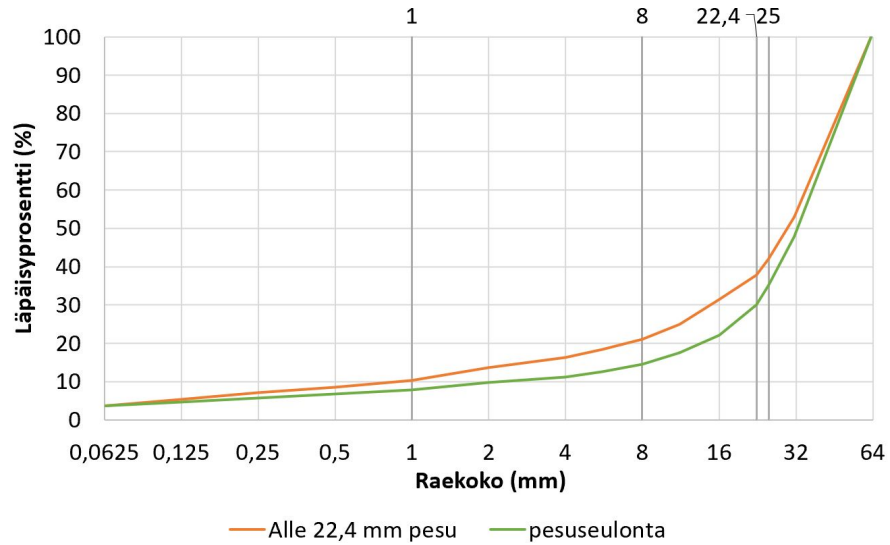
### 7.3.2 Pesun vaikutus rakeisuuslukuun

Kolmelle pölkyn päästä otetulle näytteelle tehtiin lisätutkimuksena seulonta, jota varten koko näyte pestiin toisin kuin aikaisemmissa tutkimuksissa, jossa vain alle 22,4 mm jae pestiin ennen seulontaa. Pesuseulotut näytteet ovat tutkimuspisteistä 9324, 9331 ja 9336. Tutkimuspisteistä otetut näytteet jaettiin osanäytteiksi. Toiselle osanäytteelle tehtiin pesuseulonta ja toiselle aikaisemmin esitelty sekaseulonta. Taulukossa 7.2 esitetään tutkimuspisteiden molempien osanäytteiden läpäisyprosentit ja rakeisuusluvut.

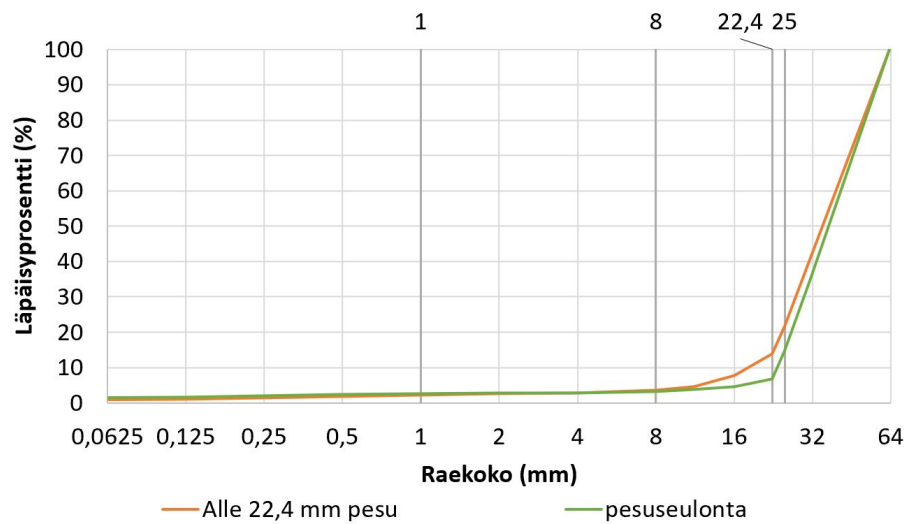
Taulukosta 7.2 nähdään, että pesuseulottujen näytteiden rakeisuusluvut ovat selvästi pienemmät kuin näytteiden, joiden vain alle 22,4 mm jae on pesty. Tämä ero rakeisuusluvuis- sa johtuu suurimmiksi osin nimenomaan 25 mm läpäisyprosentista, jotka jostain syystä ovat pienempiä pesuseulotuilla näytteillä. Näytteen pesu irrottaa isompien partikkelien ympäriltä hienompaa ainesta, joten pesuseulonnassa seulalle pitäisi jäädä vähemmän ainesta ja näin läpäisyprosentti pitäisi olla suurempi. Tutkimusnäytteissä vaikuttaisi juuri päin vastaisen tapahtuneen isoissa seuloissa. Tämä selittyy sillä, että näytteet ovat osanäytteitä samasta näytteestä, joten niiden rakeisuuksissa voi todellisuudessa olla eroja. Pienempien seulojen läpäisyprosentissa nähdään oletettua kasvua pesuseulonnan myötä. Erot eivät kuitenkaan ole suuria. Taulukon 7.2 näytteiden raekokojakaumat on esitetty rakeisuuskäyrinä kuvissa 7.8a, 7.8b ja 7.8c.

**Taulukko 7.2.** Pesuseulotut näytteet ja niiden vertailunäytteet.

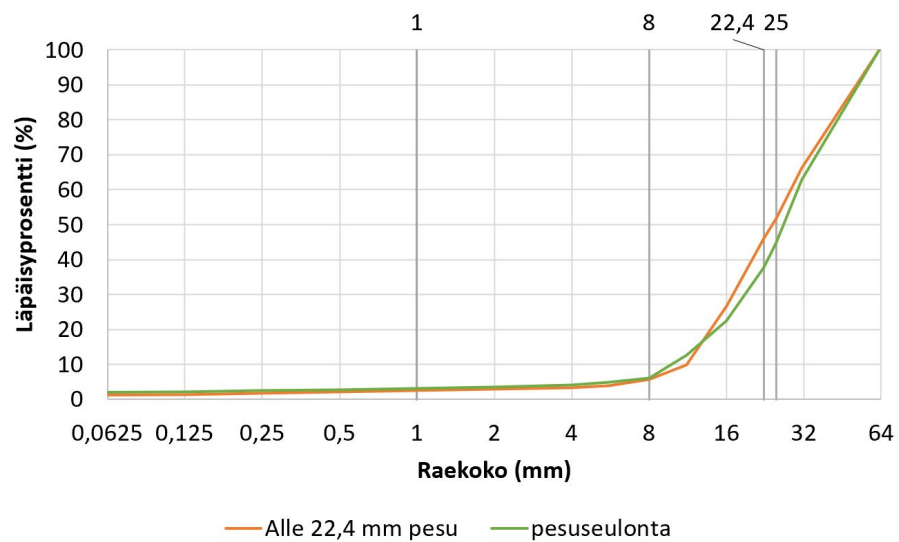
Tutkimuspiste	Km-luku	Seulontatapa	0,063	1	8	25	Rakeisuusluku
9324	288+720	Pesu alle 22,4 mm	3,6	10,3	21	42,1	73,4
		Pesu koko näyte	3,7	7,8	14,6	35,2	57,6
9331	295+350	Pesu alle 22,4 mm	0,8	2,1	3,5	21,7	27,3
		Pesu koko näyte	1,4	2,6	3,1	14,9	20,6
9336	298+370	Pesu alle 22,4 mm	1,2	2,5	5,6	51,8	59,9
		Pesu koko näyte	2	3,2	6	44,9	54,1



(a) Tutkimuspiste 9324:n näytteiden rakeisuuskäyrät



(b) Tutkimuspiste 9331:n näytteiden rakeisuuskäyrät.



(c) Tutkimuspiste 9336:n näytteiden rakeisuuskäyrät.

**Kuva 7.8.** Seulontojen vaikutus rakeisuuksiin.

Koska osanäytteiden rakeisuuksissa on keskenään niin suuria eroja, on näytteiden syvempi vertailu vaikeaa. Tutkimuksen perusteella voitaisiin kuitenkin sanoa, että rakeisuusluvun määrittäminen, joka tehdään laskemalla 1 mm, 8 mm ja 25 mm seulojen läpäisyprosenttien summa, on herkkä nimenomaan 25 mm seulan läpäisyprosentin vaihtelulle ja mahdollisesti huomioi turhan vähän hienorakeisempien partikkeleiden määrää. Kun taulukon 7.2 näytteille lasketaan rakeisuusluvut pelkästään 1 mm ja 8 mm seulojen läpäisyprosenttien summana, on rakeisuuslukujen vaihtelu osanäytteiden välillä paljon pienempää. Sen lisäksi kolmesta parista kahdessa tällä tavoin määritellyllä rakeisuusluvulla kasvoi pesun vaikutuksesta. Rakeisuusluvut esitellään taulukossa 7.3.

Kaiken kaikkiaan vertailtavien seulontatapojen välinen ero on suhteellisen pieni. Jos osanäytteiden raekokojakaumat olisivat olleet täsmälleen samanlaiset, hienoainespitoisuus todennäköisesti olisi kasvanut pesun myötä enemmän. Hienoainespitoisuudella on merkitys materiaalin routimisherkkyyteen sekä vedenläpäisevyyteen, kuten luvussa 3 todettiin.

**Taulukko 7.3.** *Pesun vaikutus rakeisuuslukuihin*

Tutkimuspiste	Km-luku	Seulontatapa	Rakeisuusluku (1+8+25)	Rakeisuusluku (1+8)
<b>9324</b>	288+720	Pesu alle 22,4 mm	73,4	31,1
		Pesu koko näyte	57,6	22,4
<b>9331</b>	295+350	Pesu alle 22,4 mm	27,3	5,6
		Pesu koko näyte	20,6	5,7
<b>9336</b>	298+370	Pesu alle 22,4 mm	59,9	8,1
		Pesu koko näyte	54,1	9,2

### 7.3.3 Raideseppelin laadun tutkimukset

Pölkyn päästä otetuille näytteille tehtiin rakeisuustutkimusten lisäksi kiviaineksen lujuusominaisuuksien määrittämiä. Kilometrivalilta 287+000-305+000 otetuista näytteistä muodostettiin kolme yhdistelmänäytettä. Yhdistelmänäytteiden Los Angeles -luku määritettiin alaluvussa 4.2.2 esitetyllä testimenetelmällä. Taulukossa 7.4 esitetään yhdistelmänäytteet sekä kestävyystutkimusten tulokset. LA-luokat koostuvat useammasta LA-luvusta. LA-luokkien rajat on esitelty raideseppelikiviainesten standardissa. (SFS-EN 13450 2004)

**Taulukko 7.4.** Yhdistelmänäytteet ja Los Angeles -testin tulokset.

Tutkimuspiste	Km-luku	LA-luku	LA-luokka
9323	287+980		
9324/2	288+720		
9324	288+720		
9325	289+440	19	<i>LA<sub>RB</sub>20</i>
9326	290+210		
9327	290+980		
9328	291+880		
9329	292+340		
9330	293+040		
9331/2	295+350		
9331	295+350	23	<i>LA<sub>RB</sub>24</i>
9332	295+900		
9333	296+320		
9334	297+060		
9335	297+710		
9336/2	298+370		
9336	298+370		
9337	299+130		
9338	299+900		
9339	300+670	21	<i>LA<sub>RB</sub>24</i>
9340	301+430		
9341	302+200		
9342	302+960		
9343	303+730		
9344	304+470		

Sallitut LA-luokat Suomessa ovat 12, 16 ja 20. Mitä pienempi luku, sitä kestävämpää kiveä. Luumäki-Imatra rataosuudella vaadittu LA-luokka on 12, joten näytteet eivät täytä vaatimuksia. LA-luku määritetään standardin mukaisesti aina raideseppeliuotannossa uudesta raideseppelistä. LA-luvun määrittämistä olemassa olevilta radoilta ei ole käsitelty



raidesepelin standardissa SFS-EN 13450. Luimassa LA-luvun määrittäminen tehtiin kolmelle yhdistelmänäytteelle. Yhdistelmänäytteiden luvut ovat suhteellisen lähellä toisiaan kuten taulukossa 7.4 nähdään. Tämä puoltasi sitä, että tämänkaltainen testimenettely tuottaa suhteellisen luotettavia tuloksia. Yhdistelmänäytteille laskettiin keskimääräiset rakeisuusluvut, mutta rakeisuusluvulla ja LA-luvulla ei nähty olevan suoraa yhteyttä.

## 8 POHJATUTKIJOIDEN HAASTATTELU

### 8.1 Haastattelututkimukset

#### 8.1.1 Haastattelututkimusten toteutustavat

Diplomityötä varten haastateltiin neljän radalla työskentelevän pohjatutkimusorganisaation työntekijöitä. Haastattelu tehtiin kaksiosaisena. Ensimmäisessä osuudessa haastateltiin yksitellen kunkin yrityksen maaperätutkimusosastosta vastaavaa henkilöä. Haastattelut tehtiin teemahaastatteluina, eli haastatteluiden tavoite oli olla luonteva keskustelu sovitusta teemasta, jota haastattelijä vain ohjaa ennalta päätetyillä kysymyksillä. Haastattelututkimuksen toinen osuus tehtiin lomakehaastatteluna. Lomakehaastatteluun osallistuivat yritysten kairaajat ja maastotyöntekijät, joilla on henkilökohtaista kokemusta näytteenotosta radalla. Lomakehaastattelusta saadaan helposti vertailtavia tuloksia, ja sitä käytetään silloin kuin haastateltavia on monta ja he edustavat melko yhtenäistä ryhmää.

Ensimmäisen osuuden tarkoitus oli tutustua radalla työskentelyyn pohjatutkimusorganisaation näkökulmasta ja toimia pohjana haastattelututkimuksen toiselle osuudelle. Teemahaastattelun pääteemat olivat: rataympäristössä työskentely, pohjatutkimusohjelmat, radan routatutkimukset ja tukikerrosnäytteenotto. Teemahaastatteluja pidettiin kolme. Teemahaastatteluiden perusteella haastattelututkimuksen toisessa osuudessa keskityttiin vain routatutkimuksiin. Toisen osuuden tavoitteena oli vertailla näytteenottimia, selvittää paras tapa pienentää tukikerroksen vaikutuksia näytteenottoon ja selvittää pohjatutkimusohjelmien laatua. Kyselylomakkeessa kysymykset esitettiin väittäminä, johon haastateltava valitsi neljästä vaihtoehdosta parhaiten omaa kokemusta vastaavan. Kyselylomakkeen vaihtoehdot olivat: ”Olen täysin samaa mieltä”, ”Olen lähes samaa mieltä”, ”Olen eri mieltä” ja ”Olen täysin erimieltä.” Kyselylomakkeessa oli myös neljä vapaan sanan aluetta, joihin kerättiin teemoittain haastateltavien mielipiteitä. Lomakkeessa kysyttiin väittämien lisäksi haastateltavan työnimikettä ja työkokemusta radalla vuosina. Lomakehaastatteluun osallistui kaikista neljästä yrityksestä yhteensä 12 henkilöä.

#### 8.1.2 Teemahaastattelut

Radan ympäristö koetaan haastattelujen perusteella yleisesti suhteellisen haastavana ympäristönä työskennellä. Aikaa ei ole paljon ja töitä tehdään paljon yleisinä vapaapäivinä. Paljon aikaa vieviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi kaivaminen ja kaluston vaihtaminen.

Toisaalta tutkimuspisteen saavutettavuus voi olla vaikeaa, sillä huoltoteitä ei aina ole ja ratapenger voi olla hyvin korkea ja luiskat jyrkkiä. Työturvallisuuden varmistaminen radalla työskennellessä pidettiin erittäin tärkeänä. Kuitenkin turvallisuuskäytännöt koettiin myös välillä raskaina ja epäjohdonmukaisina. Radan turvallisuuskäytäntöjen ja vaadittujen pätevyyksien takia sopivan työryhmän ja työajan löytäminen rataympäristössä tehtäviin pohjatutkimuksiin voi yrityksissä viedä enemmän aikaa kuin muualla.

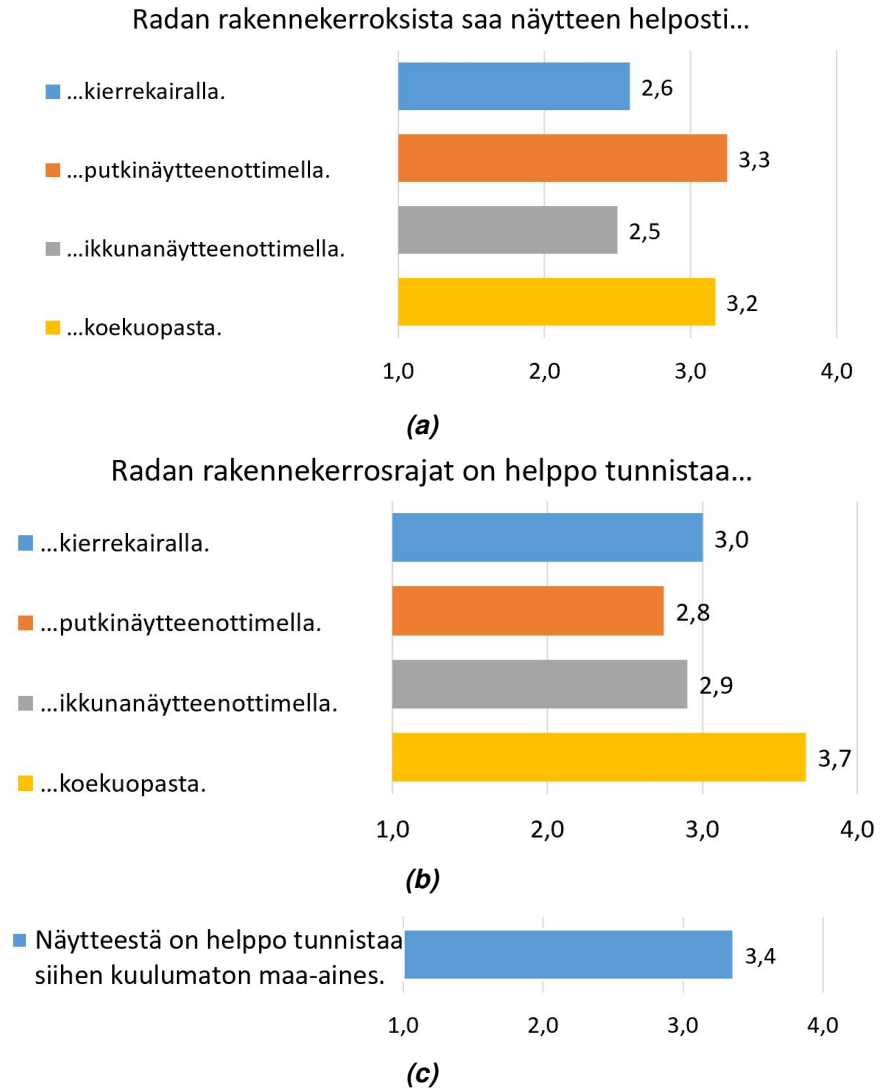
Pohjatutkimusohjelmien kirjallisia ohjeita pidettiin todella tärkeinä, kuten myös suunnittelijan yhteystietojen ilmoittamista. Todettiin myös, että väärinymmärrykset ovat mahdollisia, joten suunnittelijan ja pohjatutkijan välistä kommunikaatiota olisi hyvä edistää. Pohjatutkimusohjelmissa voisi esimerkiksi edellyttää pohjatutkijaa soittamaan suunnittelijalle ennen työn aloitusta. Pohjatutkimusohjelmissa on hyvä viitata Väylän ja SGY:n tutkimusohjeisiin, mutta se edellyttää, että myös suunnittelija tuntee ohjeen ja täydentää ohjetta kirjallisesti riittävästi. Suunnittelija saattaa pitää itsestään selvyutenä asioita, jotka oikeasti ovat tutkimuskohdekohtaisia. Pohjatutkimusohjelmiin pitäisi aina liittää jonkinlainen pohjasuhdekuvaus ja vanhojen pohjatutkimusten tuloksia, erityisesti arvio pehmeikköjen paksuudesta, sillä se helpottaa pohjatutkimuksiin tarvittavan ajan arviointia.

Routatutkimuksissa keskustellessa ilmeni, että tukikerroksella on vaikutusta näytteenottoon. Jos tukikerros ei ole hyvin ohut, sen poistaminen alusrakenteen yläpintaan asti pölkkyjen välissä voi olla vaikeaa. Eri näytteenottimien soveltumisesta routatutkimuksiin tuli ristiriitaisia vastauksia. Tukikerrosnäytteistä teemahaastattelussa kokemusta oli vain yhdellä haastateltavista. Esiin nousi se, että nykyisen ohjeen mukaan näytteet voidaan ottaa ilman työkoneita. Isoimmat ongelmat näytteenotossa on silloin, kun tukikerros on routaantunut, jolloin sen kaivaminen on lähes mahdotonta.

### 8.1.3 Lomakehaastattelut

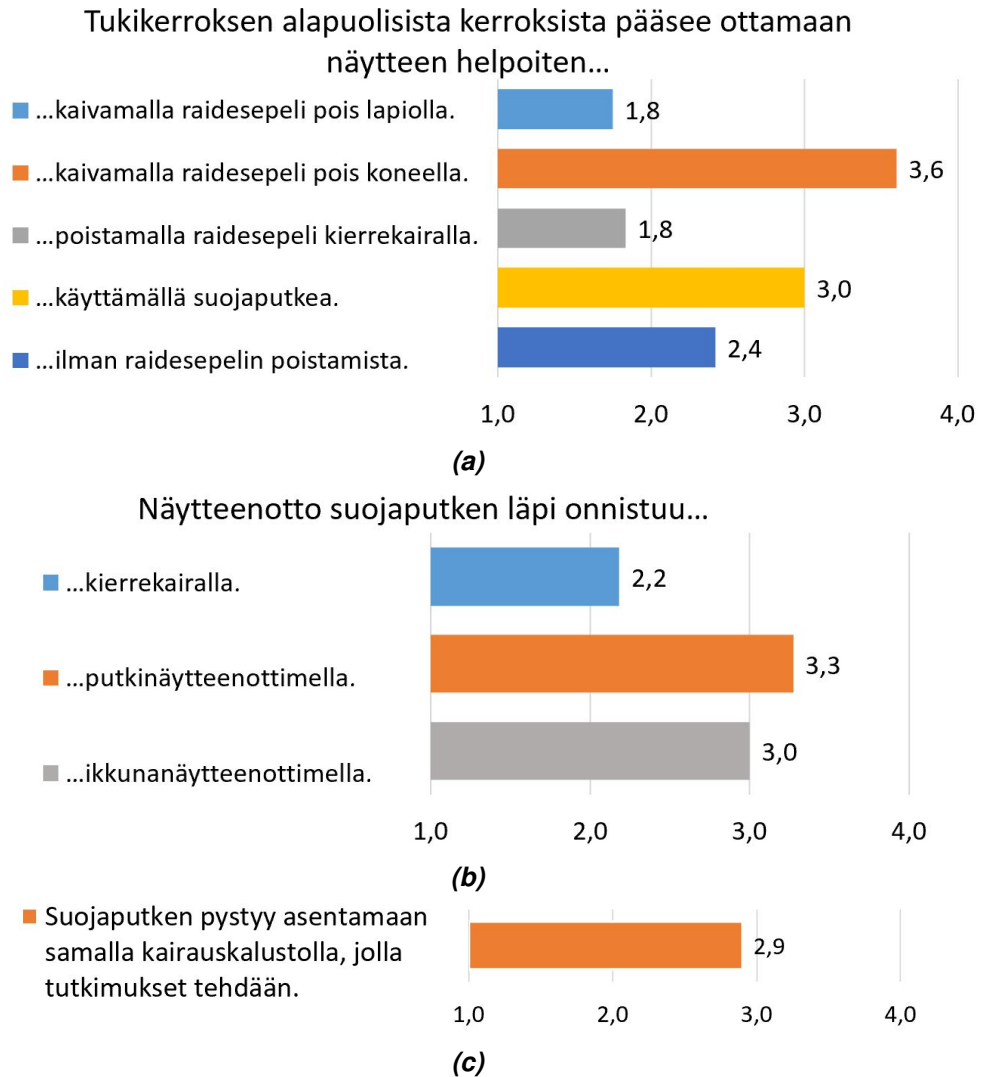
Lomakehaastatteluun osallistui yhteensä 12 henkilöä. Kahdella vastaajista oli 2...5 vuotta kokemusta radalla työskentelystä ja lopuilla kymmenellä vastaajalla oli kokemusta yli viisi vuotta. Ammattinimikkeet oli suurimmalla osalla vastaajista joko kairaustyönjohtaja tai kairaja. Vastaukset muunnettiin 1-4 asteikolle niin, että ”Olen täysin samaa mieltä” vastaa numeroa 4 ja ”Olen täysin erimieltä” vastaa numeroa 1. Väittämille laskettiin keskiarvoa edustavat vastaukset ja ne on esitetty teemoittain kuvissa 8.1-8.3.

Kuvasta 8.1a voidaan todeta, että putkinäytteenottimella ja koekuopasta on helpoin saada routanäyte. Kierrekairaa ja ikkunanäytteenotinta pidettiin muita näytteenottimia heikommin soveltuvimpina routatutkimuksiin. Erot eivät kuitenkaan näytteenottimien välillä ole suuria. Kuvassa 8.1b nähdään, että maakerrosrajojen tunnistamisessa näytteenottimella ei ole suurta vaikutusta. Koekuopasta maakerrosrajojen tunnistaminen on helpointa. Näytteistä on kuvassa 8.1c esitetyn keskiarvovastauksen perusteella suhteellisen helppoa tunnistaa siihen kuulumaton maa-aines. Tämä on tärkeää, sillä ratarakenne on kerroksellinen ja edustavien näytteiden saaminen jokaisesta kerroksesta vaikuttaa esimerkiksi toimenpidesyvyyksien suunnitteluun.



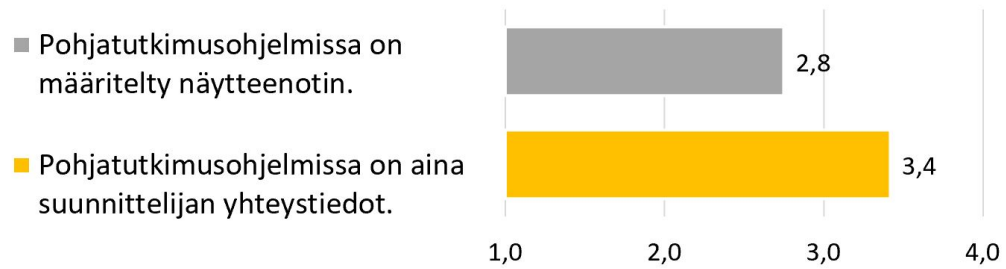
**Kuva 8.1.** Näytteenottimia ja näytteenottoa koskevien väittämien keskiarvovastaukset

Näytteenottimista kerättiin kommentteja vapaan sanan muodossa. Vapaan sanan osiossa selvisi, että kierrekairalla näytteitä otettaessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että kaira kierretään sopivalla nopeudella, jotta maa-ainekset eri kerroksista eivät sekoitu keskenään. Putkinäytteenotin saattaa tukkeutua, jos raidesepeliä ei poisteta huolella. Lomakkeessa mainittujen näytteenottimien ulkopuolelta vastauksissa vertailuun nousi Dual tube -näytteenotin, suokaira ja iskuputki. Suomessa pilaantuneen maan tutkimuskohteissa useammin käytetyn Dual Tube -näytteenottimen etu on sen läpinäkyvä sisäputki, josta on helppo tunnistaa maakerrosrajat, mutta Dual Tube -näytteenotin on putkinäytteenottimen lailla altis tukkiintumiselle.



**Kuva 8.2.** Keskiarvovastaukset tukikerrokseen ja suojaputkeen liittyvissä kysymyksissä.

Kuvasta 8.2a nähdään selvästi, että tukikerroksen poistaminen lapiolla tai kierrekairalla koettiin vaikeimmiksi vaihtoehdoiksi. Lapiolle ehdotettiin korvaajaksi vapaan sanan osiossa esimerkiksi hakkua tai kuokkaa. Suojaputken käyttö jakoi mielipiteitä, vaikka keskiarvovastaus on suhteellisen hyvä. Vapaan sanan osioon kirjoitettujen kommenttien perusteella suojaputken käyttö on vaikeaa radalle tyyppillisten lyhyiden työaikojen takia. Koneella tukikerroksen poisto onnistuu hyvin. Toisaalta vapaan sanan osiossa tukikerroksen poistaminen todettiin hankalaksi erityisesti, jos tukikerros on paksu. Vastauksia kuvassa 8.2a tulisi katsoa nimenomaan tukikerroksen poistamisen tapoja vertailevina vastauksina. Kierrekaira soveltuu kysytyistä näytteenottimista selvästi muita näytteenottimia huonommin suojaputken kanssa käytettäväksi. Suojaputken asennus samalla kairauskalustolla kuin routatutkimukset tehdään voi onnistua. Toisaalta ilmeni myös, että suojaputken asentaminen voi tarvita isoa kalustoa, mikä voi aiheuttaa ongelmia rataympäristössä, sillä sähköradan ratajohdot asettavat radalla käytettävälle kalustolle ulottumarajoituksia.



**Kuva 8.3.** Keskiarvovastaukset pohjatutkimusohjelmia koskeviin kysymyksiin

Kuvaan 8.3 on kerätty kyselylomakkeen yleisesti pohjatutkimusohjelmia koskevat väittämät ja niiden keskiarvovastaukset. Näytteenotinta ei ole määritelty aina pohjatutkimusohjelmissa. Vapaan sanan osion mukaan voisi olla hyvä jättää näytteenottimen valinta näytteenottajalle, sillä eri näytteenottimien toimivuus voi olla materiaalikohtaista ja olosuhteista riippuvaista. Vapaan sanan kommenttien mukaan pohjatutkimusohjelmista joskus puuttuvia tietoja on: suunnittelijan yhteystiedot, ohjeet kohteen saavuttamiseen, johdot ja kaapelit, määräsyyvyys, pilaantuneen maan tutkimustiedot sekä tuleeko näyte ottaa talteen. Vain määräsyyvyyden puuttuminen mainittiin useammassa kuin yhdessä lomakkeessa.

## 8.2 Yhteenveto haastattelututkimuksesta

Yleisesti routanäytteiden ottoa pidettiin hankalana erityisesti rataympäristölle tyypillisten lyhyiden työaikojen takia. Tutkimusten laatua voitaisiin haastatteluiden perusteella parantaa lisäämällä aikaa, sillä kiireessä raportointikin voi jäädä vaillinaiseksi. Suojaputken käyttäminen mahdollisesti parantaisi näytteiden laatua, mutta myös sen käyttäminen lisää tutkimuksiin tarvittavaa aikaa. Pohjatutkijoiden näkökulmasta näytteiden laatuun vaikuttaa näytteenotinta enemmän kiire. Toiseksi näytteenottoa vaikeuttavaksi syyksi nousi routa, sillä näytteitä on vaikea saada roudassa olevasta kovasta maasta.

Kyselyn perusteella tukikerros vaikuttaa jonkin verran näytteenottoon ja sen kaivaminen on hankalaa erityisesti, jos se on paksu. Näytteenottimet olivat kyselyn perusteella kaikki suhteellisen toimivia. Koekuopasta maakerrosrajojen tunnistaminen on helpompaa kuin näytteenottimilla. Toisaalta näytteistä on suhteellisen helppo tunnistaa siihen kuulumaton maa-aines. Suojaputki soveltuu huonoiten kierrekairan kanssa käytettäväksi.

Vaikka suunnittelijan yhteystiedot ovat kiitettävän usein ohjelmissa, niistä puuttuu usein jotain olennaista tietoa. Väärinymmärrysten välttämiseksi olisi hyvä kehittää yhteydenpitoa suunnittelijan ja pohjatutkijan kanssa. Lisäämällä yhteydenpitoa suunnittelun ja tutkimusorganisaation välillä jo tutkimushankkeen aikaisimmissa vaiheissa ennen maastoon menoa osapuolet voisivat yhdessä varmistaa, että tutkimukset palvelevat parhaalla mahdollisella tavalla tutkimusten tarkoitusta.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 9.1 Näytteenotto alusrakenteesta

- Näytteenottimilla otetut näytteet sisältävät suhteessa enemmän hienoainesta kuin koekuopasta otetut näytteet.
  - Kun tutkittava kerros on rakennettu sorasta, näytteenottimet eivät pysty keräämään karkeinta jaetta kuten koekuopasta otettuna. Näytteenottimien ohjekoot ovat ehkä liian pienet.
  - Kun tutkittava kerros on rakennettu hiekasta, näytteenottimilla otettujen näytteiden raekokojakaumat ovat suhteistuneempia kuin koekuopasta otettujen näytteiden.
  - Kaiken kaikkiaan keskimääräiset erot eri näytteenottotavoilla otettujen näytteiden rakeisuuksissa eivät ole suuria, mutta erotusten vaihteluväli ja keskihajonta ovat suhteellisen isot, mikä kertoo, että näytteenottimilla otettujen näytteiden edustavuus on vaihtelevaa ja siten luotettavuus on heikkoa.
- Raiteen vierestä otetut näytteet kuvaavat raiteen alla olevia rakenteita suhteellisen hyvin, mutta vastaavuuden tarkkuus näytti riippuvan tutkimuskohteesta. Keskimäärin keskilinjalta otetut näytteet olivat hienorakeisempia kuin raiteen vierestä otetut näytteet.
  - Radan rakenne ei välttämättä ole radan poikkisuunnassa homogeeninen johduen radan rakentamisessa käytetyistä vaihtelevista materiaaleista sekä parantamistoimenpiteistä.
  - Radan materiaalien raekokojakauma voi muuttua hienorakeisemmaksi erityisesti raiteen alla ja kuormitusjakaumassa radan käytön aikana esimerkiksi pohjamaan sekoittumisella rakennekerroksiin tai materiaalin mekaanisen hienontumisen myötä. Tämän seurauksena materiaalin raekokojakauma voi vaihdella radan poikkileikkauksessa.
  - Tukikerroksen poistaminen ennen näytteenottoa on vaikeampaa keskilinjalla, ja on mahdollista, ettei sen poistaminen ole onnistunut ohjelmoidulla tavalla. Tukikerros saattaa häiritä näytteenottimen ylös nostamista tutkimusreiästä (kierrekaira) tai tukikerroksen hienontunut aines voi sekoittua alempien kerrosten näytteisiin (kaikki näytteenottimet).

- Vain kahden koekuopasta otetun näytteen näytteenottimella otettu verrokinäyte oli routiva. Keskilinjalta otettiin yhteensä kuusi routivaa näytettä, joista vain yhden näytteen verrokinäyte oli myös routiva. Näytteenottoaikan olosuhteilla mm. tukikerroksen paksuudella vaikuttaisi siis olevan suurempi vaikutus näytteen routivuuden arviointiin kuin näytteenottotavalla. Toisaalta näytteenottotapaa vertaileva tutkimusaineisto oli pienempi.
- Koekuoppien kaivamisen onnistumisprosentti oli tutkimuksessa pieni. Koekuoppien kaivaminen vie myös aikaa, joka on rajallista rataympäristössä. On kuitenkin hyvä huomata, että tässä tutkimuksessa koekuoppien onnistumisprosenttiin vaikutti tutkimuspisteiden sijaitseminen ratapihoilla ja tutkimuspisteiden tarkkaan määritelty sijainti. Onnistumisprosentti voisi olla suurempi, jos tutkimus tehtäisiin radan linjao-suuksilla.
- Routatutkimusten isoimmat haasteet maastossa ovat lyhyet työraot ja roudantunut ratarakenne sekä paksu tukikerros.
  - Routanäytteiden luotettavuutta ei luultavasti voida parantaa vain näytteenotinta vaihtamalla, vaan luotettavuuden parantaminen edellyttänee kustannuksia nostavia toimenpiteitä, kuten pidempiä työaikoja ja isompaa kalustoa.
  - Suositeltavan näytteenottotavan tulisi soveltua kaikkiin olosuhteisiin.
  - Routatutkimuksia ei pitäisi tehdä, jos ratarakenne on roudassa.

## 9.2 Näytteenotto tukikerroksesta

- Näytteen rakeisuuslukuun vaikuttaa huomattavasti näytteenottoaika ja -syvyys. Tukikerroksen näytteenottoa tulisi jatkossa kehittää siihen suuntaan, että näyte otetaan pölkyn alta tukikerroksen pohjalta.
- Näytteenottotavasta riippumatta näytteiden rakeisuusluvut vaihtelevat paljon saman rataosuuden näytteiden välillä.
  - Nurmikolon (2000) mukaan nykyohjeen mukaan otettu tukikerrosnäyte on erityisen herkkä näytteenotossa tapahtuvalle virheelle.
  - Rakeisuusluvun suuri hajonta aiheutuu suurimmaksi osin 25 mm läpäisyprosentin hajonnasta, sillä verrattuna pienempiin seulojen 1 mm ja 8 mm läpäisyprosentteihin, 25 mm läpäisyprosentin painotus rakeisuusluvussa on suurin. 25 mm läpäisyprosentti vaihtelee paljon saman näytteen osanäytteidenkin välillä. Hienorakeisemman materiaalin pitoisuus saattaa täten rakeisuusluvun määrityksessä jäädä 25 mm läpäisyprosentin varjoon.
- Kestävyystudkimukset voidaan tehdä yhdistelmänäytteistä olemassa olevasta radasta suhteellisen luotettavasti.
- Tukikerroksen likaisuuden, eli siihen kuulumattoman vierasaineksen kuten puuhakkeen määrän, arviointiin ei ole olemassa olevaa menetelyä. Muun muassa tästä



syystä tukikerroksen likaisuuden vaikutuksesta sen toimintaan on saatavilla vain vähän tietoa.

### 9.3 Jatkotutkimusehdotukset

#### Ikkunanäytteenottimen soveltuvuus routatutkimuksiin

Koska koekuoppa on suhteellisen paljon radan rakennetta rikkova tutkimustapa ja sen onnistuminen on riippuvainen tutkimuskohteen olosuhteista, ei sitä voida sellaisenaan suositella routatutkimusten ainoaksi tutkimustavaksi. Ikkunanäytteenotin ei ole rataympäristössä yleisessä käytössä, mutta sen toimivuus ratarakenteessa olisi syytä tutkia. Ikkunanäytteenottimenkin käytössä on odotettavissa ongelmia. Kitkamaiden pysyminen näytteenottimisessa voi olla hankalaa, kun näytteenottimen halkaisijaa kasvatetaan. Toisaalta taas halkaisijan kasvattaminen voi olla välttämätöntä edustavan näytteen ja riittävän näytekoon saamiseksi.

#### Tukikerroksen vaikutus alusrakennenäytteisiin

Keskilinjän näytteet olivat hienorakeisempia kuin samalla näytteenottimella välittömästi raiteen vierestä otetut rinnakkaisnäytteet. Olisi syytä tutkia, mistä tämä johtuu. Johtopäätöksien yhteydessä arvioitiin, että syy keskilinjän näytteiden hienorakeisuuteen voisi olla tukikerroksen vaikutus näytteenottoon. Olisi syytä tutkia, miten tukikerroksen vaikutuksen minimoiminen vaikuttaa perinteisillä näytteenottimilla otettuihin näytteisiin. Näytteenotto voitaisiin siis tehdä alusrakenteen yläpintaan upotetun suojaPUTKEN läpi. Haastatteluissa selvisi, että suojaPUTKI voisi parantaa näytteen edustavuutta, mutta sen käyttö vie aikaa.

#### Ratarakenteen hienontuminen ja hienoaineksen alkuperä

Keskilinjän hienorakeisemmat näytteet saattavat kertoa myös radan rakennekerrosten hienontumisesta. Työssä tutkitut alusrakenteet on oletettavasti rakennettu luonnonmateriaaleista, joita pidetään vähemmän alttiimpana hienontumiselle raemuotonsa vuoksi. Jos radan alla myös luonnonmateriaalit hienontuvat, ei edes radan vierestä tehtävillä koekuopilla voida saada todenmukaista kuvaa radan rakenteesta. Tämä näkyy selvemmin radoilla, joiden alusrakennekin on rakennettu murskatuista materiaaleista, jotka ovat luonnonmateriaaleja alttiimpia hienontumiselle. Jatkossa voisi olla tarpeen tutkia murskeesta rakennettujen alusrakenteiden hienontumista radan poikkileikkauksessa, sekä saada lisää tutkimusaineistoa luonnonmateriaaleista rakennetuista alusrakenteista. Materiaalin muuttuminen hienorakeisemmaksi voi johtua myös sekoittumisesta joko pohjamaahan tai hienontuneeseen tukikerrokseen. Selvittämällä näytteiden hienorakeisen materiaalin laatu, voidaan arvioida, miten ja mistä hienoaines on päätynyt kerrokseen.

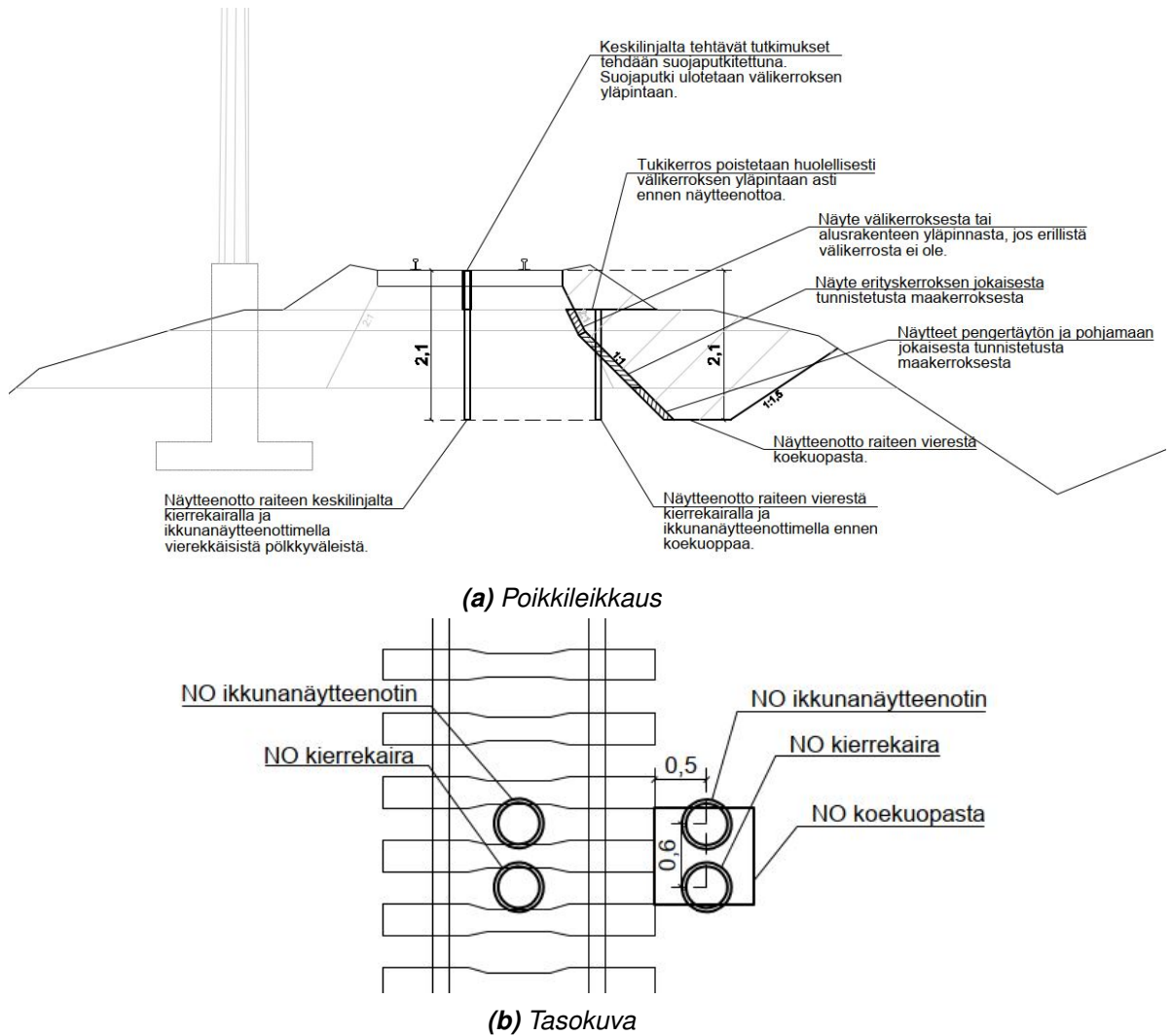
## Routimisherkkyyden arviointi rakeisuuden perusteella

Koska näytteenottimilla tehdyssä näytteenotossa on epätarkkuutta, ei näytteiden routimisherkkyyden arvioiminen raekokojakauman perusteella nykyisellä tavalla anna todellista kuvaa rakenteen routivuuskäyttäytymisestä. Kuten aiemmin todettiin, koekuoppa on raskas tutkimustapa ja sen onnistuminen on vahvasti riippuvainen olosuhteista. Sen lisäksi ei ole varmuutta, antaako raiteen viereen kaivettu koekuoppa todellista kuvaa raiteen alla olevasta rakenteesta. Voi olla siis mahdotonta kehittää näytteenottoa virheettömäksi kohtuullisten toimenpiteiden ja kustannusten rajoissa. Voisi olla syytä tutkia routimisherkkyyden arviointiperusteita. Kuvassa 3.3 esiteltujen ohjerakeisuuskäyrien tarkoituksenmukaisuutta ja sopivuutta routatutkimuksiin tulisi tarkastella. Pienikin hienoainespitoisuutta kasvattava virhe näytteenotossa voi kasvattaa suhteessa hyvinkin paljon raekooltaan pienempien partikkelien pitoisuuksia, joiden läpäisyprosentteissa pienikin kasvu voi riittää kääntämään näytteen materiaalin routivaksi. Toisaalta useassa laboratoriokoesarjassa juuri alle 0,02 mm aineksen ja routimisherkkyyden välille on löydetty suhde, joten hyvin hienorakeisen materiaalin pitoisuus on routivuuden kannalta tärkeä tietää.

## 9.4 Luiman pohjatutkimusohjelma

Diplomityön tavoite on arvioida, miten näytteenottoa ja sen ohjelmointia tulisi kehittää. Diplomityön lopputuotteena on pohjatutkimusohjelma, jolla pyritään kehittämään näytteenottoa ja jota voitaisiin jatkossa soveltaa routatutkimuksiin. Pohjatutkimukset tehdään Luima-ratahankkeen yhteydessä Joutseno-Rauha välillä. Koska diplomityön tutkimuksista ei päästy yksiselitteisiin johtopäätöksiin, pohjatutkimusohjelmaan tehtiin lisää rinnakkaistutkimuksia. Rinnakkaistutkimukset ovat samankaltaiset kuin luvussa 6 esitellyt, mutta johtopäätösten vuoksi keskilinjalle tehtävät routatutkimukset ohjelmoitiin suojaputkitettuina niin, että suojaputki ulotetaan tukikerroksen alapintaan. Sen lisäksi diplomityön tutkimusaineistosta poiketen Luimaan ohjelmoitiin routa- ja rinnakkaistutkimukset myös ikkunanäytteenottimella. Samalla kilometriluvulle ohjelmoitiin siis yhteensä viisi tutkimusta: häiriintyneiden näytteiden näytteenotto keskilinjalta kierrekairalla ja ikkunanäytteenottimella suojaputkitettuna, näytteenotto raiteen vierestä kierrekairalla ja ikkunanäytteenottimella sekä näytteenotto koekuopasta raiteen vierestä. Luimaan ohjelmoidut tutkimukset esitetään poikkileikkauksessa kuvassa 9.1a ja tasokuvassa kuvassa 9.1b. Kaikki poikkileikkauksessa esitetyt tutkimukset ohjelmoitiin noin 100...200 metrin välein niille osuukille Joutseno-Rauha väliä, joissa arvioitiin muiden tutkimusten perusteella olevan routaongelmia. Pohjatutkimusohjelma liitteineen on tämän työn liitteessä A.

Luima -rataosuuden rakenteet ovat aikaisempien tutkimusten perusteella pääosin hiekkaa ja hiekkamoreenia. Kierrekairan halkaisijaksi valittiin routatutkimusten nykyohjeistuksen mukainen koko eli vähintään 80 mm. Ikkunanäytteenottimen sisähalkaisijaksi hyväksyttiin vähintään 68 mm. Aikaisempien johtopäätösten mukaan 68 mm voi olla liian pieni halkaisijaksi, jos tutkittava kerros on soraa tai vastaavasti paljon yli 32 mm jaetta sisältävää moreenia. Ikkunanäytteenottimen käyttö radalla on kuitenkin suhteellisen harvinaista,



**Kuva 9.1.** Luimaan ohjelmoidut rinnakkaistutkimukset.

ja tutkimuksissa haluttiin tutkia nykyään markkinoilla olevien näytteenottimien soveltumista routatutkimuksiin.

Raiteen viereen ohjelmoidut näytteenottimella tehtävät näytteenotot ohjeistettiin tehtäväksi ennen koekuopan kaivamista, jotta koekuopasta otetut näytteet ovat mahdollisimman vertailukelpoisia rinnakkaistutkimuksiin. Koekuoppänäytteille annettiin tavoitemassat. Sorasta ja moreeneista otettujen näytteiden tavoitemassaksi määriteltiin 4 kg, hiekasta otettujen näytteiden tavoitemassaksi 2 kg ja hienorakeisemmista kerroksista otettujen näytteiden tavoitemassaksi arvioitiin 1 kg. Näytteenkoko määräytyy kairaajan maalajiarvion mukaan. Tavoitemassat eivät ole standardin SFS-EN-ISO-17892-4:2016 mukaiset, sillä standardin mukaisten massojen koettiin olevan liian isoja käsiteltäväksi maastossa.

Ohjelmaan määriteltiin näytteille tavoitelatuokaksi 3. Tämä on ristiriidassa standardien kanssa, sillä niin kierrekairan kuin ikkunanäytteenottimen näytteenottoluokka on standardin SFS-EN ISO 22475-1 2006 mukaan C, eikä standardin mukaan näytteenottoluokalla C voida saada yli laatuokan 5 näytteitä. Raekokojakauman ja vesipitoisuuden luotettavaan määrittämiseen tarvitaan standardin SFS-EN 1997-2 mukaisesti kuitenkin näyte,

joka on vähintään laatuluokkaa 3. Tämän vuoksi ohjelmaan päädyttiin asettamaan näytteille nimenomaan tavoitelaatuluokka.

Pohjatutkimusohjelmaan ohjelmoitiin kuvassa 9.1 esiteltyjen tutkimusten lisäksi noin metrin syvyisiä koekuoppia välikerroksen tutkimiseksi. Rataosuudella Joutseno-Rauha tehtiin nykyohjeiden mukaiset routatutkimukset kesällä 2018. Routatutkimuksissa kierrekairalla ei saatu näytettä tukikerroksen alapuolisesta kerroksesta. Näytteetön kerros määriteltiin jauhautuneeksi sepeliksi, kunnes keväällä 2019 kerroksen materiaali varmistettiin noin metrin syvyisillä koekuopilla, jotka kaivettiin noin kilometrin välein pölkyn päähän. Koekuopista todettiin tukikerroksen alla olevan hiekkainen välikerros. Näistä tuloksista rohkaistuneena koekuoppia ohjelmoitiin liitteenä olevaan pohjatutkimusohjelmaan lisää kaikille osuuksille, jossa välikerros oli suunniteltu vaihdettavaksi routatutkimusten perusteella.

## 10 YHTEENVETO

Diplomityön tavoite oli selvittää routatutkimusten ja sepelitukikerroksen laatututkimuksen näytteenoton virhelähteitä ja miten tutkimuksia voitaisiin jatkossa kehittää. Näytteenotto- tapoja tutkittiin vertailemalla nykyohjeiden mukaisesti otettuja näytteitä muilla näytteenot- totavoilla otettuihin näytteisiin. Maastotutkimusten lisäksi tutkimusten kehittämistä varten haastateltiin pohjatutkijoita ja pohjatutkijayritysten edustajia.

Suomen rataverkoston rakentaminen alkoi noin 160 vuotta sitten ja ennen toista maail- mansotaa rakennettiin kilometreissä mitattuna suurin osa nykyisestä verkostosta. Silloin rakennetusta ratarakenteesta erityisesti alusrakenne on monin paikoin vielä käytössä. Ratarakenteen routimattomuus on tärkeää, sillä routiminen aiheuttaa raiteelle epätasai- suutta ja siten huonontaa sen käytettävyyttä. Uudet radat rakennetaan kokonaan routi- mattomista materiaaleista, mutta olemassa olevien ratojen rakennetta pitää tutkia, jotta voidaan varmistua, että radan rakenne on routivalla pohjamaalla riittävän paksu eikä ra- kenteessa ole routimisherkkiä materiaaleja. Alusrakenteen routimisherkkyyttä tutkitaan ottamalla näytteitä raiteen keskilinjalta alusrakennekerroksista. Materiaalin routimisher- kkyttä voidaan tutkia monella eri tavalla, joista rakeisuuden perusteella tehtävä arviointi on käytetyin menetelmä.

Tukikerroksen toimivuus on pitkälti riippuvainen raidesepelin raekokojakaumasta. Tukiker- roksen hienontumiselle on monia syitä, joista Suomessa yleisemmät ovat liikenteen kuor- mitus sekä raiteen geometrian parantamistoimenpiteenä tehty tukeminen. Tukikerroksen hienontuminen mm. heikentää tukikerroksen kykyä vastustaa raiteen geometriamuutok- sia kuormituksen alaisena ja pienentää tukikerroksen vedenläpäisevyyttä. Tukikerroksen hienontumista mitataan Suomessa niin sanotulla rakeisuusluvulla, joka perustuu tukiker- rosnäytteen raekokojakaumaan. Uudella raidesepelillä on monipuoliset laatuvaatimukset, joihin kuuluvat esimerkiksi riittävä kulutus- ja iskunkestävyys. Koska lujuudella on vai- kutusta tukikerroksen käyttöikään, raidesepelin kestävyysominaisuuksia on olennaista tutkia myös olemassa olevilta radoilta.

Näytteenottotapojen vertailussa todettiin, että näytteenottimella otetut näytteet ovat kes- kimäärin hienorakeisempia kuin koekuopasta otetut verrokinäytteet. Ero hienoainespi- toisuuksissa verrokinäytteiden välillä vaikuttaa kasvavan tutkittavan kerroksen sorapitoi- suuden kasvaessa. Havaittiin, että käytössä ollut putkinäytteenotin ei kerännyt yli 32 mm jaetta, vaikka sen halkaisija oli ohjeiden mukaisesti riittävän suuri tutkittavan materiaalin maksimiraekokoon perusteella. Ero hienoainespitoisuuksissa ei kuitenkaan selity pelkäs- tään sillä, että hienoaineksen määrä suhteessa kasvaa, kun näytteenotin jättää karkea-

rakeisimman ( $d > 32$  mm) aineksen pois. Näytteenottimilla otettujen näytteiden hienoainespitoisuus on keskimäärin suurempi myös silloin, kun tutkittavan materiaalin raekokojakaumassa on vähän tai ei yhtään yli 32 mm jaetta. Verrokinäytteiden hienoainespitoisuuksien väliset erotusten keskiarvot on koottu taulukkoon 10.1. Vertailu on tehty vähentämällä näytteenottimella otetun näytteen hienoainespitoisuudesta koekuopasta otetun verrokinäytteen hienoainespitoisuus.

**Taulukko 10.1.** Eri näytteenottotavoilla otettujen näytteiden verrokinäyteparien hienoainespitoisuuksien erotusten keskiarvot.

Koekuoppänäytteen $d_{50}$ (mm)	Kaikki	$d_{50} > 2$	$d_{50} < 2$
<b>Keskiarvo (%-yksikköä)</b>	2,3	3,3	2,0
<b>Mediaani (%-yksikköä)</b>	2,0	2,8	2
<b>Keskihajonta (%-yksikköä)</b>	4,1	2,05	4,5

Tutkittaessa näytteenottoaikan vaikutusta näytteen rakeisuuteen todettiin, että keskilinjalta otetut näytteet olivat myös keskimäärin hienorakeisempia kuin raiteen vierestä otetut verrokinäytteet. Erot hienoainespitoisuuksissa vaihtelivat tutkimuskohteiden välillä. Kontiomäellä, jossa tutkittavat materiaalit olivat pääosin hiekkaa, keskimääräiset erot niin seulan 0,063 mm ja seulan 2 mm läpäisyprosentteissa ovat verrokinäytteiden välillä pienimmät. Haapajärvellä erot verrokinäytteiden välillä olivat selvästi isoimmat, ja keskilinjalta otetut varsinaisten routatutkimusten näytteet olivat selvästi raiteen vierestä otettuja näytteitä hienorakeisempia. Taulukossa 10.2 esitetään verrokinäyteparien hienoainepitoisuuksien keskimääräiset erotukset tutkimuskohteittain. Vertailu on tehty vähentämällä keskilinjalla näytteen hienoainespitoisuudesta raiteen vierestä otetun verrokinäytteen hienoainespitoisuus. Haastatteluissa selvisi, että tukikerroksen poistaminen raiteen keskilinjalta on vaikeaa ja tukikerros saattaa vaikuttaa alemmista kerroksista otettuihin näytteisiin.

**Taulukko 10.2.** Eri näytteenottoaikasta otettujen näytteiden verrokinäyteparien hienoainespitoisuuksien erotusten keskiarvot.

	Kaikki	Haapajärvi	Kontiomäki	Pesiökylä
<b>Keskiarvo (%-yksikköä)</b>	2,5	3,8	0,4	1,2
<b>Mediaani (%-yksikköä)</b>	0,1	1,3	-0,15	2,15
<b>Keskihajonta (%-yksikköä)</b>	7,6	9,7	2,6	5,0

Kaiken kaikkiaan raiteen keskilinjalta otettiin yhteensä kuusi rakeisuuden perusteella routivaksi luokiteltua näytettä, joista neljä näytettä on otettu poikkileikkauksesta, josta otettiin näytteitä myös koekuopasta. Kaikki koekuopasta otetut näytteet olivat routimattomia. Ei kuitenkaan suoraan voida sanoa, että nämä neljä routatutkimusten näytettä ovat virheellisiä, sillä on mahdollista, että raiteen vierestä koekuoppänäytteillä tutkitut materiaalit eivät täysin vastaa raiteen keskilinjalla olevia materiaaleja. Tätä olisi syytä tutkia enemmän, ensimmäiseksi poistamalla tukikerroksen vaikutus keskilinjalta tehtäviin näytteenottoihin.

Jos todetaan, että tukikerroksen vaikutus alusrakennenäytteisiin ei ole suuri, olisi syytä tutkia hienoaineksen alkuperä; hienontuuko rakennekerros vai sekoittuuko siihen pohjamaata tai hienontunutta tukikerrosta.

Pohjatutkijoiden kanssa tehdyissä haastatteluissa todettiin, että kiireellä on vaikutusta routatutkimusten laatuun. Routatutkimusten luotettavuutta tuskin voidaan siis parantaa vain vaihtamalla näytteenotinta, vaan parantaminen saattaa tarvita kustannuksia kasvattavia toimenpiteitä, kuten suojausputken käyttöä, raskaampaa kalustoa ja pidempiä työrajoja. Haastatteluiden perusteella voidaan todeta, että pohjatutkimusohjelman väärinymmärrykset ovat mahdollisia. Suunnittelijan ja pohjatutkijan välistä kommunikaatiota olisi hyvä edistää niin maastossa kuin tutkimushankkeen aikaisemmissakin vaiheissa, jotta osapuolet voisivat yhdessä varmistaa, että tutkimukset palvelevat parhaalla mahdollisella tavalla tutkimusten tarkoitusta.

Diplomityössä vertailtiin myös kahta tapaa ottaa tukikerrosnäyte. Todettiin, että pölkyn päästä lähes tukikerroksen pohjalta otettujen näytteiden keskimääräinen rakeisuusluku oli huomattavasti suurempi kuin nykyohjeen mukaan pölkkyjen välistä lähempänä tukikerroksen pintaa otettujen näytteiden. Pölkyn päässä tukikerroksen pohjalla on teoreettisesti tukikerroksen hienorakeisin kohta, joten sieltä otettu näyte kuvaa tukikerroksen hienontuneinta kerrosta. Hajonta rakeisuusluvussa oli molemmilla näytteenottotavoilla suurta. Pölkyn päästä otetuista näytteistä tehtiin myös iskunkestävyystestit, ja todettiin, että kaikki kolme rataosuudelta tutkittua yhdistelmänäytettä antoivat suhteellisen samanlaiset tulokset. Tämänlainen testaustapa voisi olla toimiva tutkittaessa tukikerroksen jäljellä olevaa elinkaarta. Työssä tutkittiin myös pesun vaikutusta tukikerrosnäytteen rakeisuuslukuun, ja todettiin, että osanäytteiden rakeisuudet olivat liian erilaiset johtopäätöksiin. Tutkimusaineisto oli myös erittäin pieni. Kuitenkin huomattavaa oli se, että 25 mm läpäisyprosentissa oli osanäytteiden välillä suurin ero, jonka voidaan arvioida riippuvan nimenomaan rakeisuudesta, ei pesusta. Rakeisuusluvun muodostaminen saattaa painottaa liikaa 25 mm läpäisyprosenttia, mikä saattaa aiheuttaa osaltaan suuren hajonnan, eikä silloin ota tarpeeksi huomioon hienorakeisempaa materiaalia.

Diplomityön tutkimuksen perusteella tukikerrosnäytteitä varten suositellaan menetelmää, jossa näyte otetaan pölkyn päähän tehtävästä koekuopasta. Tukikerroksen likaisuus tulee esille useassa tutkimuskohteessa, mutta likaisuuden arvioimiseen ei ole sopivaa menetelyä. Likaisuuden vaikutuksesta tukikerroksen toimivuuteen ei myöskään ole paljoa tietoa.

Diplomityön tutkimuksen perusteella ei voida suositella routatutkimuksiin yksiselitteisesti parempaa näytteenottotapaa. Tutkimusaineistoa olisi hyvä laajentaa, jotta saadaan luotettavampia tuloksia näytteenottimen ja näytteenottoaikan vaikutuksesta näytteen edustavuuteen. Routatutkimuksista tehdään lisätutkimuksia diplomityön liitteessä A olevan pohjatutkimusohjelman perusteella. Niiden perusteella on tarkoitus tutkia ikkunanäytteenottimen soveltumista routatutkimuksiin sekä tukikerroksen vaikutusta ja suojausputken soveltumista routatutkimuksiin. Jos näytteenottoa ei voida kehittää riittävän virheettömäksi, olisi hyvä pohtia routimisherkkyyden arviointimenetelmien kehittämistä.

## LÄHTEET

- Ehrola, E. (1996). *Liikenneväylien rakennesuunnittelun perusteet*. Rakennustieto Oy.
- Esveld, C. (2001). *Modern Railway Track. Second edition*.
- InfraRYL-verkkopalvelu (2019). *Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset*. Saatavissa: URL: <https://www.rakennustieto.fi/infraryl/> (viitattu 07.01.2020).
- Kolisoja, P. (1997). Resilient deformation characteristics of granular materials. Väitöskirja, Tampereen teknillinen korkeakoulu.
- Kuula, P. (2015). Tien ja radan sitomattomissa rakennekerroksissa käytettävien kiviainesten lujuuden ja hienontumisen tutkiminen. Kirjallisuusselvitys Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 68-2015. Saatavissa: URL: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts\\_2015-68\\_tien\\_radan\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-68_tien_radan_web.pdf) (viitattu 15.01.2020).
- Latvala, J. (2019). Tukikerros. Rautatietekniikan kurssi Tampereen yliopisto Toteutuskerta RAK-23310 2018-01.
- Liikennevirasto (2015). *Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. Liikenneviraston ohjeita 10-2015*. Saatavissa: URL: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2015-10\\_geotekniset\\_tutkimukset\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-10_geotekniset_tutkimukset_web.pdf) (viitattu 24.01.2020).
- Liikennevirasto (2017). *Eurokoodin soveltamisohje - Geotekninen suunnittelu - NCCI 7*. Saatavissa: URL: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2017-13\\_ncci7\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-13_ncci7_web.pdf) (viitattu 16.03.2020).
- Liikennevirasto (2018a). *RATO 3 Radan rakenne*. Saatavissa: URL: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2018-13\\_rato3\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-13_rato3_web.pdf) (viitattu 07.01.2020).
- Liikennevirasto (2018b). *Vähäliiketeiset radat. Tilanne ja katsaus tulevaisuuteen 2017*. Saatavissa: URL: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts\\_2018-31\\_vahaliiketeiset\\_radat\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-31_vahaliiketeiset_radat_web.pdf) (viitattu 08.04.2020).
- Liikennevirasto (2018c). *Valtion rataverkko 1.1.2018*. Saatavissa: URL: [https://vayla.fi/documents/20473/23375/Rataverkko2018\\_web.pdf/](https://vayla.fi/documents/20473/23375/Rataverkko2018_web.pdf/) (viitattu 08.04.2020).
- Nummelin, M. (2008). *Rantarata*. Kustantaja Laaksonen.
- Nurmikolu, A. (2000). Raidesepelin lujuuden vaikutus tukikerroksen kestoikään. Ratahallintokeskus julkaisu A 4/2000.
- Nurmikolu, A. (2004). Murskatun kalliokiviaineksen hienoneminen ja routivuus radan rakennekerroksissa. Kirjallisuusselvitys, Ratahallintokeskus julkaisu A 4/2004.
- Nurmikolu, A. (2006). Ratarakenteessa käytettävien kalliomurskeiden hienoneminen ja routimisherkkyys. Kokeellinen tutkimusosuus, Ratahallintokeskus julkaisu A 9/2006.
- Nurmikolu, A. ja Kolisoja, P. (2002). Ratarakenteen routasuojaus. Ratahallintokeskus julkaisu A 1/2002. Saatavissa: URL: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/146360/rhk112.pdf>.



- Onninen, H. (2001). *Routanousukoe. Routimiskertoimen (SP) määrittäminen laboratorioissa, Menetelmäkuvaus.*
- Rakennusteollisuus (2017). *Tiedote: MARA-asetus voimaan 1.1.2018 (17.12.2017).* Saatavissa: URL: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2017/mara-asetus-voimaan-1.1.2018/> (viitattu 30.01.2020).
- Rantamäki, M., Jääskeläinen, R. ja Tammirinne, M. (1979). *Geotekniikka.* Otatieto.
- Ratahallintokeskus (1997). *Sepelätukikerroksen laadun tutkimusohje.* Saatavissa: URL: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk\\_sepelätukikerroksen\\_laadun\\_tutkimusohje.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk_sepelätukikerroksen_laadun_tutkimusohje.pdf) (viitattu 04.02.2020).
- Ratahallintokeskus (1999). *Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL). Osa 5 Maaleikkaus- ja pengerrystyöt.* Saatavissa: URL: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/146525/rhk225.pdf> (viitattu 07.05.2020).
- Ratahallintokeskus (2001). *Raidesepelin tekniset toimitusehdot. Ratahallintokeskuksen julkaisuja D11.* Saatavissa: URL: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/146486/rhk237.pdf> (viitattu 15.01.2020).
- Ratahallintokeskus (2002a). *RATO 11 Radan päällysrakenne.* Saatavissa: URL: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rato\\_11\\_radan\\_paallysrakenne.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rato_11_radan_paallysrakenne.pdf) (viitattu 07.01.2020).
- Ratahallintokeskus (2002b). *Ratojen routasuojaustarpeen arviointi. Ratahallintokeskuksen julkaisuja B8.* Saatavissa: URL: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk\\_b8\\_ratojen\\_routasuojaustarpeen\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk_b8_ratojen_routasuojaustarpeen_web.pdf) (viitattu 24.01.2020).
- Ratahallintokeskus (2004). *Standardin SFS-EN 13450 Raidesepelikiviainekset kansallinen soveltamisohje.* Saatavissa: URL: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/sfs-en\\_13450\\_raidesepelikiviainekset.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/sfs-en_13450_raidesepelikiviainekset.pdf) (viitattu 09.01.2020).
- Ratahallintokeskus (2005). *SFS-EN 13450 Raidesepelikiviainekset, CE - merkintä. Kansallinen soveltamisstandardi.* Saatavissa: URL: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/sfs-en\\_13450\\_ce-merkintavaatimus.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/sfs-en_13450_ce-merkintavaatimus.pdf) (viitattu 15.01.2020).
- Rautatiehallinto (1976). *Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys.*
- Rautatiehallitus (1937). *Valtionrautatiet 1912-1937.* Helsinki.
- Rautatiehallitus (1962). *Valtionrautatiet 1937-1962.* Helsinki.
- Rautatiehallitus (1987). *Valtionrautatiet 1962-1987.* Helsinki.
- RIL (2013). *RIL 261-2013 Routasuojaus - rakennukset ja infrarakenteet.* Suomen Rakennusinsinöörien liitto ry.
- Saarinen, M. (2008). *Ratojen alusrakenteissa käytettyjen materiaalien routimisherkyys. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 7/2008.* Saatavissa: URL: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/146425/rhk163.pdf> (viitattu 08.01.2020).
- SFS 7007 (2016). *Raidesepelikiviaineksilta vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. Kansallinen soveltamisstandardi.* (Viitattu 09.01.2020).
- SFS-EN 1097-10 (2014). *Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus. Osa 10: Vedenimeytymiskorkeus.* (Viitattu 14.02.2020).
- SFS-EN 13242 (2008). *Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakentamisessa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset.* (Viitattu 09.01.2020).

- SFS-EN 13450 (2004). *Raidesepelikiviainekset*. (Viitattu 09.01.2020).
- SFS-EN 1997-2 (2007). *Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Geotekninen tutkiminen ja koestus*. (Viitattu 24.01.2020).
- SFS-EN ISO 17892-4:2016 (2016). *Geotechnical investigation and testing. Laboratory testing of soil. Part 4: Determination of particle size distribution*. (Viitattu 24.01.2020).
- SFS-EN ISO 22475-1 (2006). *Geotekninen tutkimus ja koestus. Näytteenottomenetelmät ja pohjavesimittaukset. Osa 1: Työn suorituksen tekniset periaatteet*. (Viitattu 24.01.2020).
- SGY (1984). *Kairausopas 3. Maanäytteiden ottaminen geoteknillisiä tutkimuksia varten*. Saatavissa: URL: <https://sgy.fi/wp-content/uploads/2017/04/kairausopas-3-maanaeytteiden-ottaminen-geoteknillisiae-tutkimuksia-varten.pdf> (viitattu 24.01.2020).
- Suomalainen, J. (2007). *Ratageotekniikan käytännön asioita. Rautatiesuunnitteluseminaarin luentomateriaali 29.5.07, Tampereen teknillinen yliopisto*.
- Suomen Valtionrautatiet (1916). *Valtionrautatiet 1862-1912, Osa 2*. Helsinki.
- Väylä (2019a). *Luumäki-Imatra ratahanke*. Saatavissa: URL: <https://vayla.fi/luumaki-imatra-ratahanke> (viitattu 14.02.2020).
- Väylä (2019b). *Rautateiden verkkoselostus, Karttapalvelu*. Saatavissa: URL: [https://julkinen.vayla.fi/webgis-sovellukset/karttapalvelu/index.html?locale=fi&config=verkkoselostus\\_2021](https://julkinen.vayla.fi/webgis-sovellukset/karttapalvelu/index.html?locale=fi&config=verkkoselostus_2021) (viitattu 08.04.2020).

# **A LUIA POHJATUTKIMUSOHJELMA**

Projekti	Luima RS 1 (Työmaapalvelu)
Proj. n:o	184049
Koordinaattijärjestelmä	ETRS-GK29/N2000
Pohjatutkimusohjelman no.	4
Tilaja	Väylävirasto / Proxion Plan Oy
Ohjelman laatija	Anne Saileranta, Samuel Korkeamäki
Pohjatutkimuspaikka	006 Luumäki-Imatra, kmv 305+000 - 318+000

Tutkijan on selvitettävä putket ja kaapelit ennen kaivu- ja kairaustöitä.

Näytteenottojen jälkeen rata ennallistetaan. Rakennekerrokset palautetaan koekuopien tekemisen jälkeen takaisin samassa järjestyksessä, missä ne on otettu ja tiivistetään kerroksittain.

Tukikerrokseen palautettavaa sepeliä ei saa sekoittaa muihin maa-aineksiin.

Turvallisuussuunnitelma pitää olla toimitettu ennen pohjatutkimusten tekemistä.

Pohjatutkimukset tekevistä maastotyöryhmästä vähintään yhdellä tulee olla voimassa oleva päällysrakennepätevyys koekuoppia tehtäessä.

Tavoitesyvyydeltään 2,1 m syvyiset koekuopat tehdään tyypipiirustuksen mukaisesti.

Tutkimuksissa noudatetaan Väylän *Geotekniset tutkimukset ja mittaukset* julkaisua, ellei ohjelmassa ole toisin ohjattu.

Pohjatutkimusohjelmassa tutkitaan nykyisen radan rakennetta häiriintyneillä näytteillä. Tavoitteena on tunnistaa maakerrosrajat ja saada edustava näyte jokaisesta kerroksesta. Radan välikerrosta tutkitaan noin korkeusviivasta -1 m syvyillä koekuopilla (näytteenottoluokka A, SFS-EN ISO 22475-1 2006) pölkyn päästä. Radan koko alusrakennetta tutkitaan keskiliinjalta kierrekairalla (näytteenottoluokka C, SFS-EN ISO 22475-1 2006 ja ikkunanäytteenottimella (näytteenottoluokka C, SFS-EN ISO 22475-1 2006) sekä raiteen vierestä kierrekairalla, ikkunanäytteenottimella sekä koekuopalla (näytteenottoluokka A, SFS-EN ISO 22475-1 2006). Näiden tutkimusten tavoitesyvyys on korkeusviivasta -2,1 m.

#### Näytteenotto kierrekairalla, ikkunanäytteenottimella ja kv -2,1 m koekuopasta:

- Samalla km-luvulla tehdään yhteensä viisi (5) tutkimusta. Keskiliinjalla tehdään näytteenotto kierrekairalla ja ikkunanäytteenottimella vierekkäisistä pölkkyväleistä. Raiteen vierestä (etäisyys raiteen keskiliinjasta noin 1,85 m) tehdään näytteenotto kierrekairalla ja ikkunanäytteenottimella noin 0,6 m etäisyydellä toisistaan. Näytteenoton jälkeen kaivetaan samaan kohtaan koekuoppa, josta otetaan näytteet liitteenä olevan koekuoppapölkkykalkauksen mukaisesti.
- Tarvittaessa raiteen viereen ohjelmoidun tutkimuspisteen voi kaikkein tutkimustapoineen (a, b ja c) siirtää ilmoitetun sivumitan verran toiselle puolelle raidetta.
- Tarvittaessa tutkimuspisteitä voidaan siirtää esitetystä sijainnista radan suunnassa enintään +/-10 metriä, mikäli tutkimuspiste osuu esim. sähköratapylvään kohdalle. Jos tutkimuspistettä siirretään, siirretään samalla myös kaikki mahdolliset saman km-luvun tutkimuspisteet uudelle km-luvulle.
- Kierrekairan halkaisija on vähintään 80 mm ja ikkunanäytteenottimen sisähalkaisija vähintään 68 mm. Pohjatutkija toimittaa käytettävän näytteenottimen tiedot ja hyväksyttää sen ohjelmoijalla ennen töihin ryhtymistä.
- Raiteen keskiliinjalta tehtävät näytteenotot suojaputkitaan tukikerroksen alapintaan.
- **Raiteen viereen tehtävät näytteenotot kierrekairalla ja ikkunanäytteenottimella tehdään ennen koekuoppaa.** Ennen näytteenottoa tukikerros poistetaan välikerroksen yläpintaan.
- Jokaisesta tunnistetusta kerroksesta, lukuunottamatta tukikerrosta, otetaan näytteet.
- Koekuopasta otettujen näytteiden koko riippuu kerroksen päämaalajista. Maalajikohtaiset näytteen tavoitepainot määritellään silmämääräisen maalajarvion perusteella seuraavasti:
 

- Sora ja moreenit:	min	4 kg
- Hiekka:	min	2 kg
- Hienommat (Sa/Si):	min	1 kg
- Kaikista näytteistä tutkitaan laboratoriossa vesipitoisuus ja rakeisuus (pesuseulonta ja tarv. areometri). Pyritään saamaan laatuluokan 3 näytteitä.
- Heti kun töiden toteutusajankohta on selvillä, otetaan yhteys ohjelmoijaan, jotta hänellä on mahdollisuus osallistua yllä olevien tutkimusten tekemiseen.

#### Näytteenotto kv -1 m koekuopasta:

- Tarvittaessa tutkimuspisteitä voidaan siirtää esitetystä sijainnista vain radan suunnassa ja enintään +/-10 metriä, mikäli tutkimuspiste osuu esim. sähköratapylvään kohdalle. Koekuoppa tehdään aina pölkyn kohdalta.
- Tavoitteena on saada välikerroksesta edustava näyte. Tukikerroksesta ei kerätä näytettä. Välikerroksen näytteen tavoitepaino päämaalajista (silmämääräinen arvio) riippuen on:
 

- Sora ja moreenit:	min	4 kg
- Hiekka:	min	2 kg
- Hienommat (Sa/Si):	min	1 kg
- Jos määräsyyvytyteen tehdystä koekuopasta löytyy tukikerroksen alta useampi kerros, otetaan kaikista kerroksista näyte.
- Välikerroksen alapuolisesta kerroksesta (välikerroksesta) otetusta näytteestä tutkitaan vesipitoisuus ja rakeisuus (pesuseulonta ja tarv. areometri, pyritään laatuluokkaan 3). Mahdollisten alempien kerrosten näytteiden tutkimukset määritetään erikseen.

Pohjatutkimustulokset kootaan viimeisimmässä infra-pohjatutkimusformaattisna yhteen tek-tiedostoon. Näytteille kirjataan kyseisen kerroksen arvioitu ylä- ja alapinta radan korkeusviivasta. Alkukairaustapa on tukikerroksen alapintaan joko suojaputken läpi tai kaivu. Lomakkeisiin merkitään selvästi toteutunut km-luku, sivumitta sekä näytteenotin. Tutkimuspisteet, joista tehdään useampi tutkimus, nimetään tutkimustavoittoa kirjaintunnisteella esim. X6a=kierrekaira, X6b=ikkunanäytteenotin, X6c=koekuoppa. Infraformaattitiedosto, näytteenottolomakkeet, koekuoppakortit ja laboratoriolomakkeet toimitetaan ohjelman laatijoille.

Jos tutkimuspisteitä tarvitsee siirtää enemmän kuin yllä mainittu ja muissa ohjelmaan liittyissä pienimmissäkin kysymyksissä, ota yhteyttä suunnittelijaan (yhteystiedot lomakkeen yläosassa).

**HUOM! Koekuopista otetaan valokuvat, joissa näkyy selvästi rakennekerrokset sekä syvyyksimitta esim. mittalatalalla.**

Projekti	Luima RS 1 (Työmaapalvelu)
Proj. n:o	184049
Koordinaattijärjestelmä	ETRS-GK29/N2000
Pohjatutkimusohjelman no.	4
Tilaaja	Väylävirasto / Proxion Plan Oy
Ohjelman laatija	Anne Saileranta, Samuel Korkeamäki
Pohjatutkimuspaikka	006 Luumäki-Imatra, kmv 305+000 - 318+000

Piste n:o	Linja	Paalu	Sivumitta raiteen kl:sta (m) (Oikea +, vasen -)	Kierrekaira	Ikkunanäytteenotin	Koekuoppa kv -2,1 m	Koekuoppa kv -1 m	Huom.	Tutkittava km-väli
				a	b	c		Rinnakkaistutkimukset kirjaintunnus	
9609	Nykyinen raide	305+300	1,35				X		305+240-450
9610	Nykyinen raide	305+420	1,35				X		305+240-450
9611	Nykyinen raide	306+400	1,35				X	5)	306+360-510
9612	Nykyinen raide	306+500	1,35				X	4)	306+360-510
9613	Nykyinen raide	306+950	0	X	X			1), 2)	306+900-307+250
9614	Nykyinen raide	306+950	1,85	X	X	X			306+900-307+250
9615	Nykyinen raide	307+100	0	X	X			1), 2)	306+900-307+250
9616	Nykyinen raide	307+100	1,85	X	X	X			306+900-307+250
9617	Nykyinen raide	307+200	0	X	X			1), 2)	306+900-307+250
9618	Nykyinen raide	307+200	1,85	X	X	X			306+900-307+250
9619	Nykyinen raide	307+550	1,35				X		307+540-990
9620	Nykyinen raide	307+650	1,35				X		307+540-990
9621	Nykyinen raide	307+750	1,35				X		307+540-990
9622	Nykyinen raide	307+850	1,35				X		307+540-990
9623	Nykyinen raide	308+180	1,35				X		308+120-300
9624	Nykyinen raide	308+280	1,35				X		308+120-300
9625	Nykyinen raide	308+440	-1,35				X		308+420-610
9626	Nykyinen raide	308+540	-1,35				X		308+420-610
9627	Nykyinen raide	309+050	-1,35				X		309+030-312+180
9628	Nykyinen raide	309+150	-1,35				X		309+030-312+180
9629	Nykyinen raide	309+350	-1,35				X		309+030-312+180
9630	Nykyinen raide	309+450	-1,35				X		309+030-312+180
9631	Nykyinen raide	309+550	-1,35				X		309+030-312+180
9632	Nykyinen raide	309+650	-1,35				X		309+030-312+180
9633	Nykyinen raide	309+750	-1,35				X		309+030-312+180
9634	Nykyinen raide	309+850	-1,35				X		309+030-312+180
9635	Nykyinen raide	309+950	-1,35				X		309+030-312+180
9636	Nykyinen raide	310+050	-1,35				X		309+030-312+180
9637	Nykyinen raide	310+150	-1,35				X		309+030-312+180
9638	Nykyinen raide	310+350	-1,35				X		309+030-312+180
9639	Nykyinen raide	310+450	-1,35				X		309+030-312+180
9640	Nykyinen raide	310+550	-1,35				X		309+030-312+180
9641	Nykyinen raide	310+650	-1,35				X		309+030-312+180
9642	Nykyinen raide	310+750	-1,35				X		309+030-312+180
9643	Nykyinen raide	310+850	-1,35				X		309+030-312+180
9644	Nykyinen raide	310+950	-1,35				X		309+030-312+180
9645	Nykyinen raide	311+050	-1,35				X		309+030-312+180
9646	Nykyinen raide	311+150	-1,35				X		309+030-312+180
9647	Nykyinen raide	311+350	-1,35				X		309+030-312+180
9648	Nykyinen raide	311+450	-1,35				X		309+030-312+180
9649	Nykyinen raide	311+550	-1,35				X		309+030-312+180
9650	Nykyinen raide	311+650	-1,35				X		309+030-312+180
9651	Nykyinen raide	311+750	-1,35				X		309+030-312+180
9652	Nykyinen raide	311+950	-1,35				X		309+030-312+180
9653	Nykyinen raide	312+050	-1,35				X		309+030-312+180
9654	Nykyinen raide	312+150	-1,35				X		309+030-312+180
9655	Nykyinen raide	312+500	-1,35				X		312+470-710
9656	Nykyinen raide	312+600	-1,35				X		312+470-710
9657	Nykyinen raide	312+700	-0,35				X		312+470-710
9658	Nykyinen raide	313+200	0	X	X			1), 2)	313+150-270
9659	Nykyinen raide	313+200	1,85	X	X	X			313+150-270
9660	Nykyinen raide	313+470	0	X	X			1), 2)	313+410-600
9661	Nykyinen raide	313+470	-1,85	X	X	X			313+410-600
9662	Nykyinen raide	313+550	0	X	X			1), 2)	313+410-600
9663	Nykyinen raide	313+550	-1,85	X	X	X			313+410-600
9590	Nykyinen raide	313+700	0	X	X			3)	313+650-760
9591	Nykyinen raide	313+700	-1,85	X	X	X		3)	313+650-760
9664	Nykyinen raide	313+950	1,35				X		313+920-315+290
9665	Nykyinen raide	314+050	1,35				X	5)	313+920-315+290
9666	Nykyinen raide	314+150	1,35				X		313+920-315+290
9667	Nykyinen raide	314+250	1,35				X		313+920-315+290
9668	Nykyinen raide	314+350	1,35				X		313+920-315+290
9669	Nykyinen raide	314+450	1,35				X		313+920-315+290
9670	Nykyinen raide	314+550	1,35				X		313+920-315+290
9671	Nykyinen raide	314+650	1,35				X		313+920-315+290
9672	Nykyinen raide	314+750	1,35				X		313+920-315+290
9673	Nykyinen raide	314+850	1,35				X		313+920-315+290
9674	Nykyinen raide	314+950	1,35				X		313+920-315+290
9675	Nykyinen raide	315+050	1,35				X		313+920-315+290
9676	Nykyinen raide	315+150	1,35				X		313+920-315+290
9677	Nykyinen raide	315+250	1,35				X		313+920-315+290
9678	Nykyinen raide	315+470	0	X	X			1), 2)	315+460-950
9679	Nykyinen raide	315+470	-1,85	X	X	X			315+460-950
9680	Nykyinen raide	315+580	0	X	X			1), 2)	315+460-950
9681	Nykyinen raide	315+580	-1,85	X	X	X			315+460-950
9682	Nykyinen raide	315+690	0	X	X			1), 2)	315+460-950
9683	Nykyinen raide	315+690	-1,85	X	X	X			315+460-950
9684	Nykyinen raide	315+840	0	X	X			1), 2), 5)	315+460-950
9685	Nykyinen raide	315+840	-1,85	X	X	X		5)	315+460-950
9686	Nykyinen raide	315+910	0	X	X			1), 2)	315+460-950

1) Suojaputkitaan

2) Tutkimukset tehdään vierekkäisistä pölkkyväleistä.

3) Optio

4) Sillan pääty

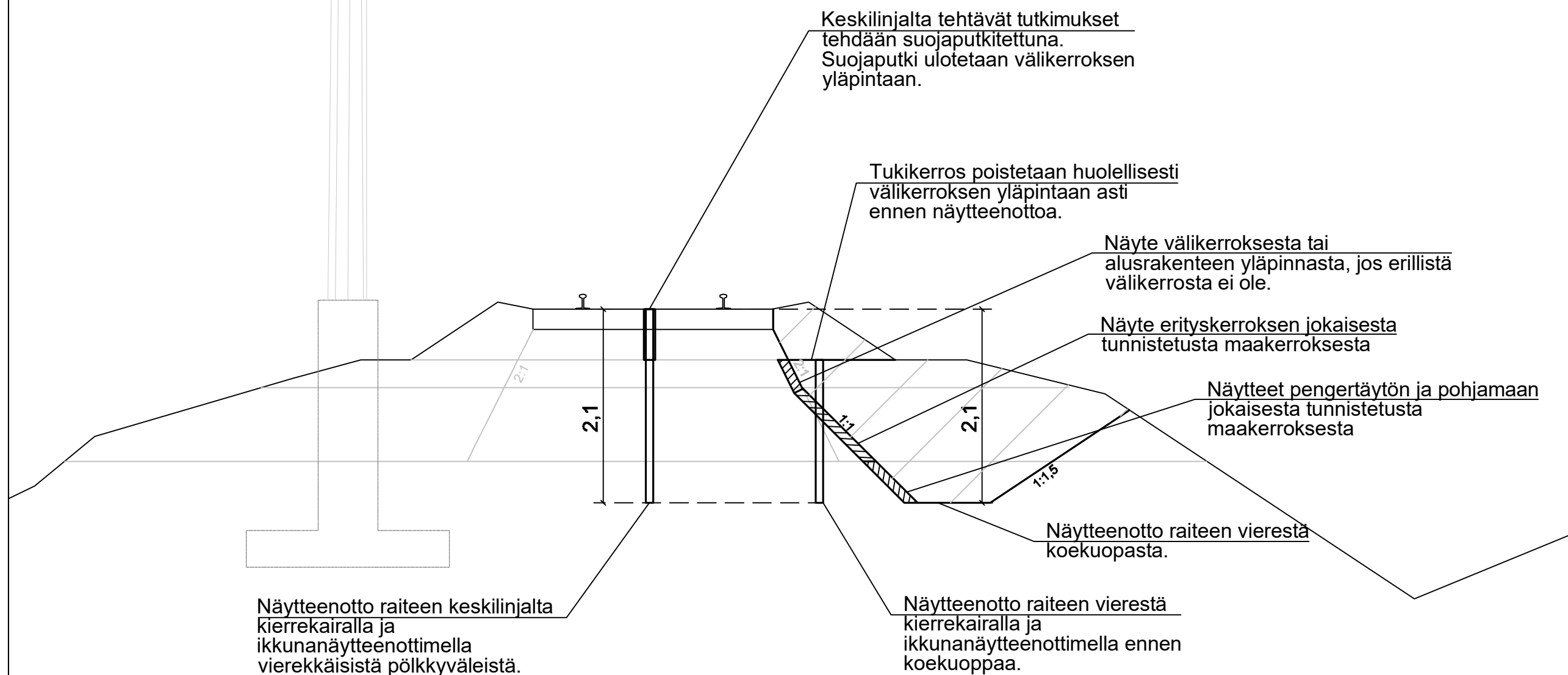
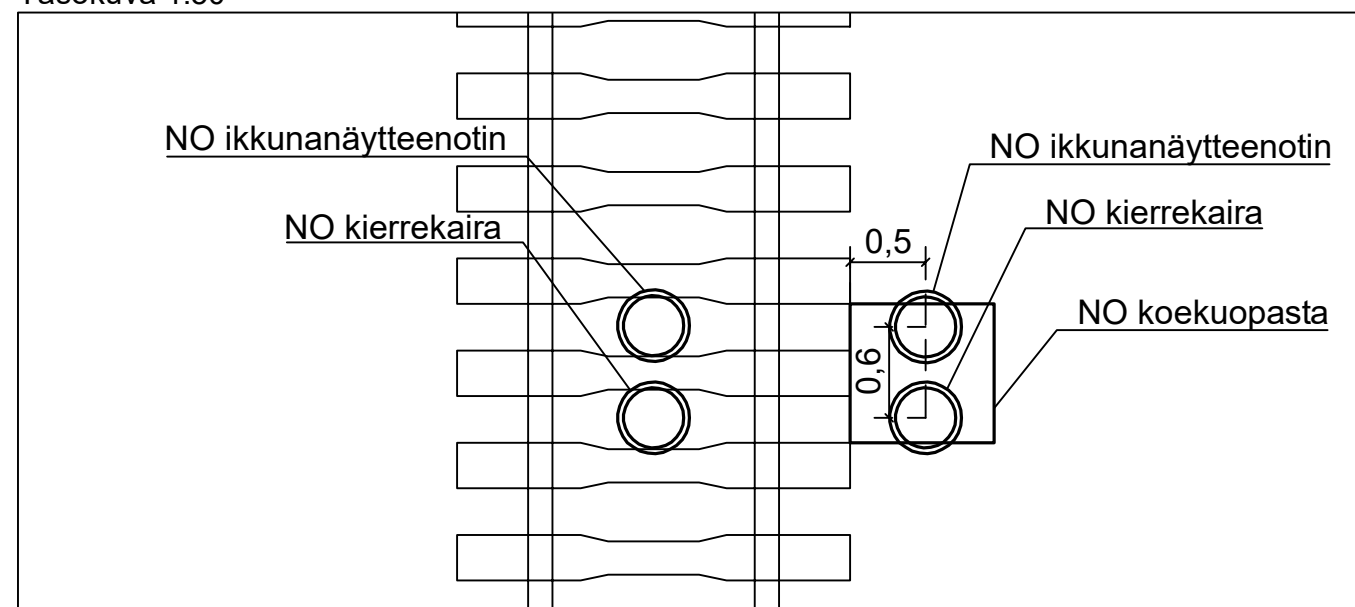
5) Tasamaa

Projekti	Luima RS 1 (Työmaapalvelu)
Proj. n:o	184049
Koordinaattijärjestelmä	ETRS-GK29/N2000
Pohjatutkimusohjelman no.	4
Tilaja	Väylävirasto / Proxion Plan Oy
Ohjelman laatija	Anne Saileranta, Samuel Korkeamäki
Pohjatutkimuspaikka	006 Luumäki-Imatra, kmv 305+000 - 318+000

Piste n:o	Linja	Paalu	Sivumitta raiteen kl:sta (m) (Oikea +, vasen -)	Kierrekaira	Ikkunanäytteenotin	Koekuoppa kv -2,1 m	Koekuoppa kv -1 m	Huom.	Tutkittava km-väli
				a	b	c			
9687	Nykyinen raide	315+910	-1,85	X	X	X		Rinnakkaistutkimukset kirjaintunnus	315+460-950
9688	Nykyinen raide	316+050	-1,35				X		316+020-250
9689	Nykyinen raide	316+150	-1,35				X		316+020-250
9690	Nykyinen raide	316+250	-1,35				X	5)	316+020-250
9592	Nykyinen raide	316+300	0	X	X			3), 5)	316+250-560
9593	Nykyinen raide	316+300	-1,85	X	X	X		3), 5)	316+250-560
9594	Nykyinen raide	316+400	0	X	X			3)	316+250-560
9595	Nykyinen raide	316+400	-1,85	X	X	X		3)	316+250-560
9596	Nykyinen raide	316+500	0	X	X			3)	316+250-560
9597	Nykyinen raide	316+500	-1,85	X	X	X		3)	316+250-560
9691	Nykyinen raide	316+600	-1,35				X		316+560-317+370
9692	Nykyinen raide	316+700	-1,35				X		316+560-317+370
9693	Nykyinen raide	316+800	-1,35				X		316+560-317+370
9694	Nykyinen raide	316+900	-1,35				X		316+560-317+370
9695	Nykyinen raide	317+000	-1,35				X		316+560-317+370
9696	Nykyinen raide	317+100	-1,35				X		316+560-317+370
9697	Nykyinen raide	317+200	-1,35				X		316+560-317+370
9698	Nykyinen raide	317+300	-1,35				X		316+560-317+370
9598	Nykyinen raide	317+400	0	X	X			3)	317+370-500
9599	Nykyinen raide	317+400	-1,85	X	X	X		3)	317+370-500
		<b>Yhteensä:</b>	<b>148</b>	32	32	16	68		<b>Joista optiotutkimuksia on 25 kpl.</b>

- 1) Suojaputkitaan
- 2) Tutkimukset tehdään vierekkäisistä pölkkyväleistä.
- 3) Optio
- 4) Sillan pääty
- 5) Tasamaa

Tasokuva 1:50



Tutkijan on selvitettävä putket ja kaapelit ennen kaivuu- ja kairaustöitä.

Kaikkien mittausten korot sidotaan radan korkeusviivaan.

Ohjelmassa koekuopat on pyritty asettelemaan siten, että ne olisivat toteutettavissa käytettävien lähtötiedoin. Toteutettavuus varmistetaan maastossa mm. ratalaitteiden sekä kaapeleiden osalta. Mikäli koekuoppa ei ole toteutettavissa suunniteltuun kohtaan, voidaan koekuoppaa siirtää maksimissaan +/- 10 m radan suunnassa (huom. siirretään samalla rinnakkaistutkimukset). Vastaavasti koekuoppa ja rinnakkaistutkimukset voidaan siirtää radan toiselle puolelle.

Koekuoppa tehdään liikennekatkon aikana. Radan suuntaiset kaivuluiskat kaivetaan 2:1.

Koekuopan kaivun yhteydessä eri kerrokset materiaalit läjiteen siten, että ne eivät sekoitu ja ovat palautettavissa käänteisessä järjestyksessä takaisin kuoppaan, mistä ne on kaivettu. Näytteenoton ja dokumentoinnin jälkeen kuoppa täytetään käänteisessä järjestyksessä. Täyttö tehdään kerroksittain tiivistäen.

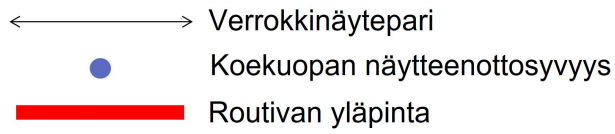
Koekuoppaa sekä raiteen liikkeitä tarkkaillaan koko työn ajan, mikäli havaitaan siirtymiä tai koekuoppa ei pysy muodossaan esim. orsivedenpinnan vuoksi voidaan harkiten jättää koekuoppa kaivamatta määräsyvyyteen.

Radan liikennekelppoisuus tulee arvioida ennen raiteen avaamista junaliikenteelle. Arvioinnin suorittajalla tulee olla päällysrakennepätevyys.

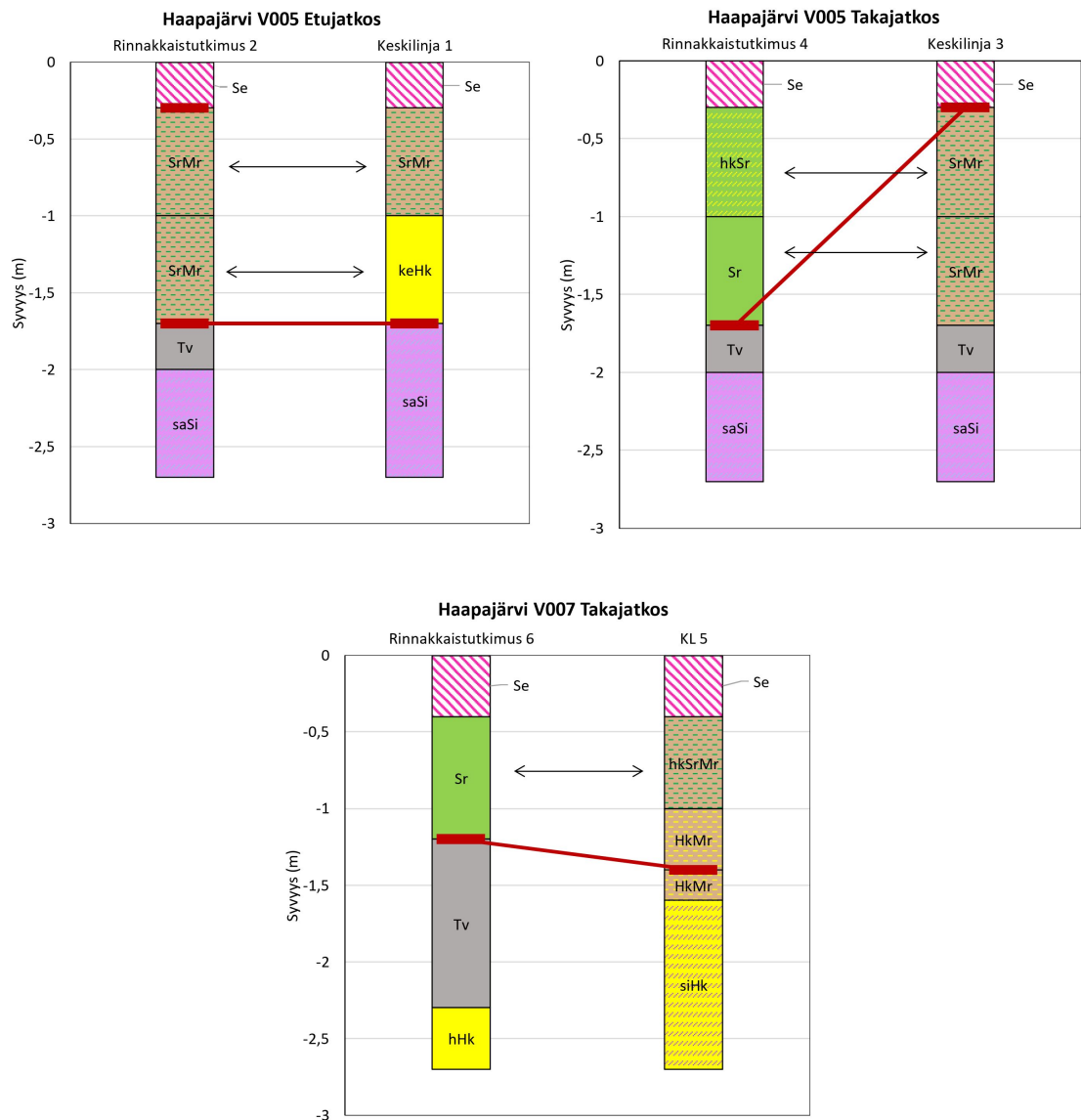
MUUT.	SELITYS	YRITYS	PVM	TEHNYT	PVM	HYV.
TILAAJA		HANKE TAI RATAOSA <b>LUUMÄKI-IMATRA-RATAHANKE</b> Kaksoisraiteen rakennussuunnittelu 1 (KR-RS1)				
SUUNNITTELIJA		SUUNNITTELUVAIHE <b>Rakentamissuunnitelma</b> PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ Pohjatutkimusohjelma 4:n liite Periaatekuva Koekuoppa määräsyvyys kv -2,1 metriä				
PIIRT.	19.3.2020	Anne Sailaranta				
SUUNN.	19.3.2020	Anne Sailaranta				
TARK.	19.3.2020	Samuel Korkeamäki				
HYV.						
TARKASTAJA		MITTAKAAVA 1:50				
		KOORDINAATTI- JA KORKEUSJÄRJ. GK29/N2000				
TARK.		RATAOSAN NRO 1703				
HYV.		PAIKKA	LAJI	PIIR.NRO	MUUT. LEHTI	LEHTIÄ
VV HYV.	20.3.2020	Panu Tolla				

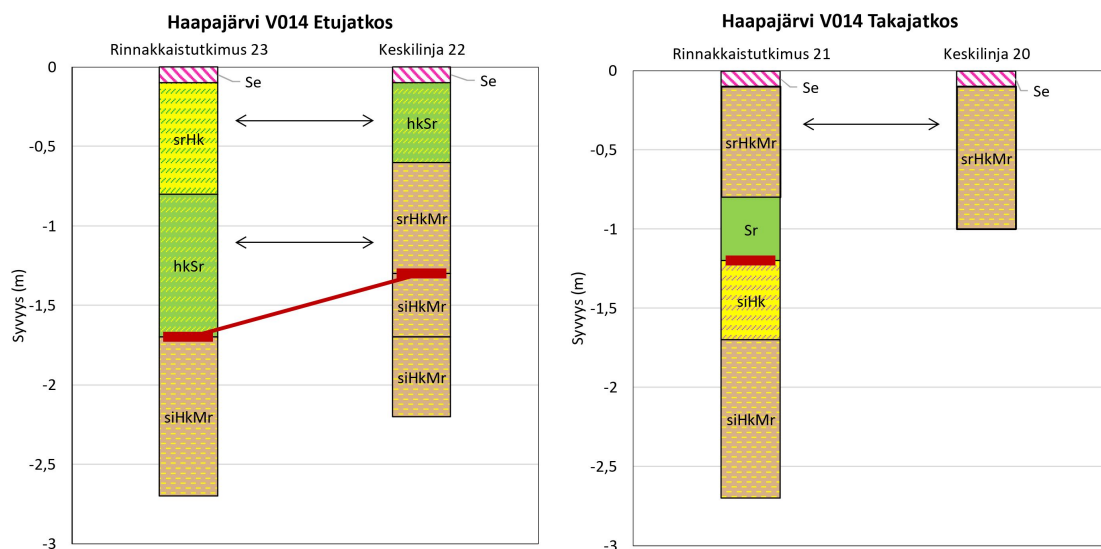
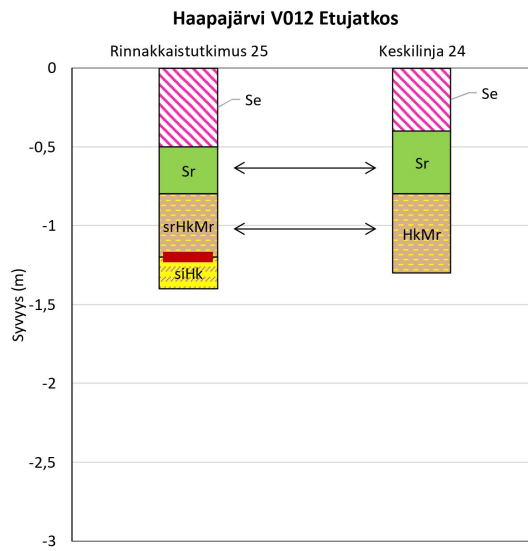
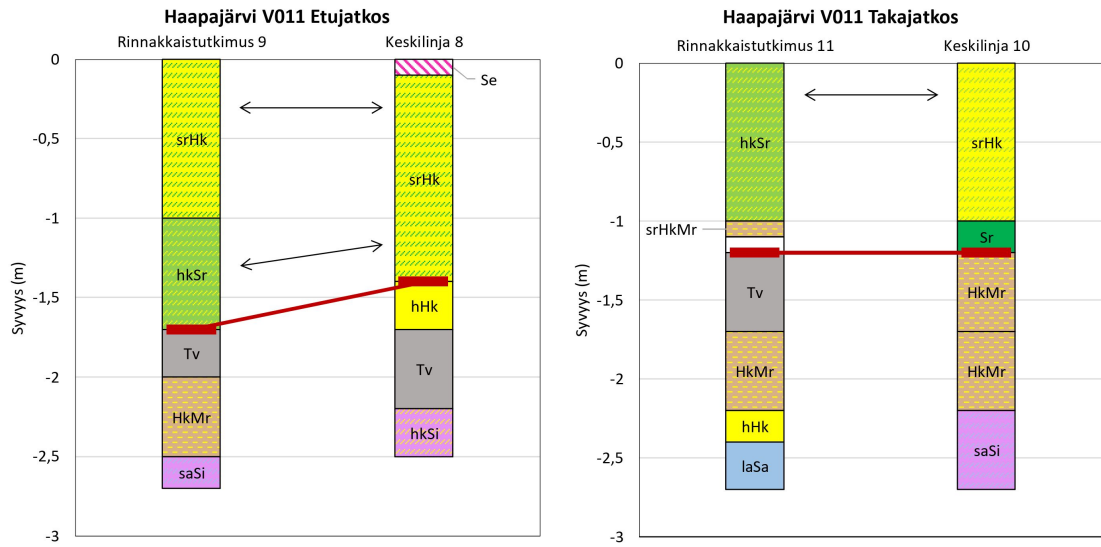
## **B RAKENNEKERROSKAAVIOT**

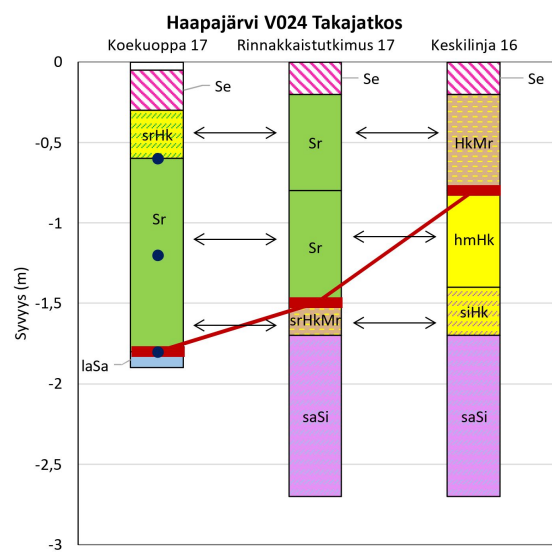
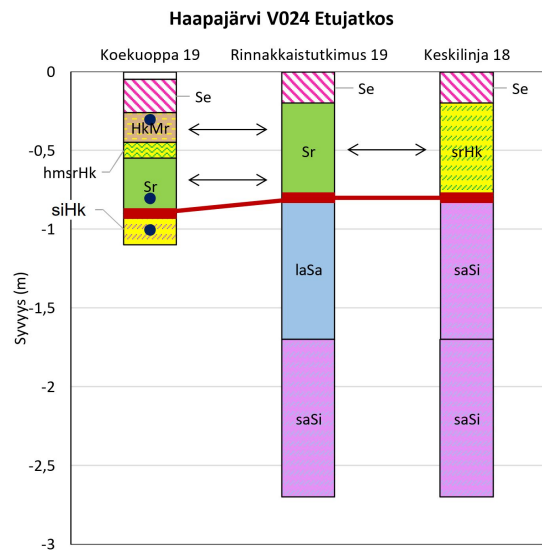
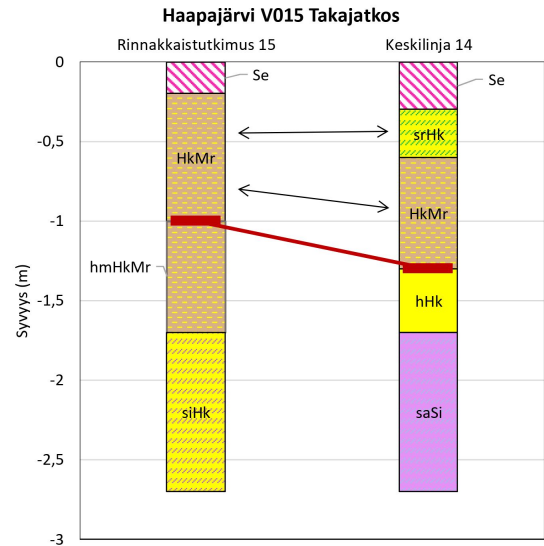
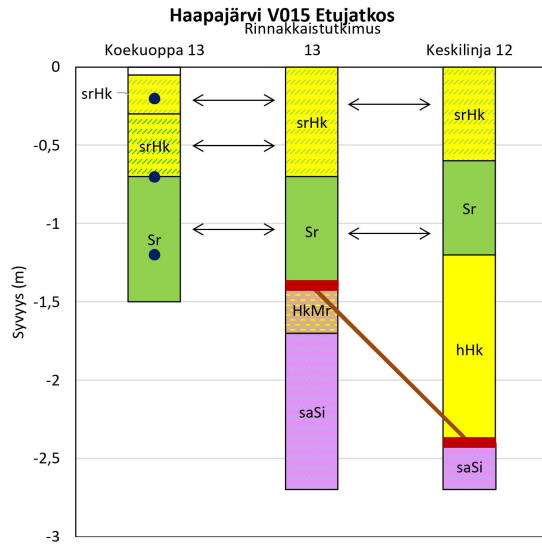




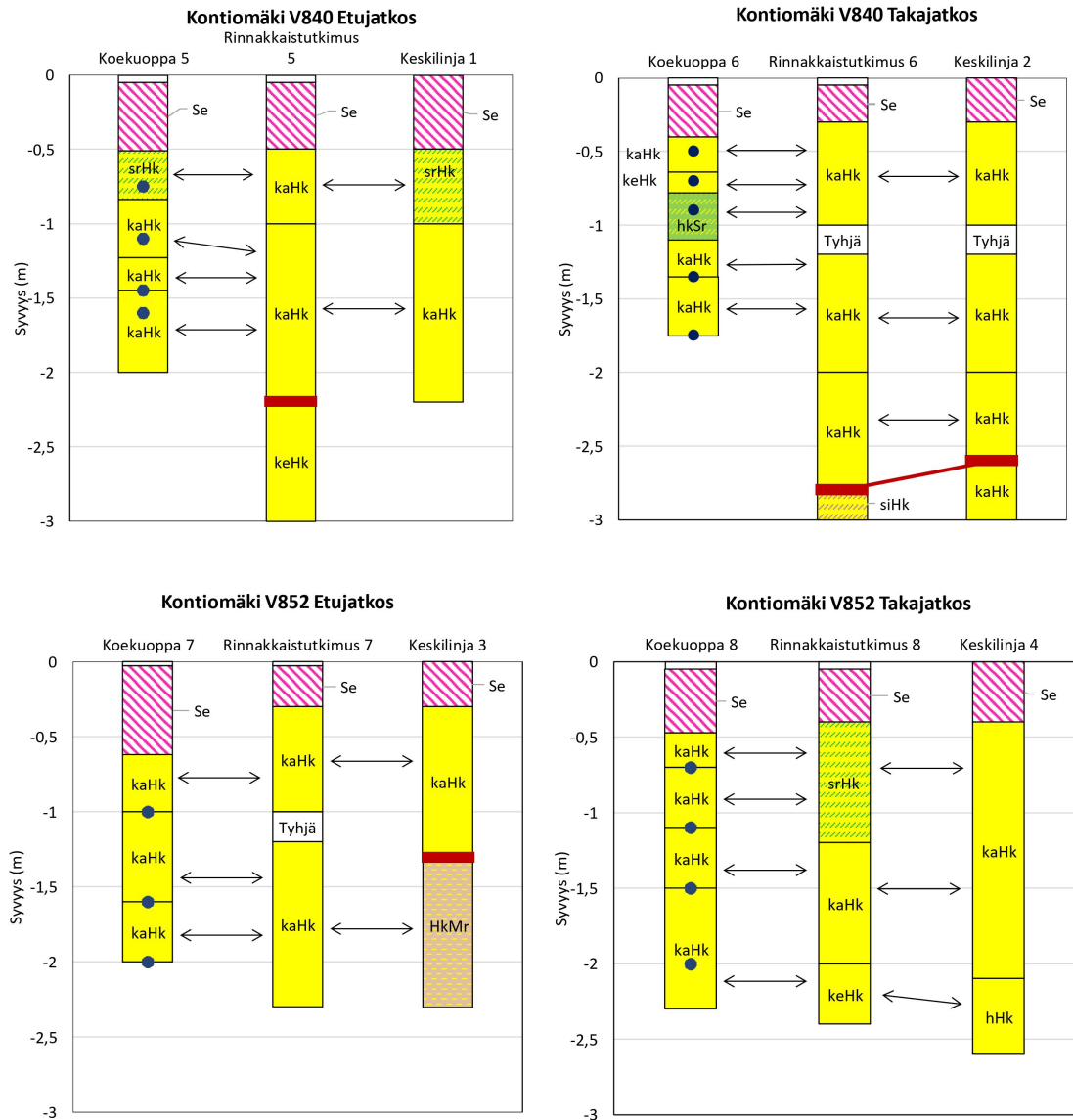
## B.1 Haapajärvi



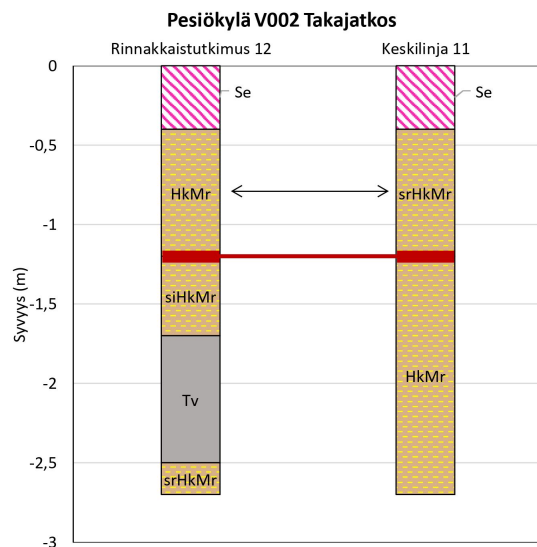
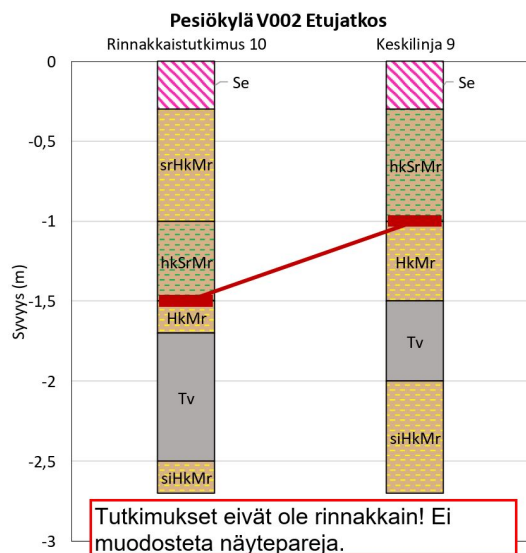
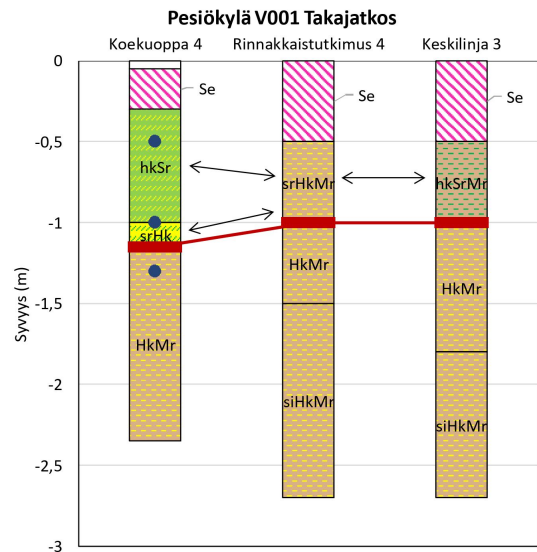
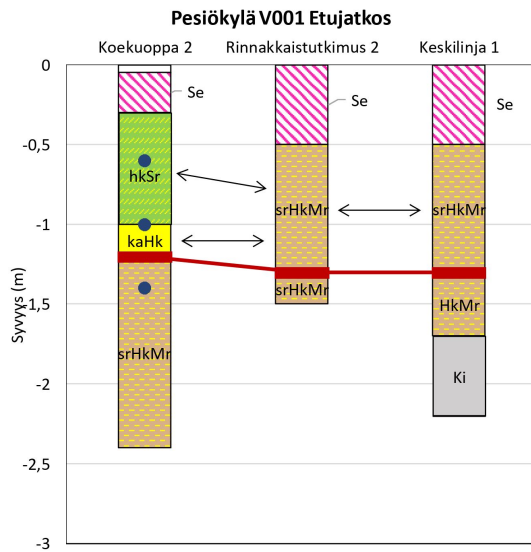


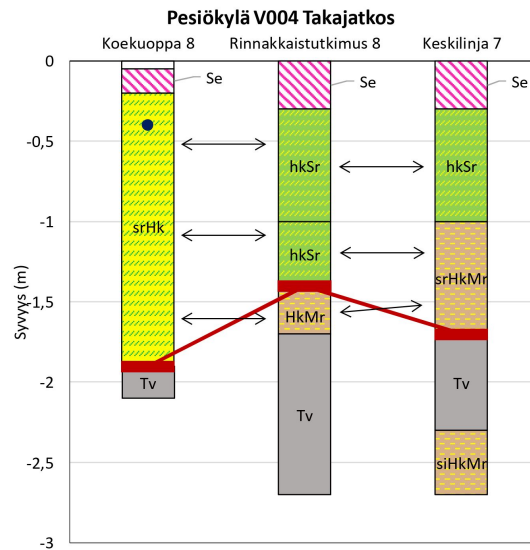


## B.2 Kontiomäki



### B.3 Pesiökylä



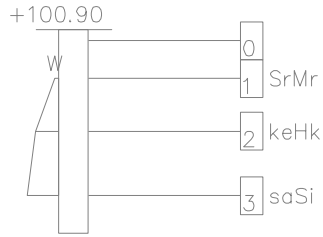


**C RAKEISUUSTUTKIMUKSET:  
ROUTATUTKIMUKSET**

2019

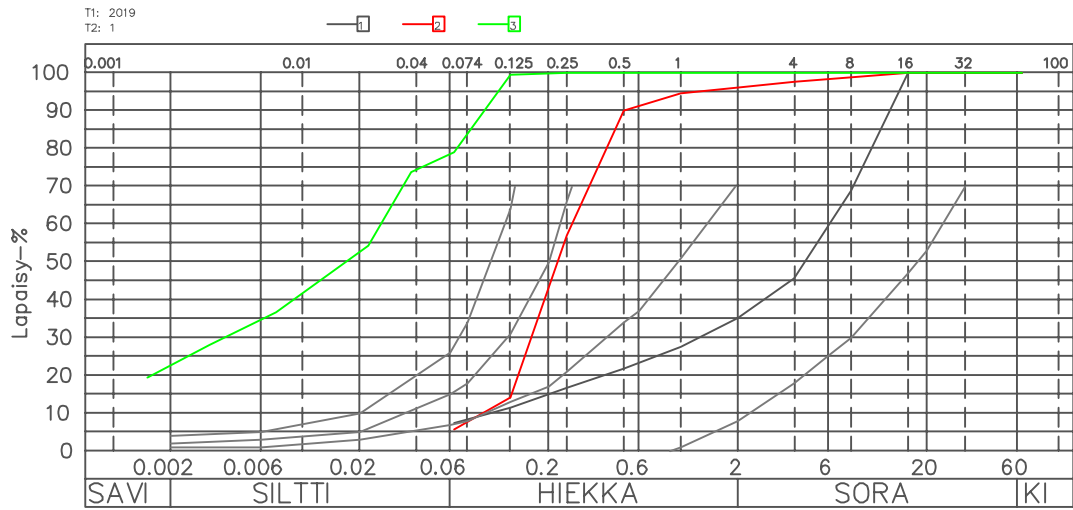
1

Haapa järvi  
 Putkinäytteenotin



X=7072341.281  
 Y=25516803.811

% 100 50 0

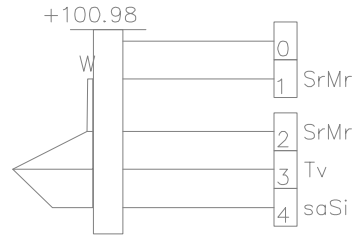


1:100  
 No



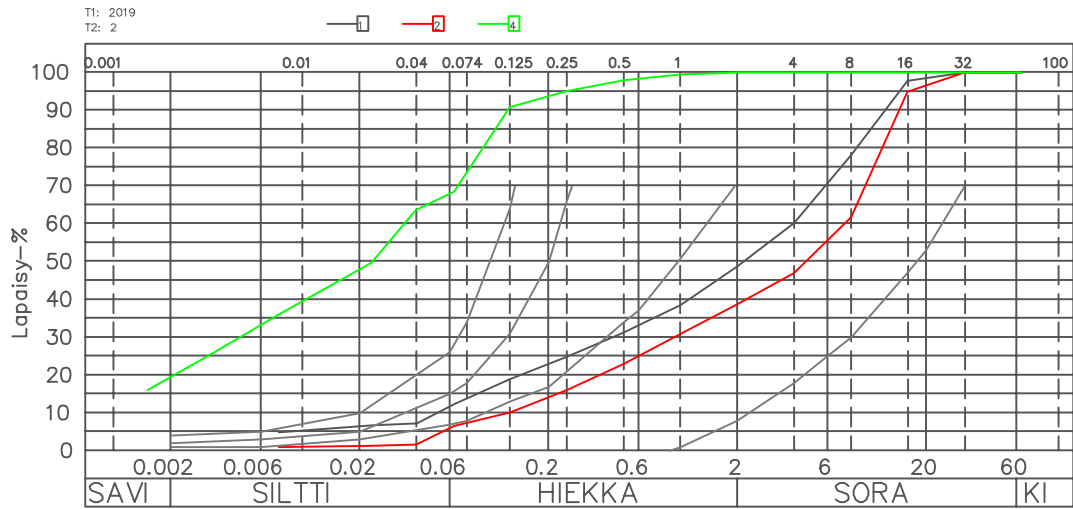
2019  
2

Haapajärvi  
Putkinäytteenotin



X=7072342.731  
Y=25516804.354

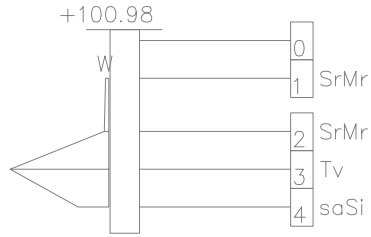
% 100 50 0



1:100  
No

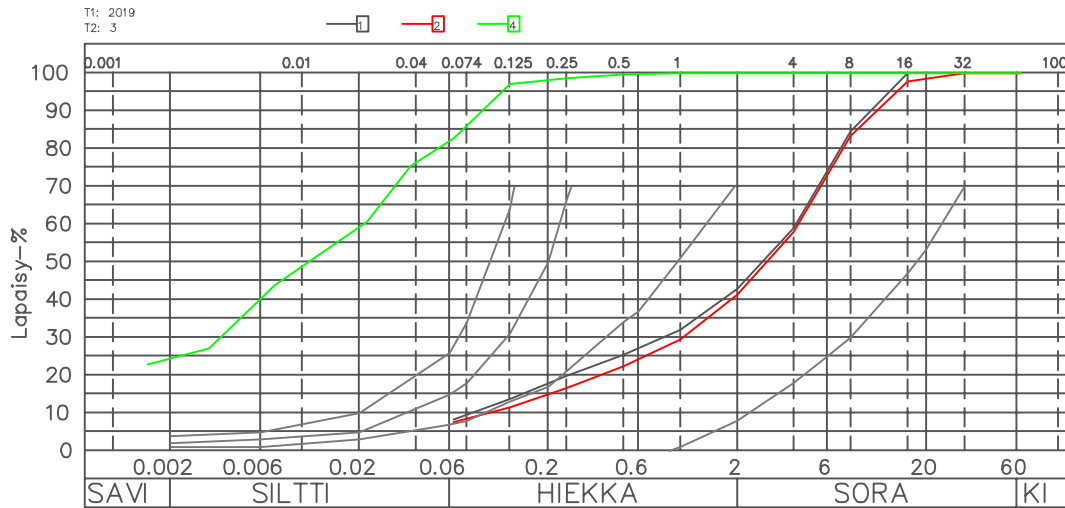
2019  
 3

Haapajärvi  
 Putkinäytteenotin



X=7072361.381  
 Y=25516783.023

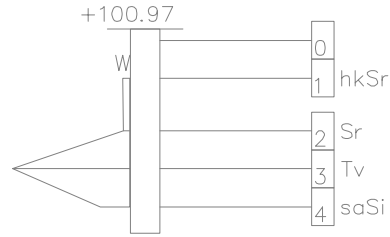
% 100 50 0



1:100  
 No

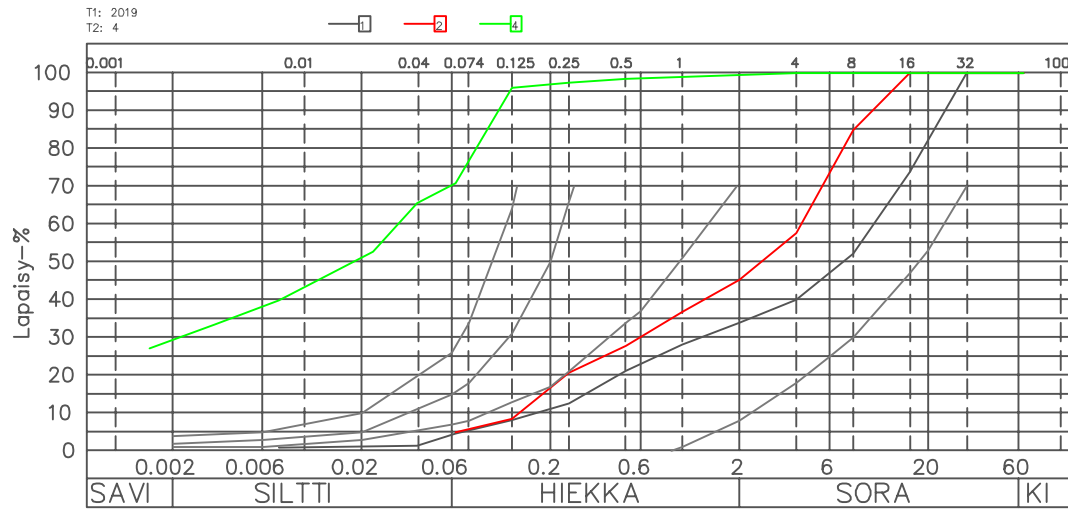
2019  
 4

Haapajärvi  
 Putkinäytteenotin



X=7072362.500  
 Y=25516784.370

% 100 50 0

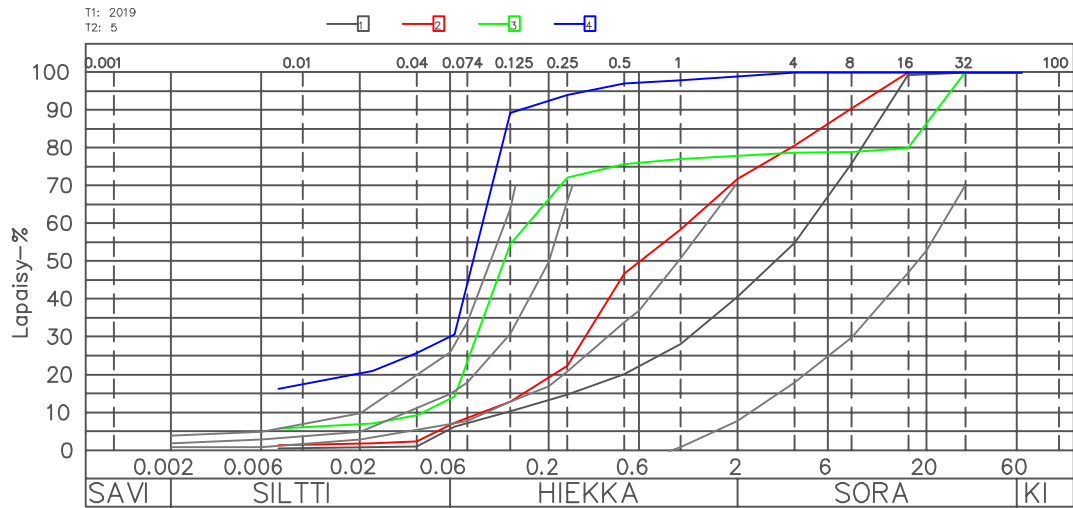
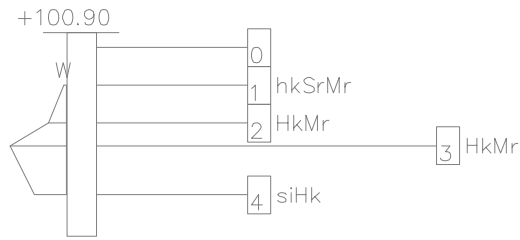


1:100  
 No

2019  
5

Haapajärvi  
Putkinäytteenotin

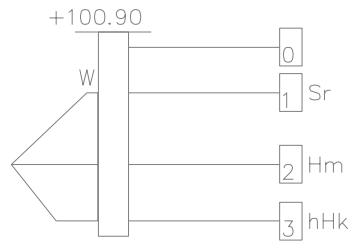
X=7072377.305  
Y=25516769.535



1:100  
No

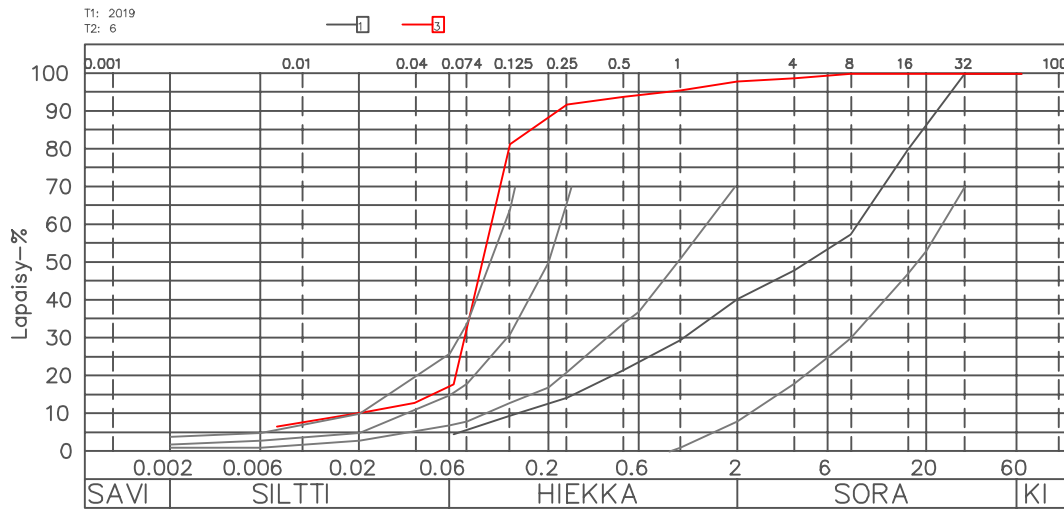
2019  
 6

Haapajärvi  
 Putkinäytteenotin



X=7072378.147  
 Y=25516770.433

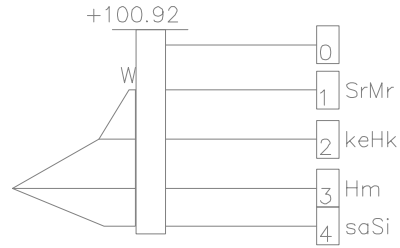
% 100 50 0



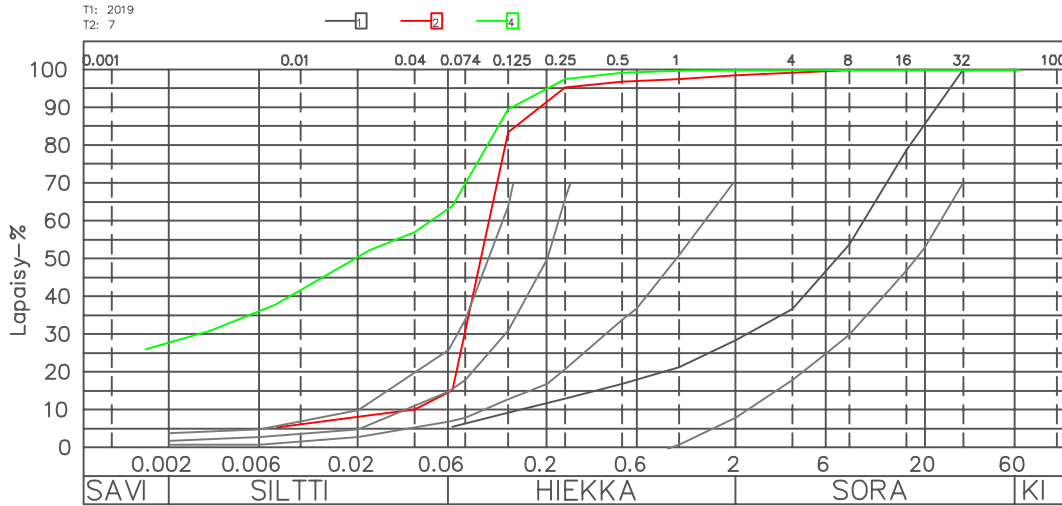
1:100  
 No

2019  
 7

Haapajärvi  
 Putkinäytteenotin



X=7072384.212  
 Y=25516759.787

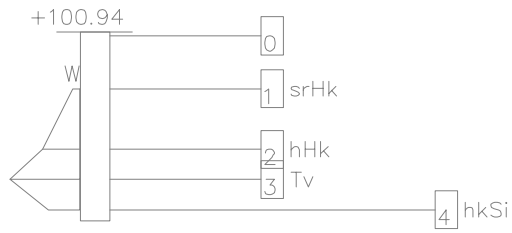


1:100  
 No

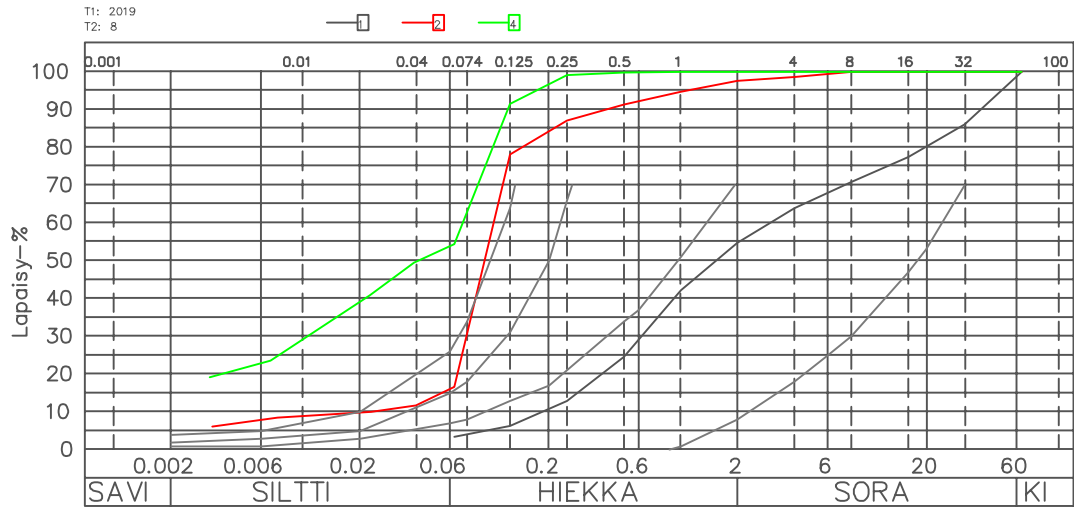
2019  
8

Haapajärvi  
Putkinäytteenotin

X=7072400.800  
Y=25516743.243



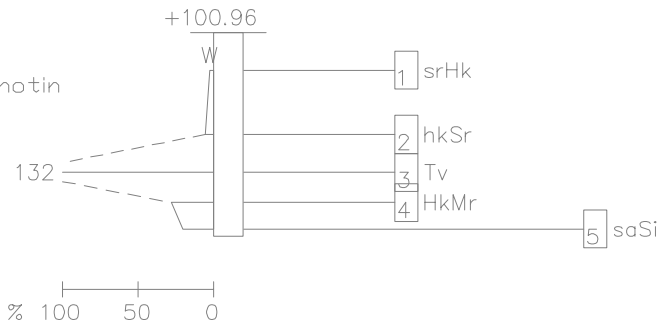
T1: 2019  
T2: 8



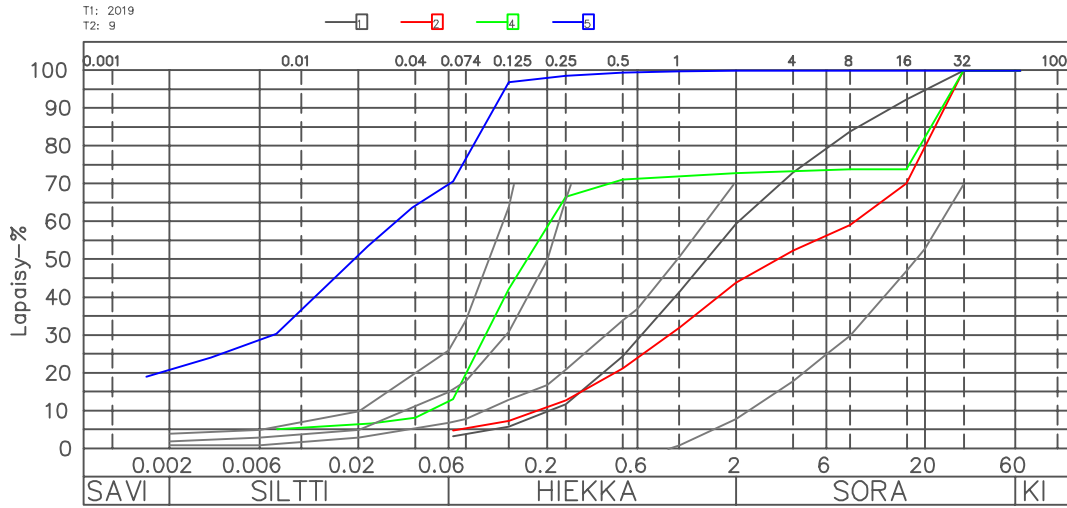
1:100  
No

2019  
9

Haapajärvi  
Putkinäytteenotin



X=7072401.898  
Y=25516744.131



1:100  
No



2019  
10

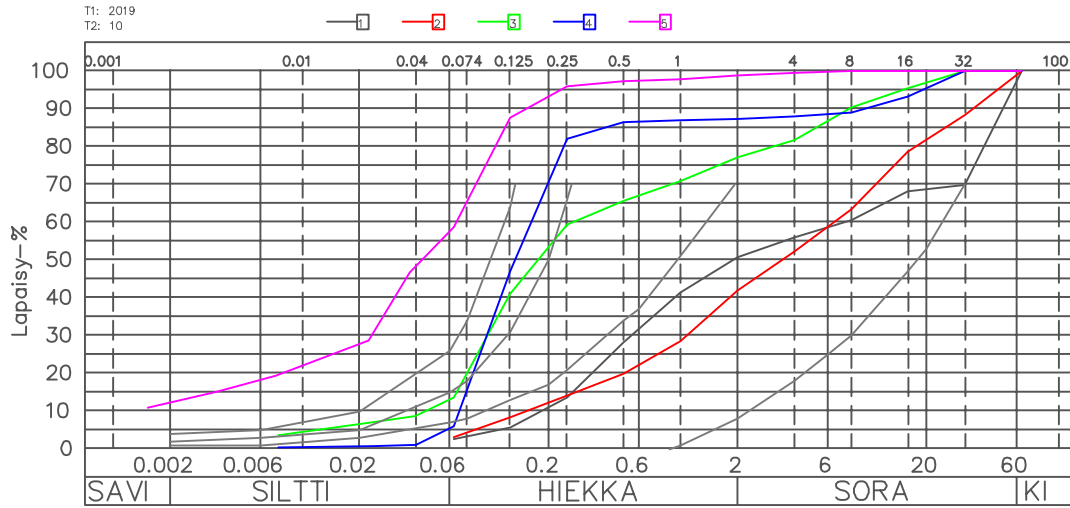
Haapajärvi  
Putkinäytteenotin

+100.85



X=7072420.359  
Y=25516723.383

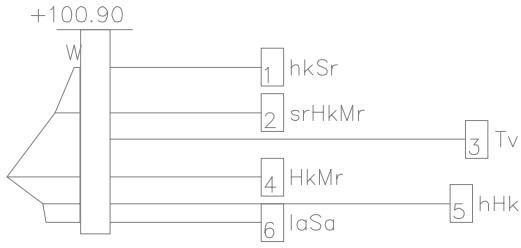
% 100 50 0



1:100  
No

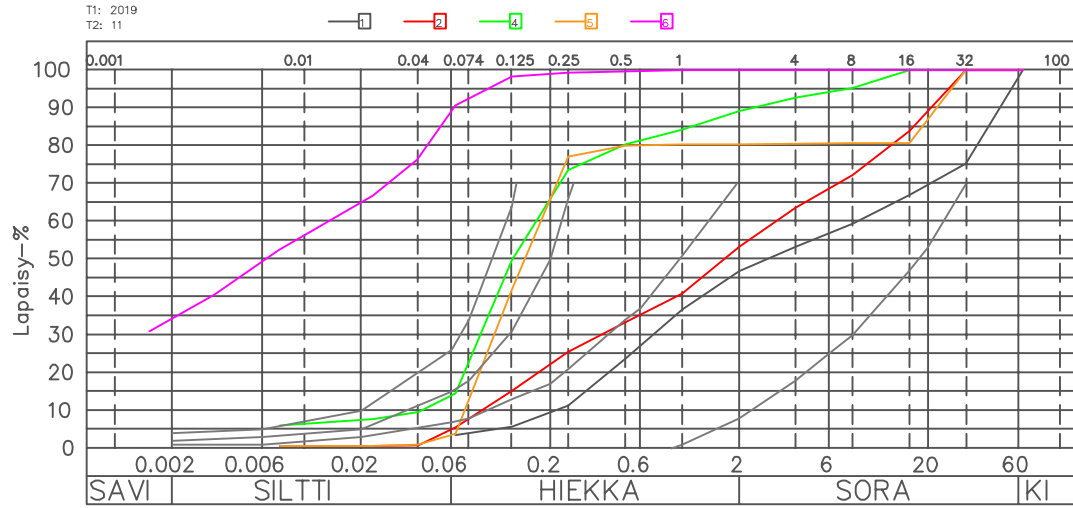
2019  
 11

Haapajärvi  
 Putkinäytteenotin



% 100 50 0

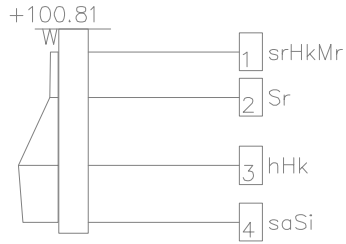
X=7072421.650  
 Y=25516724.413



1:100  
 No

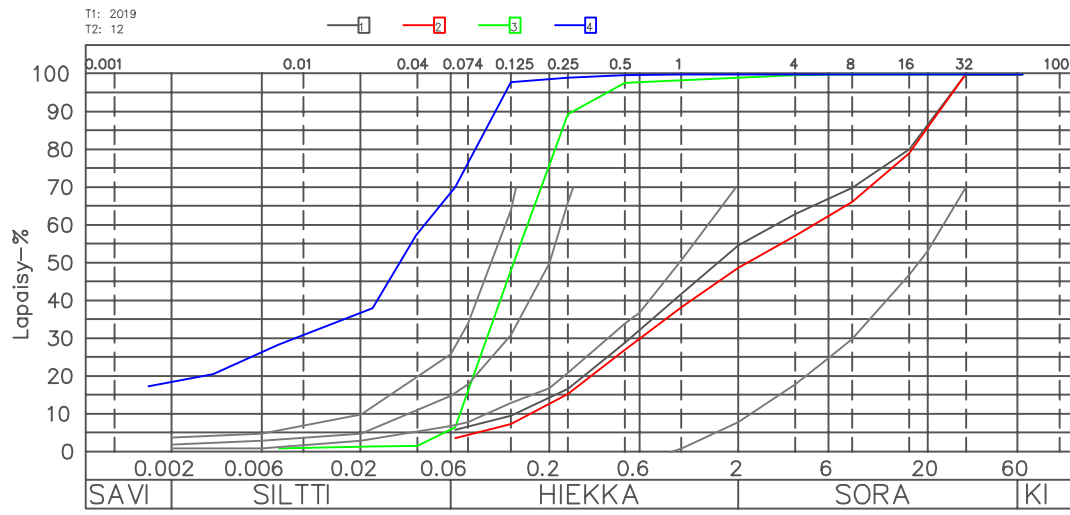
2019  
 12

Haapajärvi  
 Putkinäytteenotin

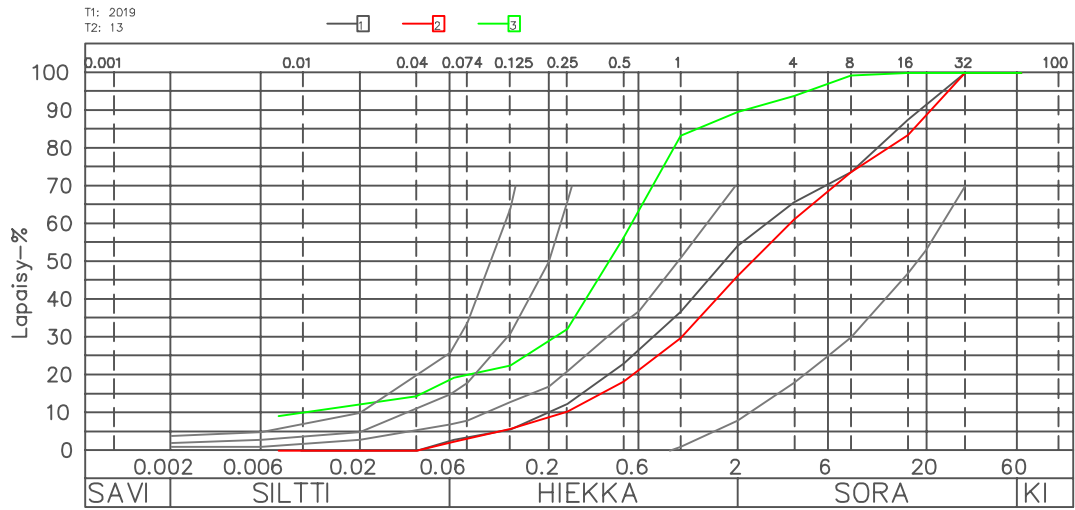
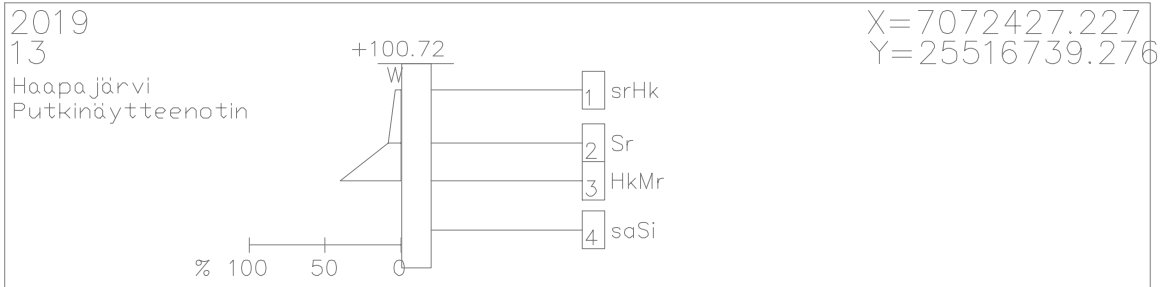


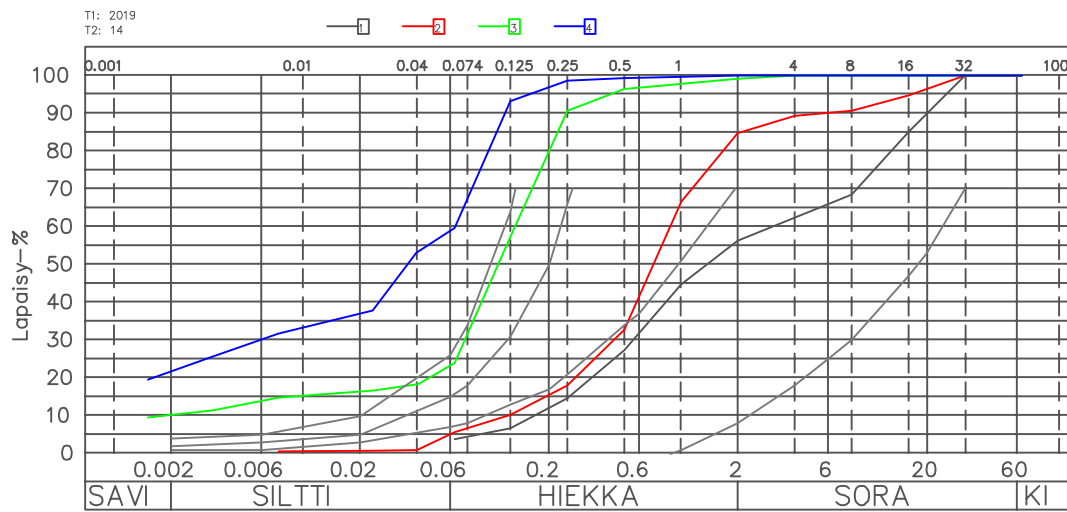
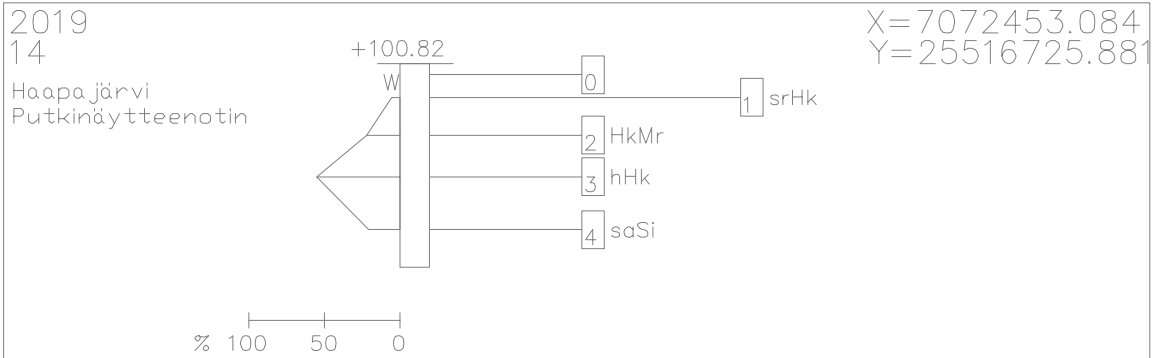
X=7072426.585  
 Y=25516737.884

% 100 50 0



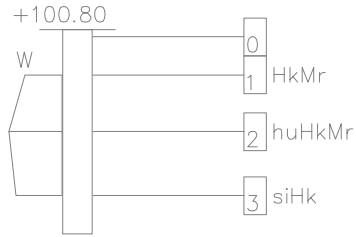
1:100  
 NO





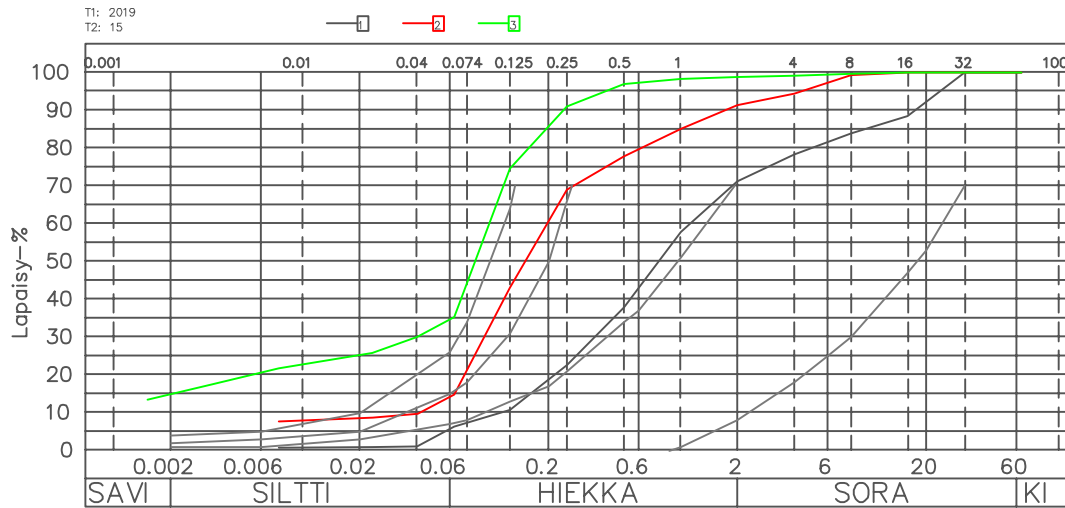
2019  
15

Haapajärvi  
Putkinäytteenotin



X=7072453.827  
Y=25516727.195

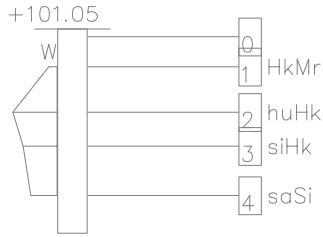
% 100 50 0



1:100  
No

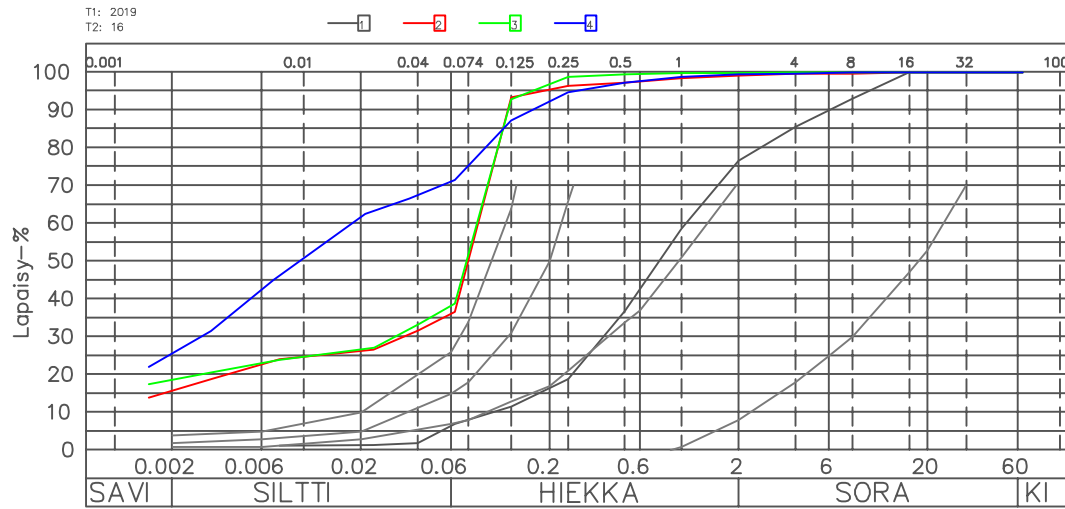
2019  
16

Haapajärvi  
Putkinäytteenotin



X=7072603.211  
Y=25516612.662

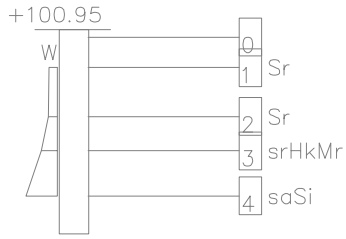
% 100 50 0



1:100  
No

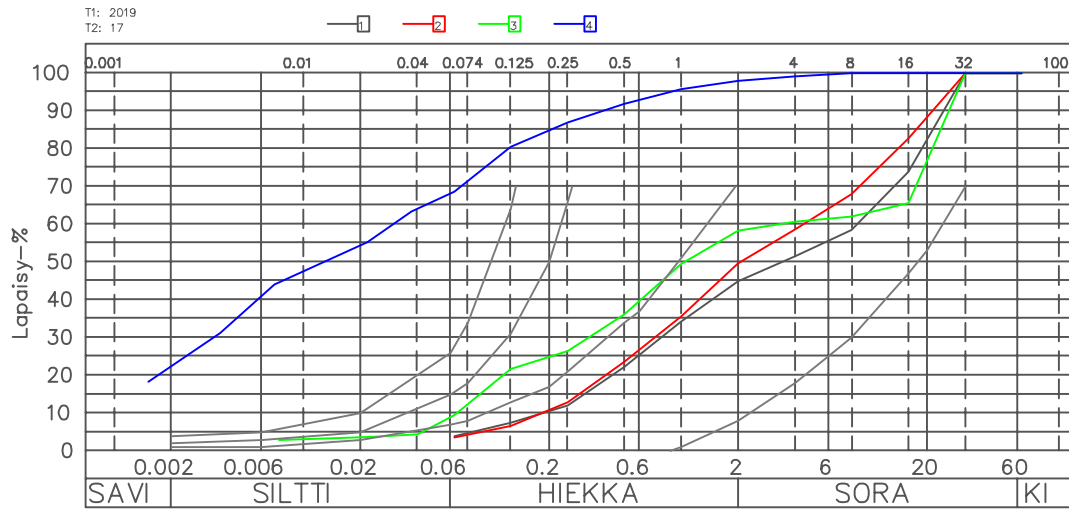
2019  
17

Haapajärvi  
Putkinäytteenotin



X=7072604.681  
Y=25516613.025

% 100 50 0

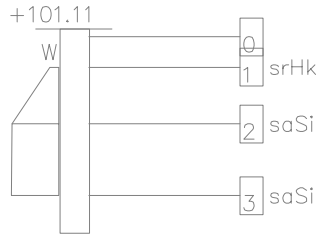


1:100  
No



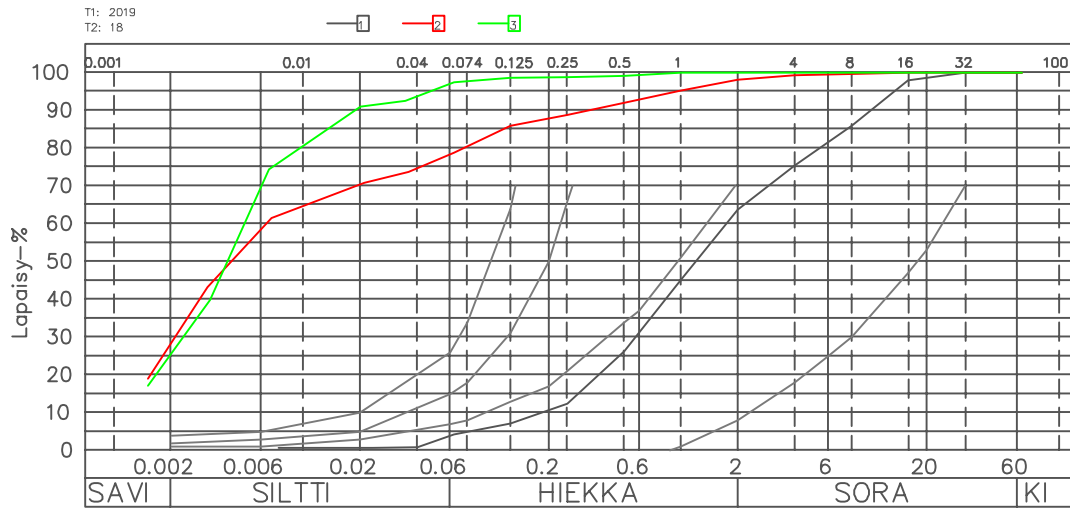
2019  
18

Haapajärvi  
Putkinäytteenotin



X=7072617.661  
Y=25516587.230

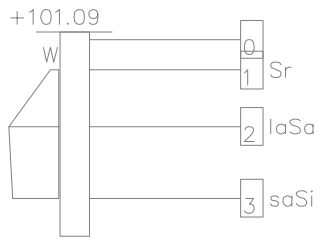
% 100 50 0



1:100  
No

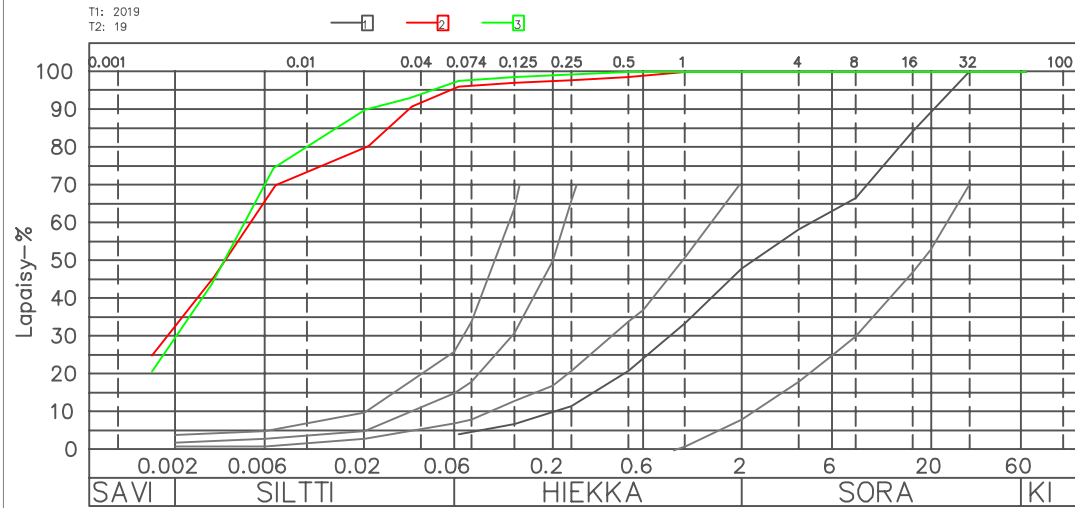
2019  
19

Haapajärvi  
Putkinäytteenotin



X=7072618.830  
Y=25516588.265

% 100 50 0



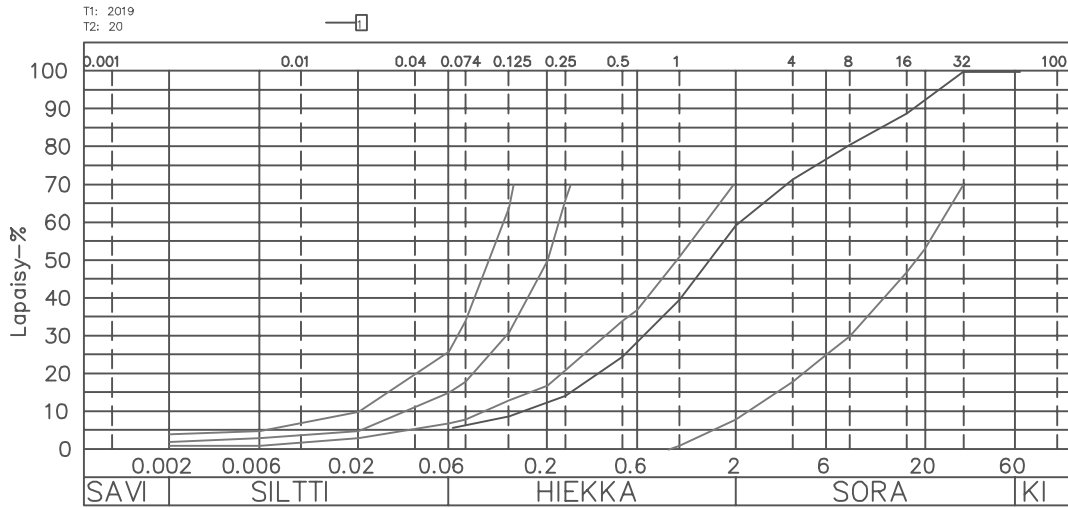
1:100  
No

2019  
20

Haapajärvi  
Putkinäytteenotin



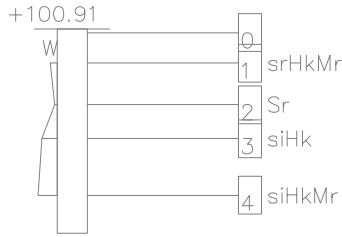
X=7072847.603  
Y=25516116.158



1:100  
No

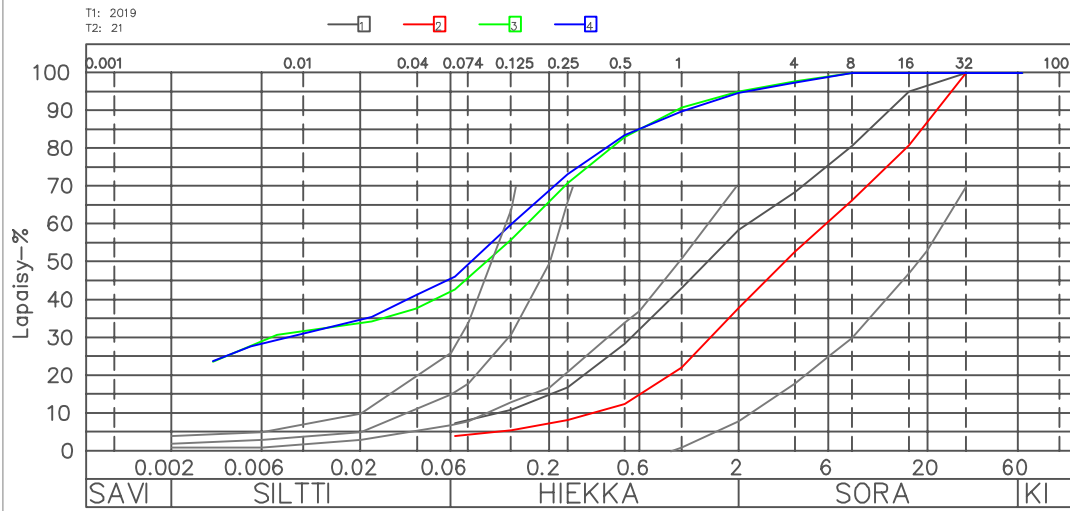
2019  
 21

Haapajärvi  
 Putkinäytteenotin



X=7072848.988  
 Y=25516116.526

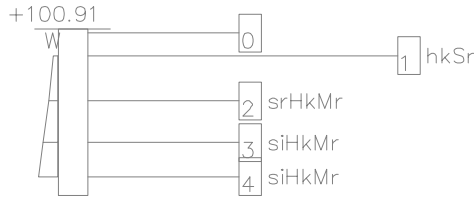
% 100 50 0



1:100  
 No

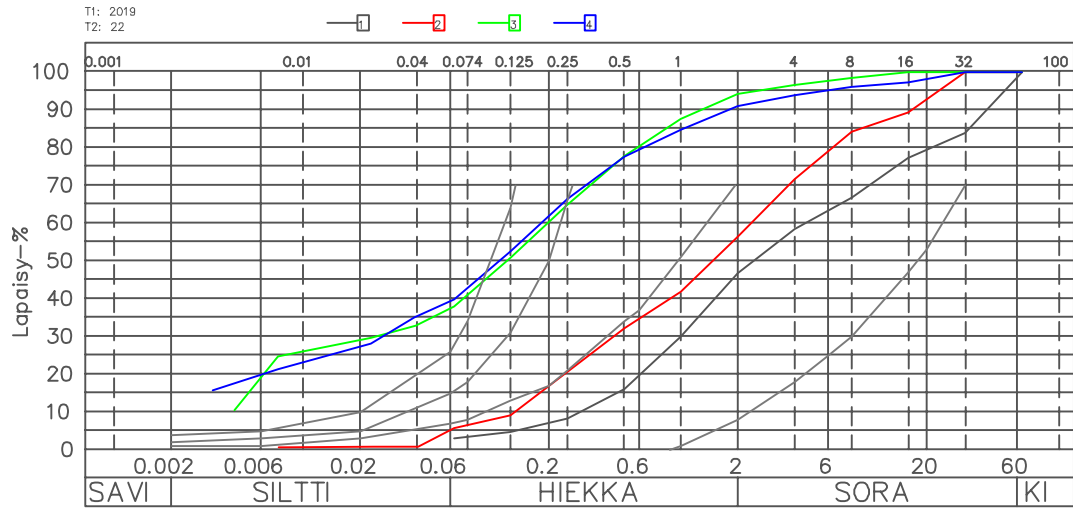
2019  
 22

Haapajärvi  
 Putkinäytteenotin



X=7072865.709  
 Y=25516094.058

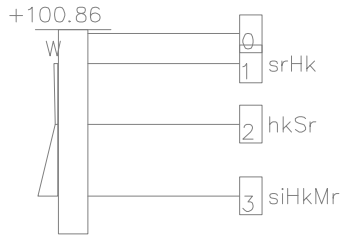
% 100 50 0



1:100  
 No

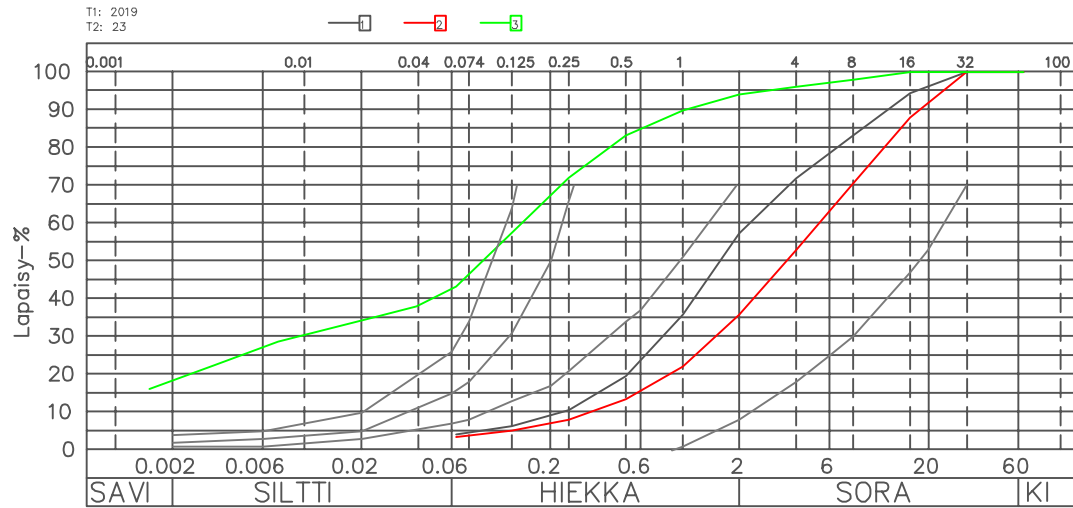
2019  
23

Haapajärvi  
Putkinäytteenotin



X=7072867.134  
Y=25516094.539

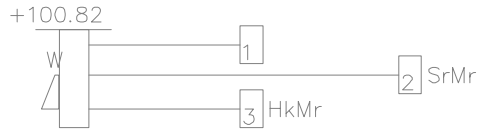
% 100 50 0



1:100  
No

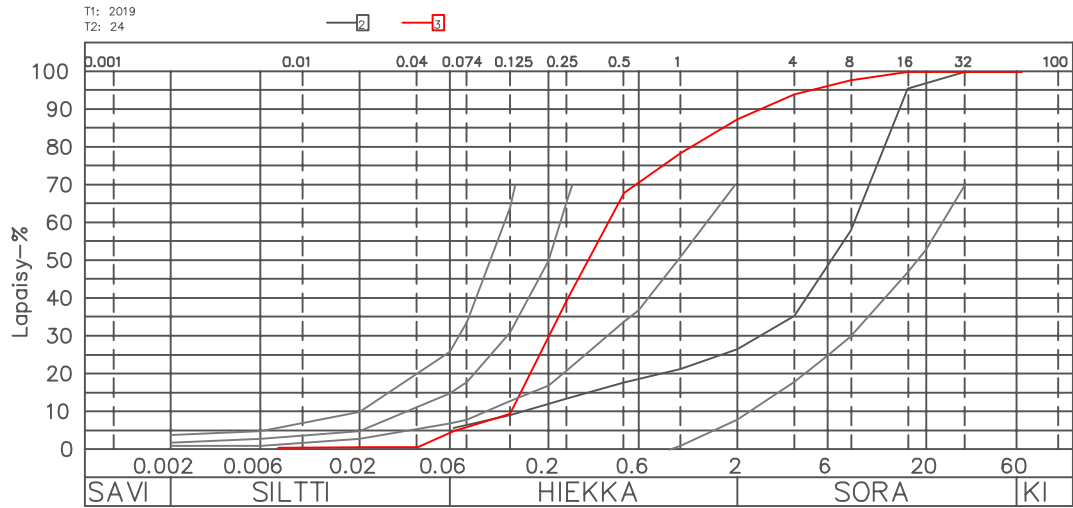
2019  
 24

Haapajärvi  
 Putkinäytteenotin



X=7072896.017  
 Y=25516058.442

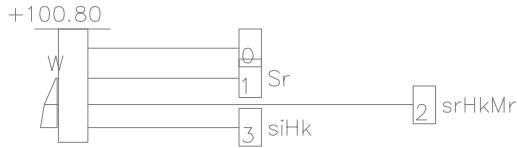
% 100 50 0



1:100  
 No

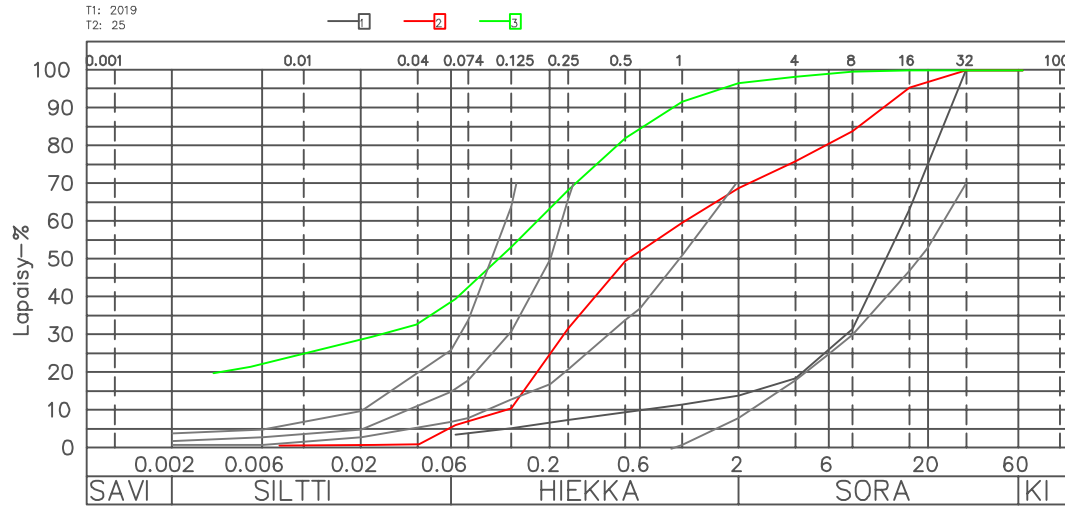
2019  
 25

Haapa järvi  
 Putkinäytteenotin



X=7072896.810  
 Y=25516059.257

% 100 50 0

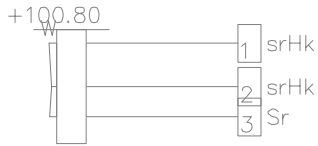


1:100  
 No

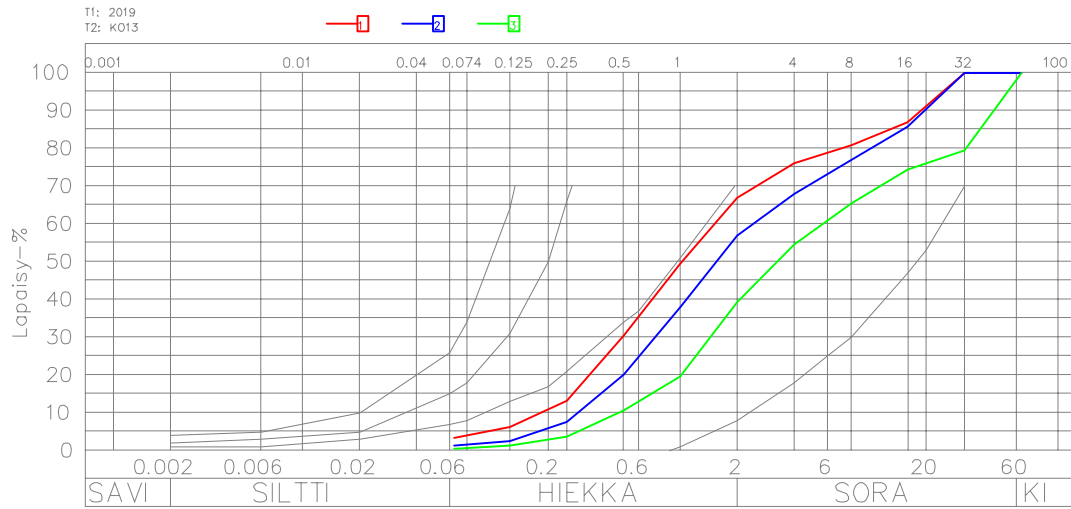


2019  
 KO13  
 Haapajärvi  
 Koekuoppa

X=7072426.400  
 Y=25516740.250



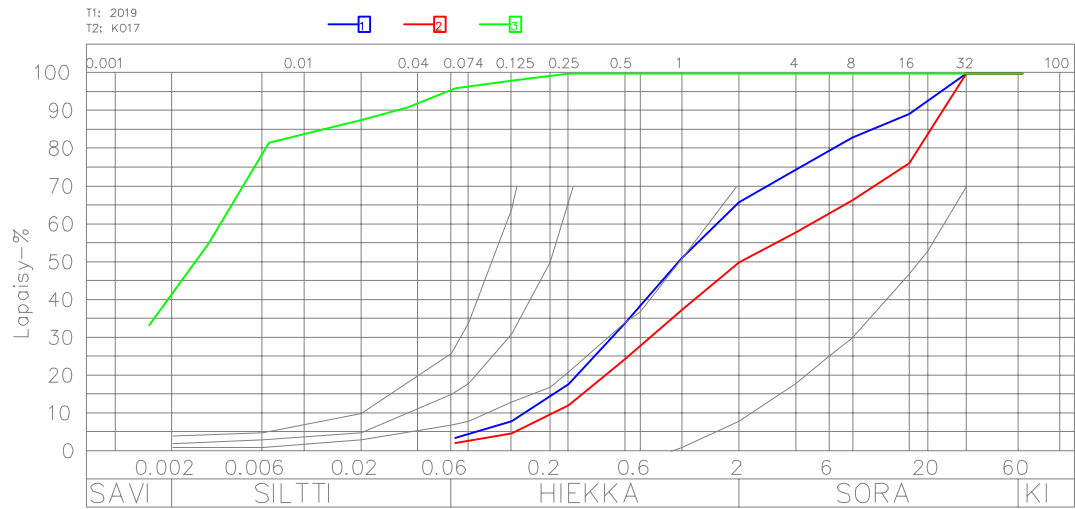
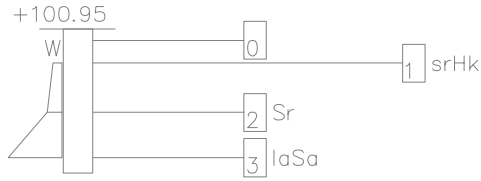
% 100 50 0



1:100  
 No

2019  
K017  
Haapajärvi  
Koekuoppa

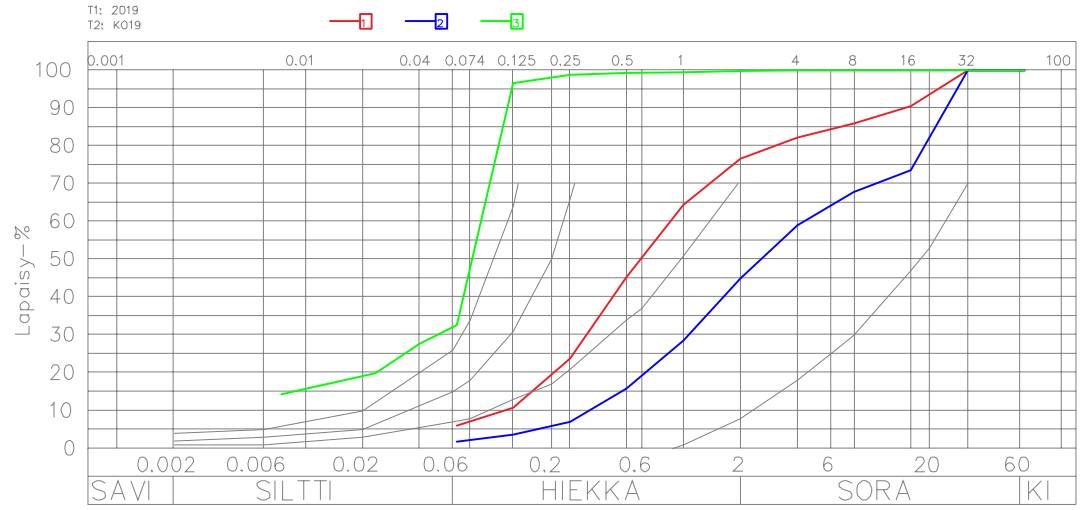
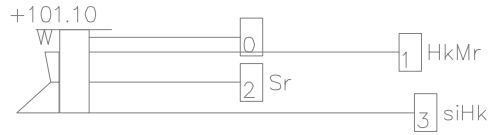
X=7072604.900  
Y=25516613.500



1:100  
No

2019  
K019  
Haapajärvi  
Koekuoppa

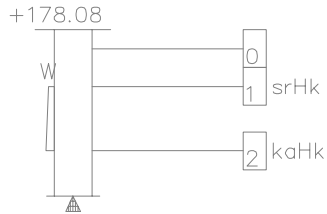
X=7072618.900  
Y=25516588.500



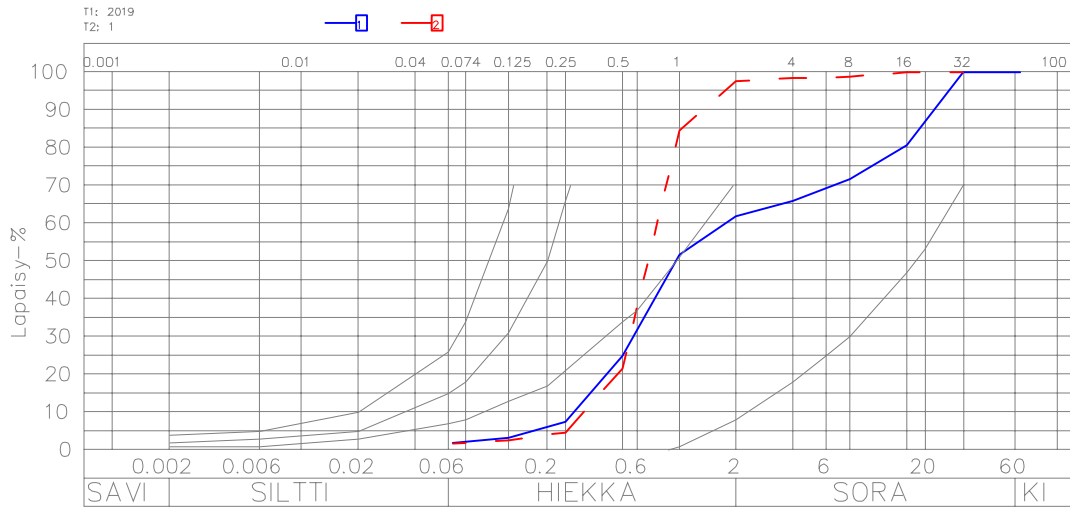
1:100  
No

2019

1  
 Kontiomäki  
 Kierrekaina



X=7137260.141  
 Y=27554563.286

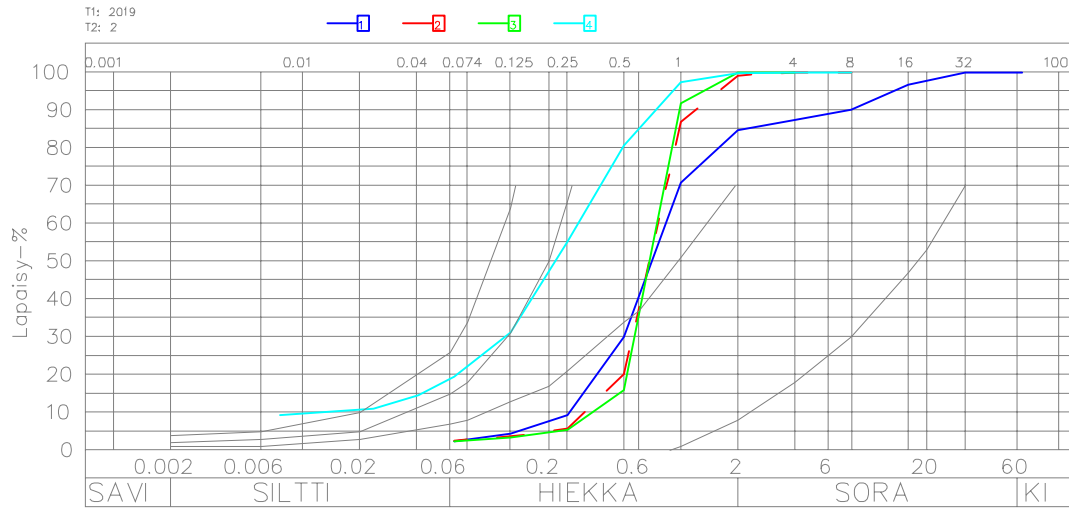
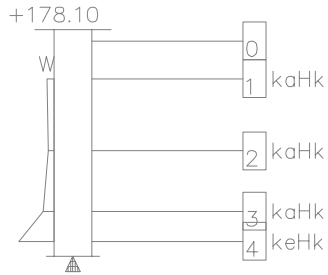


1:100  
 No

2019  
 2

Kontiomäki  
 Kierrekaira

X=7137281.058  
 Y=27554541.591

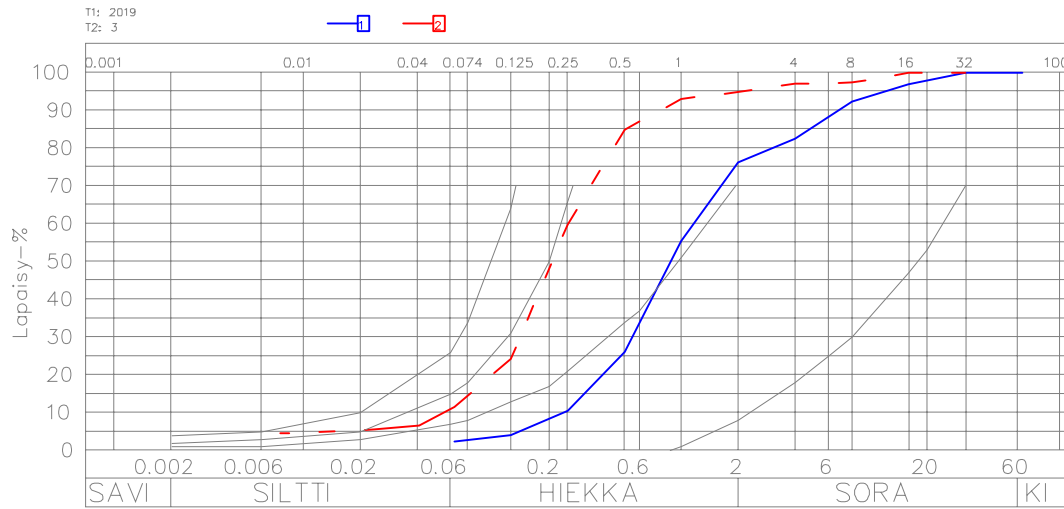
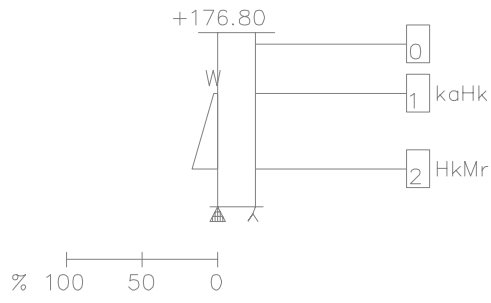


1:100  
 No

2019

3  
Kontiomäki  
Kierrekaira

X=7137366.920  
Y=27554465.248



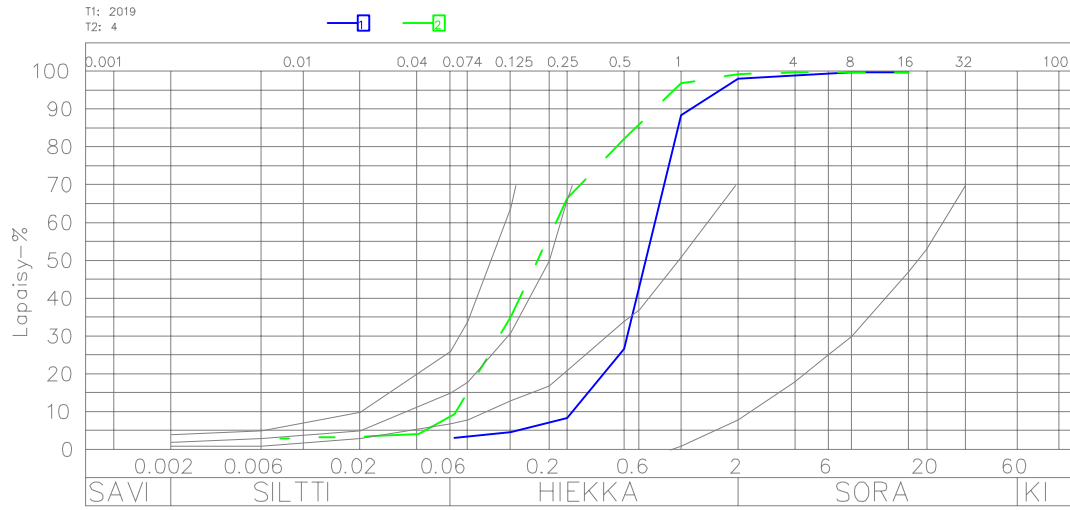
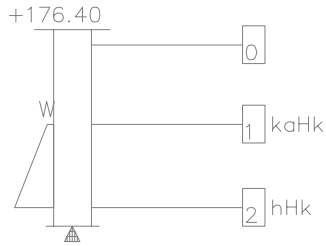
1:100  
No

2019

4

Kontiomäki  
Kierrekaira

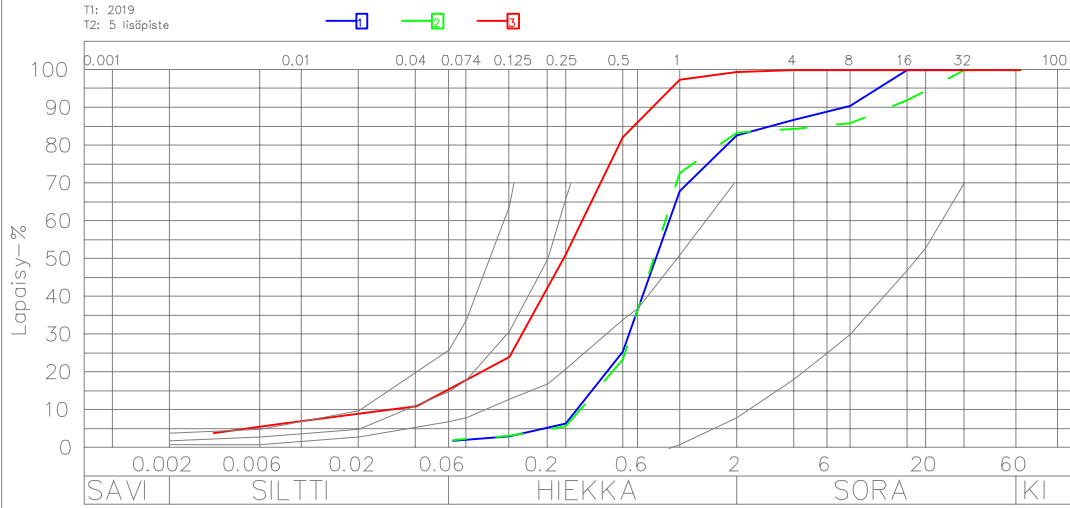
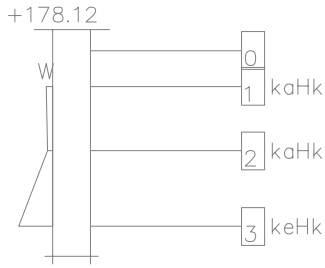
X=7137387.316  
Y=27554444.024



1:100  
No

2019  
5 lisäpiste  
Kontiomäki  
Kierrekaina

X=7137259.042  
Y=27554562.448

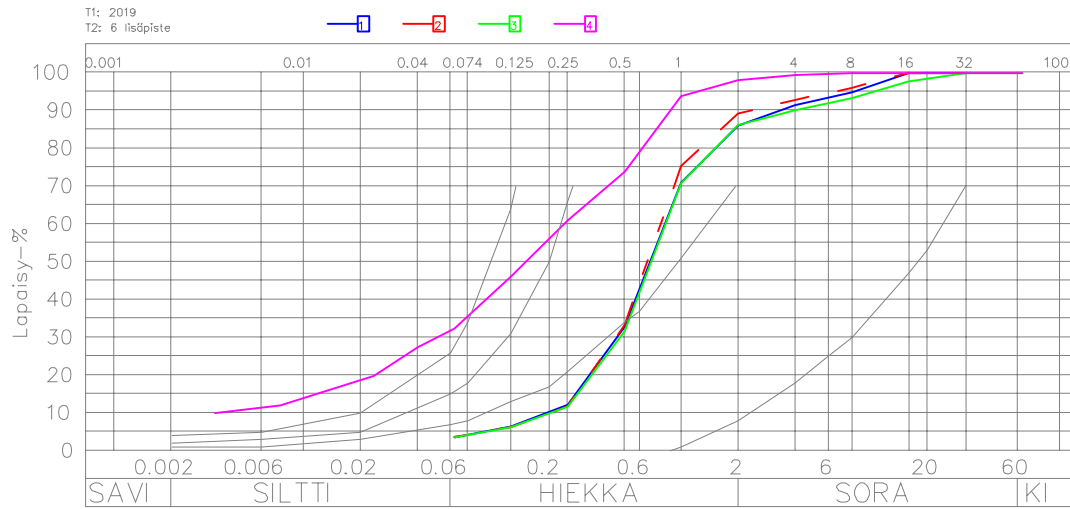
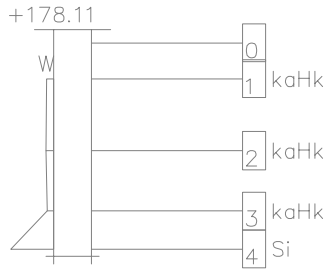


1:100  
No



2019  
6 lisäpiste  
Kontiomäki  
Kierrekaira

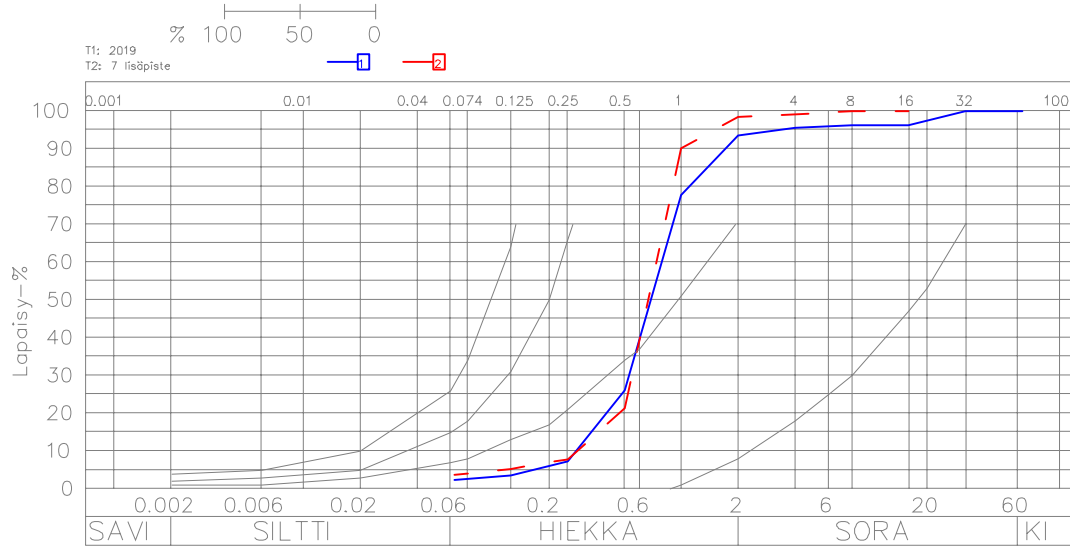
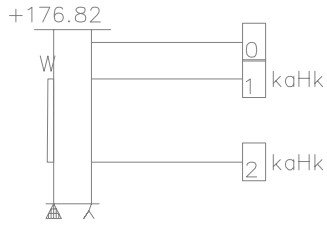
X=7137279.958  
Y=27554540.235



1:100  
No

2019  
7 lisäpiste  
Kontiomäki  
Kierrekaina

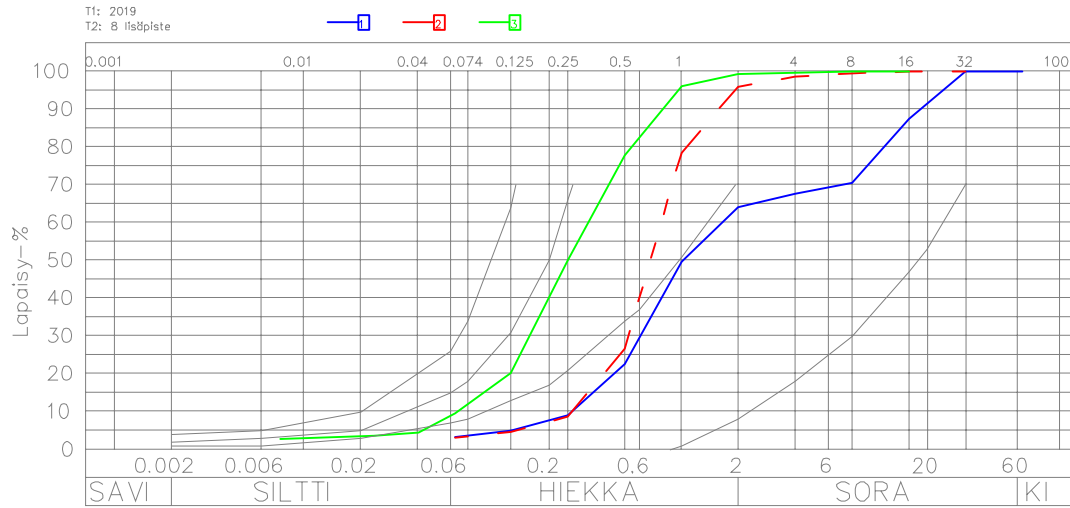
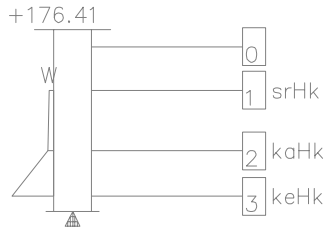
X=7137365.362  
Y=27554464.802



1:100  
No

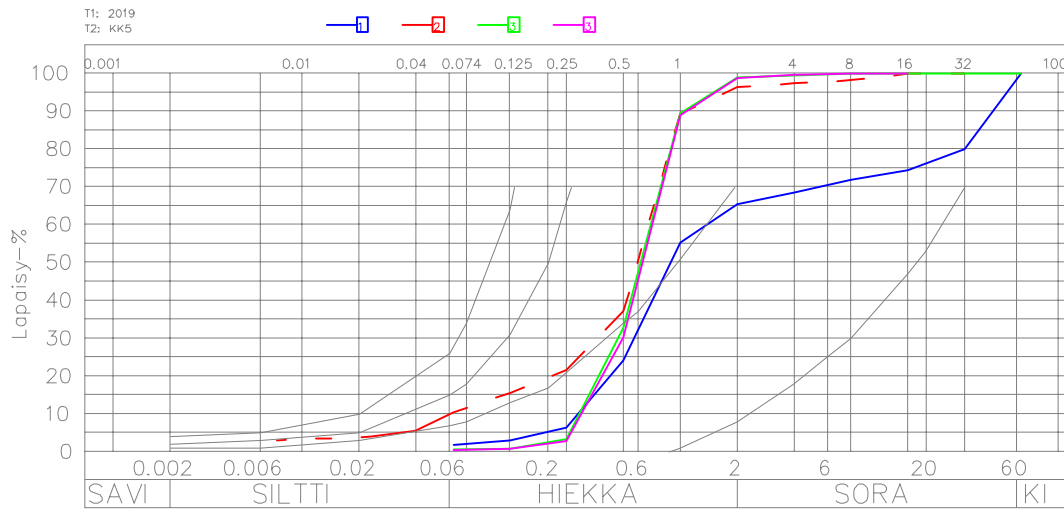
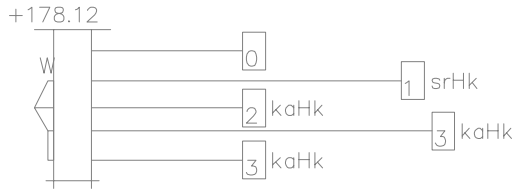
2019  
8 lisäpiste  
Kontiomäki  
Kierrekaira

X=7137386.461  
Y=27554442.887



2019  
KK5  
Kontiomäki  
Kaekuoppa

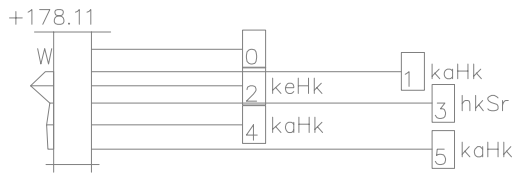
X=7137259.500  
Y=27554562.600



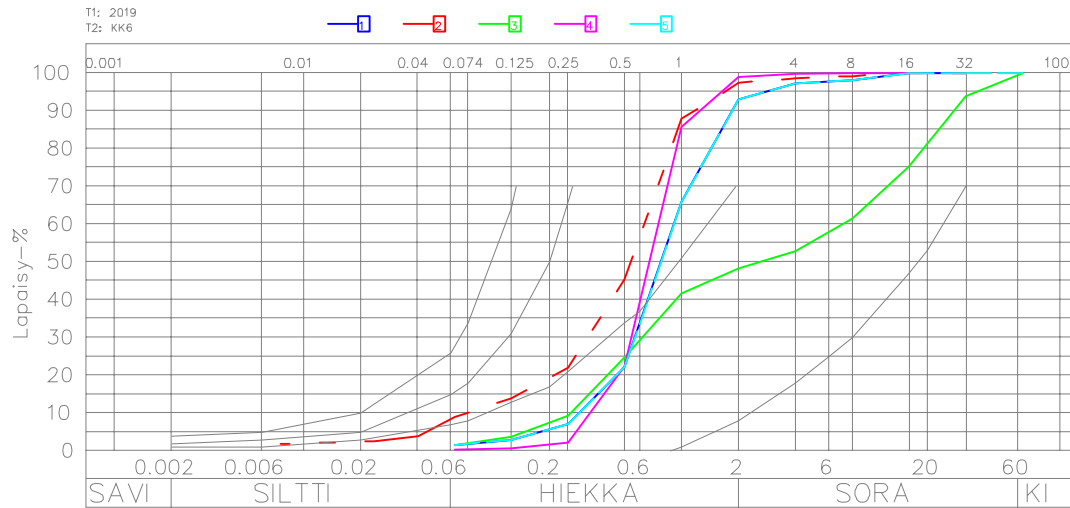
1:100  
No

2019  
KK6  
Kontiomäki  
Koekuoppa

X=7137279.800  
Y=27554540.300



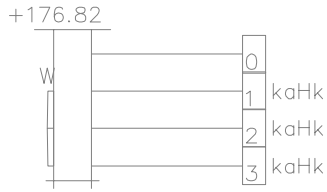
% 100 50 0



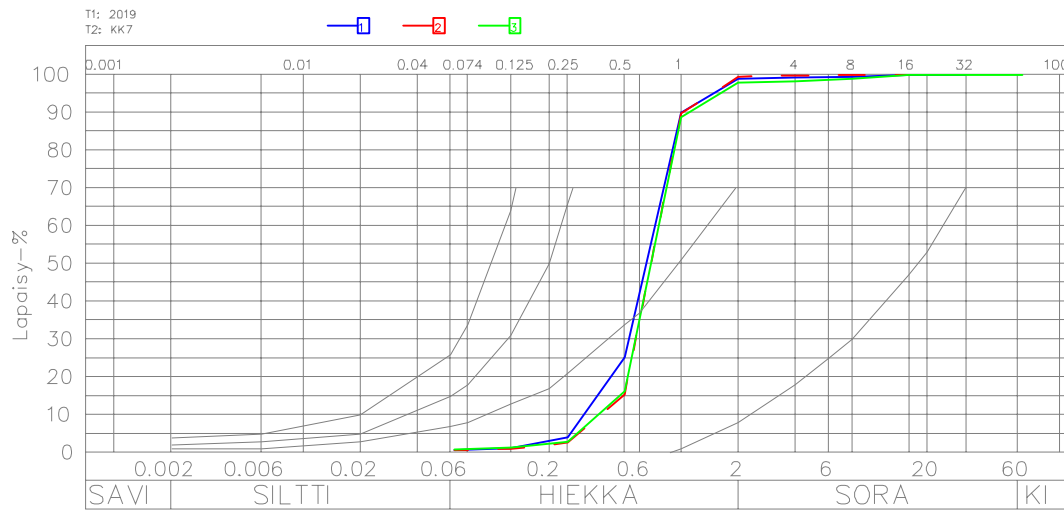
1:100  
No

2019  
 KK7

Kontiomäki  
 Koekuoppa



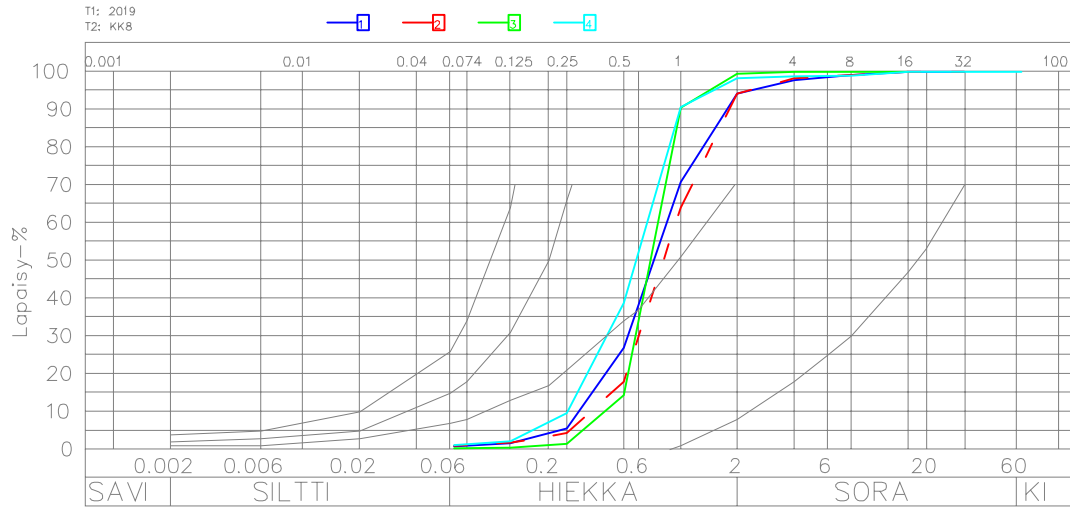
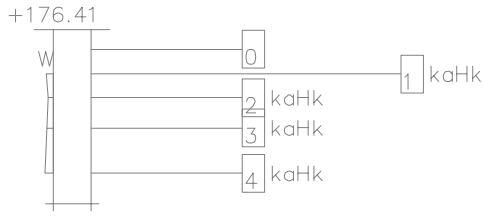
X=7137365.500  
 Y=27554464.900



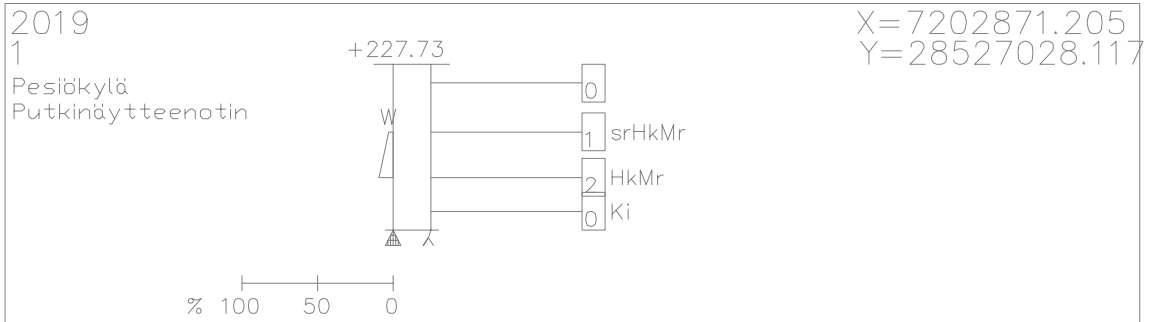
1:100  
 No

2019  
KK8  
Kontiomäki  
Koekuoppa

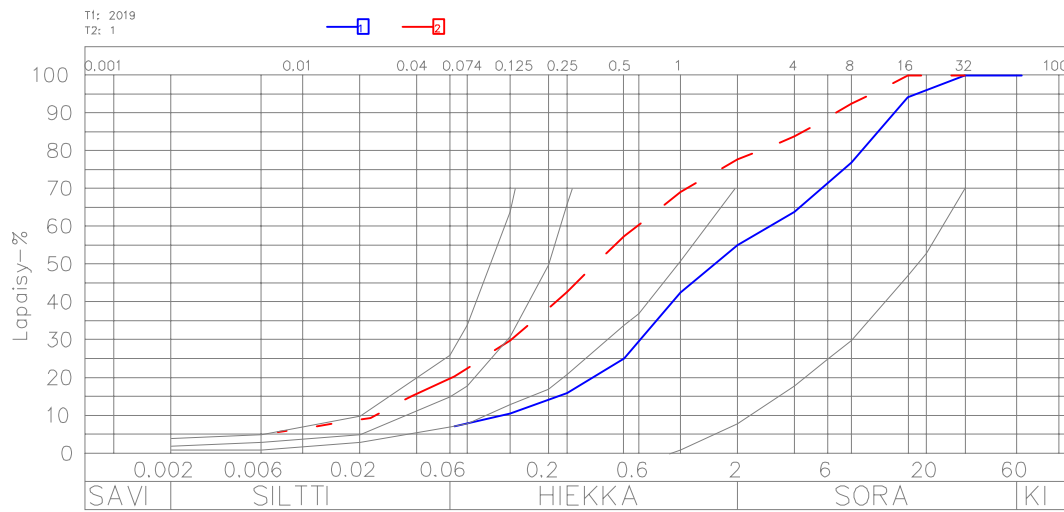
X=7137386.500  
Y=27554442.500



1:100  
No



X=7202871.205  
Y=28527028.117

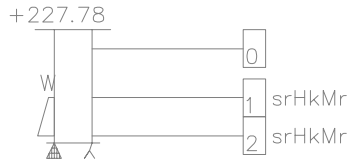


1:100  
No



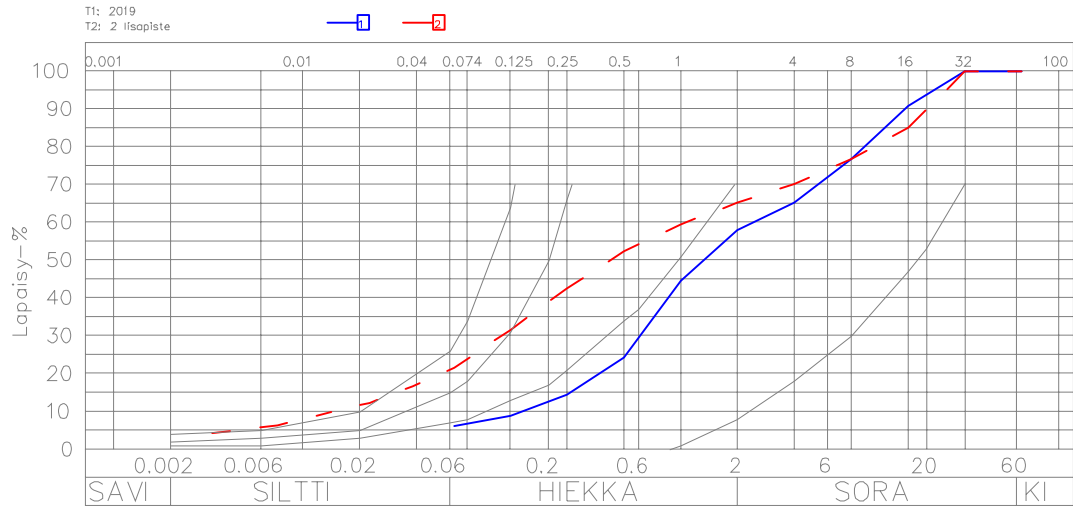
2019  
2 lisäpiste

Pesiökylä  
Putkinäytteenotin



X=7202871.101  
Y=28527026.852

% 100 50 0

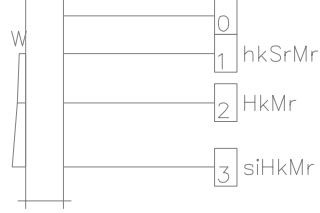


1:100  
No

2019  
3

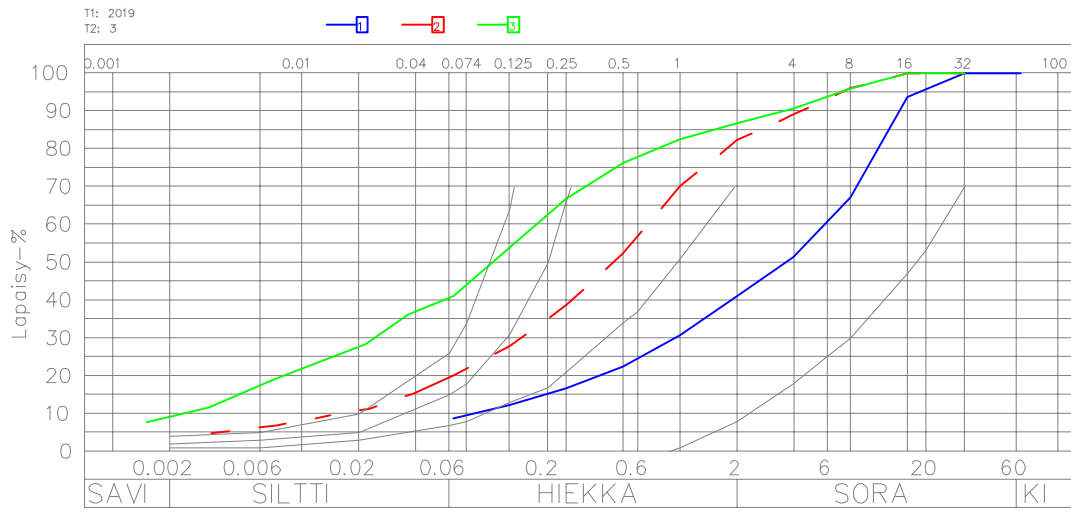
Pesiökylä  
Putkinäytteenotin

+227.72



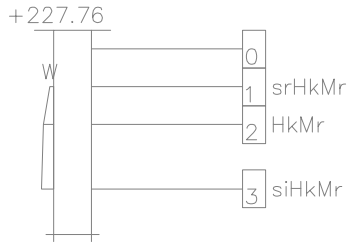
% 100 50 0

X=7202900.092  
Y=28527023.024



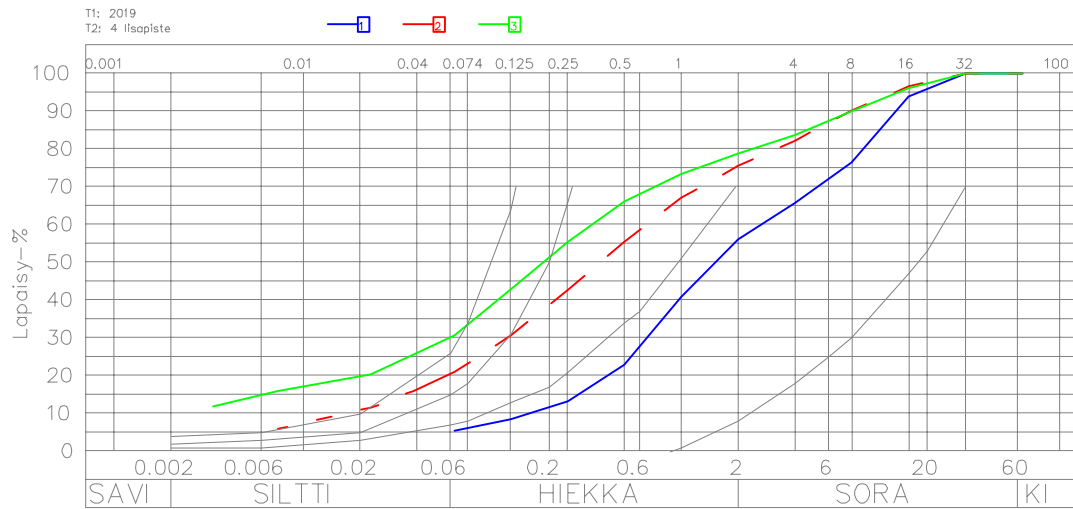
1:100  
No

2019  
4 lisapiste  
Pesäköylä  
Putkinäytteenotin

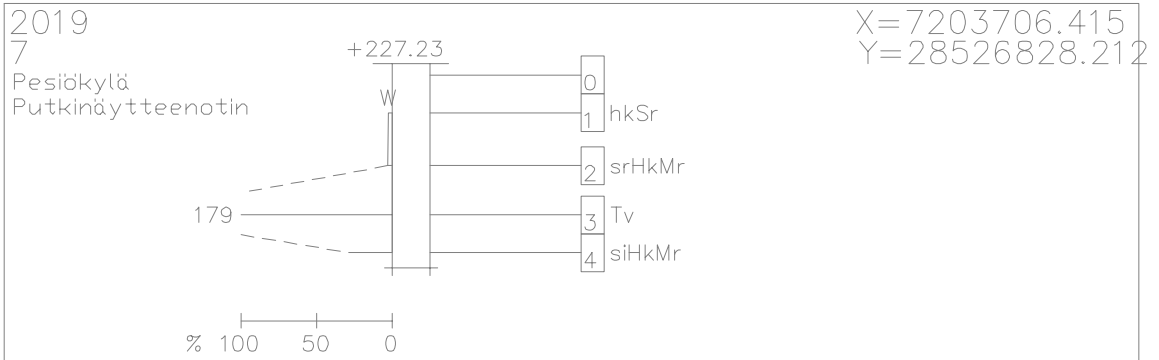


X=7202900.217  
Y=28527024.630

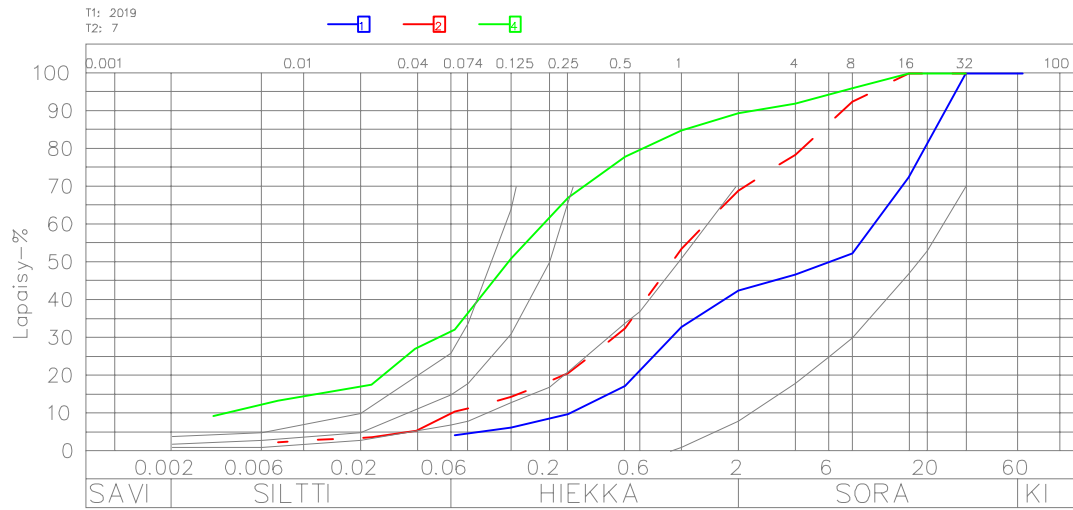
% 100 50 0



1:100  
No



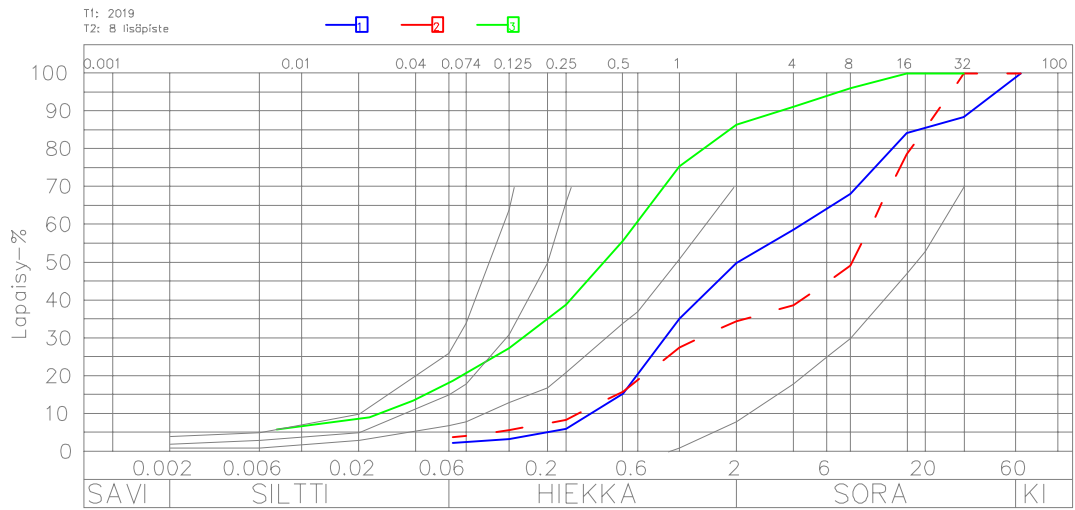
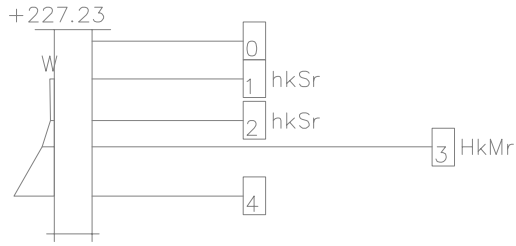
X=7203706.415  
Y=28526828.212



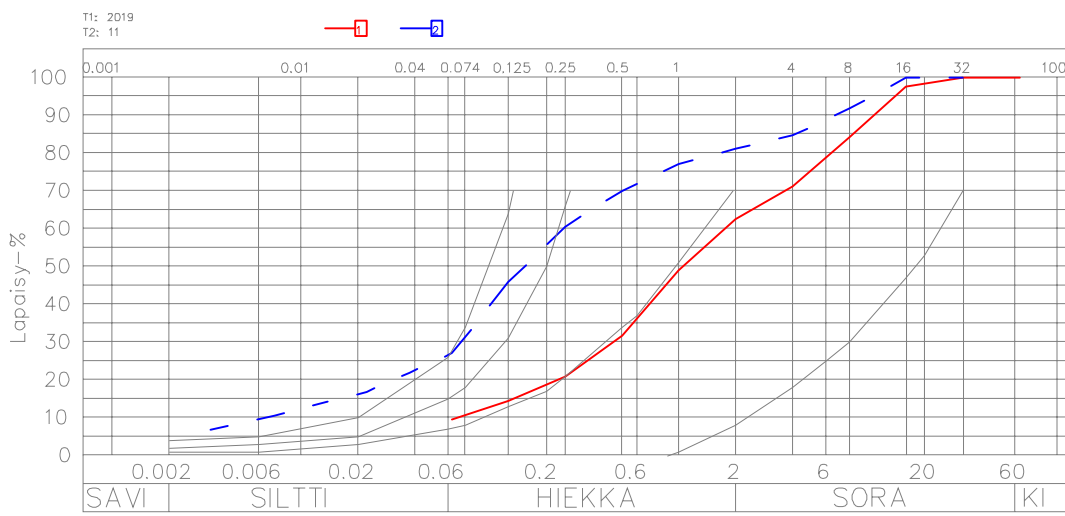
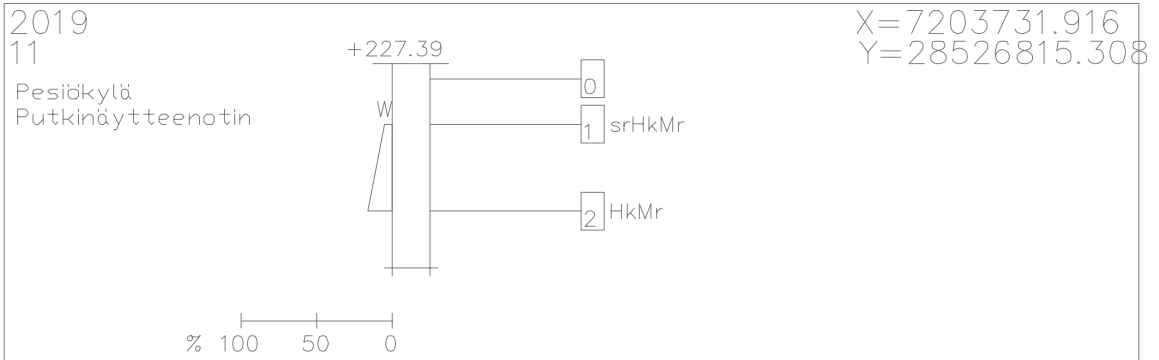
1:100  
No

2019  
 8 lisäpiste  
 Pesikylä  
 Putkinäytteenotin

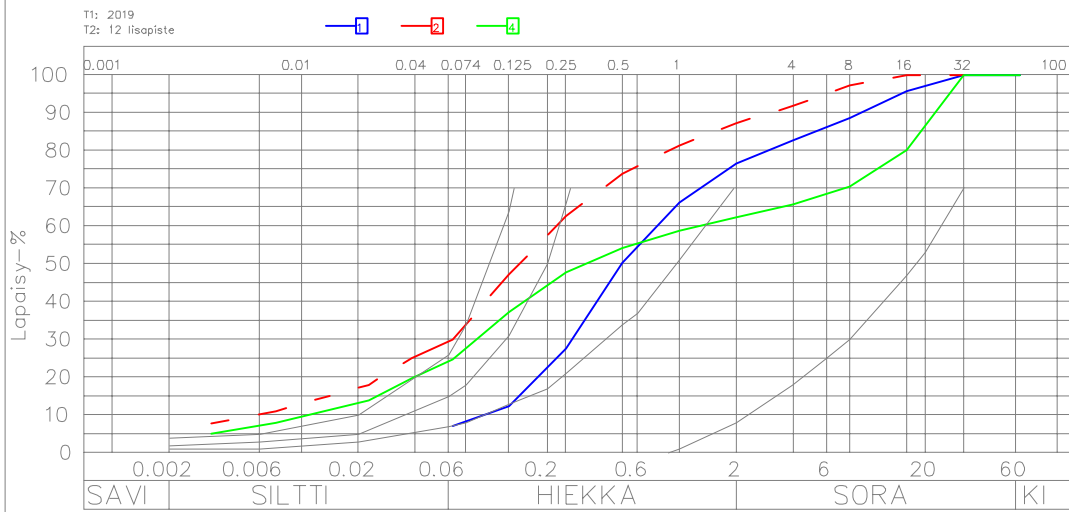
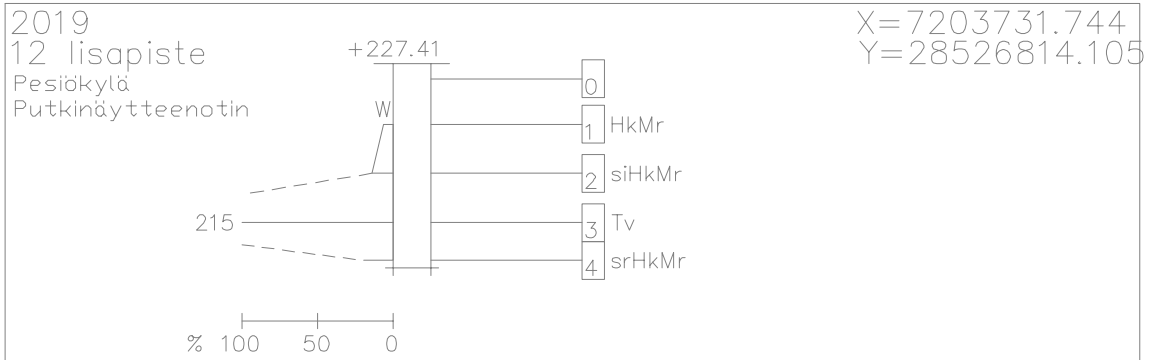
X=7203706.567  
 Y=28526829.747



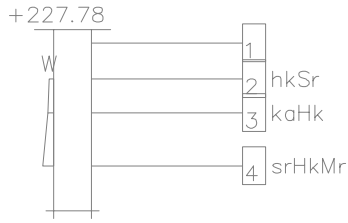
1:100  
 No



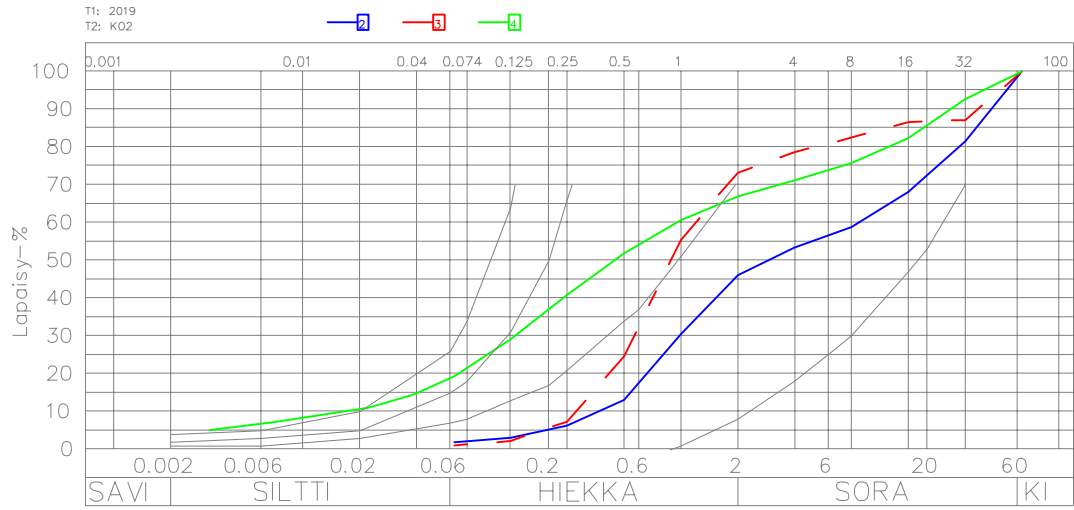
1:100  
No



2019  
K02  
Pesäkytlä  
Koekuoppa

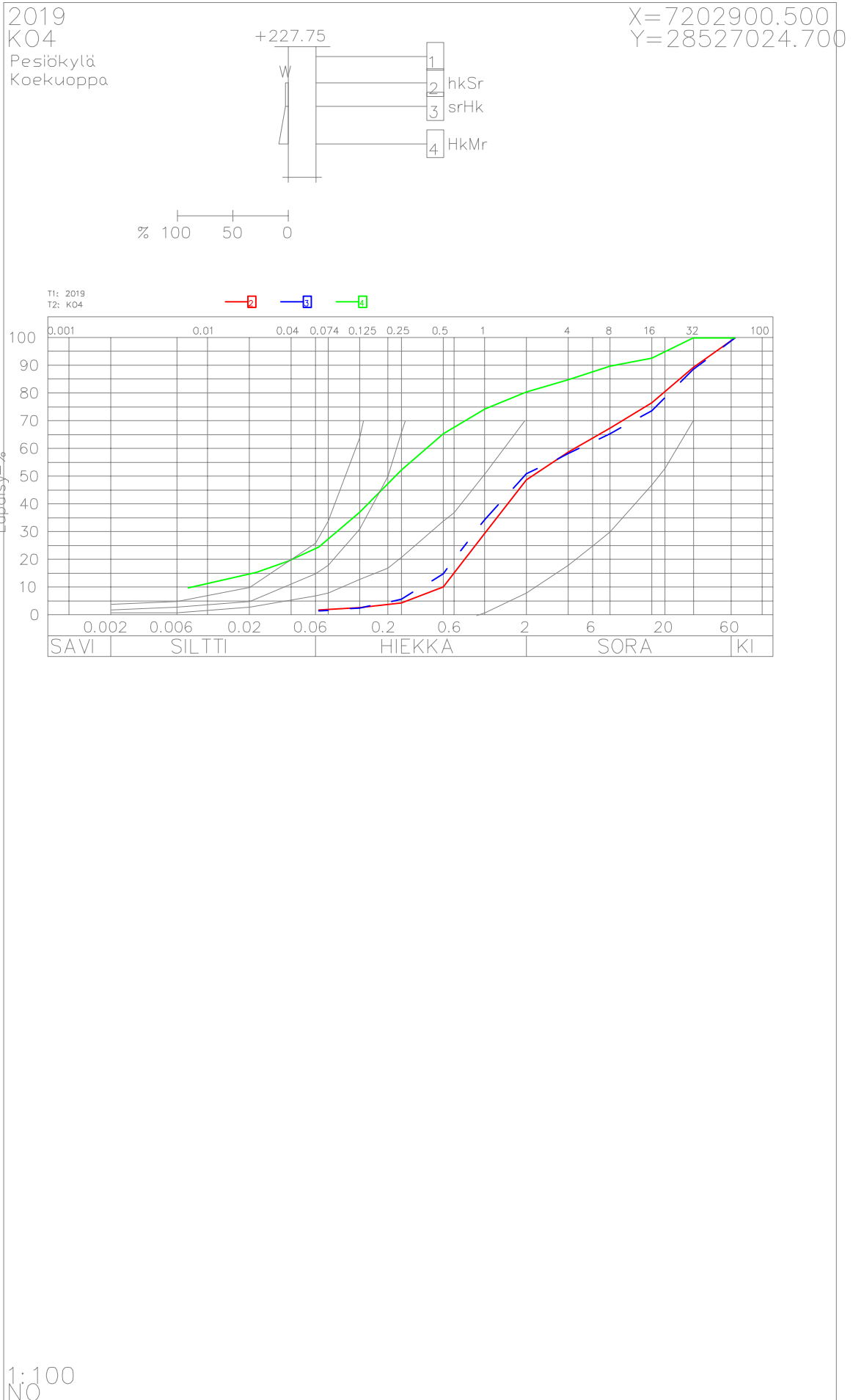


X=7202871.500  
Y=28527026.852



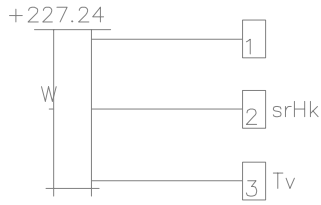
1:100  
No



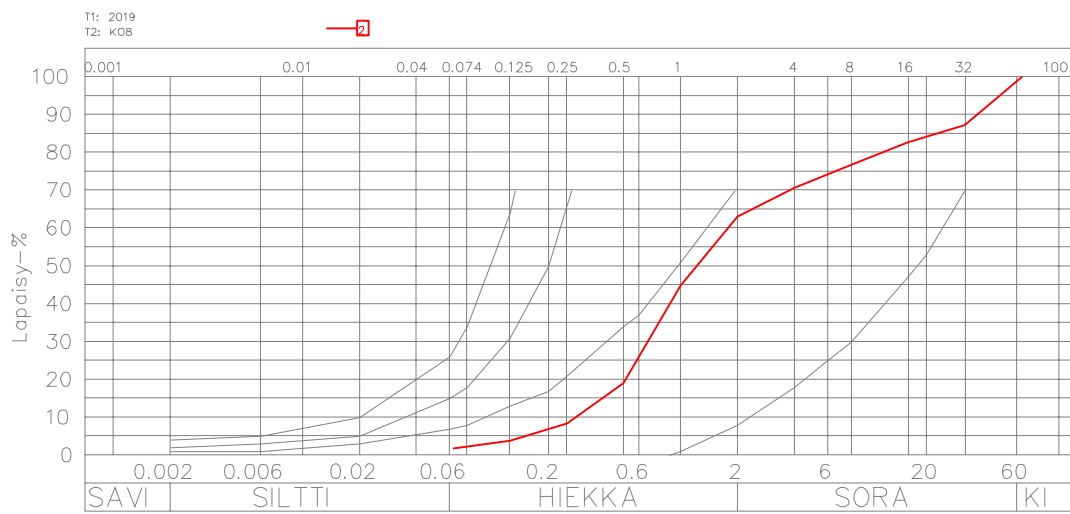


2019  
K08  
Pesäköylä  
Koekuoppa

X=7203706.700  
Y=28526829.800



% 100 50 0

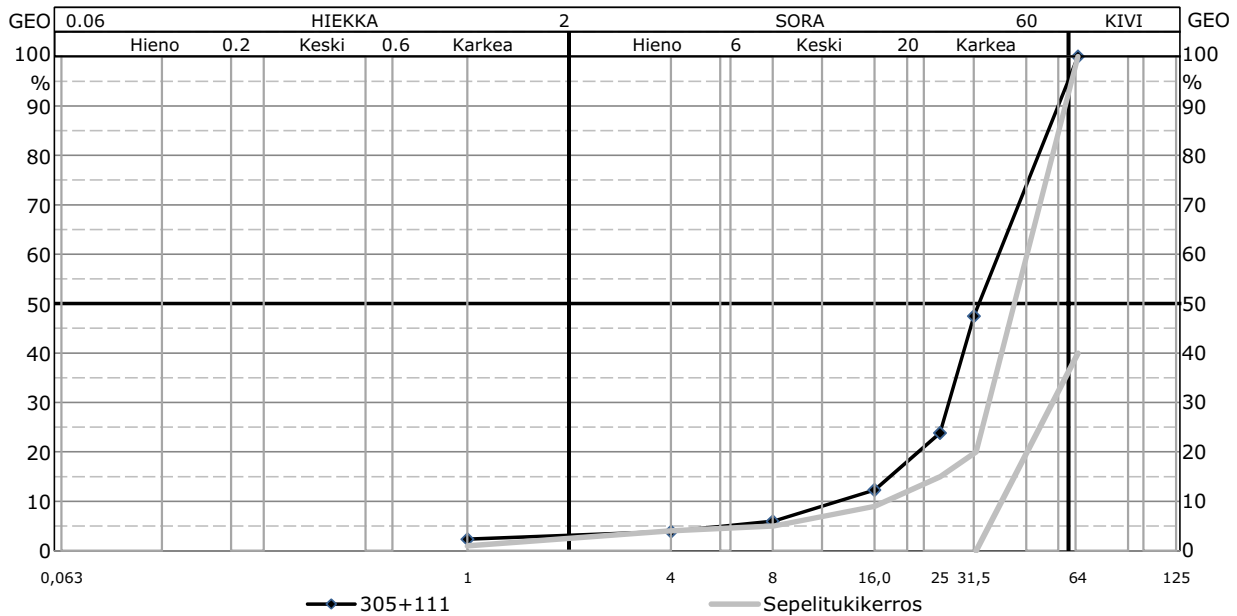


1:100  
No

**D RAKEISUUSTUTKIMUKSET:  
TUKIKERROSNÄYTTEET**

*Taulukko D.1. Nykyohjeistuksen mukaan kerätyt näytteet.*

<b>Tutkimuspiste</b>	<b>Km-luku</b>	<b>Rakeisuusluku</b>
8100	305+111	32,16
8107	305+664	24,18
8116	306+132	22,14
8121	306+616	45,68
8136	307+155	32,96
8149	307+654	16,86
8159	308+160	52,42
8165	308+645	12,73
8172	309+243	23,32
8176	310+267	9,98
8184	310+950	31,97
8187	311+258	29,27
8189	311+820	26,63
8197	312+302	37,03
8208	312+837	44,78
8217	313+319	39,84
8224	313+767	35,02
8233	314+374	32,98
8246	315+283	51,43
8255	315+743	49,41
8258	316+210	36,78
8263	316+683	20,8
8272	317+237	51,1
8279	317+704	54,16
8285	318+240	70,63
8291	318+818	53,98
8295	320+571	44,44
8298	321+919	46,16
8303	322+390	49,57
8310	322+916	33,6
8322	323+425	34,32
8332	323+869	74,92
8342	324+998	3,72

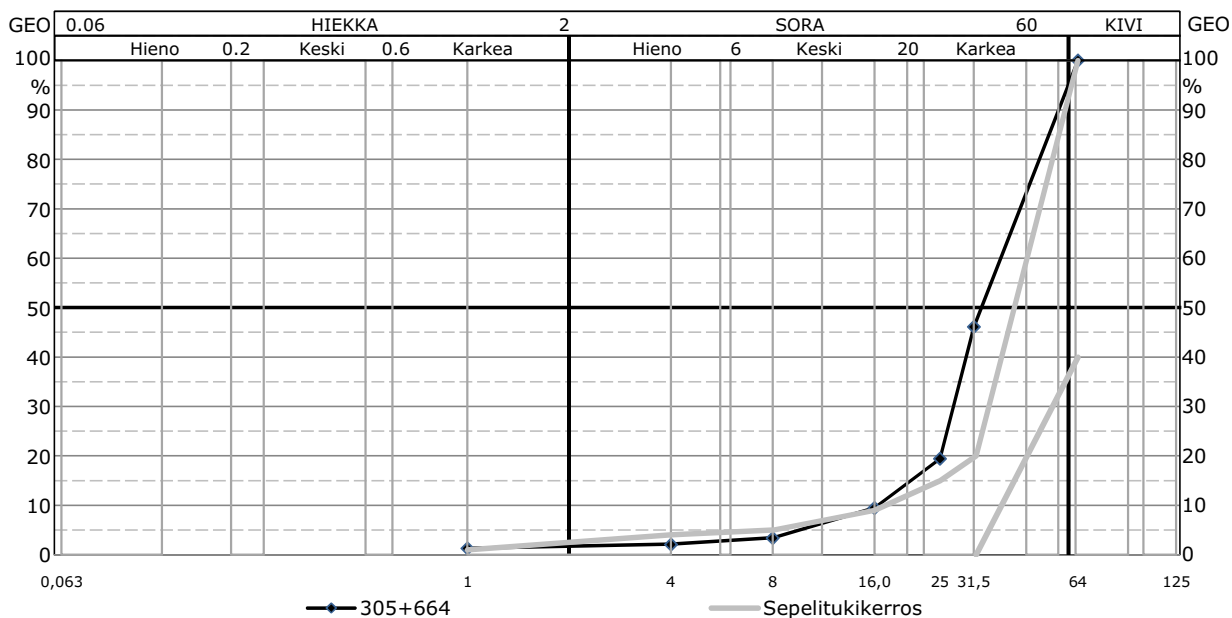


0

### 305+111

Näytetunnus	18GE01756	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6691,1
Näytteen ottamispäivä	11.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8100		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	32,17		
Pitkulaisten osuus g	645,8		
Pitkulaisten osuus %	9,7	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	47,49
Tehokas raekoko D10	13,08	25	23,84
Tasaisuusluku D60/D10	3,00	16	12,31
Litteysluku		8	5,98
Los Angeles-luku		4	3,92
Nastarengaskulutuskestävyys		1	2,34
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

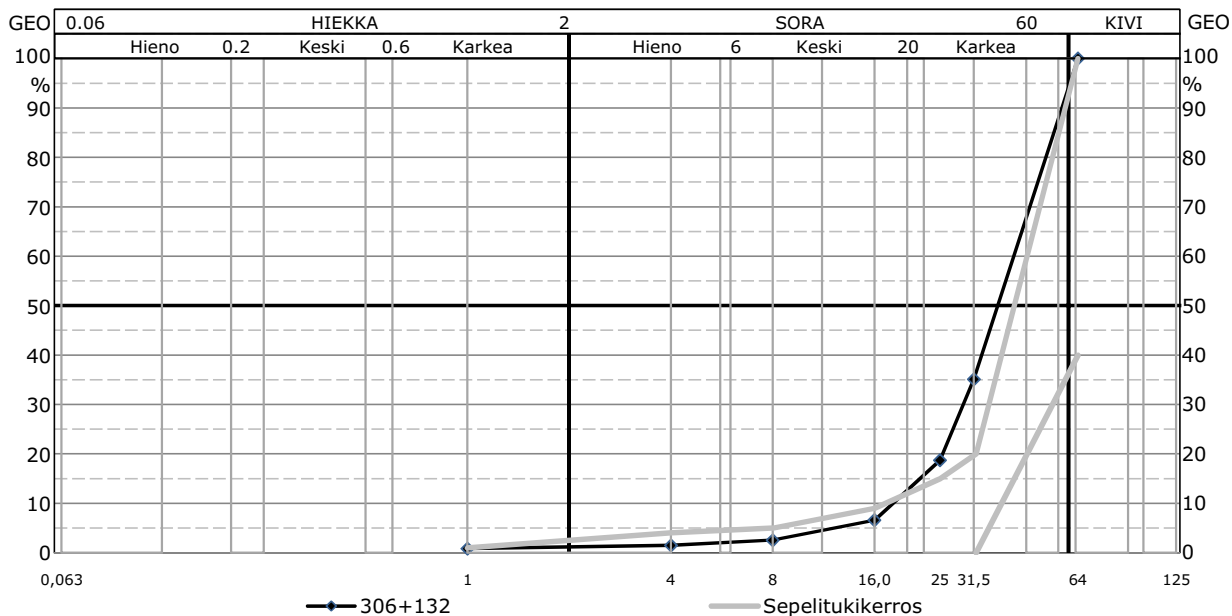


0

### 305+664

Näytetunnus	18GE01757	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6444,5
Näytteen ottamispäivä	11.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8107		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	24,18		
Pitkulaisten osuus	g		
Pitkulaisten osuus	%	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	46,15
Tehokas raekoko	D10	25	19,46
Tasaisuusluku	D60/D10	16	9,50
Litteysluku		8	3,42
Los Angeles-luku		4	2,13
Nastarengaskulutuskestävyys		1	1,30
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

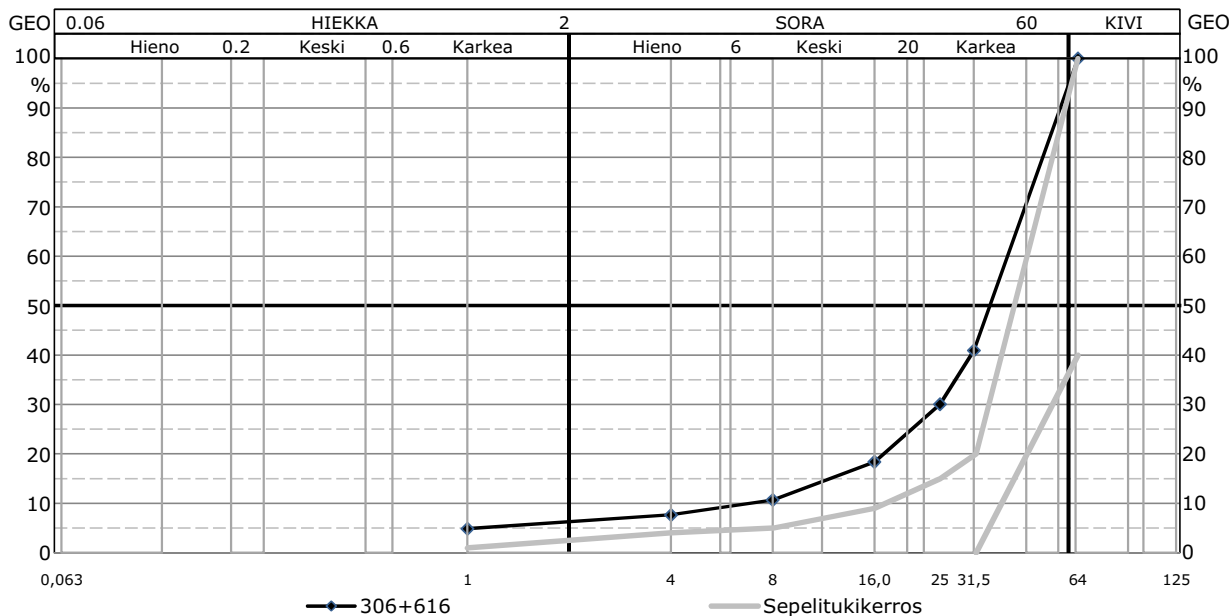


0

### 306+132

Näytetunnus	18GE01758	Näytteen paino [g]: Kuiva: 5676,2	
Näytteen ottamispäivä	11.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8116		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	22,15		
Pitkulaisten osuus g	449,9		
Pitkulaisten osuus %	7,9	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	35,16
Tehokas raekoko D10	18,50	25	18,73
Tasaisuusluku D60/D10	2,38	16	6,65
Litteysluku		8	2,57
Los Angeles-luku		4	1,49
Nastarengaskulutuskestävyys		1	0,84
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. vasen



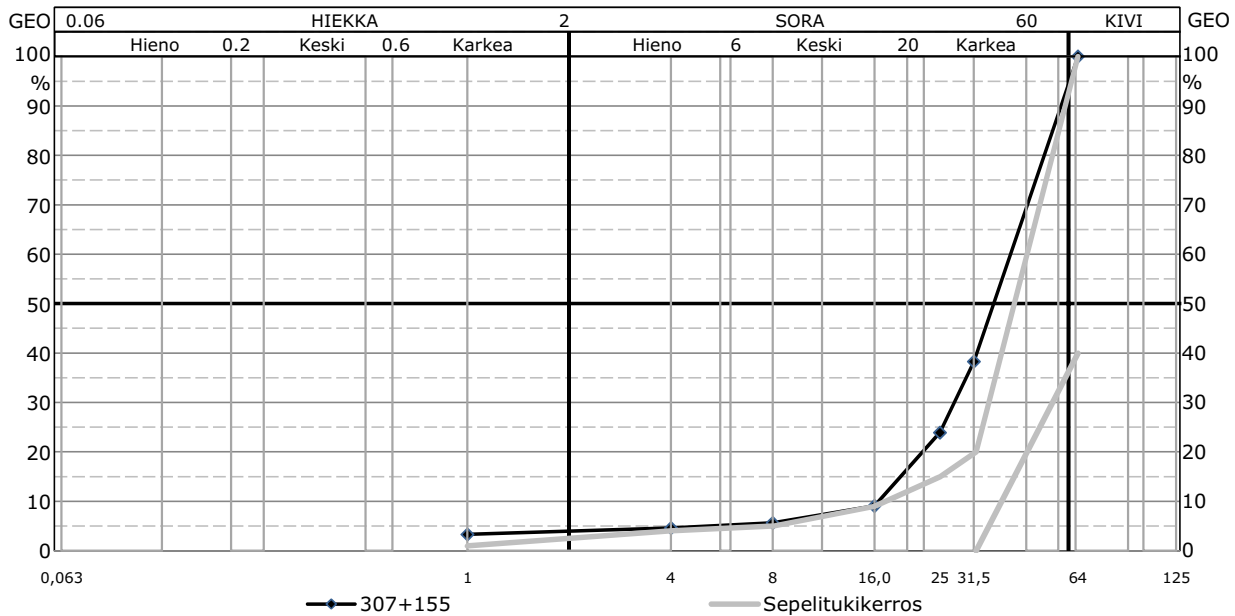
0

### 306+616

Näytetunnus	18GE01759	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6135,9
Näytteen ottamispäivä	11.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8121		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	45,68		
Pitkulaisten osuus g	487,6		
Pitkulaisten osuus %	7,9	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	40,96
Tehokas raekoko D10	7,05	25	30,09
Tasaisuusluku D60/D10	5,96	16	18,42
Litteysluku		8	10,72
Los Angeles-luku		4	7,70
Nastarengaskulutuskestävyys		1	4,87
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea



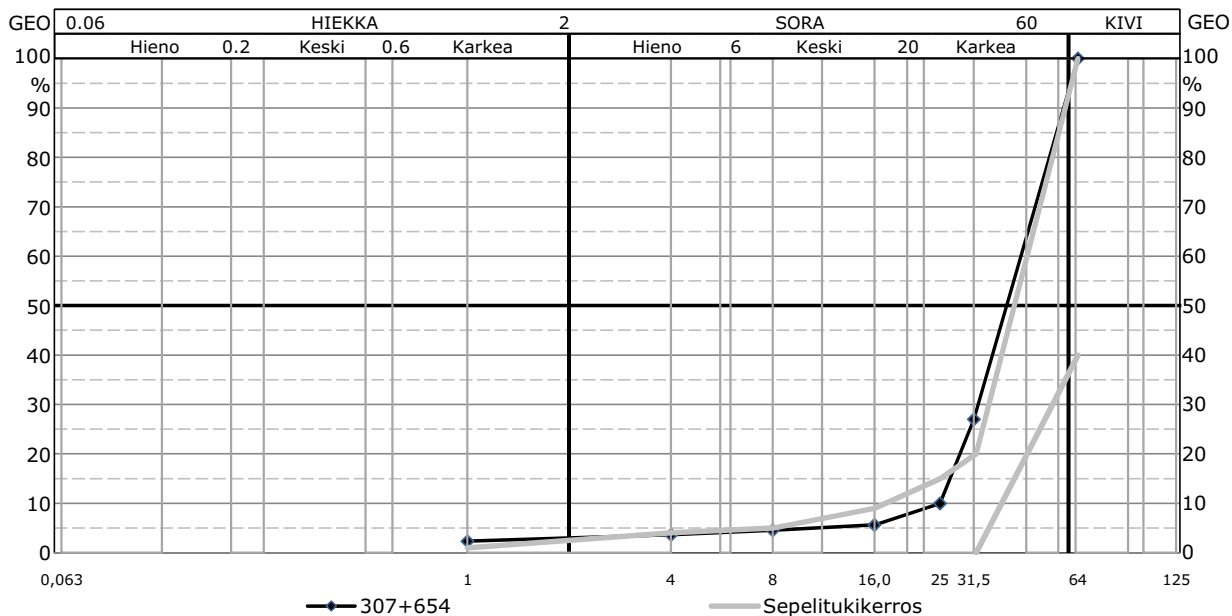


0

### 307+155

Näytetunnus	18GE01760	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6096,8
Näytteen ottamispäivä	11.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8136		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	32,96		
Pitkulaisten osuus g	590,6		
Pitkulaisten osuus %	9,7	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	38,29
Tehokas raekoko D10	16,54	25	23,95
Tasaisuusluku D60/D10	2,60	16	9,12
Litteysluku		8	5,69
Los Angeles-luku		4	4,63
Nastarengaskulutuskestävyys		1	3,32
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

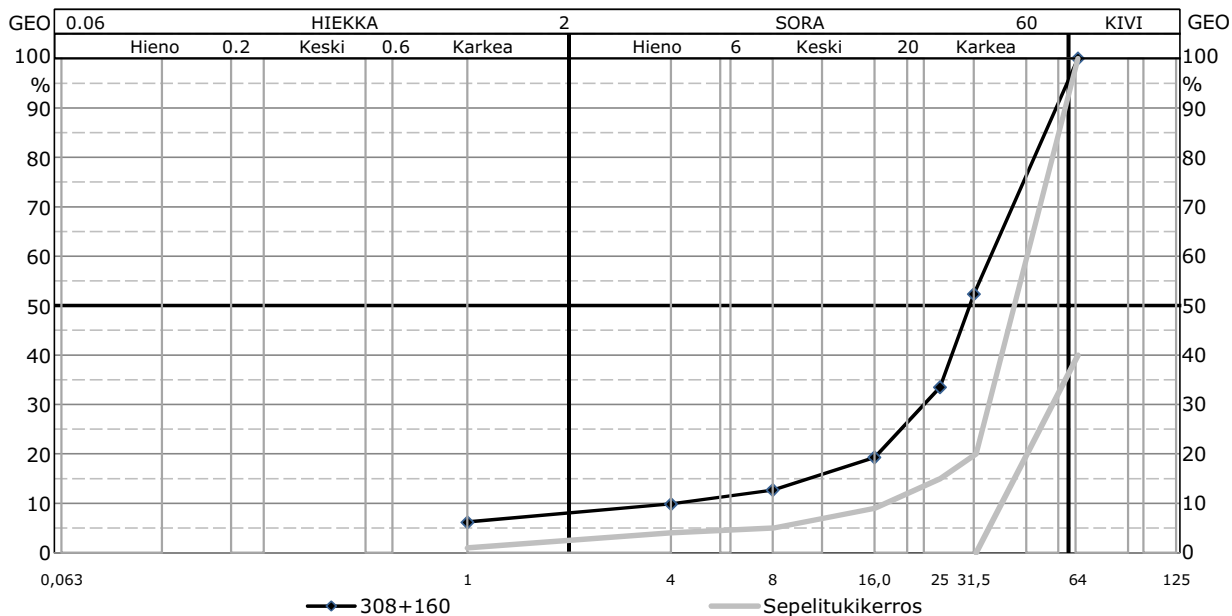


0

### 307+654

Näytetunnus	18GE01761	Näytteen paino [g]: Kuiva:	5597,6
Näytteen ottamispäivä	11.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottajapiste	8149		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	16,86		
Pitkulaisten osuus g	928		
Pitkulaisten osuus %	16,6	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	27,02
Tehokas raekoko D10	25,01	25	9,98
Tasaisuusluku D60/D10	1,85	16	5,64
Litteysluku		8	4,53
Los Angeles-luku		4	3,63
Nastarengaskulutuskestävyys		1	2,35
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

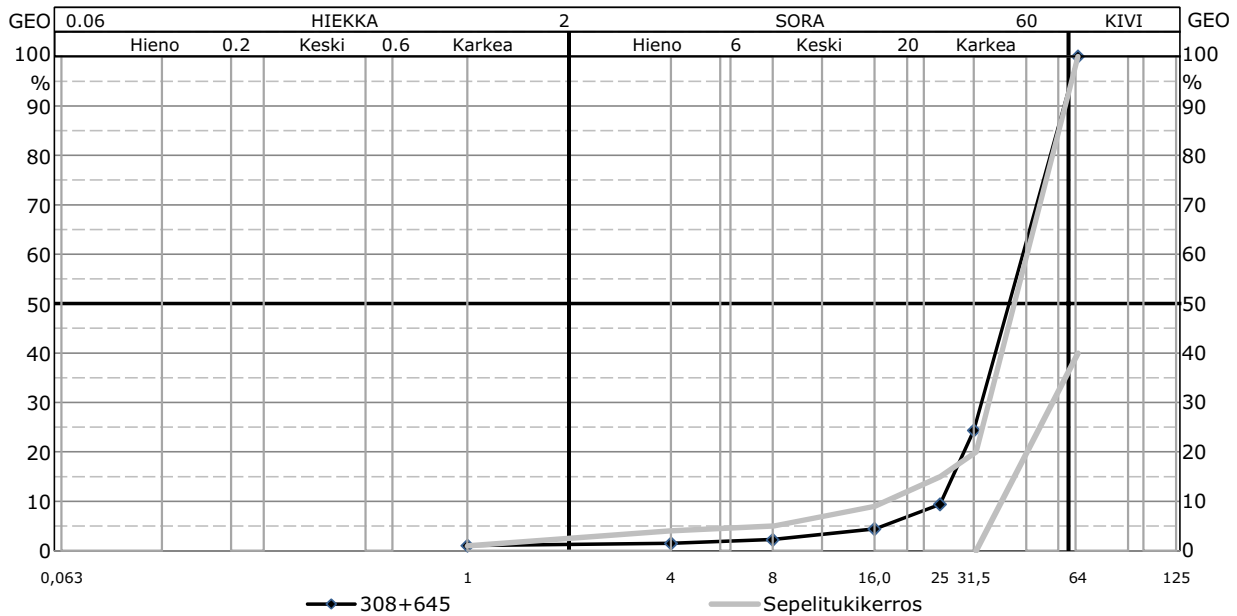


0

### 308+160

Näytetunnus	18GE01762	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6103,3
Näytteen ottamispäivä	11.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottamispaikka	8159		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	52,41		
Pitkulaisten osuus g	768,3		
Pitkulaisten osuus %	12,6	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	52,35
Tehokas raekoko D10	4,15	25	33,50
Tasaisuusluku D60/D10	8,86	16	19,30
Litteysluku		8	12,71
Los Angeles-luku		4	9,90
Nastarengaskulutuskestävyys		1	6,21
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

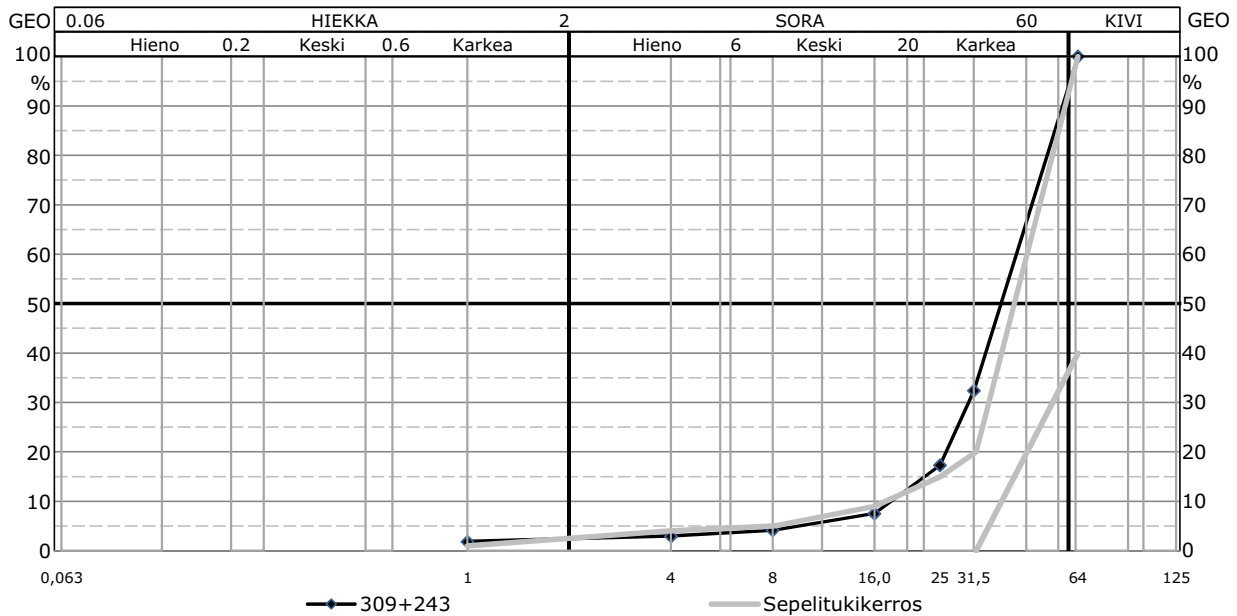


0

### 308+645

Näytetunnus	18GE01763	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6077,4
Näytteen ottamispäivä	11.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8165		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	12,74		
Pitkulaisten osuus g	977,4		
Pitkulaisten osuus %	16,1	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	24,41
Tehokas raekoko D10	25,25	25	9,43
Tasaisuusluku D60/D10	1,85	16	4,42
Litteysluku		8	2,25
Los Angeles-luku		4	1,50
Nastarengaskulutuskestävyys		1	1,05
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

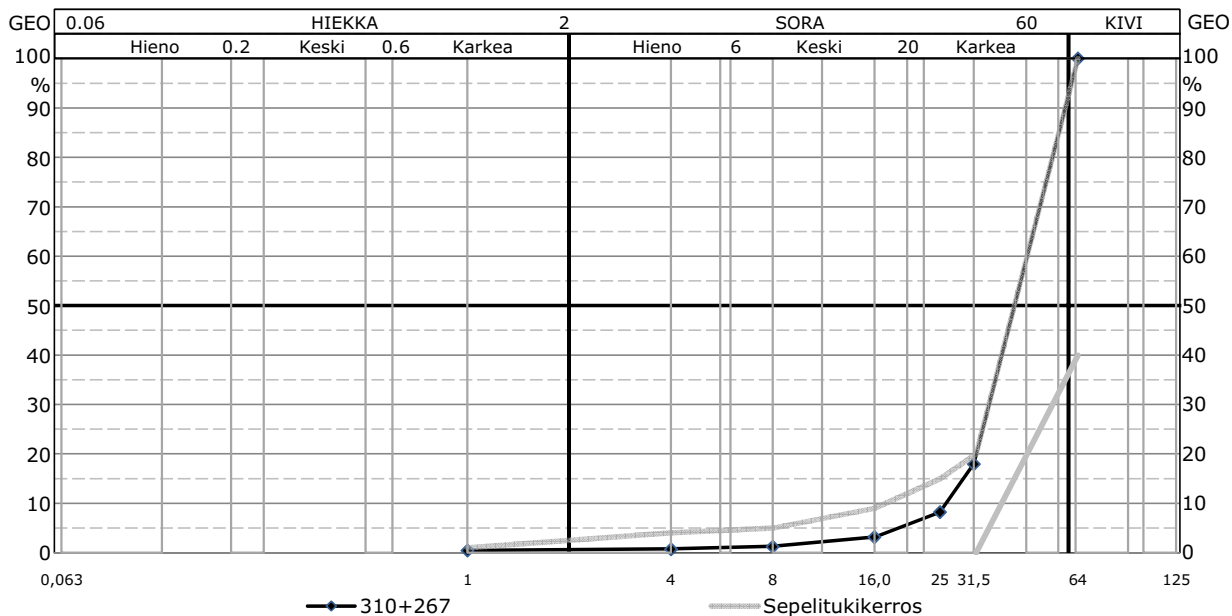


0

### 309+243

Näytetunnus	18GE01764	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6123,5
Näytteen ottamispäivä	12.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8172		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	23,31		
Pitkulaisten osuus g	1266,7		
Pitkulaisten osuus %	20,7	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	32,41
Tehokas raekoko D10	18,25	25	17,30
Tasaisuusluku D60/D10	2,45	16	7,57
Litteysluku		8	4,15
Los Angeles-luku		4	2,96
Nastarengaskulutuskestävyys		1	1,87
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

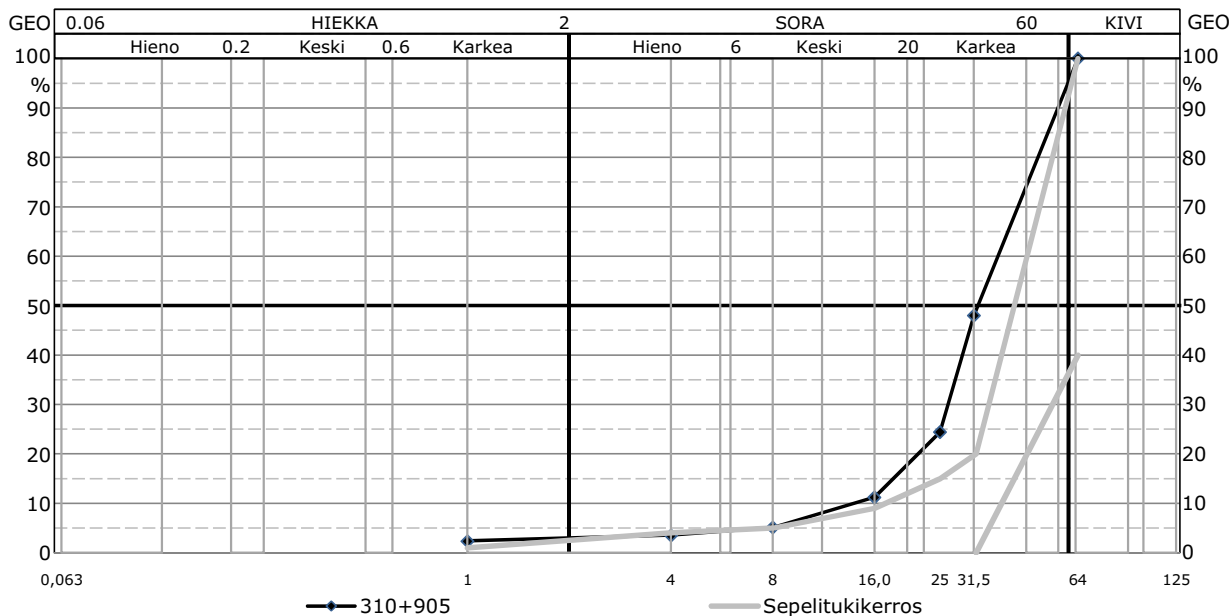


0

### 310+267

Näytetunnus	18GE01765	Näytteen paino [g]: Kuiva: 6352,4	
Näytteen ottamispäivä	11.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottajapiste	8176		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	9,98		
Pitkulaisten osuus	g 1302,5		
Pitkulaisten osuus	% 20,5	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	17,99
Tehokas raekoko	D10 26,18	25	8,22
Tasaisuusluku	D60/D10 1,84	16	3,19
Litteysluku		8	1,28
Los Angeles-luku		4	0,77
Nastarengaskulutuskestävyys		1	0,48
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

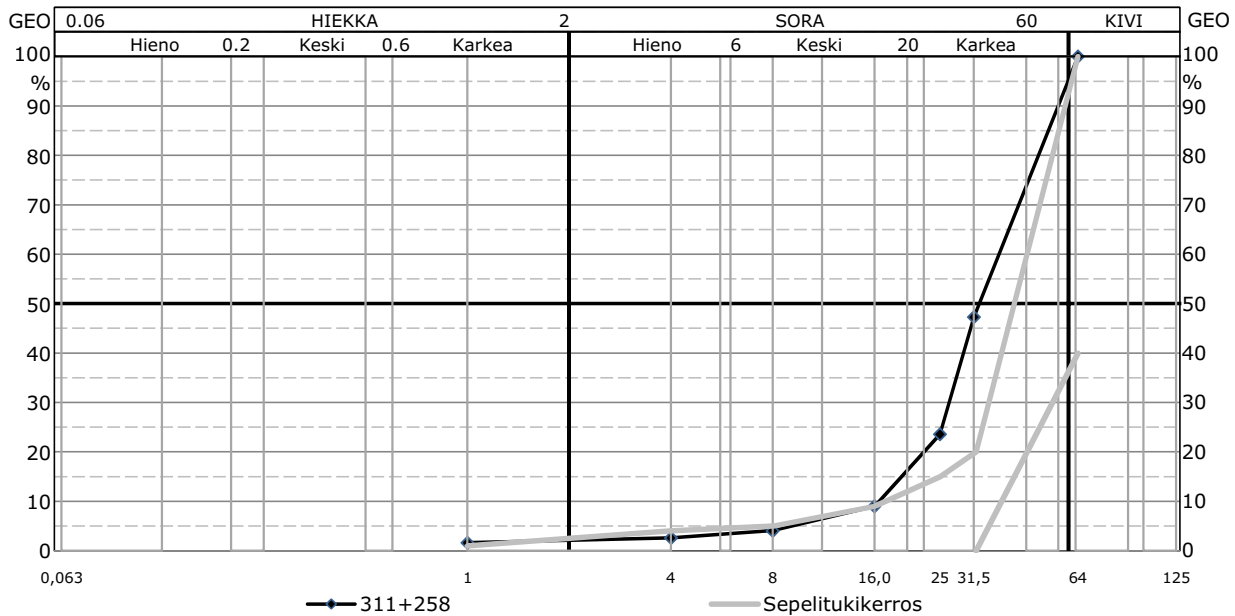


0

### 310+905

Näytetunnus	18GE01766	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6832,4
Näytteen ottamispäivä	12.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottajapiste	8184		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	31,98		
Pitkulaisten osuus g	809,6		
Pitkulaisten osuus %	11,8	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	47,99
Tehokas raekoko D10	14,35	25	24,45
Tasaisuusluku D60/D10	2,72	16	11,26
Litteysluku		8	5,13
Los Angeles-luku		4	3,54
Nastarengaskulutuskestävyys		1	2,39
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea



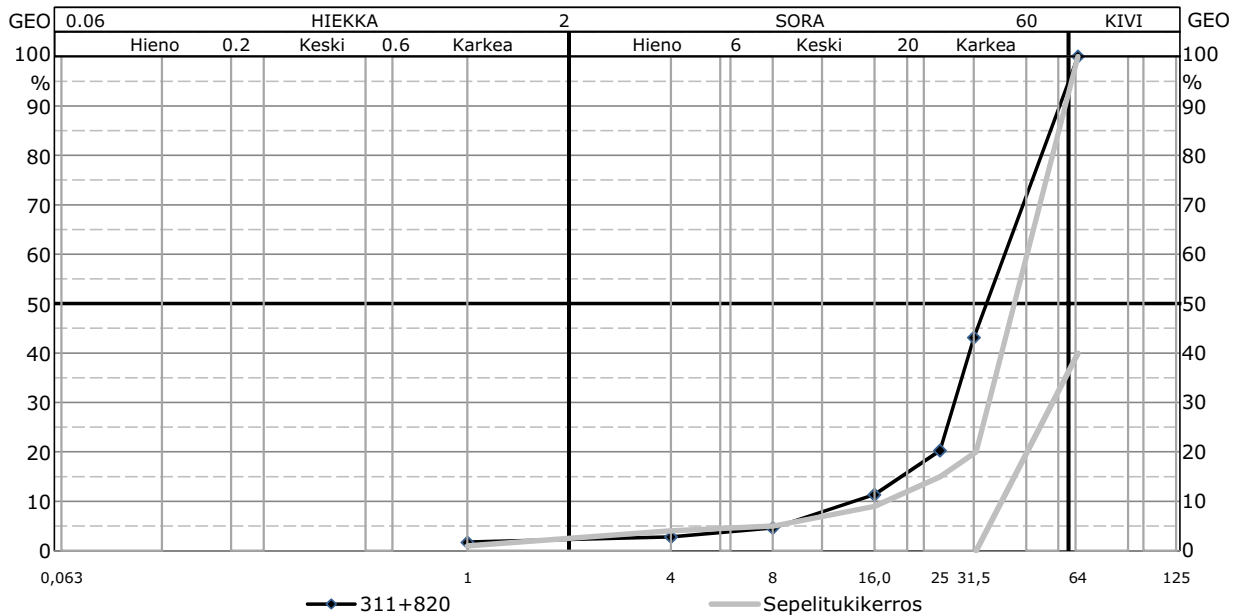
0

### 311+258

Näytetunnus	18GE01767	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6128,5
Näytteen ottamispäivä	12.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8187		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	29,27		
Pitkulaisten osuus g	968,9		
Pitkulaisten osuus %	15,8	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	47,27
Tehokas raekoko D10	16,60	25	23,58
Tasaisuusluku D60/D10	2,37	16	9,02
Litteysluku		8	4,07
Los Angeles-luku		4	2,61
Nastarengaskulutuskestävyys		1	1,62
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea



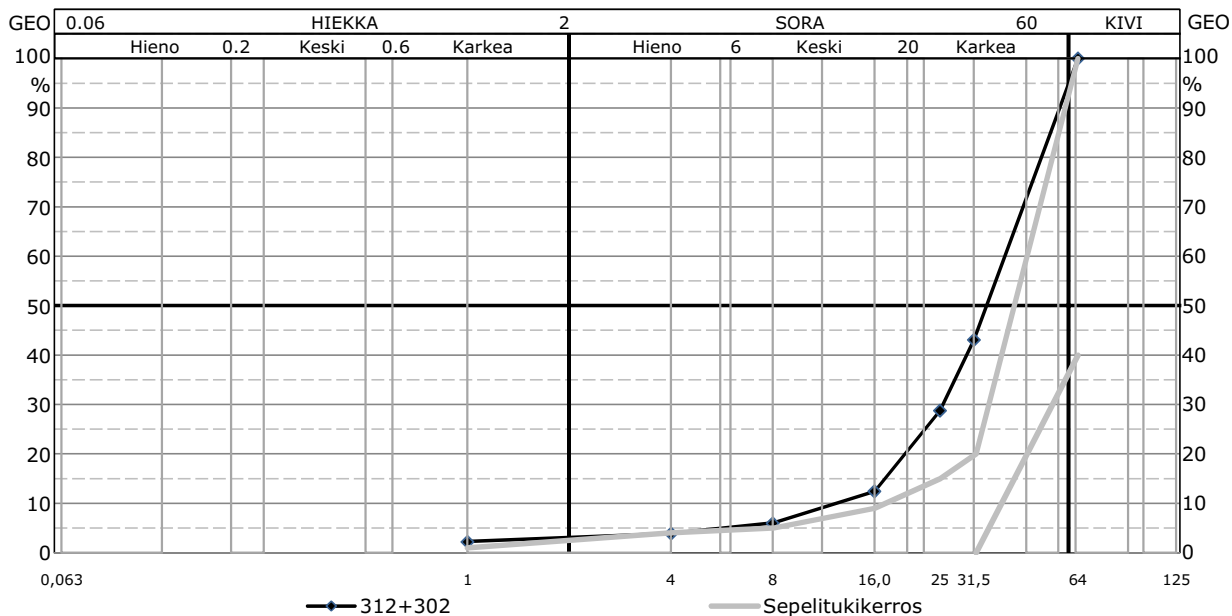


0

### 311+820

Näytetunnus	18GE01768	Näytteen paino [g]: Kuiva:	5979,3
Näytteen ottamispäivä	12.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottamispaikka	8189		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	26,64		
Pitkulaisten osuus g	863,4		
Pitkulaisten osuus %	14,4	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	43,14
Tehokas raekoko D10	14,37	25	20,28
Tasaisuusluku D60/D10	2,86	16	11,38
Litteysluku		8	4,61
Los Angeles-luku		4	2,80
Nastarengaskulutuskestävyys		1	1,74
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

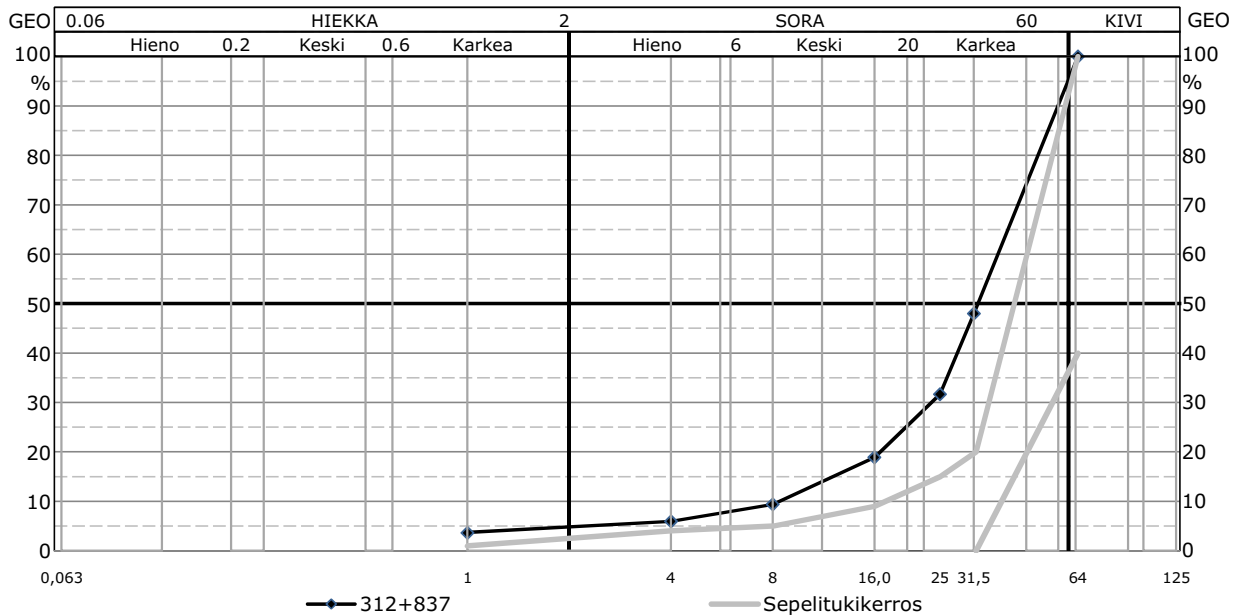


0

### 312+302

Näytetunnus	18GE01769	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6269,7
Näytteen ottamispäivä	12.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottamispiste	8197		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	37,03		
Pitkulaisten osuus	g		
Pitkulaisten osuus	%	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	43,08
Tehokas raekoko	D10	25	28,76
Tasaisuusluku	D60/D10	16	12,44
Litteysluku		8	6,01
Los Angeles-luku		4	3,89
Nastarengaskulutuskestävyys		1	2,26
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

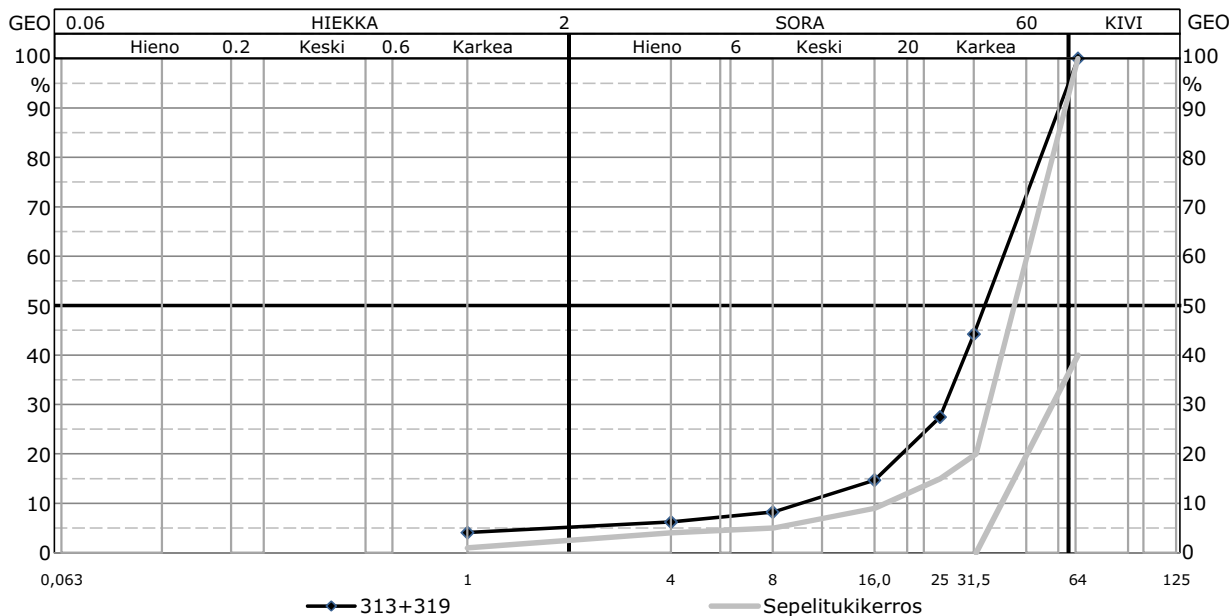


0

### 312+837

Näytetunnus	18GE01770	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6052,3
Näytteen ottamispäivä	12.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottajapiste	8208		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	44,77		
Pitkulaisten osuus g	645,8		
Pitkulaisten osuus %	10,7	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	48,01
Tehokas raekoko D10	8,48	25	31,67
Tasaisuusluku D60/D10	4,60	16	18,91
Litteysluku		8	9,43
Los Angeles-luku		4	5,99
Nastarengaskulutuskestävyys		1	3,68
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

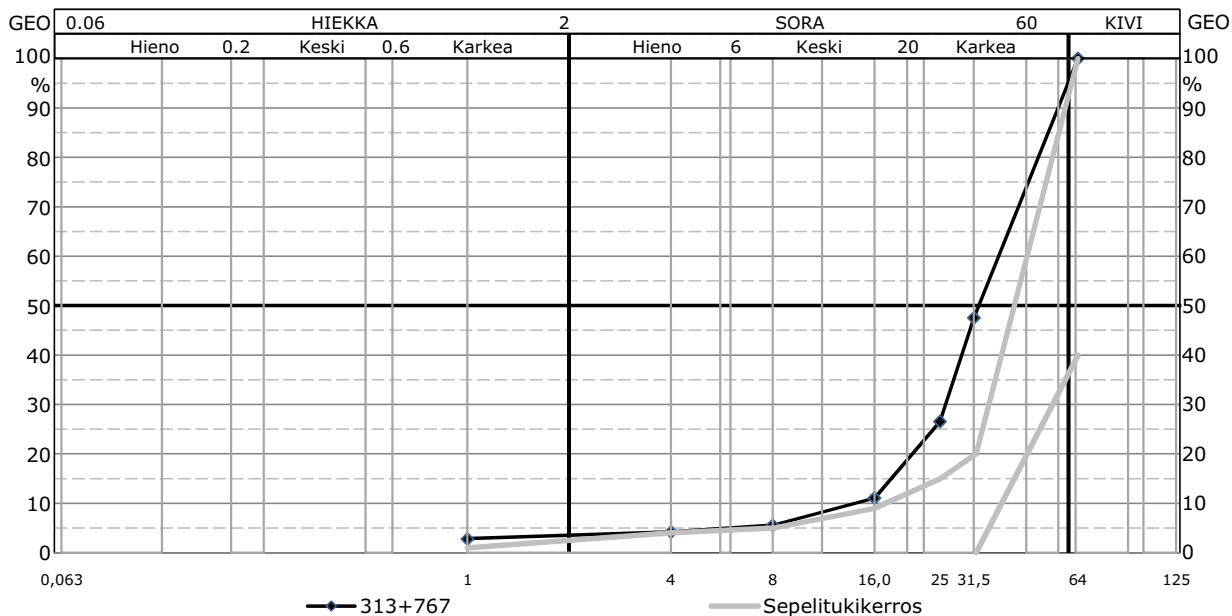


0

### 313+319

Näytetunnus	18GE01771	Näytteen paino [g]: Kuiva:	5916,7
Näytteen ottamispäivä	13.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8217		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	39,85		
Pitkulaisten osuus g	1159,3		
Pitkulaisten osuus %	19,6	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	44,28
Tehokas raekoko D10	10,15	25	27,47
Tasaisuusluku D60/D10	4,01	16	14,74
Litteysluku		8	8,26
Los Angeles-luku		4	6,24
Nastarengaskulutuskestävyys		1	4,11
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. vasen

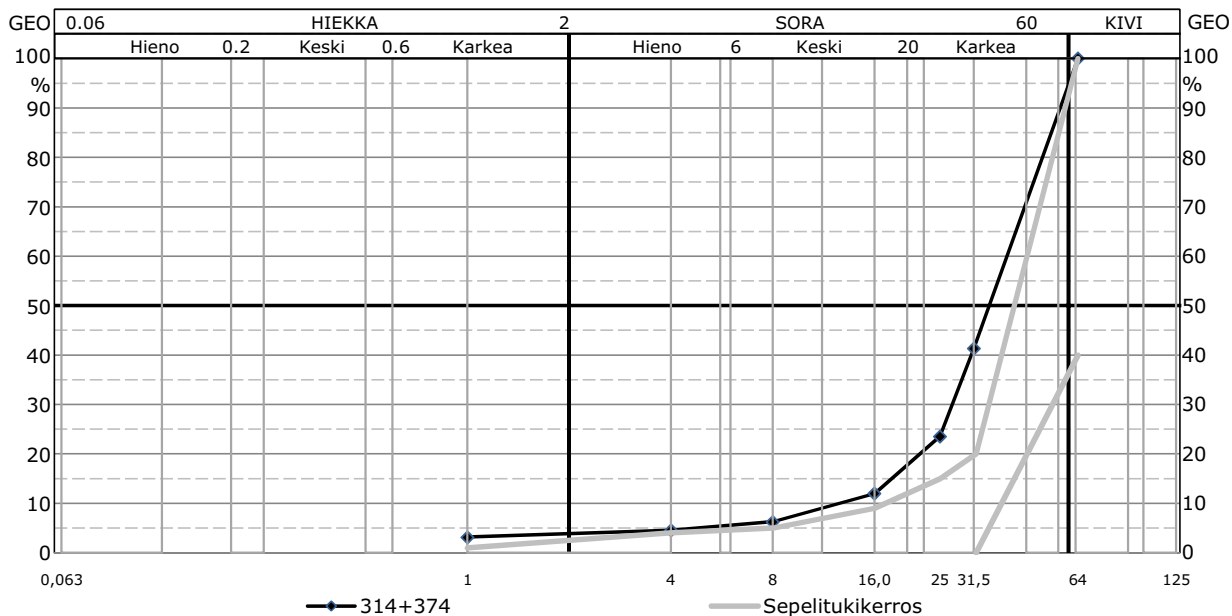


0

### 313+767

Näytetunnus	18GE01772	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6316,7
Näytteen ottamispäivä	13.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8224		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	35,02		
Pitkulaisten osuus g	1228		
Pitkulaisten osuus %	19,4	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	47,56
Tehokas raekoko D10	14,41	25	26,58
Tasaisuusluku D60/D10	2,72	16	11,09
Litteysluku		8	5,60
Los Angeles-luku		4	4,21
Nastarengaskulutuskestävyys		1	2,84
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. vasen

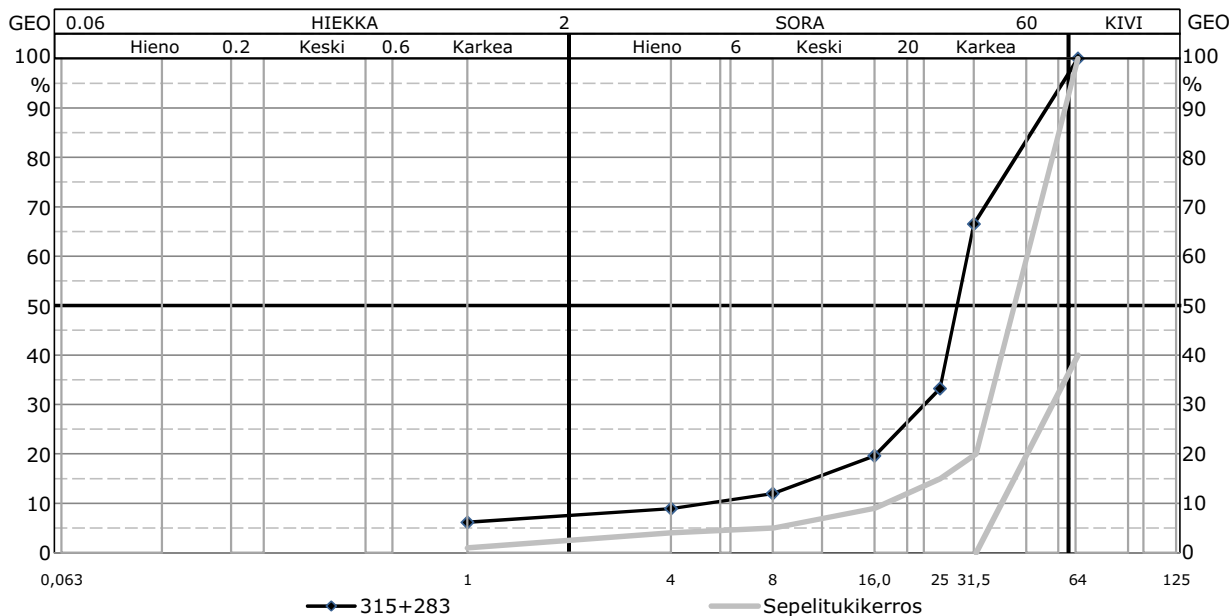


0

### 314+374

Näytetunnus	18GE01773	Näytteen paino [g]: Kuiva:	5989,5
Näytteen ottamispäivä	13.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottamispaikka	8233		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	32,99		
Pitkulaisten osuus g	599,9		
Pitkulaisten osuus %	10,0	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	41,37
Tehokas raekoko D10	13,23	25	23,56
Tasaisuusluku D60/D10	3,16	16	11,98
Litteysluku		8	6,26
Los Angeles-luku		4	4,57
Nastarengaskulutuskestävyys		1	3,16
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

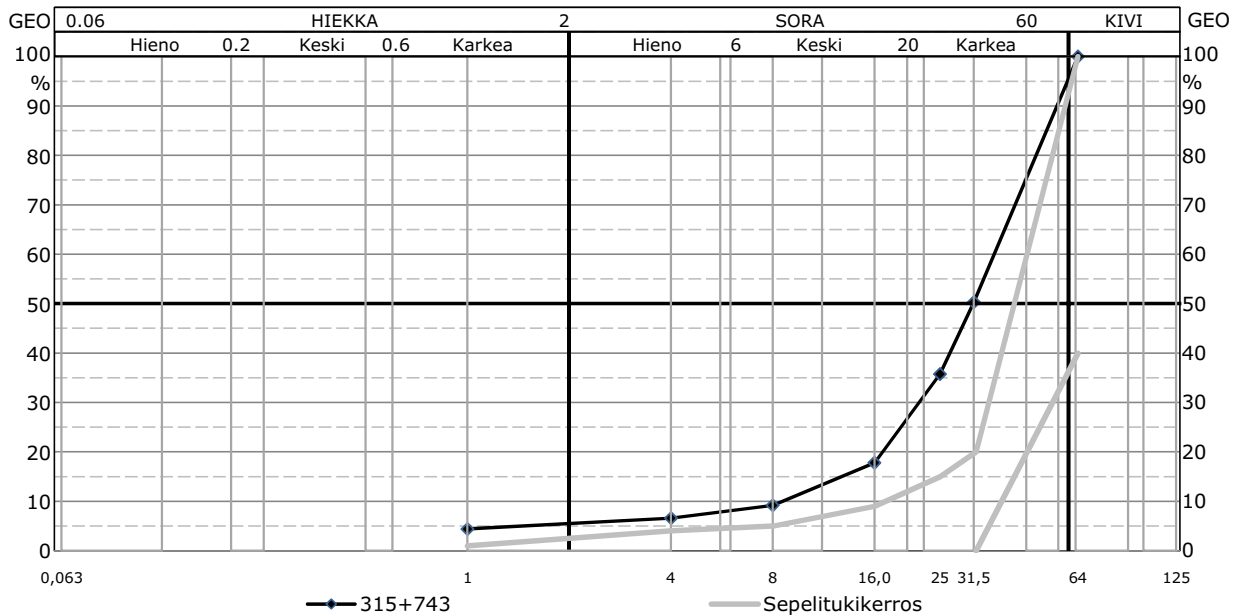


0

### 315+283

Näytetunnus	18GE01774	Näytteen paino [g]: Kuiva:	5820,2
Näytteen ottamispäivä	13.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottamispiste	8246		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	51,44		
Pitkulaisten osuus g	777,3		
Pitkulaisten osuus %	13,4	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	66,53
Tehokas raekoko D10	5,35	25	33,26
Tasaisuusluku D60/D10	5,65	16	19,66
Litteysluku		8	12,01
Los Angeles-luku		4	8,97
Nastarengaskulutuskestävyys		1	6,16
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. vasen



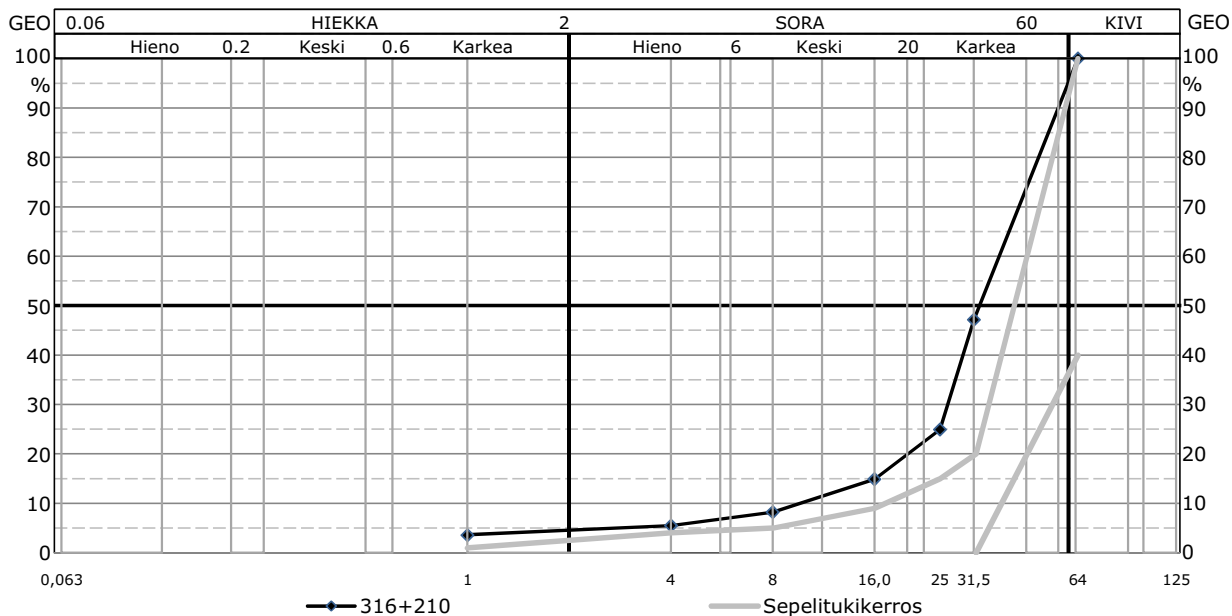
0

### 315+743

Näytetunnus	18GE01775	Näytteen paino [g]: Kuiva:	5882,1
Näytteen ottamispäivä	13.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottajapiste	8255		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	49,41		
Pitkulaisten osuus	g		
Pitkulaisten osuus	%	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	50,33
Tehokas raekoko	D10	25	35,77
Tasaisuusluku	D60/D10	16	17,84
Litteysluku		8	9,20
Los Angeles-luku		4	6,62
Nastarengaskulutuskestävyys		1	4,44
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea



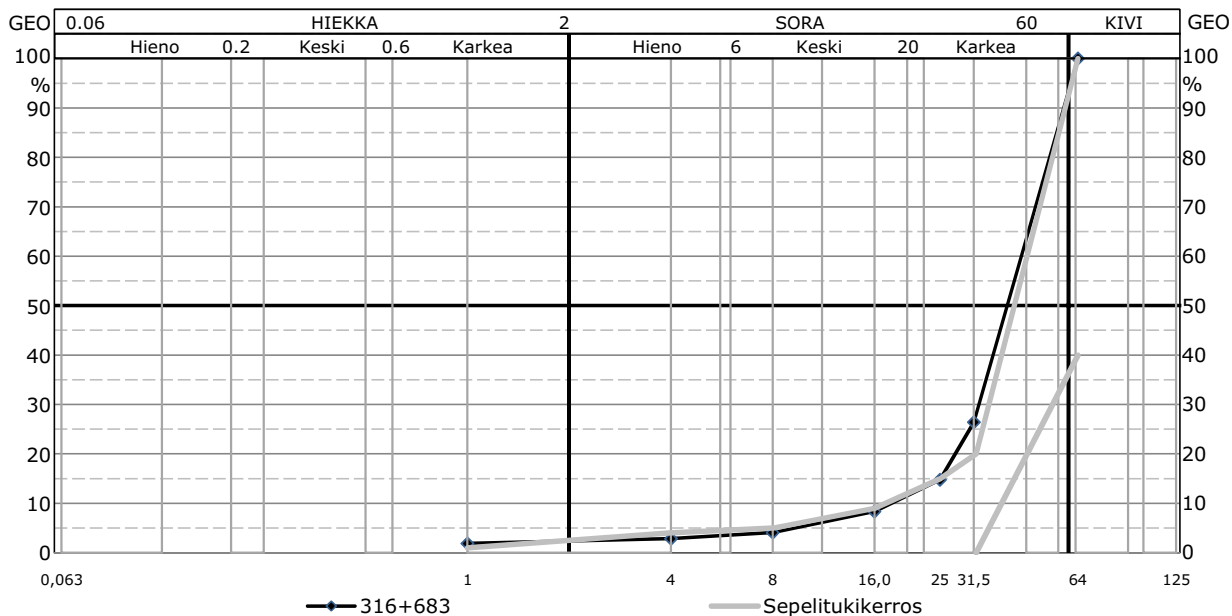


0

### 316+210

Näytetunnus	18GE01776	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6061,8
Näytteen ottamispäivä	13.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8258		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	36,79		
Pitkulaisten osuus g	906,3		
Pitkulaisten osuus %	15,0	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	47,16
Tehokas raekoko D10	10,12	25	24,93
Tasaisuusluku D60/D10	3,89	16	14,91
Litteysluku		8	8,23
Los Angeles-luku		4	5,52
Nastarengaskulutuskestävyys		1	3,62
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

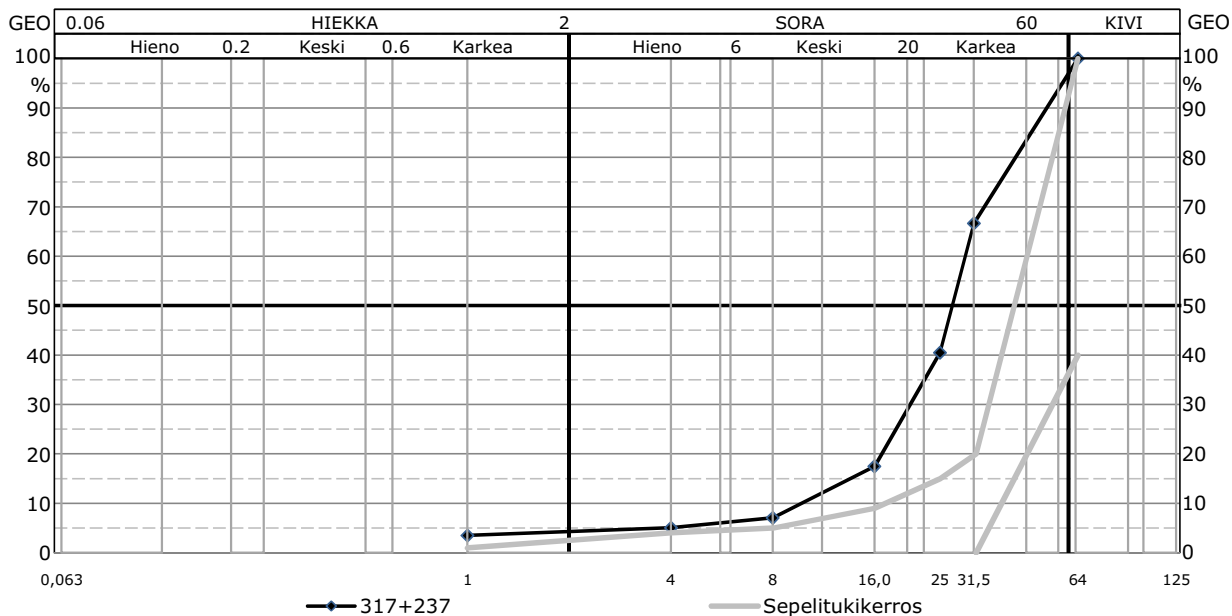


0

### 316+683

Näytetunnus	18GE01777	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6842,0
Näytteen ottamispäivä	13.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottamispaikka	8263		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	20,80		
Pitkulaisten osuus	g		
Pitkulaisten osuus	%	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	26,43
Tehokas raekoko	D10	25	14,79
Tasaisuusluku	D60/D10	16	8,38
Litteysluku		8	4,11
Los Angeles-luku		4	2,88
Nastarengaskulutuskestävyys		1	1,90
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

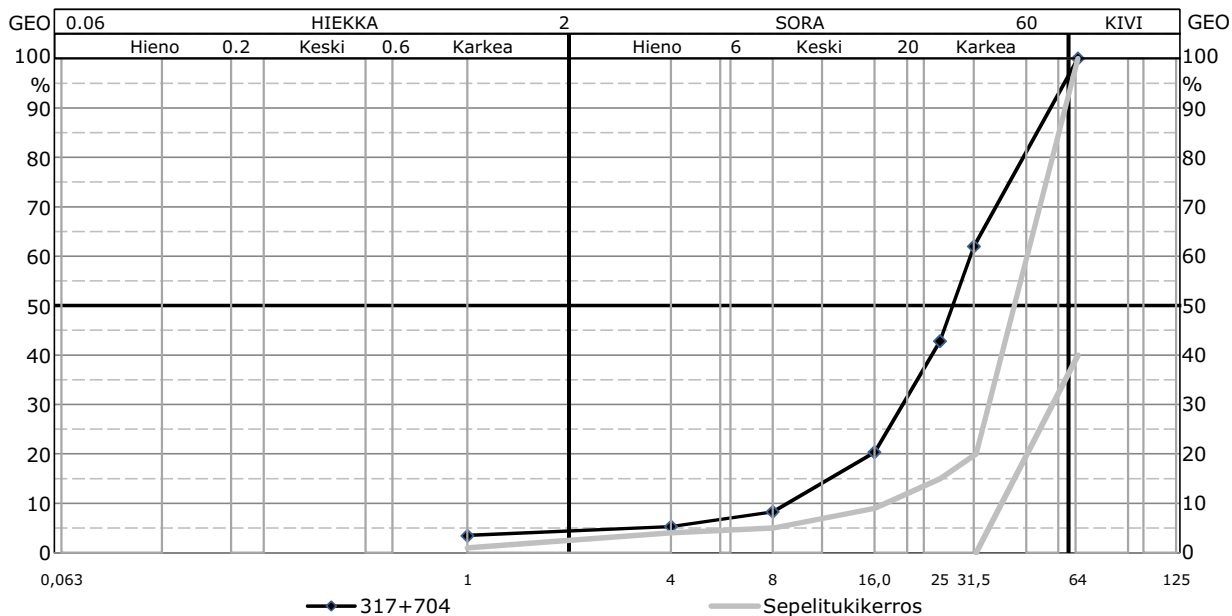


0

### 317+237

Näytetunnus	18GE01778	Näytteen paino [g]: Kuiva:	7149,9
Näytteen ottamispäivä	13.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8272		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	51,11		
Pitkulaisten osuus g	707,1		
Pitkulaisten osuus %	9,9	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	66,69
Tehokas raekoko D10	10,24	25	40,52
Tasaisuusluku D60/D10	2,91	16	17,51
Litteysluku		8	7,08
Los Angeles-luku		4	5,06
Nastarengaskulutuskestävyys		1	3,50
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

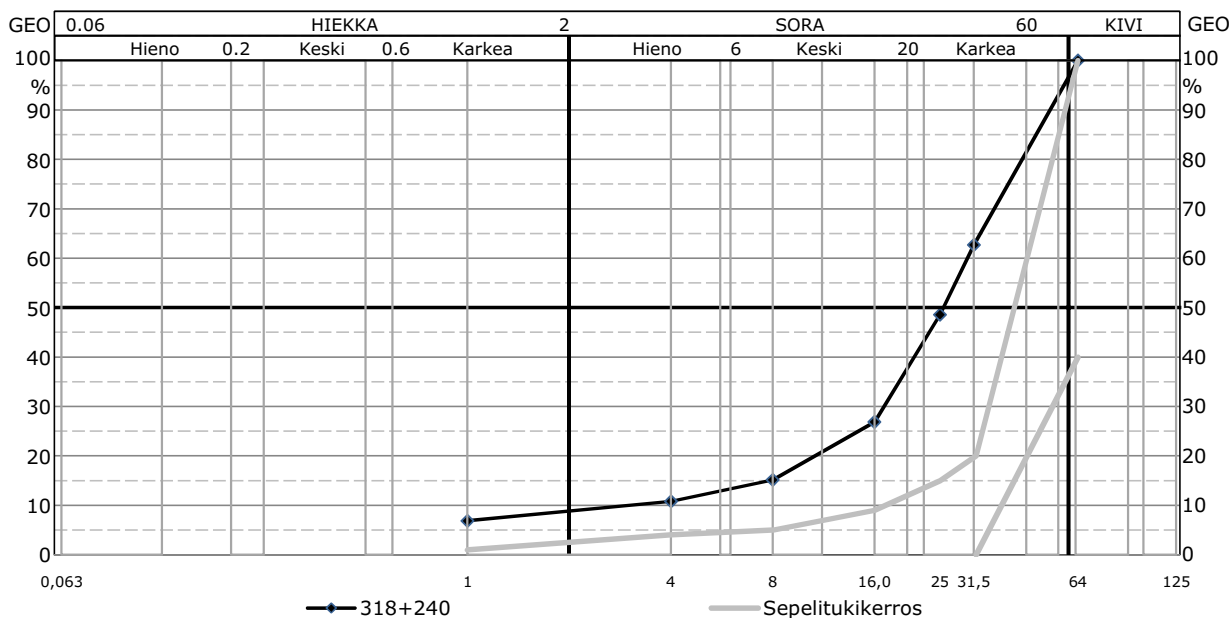


0

### 317+704

Näytetunnus	18GE01779	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6289,8
Näytteen ottamispäivä	14.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottajapiste	8279		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	54,65		
Pitkulaisten osuus g	536,5		
Pitkulaisten osuus %	8,5	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	61,99
Tehokas raekoko D10	9,12	25	42,86
Tasaisuusluku D60/D10	3,38	16	20,36
Litteysluku		8	8,31
Los Angeles-luku		4	5,34
Nastarengaskulutuskestävyys		1	3,49
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

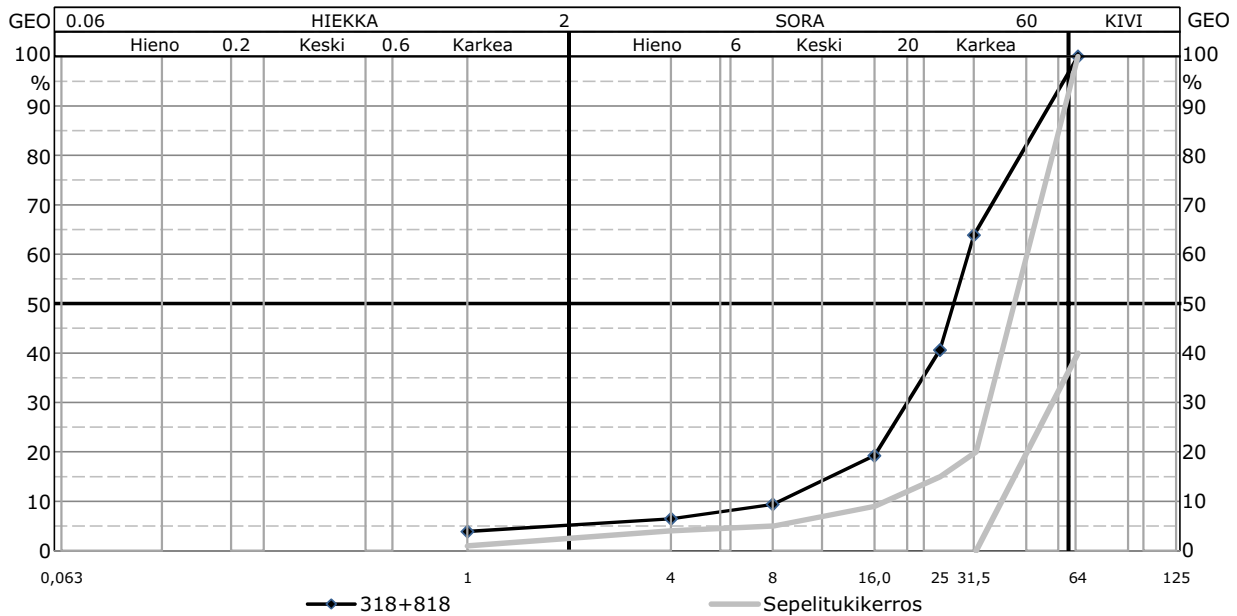


0

### 318+240

Näytetunnus	18GE01780	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6258,8
Näytteen ottamispäivä	14.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottajapiste	8285		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	70,64		
Pitkulaisten osuus	g		
Pitkulaisten osuus	%		
Vedenläpäisevyys		64	100,00
Tehokas raekoko	D10	31,5	62,75
Tasaisuusluku	D60/D10	25	48,62
Litteysluku		16	26,92
Los Angeles-luku		8	15,15
Nastarengaskulutuskestävyys		4	10,85
Kiintotiheys		1	6,86
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

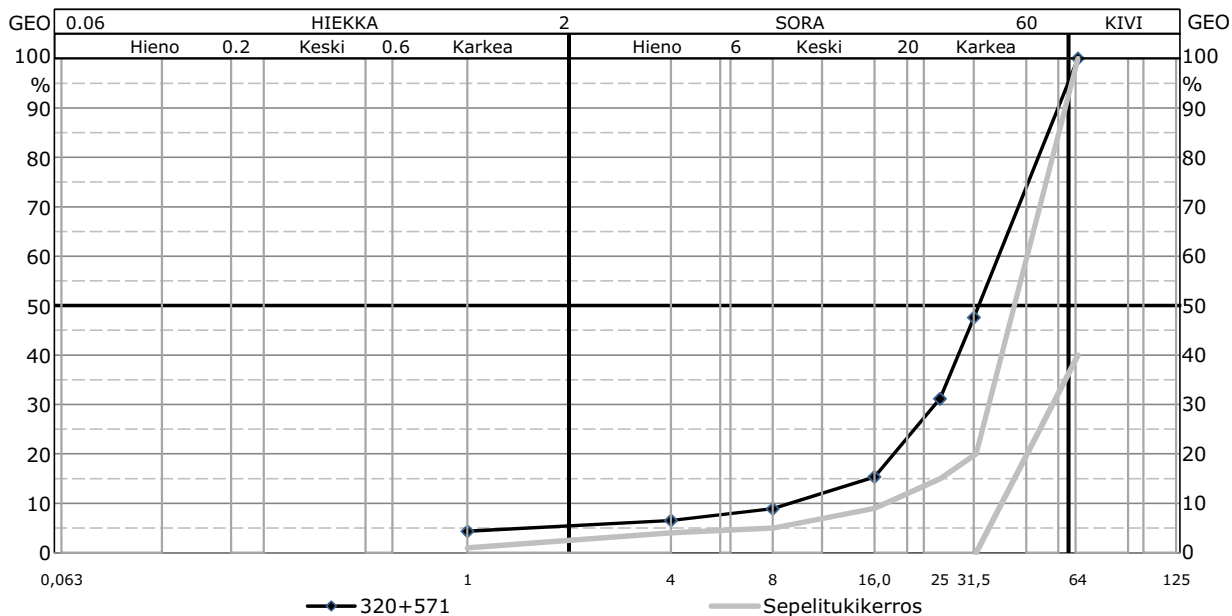


0

### 318+818

Näytetunnus	18GE01781	Näytteen paino [g]: Kuiva:	7627,7
Näytteen ottamispäivä	14.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8291		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	53,98		
Pitkulaisten osuus g	305,3		
Pitkulaisten osuus %	4,0	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	63,91
Tehokas raekoko D10	8,48	25	40,67
Tasaisuusluku D60/D10	3,58	16	19,28
Litteysluku		8	9,40
Los Angeles-luku		4	6,50
Nastarengaskulutuskestävyys		1	3,91
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

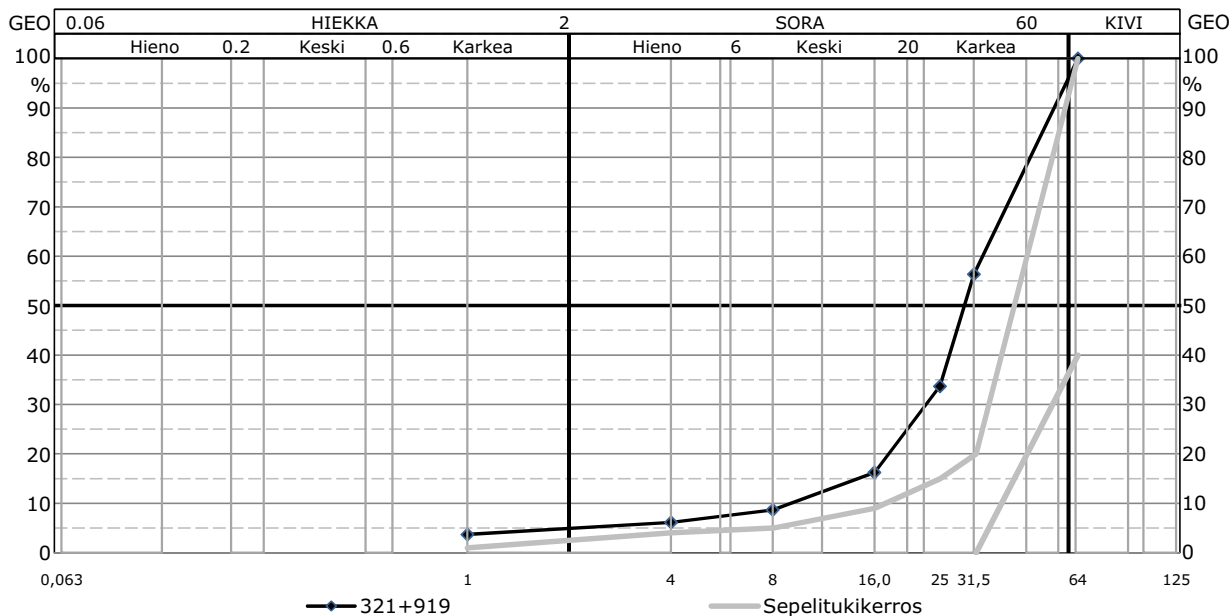


0

### 320+571

Näytetunnus	18GE01782	Näytteen paino [g]: Kuiva: 7892,4	
Näytteen ottamispäivä	14.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottajapiste	8295		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	44,45		
Pitkulaisten osuus	g 1487,5		
Pitkulaisten osuus	% 18,8	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	47,65
Tehokas raekoko	D10 9,33	25	31,18
Tasaisuusluku	D60/D10 4,20	16	15,39
Litteysluku		8	8,92
Los Angeles-luku		4	6,56
Nastarengaskulutuskestävyys		1	4,34
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. vasen



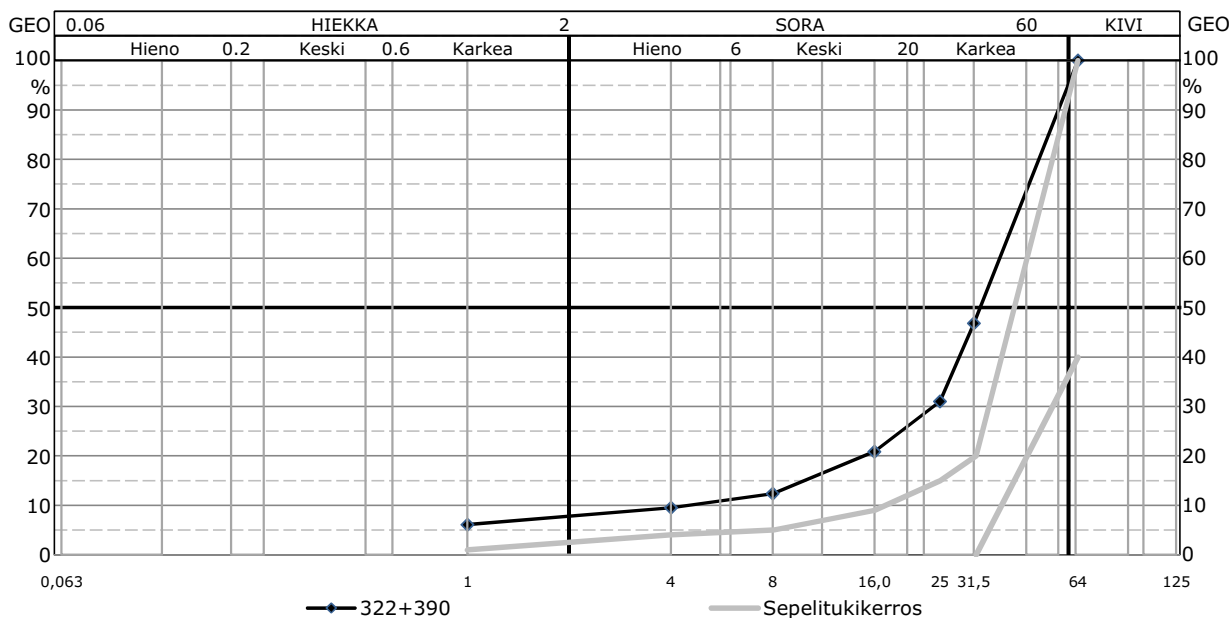
0

### 321+919

Näytetunnus	18GE01783	Näytteen paino [g]: Kuiva:	7850,4
Näytteen ottamispäivä	14.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8298		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	46,16		
Pitkulaisten osuus g	459,7		
Pitkulaisten osuus %	5,9	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	56,35
Tehokas raekoko D10	9,37	25	33,73
Tasaisuusluku D60/D10	3,65	16	16,29
Litteysluku		8	8,70
Los Angeles-luku		4	6,18
Nastarengaskulutuskestävyys		1	3,73
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea



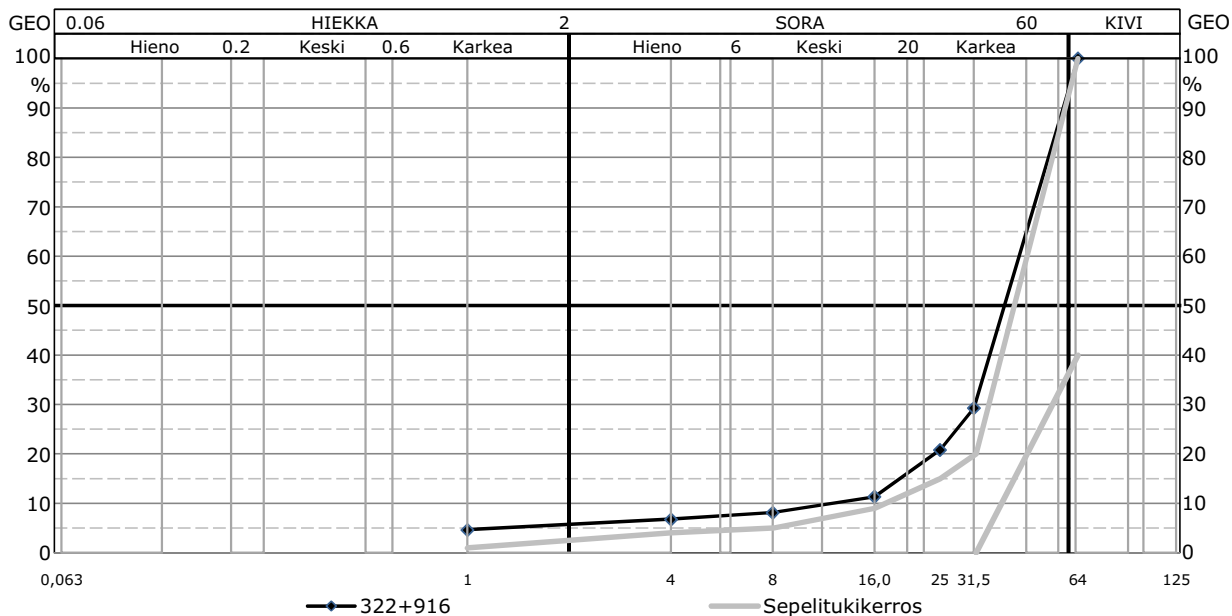


0

### 322+390

Näytetunnus	18GE01784	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6996,9
Näytteen ottamispäivä	14.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8303		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	49,57		
Pitkulaisten osuus g	596,3		
Pitkulaisten osuus %	8,5	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	46,85
Tehokas raekoko D10	4,66	25	31,04
Tasaisuusluku D60/D10	8,49	16	20,90
Litteysluku		8	12,41
Los Angeles-luku		4	9,52
Nastarengaskulutuskestävyys		1	6,12
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea

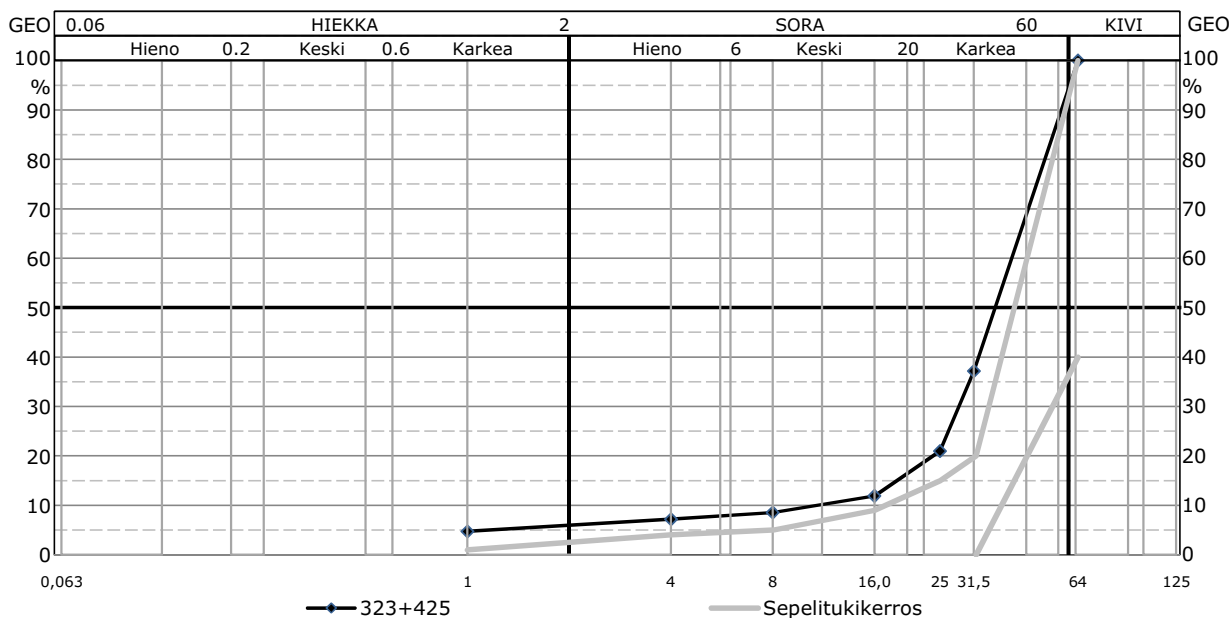


0

### 322+916

Näytetunnus	18GE01785	Näytteen paino [g]: Kuiva: 7341,2	
Näytteen ottamispäivä	14.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottopiste	8310		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	33,60		
Pitkulaisten osuus	g 1158,5		
Pitkulaisten osuus	% 15,8	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	29,28
Tehokas raekoko	D10 12,62	25	20,80
Tasaisuusluku	D60/D10 3,61	16	11,35
Litteysluku		8	8,15
Los Angeles-luku		4	6,78
Nastarengaskulutuskestävyys		1	4,65
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. vasen

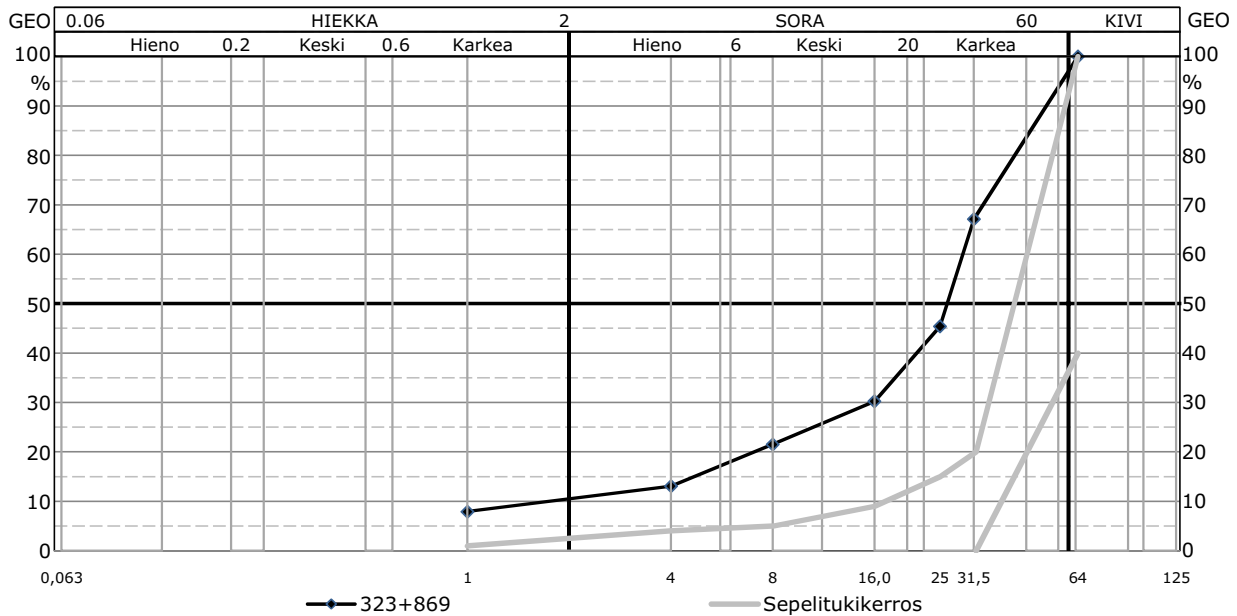


0

### 323+425

Näytetunnus	18GE01786	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6130,9
Näytteen ottamispäivä	14.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottamispiste	8322		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	34,31		
Pitkulaisten osuus g	648,5		
Pitkulaisten osuus %	10,6	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	37,18
Tehokas raekoko D10	11,41	25	21,01
Tasaisuusluku D60/D10	3,80	16	11,95
Litteysluku		8	8,56
Los Angeles-luku		4	7,19
Nastarengaskulutuskestävyys		1	4,75
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. vasen

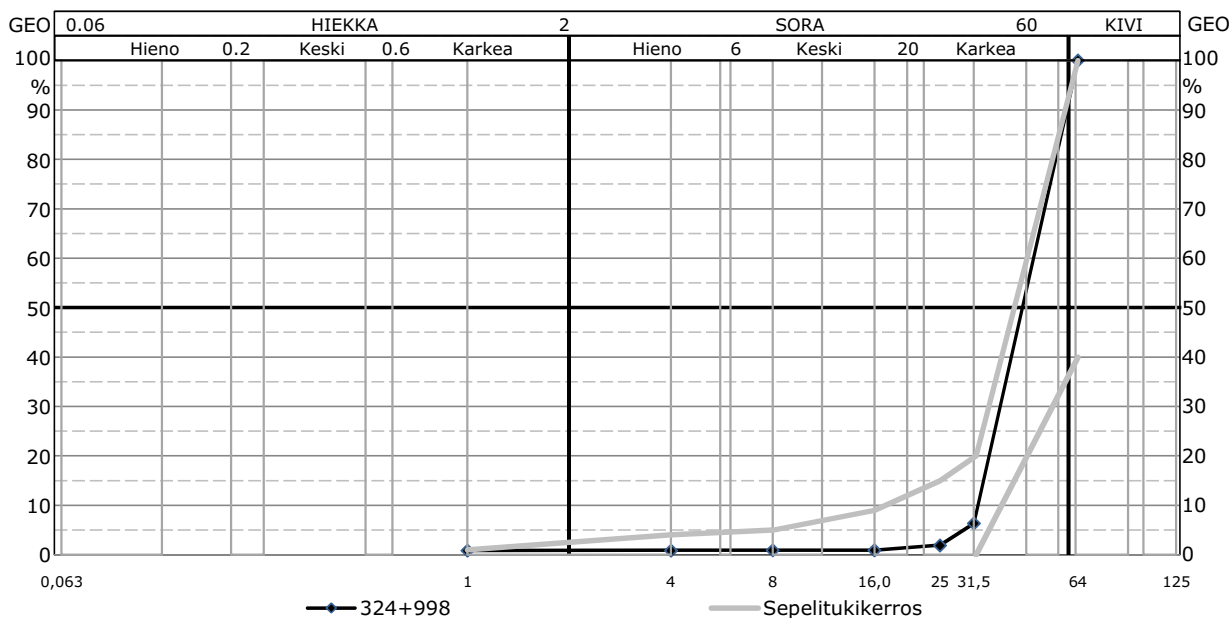


0

### 323+869

Näytetunnus	18GE01787	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6909,4
Näytteen ottamispäivä	14.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottajapiste	8332		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	74,92		
Pitkulaisten osuus g	469,8		
Pitkulaisten osuus %	6,8	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	67,15
Tehokas raekoko D10	2,20	25	45,41
Tasaisuusluku D60/D10	13,36	16	30,28
Litteysluku		8	21,56
Los Angeles-luku		4	13,08
Nastarengaskulutuskestävyys		1	7,95
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

Huom. oikea



0

### 324+998

Näytetunnus	18GE01788	Näytteen paino [g]: Kuiva:	6283,1
Näytteen ottamispäivä	14.6.2018	<b>Raekoko [mm]</b>	<b>Läpäisy [%]</b>
Näytteen ottaja	[REDACTED]		
Näytteen ottamispiste	8342		
Yleiset rakeisuusvaatimukset			
Standardi (seulonta)	SFS-EN 933-1:1998		
Standardi (pitkulaisuus)	SFS-EN 933-4:2000		
Rakeisuusluku	3,72		
Pitkulaisten osuus g	686,2		
Pitkulaisten osuus %	10,9	64	100,00
Vedenläpäisevyys		31,5	6,37
Tehokas raekoko D10	32,76	25	1,93
Tasaisuusluku D60/D10	1,53	16	0,91
Litteysluku		8	0,91
Los Angeles-luku		4	0,89
Nastarengaskulutuskestävyys		1	0,88
Kiintotiheys			
Vedenimeytyminen			
Seulontatapa	Kuiva		

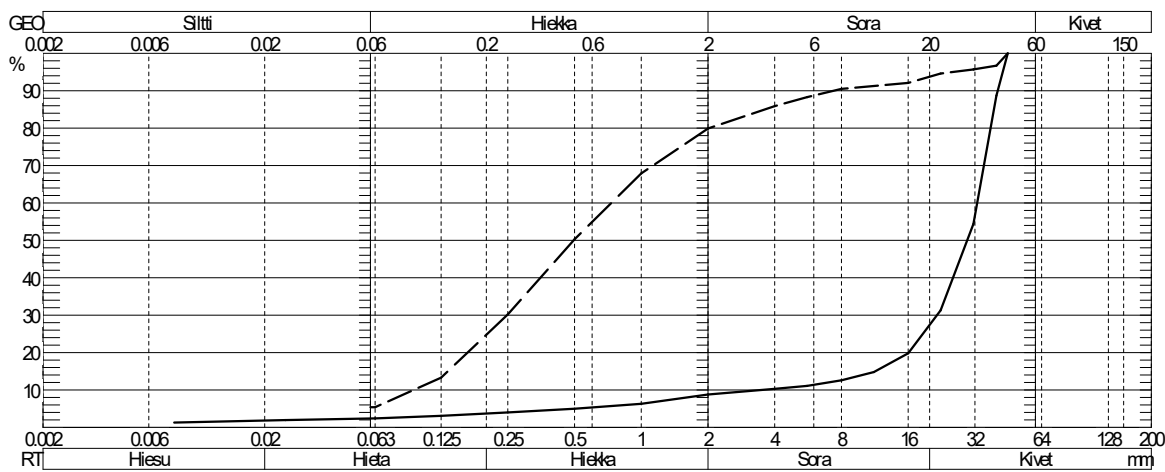
Huom. oikea

*Taulukko D.2. Pölkyn päästä tehdystä koekuopasta kerätyt näytteet.*

<b>Tutkimuspiste</b>	<b>Km-luku</b>	<b>Näytteenottosyvyys</b>	<b>Rakeisuusluku</b>
9323	287+980	0,35 - 0,55	56,8
9324	288+720	0,35 - 0,55	73,4
9325	289+440	0,35 - 0,55	40,0
9326	290+210	0,35 - 0,55	57,9
9327	290+980	0,35 - 0,55	33,7
9328	291+880	0,35 - 0,42	61,6
9329	292+340	0,35 - 0,53	53,3
9330	293+040	0,35 - 0,55	37,1
9331	295+350	0,35 - 0,55	27,3
9332	295+900	0,35 - 0,5	37,2
9333	296+320	0,35 - 0,55	43,0
9334	297+060	0,35 - 0,55	29,0
9335	297+710	0,35 - 0,55	50,1
9336	298+370	0,35 - 0,42	59,9
9337	299+130	0,35 - 0,45	41,5
9338	299+900	0,35 - 0,55	71,1
9339	300+670	0,35 - 0,63	74,3
9340	301+430	0,35 - 0,58	36,7
9341	302+200	0,35 - 0,53	35,5
9342	302+960	0,35 - 0,55	44,7
9343	303+730	0,35 - 0,55	35,3
9344	304+470	0 - 0,47	69,2
8132a	307+198	0,25 - 0,4	97,6
8172a	309+242	0,25 - 0,4	61,1
8176a	310+267	0,25 - 0,6	46,7
8187a	311+258	0,35 - 0,55	32,2
8189a	311+819	0,35 - 0,55	34,0
9802	323+102	0 - 0,85	44,6
9803	324+703	0 - 0,85	44,7

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	870	4454
Paalu	287+980 sivu-mitta +1.4	287+980 sivu-mitta +1.4
Syvvyys	0.35-0.55	0.64-0.9
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	2.54	6.07
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	C
Kelpoisuusluokka	S1	H1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	2.4	5.4
E-moduli MPa		< 100
Maalaji (V)	Se	HkMr
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	54.4	95.7		
22.4	31.3	94.6		
16	19.8	92.1		
11.2	14.8	91.3		
8	12.6	90.5		
5.6	11.1	88.3		
4	10.3	85.9		
2	8.8	79.9		
1	6.3	67.9		
0.5	5.0	50.3		
0.25	4.0	30.2		
0.125	3.1	13.3		
0.063	2.4	5.4		
0.02	1.8			
0.006				
0.002				

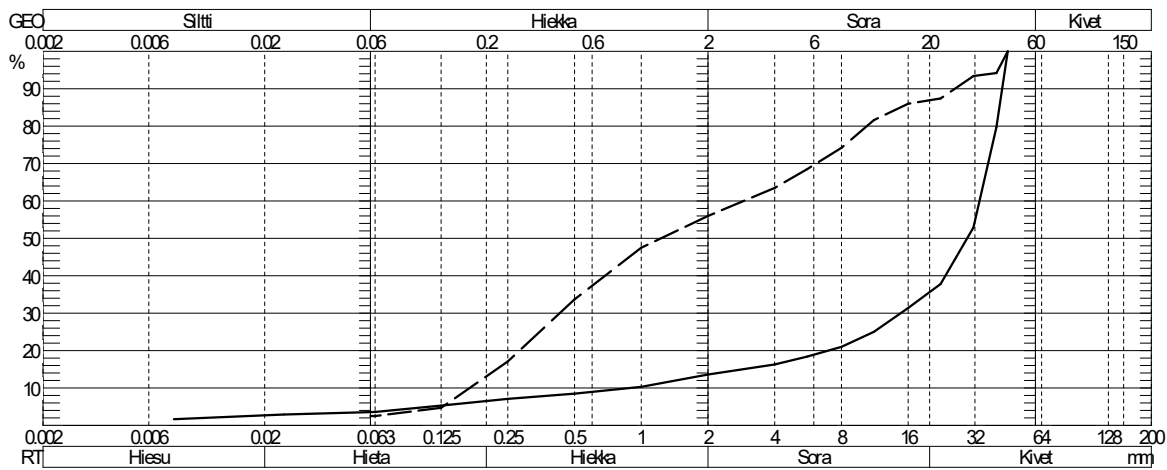
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

870	sepeli likaista
4454	määräsyvyydet

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	736	399
Paalu	288+720 sivu-mitta +1.4	288+720 sivu-mitta +1.4
Syvvyys	0.35-0.55	0.55-0.8
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	3.85	4.00
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	F(G,E)
Kelpoisuusluokka	S1	S1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	3.6	2.5
E-moduli MPa		100
Maalaji (V)	Se	srHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	52.9	93.4		
22.4	37.8	87.4		
16	31.4	86.0		
11.2	25.0	81.6		
8	21.0	74.2		
5.6	18.4	68.5		
4	16.3	63.5		
2	13.6	56.0		
1	10.3	47.5		
0.5	8.5	33.7		
0.25	7.1	17.1		
0.125	5.3	4.7		
0.063	3.6	2.5		
0.02	2.7			
0.006				
0.002				

Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

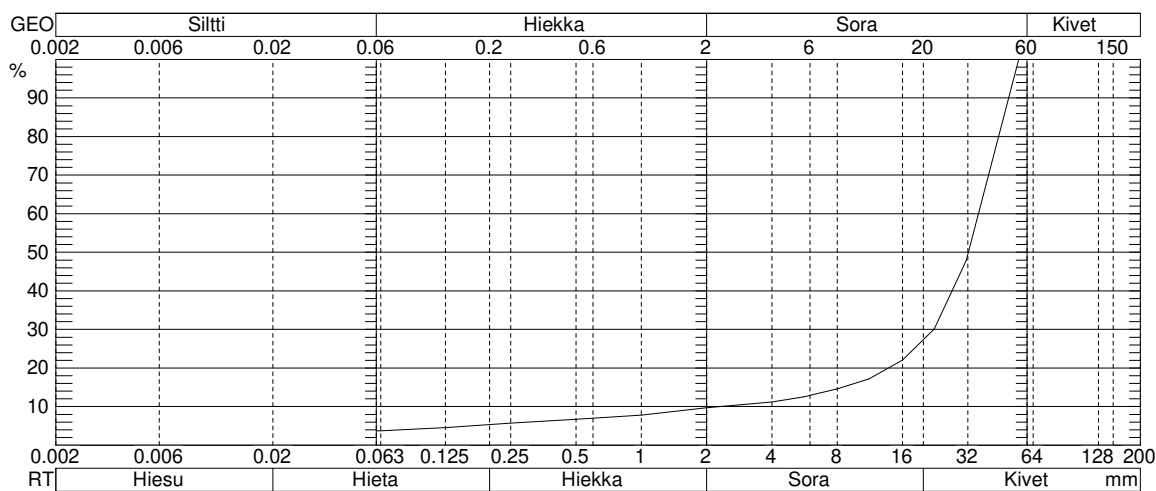
Lihavoidut arvot mitattuina

736	sepeli likaista
399	



Kuvaajatunnus	_____ 1
Tunnus	<b>736</b> <b>Pesuseulottu</b>
Paalu	288+720 sivumitta +1.4
Syvyys	0.35-0.55
Häiriintyneisyys	
Lisätiedot	silm.arvio
Menetelmät	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton
Vesipitoisuus %	5.90
Humuspitoisuus %	
Kantavuusluokka	B
Kelpoisuusluokka	S1
Kapillaarisuus	
Kivisyys > 200 mm	
Kivisyys 63-200 mm	
0.063mm läp-%	3.7
E-moduli MPa	280
Maalaji (V)	KaM
Maalaji (Eurokoodi)	Gr

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (pesuseulonta) [3] PANK-2103 (hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (humuspitoisuus)



Seula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100			
31.5	47.9			
22.4	30.1			
16	22.1			
8	14.6			
4	11.2			
2	9.7			
1	7.8			
0.5	6.7			
0.25	5.7			
0.125	4.6			
0.063	3.7			
0.02				
0.006				
0.002				

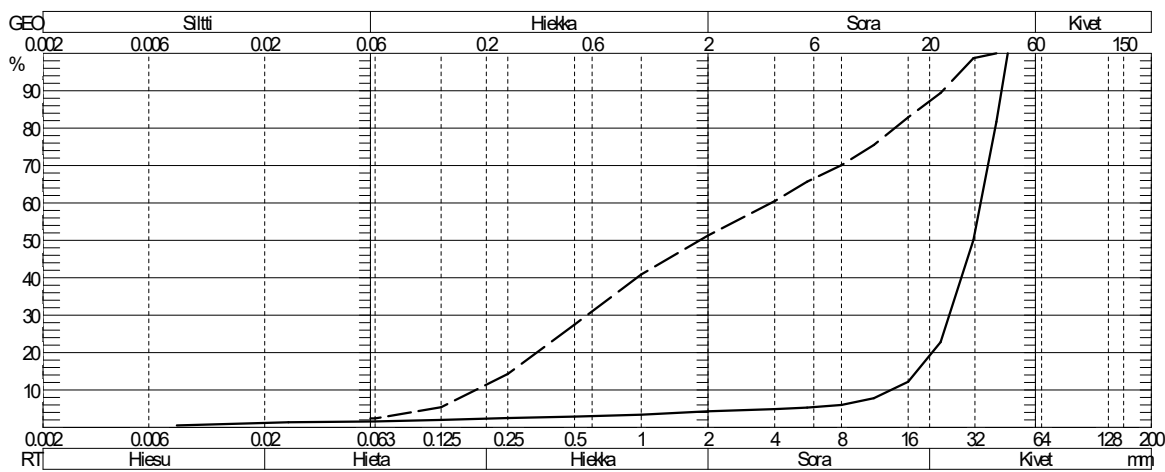
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuja

736	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	373	276
Paalu	289+440 sivu-mitta +1.4	289+440 sivu-mitta +1.4
Syvvyys	0.35-0.55	0.73-0.9
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.61	3.92
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	E
Kelpoisuusluokka	S1	S1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	1.6	2.4
E-moduli MPa		100
Maalaji (V)	Se	srHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	50.1	98.7		
22.4	22.8	89.4		
16	12.2	82.9		
11.2	7.8	75.5		
8	6.0	70.1		
5.6	5.3	65.7		
4	4.9	60.5		
2	4.3	51.3		
1	3.4	40.9		
0.5	2.9	27.5		
0.25	2.5	14.3		
0.125	2.0	5.4		
0.063	1.6	2.4		
0.02	1.1			
0.006				
0.002				

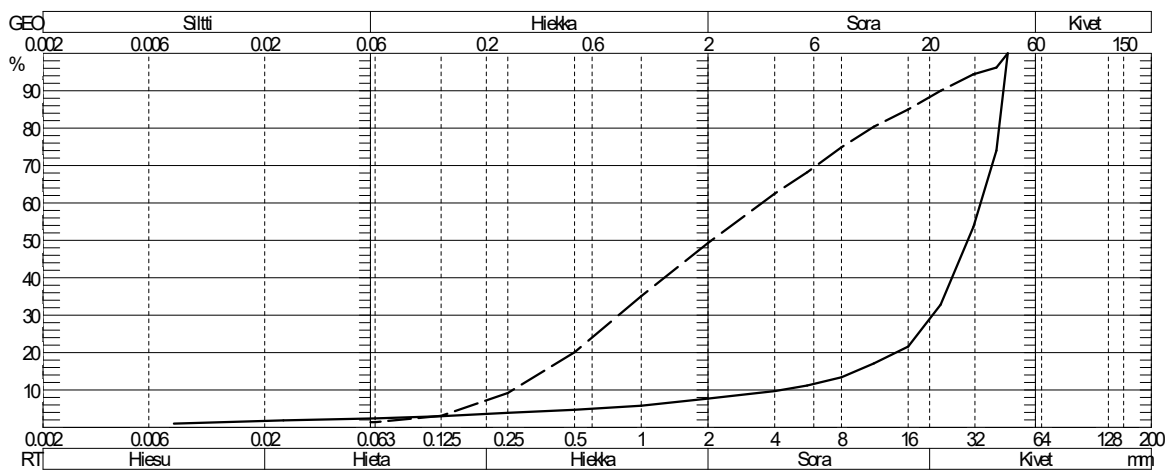
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

373	sepeli likaista
276	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2	
Tunnus	4455	811	
Paalu	290+210 sivu-mitta +1.4	290+210 sivu-mitta +1.4	
Syvyyks	0.35-0.55	0.62-0.85	
Häiriintyneisyys	NO	NO	
Lisätiedot			
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)	
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton	
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton	
Vesipitoisuus %	2.75	2.43	
Humuspitoisuus %			
Kantavuusluokka	B	B	
Kelpoisuusluokka	S1	S1	
Kapillaarisuus			
Kivisyys > 200 mm			
Kivisyys 63-200 mm			
0.063mm läp-%	2.4	1.4	
E-moduli MPa		150	
Maalaji (V)	Se	hkSr	
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	saGr	

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	53.6	94.4		
22.4	32.8	90.0		
16	21.6	85.0		
11.2	17.1	80.4		
8	13.4	74.9		
5.6	11.2	68.2		
4	9.7	62.5		
2	7.7	49.3		
1	5.8	35.1		
0.5	4.7	20.1		
0.25	3.9	9.2		
0.125	3.0	3.1		
0.063	2.4	1.4		
0.02	1.6			
0.006				
0.002				

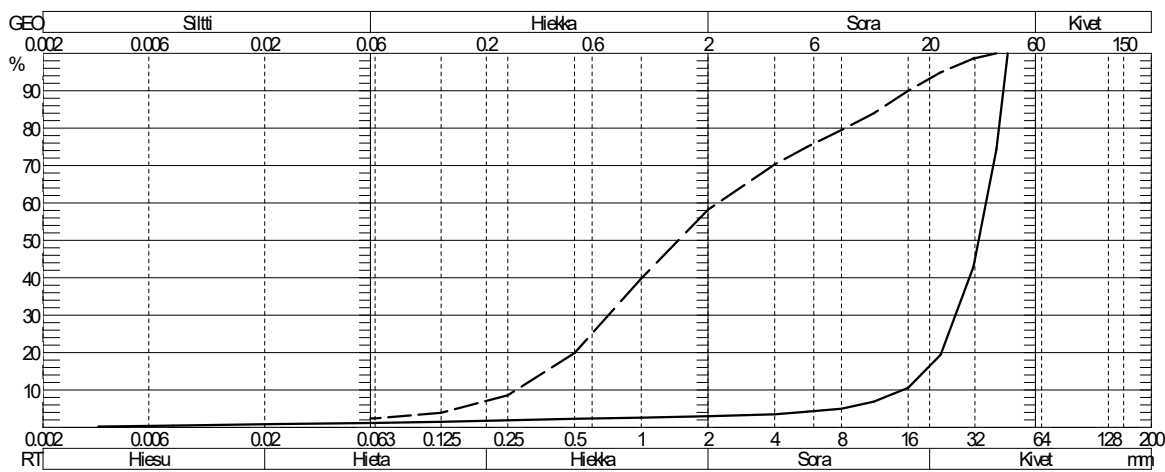
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

4455	sepeli likaista
811	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2	
Tunnus	491	987	
Paalu	290+980 sivumitta +1.4	290+980 sivumitta +1.4	
Syvyys	0.35-0.55	0.74-1.0	
Häiriintyneisyys	NO	NO	
Lisätiedot			
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)	
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton	
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton	
Vesipitoisuus %	1.06	2.92	
Humuspitoisuus %			
Kantavuusluokka	B	F(G,E)	
Kelpoisuusluokka	S1	S1	
Kapillaarisuus			
Kivisyys > 200 mm			
Kivisyys 63-200 mm			
0.063mm läp-%	1.2	2.4	
E-moduli MPa		100	
Maalaji (V)	Se	srHk	
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa	

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	42.9	98.6		
22.4	19.4	94.9		
16	10.6	90.0		
11.2	6.9	84.0		
8	5.0	79.5		
5.6	4.2	75.0		
4	3.5	70.3		
2	3.0	58.2		
1	2.6	39.8		
0.5	2.3	19.9		
0.25	1.9	8.6		
0.125	1.5	3.9		
0.063	1.2	2.4		
0.02	0.8			
0.006	0.4			
0.002				

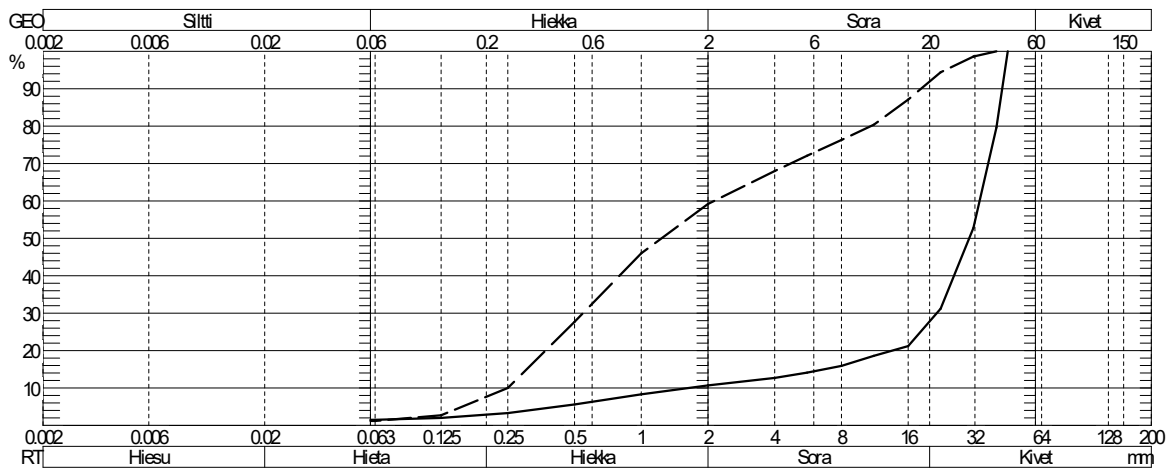
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

491	sepeli likaista
987	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	2581	856
Paalu	291+880 sivu-mitta +1.4	291+880 sivu-mitta +1.4
Syvyyks	0.35-0.42	0.42-0.60
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot	silm.arvio	
Menetelmät	2,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.63	2.43
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	C
Kelpoisuusluokka	S1	S1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	1.5	1.2
E-moduli MPa		100
Maalaji (V)	Se	srHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	52.8	98.6		
22.4	31.2	94.4		
16	21.2	87.1		
11.2	18.6	80.4		
8	15.9	76.3		
5.6	14.1	72.1		
4	12.7	68.0		
2	10.7	59.2		
1	8.3	46.0		
0.5	5.6	27.7		
0.25	3.3	10.0		
0.125	2.0	2.7		
0.063	1.5	1.2		
0.02				
0.006				
0.002				

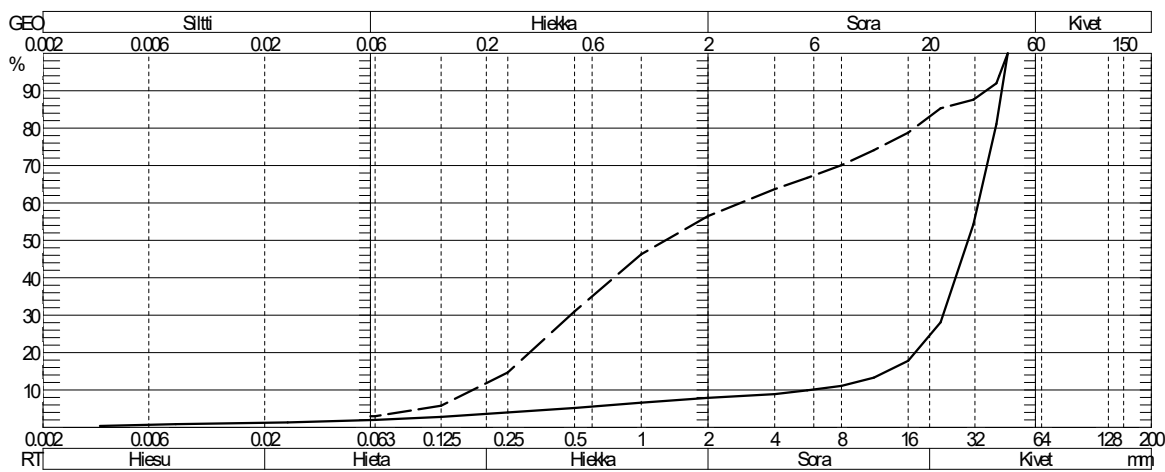
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

2581	sepeli likaista
856	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	994	4458
Paalu	292+340 sivumitta +1.4	292+340 sivumitta +1.4
Syvyyks	0.35-0.53	0.53
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.69	2.38
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	E
Kelpoisuusluokka	S1	S1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	2.0	3.0
E-moduli MPa		100
Maalaji (V)	Se	srHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	54.3	87.6		
22.4	28.1	85.3		
16	17.8	78.8		
11.2	13.3	74.1		
8	11.1	70.1		
5.6	9.9	66.7		
4	8.9	63.7		
2	7.9	56.5		
1	6.6	46.3		
0.5	5.2	31.0		
0.25	4.0	14.7		
0.125	2.8	5.8		
0.063	2.0	3.0		
0.02	1.2			
0.006	0.7			
0.002				

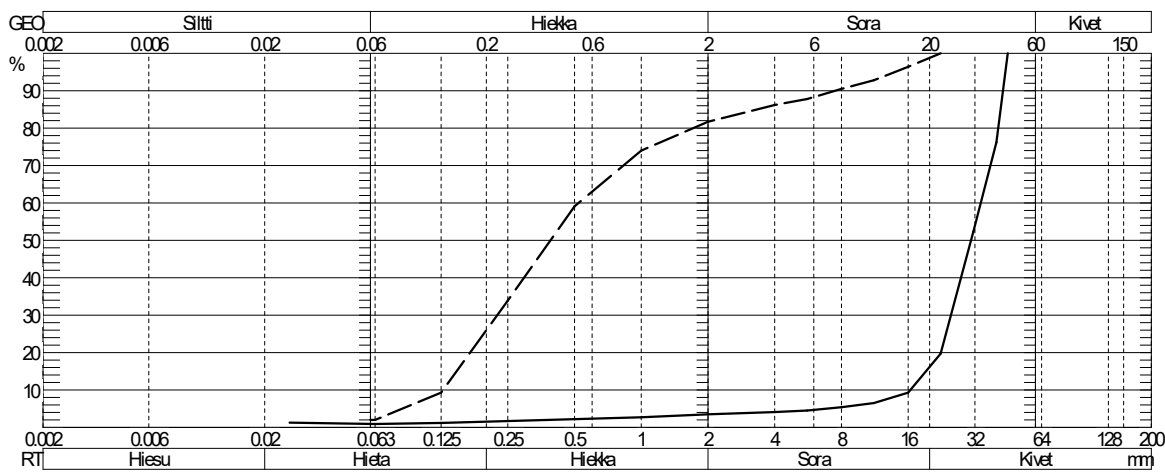
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

994	Sepeli likaista
4458	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	749	739
Paalu	293+040 sivu-mitta +1.4	0.55-0.8 sivu-mitta +1.4
Syvyys	0.35-0.55	0.55-0.8
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.92	3.23
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	D
Kelpoisuusluokka	S1	H1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	0.9	2.0
E-moduli MPa		70
Maalaji (V)	Se	keHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	Sa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	52.4	100		
22.4	19.7	100		
16	9.3	96.4		
11.2	6.5	92.8		
8	5.4	90.5		
5.6	4.5	87.8		
4	4.1	86.2		
2	3.5	81.7		
1	2.7	74.0		
0.5	2.2	59.1		
0.25	1.7	33.9		
0.125	1.2	9.3		
0.063	0.9	2.0		
0.02				
0.006				
0.002				

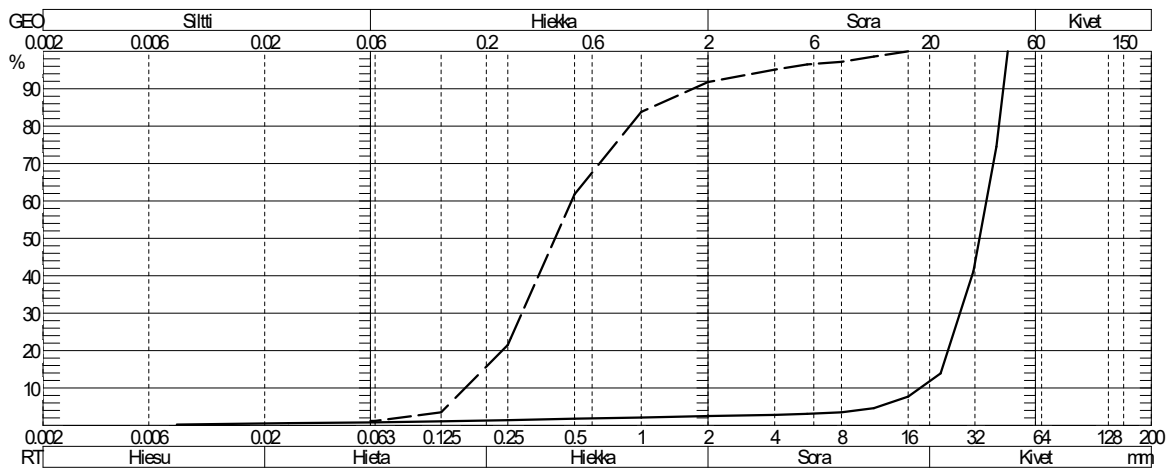
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

749	sepeli likaista
739	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	4451	762
Paalu	295+350 sivu-mitta -1.4	295+350 sivu-mitta -1.4
Syvyyks	0.35-0.55	0.76-1.0
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.82	3.92
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	D
Kelpoisuusluokka	S1	H1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	0.8	1.2
E-moduli MPa		70
Maalaji (V)	Se	keHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	Sa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Säula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	41.2	100		
22.4	13.9	100		
16	7.7	100		
11.2	4.6	98.6		
8	3.5	97.2		
5.6	3.1	96.5		
4	2.8	95.1		
2	2.5	91.8		
1	2.1	83.8		
0.5	1.8	61.8		
0.25	1.4	21.5		
0.125	1.1	3.5		
0.063	0.8	1.2		
0.02	0.5			
0.006				
0.002				

Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

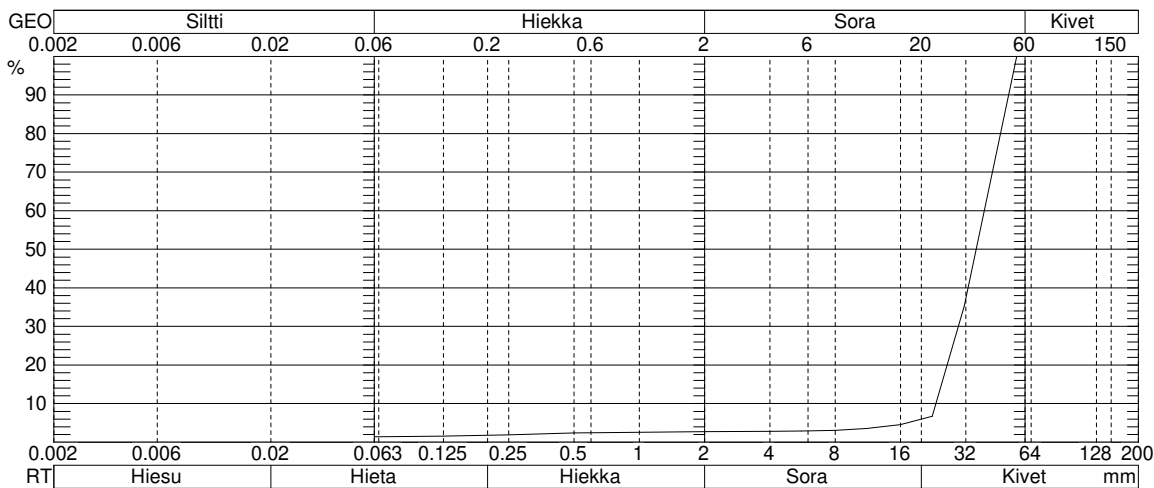
Lihavoidut arvot mitattuina

4451	sepeli likaista
762	



Kuvaajatunnus	_____ 1
Tunnus	4451 Pesuseulottu
Paalu	295+350 sivumitta -1.4
Syvyys	0.35-0.55
Häiriintyneisyys	
Lisätiedot	silm.arvio
Menetelmät	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton
Vesipitoisuus %	0.89
Humuspitoisuus %	
Kantavuusluokka	B
Kelpoisuusluokka	S1
Kapillaarisuus	
Kivisyys > 200 mm	
Kivisyys 63-200 mm	
0.063mm läp-%	1.4
E-moduli MPa	280
Maalaji (V)	KaM
Maalaji (Eurokoodi)	Gr

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (pesuseulonta) [3] PANK-2103 (hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (humuspitoisuus)



Seula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100			
31.5	35.3			
22.4	6.7			
16	4.6			
8	3.1			
4	2.8			
2	2.7			
1	2.6			
0.5	2.4			
0.25	1.9			
0.125	1.6			
0.063	1.4			
0.02				
0.006				
0.002				

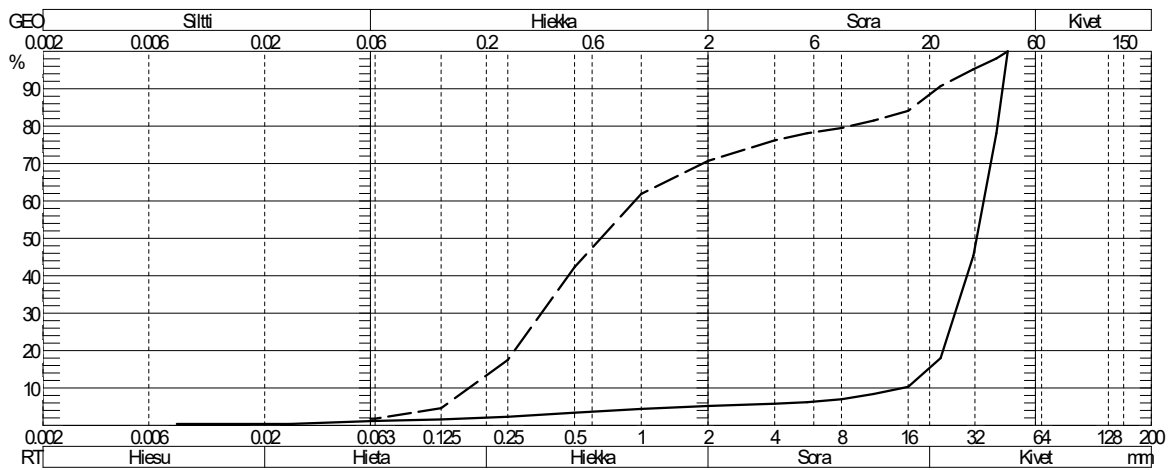
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuja

4451	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	4452	808
Paalu	295+900 sivu-mitta +1.4	295+900 sivu-mitta +1.4
Syvyys	0.35-0.50	0.5-0.7
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	2.66	3.11
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	D
Kelpoisuusluokka	S1	H1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	1.2	1.8
E-moduli MPa		70
Maalaji (V)	Se	kaHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	45.4	95.2		
22.4	18.0	90.7		
16	10.3	84.1		
11.2	8.4	81.5		
8	7.0	79.5		
5.6	6.2	78.1		
4	5.8	76.2		
2	5.2	70.7		
1	4.4	61.9		
0.5	3.4	42.3		
0.25	2.3	17.5		
0.125	1.6	4.6		
0.063	1.2	1.8		
0.02	0.4			
0.006				
0.002				

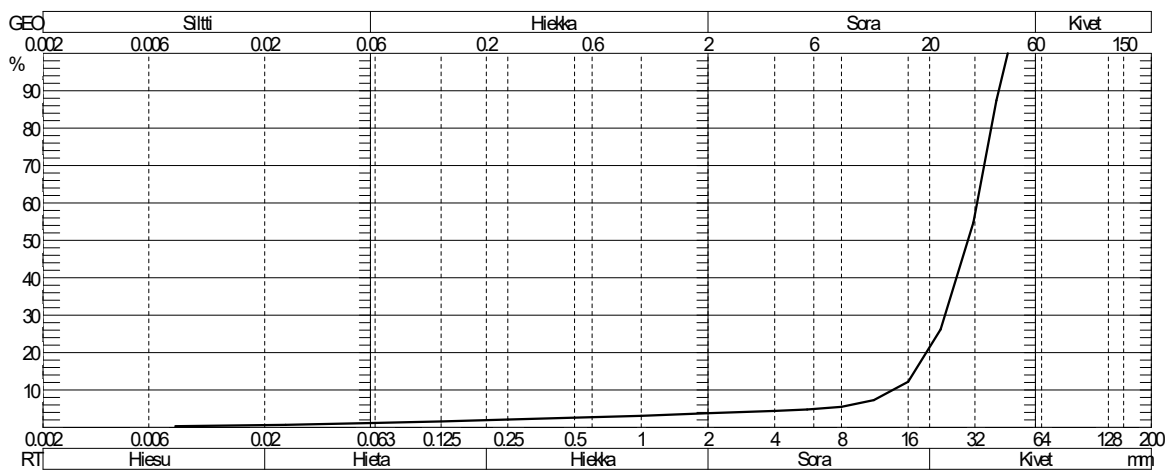
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

4452	sepeli likaista
808	

Kuvaajatunnus	_____ 1
Tunnus	4462
Paalu	296+320 sivu-mitta +1.4
Syvvyys	0.35-0.55
Häiriintyneisyys	NO
Lisätiedot	
Menetelmät	2,3,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton
Vesipitoisuus %	2.44
Humuspitoisuus %	
Kantavuusluokka	B
Kelpoisuusluokka	S1
Kapillaarisuus	
Kivisyys > 200 mm	
Kivisyys 63-200 mm	
0.063mm läp-%	1.2
E-moduli MPa	
Maalaji (V)	Se
Maalaji (Eurokoodi)	Gr

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Säula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100			
31.5	54.8			
22.4	26.2			
16	12.2			
11.2	7.3			
8	5.5			
5.6	4.8			
4	4.4			
2	3.8			
1	3.1			
0.5	2.6			
0.25	2.1			
0.125	1.6			
0.063	1.2			
0.02	0.6			
0.006				
0.002				

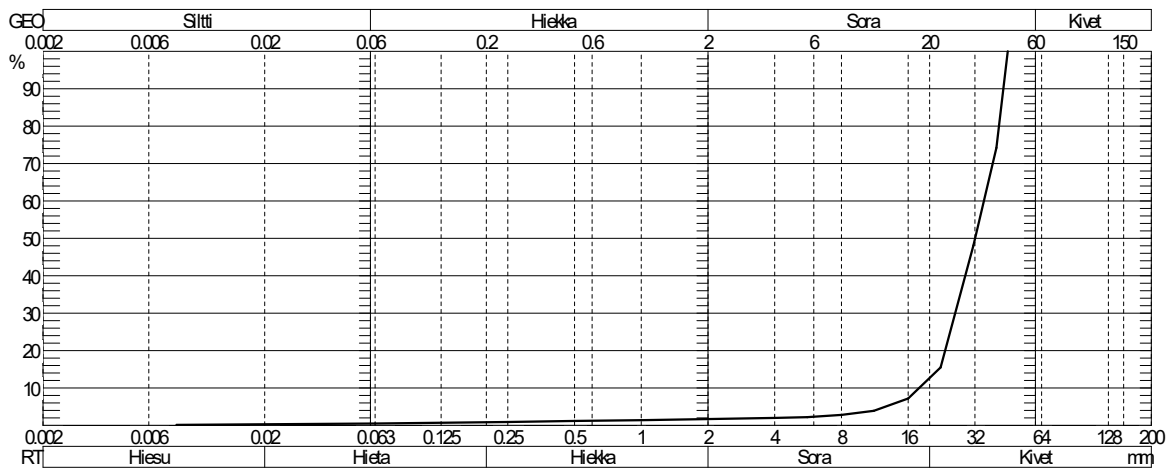
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

4462	seveli likaista. Lapiokaivu kuoppa sortuu.
------	--

Kuvaajatunnus	_____ 1
Tunnus	858
Paalu	297+060 sivu-mitta +1.4
Syvvyys	0.35-0.55
Häiriintyneisyys	NO
Lisätiedot	
Menetelmät	2,3,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.47
Humuspitoisuus %	
Kantavuusluokka	B
Kelpoisuusluokka	S1
Kapillaarisuus	
Kivisyys > 200 mm	
Kivisyys 63-200 mm	
0.063mm läp-%	0.5
E-moduli MPa	
Maalaji (V)	Se
Maalaji (Eurokoodi)	Gr

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Säula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100			
31.5	48.1			
22.4	15.5			
16	7.2			
11.2	3.9			
8	2.8			
5.6	2.2			
4	2.0			
2	1.7			
1	1.4			
0.5	1.2			
0.25	0.9			
0.125	0.7			
0.063	0.5			
0.02	0.3			
0.006				
0.002				

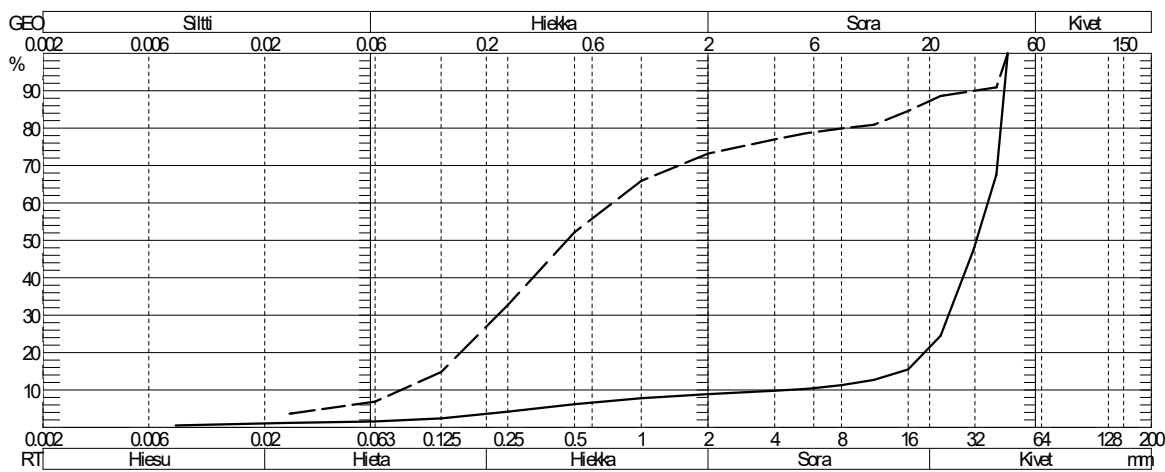
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

858	Sepeli likaista. Lapiokaivu kuoppa sortuu.
-----	--

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	471	816
Paalu	297+710 sivu-mitta +1.4	297+710 sivu-mitta +1.4
Syvyyks	0.35-0.42	0.42-0.65
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,3,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	2.19	4.91
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	C
Kelpoisuusluokka	S1	H1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	1.6	6.9
E-moduli MPa		< 100
Maalaji (V)	Se	HkMr
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	47.4	90.0		
22.4	24.5	88.6		
16	15.5	84.6		
11.2	12.7	80.9		
8	11.3	79.9		
5.6	10.3	78.7		
4	9.8	77.0		
2	8.9	73.2		
1	7.8	65.9		
0.5	6.2	52.2		
0.25	4.2	32.7		
0.125	2.4	14.8		
0.063	1.6	6.9		
0.02	1.0			
0.006				
0.002				

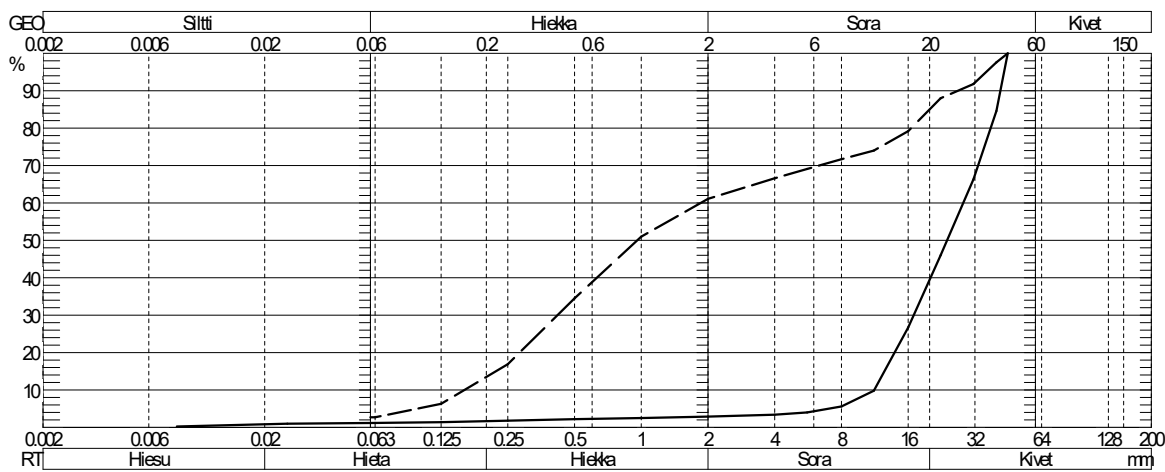
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

471	sepeli likaista
816	Määräsyvyydet

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	875	465
Paalu	298+370 sivu-mitta +1.4	298+370 sivu-mitta +1.4
Syvvyys	0.35-0.52	0.52-0.8
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.81	2.92
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	E
Kelpoisuusluokka	S1	S1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	1.2	2.7
E-moduli MPa		70
Maalaji (V)	Se	srHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	66.3	91.8		
22.4	46.0	88.0		
16	26.7	79.2		
11.2	9.8	74.0		
8	5.6	71.7		
5.6	4.0	69.1		
4	3.4	66.6		
2	2.9	61.1		
1	2.5	51.0		
0.5	2.2	34.5		
0.25	1.8	16.9		
0.125	1.4	6.3		
0.063	1.2	2.7		
0.02	0.8			
0.006				
0.002				

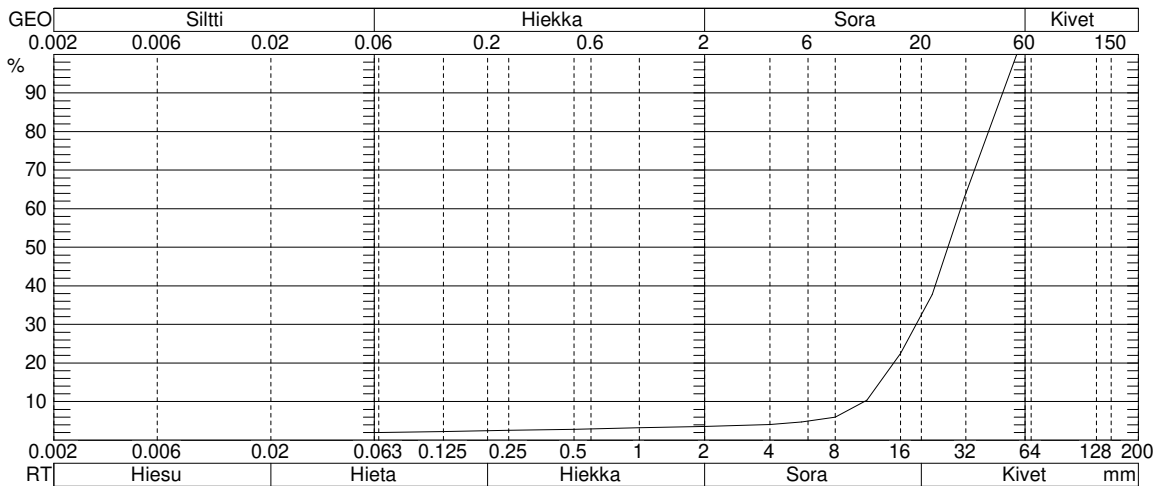
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

875	sepeli likaista
465	

Kuvaajatunnus	_____ 1
Tunnus	<b>875</b> <b>Pesuseulottu</b>
Paalu	298+370 sivumitta+1.4
Syvyys	0.35-0.52
Häiriintyneisyys	
Lisätiedot	
Menetelmät	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.33
Humuspitoisuus %	
Kantavuusluokka	B
Kelpoisuusluokka	S1
Kapillaarisuus	
Kivisyys > 200 mm	
Kivisyys 63-200 mm	
0.063mm läp-%	2.0
E-moduli MPa	280
Maalaji (V)	KaM
Maalaji (Eurokoodi)	Gr

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (pesuseulonta) [3] PANK-2103 (hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (humuspitoisuus)



Seula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	<b>100</b>			
31.5	<b>62.8</b>			
22.4	<b>37.8</b>			
16	<b>22.5</b>			
8	<b>6.0</b>			
4	<b>4.1</b>			
2	<b>3.6</b>			
1	<b>3.2</b>			
0.5	<b>2.8</b>			
0.25	<b>2.6</b>			
0.125	<b>2.2</b>			
0.063	<b>2.0</b>			
0.02				
0.006				
0.002				

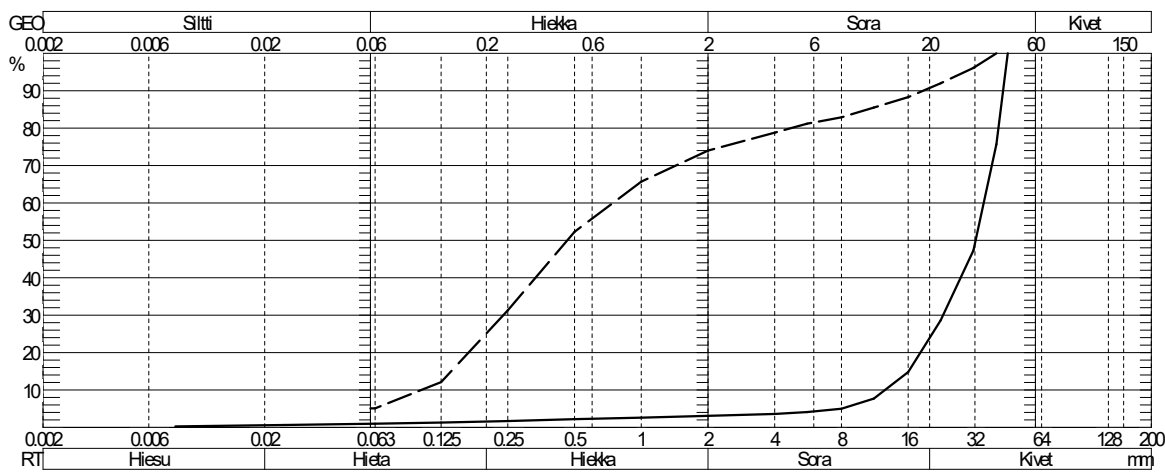
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuja

875	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	500	4461
Paalu	299+130 sivu-mitta +1.4	299+130 sivu-mitta +1.4
Syvvyys	0.35-0.45	0.45-0.65
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.93	3.81
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	C
Kelpoisuusluokka	S1	H1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	1.0	5.1
E-moduli MPa		< 100
Maalaji (V)	Se	HkMr
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	47.3	96.1		
22.4	28.6	92.0		
16	14.8	88.3		
11.2	7.7	85.5		
8	5.0	82.9		
5.6	4.1	81.2		
4	3.6	78.8		
2	3.1	74.0		
1	2.6	65.7		
0.5	2.2	52.3		
0.25	1.7	31.3		
0.125	1.3	12.1		
0.063	1.0	5.1		
0.02	0.5			
0.006				
0.002				

Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

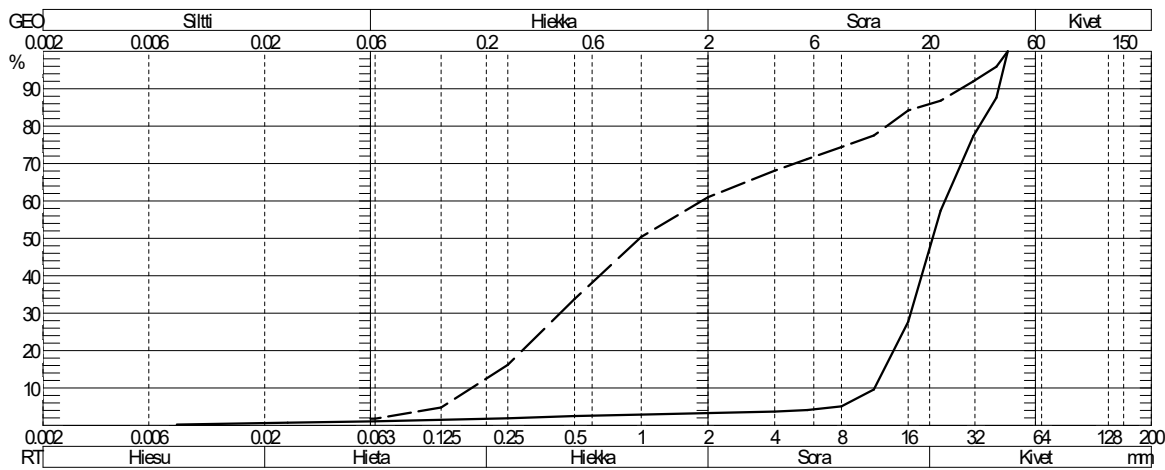
Lihavoidut arvot mitattuina

500	sepeli likaista
4461	



Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2	
Tunnus	4460	734	
Paalu	299+900 sivu-mitta +1.4	299+900 sivu-mitta +1.4	
Syvyyks	0.35-0.55	0.55-0.75	
Häiriintyneisyys	NO	NO	
Lisätiedot			
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)	
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton	
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton	
Vesipitoisuus %	1.80	2.35	
Humuspitoisuus %			
Kantavuusluokka	B	E	
Kelpoisuusluokka	S1	S1	
Kapillaarisuus			
Kivisyys > 200 mm			
Kivisyys 63-200 mm			
0.063mm läp-%	1.1	1.8	
E-moduli MPa		70	
Maalaji (V)	Se	srHk	
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa	

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	77.4	92.0		
22.4	57.4	86.8		
16	27.7	84.2		
11.2	9.6	77.5		
8	5.1	74.4		
5.6	4.1	71.2		
4	3.7	68.1		
2	3.3	61.0		
1	2.9	50.4		
0.5	2.5	33.8		
0.25	1.9	16.2		
0.125	1.5	4.8		
0.063	1.1	1.8		
0.02	0.6			
0.006				
0.002				

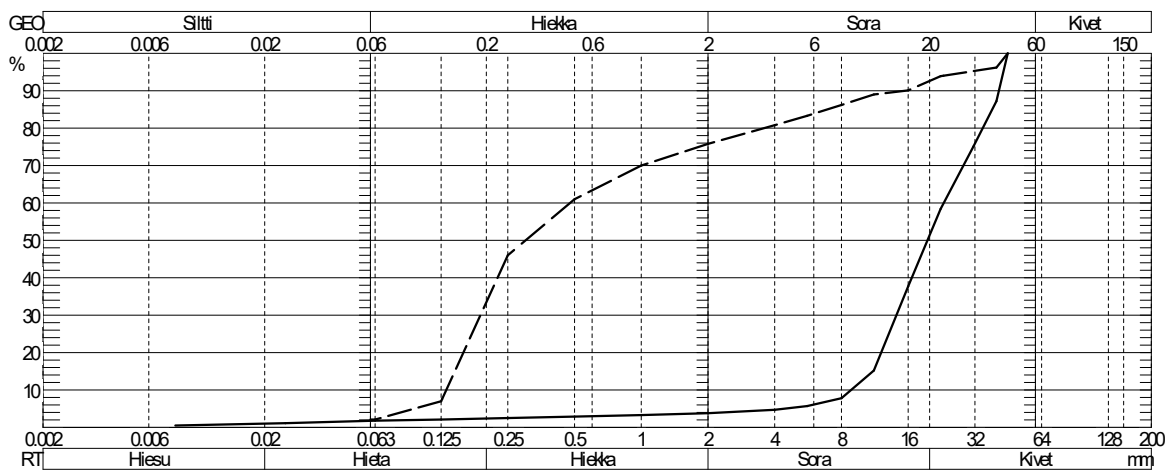
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

4460	sepeli likaista
734	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	577	2579
Paalu	300+670 sivu-mitta +1.4	300+670 sivu-mitta +1.4
Syvyys	0.35-0.63	0.63-0.85
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	2.20	3.67
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	D
Kelpoisuusluokka	S1	H1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	1.8	2.1
E-moduli MPa		50
Maalaji (V)	Se	keHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	75.1	95.3		
22.4	58.4	93.9		
16	37.7	90.1		
11.2	15.2	89.0		
8	7.8	86.2		
5.6	5.7	83.3		
4	4.7	80.8		
2	3.8	75.8		
1	3.3	70.0		
0.5	2.9	61.0		
0.25	2.5	46.0		
0.125	2.1	7.0		
0.063	1.8	2.1		
0.02	0.9			
0.006				
0.002				

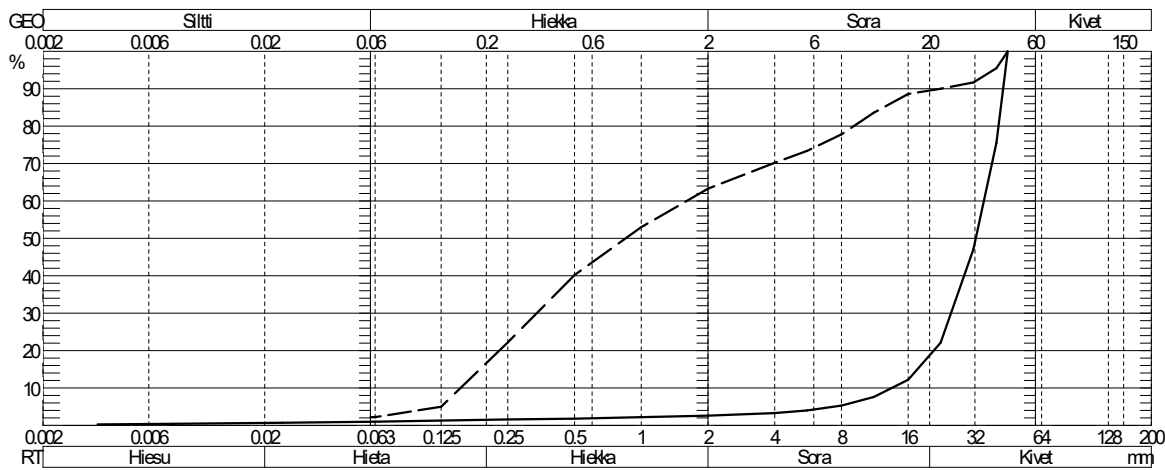
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

577	sepeli likaista
2579	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2	
Tunnus	605	863	
Paalu	301+430 sivu-mitta +1.4	301+430 sivu-mitta +1.4	
Syvyys	0.35-0.58	0.58-0.8	
Häiriintyneisyys	NO	NO	
Lisätiedot			
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)	
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton	
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton	
Vesipitoisuus %	1.70	3.01	
Humuspitoisuus %			
Kantavuusluokka	B	F(G,E)	
Kelpoisuusluokka	S1	S1	
Kapillaarisuus			
Kivisyys > 200 mm			
Kivisyys 63-200 mm			
0.063mm läp-%	1.0	2.2	
E-moduli MPa		70	
Maalaji (V)	Se	srHk	
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa	

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Säula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	47.1	91.7		
22.4	22.1	90.0		
16	12.2	88.6		
11.2	7.6	83.6		
8	5.3	77.8		
5.6	4.0	73.4		
4	3.3	70.2		
2	2.6	63.3		
1	2.2	53.0		
0.5	1.8	40.2		
0.25	1.6	22.2		
0.125	1.3	5.0		
0.063	1.0	2.2		
0.02	0.6			
0.006	0.4			
0.002				

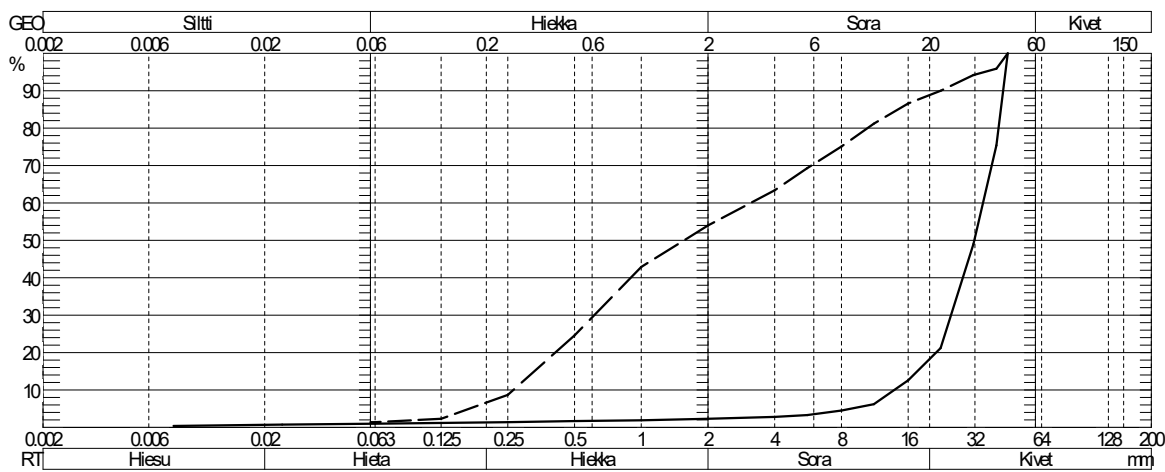
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

605	sepeli likaista
863	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2	
Tunnus	4463	193	
Paalu	302+200 sivu-mitta +1.4	302+200 sivu-mitta +1.4	
Syvyys	0.35-0.53	0.53-0.8	
Häiriintyneisyys	NO	NO	
Lisätiedot			
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)	
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton	
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton	
Vesipitoisuus %	1.68	2.31	
Humuspitoisuus %			
Kantavuusluokka	B	F(G,E)	
Kelpoisuusluokka	S1	S1	
Kapillaarisuus			
Kivisyys > 200 mm			
Kivisyys 63-200 mm			
0.063mm läp-%	1.0	1.4	
E-moduli MPa		100	
Maalaji (V)	Se	srHk	
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa	

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	49.0	94.2		
22.4	21.2	90.0		
16	12.6	86.6		
11.2	6.2	81.2		
8	4.5	75.1		
5.6	3.3	69.3		
4	2.8	63.4		
2	2.3	54.0		
1	1.9	42.9		
0.5	1.7	24.6		
0.25	1.4	8.7		
0.125	1.2	2.3		
0.063	1.0	1.4		
0.02	0.7			
0.006				
0.002				

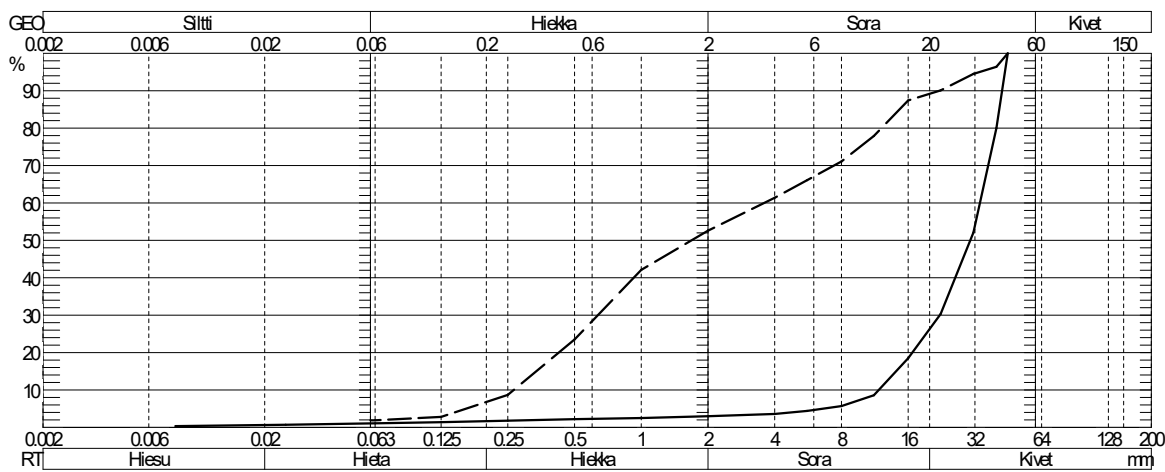
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

4463	sepeli likaista
193	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	835	60
Paalu	302+960 sivu-mitta +1.4	302+960 sivu-mitta +1.4
Syvvyys	0.35-0.55	0.56-0.8
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	2.15	2.53
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	F(G,E)
Kelpoisuusluokka	S1	S1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	1.1	1.9
E-moduli MPa		100
Maalaji (V)	Se	srHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	52.1	94.5		
22.4	30.3	90.1		
16	18.5	87.4		
11.2	8.6	77.9		
8	5.7	71.1		
5.6	4.4	66.1		
4	3.6	61.4		
2	3.0	52.6		
1	2.5	42.1		
0.5	2.2	23.5		
0.25	1.8	8.7		
0.125	1.4	2.8		
0.063	1.1	1.9		
0.02	0.6			
0.006				
0.002				

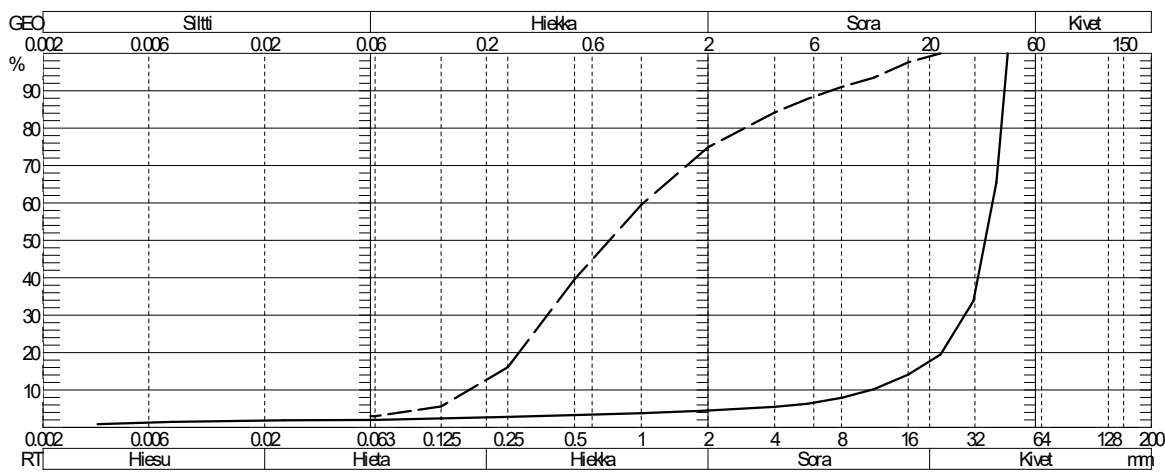
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

835	sepeli likaista
60	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	943	839
Paalu	303+730 sivu-mitta +1.4	303+730 sivu-mitta +1.4
Syvvyys	0.35-0.55	0.68-0.8
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot		
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	3.47	3.15
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	D
Kelpoisuusluokka	S1	H1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	2.0	3.0
E-moduli MPa		70
Maalaji (V)	Se	kaHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	33.8	100		
22.4	19.5	100		
16	14.1	97.6		
11.2	10.2	93.5		
8	7.9	91.0		
5.6	6.3	87.8		
4	5.5	84.2		
2	4.5	74.9		
1	3.8	59.5		
0.5	3.3	39.6		
0.25	2.8	16.1		
0.125	2.4	5.6		
0.063	2.0	3.0		
0.02	1.8			
0.006	1.2			
0.002				

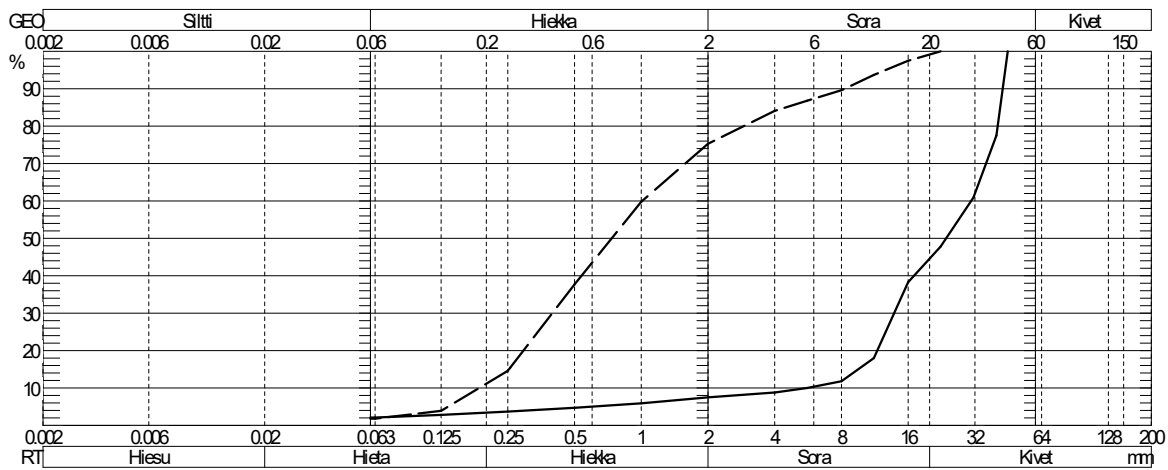
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

943	sepeli likaista. Paljon puuta seassa.
839	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	524	11
Paalu	304+470 sivu-mitta +1.4	304+470 sivu-mitta +1.4
Syvyyks	0.0-0.47	0.47-0.7
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot	silm.arvio	
Menetelmät	2,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	3.33	2.47
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	D
Kelpoisuusluokka	S1	H1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	2.1	1.8
E-moduli MPa		70
Maalaji (V)	Se	kaHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	60.9	100		
22.4	47.8	100		
16	38.3	97.5		
11.2	18.0	93.7		
8	11.8	89.6		
5.6	10.0	86.8		
4	8.8	84.1		
2	7.5	75.3		
1	5.9	59.8		
0.5	4.7	37.7		
0.25	3.7	14.6		
0.125	2.8	3.9		
0.063	2.1	1.8		
0.02				
0.006				
0.002				

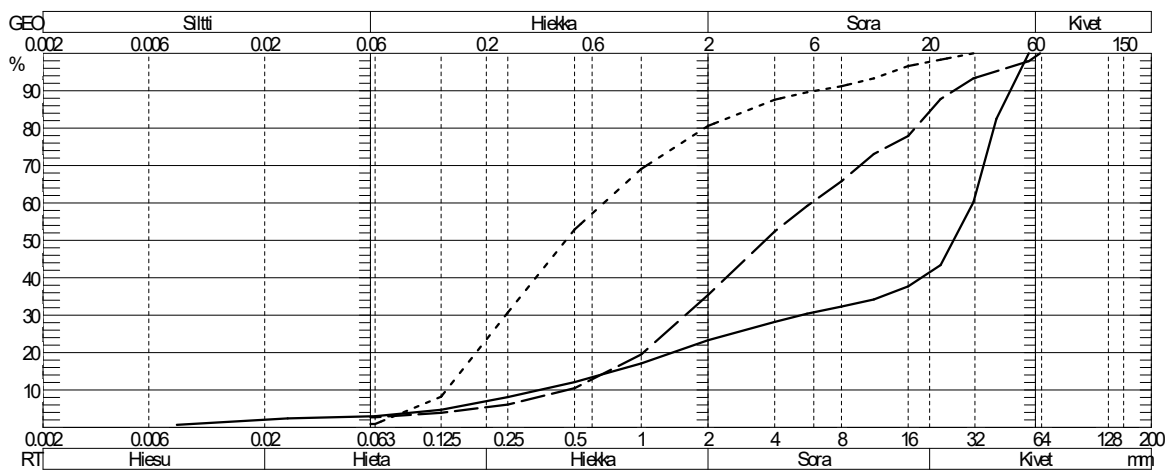
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

524	sepeli likaista
11	

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2	..... 3
Tunnus	1837	1600	3458
Paalu	307+189 sivu-mitta +1.4	307+189 sivu-mitta +1.4	307+189 sivu-mitta +1.8
Syvyys	0.25-0.4	0.4-0.55	0.55-0.65
Häiriintyneisyys	NO	NO	NO
Lisätiedot			
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	5.00	2.69	5.68
Humuspitoisuus %			
Kantavuusluokka	B	B	D
Kelpoisuusluokka	S1	S1	H1
Kapillaarisuus			
Kivisyys > 200 mm			
Kivisyys 63-200 mm			
0.063mm läp-%	3.0	2.7	0.9
E-moduli MPa		200	70
Maalaji (V)	Se	hkSr	keHk
Maalaji (Eurokoodi)	saGr	saGr	Sa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100	100	
31.5	60.2	93.3	100	
22.4	43.4	87.8	98.3	
16	37.7	77.9	96.6	
11.2	34.2	73.1	93.3	
8	32.3	65.8	91.2	
5.6	30.4	59.2	89.6	
4	28.2	52.4	87.6	
2	23.3	35.4	80.6	
1	17.1	19.5	69.1	
0.5	12.1	10.5	52.9	
0.25	8.1	6.1	30.7	
0.125	4.7	3.9	8.2	
0.063	3.0	2.7	0.9	
0.02	2.1			
0.006				
0.002				

Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

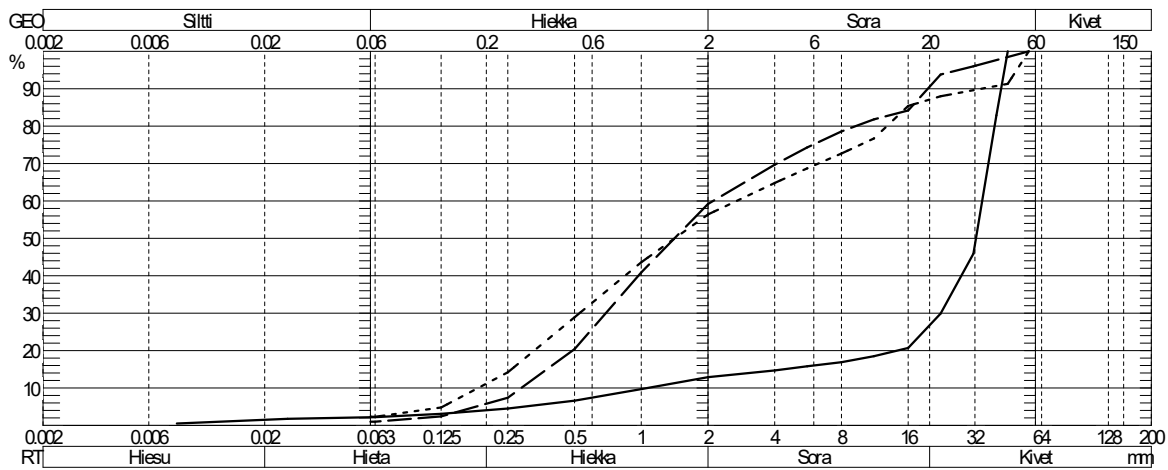
Lihavoidut arvot mitattuja

1837	juuria seassa, likaista
1600	määräsyvyys
3458	



Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2	..... 3
Tunnus	2324	2553	1778
Paalu	309+242 sivu-mitta +1.4	309+242 sivu-mitta +1.4	309+242 sivu-mitta +1.4
Syvyys	0.25-0.4	0.4-0.55	0.55-0.65
Häiriintyneisyys	NO	NO	NO
Lisätiedot			
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	3.45	2.26	3.61
Humuspitoisuus %			
Kantavuusluokka	B	E	E
Kelpoisuusluokka	S1	S1	S1
Kapillaarisuus			
Kivisyys > 200 mm			
Kivisyys 63-200 mm			
0.063mm läp-%	2.2	1.0	2.3
E-moduli MPa		100	100
Maalaji (V)	Se	srHk	srHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa	grSa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100	100	
31.5	45.9	96.0	89.6	
22.4	29.9	93.8	88.0	
16	20.7	84.2	85.4	
11.2	18.5	81.8	76.7	
8	16.9	78.6	72.7	
5.6	15.8	74.3	68.7	
4	14.7	69.7	64.8	
2	12.9	59.2	56.4	
1	9.7	40.9	43.6	
0.5	6.6	20.4	28.9	
0.25	4.5	7.4	14.2	
0.125	3.1	2.4	4.8	
0.063	2.2	1.0	2.3	
0.02	1.5			
0.006				
0.002				

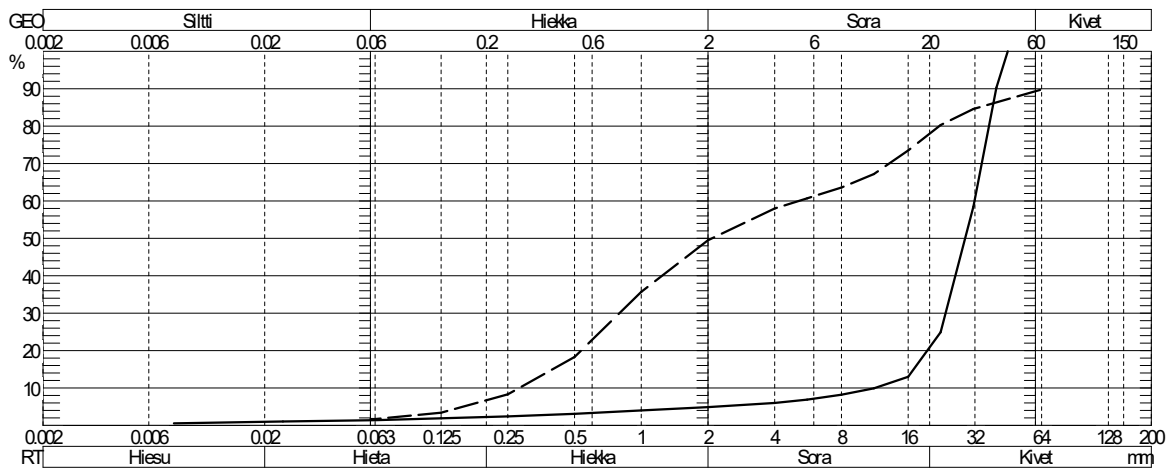
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuja

2324	likainen
2553	
1778	määräsyvyys

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2	
Tunnus	4193	317	
Paalu	310+267 sivu-mitta +1.4	310+267 sivu-mitta +1.4	
Syvyyks	0.25-0.6	0.6-0.8	
Häiriintyneisyys	NO	NO	
Lisätiedot			
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)	
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton	
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton	
Vesipitoisuus %	1.68	2.58	
Humuspitoisuus %			
Kantavuusluokka	B	B	
Kelpoisuusluokka	S1	S1	
Kapillaarisuus			
Kivisyys > 200 mm			
Kivisyys 63-200 mm			
0.063mm läp-%	1.4	1.7	
E-moduli MPa		200	
Maalaji (V)	Se	hkSr	
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	grSa	

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	89.7		
31.5	58.5	84.6		
22.4	24.9	80.3		
16	13.0	73.5		
11.2	9.9	67.2		
8	8.2	63.6		
5.6	6.9	60.7		
4	6.0	58.0		
2	4.9	49.5		
1	4.0	35.7		
0.5	3.1	18.3		
0.25	2.4	8.3		
0.125	1.9	3.4		
0.063	1.4	1.7		
0.02	0.9			
0.006				
0.002				

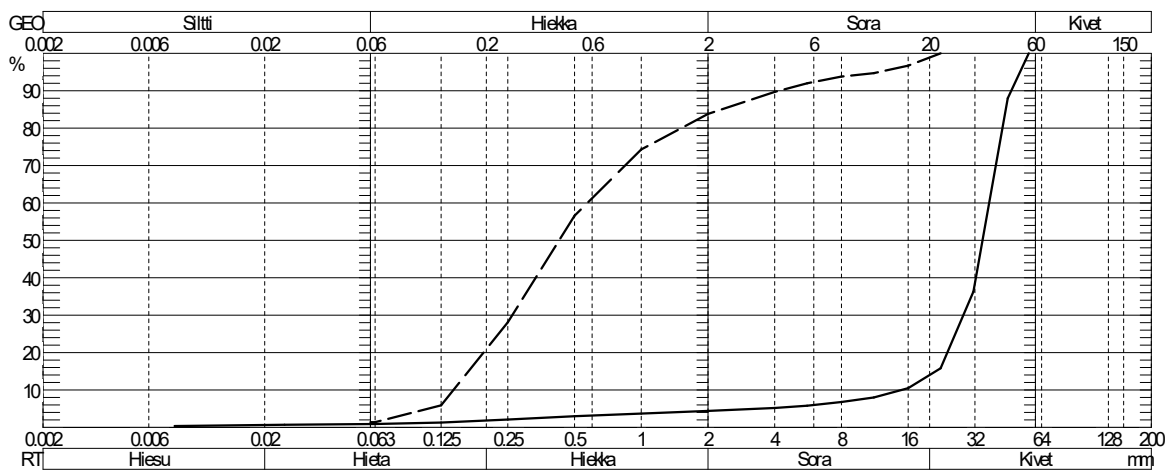
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

4193	likainen
317	määräsyvyys

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2
Tunnus	241	676
Paalu	311+258 sivu-mitta +1.4	311+258 sivu-mitta +1.4
Syvvyys	0.35-0.55	0.55-0.8
Häiriintyneisyys	NO	NO
Lisätiedot	silm.arvio	
Menetelmät	2,3,4,5 (*)	2,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.23	3.28
Humuspitoisuus %		
Kantavuusluokka	B	D
Kelpoisuusluokka	S1	H1
Kapillaarisuus		
Kivisyys > 200 mm		
Kivisyys 63-200 mm		
0.063mm läp-%	0.9	1.4
E-moduli MPa		70
Maalaji (V)	Se	keHk
Maalaji (Eurokoodi)	Gr	Sa

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	36.3	100		
22.4	15.8	100		
16	10.5	96.7		
11.2	8.0	94.7		
8	6.8	93.8		
5.6	5.8	92.0		
4	5.2	89.7		
2	4.4	83.8		
1	3.7	74.3		
0.5	3.0	56.6		
0.25	2.1	28.1		
0.125	1.3	5.9		
0.063	0.9	1.4		
0.02	0.6			
0.006				
0.002				

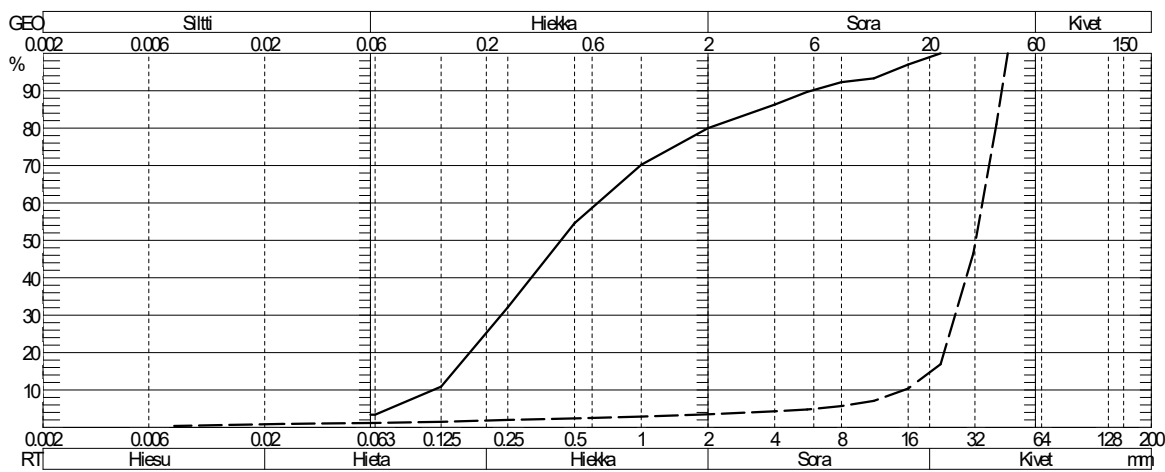
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

241	likainen
676	määräsyvyys

Kuvaajatunnus	————— 1	----- 2	
Tunnus	2145	525	
Paalu	311+819 sivu-mitta +1.4	311+819 sivu-mitta +1.4	
Syvyyks	0.35-0.55	0.55-0.8	
Häiriintyneisyys	NO	NO	
Lisätiedot		silm.arvio	
Menetelmät	2,4,5 (*)	2,3,4,5 (*)	
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton	
Routivuus TIEH-04	Routimaton	Routimaton	
Vesipitoisuus %	4.17	1.32	
Humuspitoisuus %			
Kantavuusluokka	D	B	
Kelpoisuusluokka	H1	S1	
Kapillaarisuus			
Kivisyys > 200 mm			
Kivisyys 63-200 mm			
0.063mm läp-%	3.4	1.2	
E-moduli MPa	70		
Maalaji (V)	keHk	Se	
Maalaji (Eurokoodi)	grSa	Gr	

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Saula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100	100		
31.5	100	46.6		
22.4	100	16.9		
16	97.0	10.4		
11.2	93.3	7.1		
8	92.3	5.7		
5.6	89.7	4.8		
4	86.3	4.3		
2	80.0	3.5		
1	70.2	2.9		
0.5	54.6	2.4		
0.25	32.1	2.0		
0.125	10.9	1.5		
0.063	3.4	1.2		
0.02		0.8		
0.006				
0.002				

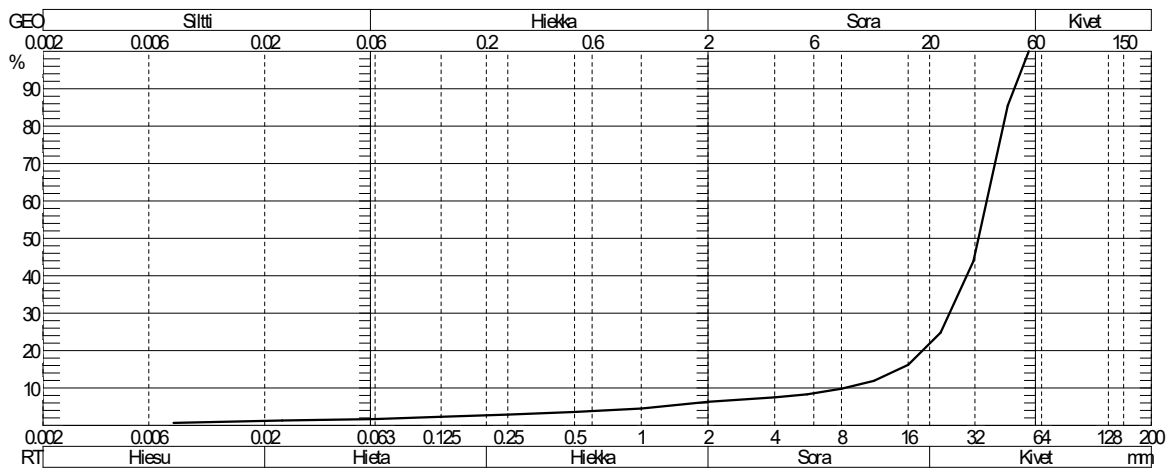
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

2145	likainen
525	määräsyvyys

Kuvaajatunnus	_____ 1
Tunnus	2974
Paalu	323+102 sivu-mitta +1.4
Syvvyys	0.0-0.85
Häiriintyneisyys	NO
Lisätiedot	
Menetelmät	2,3,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.99
Humuspitoisuus %	
Kantavuusluokka	B
Kelpoisuusluokka	S1
Kapillaarisuus	
Kivisyys > 200 mm	
Kivisyys 63-200 mm	
0.063mm läp-%	1.7
E-moduli MPa	
Maalaji (V)	Se
Maalaji (Eurokoodi)	Gr

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Säula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100			
31.5	43.9			
22.4	24.8			
16	16.2			
11.2	11.9			
8	9.8			
5.6	8.3			
4	7.5			
2	6.3			
1	4.5			
0.5	3.6			
0.25	2.9			
0.125	2.3			
0.063	1.7			
0.02	1.2			
0.006				
0.002				

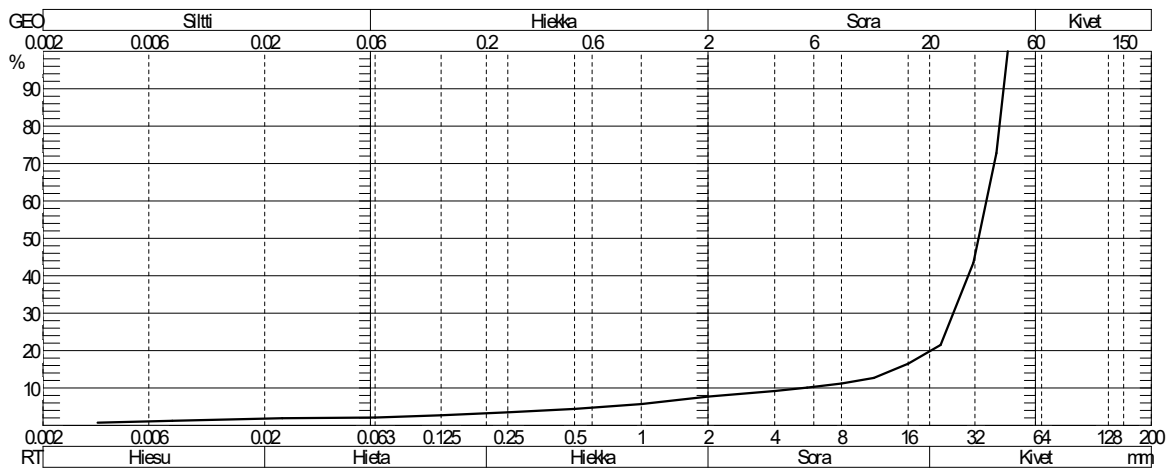
Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

2974	Määräsyvyys, kuoppa sortuu
------	----------------------------

Kuvaajatunnus	_____ 1
Tunnus	2000
Paalu	324+703 sivu-mitta -1.4
Syvyyks	0.0-0.85
Häiriintyneisyys	NO
Lisätiedot	
Menetelmät	2,3,4,5 (*)
Routivuus GEO	Routimaton
Routivuus TIEH-04	Routimaton
Vesipitoisuus %	1.58
Humuspitoisuus %	
Kantavuusluokka	B
Kelpoisuusluokka	S1
Kapillaarisuus	
Kivisyys > 200 mm	
Kivisyys 63-200 mm	
0.063mm läp-%	2.1
E-moduli MPa	
Maalaji (V)	Se
Maalaji (Eurokoodi)	Gr

(\*) [1] SFS-EN 933-1 (Kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (Pesuseulonta) [3] PANK-2103 (Hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (Vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (Humuspitoisuus)



Säula mm	Läpäisyprosentti			
	1	2	3	4
63	100			
31.5	43.5			
22.4	21.5			
16	16.5			
11.2	12.7			
8	11.2			
5.6	10.1			
4	9.2			
2	7.7			
1	5.7			
0.5	4.4			
0.25	3.5			
0.125	2.7			
0.063	2.1			
0.02	1.7			
0.006	1.0			
0.002				

Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Lihavoidut arvot mitattuina

2000	Määräsyvyys, kuoppa sortuu
------	----------------------------