

**VISUAALISEN PÄÄLLYSTEVAURIOKARTOITUSMENETELMÄN  
VERTAILU NEUROVERKKOPOHJASEEN  
KONENÄKÖVAURIO TULKINTAAN**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)

Syksy, 2024

Henri Luoto

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)

Tiivistelmä

Tekijä Henri Luoto

Vuosi 2024

Työn nimi Visuaalisen päällystevauriokartoitusmenetelmän vertailu  
neuroverkkopohjaiseen konenäkövauriotulkintaan

Ohjaaja Jukka Tiala (HAMK), Pasi Hyytiä (Destia Oy)

---

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla nykyisellä visuaalisella inventointitavalla tuotettua päällystevauriokartoitustietoa neuroverkkopohjaiseen konenäön tuottamaan tietoon ja selvittää tulosten perusteella voidaanko visuaalinen inventointitapa korvata konenäöllä tehtävällä tiedonkeruulla. Tarkoituksena oli myös selvittää visuaalisen ja konenäköön perustuvien inventointitapojen vahvuuksia ja heikkouksia ja luoda yleisiä johtopäätöksiä konenäön hyödyntämisestä päällystevauriokartoituksissa. Työn toimeksiantajana oli Destia Oy.

Taustana työlle oli Väyläviraston, kaupunkien ja kuntien tarve teetättää päällystevauriokartoituksia, jotka perustuvat pääasiassa visuaaliseen inventointitapaan. Tässä kyseisessä inventointitavassa ei siis lasketa yksittäisten vaurioiden määrää tai esiintyvyyttä vaan arvioidaan suoraan koko tien toimenpidetarvetta.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa keskityttiin tarkastelemaan Väyläviraston teiden kuntoluokitusmääritelmiä, mitä ovat erilaiset päällystevauriotyypit ja miten eri päällystevauriot syntyvät. Lisäksi tarkasteltiin mitä päällystevauriokartoitus on ja miten päällystevauriokartoituksia on tehty ja miten niitä nykyään tehdään. Teoriaosuudessa perehdytään myös siihen mitä konenäkö on ja miten konenäkö toimii yleisperiaatteeltaan päällystevauriokartoituksessa.

Työn tuloksena todettiin, että konenäön vauriomäärää ei saatu laskennallisesti muutettua vastaamaan visuaalisen inventointitavan vauriomäärää. Vauriomäärien erot konenäön ja visuaalisen inventointitavan välillä olivat suuret. Keskihajonta mittaus tulosten välillä vaihteli suuresti ja korrelaation kausaliteetti ei kohdannut inventointitapojen välillä.

Johtopäätöksenä todettiin, että tässä tutkimuksessa mukana ollutta neuroverkkopohjaista konenäköä ei voida tässä muodossaan suositella korvaamaan visuaalisella inventointitavalla tehtävää päällystevauriokartoitusta. Tutkimuksissa testattua konenäköä pitäisi jatkokehittää tunnistamaan kaikki tienpinnan vauriotyypit sekä tuottamaan lopputuloksena vaurion metrimäärä jokaiselle alkavalle 100 metrin matkalle. Tämän tutkimuksen lopputuloksesta huolimatta konenäön hyödyntäminen erilaisissa tien infrastruktuuriin liittyvissä inventoinneissa tulee lisääntymään tulevaisuudessa.

Avainsanat Päällystevauriokartoitus, konenäkö, vertailu, päällystevaurio

Sivut 101 sivua ja liitteitä 29 sivua

Construction and Civil Engineering, Bachelor of Engineering      Abstract  
Author      Henri Luoto      Year 2024  
Subject      Comparison of Visual Pavement Damage Mapping Method with Neural  
                 Network-Based Machine Vision Damage Interpretation  
Supervisors      Jukka Tiala (HAMK), Pasi Hyytiä (Destia Oy)

---

The aim of this functional thesis was to compare the pavement damage mapping data produced by the current visual inventory method with the data produced by neural network-based machine vision. Aim was to find out whether the visual inventory method can be replaced by the data collection made by machine vision. The purpose was also to find out the strengths and weaknesses of visual and machine vision-based inventory methods and to create general conclusions about the use of machine vision in pavement damage mapping. The commissioner of the work was Destia Oy.

The background for the work was the need of the Finnish Transport Infrastructure Agency, cities and municipalities to carry out pavement damage maps, which are mainly based on the visual inventory method. In this inventory method, the number or frequency of individual damages is not calculated, but the need for measures for the entire road is directly assessed.

In the theory part of the thesis, the focus is on examining at the Finnish Transport Infrastructure Agency's road condition classification definitions, what are the different types of pavement damage and how different pavement damage occurs. In addition, we looked at what pavement damage mapping is and how pavement damage mapping has been made and is currently made. In the theory part, we also learn about what machine vision is and how machine vision works in pavement damage mapping.

As a result of the work, it was concluded that the amount of damage in the machine vision could not be calculated to meet the amount of damage in the visual inventory method. The differences in damage amounts between machine vision and the visual inventory method were large. The standard deviation between the measurement results varied greatly and the causality of the correlation did not match between the inventory methods.

As a conclusion, it was stated that the neural network-based machine vision involved in this study cannot be recommended in its current form as a replacement for pavement damage mapping done by visual inventory methods. The machine vision tested in the studies should be further developed to identify all types of damage to the road surface and it should provide the final result the number of meters of damage for each starting 100-meter distance. The use of machine vision in various inventories related to road infrastructure will increase in the future.

Keywords      Pavement damage mapping, machine vision, comparison, pavement damage  
Pages      101 pages and appendices 29 pages

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
1.1	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet .....	2
1.2	Tutkimusmenetelmät.....	3
2	Väyläviraston teiden kuntoluokitus määritelmä .....	5
3	Päällystevauriotyypit .....	6
3.1	Pituus- ja poikkihalkeamat .....	6
3.2	Verkkohalkeamat .....	9
3.3	Päällystesaumahalkeama.....	11
3.4	Purkauma .....	12
3.5	Reikä.....	14
3.6	Painuma .....	16
4	Päällystevauriokartoitus.....	18
4.1	Päällystevaurio inventointi (PVI).....	18
4.1.1	Vauriosumma .....	20
4.2	Päällystevauriokartoitus (PVK).....	21
4.2.1	Päällystevauriokartoitus inventointien suorittaminen .....	21
4.2.2	Korjaustarpeen arviointi.....	26
5	Konenäkö.....	27
5.1	Konenäkön perustuva päällystevauriokartoitus.....	29
5.2	Huomioon otettavat asiat testitulosten vertailussa .....	32
6	Visuaalinen päällystevauriokartoitus ja konenäkö tutkimukset .....	36
6.1	Tutkimusalue ja -kohteet .....	37
6.2	Päällystevauriokartoitustesti .....	39
6.3	Konenäkötestiin valmistavat toimenpiteet .....	40
7	Tutkimusten tulokset.....	42
7.1	Tieosien vaurioituneet pinta-alat (%) .....	43
7.2	Keskihajonta.....	71
7.3	Korrelaatio.....	92
7.3.1	Tarkempi tarkastelu tiestä 110 tieosasta 21.....	93
7.3.2	Tarkempi tarkastelu tiestä 12096 tieosa 1.....	94

7.3.3	Tarkempi tarkastelu tiestä 2404 tieosa 2.....	94
7.3.4	Tarkempi tarkastelu tiestä 1840 tieosa 3.....	95
7.3.5	Pohdinta korrelaatiotuloksista .....	95
7.4	Tulosten pohdinta .....	95
8	Johtopäätökset .....	98
	Lähteet.....	100

## **Kuvat, taulukot ja kaavat**

Kuva 1.	Pituushalkeama.....	7
Kuva 2.	Vinottain kulkeva pituushalkeama. ....	8
Kuva 3.	Poikkihalkeama. ....	9
Kuva 4.	Verkkohalkeamaa tiellä. ....	10
Kuva 5.	Laaja verkkohalkeama tiellä.....	11
Kuva 6.	Tien työsaumaan syntynyt päällystesaumahalkeama.....	12
Kuva 7.	Tienpäällysteessä esiintyvää purkaumaa. ....	13
Kuva 8.	Purkaumaa, jossa kiviaineksen irtoaminen selkeästi havaittavissa. ....	14
Kuva 9.	Tienpäällysteessä olevia reikiä. ....	15
Kuva 10.	Pahoin reikiintynyt tienpinta. ....	16
Kuva 11.	Tienreunassa sijaitseva painuma.....	17
Kuva 12.	Päällystevaurio inventoinnin inventointialue ja ajoneuvon sijainti tiellä inventoinnin aikana. (Tieliikelaitos 2000, ss. 5–6) .....	19

Kuva 13. Yksiajorataisen tien inventointileveys. ....	22
Kuva 14. Kaksiajorataisen tien inventointileveys. ....	23
Kuva 15. Yksiajorataisen tien inventointileveys, jossa ohituskaista.....	24
Kuva 16. Reunaviivattoman tien inventointileveys. ....	25
Kuva 17. Esimerkkikuva korjaustarpeen merkitsemisestä. (Väylävirasto 2020b, s. 6) ...	26
Kuva 18. Konenäön tunnistama poikittaishalkeama tienpäällysteessä. (Destia 2020)...	30
Kuva 19. Inventointilaatikon määrittämisen lähtökohta. ....	31
Kuva 20. Valmis inventointilaatikko piirrettynä. ....	31
Kuva 21. Visuaalisen inventoinnin ja konenäön ero vaurioituneiden alueiden koon tulkinnessa. ....	33
Kuva 22. Esimerkki tien kaarteesta, jossa on suhteellisen jyrkkä kaarevuussäde. Inventointilaatikko ajautuu tällaisissa kohdissa arvioitavan ajoradan ulkopuolelle.....	34
Kuva 23. Inventointilaatikko sijoitettuna tarkasti lähtöpisteeseensä. ....	35
Kuva 24. Esimerkki kalibroinnin eroavaisuudesta toiseen suuntaan tullessa.....	36
Kuva 25. Tutkimus kohteiksi valitut testitiet kartalla. ....	38
Kuva 26. Inventointiajoneuvo varusteineen. ....	39
Kuva 27. Tiedonkeruujärjestelmä, jolla inventointeja suoritetaan. ....	40
Kuva 28. Tien kaistanleveyden tarkastus mittaamalla. ....	41
Kuva 29. Valmis tiemerkintä konenäön inventointilaatikkoa varten. Ylempi luku ilmaisee tien paaluluvun kyseisen poikkiviivan kohdalla ja alempi luku tien kaistanleveyden.....	42

Kuva 30. Tien 52 tieosa 13 vaurioitunut pinta-ala. ....	44
Kuva 31. Yleiskuva, joka kuvaa tien 52 tieosa 13 hyväkuntoisuutta. ....	45
Kuva 32. Tien 110 ja tieosien 19, 20, 21 ,28 ja 29 vaurioituneet pinta-alat.....	47
Kuva 33. Yleiskuva, joka kuvaa tien 110 tieosa 19 huonokuntoisuutta. ....	48
Kuva 34. Yleiskuva, joka kuvaa tien 110 tieosa 28 hyväkuntoisuutta. ....	49
Kuva 35. Tien 1840 ja tieosien 1, 2, 3, 4 ja 5 vaurioituneet pinta-alat.....	50
Kuva 36. Tien 2351 ja tieosien 1, 2, 3 ja 4 vaurioituneet pinta-alat.....	52
Kuva 37. Tien 2404 ja tieosien 1 ja 2 vaurioituneet pinta-alat.....	53
Kuva 38. Tie 2404 tieosalla 2 esiintyvää laaja-alaista purkaumaa. ....	54
Kuva 39. Tien 11029 tieosa 5 vaurioitunut pinta-ala. ....	55
Kuva 40. Tien 12085 ja tieosien 2 ja 3 vaurioituneet pinta-alat.....	57
Kuva 41. Tien 12096 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala. ....	58
Kuva 42. Tien 12110 tieosa 2 vaurioitunut pinta-ala. ....	60
Kuva 43. Tien 12111 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala. ....	61
Kuva 44. Tien 12116 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala. ....	62
Kuva 45. Tien 12209 tieosa 1 ja 2 vaurioituneet pinta-alat. ....	64
Kuva 46. Tien 12341 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala. ....	66
Kuva 47. Tien 13521 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala. ....	67

Kuva 48. Tien 13527 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala. ....	69
Kuva 49. Tie 13527 tieosa 1 havainnollistava kuva tien huonokuntoisuudesta. ....	70
Kuva 50. Tien 52 tieosa 13 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	72
Kuva 51. Tien 110 tieosa 19 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	73
Kuva 52. Tien 110 tieosa 20 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	74
Kuva 53. Tien 110 tieosa 21 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	75
Kuva 54. Tien 110 tieosa 28 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	75
Kuva 55. Tien 110 tieosa 29 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	76
Kuva 56. Tien 1840 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	77
Kuva 57. Tien 1840 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	77
Kuva 58. Tien 1840 tieosa 3 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	78
Kuva 59. Tien 1840 tieosa 4 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	79
Kuva 60. Tien 1840 tieosa 5 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	79
Kuva 61. Tien 2351 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	80
Kuva 62. Tien 2351 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	81
Kuva 63. Tien 2351 tieosa 3 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	81
Kuva 64. Tien 2351 tieosa 4 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	82
Kuva 65. Tien 2404 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	83

Kuva 66. Tien 2404 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	83
Kuva 67. Tien 11029 tieosa 5 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	84
Kuva 68. Tien 12085 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	85
Kuva 69. Tien 12085 tieosa 3 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	85
Kuva 70. Tien 12096 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	86
Kuva 71. Tien 12110 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	87
Kuva 72. Tien 12111 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	87
Kuva 73. Tien 12116 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	88
Kuva 74. Tien 12209 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	89
Kuva 75. Tien 12209 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	89
Kuva 76. Tien 12341 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	90
Kuva 77. Tien 13521 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	91
Kuva 78. Tien 13537 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.....	91
Kuva 79. Tieosakohtaiset korrelaatiot.....	92
Taulukko 1. Vauriosumman kertoimet eri vauriotyypeille. (Tieliikelaitos 2000, s. 9).....	20
Taulukko 2. Tutkimukseen valitut tiet.....	37

## Liitteet

Liite 1.	Tie 52 tieosa 13 vauriomäärät
Liite 2.	Tie 110 tieosa 19 vauriomäärät
Liite 3.	Tie 110 tieosa 20 vauriomäärät
Liite 4.	Tie 110 tieosa 21 vauriomäärät
Liite 5.	Tie 110 tieosa 28 vauriomäärät
Liite 6.	Tie 110 tieosa 29 vauriomäärät
Liite 7.	Tie 1840 tieosa 1 vauriomäärät
Liite 8.	Tie 1840 tieosa 2 vauriomäärät
Liite 9.	Tie 1840 tieosa 3 vauriomäärät
Liite 10.	Tie 1840 tieosa 4 vauriomäärät
Liite 11.	Tie 1840 tieosa 5 vauriomäärät
Liite 12.	Tie 2351 tieosa 1 vauriomäärät
Liite 13.	Tie 2351 tieosa 2 vauriomäärät
Liite 14.	Tie 2351 tieosa 3 vauriomäärät
Liite 15.	Tie 2351 tieosa 4 vauriomäärät
Liite 16.	Tie 2404 tieosa 1 vauriomäärät
Liite 17.	Tie 2404 tieosa 2 vauriomäärät
Liite 18.	Tie 11029 tieosa 5 vauriomäärät
Liite 19.	Tie 12085 tieosa 2 vauriomäärät
Liite 20.	Tie 12085 tieosa 3 vauriomäärät
Liite 21.	Tie 12096 tieosa 1 vauriomäärät
Liite 22.	Tie 12110 tieosa 2 vauriomäärät
Liite 23.	Tie 12111 tieosa 1 vauriomäärät
Liite 24.	Tie 12116 tieosa 1 vauriomäärät
Liite 25.	Tie 12209 tieosa 1 vauriomäärät
Liite 26.	Tie 12209 tieosa 2 vauriomäärät
Liite 27.	Tie 12341 tieosa 1 vauriomäärät

Liite 28. Tie 13521 tieosa 1 vauriomäärät

Liite 29. Tie 13527 tieosa 1 vauriomäärät

## 1 Johdanto

Suomessa Väylävirasto vastaa valtion tieverkon kehittämisestä ja kunnossapidosta (Väylävirasto, 2023). Väylävirasto tarvitsee monenlaista tietoa onnistuakseen tehtävässään, ja tietojen perusteella he pystyvät tarvittavia toimenpiteitä suorittamaan. Yksi näistä tiedoista on päällystetyn tieverkon päällystevauriokartoitus, millä kartoitetaan korjaustarpeessa olevia väyliä. (Väylävirasto, 2020a)

Päällystevauriokartoitusta on suoritettu ja suoritetaan edelleen visuaalisella menetelmällä. Visuaalisessa menetelmässä ihminen silmämääräisesti arvioi erilaisia tienpinnan vaurioita ja niiden vakavuusastetta. Menetelmän vahvuus perustuu ammattitaitoisiin inventoijiin, joilla on ollut parhaimmillaan vuosien kokemus infran alalta ja kykyä erottaa päällysteissä olevia vaurioita inventointiohjeiden mukaisesti.

Yhteiskunnallinen muutos on kuitenkin vaikuttanut myös infra-alaan. Alan rahoitus on niukempaa kuin ennen ja kustannussäästöjä sekä uusia toimintatapoja on pakko etsiä ja kehittää, jotta pystytään vastaamaan näihin haasteisiin. Alalla ennen toiminut kokenut henkilöstö on pääasiallisesti poistunut suorittavalta puolelta (esimerkiksi eläköitymisen seurauksena) ja nykyisin inventointitöitä suorittavat pääasiassa korkeakouluharjoittelijat. Uusien työntekijöiden kouluttaminen vie aikaa ja aiheuttaa myös kustannuksia. Työn kausiluonteisuuden takia inventointia tekevä henkilöstö käytännössä vaihtuu joka inventointikausi. Tämän seurauksena inventoijille ei ehdi muodostua kattavaa ammattitaitoa päällystevaurioiden tulkintaan, joka vaatisi pidempään päällystevaurioiden parissa työskentelyä.

Inventointitöihin liittyviä työturvallisuus asioita ei sovi unohtaa. Liikennemäärien lisääntyminen ja ajokulttuurin muuttuminen hektisemmäksi yhdessä huomattavasti hitaammin muun liikenteen seassa liikkuvaan inventointiajoneuvoon saattaa aiheuttaa vaaratilanteita.

Päällystevaurioista pitää pystyä tulevaisuudessa keräämään luotettavasti, turvallisesti ja kustannustehokkaasti tietoa ja yhtenä ratkaisuna onkin mietitty neuroverkkopohjaista

konenäköön perustuvaa vauriotulkintaa, jossa kone tulkitsee valokuvien kautta tienpinnan vaurioita.

Opinnäytetyön tilaaja on Destia Oy, joka on Suomen suurin infra-alaan keskittynyt palveluyhtiö. Asiakasryhminä Destialla on kaupungit, kunnat, valtionhallinnon organisaatiot sekä erilaiset teollisuus- ja liikeyritykset. (Destia, n.d.-a) Lisäksi Destia on johtava liikenneväylä- ja liikenneympäristöinvestointeihin liittyvien mittaus-, tutkimus- ja laadunhallintapalvelujen tarjoaja. Destia on vuosien varrella ollut luotettava inventointipalvelujen tarjoaja Väylävirastolle juuri päällystevauriokartoitusten toteuttajana. Destia on alan tiedonkeruun edelläkävijänä halua olla ratkaisemassa päällystevauriokartoitukseen nykyisin liittyviä haasteita ja olla omalta osaltaan tarjoamassa uudenlaisia vaihtoehtoja päällystevauriokartoituksiin. (Destia, n.d.-b)

Oma kiinnostus tehdä tästä aiheesta opinnäytetyö on syntynyt työskenneltyäni päällystevauriokartoitusten parissa. Itselläni on kokemusta päällystevauriokartoituksista kolmelta inventointikaudelta. Tänä aikana olen nähnyt ja kokenut miten päällystevauriokartoitus nykyään toimii, mitä ongelmia liittyy visuaalisesti tehtyyn päällystevauriokartoitukseen ja miten sitä olisi hyvä kehittää, jotta se vastaisi paremmin nykypäivän inventointivaatimuksiin ja tarpeisiin. Näen hyvin todennäköiseksi, että erilaisilla konenäköillä ja skannereilla tehtävät inventoinnit ja tiedonkeruu tiestön kunnosta tulee yleistymään tulevaisuudessa, koska näillä laitteilla pystytään esimerkiksi vastaamaan niihin ongelmakohtiin, joita visuaaliseen arviointiin perustuvassa inventoinnissa ilmenee. Itse haluan olla mukana tässä kehityksessä, koska se luo minulle mahdollisesti mielenkiintoisia työtehtäviä tulevaisuudessakin tiestön parissa.

## **1.1 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla nykyistä päällystevauriokartoitusmenetelmää (visuaalinen menetelmä) neuroverkkopohjaiseen (konenäkö) vauriotulkintaan. Tarkoituksena on myös selvittää visuaalisen ja konenäköön perustuvien inventointitapojen vahvuuksia ja heikkouksia ja luoda yleisiä johtopäätöksiä konenäön hyödyntämisestä päällystevauriokartoituksissa. Erikseen on tässä kohtaa hyvä

mainita, että tässä opinnäytetyössä tarkastellaan vain tätä yhtä tiettyä konenäkö ohjelmistoa. Muita päällystevauriokartoituksiin tarkoitettuja konenäkö ohjelmistoja on nykyään myös olemassa mutta niitä ei tässä opinnäytetyössä tulla käsittelemään. Tämän konenäön antamista tuloksista ei voida suoraan tehdä yhtä kuin johtopäätöksiä muihin vastaaviin konenäköihin.

Tavoitteena on, että tutkimuksessa testatut eri inventointitavat korreloisivat tuottamien tietojensa osalta keskenään. Tietojen korreloidessa keskenään voidaan varmistua, että konenäöllä tuotettu tiestön vauriotieto on yhtä luotettavaa kuin visuaalisella tavalla tuotettu tieto. Tavoitetilana on, että tällä kyseisellä testatulla neuroverkkopohjaisella konenäöllä voitaisiin korvata jatkossa visuaalisella tavalla tuotettua päällystevauriotietoa.

## **1.2 Tutkimusmenetelmät**

Kohteiksi valitaan vuonna 2021 tehdyistä päällystevauriokartoitus inventoinneista sellaiset kohteet, joissa on havaittu eriasteisia vaurioita. Tarkoituksena on valita teitä, joiden kokonaiskuntoisuus vaihtelee erittäin hyväkuntoisesta aina erittäin huonokuntoisiin teihin. Kohteilla suoritetaan maastokäynnit, maastomittaukset ja maastotestit. Kohteita pyritään valitsemaan monipuolisesti eri tieluokilta (valta, kanta, seutu- ja yhdysteillä) sekä niin, että tutkimukseen valikoituisi myös eri levyisiä teitä.

Kohteille tehdään visuaaliseen tapaan perustuva päällystevauriokartoitus sekä kohteet kuvataan. Päällystevauriokartoitus toteutetaan kuten normaalisti eli toinen henkilö toimii inventointiajoneuvon ajajana ja inventoija istuu ajoneuvon etupenkillä ja arvioi tienpinnassa mahdollisesti näkyviä vaurioita ja täyttävätkö ne korjaustarpeessa olevan vaurion kriteerit. Päällystevaurio kriteerit ovat siis ennalta määritellyjä tekijöitä, kuten mittoja, joiden tulee täytyä, jotta vaurio voidaan merkitä korjaustarpeessa olevaksi vaurioksi. Esimerkiksi tienpinnassa olevan reiän halkaisija tulee olla vähintään 10 cm leveä, jotta se voidaan katsoa olevan korjaustarpeessa (Väylävirasto, 2020b, s. 18). Kriteeri voi myös olla silmillä havaittava asia. Esimerkiksi purkauman kriteerinä on, että tienpinnasta on selvästi havaittavissa irronnutta kiviainesta (Väylävirasto, 2020b, s. 16). Jos vaurio täyttää vauriolle asetetut kriteerit, merkitsee mittaja vauriot ylös erilliselle sähköiselle tiedonkeruulaitteelle, joka

hyödyntää satelliittipaikannusta. Mittauksen aikana ajoneuvon nopeus pyritään pitämään 30–40 km/h nopeudessa, kuten oikeassakin inventointi tilanteessa. Inventoinnin suunnittelussa huomioidaan ajosuunnat samalla tavalla, kuin virallisessa inventointiohjeessa, eli pyritään pitämään ajosuunta niin, että aurinko on mittausajoneuvosta etenemissuuntaan katsottuna etuvasemmalla. Näin toimittuna saadaan paras mahdollinen valaistus vaurioiden havaitsemiseen tienpinnasta. Lisäksi varmistetaan, että testi inventointia ei suoriteta sateen aikana, jolloin inventointi tulokset helposti vääristyisivät, koska kosteus korostaa tienpinnasta näkyviä vaurioita suuremmiksi, kuin ne oikeasti ovat. Näin varmistetaan, että inventointi toteutetaan täysin samalla tavalla, kuin oikeassakin inventointi tilanteessa.

Tiet kuvataan erillisellä kerralla samalla mittausajoneuvolla, johon on asennettu erillinen teräväpiirtokamera. Kuvaus suoritetaan satelliittipaikannukseen perustuvalla jatkuvalla kuvauksella. Kuvien ottoväliksi on asetettu 5 metriä. Kuvauksia ei suoriteta sateella, eikä tienpinnan ollessa märkä. Näin varmistetaan, että konenäkö tulkitsee tienpinnan vaurioita samanlaisesta lähtökohdasta, kuin visuaalinen inventoija. Teiden kuvaamisen jälkeen kuvat siirretään toimistoon tietokoneelle missä ne ensin esikäsitellään konenäön vauriotulkintaa varten. Esikäsitellyn jälkeen voidaan suorittaa konenäkötesti missä konenäkö yrittää havaita kuvista käsin tienpinnan vaurioita.

Ennen inventointeja ja kuvauksia, tutkimukseen valittujen tiekohteiden kaistaleveydet tarkistetaan mittaamalla mittanauhalla ja kirjataan nämä tiedot ylös erilliseen Excel-taulukkoon. Samalla merkitään tienpintaan spray-tiemerkintämaalilla konenäkötestiä varten kalibrointimerkinnyt. Nämä merkinnät koostuvat aloitus-poikkiviivasta, jonka yhteyteen merkitään viivan paaluluku, sekä tien kaistaleveys. Lisäksi aloitus-poikkiviivasta merkitään tasan kymmenen metrin päähän eteenpäin toinen poikkiviiva. Näin saadaan tietokoneelta käsin piirrettyä tasan kymmenen metriä pitkä ja kaistanleveyden kokoinen suorakulmion mukainen alue, josta konenäkö tarkastelee mahdollisia vaurioita alue kerrallaan eteenpäin. Lisäksi voidaan merkitä tien keskiviivan tuntumaan korostus viiva ilmaisemaan tien keskipistettä. Merkintöjen oikea sijainti varmistetaan satelliittipaikannusta sekä mittapyörää käyttäen. Merkintöjen mittaukset tehdään varmuuden vuoksi vähintään kaksi kertaa, jokaiselle tiekohteelle.

Päällystevauriokartoituksen ja konenäkötestien jälkeen aineistoille suoritetaan vertailututkimukset. Molemmat inventointitavat tuottavat Excel-taulukon mistä löytyy vauriomäärät kullekin tieosalle. Nämä Excel-taulukot yhdistetään toisiinsa ja niiden tuloksia vertaillaan keskenään. Tuloksista lasketaan keskiarvot vauriomäärille 100 metrin jaksoissa koko tieosalle ja vertaillaan miten vauriomäärät eroavat toisistaan. Lisäksi lasketaan inventointitulosten korrelaatiot ja keskihajonta. Näitä tuloksia vertaillaan myös ja analysoidaan miten ne asettuvat toisiinsa nähden. Tarvittaessa tehdään myös tarkastelua vaurioiden sijaintiin liittyen. Näiden tulosten analysoinnin jälkeen muodostetaan tämän tutkimuksen lopulliset johtopäätökset.

## **2 Väyläviraston teiden kuntoluokitus määritelmä**

Lähtökohtaisesti päällystettyjä teitä pidetään joko hyväkuntoisina tai huonokuntoisina. Päällystettyä tietä voidaan pitää hyväkuntoisena, jos sen päällyste on urautumaton, siitä ei löydy suuria heittoja eikä painaumia ja siinä olevat halkeamat ovat joko kapeita tai hyvin paikattuja. Tietä voidaan taas pitää huonokuntoisena, kun se on niin epätasainen, että siinä ajaminen selvästi vaikuttaa ajomukavuuteen tai jos tiessä olevien vaurioiden ja urien takia pitää vaihtaa ajolinjoja. (Väylävirasto, 2020a)

Päällystetyt tiet jaetaan viiteen kuntoluokkaan. Tiet jaetaan kuntoluokkiin inventointi- ja mittaustietojen, tien liikennemäärän ja tien nopeusrajoituksen perusteella. Kuntoluokitus on tärkeä työkalu päällystetöiden suunnittelussa ja lisäksi sen avulla pystytään seuraamaan Suomen tiestön kuntoa ja kunnon kehittymistä. (Väylävirasto, 2020a)

Suomen teiden viisi kuntoluokitusta ovat: (Väylävirasto, 2020a)

1. Erittäin huono (Tien kunto ei ole enää hyväksyttävissä. Tien kunto aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia tienpitäjälle, kuin myös tienkäyttäjille.)
2. Huono (Tie vaatii korjausta. Kestävän tienpidon kannalta oikea hetki tehdä ylläpito ja peruskorjaustoimenpiteitä.)
3. Tyydyttävä (Tarvitaan yleensä kunnon tehostettua seuranta, yksittäiset toimenpiteet mahdollisia.)

4. Hyvä (Tie, jossa on jo normaalia kulumaa, ei toimenpiteitä.)
5. Erittäin hyvä (Uutta vastaava kunto, ei toimenpiteitä.)

### 3 Päällysteauriotyypit

Teiden päällysteeseen syntyy ajan myötä erilaisia vaurioita, jotka heikentävät tienkuntoa (Fanny ym., 2016, s. 10). Tien huono kunto voi heikentää liikenneturvallisuutta ja huonontaa ajomukavuutta (Fanny ym., 2016, s. 3). Jotta teissä olevia vaurioita pystytään korjaamaan, täytyy ensin tunnistaa tiessä olevat erilaiset päällysteauriotyypit ja niiden syntymekanismit. Helpottaakseen päällysteaurioiden tulkintaa, on eri päällysteauriotyypit nimetty. Eri päällysteauriotyypit ovat lueteltuna alla: (Väylävirasto, 2022, s. 14)

- pituus- ja poikkihalkeamat
- verkkohalkeamat
- päällystesaumahalkeama
- purkauma
- reikä
- painuma

#### 3.1 Pituus- ja poikkihalkeamat

Pituushalkeama on nimensä mukaisesti tien suuntaisesti tai hieman vinosti kulkeva halkeama tienpäällysteessä. Poikkihalkeama on vastaavasti tien poikittaissuuntaisesti kulkeva halkeama tai ajoradan levyinen pakkaskatko, joka ei etene pituussuunnassa merkittävästi. (Väylävirasto, 2020b, s. 7) Kuvassa 1 on esitettyinä pituushalkeama.

Kuva 1. Pituushalkeama.



Pituushalkeamia syntyy tavallisesti epätasaisen routanousun tai tierakenteen painumisen seurauksena. Niin sanotut heijastushalkeamat luetaan myös pituushalkeamiksi. Heijastushalkeamat johtuvat tienpinnan päällysteen alapuolisten kerrosten halkeamisesta, jotka heijastuvat tienpinnan päällysteeseen. Liian jyrkkien luiskien takia voi myös syntyä pituushalkeamia. (Tieliikelaitos, 2000, s. 12) Kuvassa 2 on esitettyinä vinottain kulkeva pituushalkeama.

Kuva 2. Vinottain kulkeva pituushalkeama.



Poikkihalkeamia tienpintaan syntyy ensisijaisesti kylmän ilmaston seurauksena. Kylmyys kutistaa päällysteen koostumusta ja tienrakennetta, jonka seurauksena syntyy pakkaskatko. Poikkihalkeamia voi myös syntyä päällystystyön aikana tapahtuneitten virheiden vuoksi tai alusrakenteen routimisen seurauksena. (Tieliikelaitos, 2000, s. 9) Kuvassa 3 on esitettyä poikkihalkeama.

Kuva 3. Poikkihalkeama.



### 3.2 Verkkohalkeamat

Verkkohalkeamat ovat useimmiten useiden erilaisten halkeamien kokonaisuus, josta voi erottaa halkeamien väliset lohkot. Kokonaisuutena verkkohalkeama muistuttaa verkkoa. (Väylävirasto, 2020b, s. 13) Kuvassa 4 on esitettyä verkkohalkeamaa tiellä.

Kuva 4. Verkkohalkeamaa tiellä.



Tavanomaisesti verkkohalkeama syntyy kolmen eri asian yhteisvaikutuksesta. Nämä ovat tienpinnan päällysteen väsyminen, tierakenteen heikko kantavuus ja raskas liikenne. Sen sijaan satunnaiset verkkohalkeamakuviot johtuvat yleensä epätasaisesta routimisesta tai päällysteen kutistumisesta, esimerkkinä vanhentunut bitumi. (Tieliikelaitos, 2000, s. 21)

Kuvassa 5 on esitettyä laaja verkkohalkeama tiellä.

Kuva 5. Laaja verkkohalkeama tiellä.



### 3.3 Päällystesaumahalkeama

Päällystesaumalla tarkoitetaan tienpinnan valmistuksen aikana muodostuneita työsaumoja, joihin ajan ja kulumisen myötä saattaa syntyä halkeama. Näitä kutsutaan päällystesaumahalkeamiksi. (Väylävirasto, 2020b, s. 15)

Päällystesaumahalkeama, jota voidaan myös kutsua keskisaumahalkeamaksi, syntyy useimmiten tien routanoususta. Routanousu on tien keskellä suurimmillaan, koska tienkeskikohdassa routa tunkeutuu syvemmälle, kuin tienreunoilla, joissa lumivallit muodostavat tienpinnalle suojaavan kerroksen. Päällystesaumahalkeaman syntyä edistää huonolaatuinen saumatyö. Päällystesaumahalkeama saattaa myös muodostua, jos tierakenteessa on epäjatkuvuuskohta sauman kohdalla. Epäjatkuvuuskohta voi muodostua

esimerkiksi, kun vanhaa tietä uusitaan puoli tietä kerrallaan. (Tieliikelaitos, 2000, s. 15)

Kuvassa 6 esitettynä päällystesaumahalkeama.

Kuva 6. Tien työsaumaan syntynyt päällystesaumahalkeama.



### 3.4 Purkauma

Purkauma on tilanne, jossa tienpinnan päällysteestä on irronnut kiviainesta mikä aiheuttaa epätasaisuutta siitä yli ajettaessa. Purkaumaa ei pidä sekoittaa karkeaan päällysteeseen eikä pelkkään lajittumaan. (Väylävirasto, 2020b, s. 16) Kuvassa 7 on esitettynä tienpäällysteessä esiintyvää purkaumaa.

Kuva 7. Tienpäällysteessä esiintyvää purkaumaa.



Purkaumien syntyyn vaikuttaa yleensä huono massan tartunta, massan sideainemäärän vähäisyys, päällysteen mahdollinen lajittuneisuus tai massan suuresta tyhjätilasta. Erityisesti keväisin purkaumien määrä lisääntyy toistuvan jäätyminen, sulamisen ja liikennekuormituksen seurauksena. Kevättalven sulamiskautena tienpinnalle syntyvät pitkäaikaiset vesilätäköt nopeuttavat purkaumien kehittymistä tienpinnalle ja erityisesti öljysoralla päällystetyillä teillä. (Tieliikelaitos, 2000, s. 24) Kuvassa 8 on esitettyä laajasti edennyttä purkaumaa, jossa kiviaineksen irtoaminen on selkeästi havaittavissa.

Kuva 8. Purkaumaa, jossa kiviaineksen irtoaminen selkeästi havaittavissa.



### 3.5 Reikä

Väyläviraston (Väylävirasto, 2020b, s. 18) määritelmä on, että ”reiät ovat jyrkkäreunaisia pitkälle kehittyneitä purkaumia.” Kuvassa 9 on esitettyä reikiä tienpinnassa.

Kuva 9. Tienpäällysteessä olevia reikiä.



Yleensä reikiä syntyy päällysteiden lajittuma- ja purkaumakohtiin, joista vesi pääsee valumaan tien alustan rakenteisiin. Alustan rakenteisiin päässyt vesi pehmentää tien alusrakennetta ja näin edistää reiän syntymistä. Tienpinnan toistuva sulaminen ja jäätyminen, sekä liikennekuormitus edesauttavat myös reikien muodostumista. Lisäksi tien reikiintymistä voi aiheuttaa roudan seurauksena ylösnousseet tierakenteen isot kivet. (Tieliikelaitos, 2000, s. 26) Kuvassa 10 on esitettyä pahoin reikiintynyt tienpinta.

Kuva 10. Pahoin reikiintynyt tienpinta.



### 3.6 Painuma

Painumat ovat tienrakenteen elämisestä johtuvia tienpintaan syntyneitä epätasaisuuksia. Painumia syntyy esimerkiksi raskaankaluston käytön seurauksena, kun tienrakenne ei kestä siihen kohdistuvaa painetta. Yleensä painumat esiintyvät ajokaistan oikeanpuoleisen pyöräraun kohdalla. Painumiksi luetaan myös erinäköiset kohoumat. (Väylävirasto, 2020b, s. 21)

Lähes poikkeuksetta reunapainuma (etenkin kapeilla teillä) johtuu tierakenteen puutteellisesta sivuttaistuesta ja raskaan liikenteen kuormituksen yhteisvaikutuksesta. Myös huono tien kuivatus, alusrakenteen puutteellinen tiivistäminen ja kosteuden vaihtelu tien rakenteissa vaikuttavat painumien syntyyn. (Tieliikelaitos, 2000, s. 28) Alla kuvassa 11 on kuva painumasta.

Kuva 11. Tienreunassa sijaitseva painuma.



## 4 Päälystevauriokartoitus

Väylävirasto ja Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset tarvitsevat tietoa päälystevaurioista teiden ylläpidon ohjauksessa, päälystysohjelman kohdevalinnassa sekä tieverkkotason analyyseissa. Näihin yllä mainittuihin asioihin kerätään tietoa päälystevauriokartoituksen avulla. (Väylävirasto, 2020b, s. 3)

Päälystevaurioista hankitaan tietoa nykyään päälystevauriokartoituksena eli lyhyemmin PVK:na. Ennen PVK-menetelmää kartoituksia tehtiin päälystevaurioinventointeina eli PVI:nä. Alla olevissa kappaleissa selvennetään tarkemmin näiden eri inventointitapojen toimintaperiaatteita ja millaisia vaurioita inventoidaan. Päälystevauriokartoituksia ja inventointeja on eri tavoilla tehty Suomessa jo 1980-luvulta lähtien.

Päälystevauriokartoituksessa nimensä mukaisesti kartoitetaan korjaustarpeessa olevia tieosuuksia. Aiemmin ja myös nykyään päälystevauriokartoituksia suoritetaan visuaalisella menetelmällä, jossa ihminen tulkitsee näköönsä ja arvioonsa perustuen tiessä olevia vaurioita ja niiden vakavuusastetta. Vauriot itsessään jaetaan eri vauriotyyppeihin ja näiden vaurioiden tulee täyttää tietyt ennalta määrätyt kriteerit, jotta vaurio voidaan merkitä korjaustarpeessa olevaksi vaurioksi. (Väylävirasto, 2020b, s. 3)

### 4.1 Päälystevaurio inventointi (PVI)

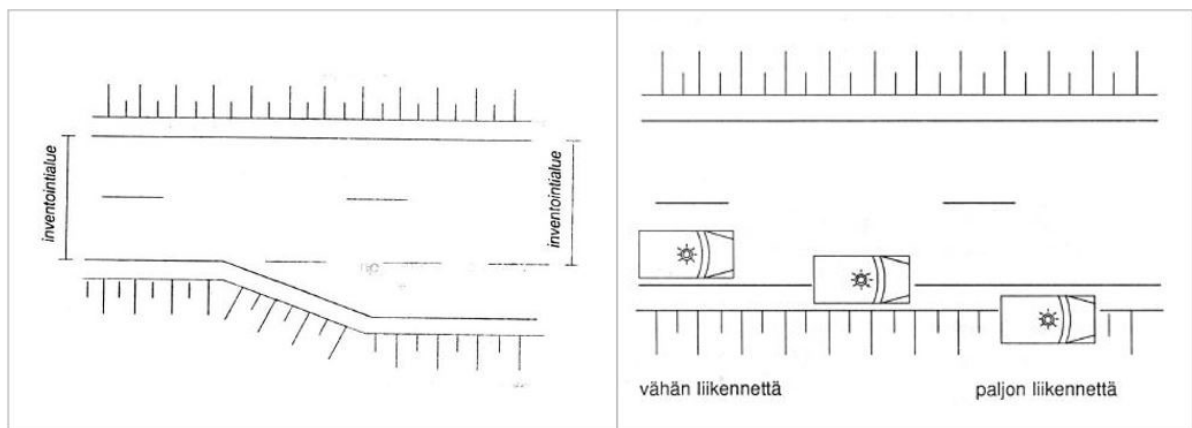
Päälystevaurio inventointia tehtiin aikanaan pääasiassa huhtikuun ja toukokuun aikana, jolloin kevätroudan sulaminen oli käynnissä. Näin siksi, että roudan sulamisen aikana vauriot ovat parhaiten näkyvissä. Inventoitaessa tien pinnassa ei saa olla jäätä tai lunta, joka peittää mahdolliset vauriot alleen. Inventointialueena on koko ajoradan leveys, eli valkoisten reunaviivojen välinen alue. Jos tien reunaviivoja ei ole, jätetään päälysteen reunasta mitattuna inventoimatta 20 cm:n kaistale. (Tieliikelaitos, 2000, s. 5)

Päälystevauriot inventoidaan 100 metrin jaksoina. Poikkeuksena tieosan loppuosat, joissa inventoitiin myös 100 metriä lyhyempiä osuuksia, koska tieosan loppuosa voi olla alle 100 metriä pitkä. (Tieliikelaitos, 2000, s. 5)

Päällystevaurio inventointia suoritetaan kahden henkilön toimesta ajoneuvolla ajaen ja tietokoneavusteisesti niin sanotulla päällystevaurio inventointi-laitteella. Toinen henkilö toimii kirjurina, ja hän kirjaa kuljettajan havainnot ylös päällystevaurio inventointi-laitteistolla. (Tieliikelaitos, 2000, s. 4)

Inventoinnin suoritus tapahtuu ajamalla hiljaa (ajonopeus 3–6 km/h) tien reunassa. Lisäksi, kun vauriot nähdään mahdollisimman läheltä, vaurioiden määrän ja tyyppin tunnistamisessa syntyy vähemmän virhearvioiteja. (Tieliikelaitos, 2000, ss. 6–7) Kuvassa 12 esitetään päällystevaurio inventoinnin inventointialue ja inventointiajoneuvon sijainti ajoradalla inventoinnin aikana.

Kuva 12. Päällystevaurio inventoinnin inventointialue ja ajoneuvon sijainti tiellä inventoinnin aikana. (Tieliikelaitos 2000, ss. 5–6)



Päällystevaurio inventoinneissa inventoidaan seuraavat vauriotyypit: (Tieliikelaitos, 2000, s.

8)

- Poikkihalkeamat (kpl)
- Pituushalkeamat (kapea/leveä) (m)
- Päällystesaumahalkeamat (kapea/leveä) (m)
- Verkkohalkeamat (m<sup>2</sup>)
- Reiät (m<sup>2</sup>)
- Purkaumat (m<sup>2</sup>)
- Reunapainauumat ja muut ajoradalla olevat pituussuuntaiset painumat (m)

#### 4.1.1 Vauriosumma

Inventoinnin tarkoituksena oli tuottaa luku, jota kutsuttiin vauriosummaksi ( $m^2/100 m$ ).

Vauriosumma tarkoitti rikkinäisen päällysteen pinta-alaa kullakin 100 metrin jaksolla.

Vauriosumma laskettiin omalla kaavalla eri vauriotyypeistä tiettyjen painokertoimien avulla.

(Tieliikelaitos, 2000, s. 8) Kaavassa 1 on esitettyä tämä vauriosumman kaava kokonaisuudessaan.

Kaava 1. Vauriosumman kaava. (Tieliikelaitos, 2000, s. 8)

$$VS = [0.1 * 5 * (V_{\text{pakkask.}}) + 0.5 * 5 * (V_{\text{muu poikkih./kapea}}) + 1.0 * 5 * (V_{\text{muu poikkih./leveä}}) + 0.5 * (V_{\text{pituush.}}) + 1.0 * (V_{\text{pituush./leveä}}) + 0.1 * (V_{\text{saumah./kapea}}) + 0.5 * (V_{\text{saumah./leveä}}) + 1.0 * (V_{\text{verkkoh.}}) + 1.0 * (V_{\text{reikä}} + 1.0 * (V_{\text{purkauma}}))] / 100\text{-metristen lukumäärä.}$$

Kaavassa V tarkoittaa kunkin vauriotyyppin vauriomäärää. Esimerkkinä, kun käytetään vauriokertoimia niin metri kapeaa pituushalkeamaa aiheuttaa päällysteeseen  $0,3 m^2$  vaurion.

(Tieliikelaitos, 2000, s. 8) Taulukossa 1 on esitettyä käytettyjä vauriokertoimia eri vaurioille.

Taulukko 1. Vauriosumman kertoimet eri vauriotyypeille. (Tieliikelaitos 2000, s. 9)

Vauriotyyppi	Yksikkö	VS-kerroin
Poikkihalkeama/kapea	$m^2/kpl$ (5 m/kpl)	2.5
Poikkihalkeama/leveä	$m^2/kpl$ (5 m/kpl)	5.0
Pituushalkeama/kapea	m	0.3 *)
Pituushalkeama/leveä	m	1.0
Saumahalkeama/kapea	m	0.1
Saumahalkeama/leveä	m	0.5
Verkkohalkeama	$m^2$	1.0
Reikä	$m^2$	1.0
Purkauma	$m^2$	1.0
Reunapainauma	m	1.0 **)
<b>Vauriosumma</b>	<b><math>m^2/100 m</math></b>	<b><math>\Sigma(k*V)</math></b>

## 4.2 Päälystevauriokartoitus (PVK)

Päälystevauriokartoitus on inventointiohjeiltaan ja toteutukseltaan melko samanlainen päälystevaurio inventoinnin (PVI) kanssa. Samoja vauriotyyppejä kartoitetaan tietoin kriteerein, mutta joitakin eroja löytyy. Tieverkolla päälystevauriokartoituksia tehdään noin kolmen vuoden välein (Väylävirasto, 2022, s. 14). Inventointikausi kestää kesäkuusta elokuuhun. Päälystevauriokartoitus on paljon nopeampi suorittaa, kuin päälystevaurio inventointi, johtuen päälystevauriokartoituksen jatkuvasta etenemisestä, kun taas päälystevaurio inventoinnissa pysähdellään kesken inventoinnin kirjaamaan vaurioita. Vaurioiden kirjaamistavasta tulee suurin ero mistä päälystevauriokartoituksen nopeusero syntyy. Siinä missä päälystevaurio inventoinnissa kirjataan hyvinkin tarkasti eri vauriotyypit teiltä, niin päälystevauriokartoituksessa vauriotyyppejä ei lopputulokseen eritellä tarkasti, vaan vauriot ilmoitetaan metreinä jokaiselle 100 metrin matkalle. Koska päälystevauriokartoitus on nopeampi suorittaa kuin päälystevaurio inventointi, niin työvoimaa ei tarvita yhtä paljon. Esimerkkinä päälystevaurio inventoinnin päiväkohtainen inventointinopeus on noin 25–35 km/päivä (Tieliikelaitos, 2000, s. 3). Päälystevauriokartoituksen inventointinopeus on vastaavasti noin 100–150 km/päivä.

### 4.2.1 Päälystevauriokartoitus inventointien suorittaminen

Päälystevauriokartoituksessa tarkastellaan silmämääräisesti maanteiden päälysteiden kuntoa, arvioimalla päälysteessä olevien vauriotyyppeiden vakavuutta. Tarkoitus on selvittää mahdollisimman tarkasti, kuinka paljon korjaustarvetta vaativia vaurioita tiessä on. Vauriot on jaoteltu eri ryhmiin (esimerkiksi pituushalkeamat ja verkkohalkeamat) ja niille on annettu tarkat kriteerit, mitkä tulee täyttää, jotta se voidaan merkitä korjaustarpeessa olevaksi vaurioksi. Päälystevauriokartoitusta tehdään pareittain ajoneuvolla ajaen, toinen ajaa ja toinen toimii kirjurina ja merkitsee vauriot tiedonkeruulaitteelle. Molemmat kuitenkin osallistuvat vaurioiden arviointiin ja keskustelevat päälystevaurioista sekä korjaustarpeesta inventoinnin aikana. Kirjurilla on kuitenkin päävastuu inventoinnin kirjaamisesta. (Väylävirasto, 2020b, s. 3) Destialla kartoituksessa käytetään Destian omaa mittausten hallintajärjestelmää, josta löytyy kartoitettavat tiedot. Samaan ohjelmaan myös kirjataan kartoitettavien teiden vauriot satelliittipaikannusta hyödyntäen.

Päällystevauriokartoitusta tehtäessä inventointiajoneuvon nopeus tulee olla 30–40 km/h. Ramppien osalta nopeus on lähtökohtaisesti sama mutta tarvittaessa rampeilla tulisi valita inventointinopeus niin, että se ei haittaa muuta liikennettä tai vaaranna liikenneturvallisuutta. Tilannekohtaisesti ramppien osalta voidaan ylittää 40 km/h katonopeus inventoitaessa. Yksiajorataisella tiellä inventointileveys on koko ajoradan leveys. Inventointialue rajoittuu tien reunaviivoihin. (Väylävirasto, 2020b, s. 3) Kuvassa 13 havainnollistetaan yksiajorataisen tien inventointileveyttä.

Kuva 13. Yksiajorataisen tien inventointileveys.



Kaksiajorataisella tiellä inventoidaan jokainen kaista erikseen kaistan leveydeltään (Väylävirasto, 2020b, s. 3). Kuvassa 14 havainnollistetaan kaksiajorataisen tien inventointileveyttä.

Kuva 14. Kaksiajorataisen tien inventointileveys.



Yksiajorataisilla teillä, joissa on ohituskaista, inventoidaan jokainen kaista erikseen kaistan leveydeltään (Väylävirasto, 2020b, s. 3). Kuvassa 15 havainnollistetaan yksiajorataisen tien, jossa ohituskaista, inventointileveyttä.

Kuva 15. Yksiajorataisen tien inventointileveys, jossa ohituskaista.



Teiltä, joilta puuttuvat reunaviivat, jätetään inventoinnista huomioimatta 25 cm alue päällysteen reunasta molemmilta puolilta tietä. Muuten inventointileveys on yhtä kuin päällysteen leveys. (Väylävirasto, 2020b, s. 4) Kuvassa 16 havainnollistetaan reunaviivattoman tien inventointileveyttä.

Kuva 16. Reunaviivattoman tien inventointileveys.

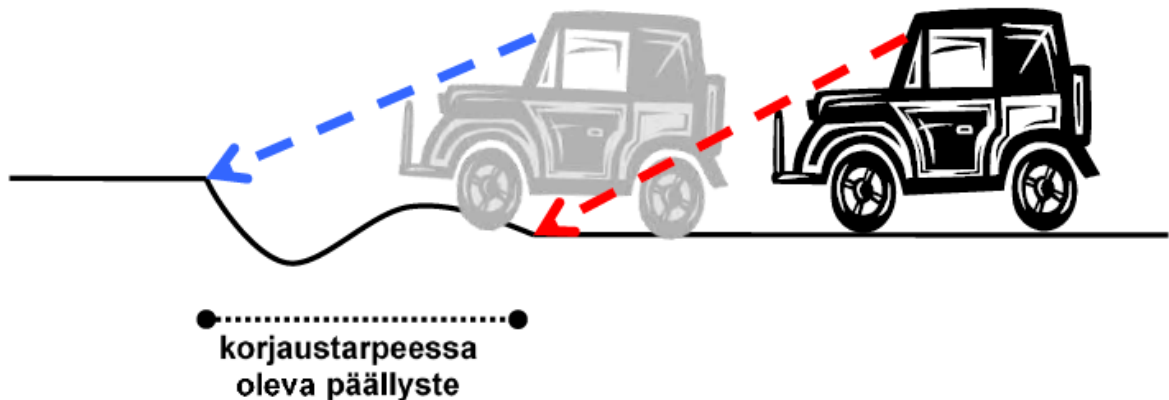


”Inventointi suoritetaan jatkuvana, tietosoitteeseen sidottuna ja korjaustarpeella on aina yksi arvo voimassa.” (Väylävirasto, 2020b, s. 6)

- ”ei korjaustarvetta” (VAUR\_LK=0), yksikkö metri (m)
- ”korjaustarve” (VAUR\_LK=1), yksikkö metri (m)

Korjaustarpeen kirjaamiseen päällystevauriokartoituksissa tulee käyttää satelliittipaikannusta hyödyntävää tiedonkeruulaitetta esimerkiksi kannettavaa tietokonetta. Korjaustarpeessa olevat osuudet inventoidaan ja kirjataan etenemän mukaan tiedonkeruulaitteelle. Korjaustarpeen merkitseminen alkaa vaurioituneen osuuden jäädessä inventointiajoneuvon keulan alle ja vastaavasti merkitseminen päättyy, kun vaurioitunut osuus katoaa inventointiajoneuvon keulan alle. (Väylävirasto, 2020b, s. 6) Kuvassa 17 esitetään korjaustarpeen merkitsemistä käytännössä. Punainen katkoviiva tarkoittaa pistettä missä korjaustarpeessa olevan jakson alkuosuus jää inventointiajoneuvon keulan alle ja tästä korjaustarpeen merkintä aloitetaan. Sininen katkoviiva tarkoittaa pistettä missä merkintä päätetään, kun korjaustarvetta vaativaa osuutta ei enää nähdä ja se jää inventointiajoneuvon keulan alle. (Väylävirasto, 2020b, s. 6)

Kuva 17. Esimerkkikuva korjaustarpeen merkitsemisestä. (Väylävirasto 2020b, s. 6)



Lisäksi inventointiin liittyy seuraavia sääntöjä. Ensinnäkin jos on pimeää, sataa tai päällyste on märkää tai lumista niin inventointia ei saa suorittaa. Kosteus korostaa tienpinnan vaurioita suuremmiksi, kuin mitä ne oikeasti ovat. Ruuhkautuvilla tieosuuksilla ruuhka-aikana inventointeja ei saa suorittaa liiallisen liikennehaitan ehkäisemiseksi. Inventointisuunnalla ei ole lähtökohtaisesti rajoitusta eli inventointia voidaan suorittaa kumpaankin suuntaan tahansa tien kasvusuuntaan nähden. Inventointisuunta kannattaa kuitenkin valita niin, että aurinko on inventointiajoneuvon etenemissuunnasta katsottuna etuvasemmalla. Valaistuksella on suuri vaikutus vaurioiden havaittavuuteen. Esimerkiksi, jos aurinko paistaa suoraan ajoneuvon takaapäin, tiessä olevien vaurioiden havaittavuus heikkenee. Siksi reitin valinnalla ja ajoituksella on merkittävä vaikutus inventoinnin onnistuneeseen suoritukseen. (Väylävirasto, 2020b, ss. 6–7)

Tiellä päällysteen pinnalla saattaa paikoin olla esimerkiksi liittymistä tai työmaalta tullutta likaa, kuten soraa, joka aiheuttaa näkemä esteen päällysteen pinnalle. Näissä tapauksissa inventoidaan vain selkeästi nähtävissä olevat vauriot. (Väylävirasto, 2020b, s. 7)

#### 4.2.2 Korjaustarpeen arviointi

Kuten jo aiemmin on mainittu tielle joko merkitään korjaustarve tai ei korjaustarvetta. Päällystevauriokartoituksessa haetaan sellaisia vaurioita, jotka ovat korjaustarpeessa, joten lieviä vaurioita ei inventoida korjaustarpeessa oleviksi. Jotta korjaustarve voidaan

merkitä, tulee tiessä olevien vaurioiden täyttää eri vauriotyypeille annetut kriteerit. Esimerkiksi pituus- ja poikkihalkeamien halkeaman leveys täytyy olla noin 3 cm leveä ja sen reunat tulee olla murtuneet, jotta se voidaan kirjata korjaustarpeessa olevaksi päällystevaurioksi. Jos vaurioita tai eri vauriotyyppejä on useita samalla jaksolla, merkitään osuudelle korjaustarve, jos yhdellä tai useammalla vauriolla täyttyy korjaustarpeen kriteerit. Ehjiä päällystepaikkauksia ei kuulu inventoida korjaustarvetta vaativiksi vaurioiksi. Poikkeuksena on kuitenkin kivituhkalla suoritettu päällystepaikkaus, joka katsotaan korjaustarpeessa olevaksi vaurioksi. (Väylävirasto, 2020b, s. 7)

## 5 Konenäkö

Konenäöllä yleensä tarkoitetaan järjestelmää, jossa tietokonenäköä sovelletaan teolliseen tarkoitukseen. Konenäköjärjestelmä muodostuu kamerasta ja tietokoneesta, jossa on kuvankäsittelyohjelma, joka tulkitsee kameras ottaman kuvan automaattisesti. Konenäöllä toimivia järjestelmiä käytetään tehtäviin, joissa optisen tarkastuksen pitää olla nopeaa, tarkkaa, ympärivuorokautista ja toistettavaa. Yleisenä tavoitteena konenäköä käytettäessä on saada kone ymmärtämään mitä kameras tai muun vastaavan sensorin kuvaama näkymä sisältää ja hyödyntää tätä saatua tietoa erilaisissa sovelluksissa. (Mäenpää ym., 2008, s. 11)

Konenäköjärjestelmien suurin haaste on, että miten koneelle pystyttäisiin antamaan samanlainen näkökyky, kuin ihmisellä on. Konenäköjärjestelmiä pitäisi pystyä kehittämään niin, että kuvienkäsittelyn lisäksi konenäkö oppisi myös ymmärtämään ja tulkitsemaan kuvissa näkemiään asioita. Vertailun vuoksi kuvankäsittely liittyy enimmäkseen matemaattisten funktioiden ja kuvien muunnosten käyttöön ja soveltamiseen. (Anand, s. 13)

Konenäköjärjestelmän kuvankäsittelyssä on kolme vaihetta: kuvan hankinta, kuvan analysointi ja kuvan ymmärtäminen. Kuvan hankinta vaatii kameras, valaistuksen, kuvausobjektiivin eli linssistön ja muita kuvaukseen liittyviä tarvikkeita. Kameras mitä käytetään kuvan hankintaan voivat olla mustavalko- tai värikameras. Myös älykameras voidaan käyttää. Kameras voi olla yksi tai useampia kuvan hankkimiseksi. Kuvan hankinnassa tulisi keskittyä, että värit, tekstuurit, liike ja kuvattavan objektin muoto tulee kuvattua oikein. Kuvan hankkimisen jälkeen kuva analysoidaan, jotta siitä saadaan

merkitykselliset tiedot talteen. Kuva-analyysi voi vaihdella sovellusten ja annettujen vaatimusten mukaan. Kuvan ymmärtämisvaiheessa kuvasta tunnistetaan objekteja, joita verrataan aiemmin tallennettuihin kuviin ja niissä esiintyviin objekteihin. (Anand, ss. 14–15)

Konenäön tuotoksena saadaan kuvaan pohjautuvaa uutta tietoa, jonka se esittää lyhennyksessä muodossa. Kuvan sisällöstä voidaan konenäöllä tehdä yksinkertaisimmillaan kyllä/ei-tulkinta. Monimutkaisempi konenäöllä tehty tulkinta on kuvan luokittelemista. Kuvasta tehty johtopäätös on kokoelma lukuja. Konenäköön liittyy lähes aina todennäköisyyttä ja suhteellisuutta, vaikka näiden asioiden vaikutusta yritetään minimoida. Ihminen luo ja määrittää koneelle säännöt ja kynnsarvot joko ohjelmoimalla tai näyttämällä koneelle erilaisia malleja. Nämä säännöt voivat olla matemaattisesti hyvin monimutkaisia, vaikka tehtävä olisi yksinkertainen. Alan kirjallisuudessa konenäkö on jaettu kahteen lajiin. Nämä lajit ovat tietokonenäkö ja konenäkö. Tietokonenäkö on perinteisesti keskittynyt tutkimaan teoreettista ohjelmointimenettelyä. Konenäön tavoitteena on vastaavasti ollut rakennella käytännön laitteita tehtaiden tuotantolinjoille käyttämällä kameroita, tietokoneita ja tietokonenäön tutkimustuloksia. Nykyään tietokonenäön ja konenäön termeillä puhuttaessa tarkoitetaan usein molempien termien koko laajaa kenttää. (Sandelin, 2020)

Digitalisoituminen tuo tien hoitoon ja ylläpitoon uusia toteuttamiskelpoisia ratkaisumahdollisuuksia. Kuva-aineiston kerääminen tiestöllä liikkuvista ajoneuvoista on jo vakiintunut käytäntö ja konenäön hyödyntäminen näiden kuvien tulkitsemiseksi on vahvasti tulossa. (Suuriniemi, 2019, s. 6)

Konenäön tuottamat tulkinnat ovat riippuvaisia opetusaineistosta. Opetusaineistolla konenäöalgoritmit opetetaan yhdistämään avainsanoja tai lukuarvoja kuvamateriaaliin. Konenäön hyödyntämisen standardoimiseksi on opetusaineisto ja sen kerääminen ja ylläpito standardoitava, jotta eri konenäköalgoritmit saadaan tuottamaan samanlaisia tuloksia. (Suuriniemi, 2019, s. 6)

## 5.1 Konenäköön perustuva päällystevauriokartoitus

Neuroverkkopohjainen konenäköön perustuva päällystevauriokartoitus on menetelmä missä kone tulkitsee valokuvista tienpinnan vaurioita. Testattava ohjelma on Destian ja erillisen ohjelmistoyhtiön yhteistyössä kehittämä ja se pystyy tällä hetkellä tuottamaan tietoa tienpinnan vaurioista kaistoittain tieosoitteeseen sidottuna. Konenäkö tulkitsee tienpinnasta eri vauriotyyppejä vaurioituneen pikselimäärän suhteessa koko kuvan pikselimäärään prosenteissa. Konenäkö on opetettu tunnistamaan tuhansien kuvien avulla eri tienpinnan vaurioita ja tällä hetkellä ohjelma pystyy tunnistamaan pituus- ja poikkihalkeamat, verkkohalkeamat ja reiät. Purkaumaa, saati painaumia ja kohoumia ohjelma ei tällä hetkellä vielä tunnista. (Destia, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

Konenäköä varten tie kuvataan paikkaan sidotulla jatkuvalla kuvauksella. Kuvia otetaan 5 metrin välein. Konenäön varsinaista inventointia varten kuva käännetään lintuperspektiiviin, jolloin saadaan kuva kohtisuoraan ylhäältä alaspäin tienpintaa kohti. Tästä kuvakulmasta konenäkö alkaa tunnistamaan tienpinnasta mahdollisia vaurioita ja vaurion havaittuaan se merkitsee mikä vauriotyyppi on kyseessä ja laskee pinta-alana, kuinka suuri alue on vaurioitunut. (Destia, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) Kuvassa 18 on esimerkkikuva konenäön tulkitsemasta vauriosta tienpinnalta.

Kuva 18. Konenäön tunnistama poikittaishalkeama tienpäällysteessä. (Destia 2020)



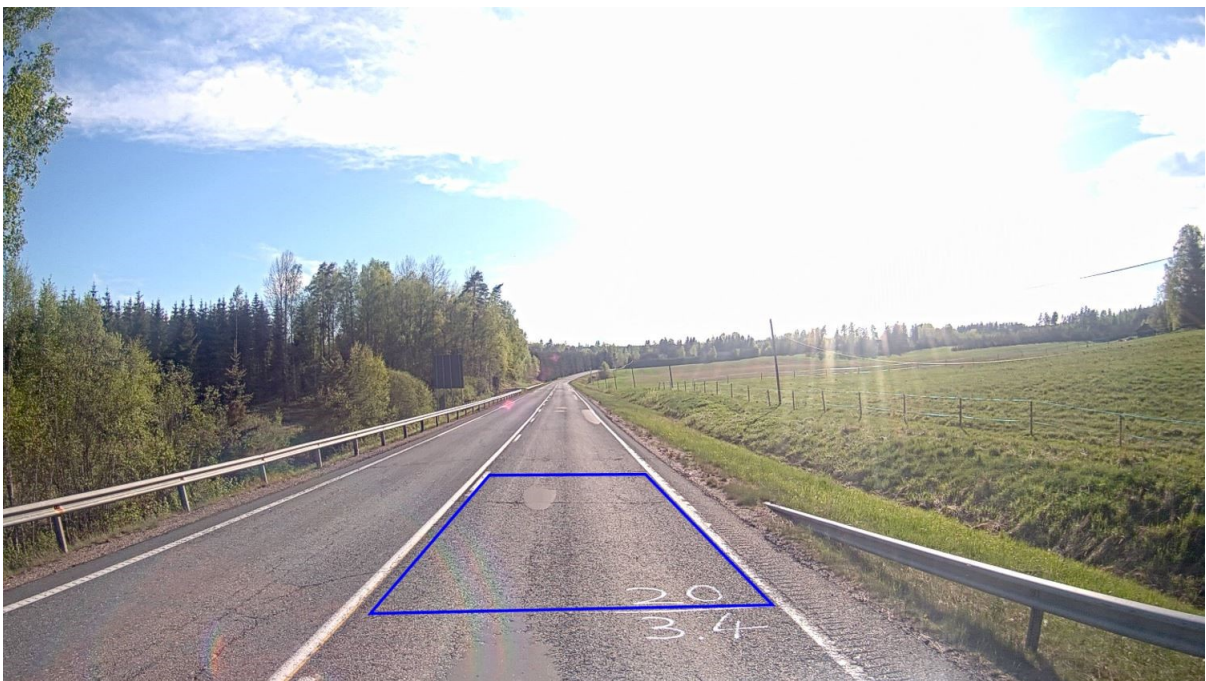
Konenäkö tulkitsee kerralla 10 metriä pitkän ja kaistanleveyden mittaisen alueen. Inventointi tapahtuu inventointilaatikko ja kaista kerrallaan. Kun molemmat kaistat ovat inventoitu yhdistetään kaistojen tulokset toisiinsa. Viimeisenä vaiheena yhdistetään nämä 10 metriset jaksot niin, että niistä tulee 100 metrin jaksot kokonaisuutena. Tämä yhdistäminen tehdään siksi, että vertailu visuaalisen inventointitavan ja konenäön välillä voidaan suorittaa. Visuaalinen inventointitapa, kun tuottaa vauriomäärät metreissä 100 metrin jaksoissa kerrallaan. (Destia, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) Kuvassa 19 on esitetty mistä inventointilaatikon määrittäminen aloitetaan tieosilla.

Kuva 19. Inventointilaatikon määrittämisen lähtökohta.



Inventointilaatikko piirretään tiemerkitöjen avulla. Kuvassa 20 havainnollistetaan valmista inventointilaatikkoa piirrettynä konenäön tulkintaa varten.

Kuva 20. Valmis inventointilaatikko piirrettynä.



Konenäön tulkinta tapahtuu niin, että konenäkö jakaa inventointilaatikon kokoisen alueen, useisiin pieniin neliönmuotoisiin neliöihin. Koko inventointilaatikko on lopulta yksi iso ruudukko, josta konenäkö ruutu kerrallaan tarkastelee tienpintaa ja sen kuntoa. Vaurion havaittuaan se tunnistaa vaurion tyyppin ja maalaa vaurioituneen alueen omalla värillään, josta nähdään, mikä vauriotyyppi on kyseessä ja missä kohtaa se sijaitsee. Viimeiseksi konenäkö laskee ruudukon avulla, kuinka suuri osa inventointilaatikosta on vaurioitunutta päällystettä. Se laskee jokaisen eri vauriotyyppin prosentuaalisen vauriomäärän pinta-alasta, joka on vaurioitunut. Lopuksi se laskee yhteen näiden eri vauriotyyppien pinta-alat, joiden kautta saadaan koko inventointilaatikon vaurioitunut osuus pinta-alan prosenttilukuna. (Destia, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

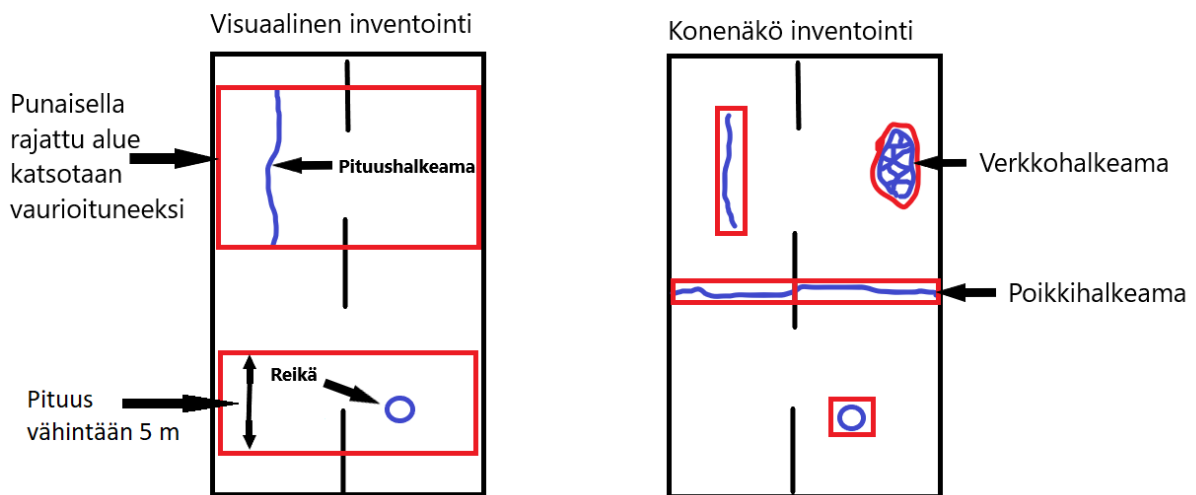
## 5.2 Huomioon otettavat asiat testitulosten vertailussa

Nykyinen käytäntö päällystevauriokartoituksissa on ilmoittaa vaurioituneet osuudet metreissä jokaiselle alkavalle sadalle metrille (m/ 100 m). Konenäkö taas ilmoittaa vaurioituneet osuudet pinta-alan prosenttilukuna. Tarkoitus oli vertailla tuloksia molempien inventointitapojen osalta metreissä. Tämä edellytti, että konenäön vauriomäärän pinta-alan prosenttiluku muutetaan laskennallisesti metreiksi. Tutkimusten ja tulosten analysoinnin aikana selvisi, että konenäön tuottaman vaurioituneen pinta-alan prosenttiluvusta, ei pystytä laskemaan metrimäärää konenäön vaurioille, joka olisi vertailukelpoinen visuaalisen inventointitavan kanssa. Konenäön tuottamaan pinta-alan prosenttiluvusta laskettuun metrimäärään olisi tarvinnut lisätä kerroin, joka olisi nostanut konenäön vauriomäärät metreissä vastaamaan visuaalisen inventointitavan vauriomääriä. Tämän kertoimen määrittäminen olisi vaatinut huomattavia lisätutkimuksia, joten siksi tulosten vertailusta metreissä luovuttiin. Visuaalisen inventointitavan tuloksesta pystytään kyllä metrimääräinen tulos muuttamaan vaurioituneeksi neliömetrin pinta-alaksi 100 metrin jaksolle. Näin ollen vauriomäärien tulosten vertailu suoritettiin vertailemalla vaurioitunutta pinta-alaa (m<sup>2</sup>) jokaiselle alkavalle 100 metrille.

Pinta-aloissa tulosten vertailu ei ole kuitenkaan täysin ongelmaton, johtuen tiedonkeruun tavoista. Visuaalisessa inventoinnissa minimi vauriomääräarvo, jonka voi vaurioituneelle tieosalle asettaa on viiden metrin pituinen ja koko tien levyinen alue. Konenäkö taas

tulkitsee vaurioituneet alueet melko täsmällisesti sen kokoisiksi, kuinka suuria vauriot ovat todellisuudessa. Visuaalisen inventointitavan metrimääräinen vauriomäärä, kun muutetaan neliömetreiksi, johtaa siihen, että inventointiin saattaa sisältyä tapauskohtaisesti paljon sellaista pinta-alaa, joka ei ole vaurioitunut. Tämä taas todennäköisesti johtaa siihen, että vauriomäärät pinta-aloissa eroavat suuresti visuaalisen inventointitavan ja konenäön välillä. Kuvassa 21 on selvennetty tätä edellä mainittua ongelmaa, joka liittyy tulosten tarkasteluun pinta-aloissa.

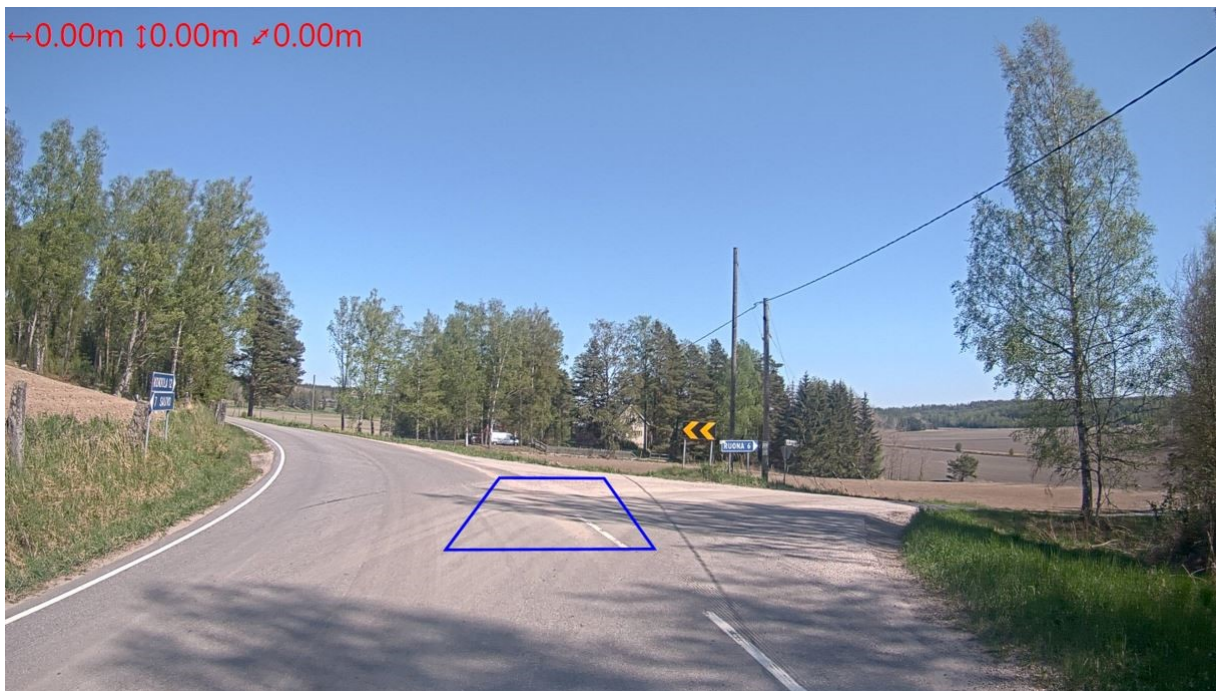
Kuva 21. Visuaalisen inventoinnin ja konenäön ero vaurioituneiden alueiden koon tulkinnassa.



Testitulosten vertailussa tulee myös huomioida inventointi olosuhteet molempien inventointitapojen osalta. Valaistus tulee olla mahdollisimman hyvä ja tienpinnassa ei saa olla kosteutta, jotta testituloksiin ei syntyisi epämääräisyyttä. Jos toisella inventointitavalla on huomattavasti erilaisemmat olosuhteet, tulee se huomioida tulosten vertailussa. Valaistuksella on todistetusti suuri rooli onnistuneeseen päällystevauriokartoitus inventointiin. Konenäön osalta tulee myös kiinnittää huomiota mahdollisiin varjoihin tienpinnassa. Konenäkö saattaa häiriintyä tienpinnassa esiintyvistä varjoista, joka taas aiheuttaa sen, että konenäkö inventoi virheellisesti varjon tienpinnan vaurioksi.

Konenäön testitulosten pohdinnassa tulee ottaa myös huomioon, että inventointilaatikko ei skaalautu tiessä olevien jyrkempien mutkien mukaan, vaan inventointilaatikko kulkee välillä osittain pientareen puolella. Tähän edellä mainittuun asiaan vaikuttaa myös kuvausajoneuvon ajolinja hyvin vahvasti. Ajolinja tulee pitää tiukasti kuvauksen aikana omalla kaistallaan ja välttää kaistalla seilaamista. Ajolinjan seilaamisella kaistalla on vaikutus kuvamateriaaliin ja tämän takia esimerkiksi tienpiennarta saattaa esiintyä inventointilaatikon inventointi alueella. Tämä voi aiheuttaa konenäön tuloksiin epämääräisyyttä. Kuvassa 22 on esimerkki tien kaarteesta missä inventointilaatikko ajautuu tien ulkopuolelle.

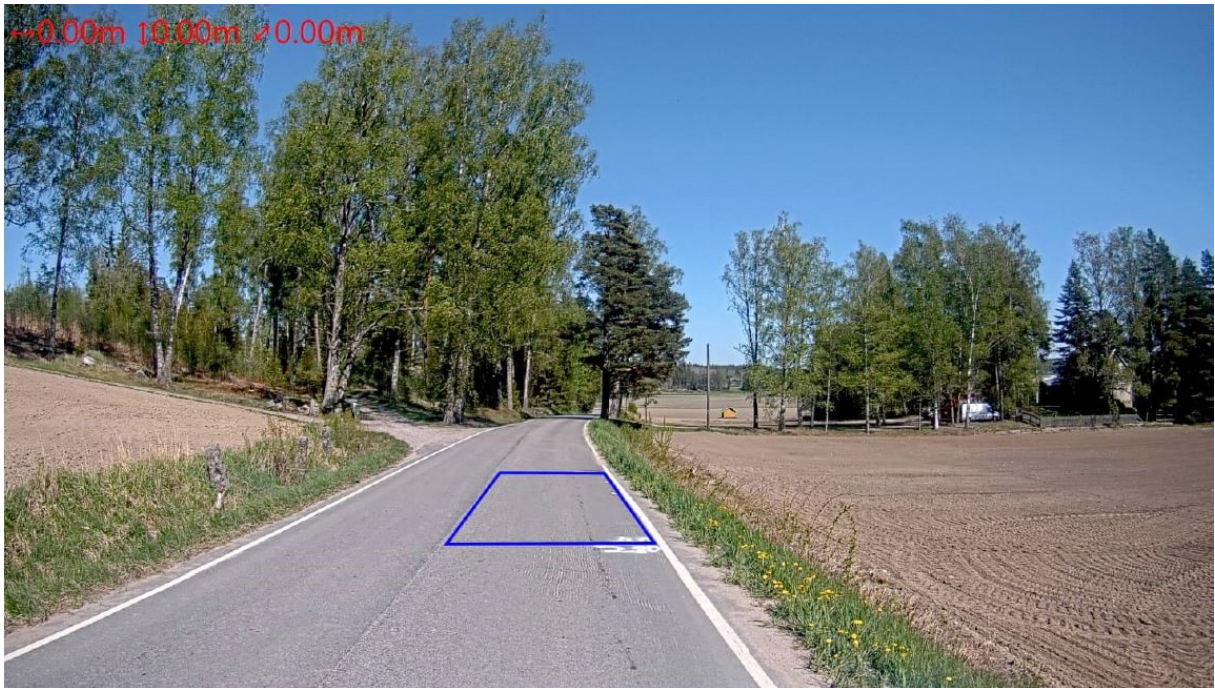
Kuva 22. Esimerkki tien kaarteesta, jossa on suhteellisen jyrkkä kaarevuussäde. Inventointilaatikko ajautuu tällaisissa kohdissa arvioitavan ajoradan ulkopuolelle.



Lisäksi, kun konenäön kaistat yhdistetään toisiinsa, niiden paikkasijainnit eivät aina huolellisesta alkumittauksesta huolimatta täysin kohtaa. Näin ollen voi inventointilaatikoiden sijainnissa ilmetä esimerkiksi päällekkäisyyttä, joka johtaa osittain samojen jo inventoitujen alueiden uudelleen inventoimiseen. Kuvausten aikana tulisi huolellisen alkumittauksen myötä kiinnittää myös huomiota kuvaus suunnan 2 alkumittaukseen, jotta varmistuttaisiin, että inventointilaatikat kohtaavat samassa pisteessä ja omilla kaistoillaan myös tien

alkupäässä. Kuvassa 23 on esimerkki inventointilaatikosta, joka on tarkasti sijoitettuna lähtöpisteeseensä.

Kuva 23. Inventointilaatikko sijoitettuna tarkasti lähtöpisteeseensä.



Kuvassa 24 on vastaavasti esitettyä saman tien sama paikka mutta toiseen suuntaan tullessa. Kuten kuvasta on nähtävissä inventointilaatikon sijainti eroaa toisen suunnan kalibroinnista. Täysin onnistuneessa kalibroinnissa inventointilaatikat sijaitsivat toistensa rinnalla ja päällekkäisyyttä ei esiinny.

Kuva 24. Esimerkki kalibroinnin eroavaisuudesta toiseen suuntaan tullessa.

Sama tie, sama paalu, sama kalibrointi, suunta 2



Joka tapauksessa on testitulosten vertailussa huomioitava, että inventointilaatikoiden päällekkäisyyttä tai tienpiennarta saattaa esiintyä tarkasteltavassa kuvamateriaalissa. Tämä taas saattaa vääristää testituloksissa ilmeneviä vauriomääriä.

## 6 Visuaalinen päällystevauriokartoitus ja konenäkö tutkimukset

Tämän opinnäytetyön tutkimukset suoritettiin vertailututkimuksena. Tutkimuksessa tehtiin visuaalisen tavan mukainen päällystevauriokartoitustesti. Tiet myös kuvattiin konenäkötestiä varten. Molempien inventointitapojen tulokset käsiteltiin Destialla sisäisesti. Lopputuloksena syntyi Excel-tiedostot, josta teiden vauriomäärät ovat luettavissa jokaiselle 100 metrin jaksolle. Tuloksia vertailtiin keskenään ja niistä laskettiin vauriomäärien keskiarvot, keskihajonta ja korrelaatiot. Tulosten perusteella pystyttiin tekemään johtopäätöksiä visuaalisen ja konenäön inventointitapojen eroista vaurioiden inventoinnissa ja määristä.

## 6.1 Tutkimusalue ja -kohteet

Tutkimusalueena käytettiin vuoden 2021 päällystevauriokartoitus inventoinnin kohteena olleita Varsinais-Suomessa sijaitsevia tieosuuksia, joissa oli havaittu vaurioita.

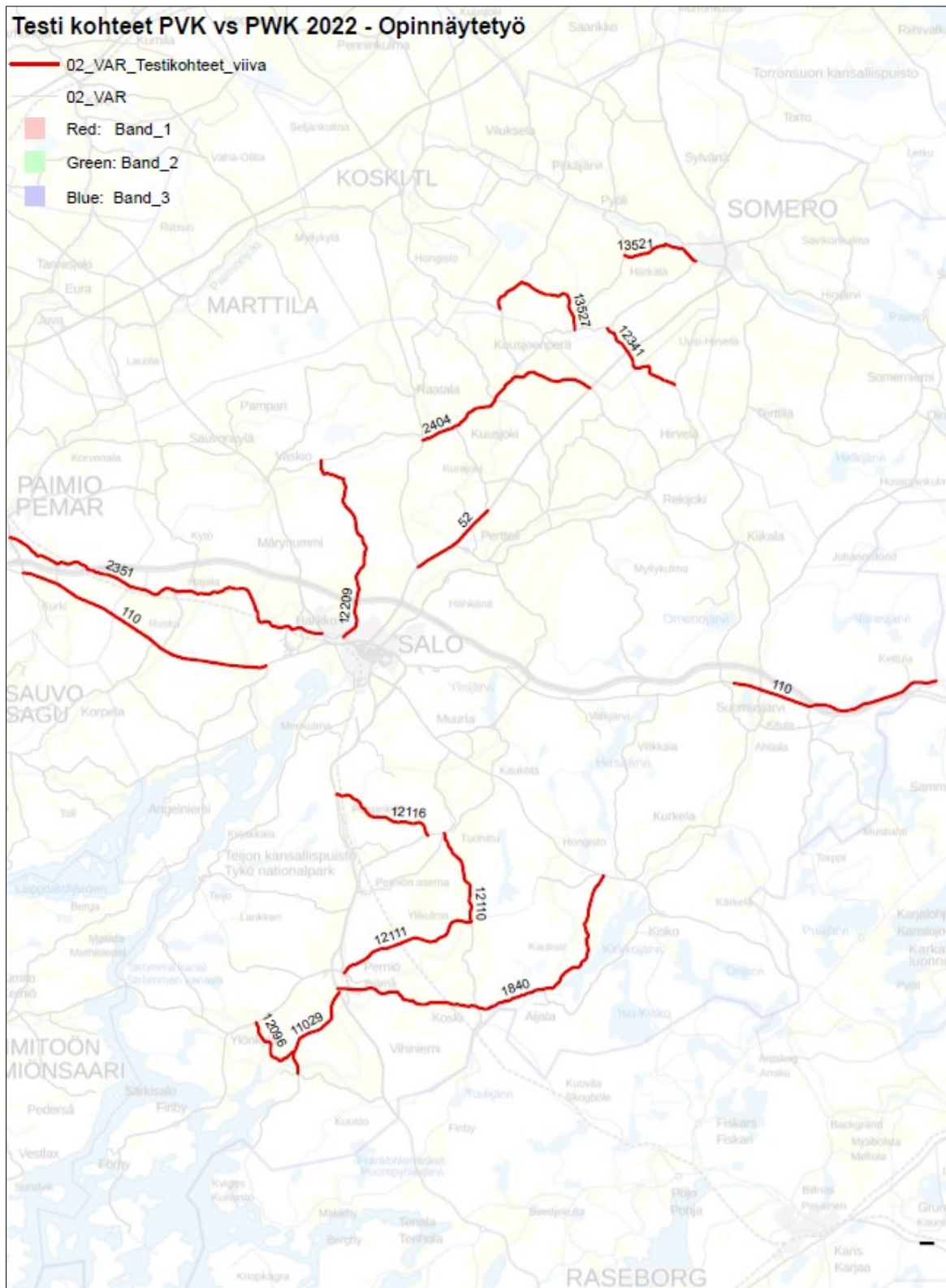
Tutkimuskohteet valittiin seuraavien kriteerien mukaisesti: niiden tuli kuulua eri tieluokkiin (valta-, kanta-, seutu- ja yhdystie) ja niissä tuli olla monipuolisesti eri vauriotyyppejä ja tien leveyden tuli vaihdella. Sopivien teiden valintaan varten suoritettiin maastokäynti, jossa tarkasteltiin eri teiden soveltuvuutta tähän kyseiseen tutkimukseen. Yhteensä tutkittavia teitä valittiin testeihin n. 155 km. Taulukossa 2 on listattuna tutkimukseen valitut tiet tieosineen sekä teiden sijainti, pituudet ja mahdolliset reunaviivat.

Taulukko 2. Tutkimukseen valitut tiet.

ELY	Tie	Tieosa	Pituus (m)	Reunaviivat
Varsinais-Suomi	52	13	5806	Kyllä
Varsinais-Suomi	110	19	6354	Kyllä
Varsinais-Suomi	110	20	2393	Kyllä
Varsinais-Suomi	110	21	4990	Kyllä
Varsinais-Suomi	110	28	7440	Kyllä
Varsinais-Suomi	110	29	9661	Kyllä
Varsinais-Suomi	1840	1	2243	Kyllä
Varsinais-Suomi	1840	2	7200	Kyllä
Varsinais-Suomi	1840	3	4605	Kyllä
Varsinais-Suomi	1840	4	5948	Kyllä
Varsinais-Suomi	1840	5	3415	Kyllä
Varsinais-Suomi	2351	1	5059	Kyllä
Varsinais-Suomi	2351	2	6365	Kyllä
Varsinais-Suomi	2351	3	8284	Kyllä
Varsinais-Suomi	2351	4	3590	Kyllä
Varsinais-Suomi	2404	1	7478	Kyllä
Varsinais-Suomi	2404	2	5228	Kyllä
Varsinais-Suomi	11029	5	6662	Kyllä
Varsinais-Suomi	12085	2	6000	Kyllä
Varsinais-Suomi	12085	3	5902	Kyllä
Varsinais-Suomi	12096	1	4330	Ei
Varsinais-Suomi	12110	2	6263	Ei
Varsinais-Suomi	12111	1	9519	Kyllä
Varsinais-Suomi	12116	1	7070	Ei
Varsinais-Suomi	12209	1	7215	Ei
Varsinais-Suomi	12209	2	6450	Ei
Varsinais-Suomi	12341	1	3250	Ei
Varsinais-Suomi	13521	1	5232	Ei
Varsinais-Suomi	13527	1	2133	Ei

Testitiet sijaitsevat Varsinais-Suomen alueella. Kuvassa 25 on esitettyä tutkimukseen valitut testitiet kartalla.

Kuva 25. Tutkimuskohteiksi valitut testitiet kartalla.



## 6.2 Päälystevauriokartoitustesti

Päälystevauriokartoitustestin suorittamiseen ja tiestön kuvantamiseen käytettiin maastoajoneuvoa, joka varustettiin mittauslaittein ja kameroineen. Inventointiin käytettiin Destian omaa mittauksen hallintajärjestelmää. Kuvassa 26 on esitettyä testiin käytetty inventointiajoneuvo.

Kuva 26. Inventointiajoneuvo varusteineen.



Tiedonkeruujärjestelmä koostuu tietokoneesta ja siihen liitetystä mittauksen hallintajärjestelmästä, paikannusjärjestelmästä ja kamerasta. Kuvassa 27 on esitettyä millainen tiedonkeruujärjestelmä käytännössä voi olla.

Kuva 27. Tiedonkeruujärjestelmä, jolla inventointeja suoritetaan.



Päällystevauriokartoitustesti inventoinnit suoritettiin 9. –10.6.2022. Sääolosuhteet olivat inventoinnin suorituksen kannalta hyvät: Sää oli aurinkoisen pilvipoutainen ja tienpinta kuiva. Inventointisuunnat valittiin niin, että auringon valaistus oli mahdollisimman optimaalinen inventointeja varten eli aurinko paistoi ajoneuvon etupuolelta. Testi inventoinnin aikana ei ilmennyt minkäänlaisia häiriöitä kaluston suhteen ja, inventoinnit pystyttiin suorittamaan keskeytyksettä läpi.

### **6.3 Konenäkötettiin valmistavat toimenpiteet**

Konenäkötettä varten teihin tehtiin tiemerkinnot ja tiet kuvattiin. Tiemerkinnot ja kuvaukset suoritettiin 24. –26.5 ja 30.5.2022. Jokaisen tien kaistanleveydet tarkastettiin mittaamalla. Kuvassa 28 on esitettyä, kuinka kaistanleveyden tarkastus tehtiin mittanauhaa käyttäen.

Kuva 28. Tien kaistanleveyden tarkastus mittaamalla.



Tienpintaan merkittiin spraymaalilla tien kaistanleveys ja paaluluku, jotka kertovat, missä kohtaa tieosaa merkintä suoritettiin. Lisäksi merkittiin paaluluvusta 10 metrin päähän toinen poikkiviiva, jotta analysointivaiheessa pystyttiin tekemään tarkasti 10 m pitkä ja kaistanleveyden mittainen inventointilaatikko konenäkötestiä varten. Kuvassa 29 on esitettynä valmiit tiemerkinnot kokonaisuudessaan konenäön inventointilaatikkoa varten. Ylempi luku ilmaisee tien paaluluvun kyseisen poikkiviivan kohdalla ja alempi luku tien kaistanleveyden metreissä yhden desimaalin tarkkuudella.

Kuva 29. Valmis tiemerkinä konenäön inventointilaatikkoa varten. Ylempi luku ilmaisee tien paaluluvun kyseisen poikkiviivan kohdalla ja alempi luku tien kaistanleveyden.



## 7 Tutkimusten tulokset

Testien jälkeen vertailtiin saatuja tuloksia keskenään. Tuloksista laskettiin keskiarvot vauriomäärille, keskihajonta ja korrelaatiot. Tulosten vertailua hankaloittaa inventointitapojen tuottama erilainen lopputulos toisiinsa nähden.

Päällystevauriokartoitustestin visuaalinen inventointitapa tuottaa tulokseksi vaurioituneen osuuden metreissä/100 metrin jaksolle, ja konenäkö tuottaa vaurioituneen osuuden pinta-alan prosenttilukuna/100 metrin jaksolle. Koska konenäkötestissä saadusta prosenttiluvusta ei pystytä tarkasti laskemaan paljonko vauriot ovat metreissä suhteessa visuaalisen inventoinnin lopputulokseen, niin päädyttiin laskemaan paljonko vaurioita on pinta-alan prosenttilukuna/100 metrin jaksolle molemmilla inventointitavoilla.

## 7.1 Tieosien vaurioituneet pinta-alat (%)

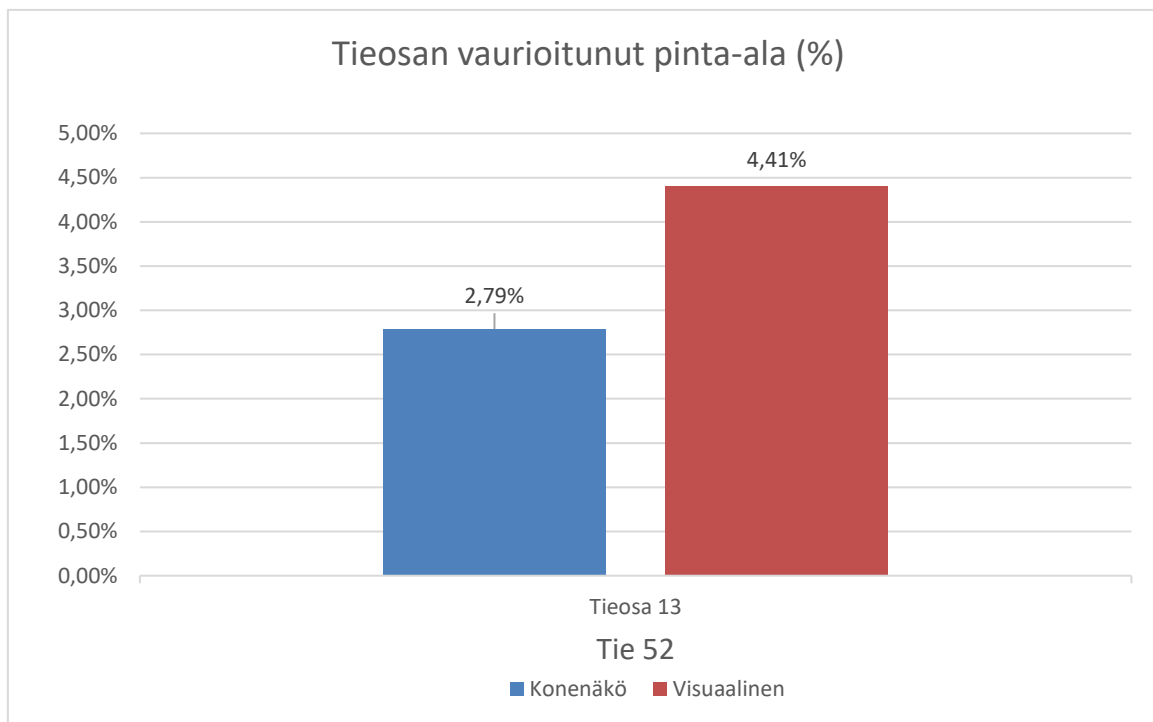
Tässä luvussa esitellään molemmilla inventointitavoilla lasketut vauriomäärät kaikilta testiteiltä. Lisäksi pohdittiin mistä erot vauriomäärissä inventointitapojen välillä mahdollisesti johtuivat. Kuvissa näkyvät vauriomäärä luvut kertovat, kuinka iso osa koko tieosasta on vaurioitunut suhteessa sen koko pituuteen nähden. Vauriomäärät on laskettu pinta-alojen prosenttilukuina.

### Tie 52 tieosa 13

Tien 52 tieosa 13 oli pääasiassa hyväkuntoinen. Tiellä oli myös vaurioita, mutta niitä oli vähän ja vaurioiden joukossa on paljon sellaisia vaurioita, jotka eivät täytä korjaustarpeessa olevien vaurioiden kriteeriä. Tie on profiililtaan todella suoraa kantatietä. Tie valittiin tähän tutkimukseen, koska se on tieluokaltaan kantatie ja koska se oli lähtökohtaisesti hyväkuntoinen. Tutkimuksen kannalta oli tärkeää saada tietoa, miten konenäkö ja visuaalinen inventoija tulkitsevat vaurioita suhteessa toisiinsa myös hyväkuntoisella tiellä.

Tien 52 tieosa 13 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 2,79 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 4,41 %. Kuvassa 30 on esitettyä tien 52 tieosa 13 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 30. Tien 52 tieosa 13 vaurioitunut pinta-ala.



Liitteessä 1 on tien 52 tieosa 13 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Ylimmäisenä oleva viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Kuten liitteestä 1 voidaan nähdä, konenäkö on inventoinut tien huonokuntoisemmaksi, kuin visuaalinen inventoija. Tämä johtuu osittain siitä, että konenäkö ei osaa erotella vaurioita, joiden vauriokriteerit eivät täyty, vaan se inventoi kaikki havaitsemansa vauriot.

Kuten nähdään tällä tieosalla ero vaurioiden kokonaismäärässä, on suhteellisen maltillinen verrattuna moneen muuhun testiteihin. Tämä johtuukin todennäköisesti pääasiassa tien hyväkuntoisuudesta. Kyseisellä tieosalla on myös vaurioita mutta niitä on vähän ja vaurioiden joukossa on paljon sellaisia vaurioita, jotka eivät täytä korjaustarpeessa olevien vaurioiden kriteerejä. Tällaiset vauriot inventoija jättää parhaan arviointinsa mukaan kirjaamatta ylös. Konenäkö kyllä inventoi nämä pienetkin vauriot mutta niistä syntyvä pinta-alojen kokonaisuus jää edelleen pieneksi, jolloin suurta eroa ei synny visuaaliseen tapaan nähden. Liitteestä 1 voidaan nähdä tätä eroa inventointitavassa.

Siinä missä visuaalisen inventoijan tie näyttää lähes koko matkaltaan erittäin hyväkuntoista, niin konenäön perusteella tienkunto on enemmänkin tyydyttävä. Tämä johtuu juuri siitä, että visuaalinen inventoija on jättänyt pienet vauriot inventoimatta, koska ne eivät täytä korjaustarpeen kriteerejä. Konenäkö ei taas osaa jättää näitä huomioimatta vaan tulkitsee kaikki havaitsemansa vauriot. Vaurioiden ollessa pieniä jää myös konenäön vaurion pinta-alamäärät pieniksi, joka tasoittaa tilannetta. Huomattavaa on kuitenkin, että vaikka visuaalinen inventoija on jättänyt inventoimatta pienet vauriot, niin silti visuaalisen inventoijan vauriomäärä on suurempi. Tämä johtuu vaurioituneiden inventointialueiden koon tulkinnasta. Visuaalisessa inventointitavassa inventoidaan vaurioituneeksi alaksi tapauskohtaisesti paljon myös ehjää pinta-alaa. Tämä taas johtaa melkein aina siihen, että visuaalisen inventointitavan vauriopinta-ala on suurempi kuin konenäöllä tuotettu tieto. Aiemmin mainitussa kuvassa 21 esitetään tätä ongelmaa, mikä aiheuttaa epätasaisuutta vauriomääriin, kun vertailua suoritetaan pinta-alamäärien kautta. Kuvassa 31 on yleiskuva tiestä 52 tieosa 13, joka kuvaa tien yleiskuntoa.

Kuva 31. Yleiskuva, joka kuvaa tien 52 tieosa 13 hyväkuntoisuutta.

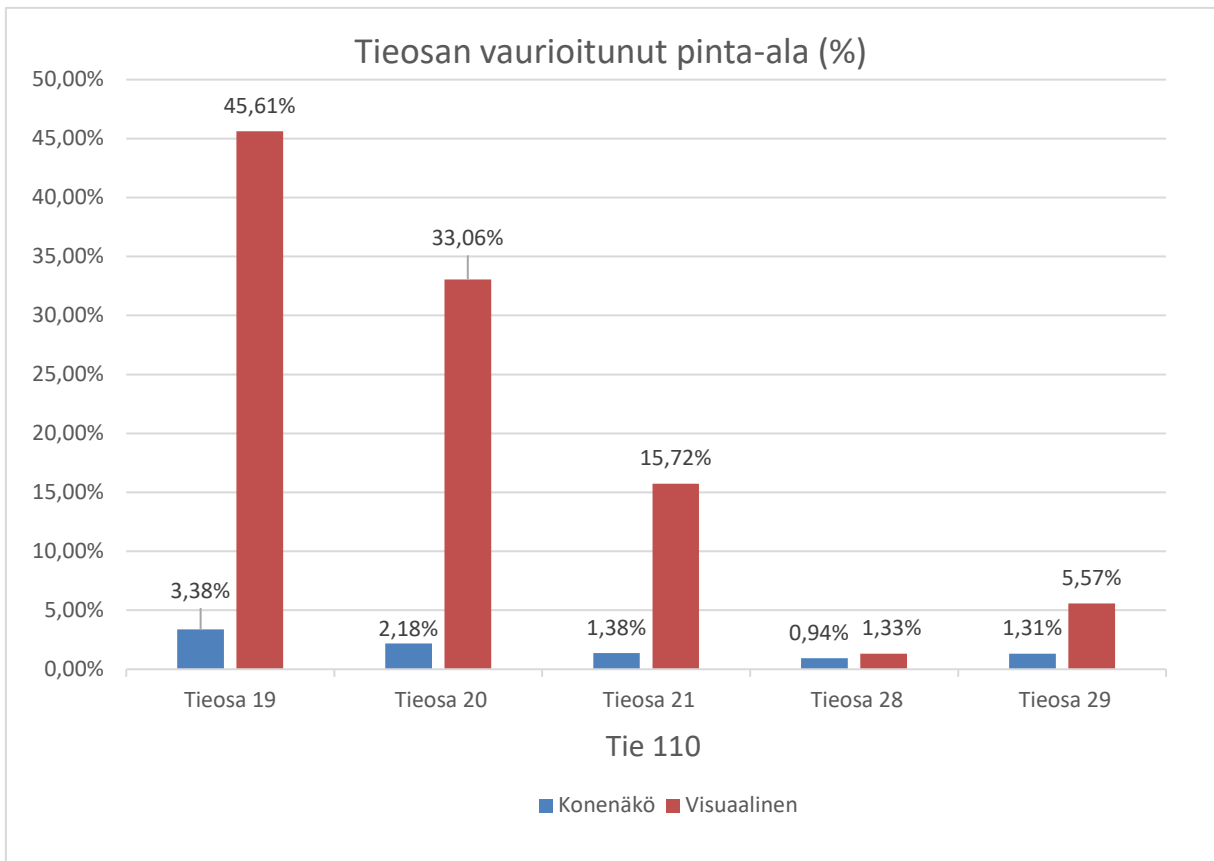


## **Tie 110 tieosat 19, 20, 21, 28 ja 29**

Tielle 110 valittiin yhteensä viisi eri tieosaa tutkimuksiin. Tie on entinen valtatie 1, joka on nykyään muutettu luokitukseltaan seututieksi. Tieosat 19 ja 20 ovat huonokuntoisia. Näiden tieosien päällystettä on paljon paikkailtu, tiessä on näkyvissä selviä vaurioita ja tienpinta on paikoitellen kulunut, purkautunut ja urautumista on jo muodostunut. Tieosa 21 on alkuosaltaan huonompi kuntoinen, jossa myös selviä vaurioita havaittavissa. Tieosan 21 loppuosa on kuitenkin hyväkuntoista, jossa vaurioita ei juuri ole tai sitten ne ovat vaurioasteeltaan lieviä. Tieosa 28 on erittäin hyväkuntoinen, jossa vaurioita ei juuri ole. Tieosa 29 on myös hyväkuntoinen, joskin selviä kriteerit täyttäviä vauriokohtia löytyy, kuten alkavia verkkohalkeamia.

Tieosalla 19 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 3,38 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 45,61 %. Tieosalla 20 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 2,18 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 33,06 %. Tieosalla 21 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 1,38 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 15,72 %. Tieosalla 28 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 0,94 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 1,33 %. Tieosalla 29 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 1,31 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 5,57 %. Kuvassa 32 on esitettyä tien 110 tieosien 19, 20, 21, 28 ja 29 vauriomäärä pinta-alat koko tieosien suhteen.

Kuva 32. Tien 110 ja tieosien 19, 20, 21 ,28 ja 29 vaurioituneet pinta-alat.



Liitteessä 2 on tien 110 tieosan 19, liitteessä 3 on tien 110 tieosan 20, liitteessä 4 on tien 110 tieosan 21, liitteessä 5 on tien 110 tieosan 28 ja liitteessä 6 on tien 110 tieosan 29 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Alimmaisena oleva viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Tulosten perusteella voidaan todeta, että tien 110 eri tieosilla vauriomäärät eroavat suuresti inventointitapojen välillä, poikkeuksena tieosat 28 ja 29, joissa erot vauriomäärissä ovat maltillisemmat. Varsinkin tieosalla 19 ja tieosalla 20 ero vauriomäärissä on huomattava. Tieosat 19 ja 20 ovat huonossa kunnossa ja runsaasti paikattuja, millä on varmasti vaikutusta varsin voimakkaasti tulosten eroavaisuuteen. Tien ollessa huonokuntoinen ja runsaasti paikkailtu vaikeutuu vaurioiden tunnistaminen molemmilla inventointitavoilla, johtuen siitä, että tienpintaa on vaikeampi tulkita, kun päällystekorjauksia on sekaisin vaurioiden ja ehjän päällysteen seassa. Tieosan 21 alku on huonokuntoisempaa mutta loppuosa käytännössä hyväkuntoista, joka tasoittaa vauriomäärien eroja inventointitapojen välillä. Liitteestä 4 näkee hyvin, kuinka tieosan 21 kunto selvästi paranee noin tieosan puolivälissä. Puolivälin jälkeen kummallakin

inventointitavalla vauriomäärät ovat vähentyneet huomattavasti. Paikkatiedon perusteella tieosilla 19, 20 ja 21 vaurioita on havaittu samoissa tienkohdissa, mikä kertoo, että inventointi on ollut jollain tapaa yhtenäistä inventointitapojen kesken. Kuvassa 33 on yleiskuva tieltä 110 tieosalta 19. Kuten kuvasta näkyy, tie on huonokuntoinen.

Kuva 33. Yleiskuva, joka kuvaa tien 110 tieosa 19 huonokuntoisuutta.



Tieosat 28 ja 29 ovat kunnoltaan hyväkuntoisia, joten inventoitavia korjaustarpeen kriteerit täyttäviä vaurioita ei juuri ole. Molemmilta tieosilta on kyllä nähtävissä pieniä alkavia vaurioita. Konenäkö lähtökohtaisesti inventoi nämä pienetkin vauriot, koska se ei osaa jättää niitä huomioimatta. Jälleen tien hyväkuntoisuus tasoittaa eroja vauriomäärissä inventointitapojen suhteen. Liitteestä 5 on nähtävillä, kuinka visuaalinen inventointitapa ei ole käytännössä kirjannut tieosalle 28, kuin aivan muutamia korjaustarpeen kriteerit täyttäviä vaurioita verrattuna konenäköön. Silti visuaalisen inventointitavan vauriomäärä on suurempi, kuin konenäöllä. Tämä osoittaa sen, kuinka paljon visuaalinen inventointitapa

tuottaa enemmän vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön. Liitteestä 6 voi nähdä tämän saman eron inventointitapojen välillä tieosalla 29. Kuvassa 34 on yleiskuva tieltä 110 tieosalta 28. Kuten kuvasta näkyy, tie on hyväkuntoinen.

Kuva 34. Yleiskuva, joka kuvaa tien 110 tieosa 28 hyväkuntoisuutta.



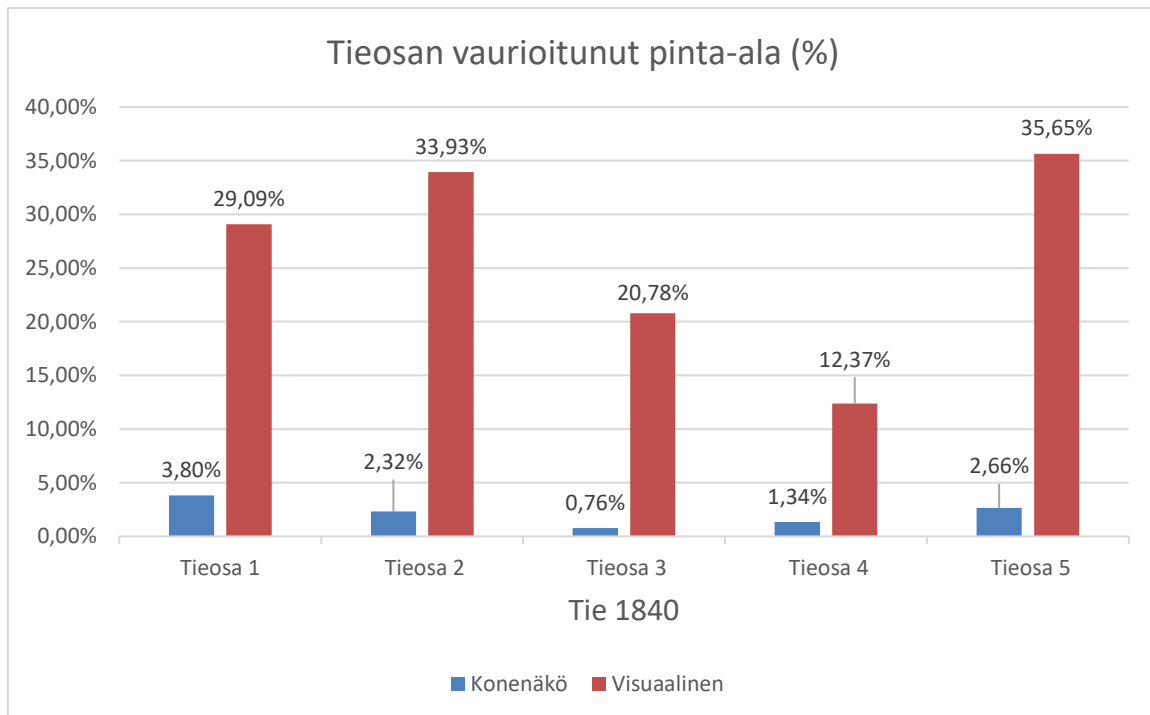
### **Tie 1840 tieosat 1, 2, 3, 4 ja 5**

Tielle 1840 valittiin yhteensä viisi eri tieosaa tutkimuksiin. Tie on luokituksestaan yhdystie ja tien profiili on mutkitteleva. Tien kunto on vaihteleva mutta voisi sanoa, että yleiskunnoltaan tie on suhteellisen hyväkuntoinen. Selviä korjaustarpeessa olevia vaurioita on havaittavissa mutta myös vaurioita, joiden korjaustarve ei täytä annettuja kriteereitä. Tiellä on myös paljon lyhyitä koko tien leveydeltä uudelleen päällystettyjä alueita.

Tieosalla 1 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 3,80 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut

29,09 %. Tieosalla 2 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 2,32 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 33,93 %. Tieosalla 3 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 0,76 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 20,78 %. Tieosalla 4 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 1,34 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 12,37 %. Tieosalla 5 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 2,66 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 35,65 %. Kuvassa 35 on esitettyä tien 1840 tieosien 1, 2, 3, 4 ja 5 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 35. Tien 1840 ja tieosien 1, 2, 3, 4 ja 5 vaurioituneet pinta-alat.



Liitteessä 7 on tien 1840 tieosan 1, liitteessä 8 on tien 1840 tieosan 2, liitteessä 9 on tien 1840 tieosan 3, liitteessä 10 on tien 1840 tieosan 4 ja liitteessä 11 on tien 1840 tieosan 5 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Ylimmäisenä oleva viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Tulosten perusteella vauriomäärät kyseisen tien eri tieosilla eroavat suuresti. Tieosilla 1, 2 ja 5 vauriomäärien erot ovat suurimmat. Näillä tieosilla on säännöllisesti vaurioita, joita molemmilla

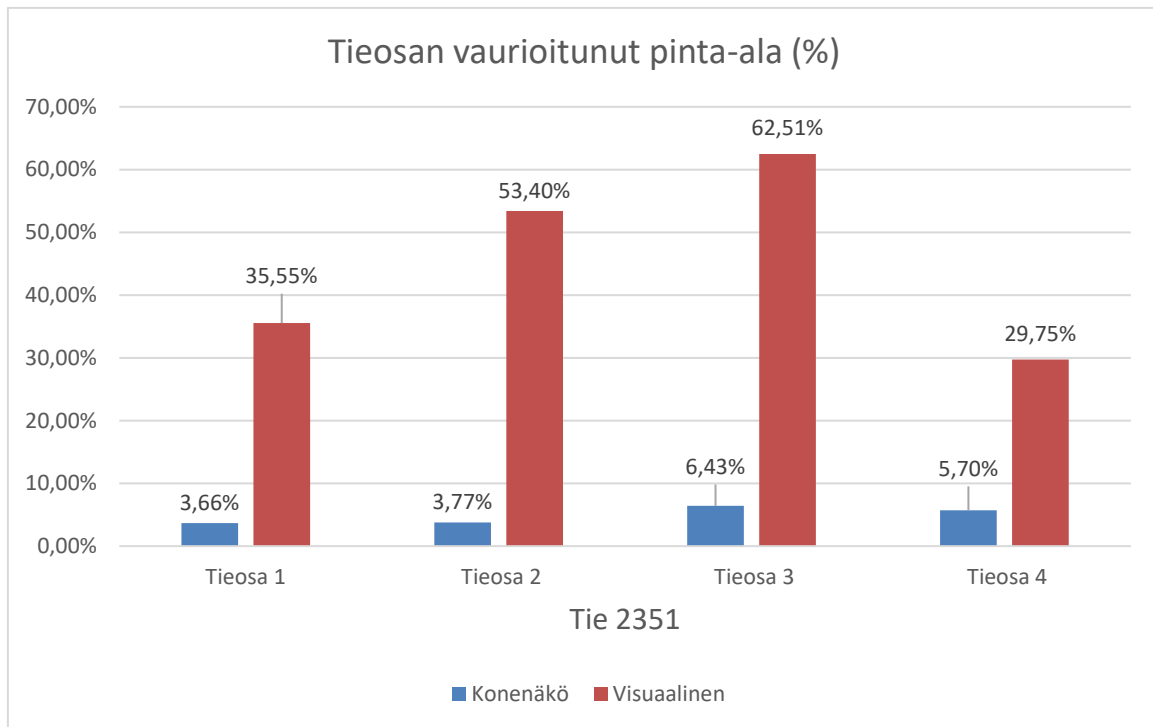
inventointitavoilla on havaittu. Paikkatiedon perusteella yhteneväisyyttä inventointitapojen välillä löytyy. Tieosalla 3 on inventointi ollut hyvin samankaltaista melkein koko tieosalla. Tieosan 3 loppupuolella visuaalinen inventoija on havainnut selvästi enemmän vaurioita, kuin konenäkö. Selvä ero vauriomäärissä lyhyellä alueella. Kyse voi olla mahdollisesti siitä, että tienpinnassa on ollut esimerkiksi urapainumaa tai purkaumaa, jota konenäkö ei tunnista. Tieosalla 4 ero vauriomäärissä on selvästi maltillisin. Tämä johtuu todennäköisesti tieosan 4 hyväkuntoisuudesta, joka tarkoittaa sitä, että tiellä ei yksinkertaisesti ole paljoa vaurioita. Suurin syy vauriomäärien eroon löytyy näilläkin tieosilla siitä, että visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön huomattavasti enemmän. Kuten liitteestä 9 voidaan nähdä jo suhteellisen lyhyetkin pituudet, jotka visuaalisella inventointitavalla kirjataan vaurioiksi, nostavat visuaalisen inventointitavan vauriomääriä pinta-aloina merkittävästi suuremmiksi.

#### **Tie 2351 tieosat 1, 2, 3 ja 4**

Tielle 2351 valittiin yhteensä neljä eri tieosaa tutkimuksiin. Tie on profiililtaan mutkitteleva, jossa on melko paljon suuria korkeuseroja. Luokitukseltaan tie on yhdystie. Tien kunto on vaihteleva ja yleiskunnoltaan heikommassa kunnossa kuin tie 1840. Selviä korjaustarpeessa olevia vaurioita on havaittavissa mutta myös vaurioita, joiden korjaustarve ei täytä annettuja kriteereitä. Tiessä on paikoitellen heittoja ja painaumia. Koneellisia urapaikkauksia tiellä on myös tehty.

Tieosalla 1 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 3,66 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 35,55 %. Tieosalla 2 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 3,77 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 53,40 %. Tieosalla 3 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 6,43 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 62,51 %. Tieosalla 4 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 5,70 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 29,75 %. Kuvassa 36 on esitettyä tien 2351 tieosien 1, 2, 3 ja 4 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 36. Tien 2351 ja tieosien 1, 2, 3 ja 4 vaurioituneet pinta-alat.



Liitteessä 12 on tien 2351 tieosan 1, liitteessä 13 on tien 2351 tieosan 2, liitteessä 14 on tien 2351 tieosan 3 ja liitteessä 15 on tien 2351 tieosan 4 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Alimmaisena oleva viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Jälleen voidaan todeta, että vauriomäärissä on isot erot inventointitapojen välillä. Paikkatiedon perusteella vaurioita on kyllä löydetty samoista tien kohdista kaikilla tieosilla, mikä kertoo siitä, että inventointitapojen välillä on jonkinlainen yhteneväisyys. Vauriomäärien suuret erot johtuvat pääasiassa siitä, että visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön huomattavasti enemmän.

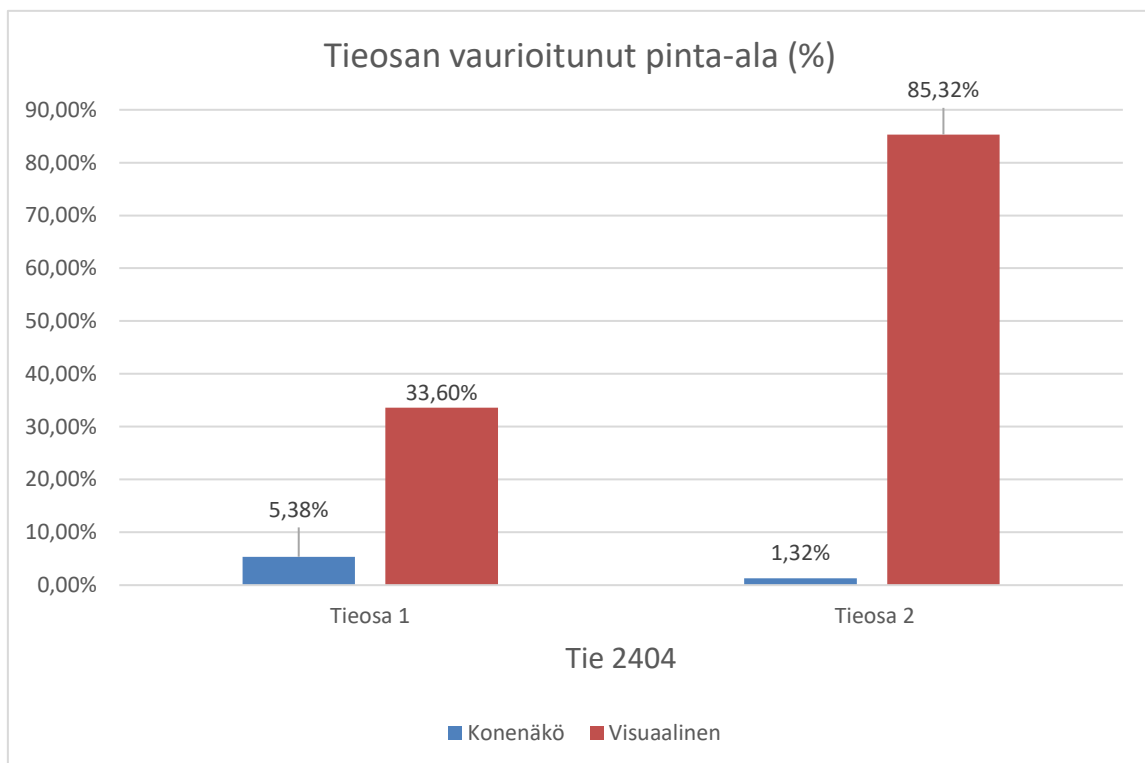
### Tie 2404 tieosat 1 ja 2

Tielle 2404 valittiin yhteensä kaksi eri tieosaa tutkimuksiin. Luokituksestaan tie on yhdystie. Tieosa 1 on hyväkuntoisempi, kuin tieosa 2 mutta erilaisia vaurioita molemmilta tieosilta

löytyy riittävästi. Tieosalla 2 esiintyy myös laajalti purkaumaa tienpäällysteessä. Tie on profiililtaan hyvin suoramainen, johon kuitenkin sisältyy muutamia jyrkkiä kaarteita.

Tieosalla 1 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 5,38 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 33,60 %. Tieosalla 2 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 1,32 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 85,32 %. Kuvassa 37 on esitettyä tien 2404 tieosien 1 ja 2 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 37. Tien 2404 ja tieosien 1 ja 2 vaurioituneet pinta-alat.



Liitteessä 16 on tien 2404 tieosan 1 ja liitteessä 17 on tien 2404 tieosan 2 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Ylimmäisenä oleva viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Tieosalla 1 erot vauriomäärissä ovat maltillisemmat. Molemmat inventointitavat ovat havainneet melko tasaisesti vaurioita koko tieosalla 1. Visuaalisella inventointitavalla on havaittavissa enemmän hyväkuntoisia tien kohtia mutta tämä johtuu inventointitapojen vaurioiden tulkinta erosta. Tieosalla 2 suuren

eron vauriomäärissä selittää se, että tämä kyseinen konenäkö ei osaa tunnistaa purkaumaa, jonka takia se ei merkitse purkautunutta kohtaa korjaustarpeessa olevaksi vaurioksi. Tähän, kun lisätään vielä se tosiasia, että visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön huomattavasti enemmän, niin erot vauriomäärissä kasvavat nopeasti isoiksi. Kuvassa 38 on kuvattuna tieltä 2404 tieosalta 2 löytynyttä purkaumaa.

Kuva 38. Tie 2404 tieosalla 2 esiintyvää laaja-alaista purkaumaa.



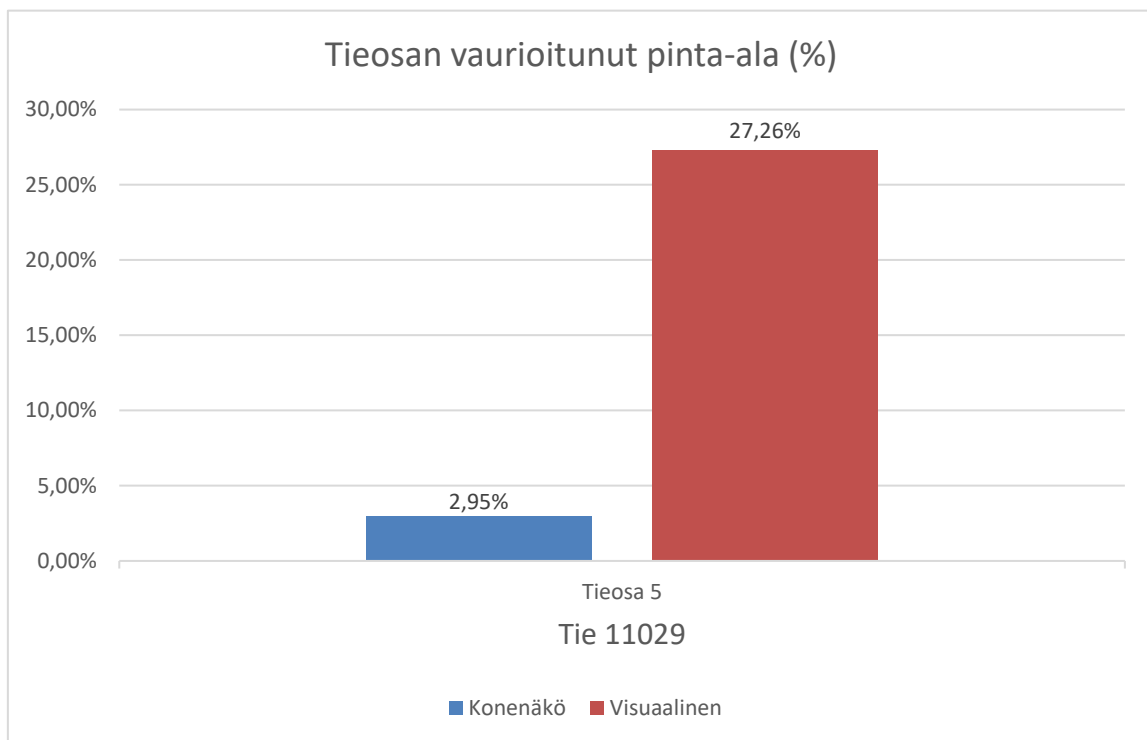
### **Tie 11029 tieosa 5**

Tieltä 11029 valittiin tieosa 5 tutkimuksiin. Tie on profiililtaan pääasiassa suora, jossa ei isoja korkeuseroja ole. Tie on luokitukseltaan yhdystie. Tieosa on kokonaisuutena hyväkuntoinen,

mutta yksi huonokuntoisempi alue löytyy tien toisesta päästä. Tiessä oli nähtävissä paikoitellen pieniä vaurioita, joiden korjaustarve ei täyty.

Tieosalla 5 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 2,95 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 27,26 %. Kuvassa 39 on esitettyä tien 11029 tieosan 5 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 39. Tien 11029 tieosa 5 vaurioitunut pinta-ala.



Liitteessä 18 on tien 11029 tieosan 5 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Vasemmanpuoleinen viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Erot vauriomäärissä ovat isot tälläkin tiellä, vaikka tie on pääasiassa hyväkuntoinen. Ero vauriomäärissä on kuitenkin jonkin verran maltillisempi, kuin monella muulla testitiellä. Paikkatiedon mukaan vaurioita löydetään suhteellisesti samoista tienkohdista. Liitteestä 18 voidaan havaita, että konenäkö on havainnut vaurioita tasaisesti koko tieosalle. Tämä selittyy jälleen sillä, että konenäkö inventoi kaikki havaitsemansa vauriot. Visuaalisesti inventoinut inventoija taas on pyrkinyt kirjaamaan vain ylös ne vauriot,

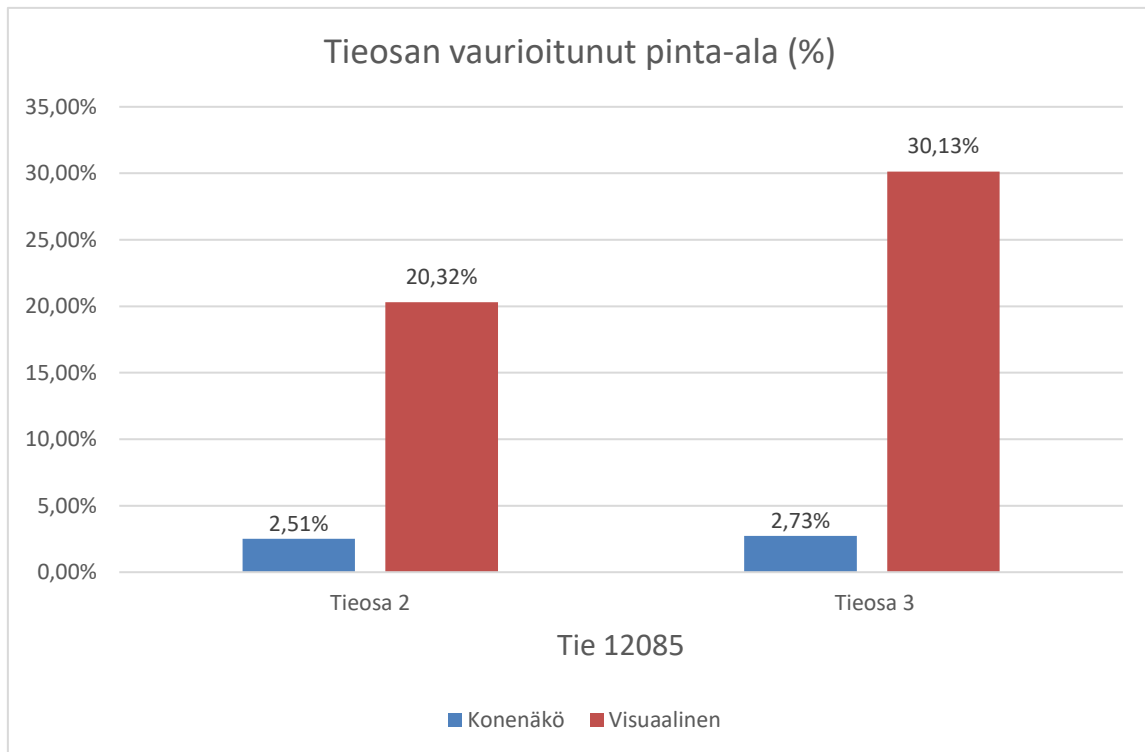
joiden korjaustarpeen kriteerit täyttyvät. Suurin syy tälläkin tiellä vauriomäärien suureen eroon inventointitapojen välillä johtuu siitä, että visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön huomattavasti enemmän.

### **Tie 12085 tieosat 2 ja 3**

Tielle 12085 valittiin yhteensä kaksi eri tieosaa tutkimuksiin. Tie on luokituksestaan yhdystie ja suhteellisen hyväkuntoinen lähtökohdiltaan. Tie on profiililtaan kumpuileva ja mutkitteleva, jossa paikoitellen jyrkkiä kaarteita. Tieosalla 3 on vähän enemmän suoraa, kuin tieosalla 2.

Tieosalla 2 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 2,51 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 20,32 %. Tieosalla 3 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 2,73 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 30,13 %. Kuvassa 40 on esitettyä tien 12085 tieosien 2 ja 3 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 40. Tien 12085 ja tieosien 2 ja 3 vaurioituneet pinta-alat.



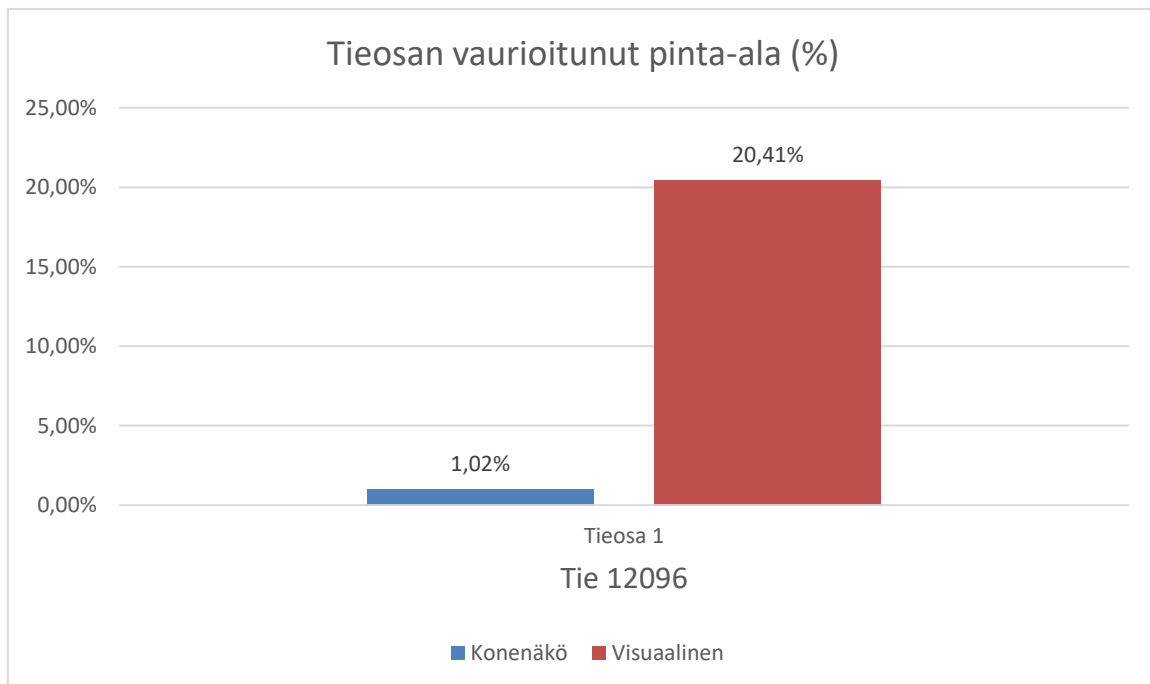
Liitteessä 19 on tien 12085 tieosan 2 ja liitteessä 20 on tien 12085 tieosan 3 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Ylimmäisenä oleva viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Erot vauriomäärissä inventointitapojen välillä, molemmilla tieosilla olivat suuret. Paikkatietoon perustuen vaurioita havaittu molemmilla tienosilla samoista kohdista. Eli jotain yhteneväisyyttä inventointitapojen välillä löytyy. Kuten aiemmin todettiin kyseiset tieosat ovat kokonaisuudessaan melko mutkikkaita, joten näillä tieosilla on hyvin mahdollista, että konenäön inventointilaatikko on kulkenut paikoitellen tienpinnan ulkopuolella. Tämä johtuu siitä, että konenäön inventointilaatikko ei skaalaudu tien mutkien mukaisesti, kuten jo aiemmin tässä opinnäytetyössä mainittiin kappaleessa 5.2. Tästä saattaa aiheutua se, että konenäön tuloksiin voi tulla heittoa, joko vauriomääriä lisäävästi tai vähentävästi. Liitteistä 19 ja 20 on nähtävissä, että visuaalinen inventointitapa on paikoitellen havainnut korjaustarpeessa olevia vaurioita vähemmän, kuin kaikki havaitsemansa vauriot inventoiva konenäkö, niin silti visuaalisen inventointitavan vauriomäärät ovat kokonaisuudessaan moninkertaiset konenäköön verrattuna. Tämä johtuu siitä, että visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön huomattavasti enemmän.

## Tie 12096 tieosa 1

Tielle 12096 valittiin tieosa 1 tutkimuksiin. Tie on profiililtaan melko suoromainen, jossa on pitkiä kaarteita. Tie on luokitukseltaan yhdystie. Tien yleiskunto testien aikana hyvä. Selviä korjaustarpeessa olevia vaurioita oli myös havaittavissa.

Tieosalla 1 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 1,02 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 20,41 %. Kuvassa 41 on esitettyä tien 12096 tieosan 1 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 41. Tien 12096 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala.



Liitteessä 21 on tien 12096 tieosan 1 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Ylimmäisenä oleva viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Erot vauriomäärissä suhteellisen isot mutta ei huonoimmasta päästä, jos verrataan muihin testiteihin. Molemmilla inventointitavoilla on havaittu vaurioita samoista tien kohdista, joka viittaa yhtenäiseen inventointiin. Liitettä 21 katsomalla voidaan todeta paikkatiedon perusteella, että vaurioiden tulkinta on ollut keskimäärin yhteneväisempää, kuin monella muulla testitiellä. Tien yleinen hyväkuntoisuus auttaa vauriomäärien

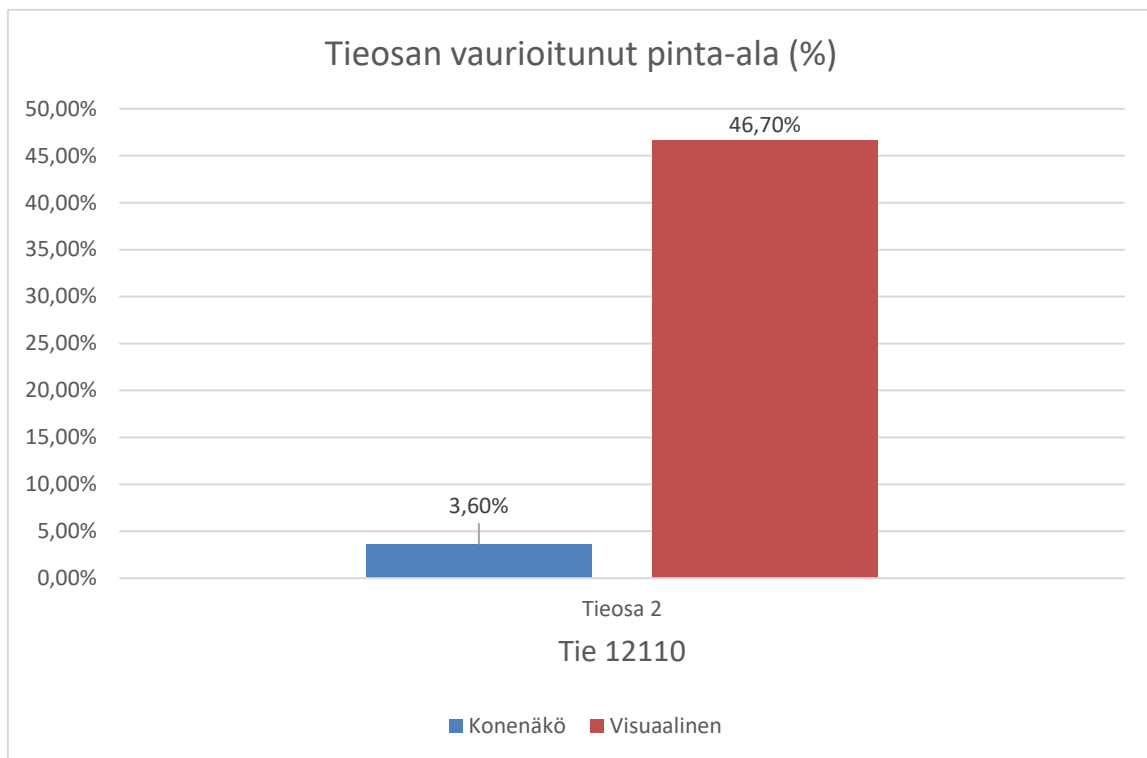
pysymiseen suhteellisen maltillisena. Tien ollessa hyväkuntoinen, vaurioita ei vain ole inventoitavissa kummallakaan inventointitavalla. Silti visuaalisella tavalla havaitut vauriomäärät ovat lähes 20-kertaa suuremmat, kuin konenäön vastaavat. Tämä johtuu siitä, että visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön huomattavasti enemmän.

### **Tie 12110 tieosa 2**

Tielle 12110 valittiin tieosa 2 tutkimuksiin. Tie on pääsääntöisesti profiililtaan suoraa, johon sisältyy joitakin pitkiä kaarteita ja jyrkkiä mäkiä. Luokituksestaan tie on yhdystie. Tien kunto on vaihteleva ja yleiskunniltaan sen voisi luokitella tyydyttäväksi. Paikoitellen tien kunto on huono. Tiessä esiintyy esimerkiksi heittoja ja painaumia, joita tämä konenäkö ei lähtökohtaisesti tunnista.

Tieosalla 2 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 3,60 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 46,70 %. Kuvassa 42 on esitettyä tien 12110 tieosan 2 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 42. Tien 12110 tieosa 2 vaurioitunut pinta-ala.



Liitteessä 22 on tien 12110 tieosan 2 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Vasemmanpuoleinen viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Erot vauriomäärissä inventointitapojen välillä ovat suuret tälläkin tiellä. Vaurioita on jälleen havaittu samoilla tienkohdilla molemmilla inventointitavoilla. Tämä kertoo siitä, että vaurioiden tulkinta on jollain tapaa yhtenäistä. Mikä on positiivinen asia. Suuren eron vauriomääriin aiheuttaa pääasiassa se, että visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön huomattavasti enemmän.

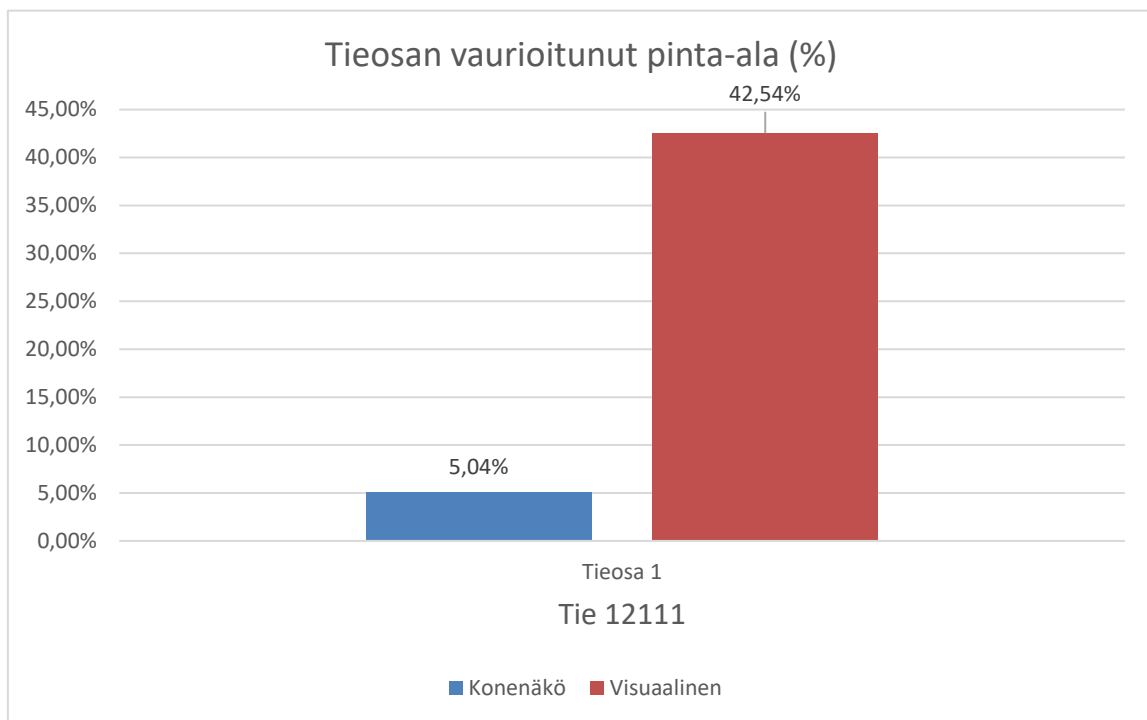
### Tie 12111 tieosa 1

Tielle 12111 valittiin tieosa 1 tutkimuksiin. Tien profiili on pääasiassa suora. Tien alussa heti pitkä mäen nousu. Luokitukseltaan tie on yhdystie. Tien yleiskuntoa voisi lähtökohtaisesti

kuvailla tyydyttäväksi tai jopa välttäväksi. Tiessä suhteellisen pitkä jakso missä tienkuntoisuus on huonoa. Tien loppuosa on hyväkuntoisempi.

Tieosalla 1 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 5,04 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 42,54 %. Kuvassa 43 on esitettyä tien 12111 tieosan 1 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 43. Tien 12111 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala.



Liitteessä 23 on tien 12111 tieosan 1 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Ylimmäisenä oleva viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Erot vauriomäärissä suuret edelleen inventointitapojen välillä. Konenäkö on tällä testitiellä havainnut vaurioita suhteessa enemmän moneen muuhun testitiehen verrattuna. Paikkatiedon perusteella yhtenäisyyttä löytyy myös vaurioiden sijainnin suhteen. Eli vaurioita on havaittu samoista tien kohdista molemmilla inventointitavoilla. Toki eroavaisuuttakin löytyy esimerkiksi tien loppuosalla. Huomionarvoista on, että tämä on ainoa testitie jolla konenäkö on tietyillä alueilla havainnut niin paljon vaurioita, että näillä kyseisillä tienkohdilla kuntoluokka on vauriomäärien perusteella huonoin mahdollinen.

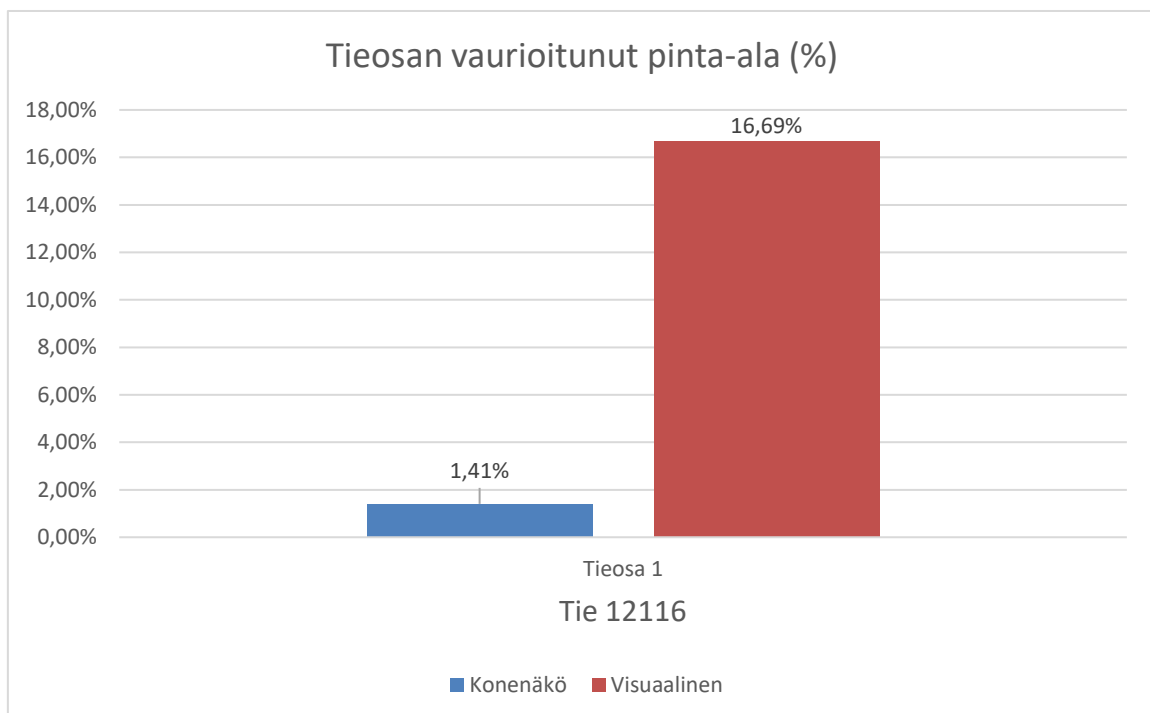
Tästäkin huolimatta konenäön keskiarvoinen vauriomäärä koko tieosalla ei merkittävästi kasva. Visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön huomattavasti enemmän, jonka johdosta vauriomäärien erot pysyvät suurina inventointitapojen välillä.

### Tie 12116 tieosa 1

Tielle 12116 valittiin tieosa 1 tutkimuksiin. Tien profiili on mutkitteleva. Luokitukseltaan tie on yhdystie. Tien kuntoisuus oli lähtökohtaisesti pääasiassa hyväkuntoinen. Kyseiseltä tieltä oli löydettävissä korjaustarpeessa olevia vaurioita mutta paljon myös pienempiä vaurioita, joiden korjaustarpeen kriteerit eivät vielä täyttyneet.

Tieosalla 1 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 1,41 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 16,69 %. Kuvassa 44 on esitettyä tien 12116 tieosan 1 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 44. Tien 12116 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala.



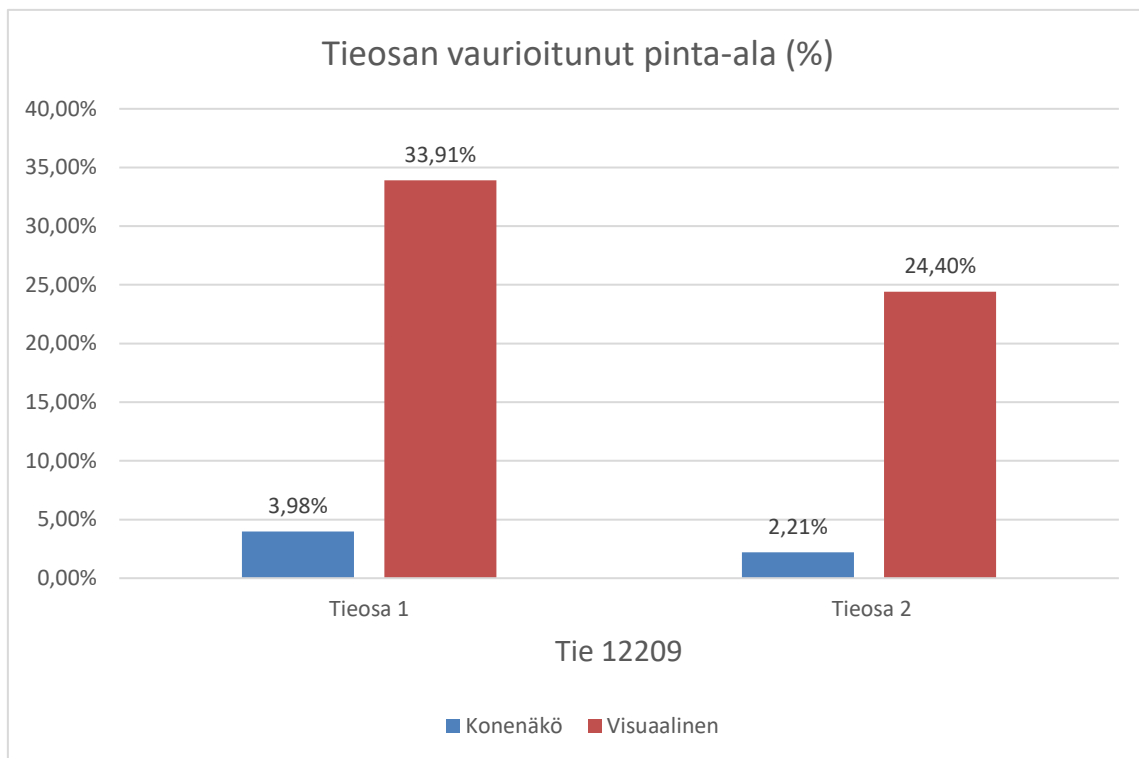
Liitteessä 24 on tien 12116 tieosan 1 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Ylimmäisenä oleva viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Paikkatiedon perusteella vaurioita on löydetty samoista paikoista molemmilla inventointitavoilla. Erot vauriomäärissä ovat suhteellisesti pienempiä, kuin monella muulla testitiellä. Tämä suhteellisesti pienempi ero vauriomäärissä johtuu pääasiassa tien hyväkuntoisuudesta ja kun tie on hyväkuntoinen pysyvät visuaalisen inventointitavan vauriomäärät alhaisempina. Huomionarvoista on, että konenäkö on arvioinut tieosan loppupuolen enemmän vaurioituneeksi, kuin visuaalinen inventoija mutta silti vauriomäärät ovat selvästi pienemmät kokonaisuudessaan, kuin visuaalisella inventointitavalla. Tämä osoittaa jälleen, kuinka paljon enemmän visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön ja tästä vauriomäärien isot erot pääasiassa muodostuvat.

### **Tie 12209 tieosat 1 ja 2**

Tielle 12209 valittiin tieosat 1 ja 2 tutkimuksiin. Tien profiili on vaihteleva. Luokitukseltaan tie on yhdystie. Tieosa 1 on kokonaisuutena huonokuntoisempi verrattuna tieosaan 2.

Tieosalla 1 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 3,98 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 33,91 %. Tieosalla 2 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 2,21 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 24,40 %. Kuvassa 45 on esitettyä tien 12209 tieosien 1 ja 2 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 45. Tien 12209 tieosa 1 ja 2 vaurioituneet pinta-alat.



Liitteessä 25 on tien 12209 tieosan 1 ja liitteessä 26 on tien 12209 tieosan 2 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Vasemmanpuoleinen viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Erot vauriomäärissä molemmilla tieosilla ovat suuret mutta jonkin verran maltillisemmat, kuin monella muulla testitiellä. Liitteistä voidaan nähdä, että vaurioita on tunnistettu molemmilla inventointitavoilla vähemmän yhtenäisesti, kuin monella muulla testitiellä. Tieosalla 1 inventointi on ollut yhtenäisempää, kuin tieosalla 2. Huomattava on, että suurimmaksi osaksi tieosalla 2 ei visuaalinen inventointitapa ole havainnut korjaustarpeessa olevia vaurioita juuri ollenkaan. Visuaalisella inventointitavalla korjaustarpeessa olevia vaurioita on havaittu ainoastaan tieosan 2 alku- ja loppuosassa. Varsinkin tieosan 2 loppuosalla oli paikoitellen laaja-alaista verkkohalkeamaa, jonka molemmat inventointitavat ovat kyllä havainneet mutta silti konenäön vauriomäärät ovat maltillisemmat visuaaliseen inventointitapaan nähden. Konenäkö ylipäätään on havainnut vaurioita melko tasaisesti lähes koko tieosan 2 matkalta. Tämä on hyvä esimerkki siitä, kuinka konenäkö ei osaa jättää inventoimatta sellaisia vaurioita, jotka eivät täytä korjaustarpeessa olevien vaurioiden ennalta määriteltyjä kriteereitä. Konenäkö siis inventoi jälleen kaikki vauriot mitä se havaitsee tienpinnasta niin, kuin se on suunniteltu

tekemäänkin. Toki on myös mahdollista, että visuaalisesti inventoinut inventoija ei ole havainnut oikein joitain vaurioita.

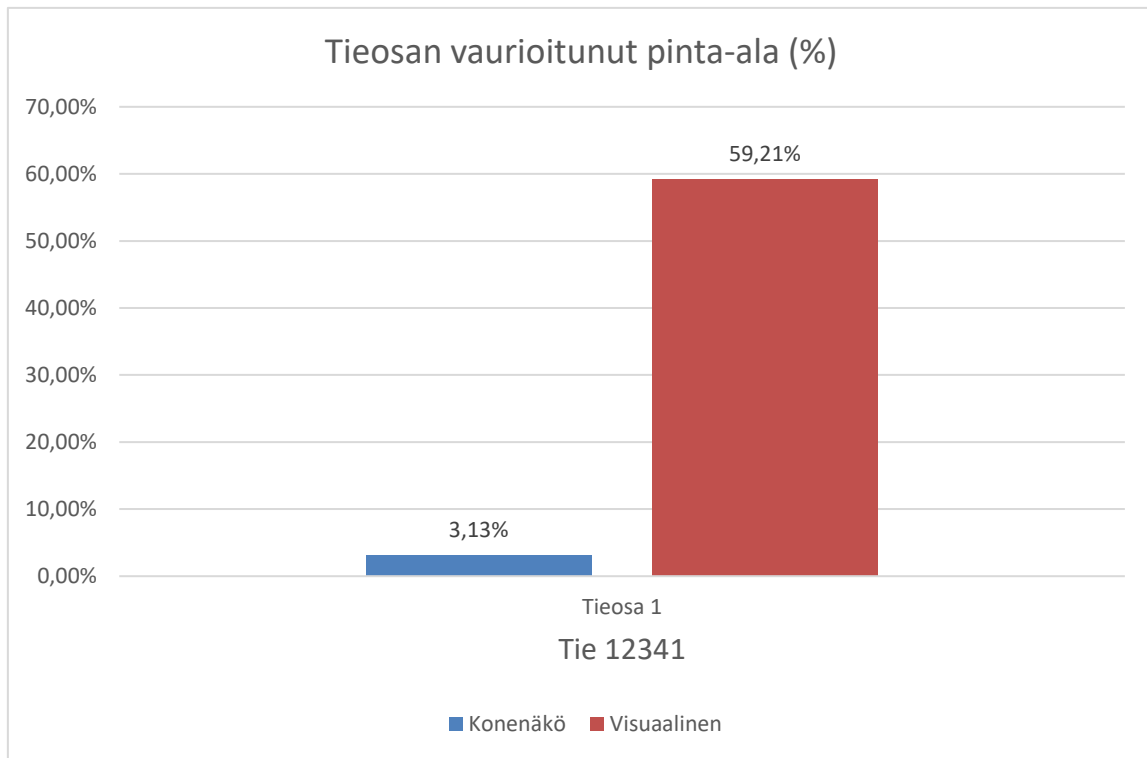
Huolimatta edelle mainituista asioista, niin silti kokonaisuudessaan visuaalinen inventointitapa tuotti enemmän vaurioita, kuin konenäkö. Visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana selvästi enemmän, kuin hyvin tarkasti vaurioiden todellisia kokoja mukaileva konenäkö. Tästä erot vauriomäärissä yksinkertaisesti pääasiassa johtuvat. Tämä on jälleen myös hyvä esimerkki, kuinka epämielekäästä on vertailla näiden kahden inventointitapojen tuottamia vauriomääriä pinta-aloina ja kuinka tärkeää olisi, että eri inventointitavat tuottaisivat samoja lopputuloksia. Näin ollen mahdollistettaisiin vertailukelpoisemmat tulokset toisiinsa nähden.

### **Tie 12341 tieosa 1**

Tielle 12341 valittiin tieosa 1 tutkimuksiin. Tie on profiililtaan melko suoraa tietä. Luokitukseltaan tie on yhdystie. Tie on yleiskunniltaan huono. Tielle on aiemmin tehty paljon erilaisia paikkakorjauksia. Tieltä löytyy monia eri vauriotyyppejä.

Tieosalla 1 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 3,13 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 59,21 %. Kuvassa 46 on esitettyä tien 12341 tieosan 1 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 46. Tien 12341 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala.



Liitteessä 27 on tien 12341 tieosan 1 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Vasemmanpuoleinen viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Ero vauriomäärissä on todella iso. Visuaalisella inventointitavalla havaitut vauriomäärät ovat 56,08 % suuremmat, kuin konenäöllä havaitut vauriomäärät. Liitteestä 27 katsomalla voidaan havaita, että molemmilla inventointitavoilla tienpinnan vaurioita on havaittu samoissa tien kohdissa. Visuaalisella inventointitavalla on havaittu paikoitellen paljon pitkiä vaurioituneita alueita, jotka nostavat visuaalisen inventointitavan vauriomääriä. Vastaavasti konenäöllä on samoilla alueilla havaittu vaurioita maltillisemmin. Isoin syy tällä tiellä vauriomäärien suureen eroon inventointitapojen välillä johtuu siitä, että visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön huomattavasti enemmän.

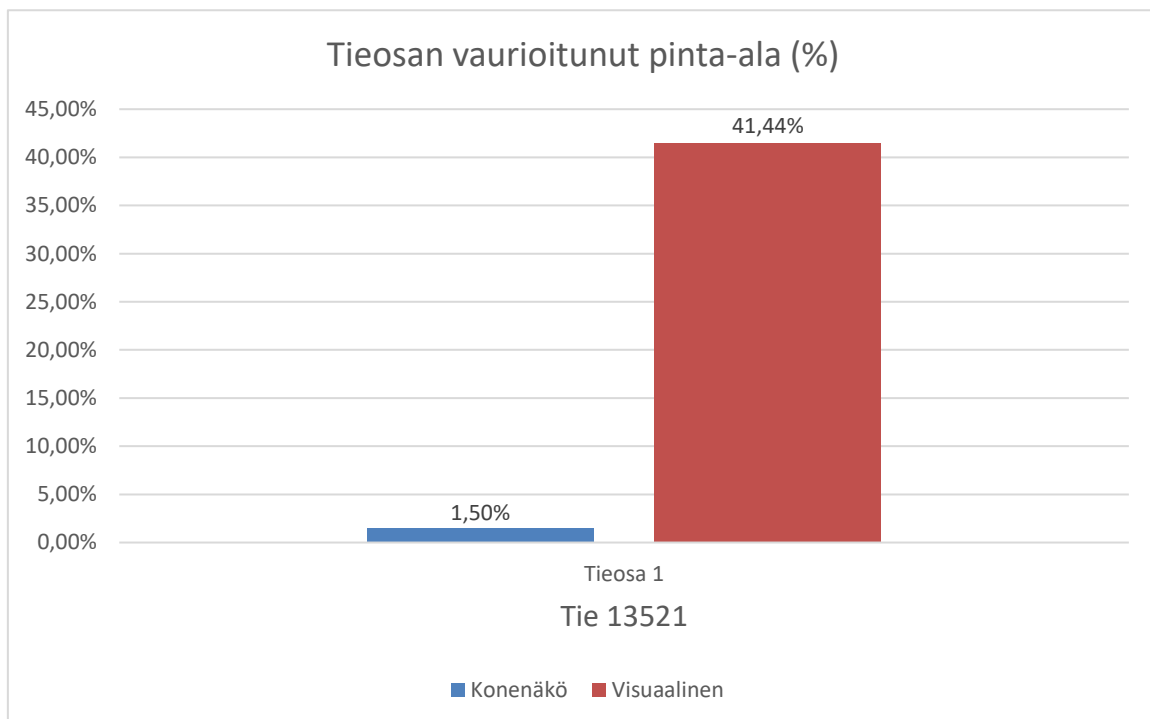
### Tie 13521 tieosa 1

Tielle 13521 valittiin tieosa 1 tutkimuksiin. Tien profiili on pääasiassa suoraa maaseututietä mutta myös muutama jyrkempi kaarre löytyy. Luokituksestaan tie on yhdystie. Tien kunto on

tydyttävä. Tiessä on vaihtelevasti hyväkuntoisuutta ja huonokuntoisuutta. Tiestä löytyy pituushalkeamia, purkaumia ja muita vaurioita. Tiessä on myös paikoitellen normaalia päällysteen kulumaa, jota ei tule sekoittaa purkaumaan.

Tieosalla 1 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 1,50 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 41,44 %. Kuvassa 47 on esitettyä tien 13521 tieosan 1 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 47. Tien 13521 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala.



Liitteessä 28 on tien 13521 tieosan 1 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Alimmaisena oleva viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Ero vauriomäärissä on suuri. Tiessä oleva purkauma selittää todennäköisesti osan erosta mutta ei purkaumaa tällä tiellä niin paljon ollut, että sillä olisi ollut konenäön tuottamaan vauriomäärän kokonaisuuteen suurta vaikutusta. Positiivisena asiana voidaan nähdä, että vaurioita on paikannettu pääasiassa samoista tien kohdista. Visuaalisella inventointitavalla on konenäköön verrattuna kuusi aluetta, jossa kuntoisuus on huono. Vastaavasti samoilla tien kohdilla konenäkö on arvioinut tien kunnan vähintään

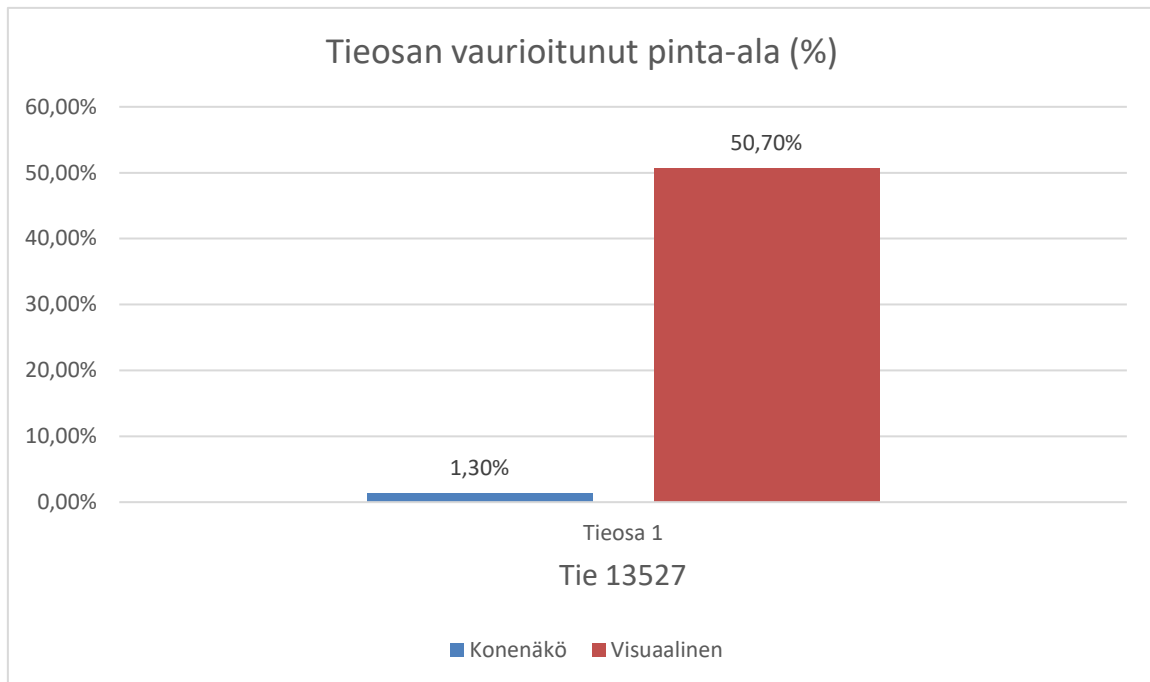
tyydyttäväksi ja jopa erittäin hyväksi. Nämä alueet suhteellisesta lyhydestään huolimatta nostavat visuaalisen menetelmän vauriomäärää. Selvä ero kuitenkin inventointitapojen välillä näillä alueilla, joka kertoo siitä, että konenäkö ei ole mahdollisesti tunnistanut joitain vauriotyyppejä. Vastaavasti visuaalisella inventointitavalla inventoinut henkilö on mahdollisesti voinut arvioida vaurion korjaustarpeen väärin. Loogisin syy eroon vauriomäärässä johtuu tälläkin tiellä siitä, että visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön huomattavasti enemmän.

### **Tie 13527 tieosa 1**

Tie 13527 tieosa 1 on todella huonokuntoinen ja siitä löytyy kaikkia eri vauriotyyppejä. Tietä on korjailtu aikaisemmin useaan otteeseen väliaikaisilla päällystepaikoilla, mutta monet näistäkin paikoista on jo uudelleen vaurioituneet. Tiessä on tietyissä kohdissa havaittavissa selvää urautumaa. Tien päällystetty osa on melko lyhyt vain, 2,1 kilometriä pitkä. Tie on profiililtaan melko suora. Tie on luokitukseltaan yhdystie.

Tieosalla 1 konenäön tuloksissa tieosa oli kokonaisuudessaan 1,30 % vaurioitunut ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin tuloksena tieosasta oli kokonaisuudessaan vaurioitunut 50,70 %. Kuvassa 48 on esitettyä tien 13527 tieosan 1 vauriomäärä pinta-alat koko tieosan suhteen.

Kuva 48. Tien 13527 tieosa 1 vaurioitunut pinta-ala.



Liitteessä 29 on tien 13527 tieosan 1 konenäön ja visuaalisen inventoijan havaitsemat vauriomäärät sijoitettuna kartalle. Oikeanpuoleinen viiva on konenäön tulkitsemat vauriomäärät. Kuten edellä mainituista tiedoista nähdään, ero vaurioiden määrässä on tälläkin tiellä todella suuri inventointitapojen välillä. Tiessä on havaittavissa selviä vaurioita, kuten reikiä, verkkohalkeamia ja pituushalkeamia. Tie on myös paikoitellen ura painunut. Jälleen positiiviseksi asiaksi voi todeta, että vaurioita on havaittu samoissa tien kohdissa inventointitapojen kesken. Tien keskiosassa on visuaalinen inventoija havainnut selvästi pidemmän osan vaurioituneeksi, kun konenäkö, josta eroa vauriomääriin syntyy varmasti. Tien lyhyt pituus myös nopeasti nostaa vauriomäärät kokonaisuudessaan visuaalisella inventointitavalla suureksi, kun inventoidaan pidempiä matkoja vaurioiksi, kuten tällä tiellä on tehty. Mahdollista on myös, että konenäkö ei ole puolestaan osannut tunnistaa tai löytää tienpinnasta vaurioita, kuten esimerkiksi painumia, joita tämä konenäkö ei osaa lähtökohtaisesti edes tunnistaa.

Suurin syy tälläkin tiellä vauriomäärien suureen eroon inventointitapojen välillä johtuu siitä, että visuaalinen inventointitapa tuottaa vaurioita pinta-alana suhteessa konenäköön huomattavasti enemmän. Tämän johdosta vauriomäärä erot kasvavat suuriksi toisiinsa

nähdessä. Toki voisi olettaa, että konenäön tulos olisi edes hieman suurempi nykyistä, koska tiessä on kuitenkin paljon sellaisia vaurioita, joita sen pitäisi tunnistaa. Kuvassa 49 on havainnollistava kuva tien 13527 tieosan 1 huonokuntoisuudesta.

Kuva 49. Tie 13527 tieosa 1 havainnollistava kuva tien huonokuntoisuudesta.



## 7.2 Keskihajonta

Tässä luvussa tullaan esittämään vauriomäärien keskihajonnat testiteittäin. Keskihajonta on tilastollinen mittari, joka kuvaa kuinka paljon yksittäiset havainnot poikkeavat keskiarvosta. Keskihajonta antaa käsityksen aineiston hajonnasta ja vaihtelusta. Mitä suurempi on keskihajonnan luku, niin sitä enemmän on hajontaa mittauservoissa verrattuna keskiarvoon. Vastaavasti mitä pienempi on keskihajonnan luku, niin sitä vähemmän on hajontaa mittaustuloksissa.

Konenäön tuloksista lasketut keskihajonnat ovat kaikilla tieosilla pienet. Visuaalisella inventointitavalla tuloksista lasketut keskihajonnat ovat kaikilla tieosilla huomattavasti suuremmat. Konenäön pientä keskihajontaa todennäköisesti selittää se, että konenäkö havaitsee vaurioita suhteellisen tasaisesti koko tieosan pituudelta. Konenäkö on suunniteltu niin, että se inventoi havaitsemiaan vaurioita aina samalla tavalla. Tämän johdosta konenäkö pyrkii inventoimaan lähtökohtaisesti kaikki havaitsemansa vauriot ylös. Konenäkö, kun ei erittele vaurioita vauriokriteerien perusteella ja jätä tämän perusteella vaurioita kirjaamatta. Näin ollen konenäön inventointiin ei oikeastaan muodostu tilannetta missä olisi esimerkiksi pitkiä osuuksia missä, konenäkö ei olisi havainnut vaurioita, koska pieniä vaurioita löytyy käytännössä joka tieltä. Poikkeuksen tähän voisi muodostaa juuri uudelleen päällystetty tie, mutta tällaista tietä ei testitieksi valittu. Todennäköisesti konenäön pieni keskihajonta suhteessa vauriomäärien keskiarvoon johtuu edellä mainituista asioista. Tämä myös osittain vahvistaa, sitä että konenäkö toimii kaikilla tieosilla samalla tavalla. Esimerkiksi, jos jollain tieosalla konenäön keskihajontaluku olisi selvästi suurempi kuin muilla tieosilla, se voisi kertoa jonkinlaisesta häiriöstä konenäön toiminnassa.

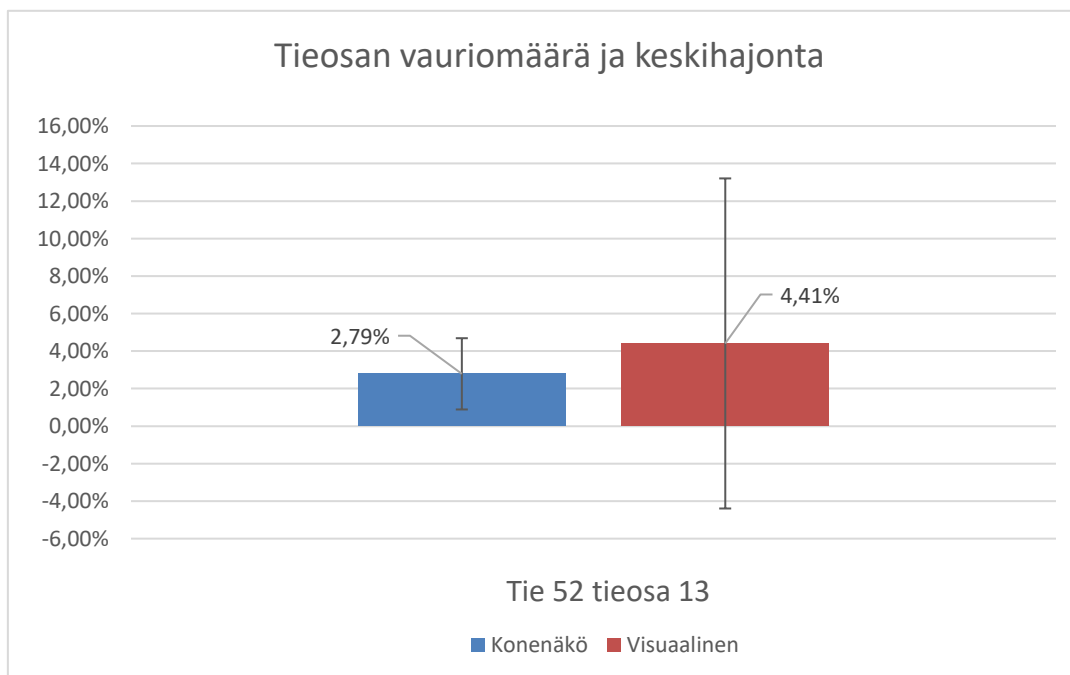
Visuaalisella inventointitavalla keskihajontaluvut olivat selvästi suuremmat konenäköön verrattaessa. Tämä eroavaisuus todennäköisesti johtuu siitä, että visuaalisella inventointitavalla ei pyritä kirjaamaan kaikkia tienpinnan vauriota, vaan vain ne jotka täyttävät korjaustarpeessa olevan vaurion kriteerit. Riippuen tien kunnosta, tämä taas saattaa johtaa siihen, että visuaalisella inventointitavalla vaurioita ei kirjata tasaisesti koko tieosalta. Eli riippuen tienkunnosta ja miten inventoija arvioi vaurioiden kriteerejä, ylös kirjattuja vaurioita voi tulla epäsuhtaisesti koko tieosaan nähden. Esimerkiksi tieosa voi olla

suurimmaksi osaksi hyväkuntoinen jolloin vaurioita ei kirjata yhtään. Samalla tieosalla voi kuitenkin olla huonokuntoinen alue, jolle taas kirjataan paljon vaurioita. Tämä taas johtaa todennäköisesti keskihajonnanluvun kasvuun suhteessa vauriomäärien keskiarvoon nähden. Visuaalisella inventointitavalla oli yksi tie, jossa keskihajonta oli suhteessa pientä vauriomäärien keskiarvoon. Tämä kyseinen tie oli tie 110 tieosa 28. Tämä tie oli hyväkuntoinen ja visuaalisella inventointitavalla vaurioita havaittiin hyvin vähän koko tieosalta, jonka johdosta myös vauriomäärät pysyivät tasaisesti alhaisina koko tieosan suhteen. Tästä taas johtuu todennäköisesti suhteessa parempi keskihajonta, koska inventointi oli vähäisten vauriomäärien vuoksi, hyvin samankaltaista koko tieosalla. Jotta voitaisiin olla täysin varmoja, että johtuvatko keskihajontojen eroavaisuudet edellä mainituista asioista johtuen, tulisi tehdä lisätutkimuksia.

### Tie 52 tieosa 13

Tien 52 tieosalla 13 konenäön keskihajontaluku oli 1,91 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 8,90 %. Kuvassa 50 on esitetty tien 52 tieosan 13 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

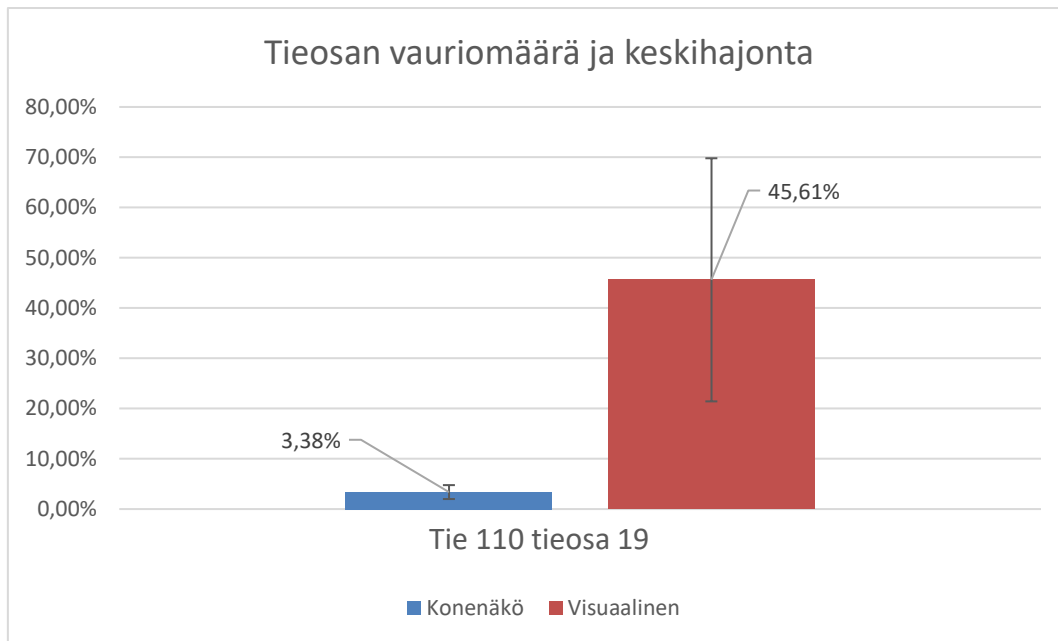
Kuva 50. Tien 52 tieosa 13 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 110 tieosa 19

Tien 110 tieosalla 19 konenäön keskihajontaluku oli 1,39 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 24,18 %. Kuvassa 51 on esitetty tien 110 tieosan 19 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

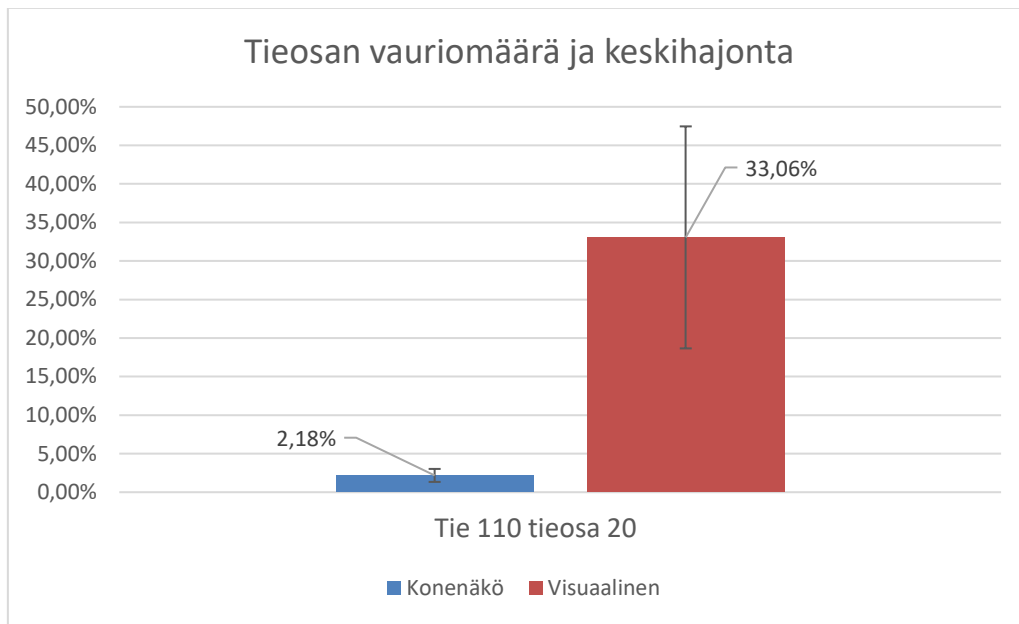
Kuva 51. Tien 110 tieosa 19 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 110 tieosa 20

Tien 110 tieosalla 20 konenäön keskihajontaluku oli 0,84 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 14,40 %. Kuvassa 52 on esitetty tien 110 tieosan 20 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

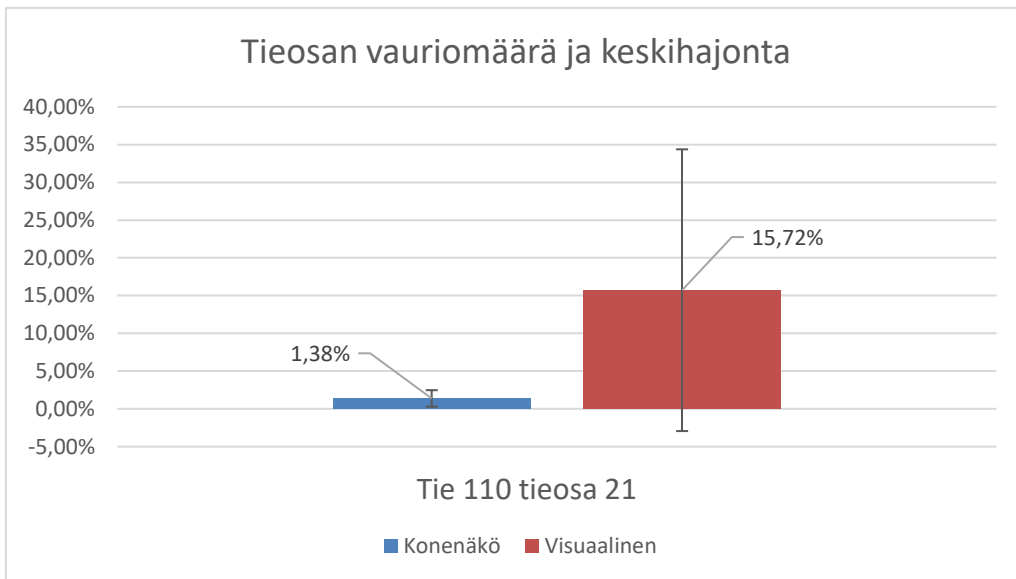
Kuva 52. Tien 110 tieosa 20 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 110 tieosa 21

Tien 110 tieosalla 21 konenäön keskihajontaluku oli 1,10 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 18,65 %. Kuvassa 53 on esitetty tien 110 tieosan 21 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnin vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

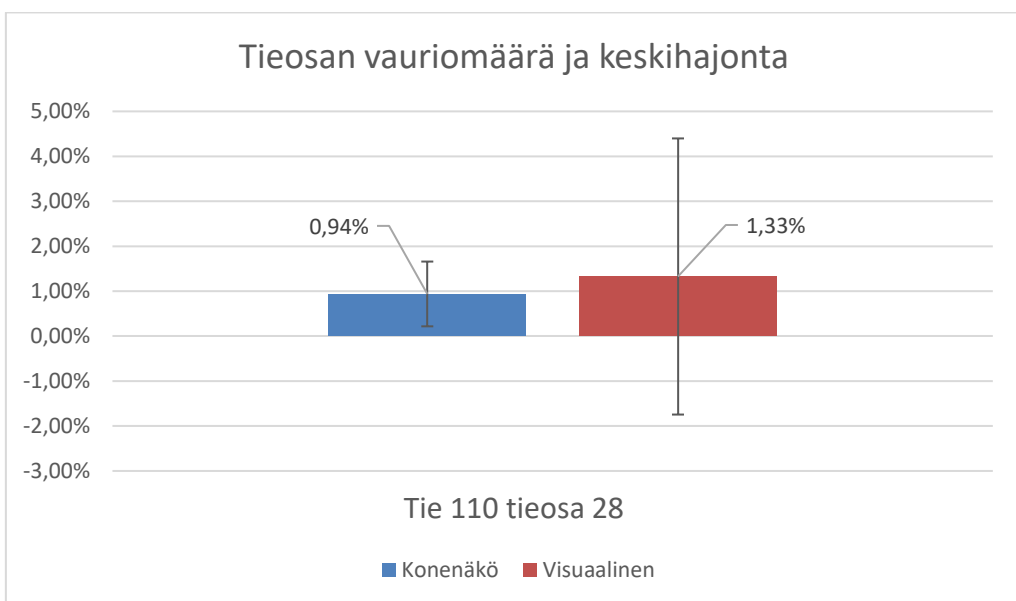
Kuva 53. Tien 110 tieosa 21 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 110 tieosa 28

Tien 110 tieosalla 28 konenäön keskihajontaluku oli 0,72 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 3,07 %. Kuvassa 54 on esitetty tien 110 tieosan 28 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnin vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

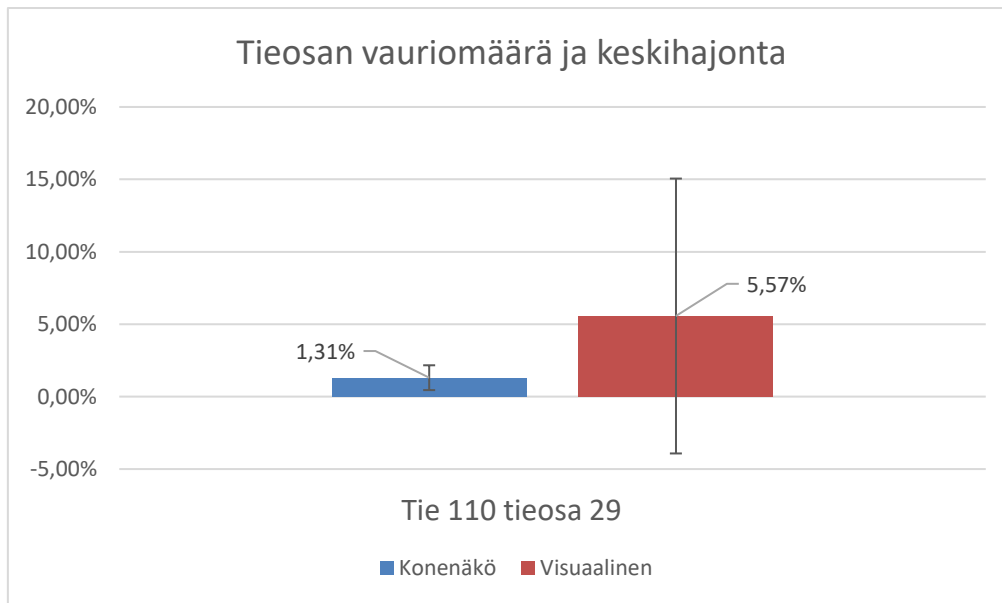
Kuva 54. Tien 110 tieosa 28 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 110 tieosa 29

Tien 110 tieosalla 29 konenäön keskihajontaluku oli 0,86 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 9,49 %. Kuvassa 55 on esitetty tien 110 tieosan 29 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

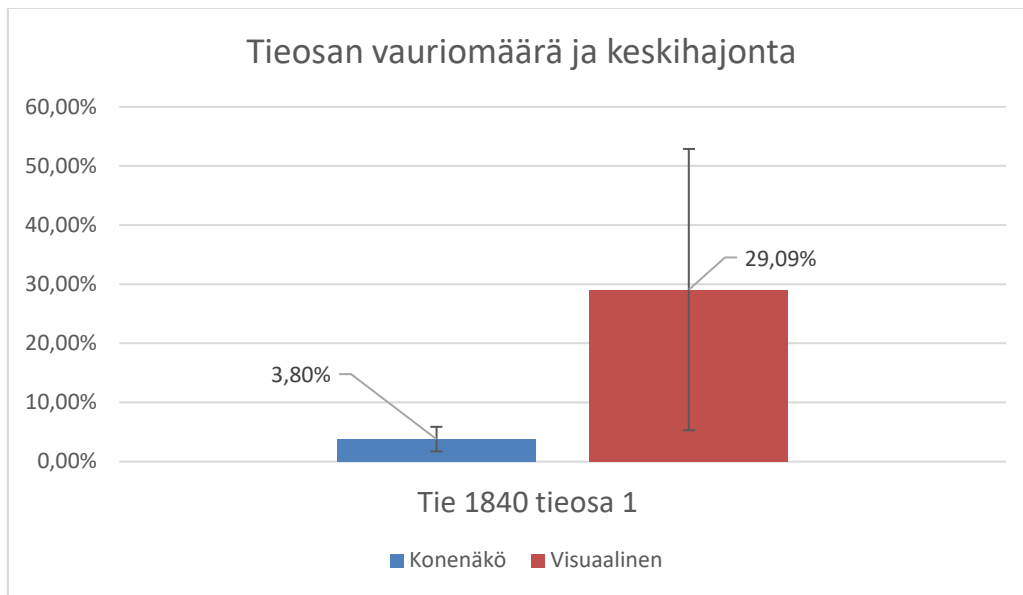
Kuva 55. Tien 110 tieosa 29 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 1840 tieosa 1

Tien 1840 tieosalla 1 konenäön keskihajontaluku oli 2,08 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 23,79 %. Kuvassa 56 on esitetty tien 1840 tieosan 1 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

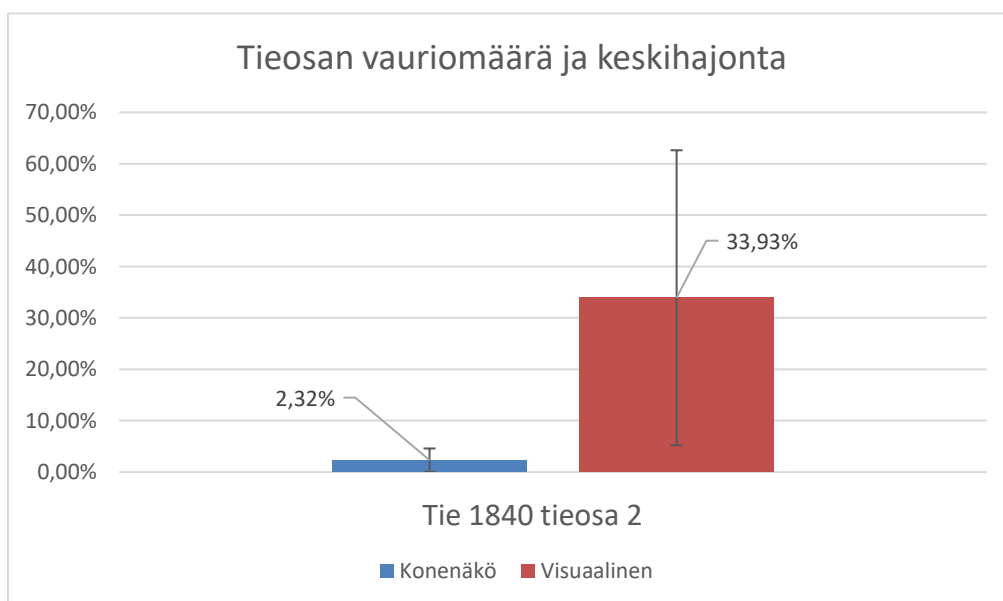
Kuva 56. Tien 1840 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 1840 tieosa 2

Tien 1840 tieosalla 2 konenäön keskihajontaluku oli 2,28 vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 28,70 %. Kuvassa 57 on esitetty tien 1840 tieosan 2 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnin vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

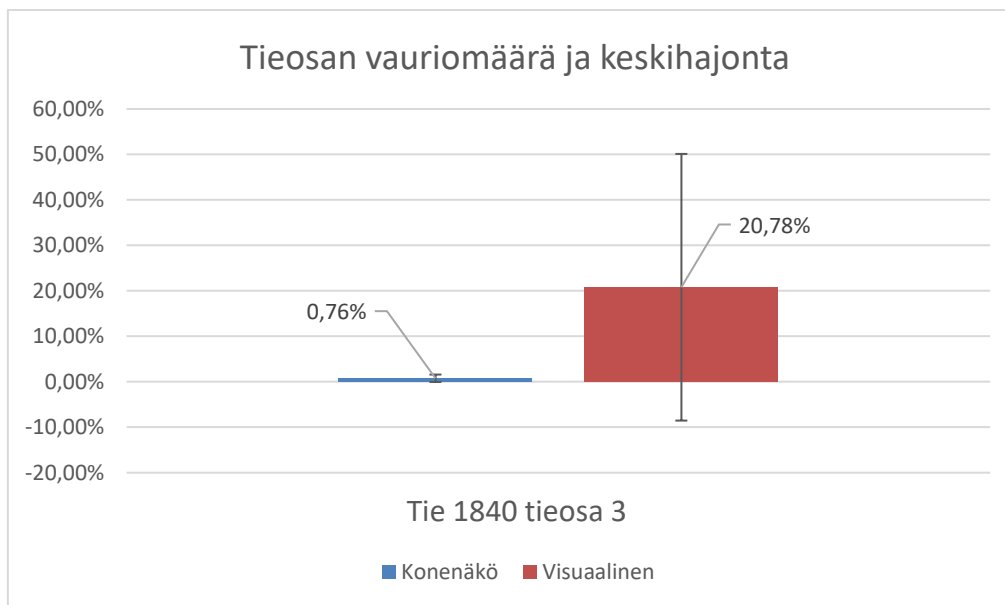
Kuva 57. Tien 1840 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 1840 tieosa 3

Tien 1840 tieosalla 3 konenäön keskihajontaluku oli 0,82 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 29,33 %. Kuvassa 58 on esitetty tien 1840 tieosan 3 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

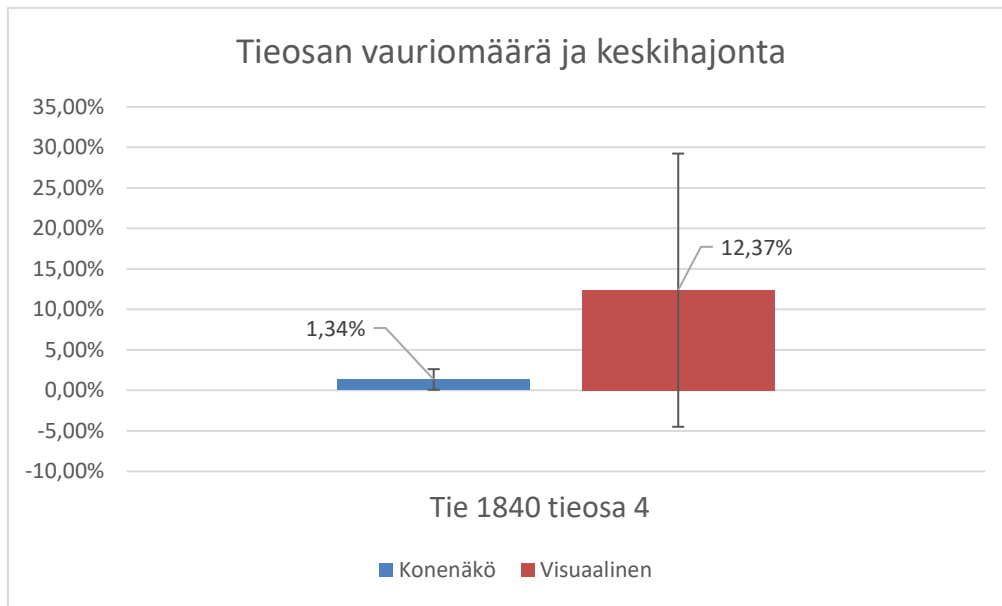
Kuva 58. Tien 1840 tieosa 3 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 1840 tieosa 4

Tien 1840 tieosalla 4 konenäön keskihajontaluku oli 1,27 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 16,87 %. Kuvassa 59 on esitetty tien 1840 tieosan 4 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

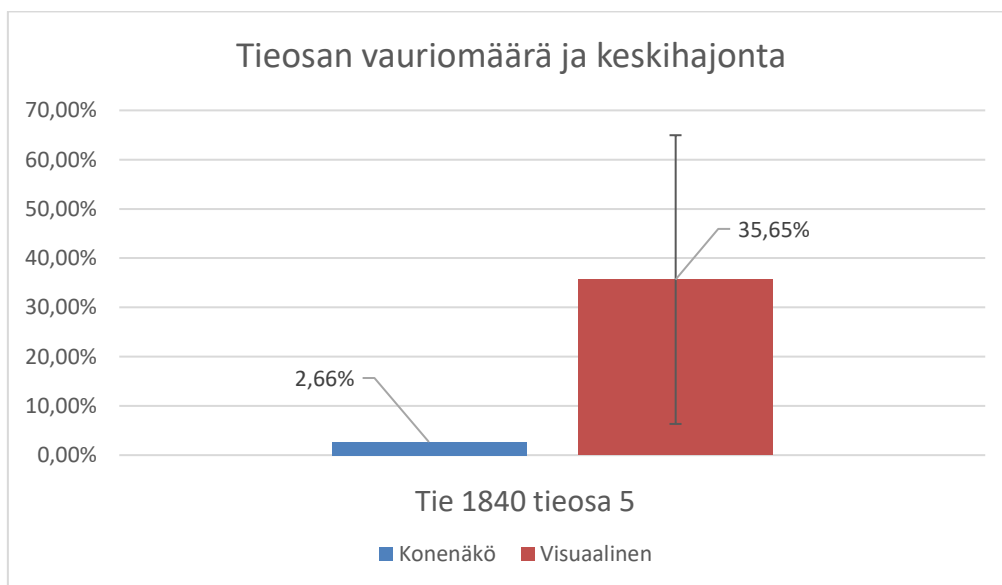
Kuva 59. Tien 1840 tieosa 4 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 1840 tieosa 5

Tien 1840 tieosalla 5 konenäön keskihajontaluku oli 2,55 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 29,31 %. Kuvassa 60 on esitetty tien 1840 tieosan 5 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnin vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

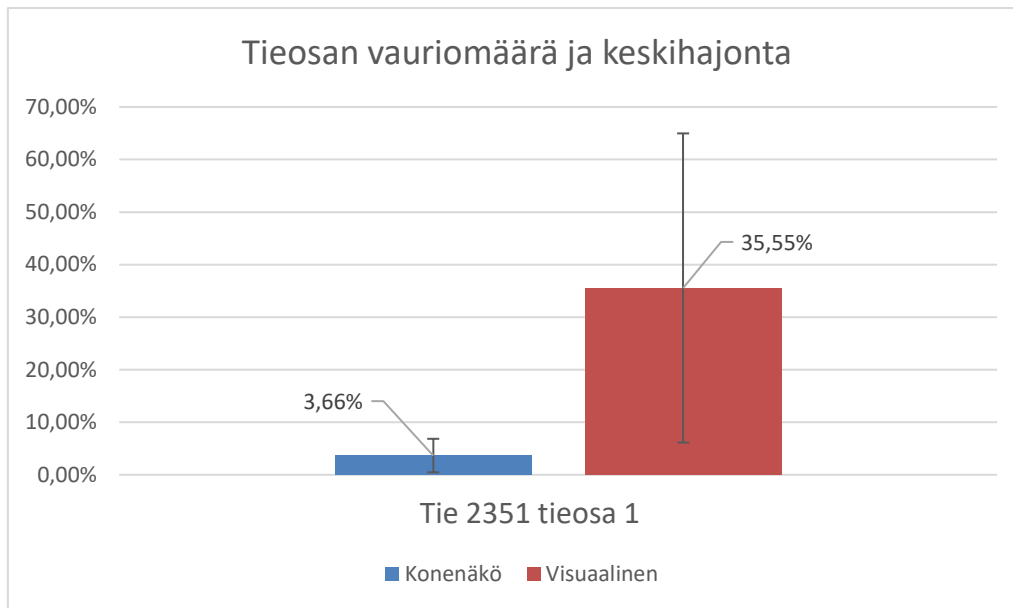
Kuva 60. Tien 1840 tieosa 5 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 2351 tieosa 1

Tien 2351 tieosalla 1 konenäön keskihajontaluku oli 3,19 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 29,42 %. Kuvassa 61 on esitetty tien 2351 tieosan 1 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

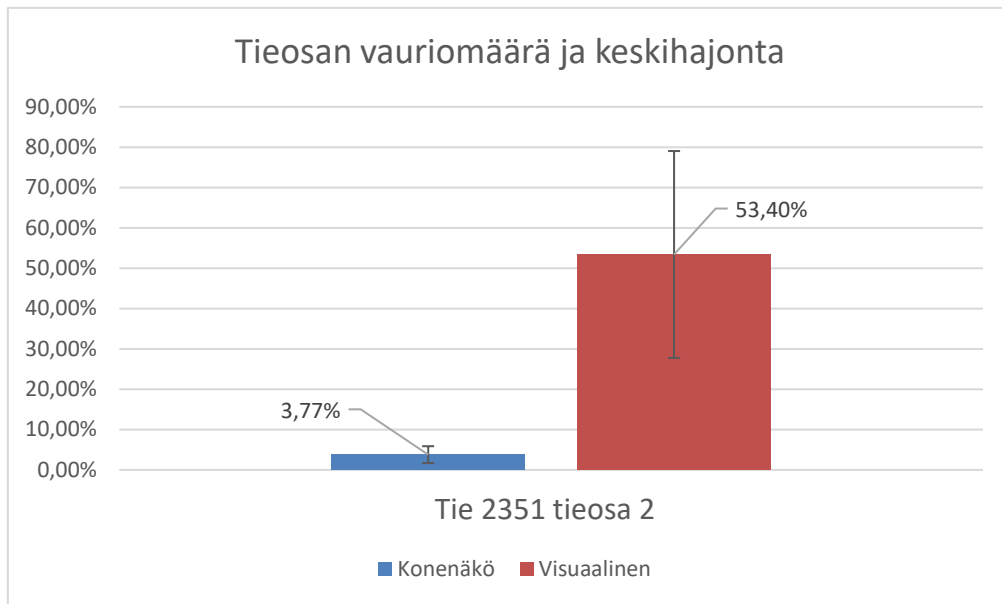
Kuva 61. Tien 2351 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 2351 tieosa 2

Tien 2351 tieosalla 2 konenäön keskihajontaluku oli 2,09 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 25,64 %. Kuvassa 62 on esitetty tien 2351 tieosan 2 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

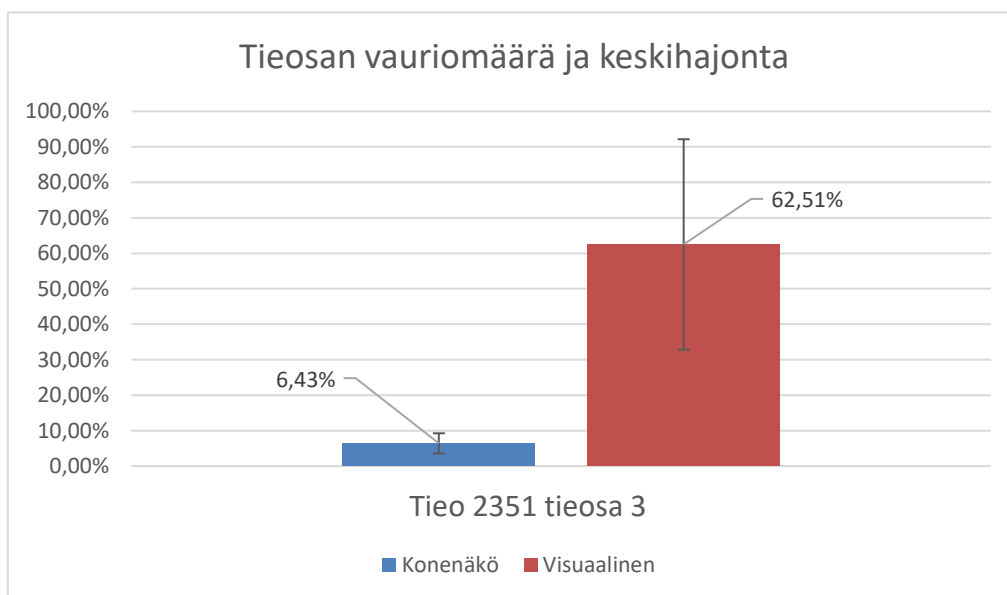
Kuva 62. Tien 2351 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 2351 tieosa 3

Tien 2351 tieosalla 3 konenäön keskihajontaluku oli 2,84 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 29,64 %. Kuvassa 63 on esitetty tien 2351 tieosan 3 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

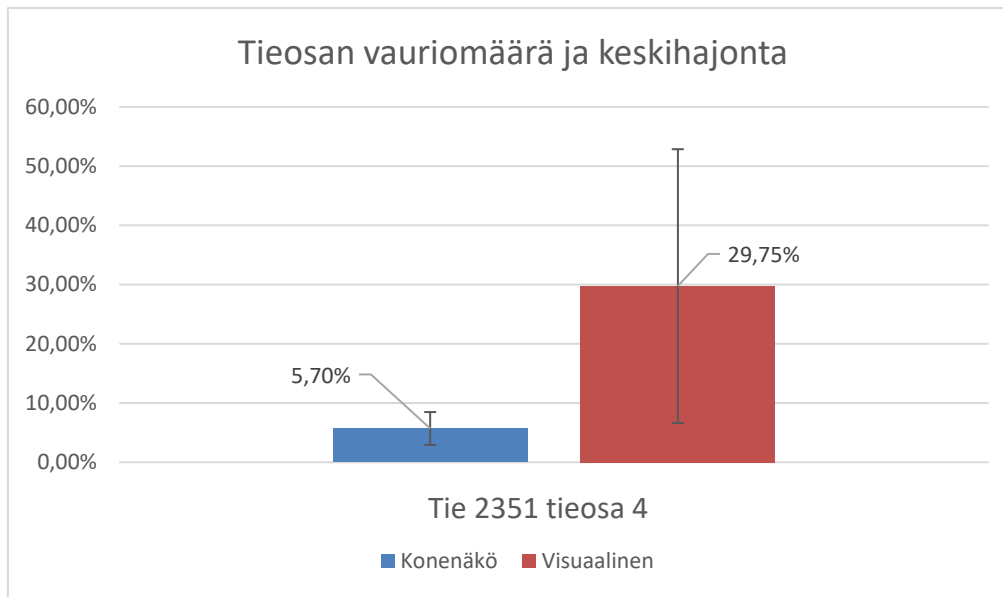
Kuva 63. Tien 2351 tieosa 3 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 2351 tieosa 4

Tien 2351 tieosalla 4 konenäön keskihajontaluku oli 2,78 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 23,12 %. Kuvassa 64 on esitetty tien 2351 tieosan 4 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

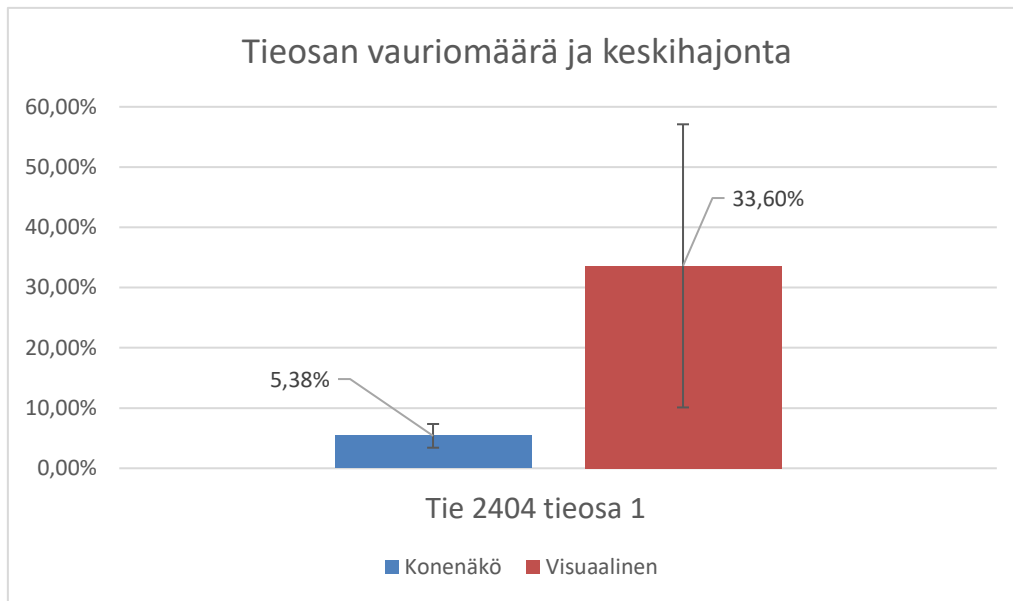
Kuva 64. Tien 2351 tieosa 4 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 2404 tieosa 1

Tien 2404 tieosalla 1 konenäön keskihajontaluku oli 1,97 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 23,50 %. Kuvassa 65 on esitetty tien 2404 tieosan 1 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

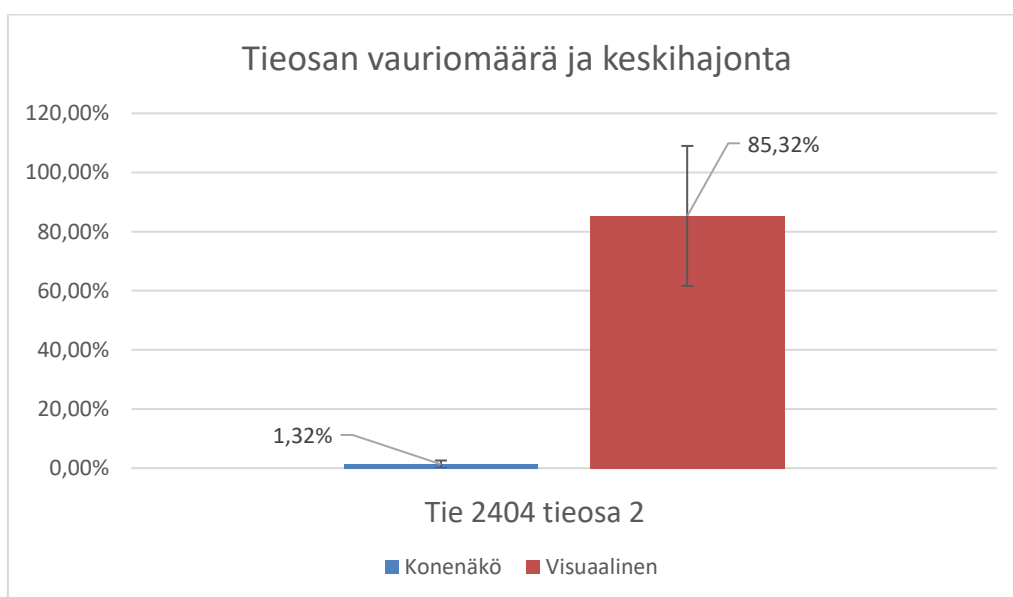
Kuva 65. Tien 2404 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 2404 tieosa 2

Tien 2404 tieosalla 2 konenäön keskihajontaluku oli 1,26 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 23,67 %. Kuvassa 66 on esitetty tien 2404 tieosan 2 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

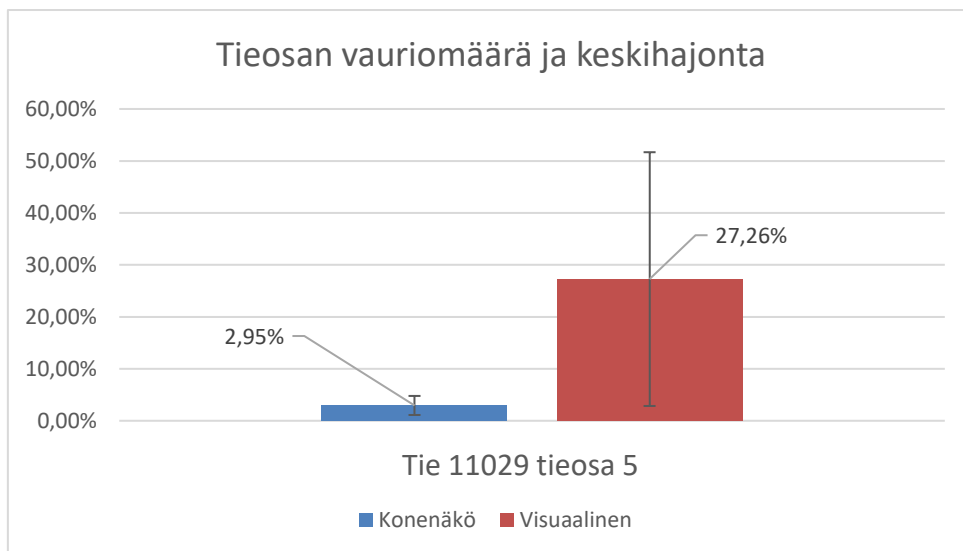
Kuva 66. Tien 2404 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 11029 tieosa 5

Tien 11029 tieosalla 5 konenäön keskihajontaluku oli 1,83 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 24,41 %. Kuvassa 67 on esitetty tien 11029 tieosan 5 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylväät vauriomäärien keskiarvoja.

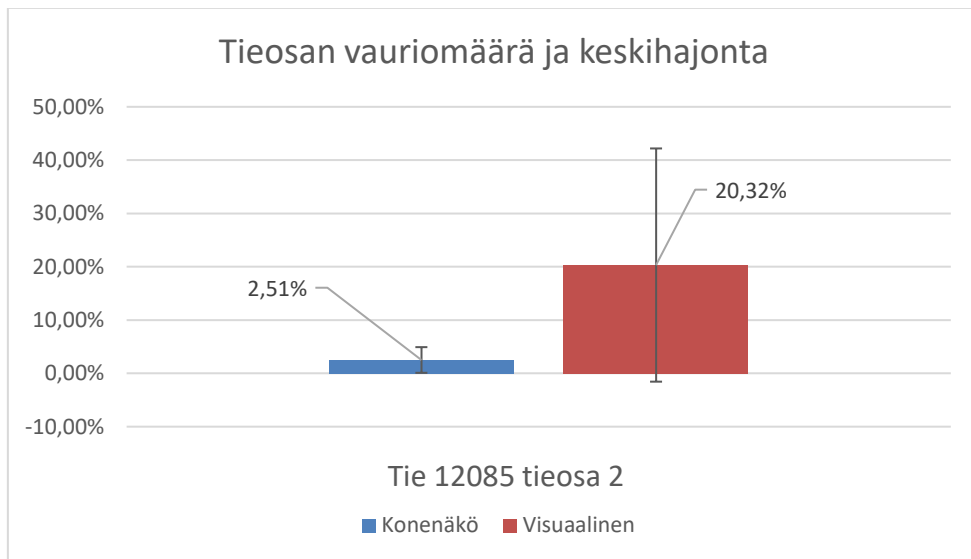
Kuva 67. Tien 11029 tieosa 5 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 12085 tieosa 2

Tien 12085 tieosalla 2 konenäön keskihajontaluku oli 2,41 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 21,88 %. Kuvassa 68 on esitetty tien 12085 tieosan 2 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylväät vauriomäärien keskiarvoja.

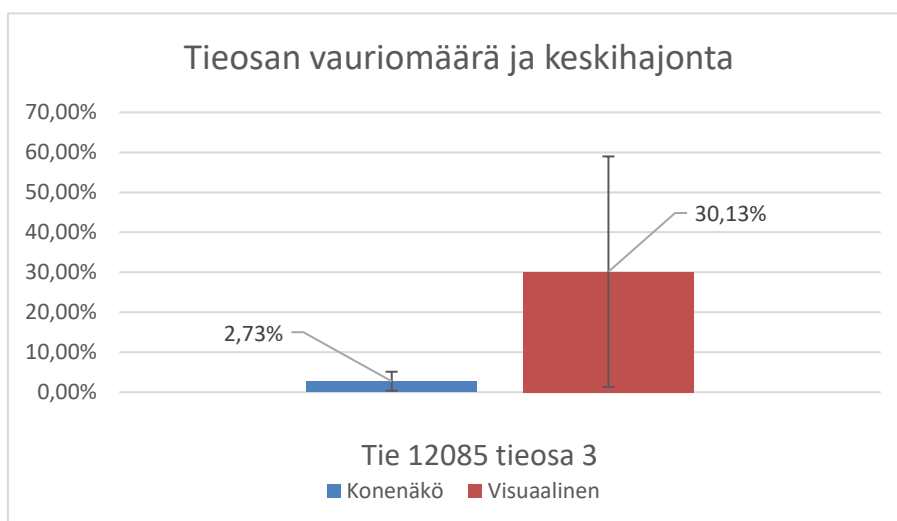
Kuva 68. Tien 12085 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 12085 tieosa 3

Tien 12085 tieosalla 3 konenäön keskihajontaluku oli 2,38 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 28,84 %. Kuvassa 69 on esitetty tien 12085 tieosan 3 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

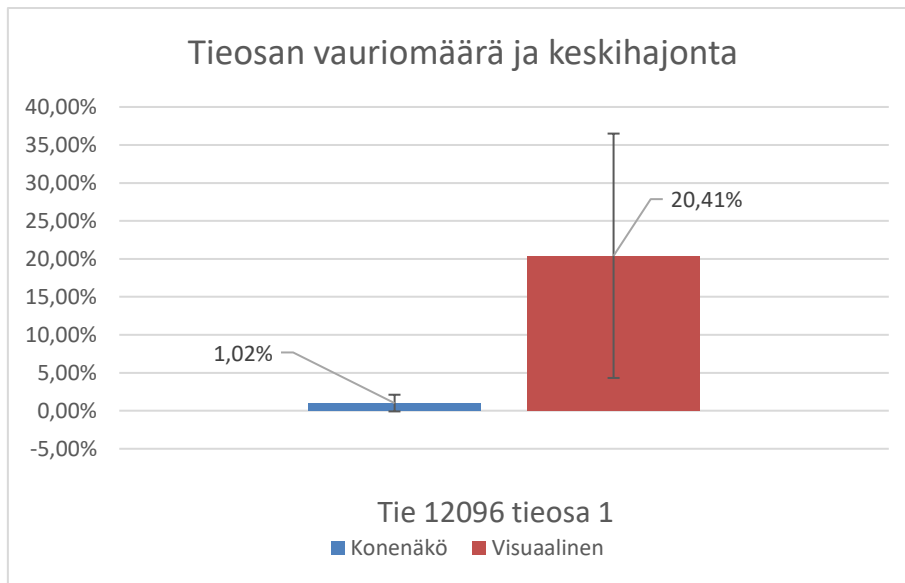
Kuva 69. Tien 12085 tieosa 3 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 12096 tieosa 1

Tien 12096 tieosalla 1 konenäön keskihajontaluku oli 1,10 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 16,08 %. Kuvassa 70 on esitetty tien 12096 tieosan 1 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

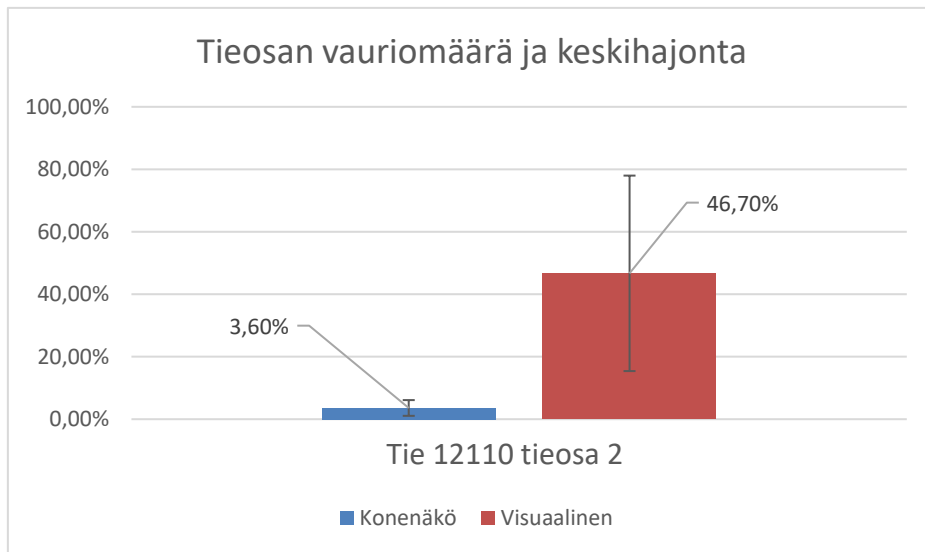
Kuva 70. Tien 12096 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 12110 tieosa 2

Tien 12110 tieosalla 2 konenäön keskihajontaluku oli 2,52 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 31,29 %. Kuvassa 71 on esitetty tien 12110 tieosan 2 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

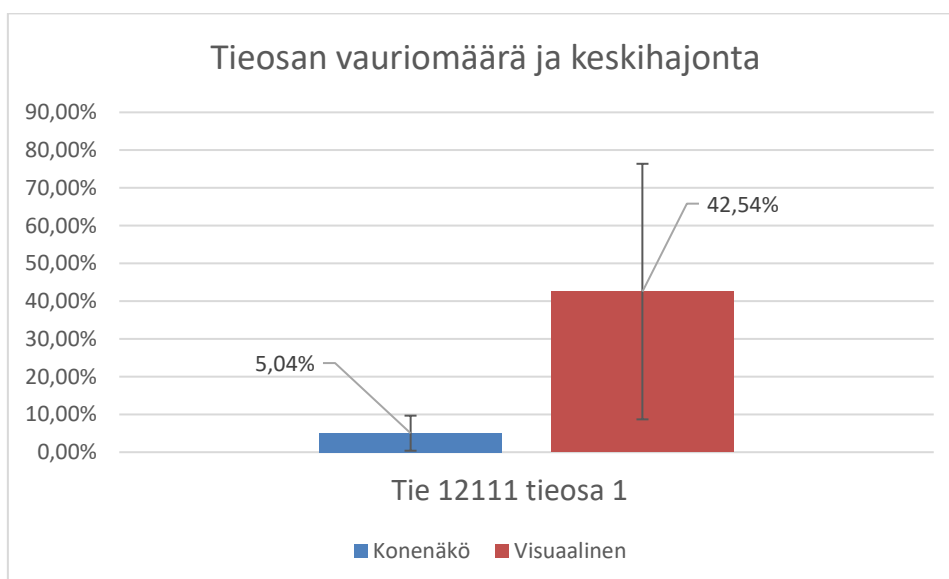
Kuva 71. Tien 12110 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 12111 tieosa 1

Tien 12111 tieosalla 1 konenäön keskihajontaluku oli 4,64 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 33,84 %. Kuvassa 72 on esitetty tien 12111 tieosan 1 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnin vaihteluväliä ja pylväät vauriomäärien keskiarvoja.

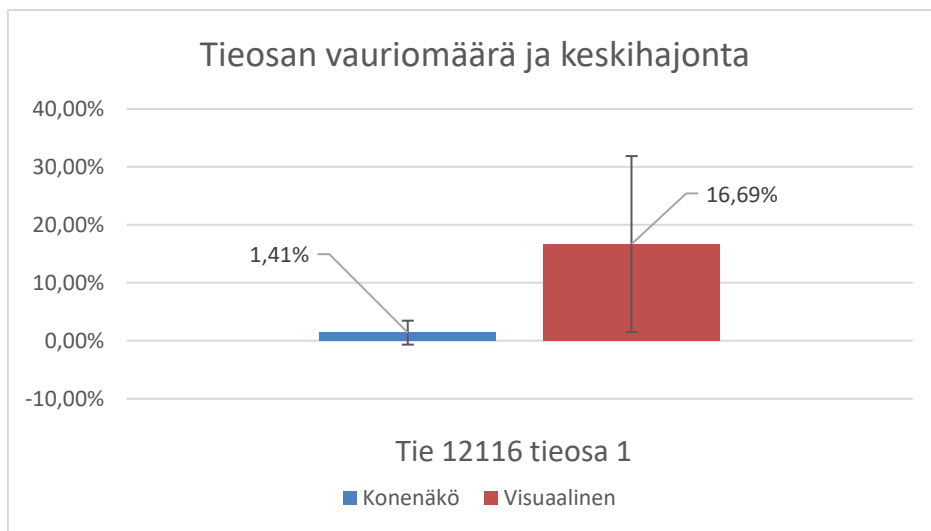
Kuva 72. Tien 12111 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 12116 tieosa 1

Tien 12116 tieosalla 1 konenäön keskihajontaluku oli 2,07 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 15,18 %. Kuvassa 73 on esitetty tien 12116 tieosan 1 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylväät vauriomäärien keskiarvoja.

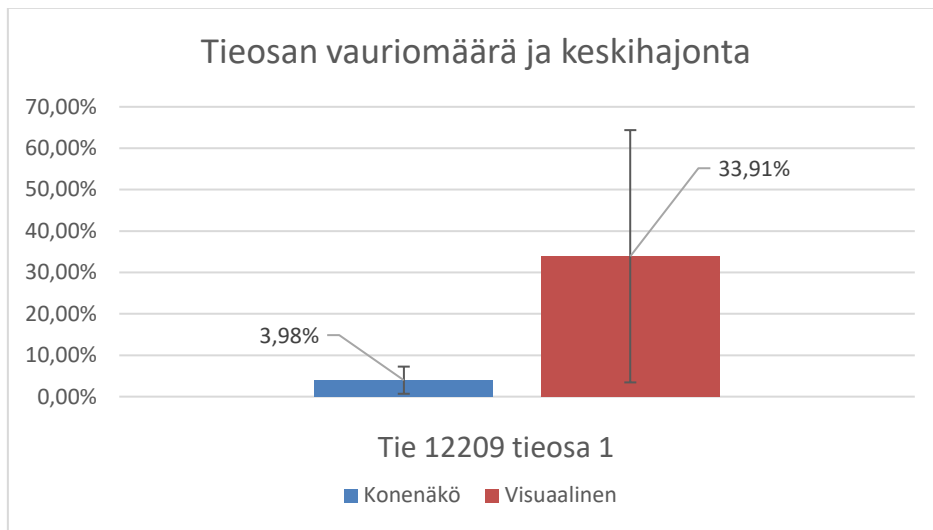
Kuva 73. Tien 12116 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 12209 tieosa 1

Tien 12209 tieosalla 1 konenäön keskihajontaluku oli 3,28 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 30,47 %. Kuvassa 74 on esitetty tien 12209 tieosan 1 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylväät vauriomäärien keskiarvoja.

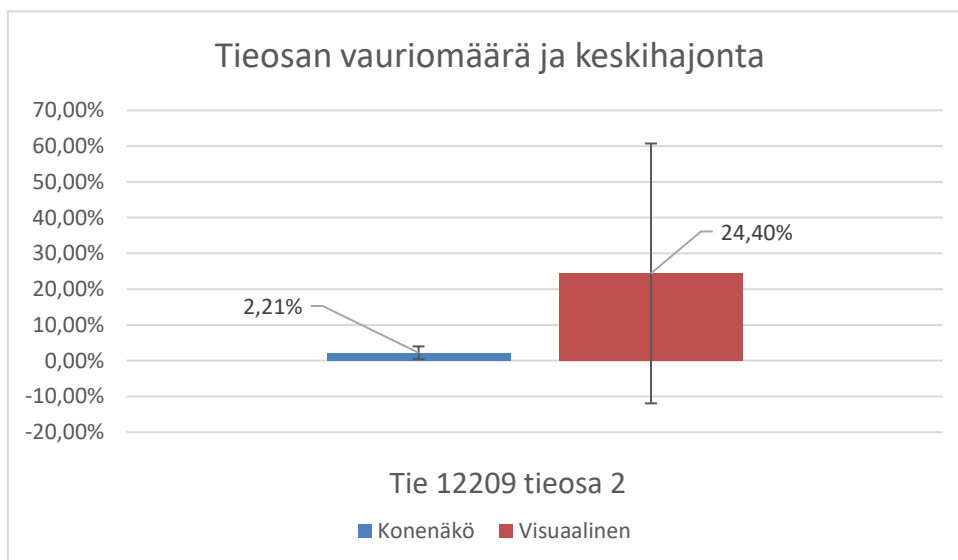
Kuva 74. Tien 12209 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



## Tie 12209 tieosa 2

Tien 12209 tieosalla 2 konenäön keskihajontaluku oli 1,78 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 36,34 %. Kuvassa 75 on esitetty tien 12209 tieosan 2 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnin vaihteluväliä ja pylväät vauriomäärien keskiarvoja.

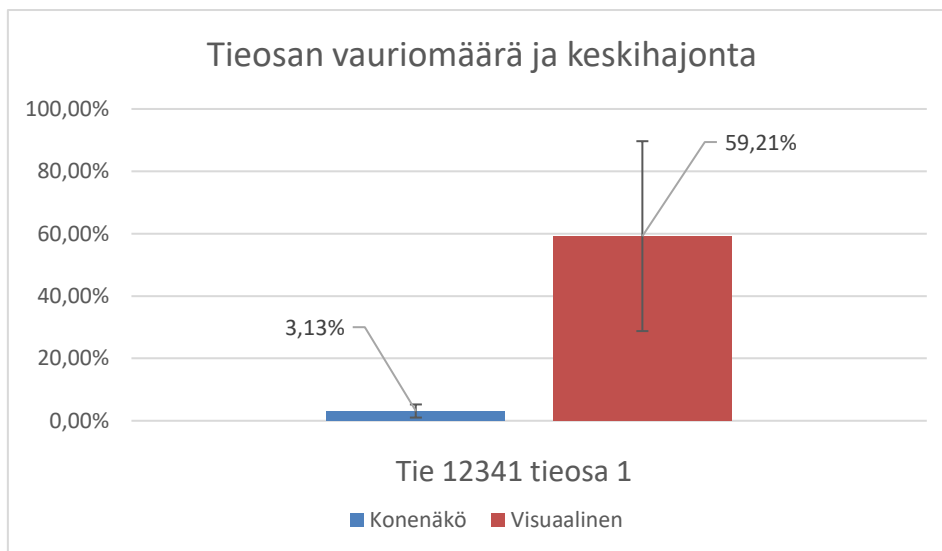
Kuva 75. Tien 12209 tieosa 2 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 12341 tieosa 1

Tien 12341 tieosalla 1 konenäön keskihajontaluku oli 2,10 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 30,45 %. Kuvassa 76 on esitetty tien 12341 tieosan 1 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylväät vauriomäärien keskiarvoja.

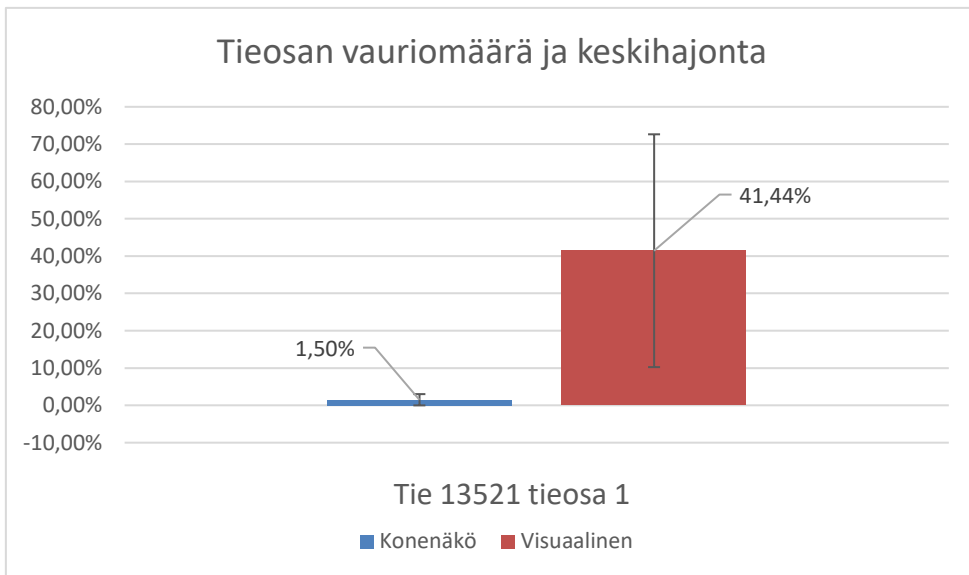
Kuva 76. Tien 12341 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 13521 tieosa 1

Tien 13521 tieosalla 1 konenäön keskihajontaluku oli 1,51 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 31,20 %. Kuvassa 77 on esitetty tien 13521 tieosan 1 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylväät vauriomäärien keskiarvoja.

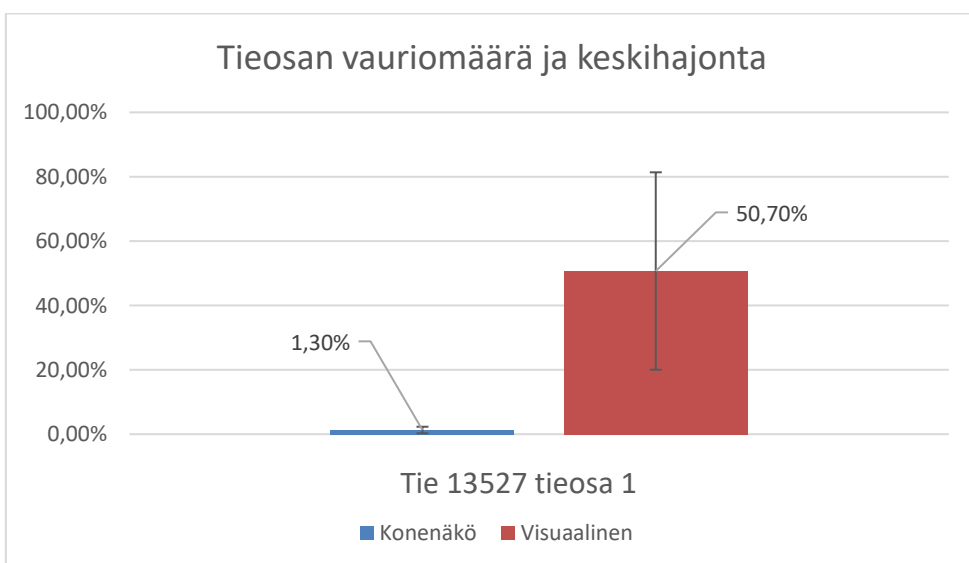
Kuva 77. Tien 13521 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### Tie 13527 tieosa 1

Tien 13527 tieosalla 1 konenäön keskihajontaluku oli 1,01 % ja vastaavasti visuaalisen inventoinnin keskihajontaluku oli 30,68 %. Kuvassa 78 on esitetty tien 13527 tieosan 1 keskihajontojen vaihteluväli sekä vauriomäärien keskiarvot koko tieosalta. Pystysuuntainen akseli kuvaa keskihajonnan vaihteluväliä ja pylvää vauriomäärien keskiarvoja.

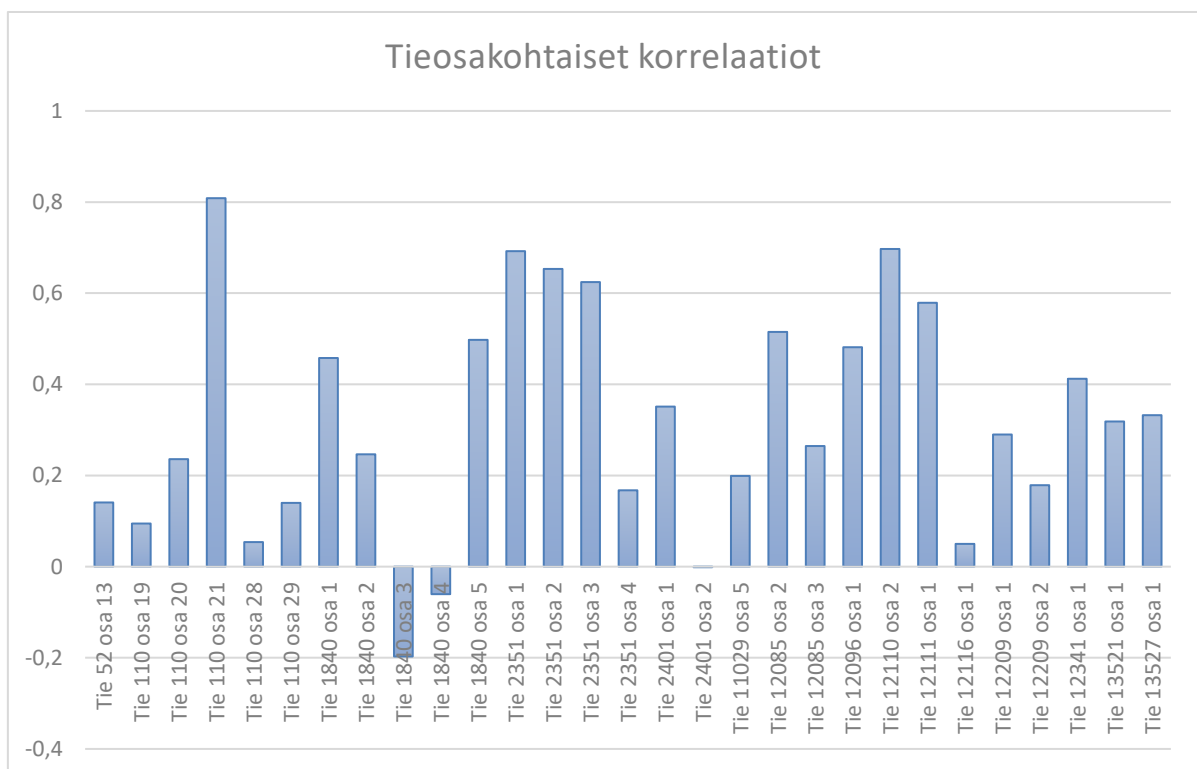
Kuva 78. Tien 13537 tieosa 1 keskihajonnat molemmilla inventointitavoilla.



### 7.3 Korrelaatio

Tässä luvussa tullaan esittämään vauriomäärien korrelaatiot testiteittäin. Korrelaatio on positiivista, jos sen arvo on 1 tai ainakin lähellä sitä. Positiivinen korrelaatio kertoo tässä tapauksessa siihen, että vaurioiden tulkinta visuaalisen inventoijan ja konenäön välillä on yhtenäistä. Korrelaatiokertoimen ollessa nolla tai lähellä nollaa tarkoittaa, että korrelaatiota ei oikeastaan edes ole. Tällöin tulokset eivät ole yhtenäisiä eivätkä vastaa toisiaan. Nollakorrelaatiossa tulokset voivat olla yhtä paljon samaa mieltä ja yhtä paljon erimieltä. Negatiivinen korrelaatio on vastaavasti positiivisen korrelaation vastakohta. Korrelaation kertoimen ollessa  $-1$  ovat tulokset täysin epäyhteneväisiä suhteessa toisiinsa. Kuvassa 79 on esitetty kaikkien testiteiden ja tieosien korrelaatiot.

Kuva 79. Tieosakohtaiset korrelaatiot.



Kuvasta 79 voidaan nähdä, että useimmat teistä ovat positiivisia korrelaatioiltaan mutta vain oikeastaan yksi teistä (Tie 110 tieosa 21) on edes suhteellisen lähellä tilannetta, jossa konenäön ja visuaalisen inventoijan tulkinnat olisivat täysin yhtenäiset. Tämän yksittäisen tien hyvä korrelaatio saattaa johtua pääasiassa tien hyvästä kunnosta. Tätä tietä käsitellään

tarkemmin luvussa 7.3.1. Korrelaatiokerroin on noin  $1/3$ :ssa teistä lähellä nollaa. Tien 1840 tieosat 3 ja 4 sekä tie 2404 tieosa 2 korrelaatiokerroin on muihin teihin verrattuna negatiivinen mutta näidenkin teiden korrelaatio on lähempänä nolla korrelaatiota, kuin täydellistä negatiivista korrelaatiota.

Yleisesti voisi todeta, että ainakin lähes puolella teistä vaurioiden tulkinta on hieman edes samansuuntaista, koska korrelaatiokerroin on positiivinen. Kaukana ollaan kuitenkin tilanteesta, jossa voitaisiin todeta, että konenäkö ja visuaalinen inventoija tulkitsevat vaurioita täysin yhtenäisesti. Varsinkin ne tiet, joilla korrelaatio on negatiivinen tai lähellä nollaa kertoo, että vaurioiden tulkinta ei ole yhtenäistä ja lisätutkimuksia tarvittaisiin erojen selvittämiseksi.

Korrelaatiotulosten perusteella, päätettiin suorittaa hieman tarkempaa tarkastelua neljälle eri tieosalle, jotka edustavat korrelaatiokertoimen arvoiltaan eri tasoja. Tarkoituksena on yrittää selvittää, mistä erot korrelaatioissa mahdollisesti johtuvat. Tarkempaan tarkasteluun valitut tiet ja tieosat ovat:

• Tie 110 tieosa 21	Korrelaatiokerroin	0.808
• Tie 12096 tieosa 1	Korrelaatiokerroin	0,481
• Tie 2404 tieosa 2	Korrelaatiokerroin	-0,0013
• Tie 1840 tieosa 3	Korrelaatiokerroin	-0.19

### 7.3.1 Tarkempi tarkastelu tiestä 110 tieosasta 21

Tiellä 110 tieosalla 21 on kaikista tuloksista paras korrelaatio, hieman yli 0,8, joka tarkoittaa, että inventointi on ollut kummallakin inventointitavalla tehtynä hyvin yhtenäistä. Tien alkuosassa on selviä vaurioita, joita sekä konenäkö ja visuaalinen inventoija ovat havainneet. Huonokuntoisen alun jälkeen tien kunto muuttuu hyväkuntoiseksi, eikä vaurioita juuri esiinny. Kokonaisuutena tie on erittäin hyväkuntoinen, pois lukien huonompikuntoinen alkuosa. Tien alkuosassa on selkeitä ja melko suuriakin vaurioita, joita visuaalinen inventoija ja konenäkö ovat havainneet yhtenäisesti. Tämän huonokuntoisen osuuden yhtenäinen vauriomäärien havainnointi todennäköisesti auttaa positiivisen korrelaation muodostumista

tämän tieosan osalta. Paikkatietojen perusteella molemmilla inventointitavoilla vaurioiden havainnointi myös muuttuu yhtenäisesti kokonaisuudessaan tieosan keskivaiheilla. Tieosan keskivaiheen jälkeen molemmat inventointitavat ovat havainneet selvästi vähemmän vaurioita, kuin tieosan alkupuolella. Pääasiassa korkea korrelaatio johtuu todennäköisesti siitä, että tie on enemmän hyvässä kunnossa kuin huonossa, jolloin visuaalisen ja konenäön prosenttimääräiset vauriomäärät ovat lähempänä toisiaan.

### **7.3.2 Tarkempi tarkastelu tiestä 12096 tieosa 1**

Voisi ehkä olettaa, että korrelaation ollessa jotain välillä 0,3–0,5 niin tällä alueella oleva tie on todennäköisesti keskiarvoltaan tyydyttävässä/huonossa kunnossa. Mutta tämä kyseinen tie ei ollut kokonaisuudessaan kovin huonossa kunnossa vauriomäärien perusteella.

Molemmat inventointitavat ovat löytäneet vaurioita samoista tienkohdista mutta jostain syystä tämä ei näy korrelaationa. Voisi myös olettaa, että koska tämä tie on todellisuudessa hyväkuntoinen niin korrelaatiokerroin olisi samalla tavalla parempi, kuten se on tiellä 110 tieosalla 21 mutta tällä tiellä tien hyväkuntoisuus ei paranna tulosta. Todennäköisesti se, että visuaalisen inventointitavan tulos käännetään metrimäärästä pinta-alaksi tätä vertailua varten sekoittaa myös tätä korrelaatio tulosta, koska visuaalisen inventointitavan vauriomäärät pinta-alana on huomattavasti suurempi, kuin konenäön tuottamat tarkat pinta-alamäärät.

### **7.3.3 Tarkempi tarkastelu tiestä 2404 tieosa 2**

Tiellä 2404 tieosalla 2 korrelaatiokerroin on -0,0013 eli melkein nolla. Visuaalinen inventoija ja konenäkö ovat siis lopputuloksessa yhtä paljon samaa mieltä ja yhtä paljon erimieltä. Isoin tekijä tällä tiellä korrelaatio tulokselle on todennäköisesti tiellä esiintyvä laaja purkauma. Tämä kyseinen konenäkö ei osaa tunnistaa purkaumaa ja siksi se ei myöskään pysty inventoimaan purkaumaa vaurioksi. Kuten tuloksista oli nähtävissä, visuaalisesti inventoinut inventoija oli vastaavasti kirjannut laajoja purkauma alueita korjaustarpeessa oleviksi alueiksi. Tämän takia vauriomäärien erot nousivat suuriksi ja korrelaatio inventointitapojen välillä ei kohtaa.

### 7.3.4 Tarkempi tarkastelu tiestä 1840 tieosa 3

Tällä tiellä visuaalinen ja konenäkö ovat lopputuloksissa enemmän eri mieltä, kuin samaa mieltä. Molempien inventointitapojen vauriomäärät ovat maltilliset. Konenäkö ei ole juuri vaurioita tieltä löytänyt ja visuaalinen inventoijakin on löytänyt vaurioita oikeastaan tien loppuosasta. Ehkä syyn negatiiviseen korrelaatioon aiheuttaa juuri konenäön jopa muihin teihin verrattuna alhainen vauriomäärä. Tällä tieosalla konenäkö katsoi, että tie on vain 0,76 % vaurioitunut koko alastaan. Muilla teillä konenäön vauriomäärät ovat kuitenkin vähintään päälle prosentin luokkaa. Visuaalisen inventoijan vauriomäärä taas on 20,78 %, joten ero on suhteellisen suuri tällä tiellä. Ehkä tällainen tulos sitten aiheuttaa korrelaation kääntymisen negatiiviseksi.

### 7.3.5 Pohdinta korrelaatiotuloksista

Konenäön ja visuaalisen inventointitavan vaurioiden tulkinta poikkeaa suhteellisesti paljon ja harvat hyvät korrelaatioarvot, johtuvat todennäköisesti tien hyväkuntoisuudesta. Toisin sanoen, tiessä ei ole vaurioita tai vaurioiden määrä on vähäinen, jolloin kummallakin inventointitavalla vauriomäärät jäävät suhteessa vähäisiksi. Tosin tämäkään teoria ei jostain syystä toimi kaikilla hyväkuntoisilla teillä, kuten edellä on jo näytetty. Huonot korrelaatiot todennäköisesti johtuvat siitä, että konenäkötestin tulos tuottaa vaurioiden määrän pinta-alana, joka aiheuttaa sen, että vauriomäärät jäävät pieniksi verrattuna visuaalisella tavalla saatuun tietoon. Tämän vertailun perusteella tätä konenäköä pitäisi kehittää edelleen, jotta se voisi joskus olla luotettava järjestelmä korvaamaan visuaalisen inventointitavan.

## 7.4 Tulosten pohdinta

Tuloksista voidaan päätellä, että visuaalisella inventointimenetelmällä havaitaan paljon enemmän vaurioita, kuin konenäkötestillä. Tämä johtuu suurimmaksi osaksi pinta-alan vauriomäärien laskentatapojen eroista. Visuaalisella inventoinnilla korjattavaksi alueeksi tulee vähintään 5 metrin pituinen ja koko tien levyinen alue. Konenäkötesti puolestaan inventoi tarkasti vain vaurioiden todelliset pinta-alat, jolloin vaurioiden pinta-alamääriin tulee isot erot. Lisäksi tällä hetkellä eroavaisuutta vauriomääriin lisää se, että konenäkö ei

osaa tällä hetkellä jättää inventoimatta niitä vaurioita, joiden vauriokriteerit eivät täyty, joten konenäkö inventoi kaikki havaitsemansa vauriot. Tämäkin ilmiö pystytään hyvin toteamaan hyväkuntoisten teiden inventointi tuloksia tarkastelemalla. Tuloksissa tämä näkyy niin, että visuaalinen inventoija ei ole merkinnyt joko yhtään vaurioita tai vauriomäärät ovat maltilliset, kun taas konenäön tuloksissa jokaiselle 100 metrin jaksolle löytyy melkein aina jonkin kokoinen vaurioitunut alue.

Kartalle sijoitetuista tuloksista pystyttiin näkemään, että visuaalinen inventoija ja konenäkö ovat löytäneet vaurioita samoista tienkohdista, mikä on positiivista mutta paljon eroavaisuutta oli vaurioiden määrässä. Tutkimuksissa havaittiin, että konenäkö oli jossain tapauksissa inventoinut tienpinnassa olleita varjostumia vaurioiksi mutta tämän asian vaikutus lopputulokseen todettiin suhteessa vähäiseksi. Myöskään korrelaatiokertoimet eri tienosien välillä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta ei kertonut mitenkään kovin yhteneväisestä vauriotulkinnasta visuaalisen inventoijan ja konenäön välillä. Korrelaation perusteella suurimmalla osalla testiteistä inventointi oli edes jollain tapaa yhtenäistä mutta toisaalta ne olivat myös paljon eri mieltä.

Inventointi tuloksia oli alun perin tarkoitus vertailla vauriometreinä jokaiselle 100 metrille. Pinta-alan prosenttiluvusta ei kuitenkaan pystytä laskemaan tarkasti vauriometrimäärää, jonka takia tämä vertailu oli pakko suorittaa vaurioiden pinta-ala vertailuna. Kuten jo aiemmin on kerrottu, niin pinta-alojen vertailu on ongelmallista näiden kahden inventointitavan välillä, johtuen täysin erilaisesta vaurioalan tulkinnasta. Lähtökohtaisesti oli jo nähtävissä, että visuaalisen inventointitavan vauriopinta-alat tulevat olemaan huomattavasti suuremmat, kuin tarkasti konenäön inventoimat todelliset vaurioalueet. Koko vertailun kannalta olisi ollut tärkeää, että konenäön inventointipa tuottaisi automaattisesti vaurioituneen metrimäärän lopputuloksen. Toki tällöinkin eroja tulisi, mutta tulos olisi ollut todennäköisesti tasaisempi. Kuten pinta-alojen kautta toteutettu vertailu tuloksista osoittaa, ei koko vertailu ollut kovinkaan mielekästä. Lähinnä tällä vertailulla osoitettiin, kuinka paljon visuaaliseen vauriotulkintaan saattaa kuulua myös ehjää tienpintaa, joka kuitenkin inventointitavan takia ilmoitetaan kokonaisuudessaan vaurioituneena.

Tulosten eroavaisuudessa tulee myös pitää mielessä, että konenäön tarkastelualue ei aina ole oikeassa kohtaa, vaan konenäkö saattaa mutkaisella tiellä tarkastella esimerkiksi piennarta, joka on normaalisti inventointialueen ulkopuolella. Tämä taas johtuu tämän konenäön kyvyttömyydestä skaalautua tien kaarteiden mukaisesti. Myös kuvausajoneuvon ajolinjalla on vaikutusta tähän asiaan. Lisäksi konenäkö saattaa edelleen tulkita esimerkiksi varjostuksia tai työkoneesta syntyneitä naarmuja vaurioiksi. Tasapuolisuuden nimissä on hyvä myös mainita, että visuaalinen inventoija ei välttämättä aina ole oikeassa. Toisin sanoen inventoijalla on voinut jäädä jokin korjaustarpeen kriteerit täyttävä vaurio merkitsemättä tai vastaavasti inventoija on merkinnyt jonkin vaurion korjaustarpeessa olevaksi, vaikka se ei sitä todellisuudessa ole.

Konenäön kyvyttömyys tunnistaa kaikkia etsittäviä vauriotyyppejä, aiheuttaa sen, että oikeita vaurioita jää merkitsemättä ylös. Varsinkin tiellä 2404 tieosalla 2 pystyttiin inventointi tuloksista selvästi päättelemään, että konenäkö ei tunnistanut tienpinnassa laajalti ollutta purkaumaa, toisin kuin visuaalinen inventoija. Tämä kyvyttömyys tunnistaa purkaumaa tosin oli jo tiedossa, ennen testejä, koska tätä vauriotyyppiä tälle kyseiselle konenäölle ei ole edes opetettu tunnistamaan. Konenäkö ei toisin sanoen edes tiedä mitä purkauma on ja kyseistä vauriotyyppiä ei sille edes ole olemassa. Todettakoon vielä, että purkauman opettaminen konenäölle on todennäköisesti vaikein kaikista vauriotyypeistä. Sen tulkitseminen visuaalisten inventoijien toimestakin on hankalaa ja purkauma vauriotyyppinä on aiheuttanut menneisyudessa keskustelua eri inventoijien välillä, kun on mietitty puolesta ja vastaan, mikä täyttää purkauman vauriokriteerit.

Valaistuksella on merkittävä vaikutus onnistuneeseen visuaaliseen inventointisuoritukseen. Varsinkin jos valaistus tulee inventoijaan nähden takaviistosta, niin vaurioita saattaa jäädä havaitsematta, koska vauriot eivät erotu tässä tapauksessa tienpinnasta. Vastaavasti tienpinnassa oleva vähäinenkin kosteus saattaa hämätä visuaalista inventoijaa luulemaan esimerkiksi pituushalkeamaa leveämmäksi, kuin se todellisuudessa on. Kosteus korostaa vaurioiden kokoa suuremmaksi kuin ne oikeasti ovat. Tämä taas saattaa johtaa sellaisten vaurioiden merkitsemiseen, jotka eivät oikeasti täytä korjaustarpeessa olevien vaurionkriteerejä. Päälystevauriokartoituksen visuaalisen testin aikana tienpinta oli kuiva ja valaistus oli hyvä ja sää aurinkoisen pilvipoutainen. Inventointisuunnat valittiin, niin, että

aurinko oli lähtökohtaisesti inventoijan etupuolella, joten valaistuksen suhteen visuaalisella inventoijalla oli optimi olosuhteet inventointiin samoin, kuten konenäöllä. Joten tämä ei aiheuttanut lopputuloksiin suurta epävarmuustekijää.

## 8 Johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, voidaanko tällä kyseisellä konenäöllä korvata visuaalinen päällystevauriokartoitus. Vastaus kysymykseen on kyllä ja ei. Konenäkö pystyy tunnistamaan ja löytämään samoja vaurioita samoista paikoista, kuin visuaalisesti havainnoiva ihminenkin. Tämän kyseisen konenäön suureksi puutteeksi on kuitenkin luettava kyvyttömyys tunnistaa purkaumaa, joka on todennäköisesti vaikein arvioitava päällystevauriotyyppi. Myös päällysteeltään ehjien painumien ja kohoumien tunnistamisen puute voidaan laskea heikkoudeksi. Suurin ongelma tässä kyseisessä konenäössä tällä hetkellä on kuitenkin, sen tuottama lopputulos. Siinä missä visuaalinen inventointitapa tuottaa lopputulokseksi vaurioiden metrimäärän jokaiselle alkavalle 100 metrin jaksolle, niin vastaavasti konenäkö tuottaa tulokseksi vaurion prosenttimäärän jokaiselle alkavalle 100 metrin jaksolle. Ongelmaksi muodostuu se, että vaurion prosenttilukua ei pystytä käytännössä laskemalla muuttamaan metrimääräksi, joka vastaisi suhteeltaan visuaalisen inventoinnin tulosta. Koska tulokset halutaan raportoida edelleen muodossa vauriometriä/100 metrin matka, niin tämän takia tätä konenäköä ei voida tällaisenaan käyttää korvaamaan visuaalista inventointia. Jos tätä kyseistä konenäköä voitaisiin kehittää lisää niin, että se oppisi tunnistamaan purkaumia ja painumia ja sen lopputuloksena syntyisi suoraan haluttu lopputulos vauriometrimääränä, niin sitten tätä konenäköä voisi mahdollisesti käyttää korvaamaan visuaaliseen menetelmään perustuvan päällystevauriokartoituksen. Tätä kyseistä konenäköä olisi myös hyvä kehittää niin, että se myös huomioisi korjaustarpeessa olevien vaurioiden kriteerit vaurion tunnistuksen yhteydessä. Tämä tutkimus myös osaltaan osoittaa sen kuinka tärkeää olisi, että päällystevauriokartoitukseen käytettävät konenäköalgoritmit opetetaan tuottamaan alusta alkaen haluttuja lopputuloksia.

Konenäköön perustuva inventointi on tulevaisuutta. Konenäön avulla on mahdollista saada objektiiviset ja tasalaatuisemmat tulokset, kuin monen eri ihmisen visuaaliseen tulkintaan

perustuvalla inventoinnilla. Konenäkö lähtökohtaisesti inventoi aina samalla tavalla ja tuottaa tarkan ja samanlaisen lopputuloksen. Vastaavasti voidaan laittaa esimerkiksi kymmenen eri ihmistä inventoimaan visuaalisesti samalta tieltä päällystevaurioita ja todennäköisesti saadaan kymmenen jollain tapaa eroavaa tulosta, vaikka inventoijat ovat saaneet saman koulutuksen päällystevaurioiden tunnistamiseen. Ihmiset ovat lopulta yksilöitä, jotka kaikki näkevät ja tulkitsevat asioita hieman omalla tavallaan. Tästä johtuen voisi teoriassa miettiä pitäisikö visuaalisesta inventoinnista luopua tulevaisuudessa, jotta saataisiin objektiivisemmat tulokset kerättyä päällystevaurioista?

Konenäkö mahdollistaa nykyistä tarkemmat vauriotyyppin kuvaukset ja mahdollistaisi oikeammin kohdennettua korjaustarpeen arviointia. Konenäön avulla vaurioiden todelliset määrät saataisiin paremmin esiin ja kuvantamisen hyödyntäminen mahdollistaisi tiestön kunnon jatkuvamman seurannan. Konenäöllä inventointinopeus lähtökohtaisesti nopeutuu, kun kuvauksia voidaan tehdä muun liikenteen mukana. Työvoiman määrää saadaan myös vähennettyä, kun kuvaamiseen ei tarvita kahta henkilöä. Tämän myötä myös työkustannuksia saadaan alemmaksi, kun työvoimaa ei tarvita niin paljoa. Lähtökohtaisesti työturvallisuus myös paranee, kun inventoijien ei tarvitse liikkua liikenteen seassa huomattavasti muita hitaammin. Lisäksi haitta muulle tieliikenteelle vähenee huomattavasti.

Todennäköistä on, että konenäköä tullaan tulevaisuudessa käyttämään yhä enemmän teiden kunnon inventoinnissa ja kunnossapidossa työvälineenä. Teiden inventointiin käytettäviä konenäköjä tulee kuitenkin vielä kokonaisvaltaisesti kehittää, ennen kuin niillä voidaan korvata kaikki visuaalisella tavalla tehtävät inventoinnit.

## Lähteet

Anand, S. & Priya, L. (2020). *A Guide for Machine Vision in Quality Control*.

[https://www.researchgate.net/publication/338132896\\_A\\_Guide\\_for\\_Machine\\_Vision\\_in\\_Quality\\_Control#pf14](https://www.researchgate.net/publication/338132896_A_Guide_for_Machine_Vision_in_Quality_Control#pf14)

Destia. (n.d.-a). *Tietoa meistä*. Haettu 4.5.2023 osoitteesta

<https://www.destia.fi/tietoa-meista/>

Destia. (n.d.-b). *Infraomaisuuden hallinta*. Haettu 4.5.2023 osoitteesta

<https://www.destia.fi/palvelut/infraomaisuuden-hallinta/>

Destia. (24.6.2020) *Destia ottaa käyttöön neuroverkkopohjaisen tievaurioiden tunnistamisratkaisun*.

<https://www.destia.fi/tiedote/destia-ottaa-kayttoon-neuroverkkopohjaisen-tievaurioiden-tunnistusratkaisun/>

Fanny, M., Luoma, J. & Peltola, H. (2016). *Tien kunnan vaikutukset liikenneturvallisuuteen*.

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 53/2016.

[https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/130514/lts\\_2016-53\\_978-952-317-341-5.pdf](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/130514/lts_2016-53_978-952-317-341-5.pdf)

Mäenpää, T., Niskanen, M., Pylkkö, H., Roponen, S. & Silven, O. (2008).

*Konenäön hyödyntämismahdollisuudet teiden ylläpidossa ja hoidossa*. Tiehallinnon selvityksiä 26/2008.

<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/139417/4622tie.pdf>

Sandelin, J. (9.4.2020). *Mitä konenäkö on?* LAB University of Applied Sciences, Lahti &

Lappeenranta. <https://blogit.lab.fi/health/2020/04/09/mita-konenako-on/>

Suuriniemi, S., Kettunen, L., Huuskonen, O., Halme, J., Kuusela, R., Myllärinen, J. & Kinnunen, P. (2019). *Konenäön vakiintuva hyödyntäminen tieomaisuuden hallinnassa*.

Väyläviraston julkaisuja 13/2019.

[https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/167736/vj\\_2019-13\\_978-952-317-676-8.pdf](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/167736/vj_2019-13_978-952-317-676-8.pdf)

Tieliikelaitos. (6/2000). *Päällysteaurioiden inventointi*.

Väylävirasto. (5.10.2020a). *Päällysteiden kunnan arviointi*.

<https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/tien-kunnan-arviointi>

Väylävirasto. (27.4.2020b). *Päällysteauriokartoitusten inventointiohje*.

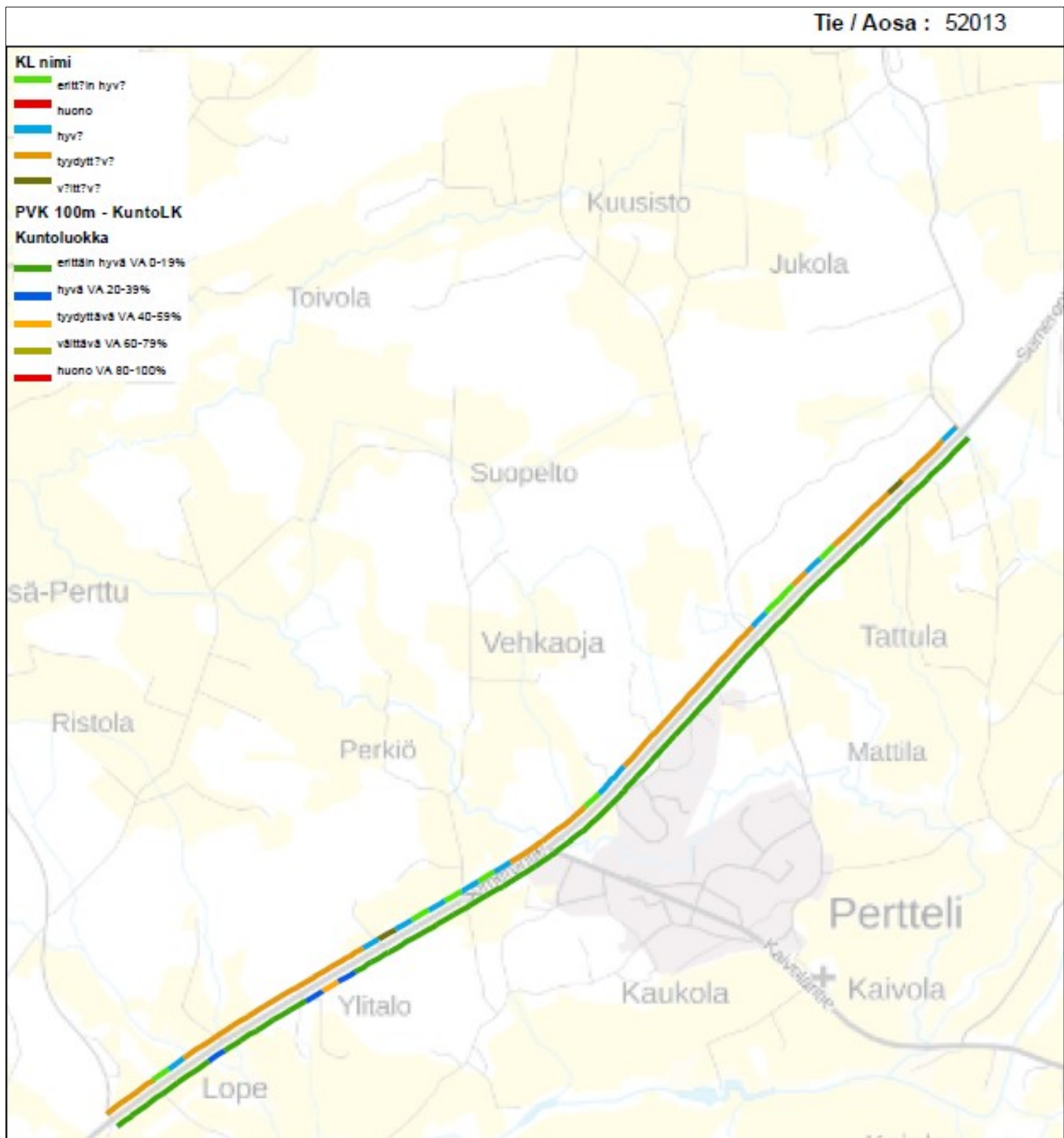
Väylävirasto. (2022). *Päällystettyjen teiden korjauksen toimenpidesuunnittelu*. Väyläviraston oppaita 3/2022. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/Opas\\_2022-](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/Opas_2022-)

[3\\_paallystettyjen\\_teiden\\_korjaus.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/Opas_2022-3_paallystettyjen_teiden_korjaus.pdf)

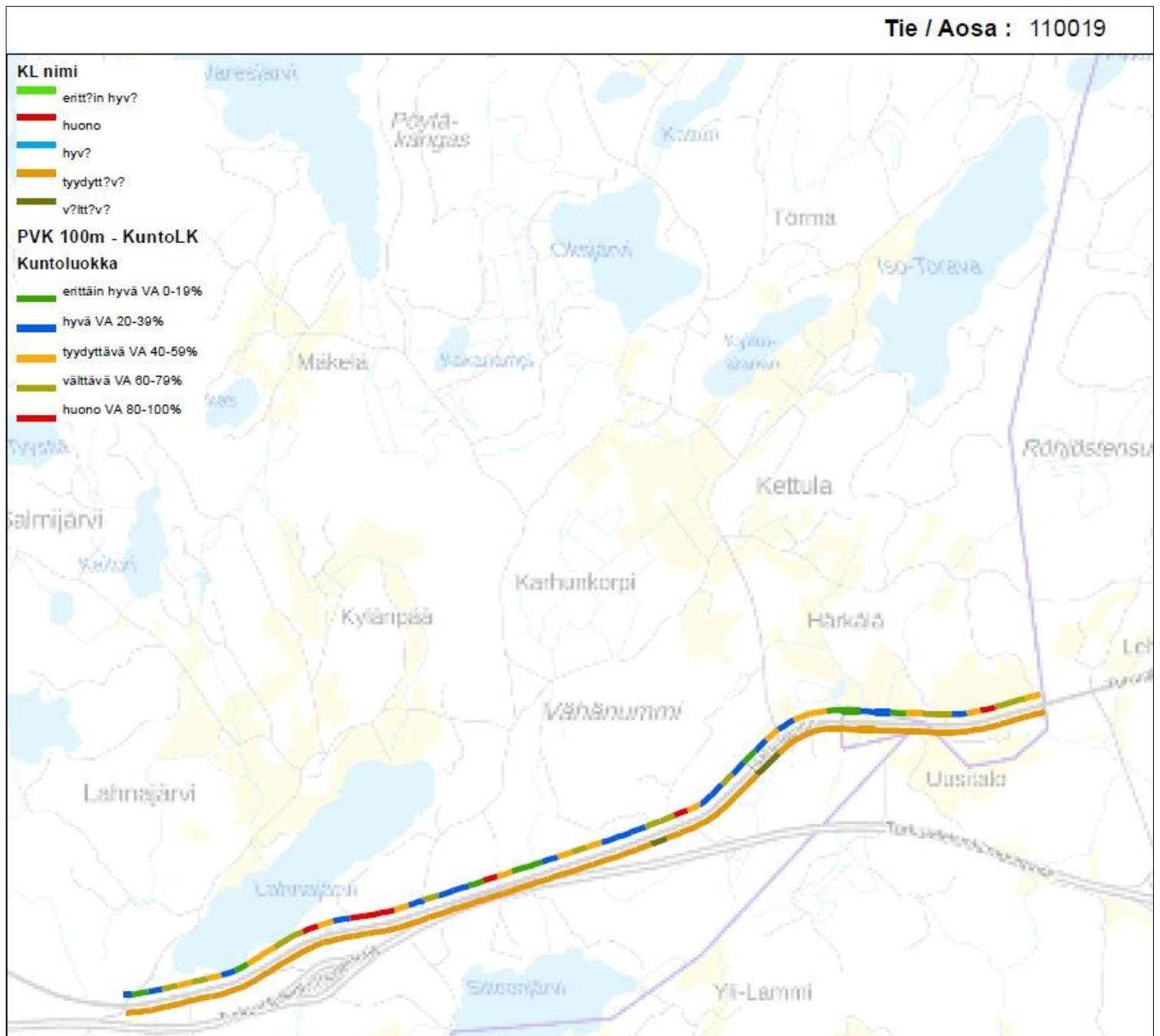
Väylävirasto. (13.3.2023). *Tapamme toimia*. Haettu 6.5.2023 osoitteesta

<https://vayla.fi/tietoa-meista/tapamme-toimia>

## Liite 1. Tie 52 tieosa 13 vauriomäärät



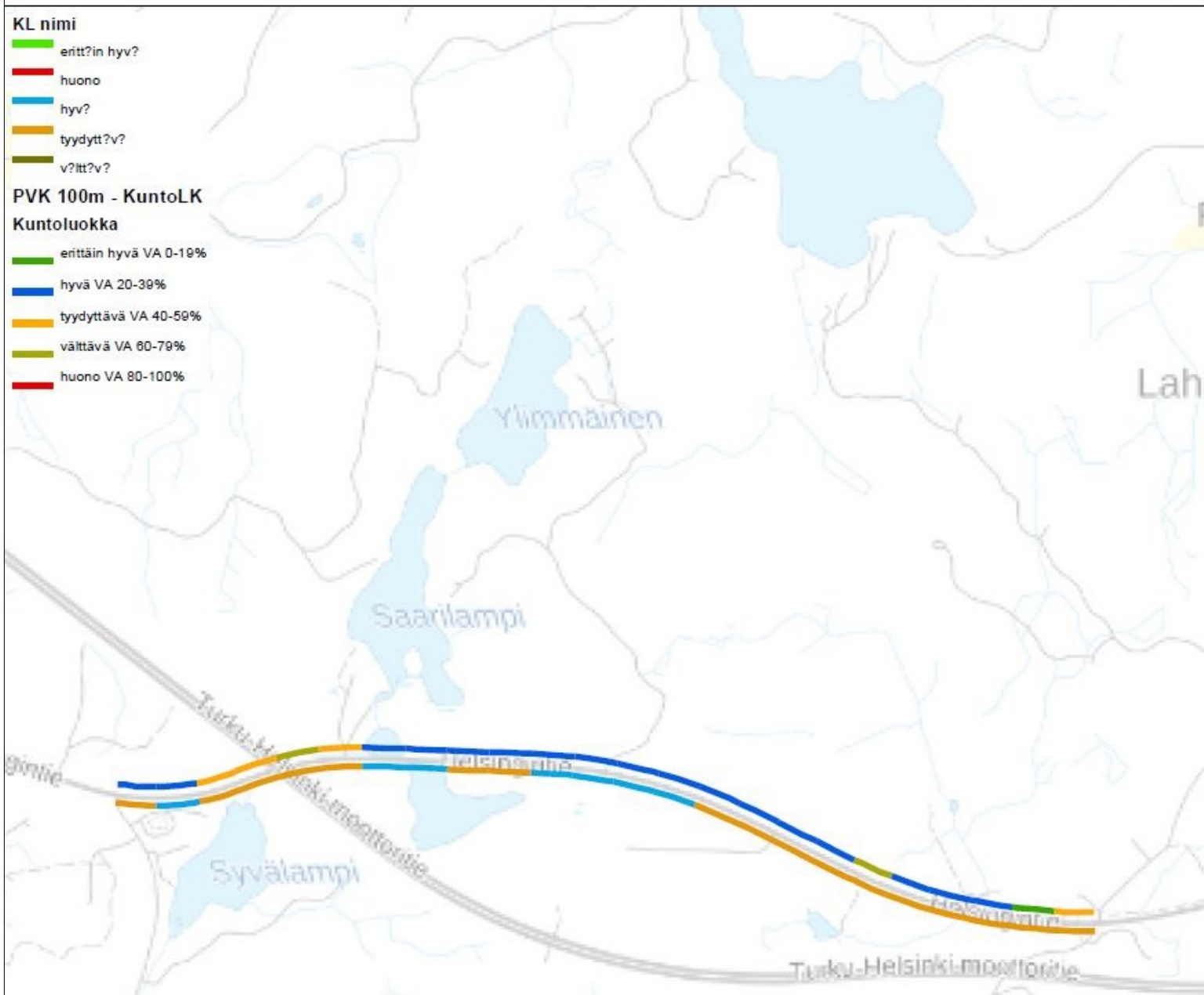
## Liite 2. Tie 110 tieosa 19 vauriomäärät



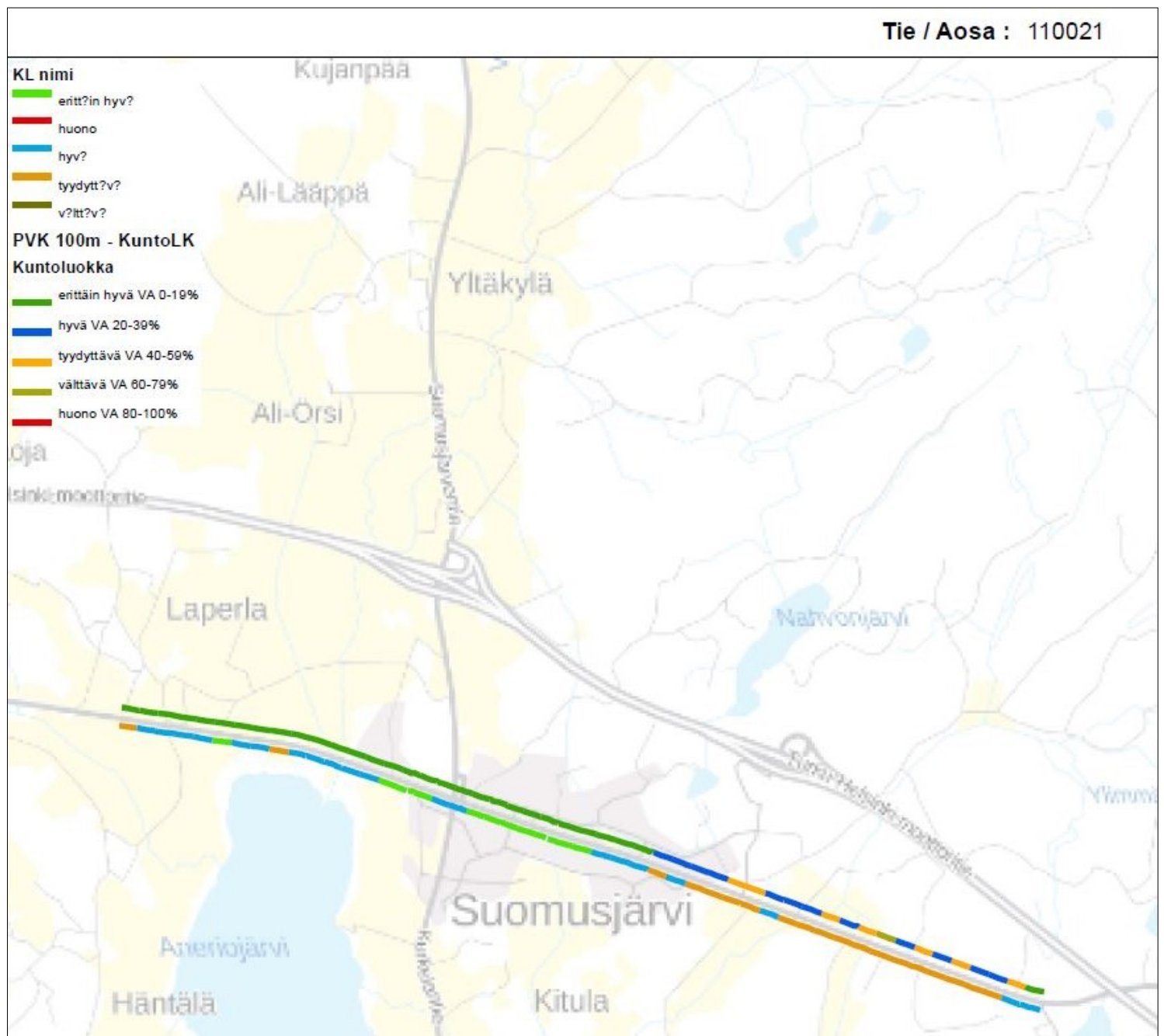
## Liite 3. Tie 110 tieosa 20 vauriomäärät

Tie / Aosa : 110020

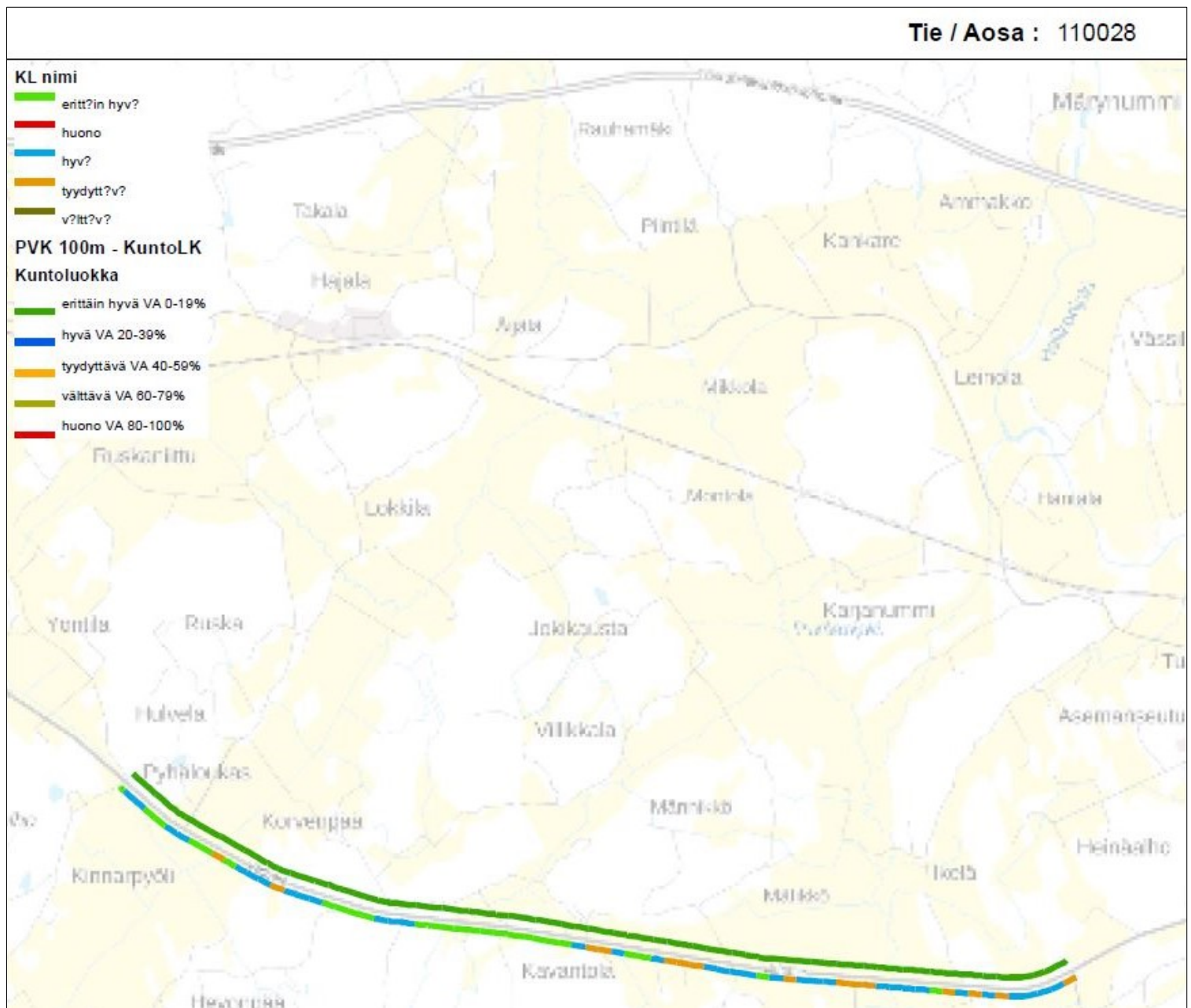
- KL nimi**
- erittäin hyvä?
  - huono
  - hyvä?
  - tyydyttävä?
  - välttäv?
- PVK 100m - KuntoLK**
- Kuntoluokka**
- erittäin hyvä VA 0-19%
  - hyvä VA 20-39%
  - tyydyttävä VA 40-59%
  - välttävä VA 60-79%
  - huono VA 80-100%



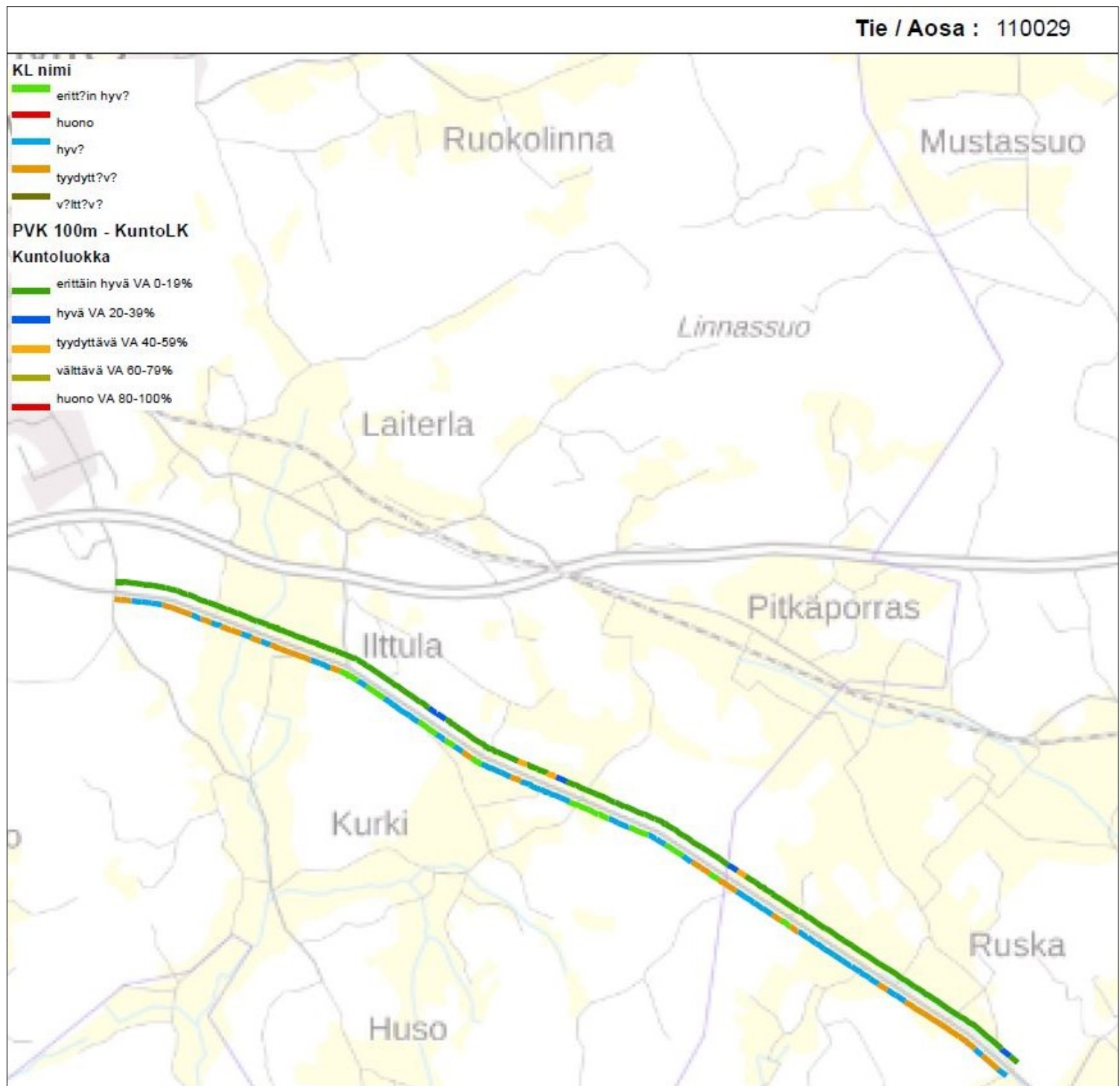
## Liite 4. Tie 110 tieosa 21 vauriomäärät



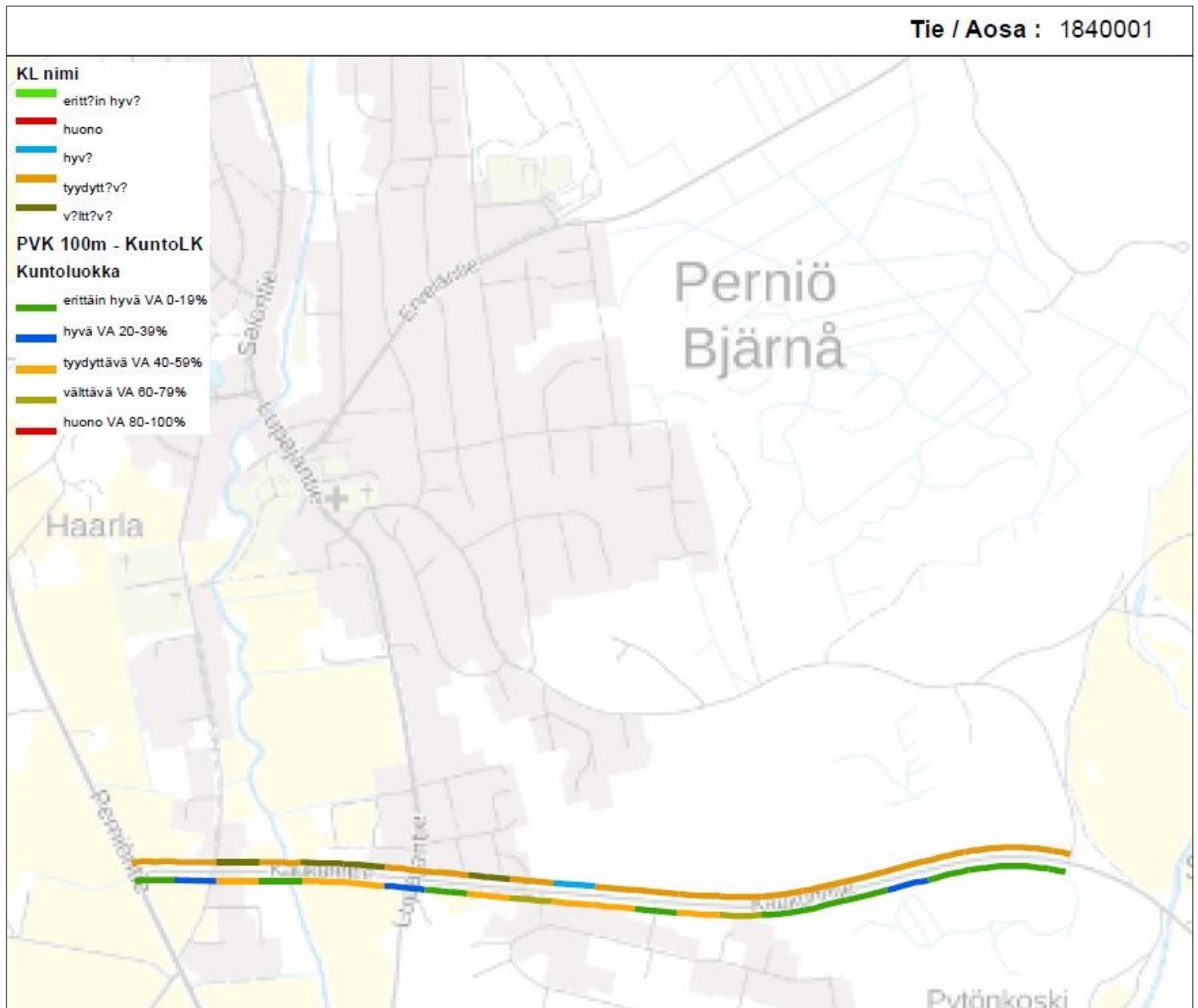
## Liite 5. Tie 110 tieosa 28 vauriomäärät



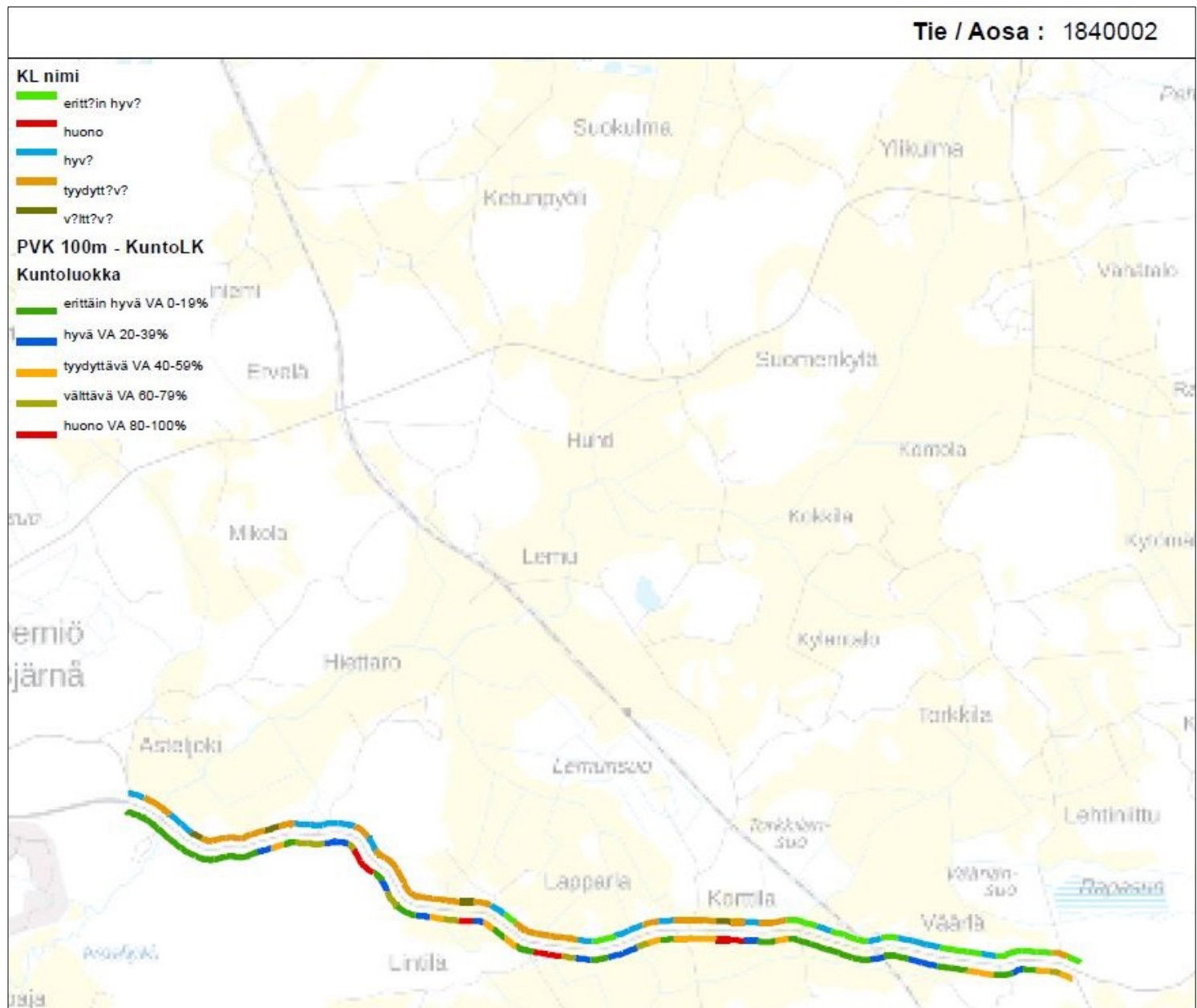
## Liite 6. Tie 110 tieosa 29 vauriomäärät



## Liite 7. Tie 1840 tieosa 1 vauriomäärät

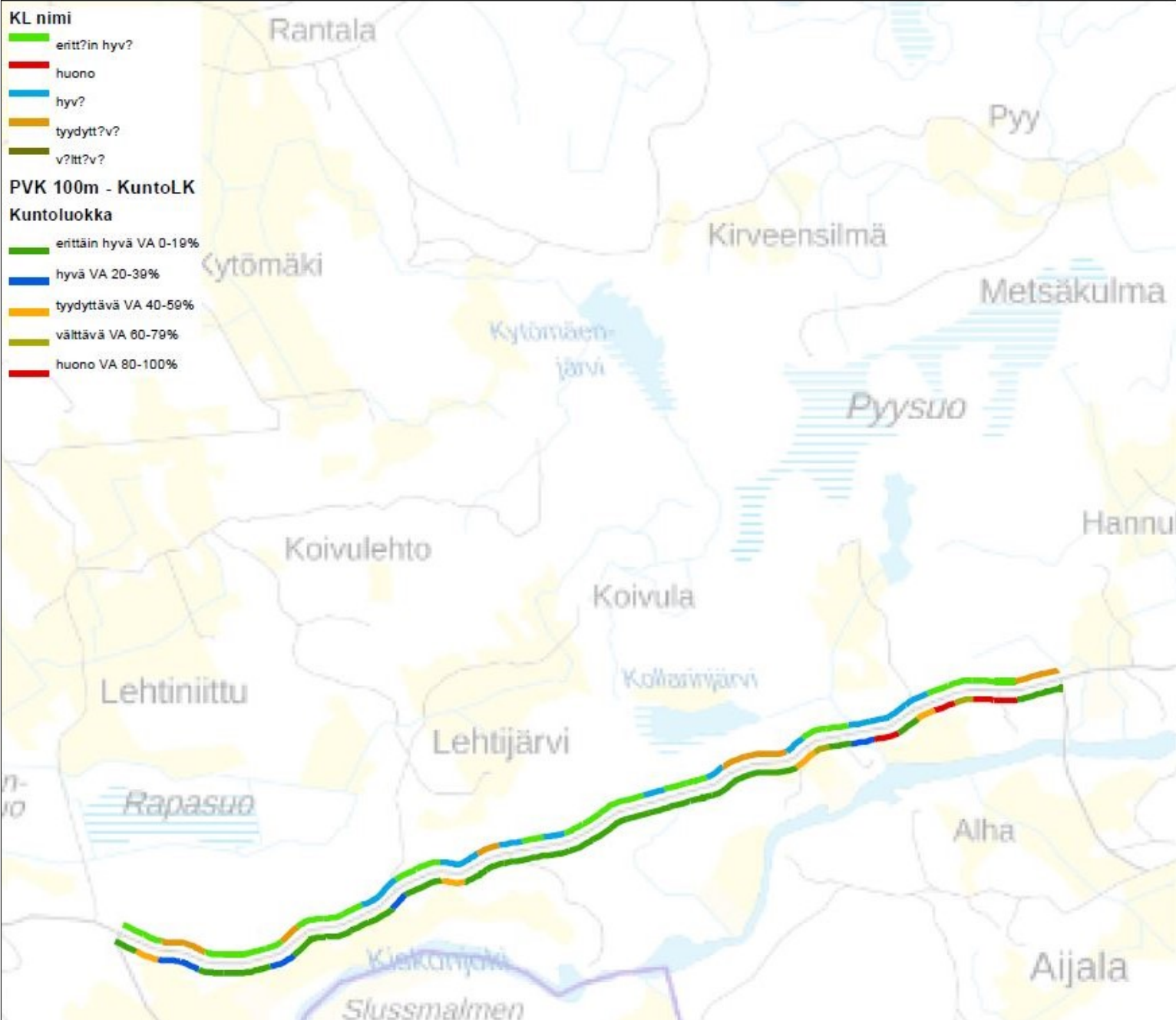


## Liite 8. Tie 1840 tieosa 2 vauriomäärät

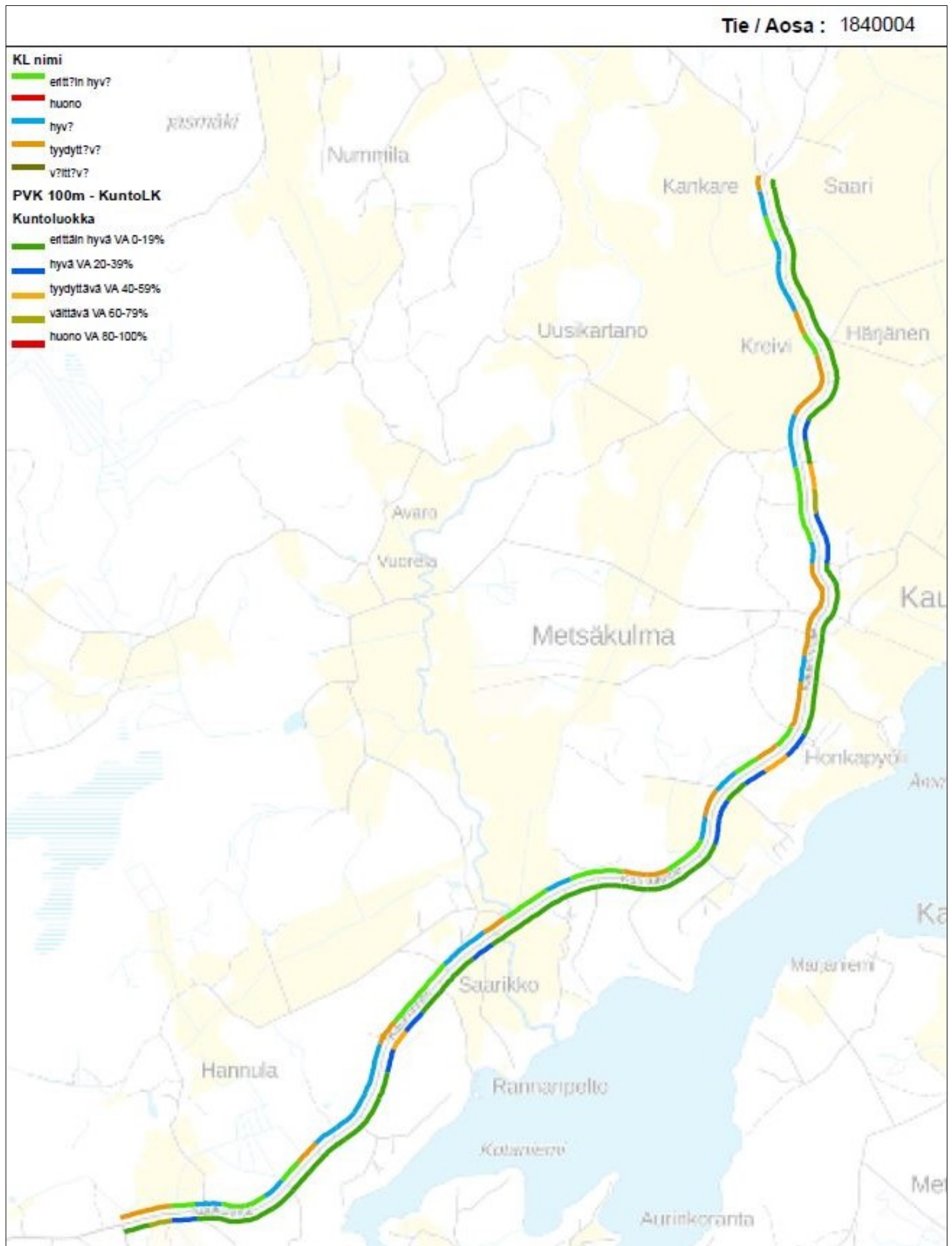


## Liite 9. Tie 1840 tieosa 3 vauriomäärät

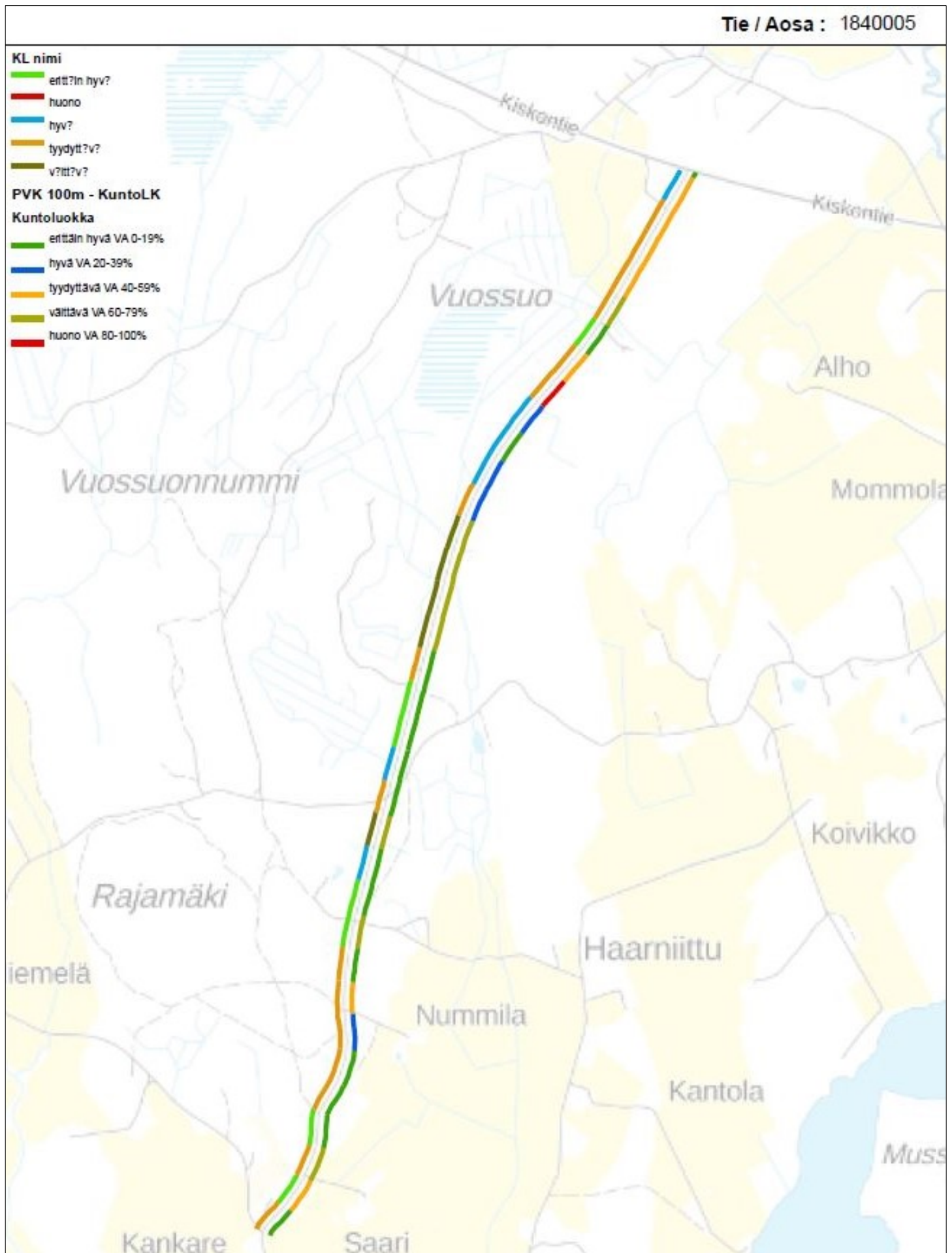
Tie / Aosa : 1840003



## Liite 10. Tie 1840 tieosa 4 vauriomäärät

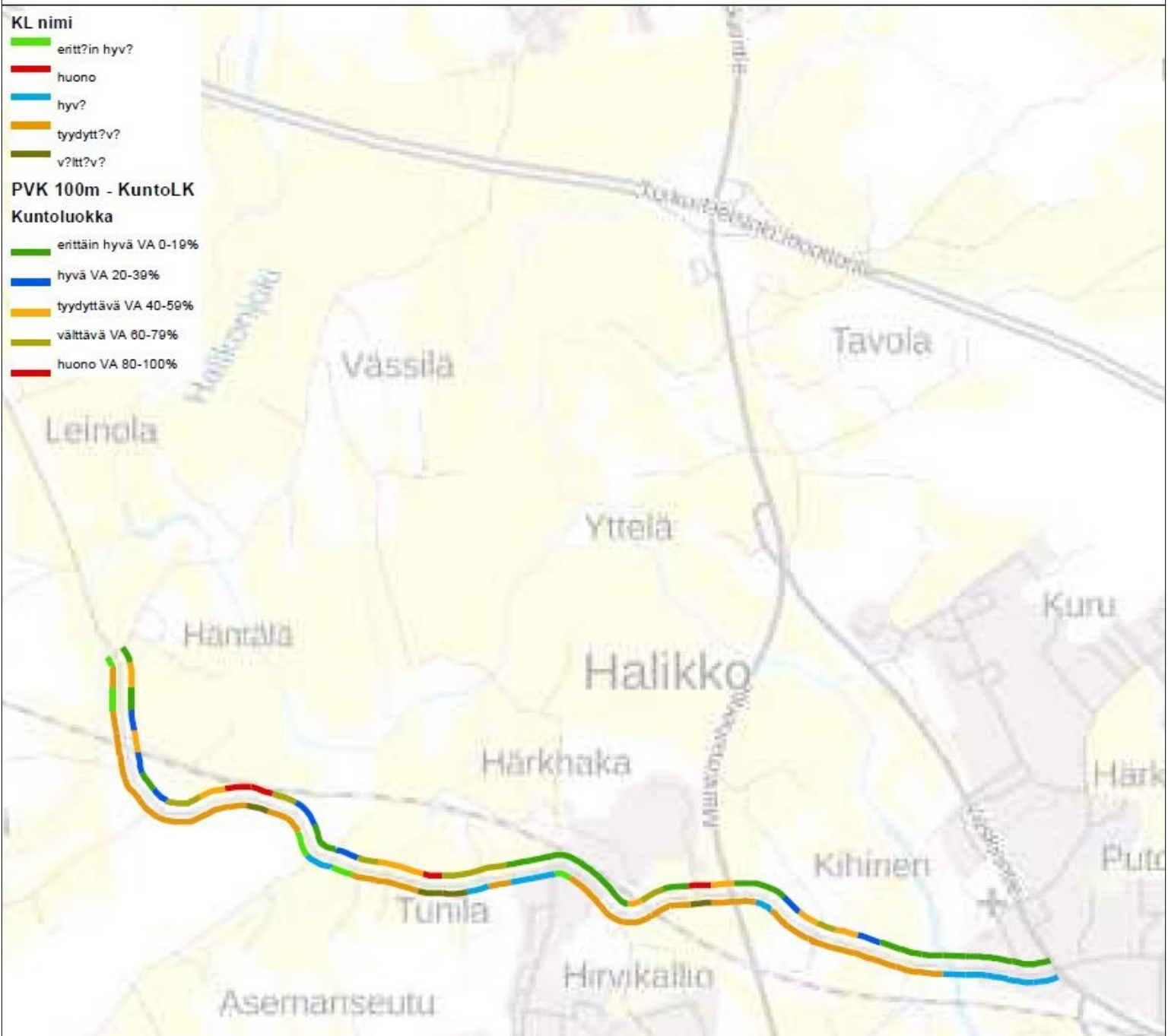


## Liite 11. Tie 1840 tieosa 5 vauriomäärät

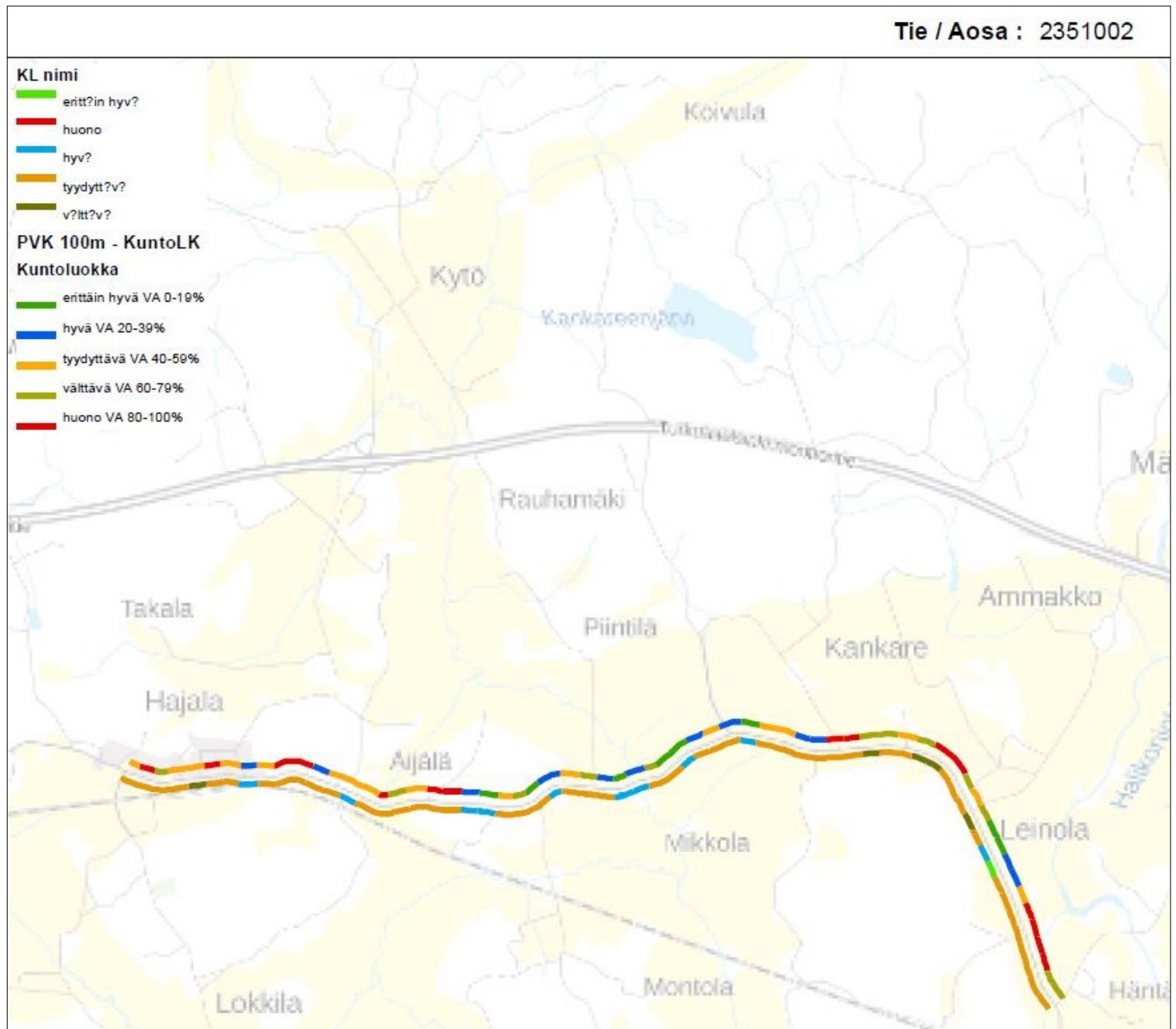


## Liite 12. Tie 2351 tieosa 1 vauriomäärät

Tie / Aosa : 2351001



## Liite 13. Tie 2351 tieosa 2 vauriomäärät





## Liite 15. Tie 2351 tieosa 4 vauriomäärät

Tie / Aosa : 2351004



## Liite 16. Tie 2404 tieosa 1 vauriomäärät

Tie / Aosa : 2404001

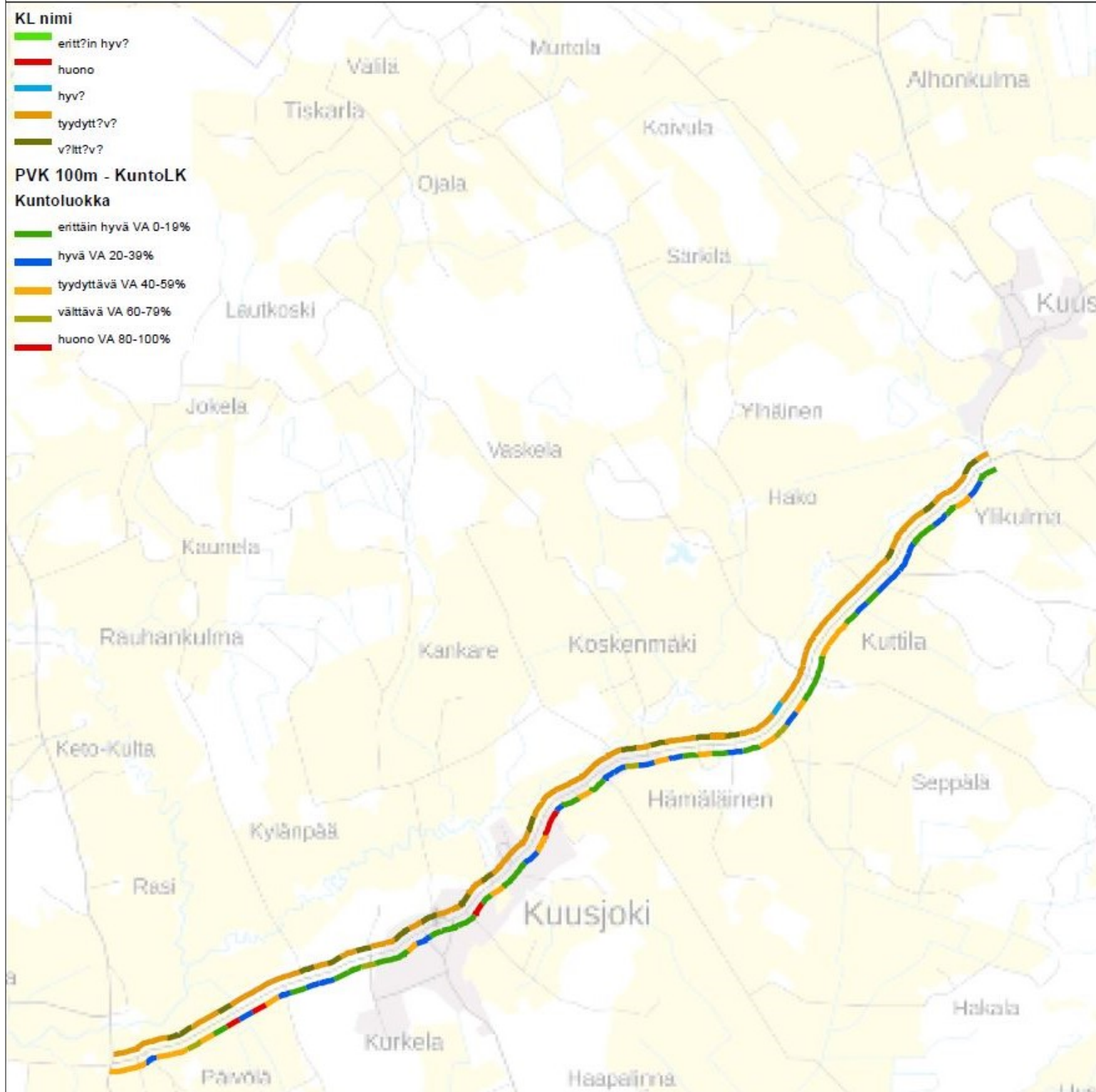
## KL nimi

- erittäin hyvä?
- huono
- hyvä?
- tyydyttävä?
- välttävä?

## PVK 100m - KuntoLK

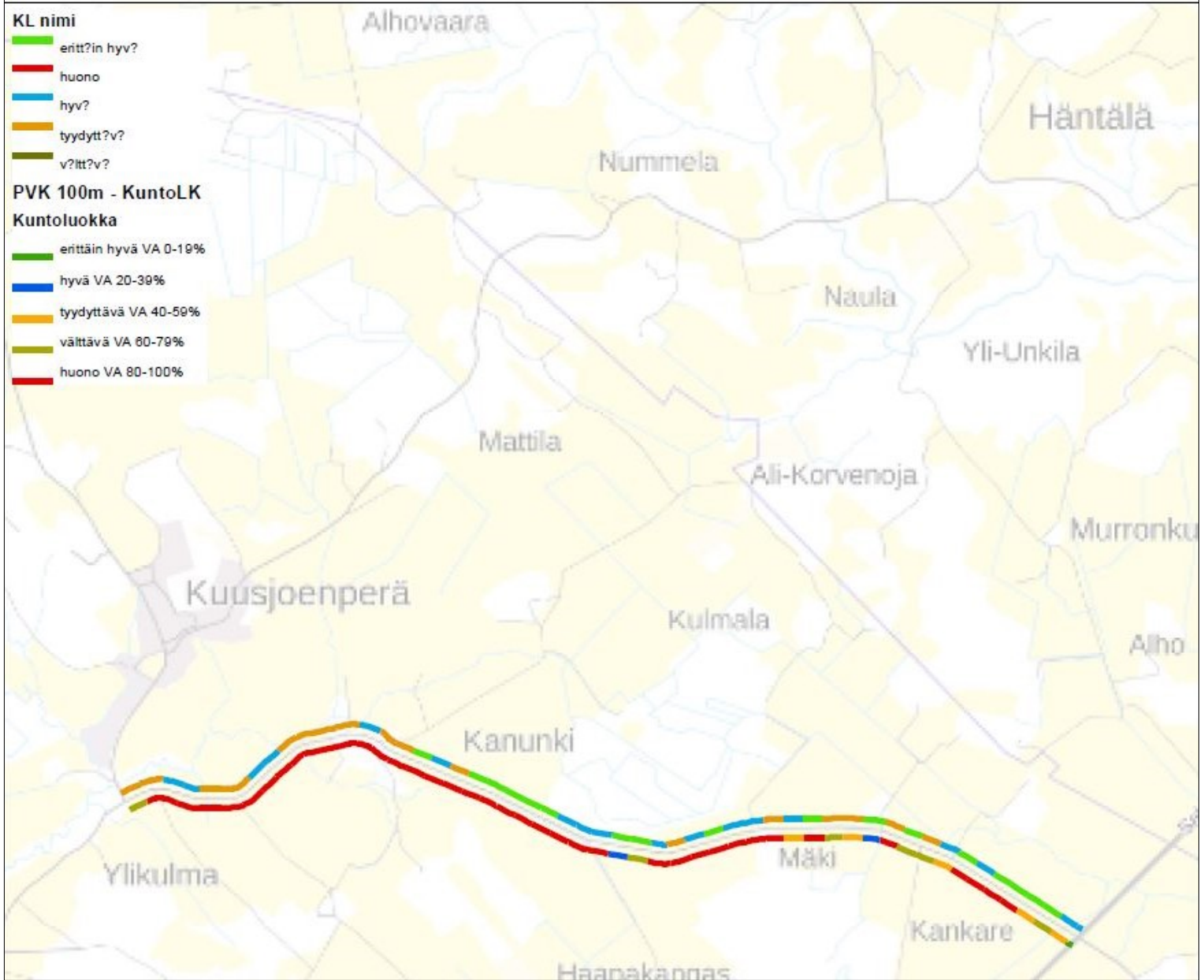
## Kuntoluokka

- erittäin hyvä VA 0-19%
- hyvä VA 20-39%
- tyydyttävä VA 40-59%
- välttävä VA 60-79%
- huono VA 80-100%



## Liite 17. Tie 2404 tieosa 2 vauriomäärät

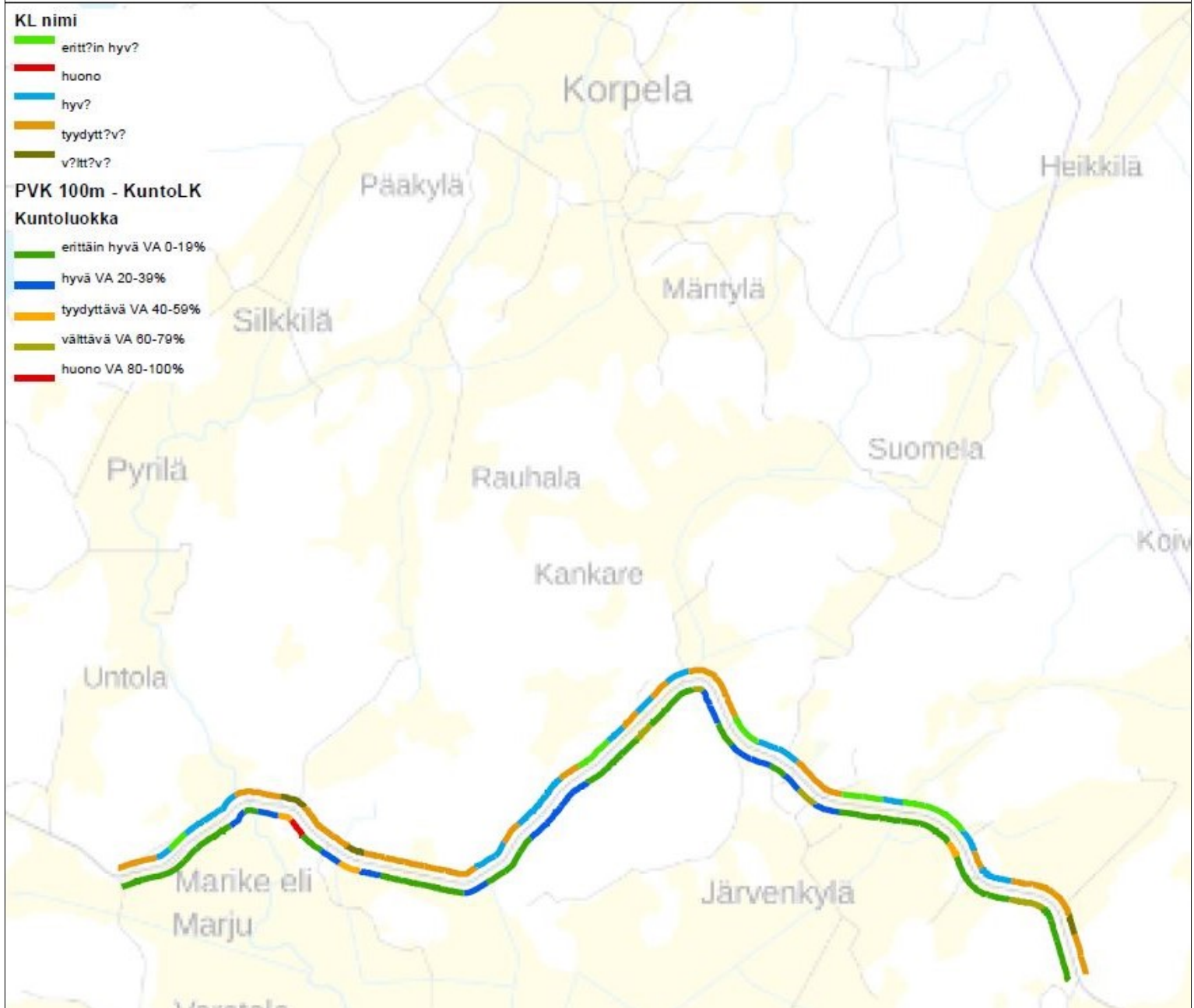
Tie / Aosa : 2404002



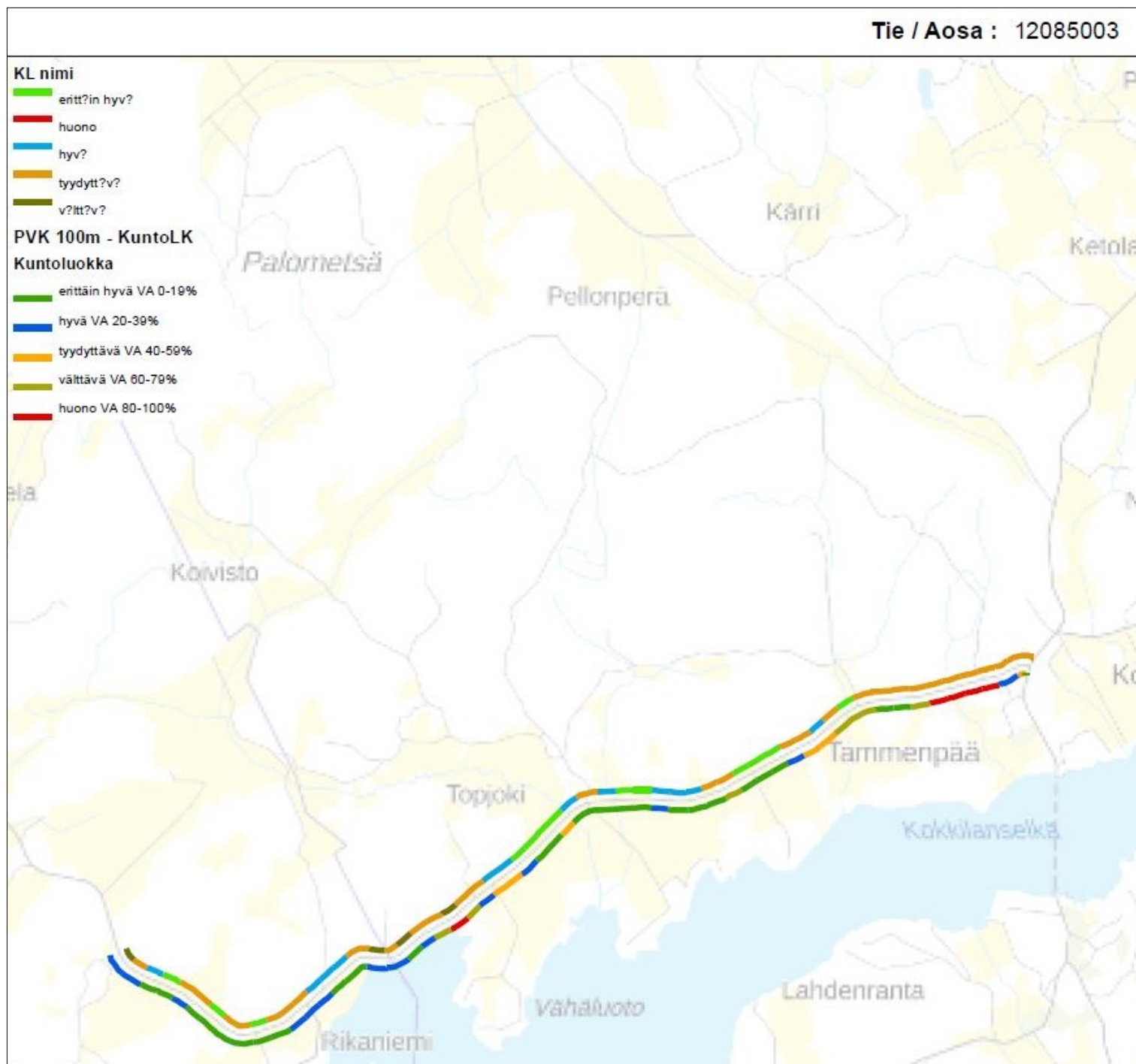


## Liite 19. Tie 12085 tieosa 2 vauriomäärät

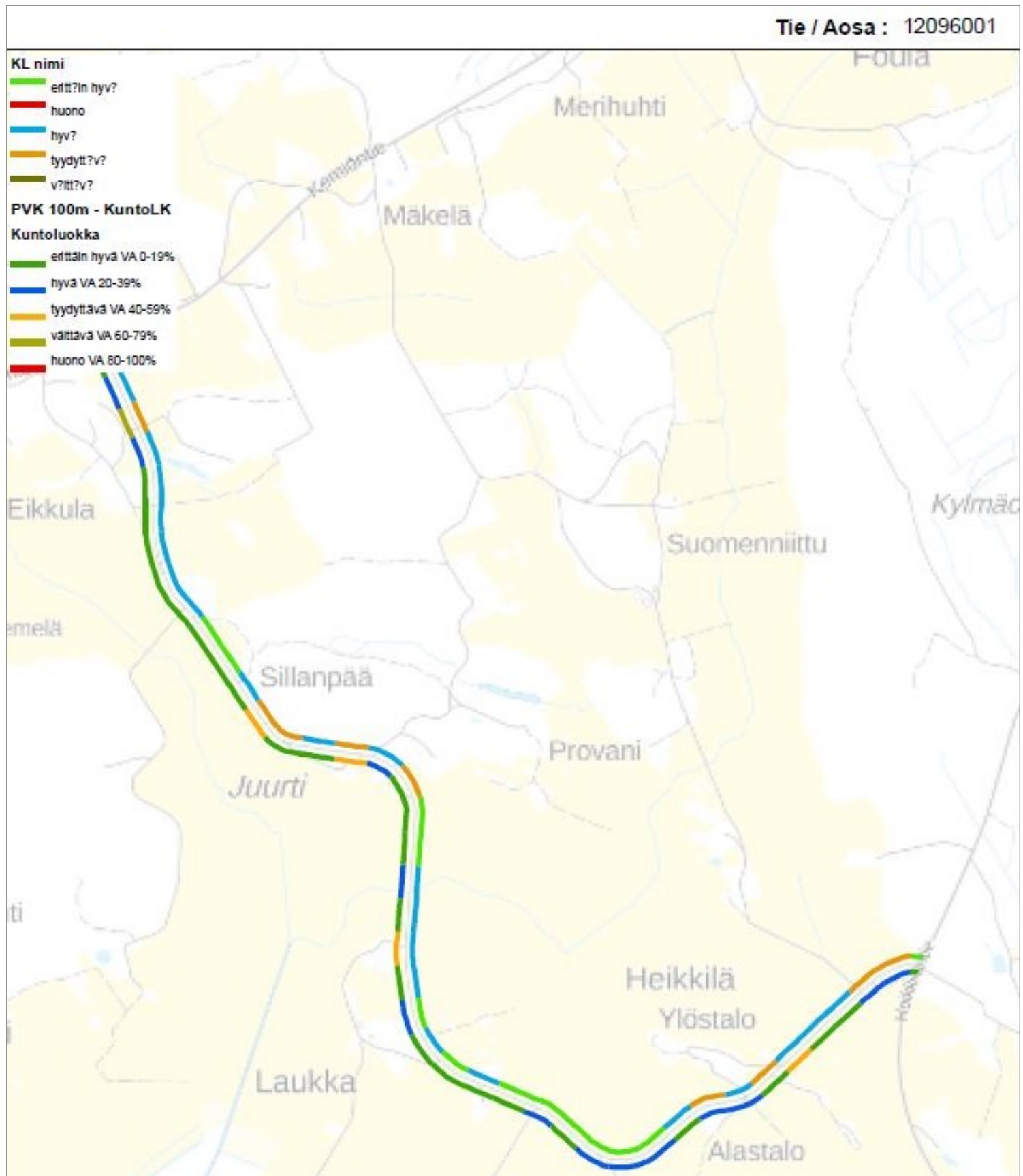
Tie / Aosa : 12085002



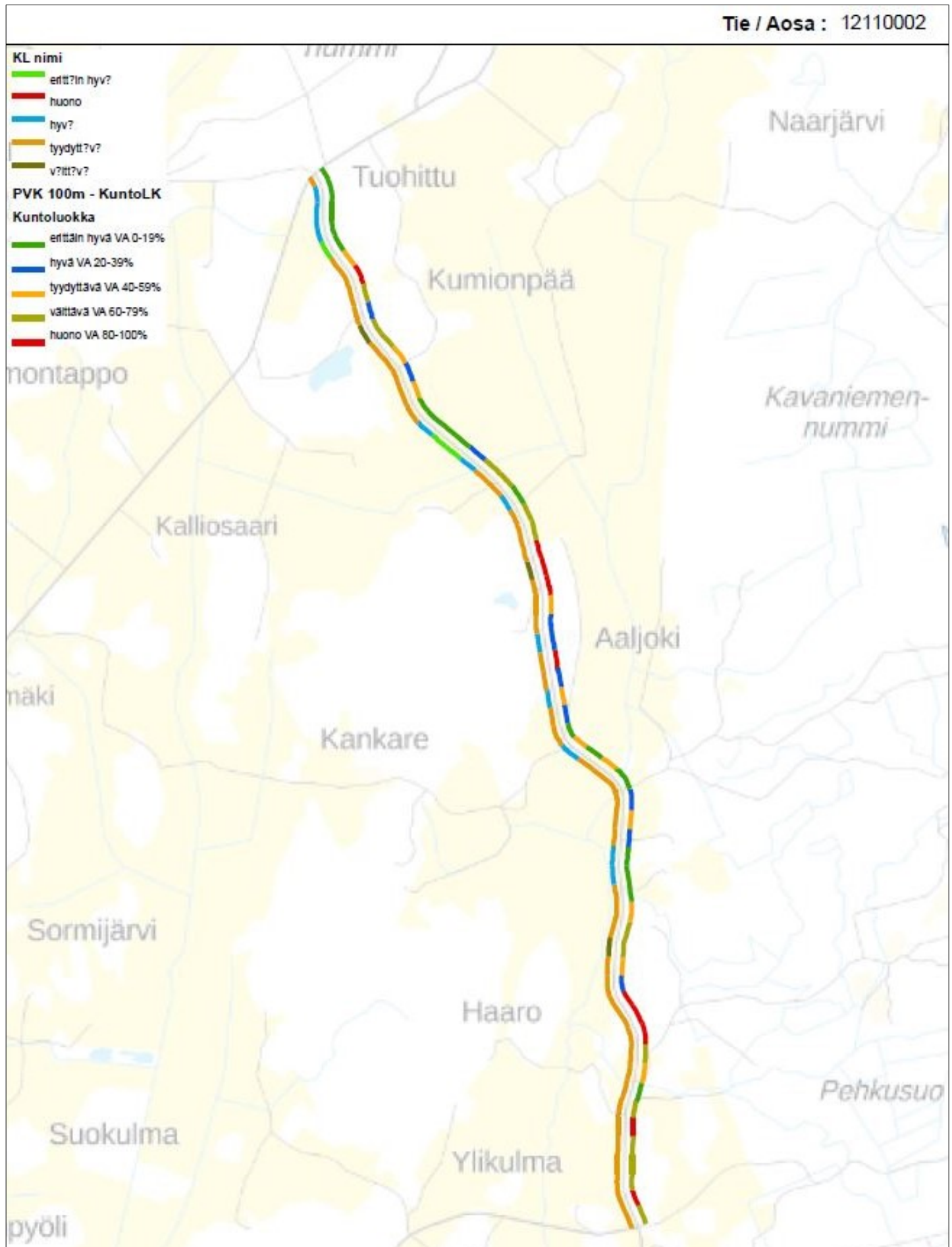
## Liite 20. Tie 12085 tieosa 3 vauriomäärät



## Liite 21. Tie 12096 tieosa 1 vauriomäärät



## Liite 22. Tie 12110 tieosa 2 vauriomäärät



## Liite 23. Tie 12111 tieosa 1 vauriomäärät

Tie / Aosa : 12111001

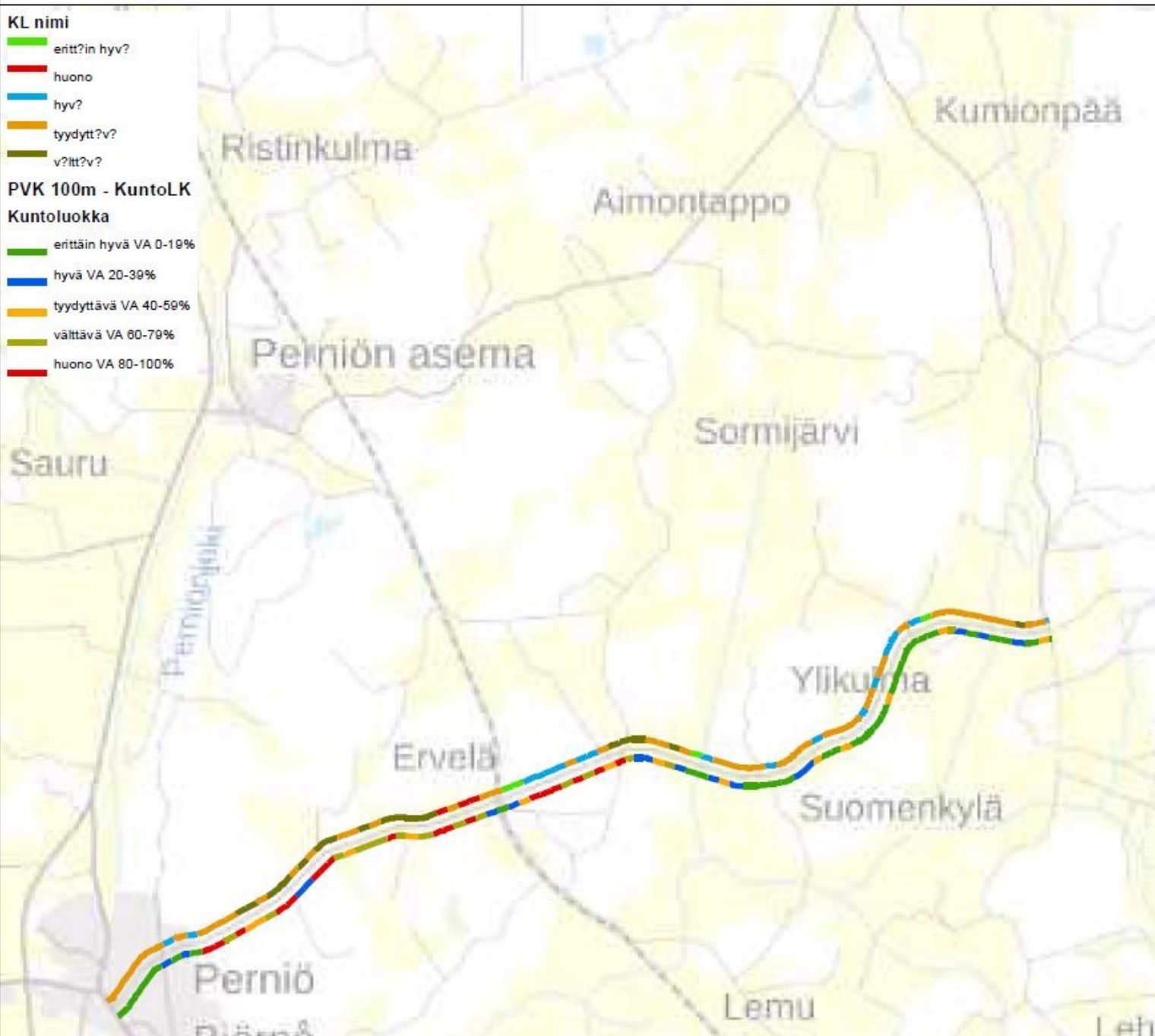
## KL nimi

- erittäin hyvä?
- huono
- hyvä?
- tyydyttävä?
- välttäv?

## PVK 100m - KuntoLK

## Kuntoluokka

- erittäin hyvä VA 0-19%
- hyvä VA 20-39%
- tyydyttävä VA 40-59%
- välttävä VA 60-79%
- huono VA 80-100%



## Liite 24. Tie 12116 tieosa 1 vauriomäärät

Tie / Aosa : 12116001

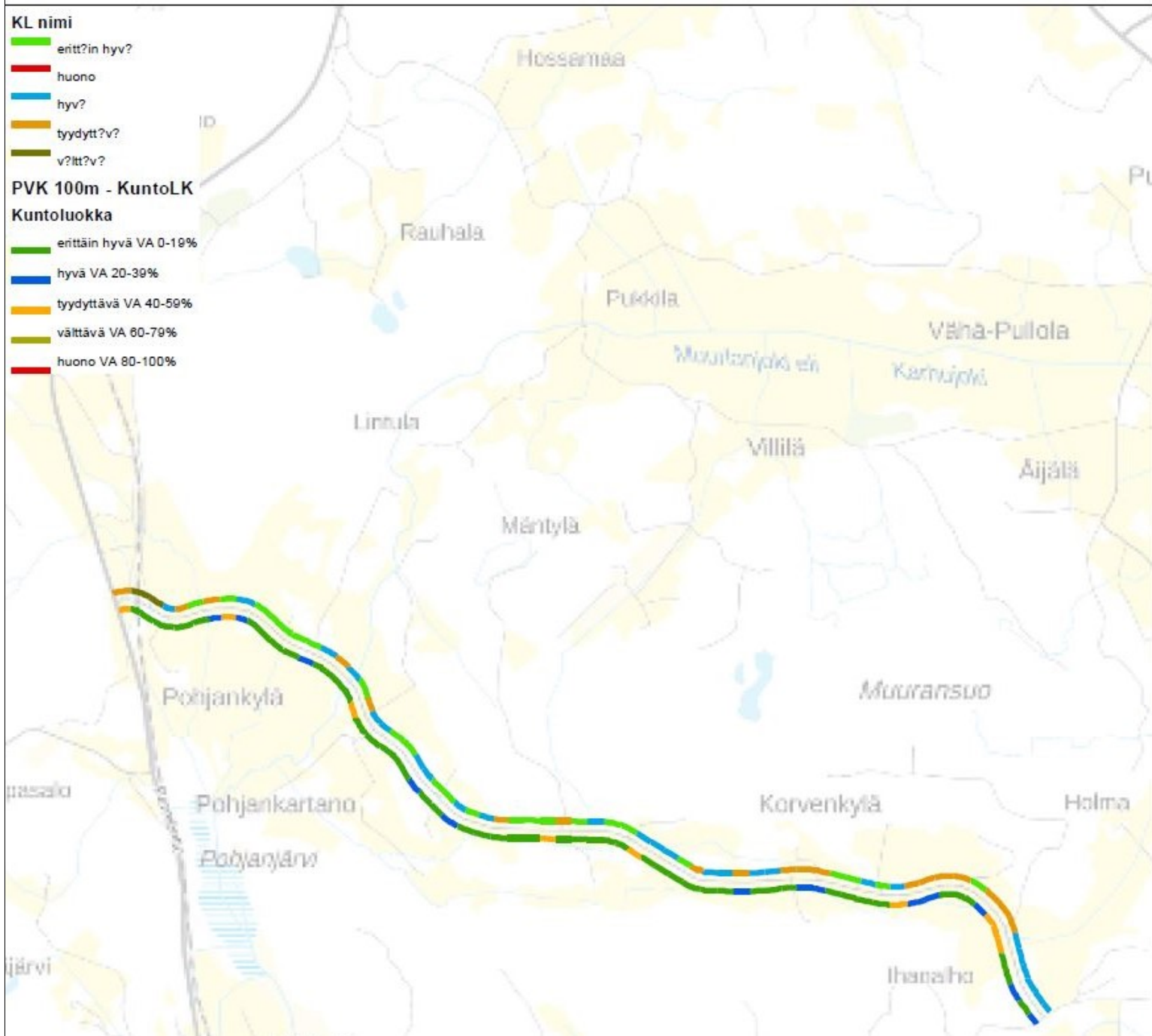
## KL nimi

- erittäin hyvä?
- huono
- hyvä?
- tyydyttävä?
- välttäv?

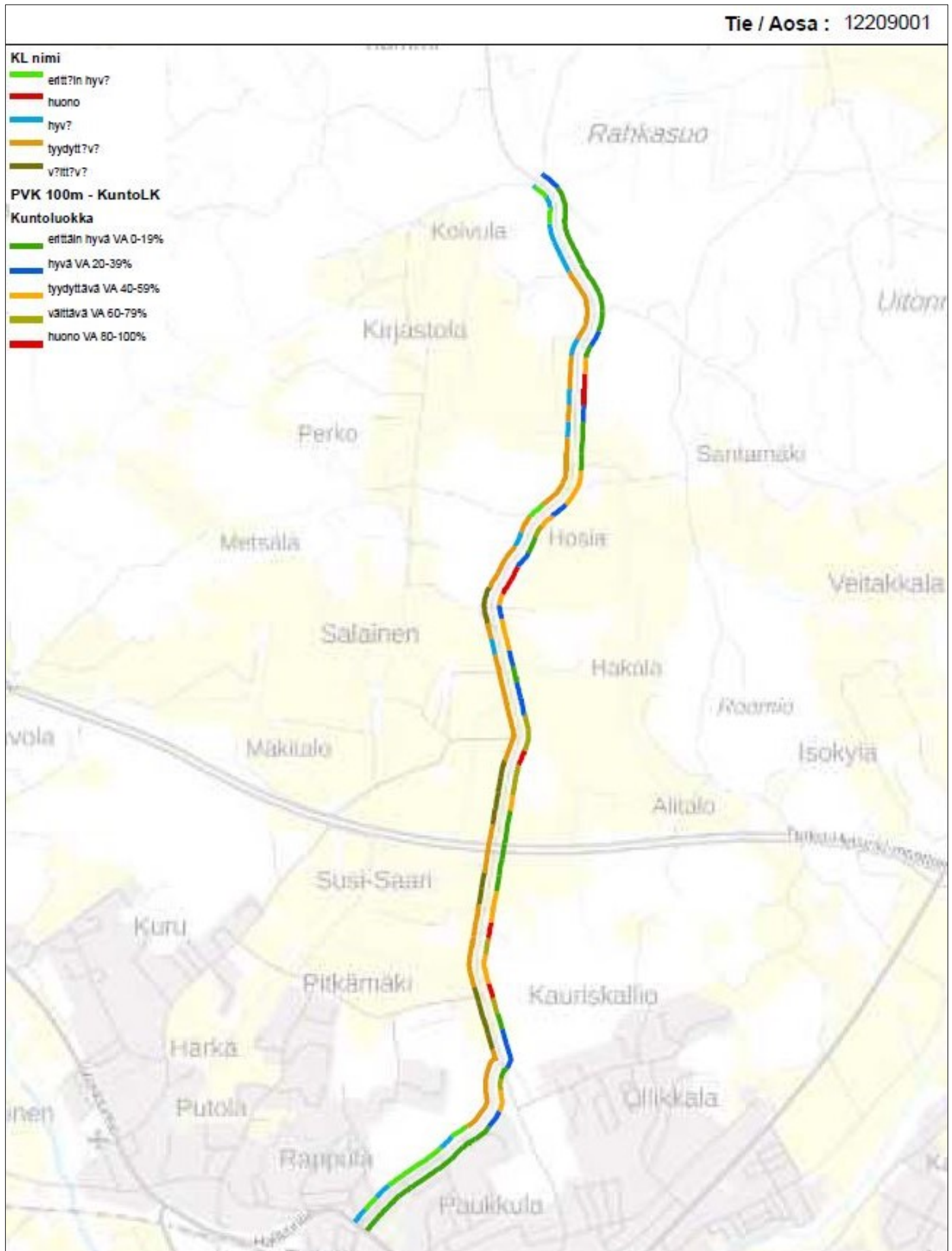
## PVK 100m - KuntoLK

## Kuntoluokka

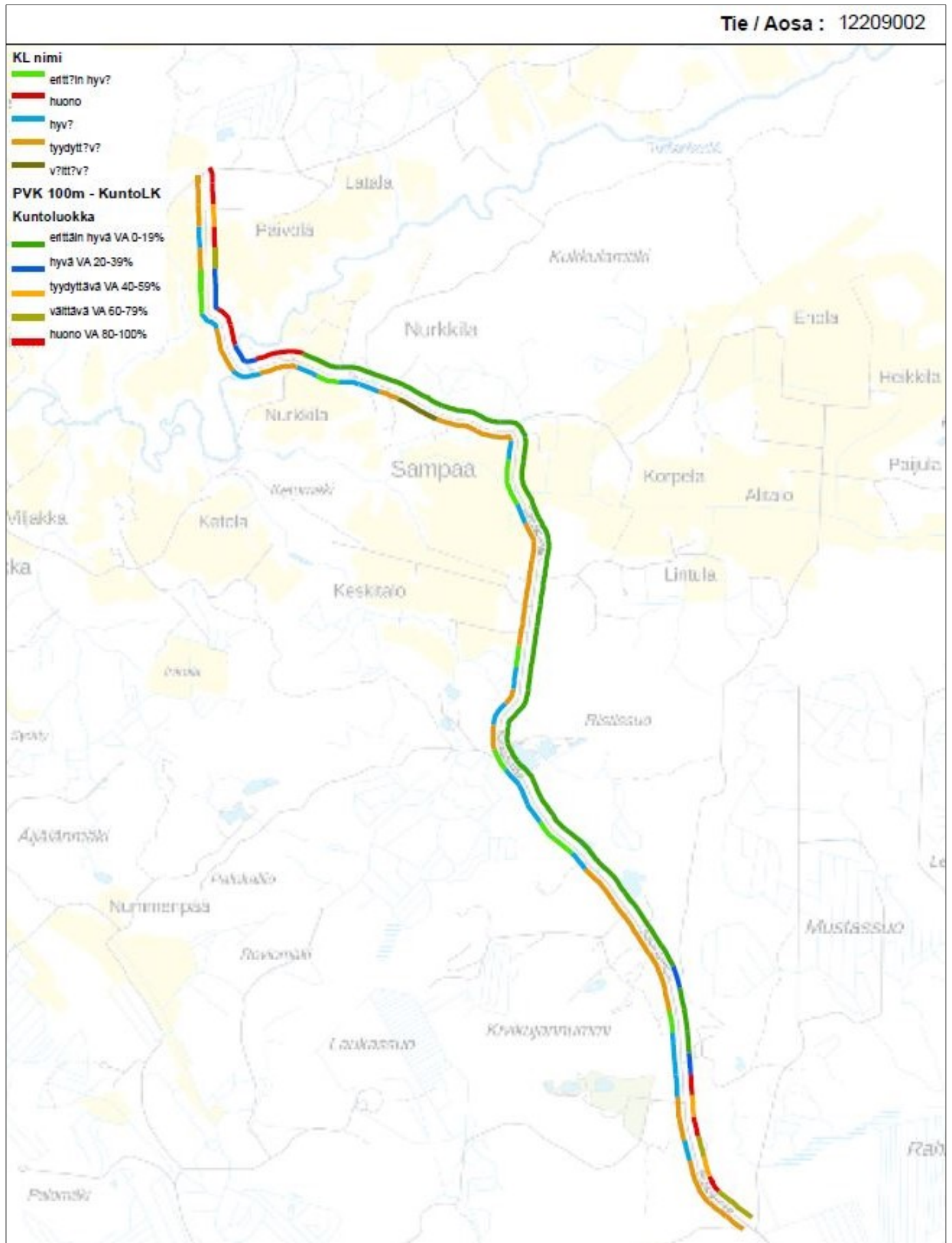
- erittäin hyvä VA 0-19%
- hyvä VA 20-39%
- tyydyttävä VA 40-59%
- välttävä VA 60-79%
- huono VA 80-100%



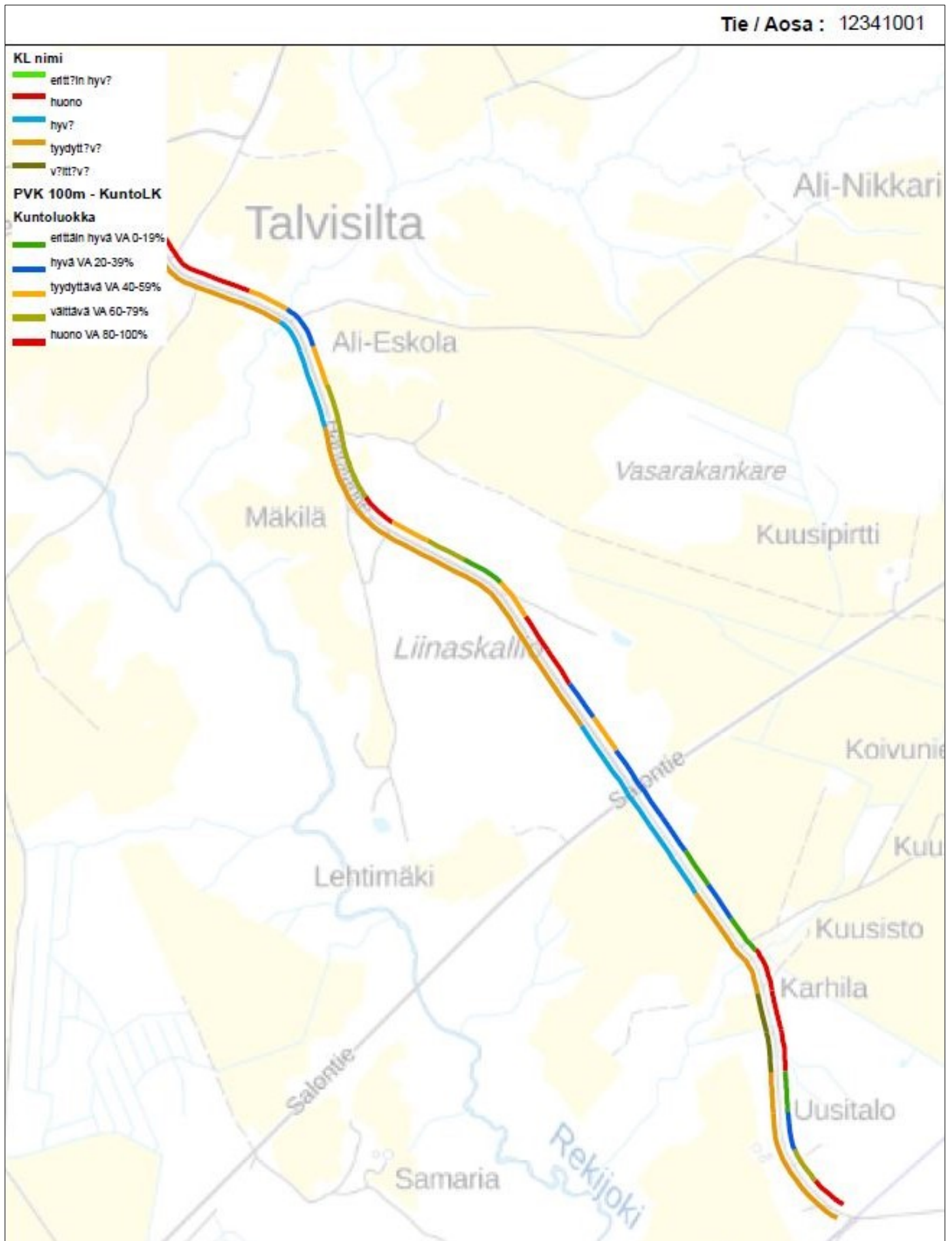
## Liite 25. Tie 12209 tieosa 1 vauriomäärät



## Liite 26. Tie 12209 tieosa 2 vauriomäärät

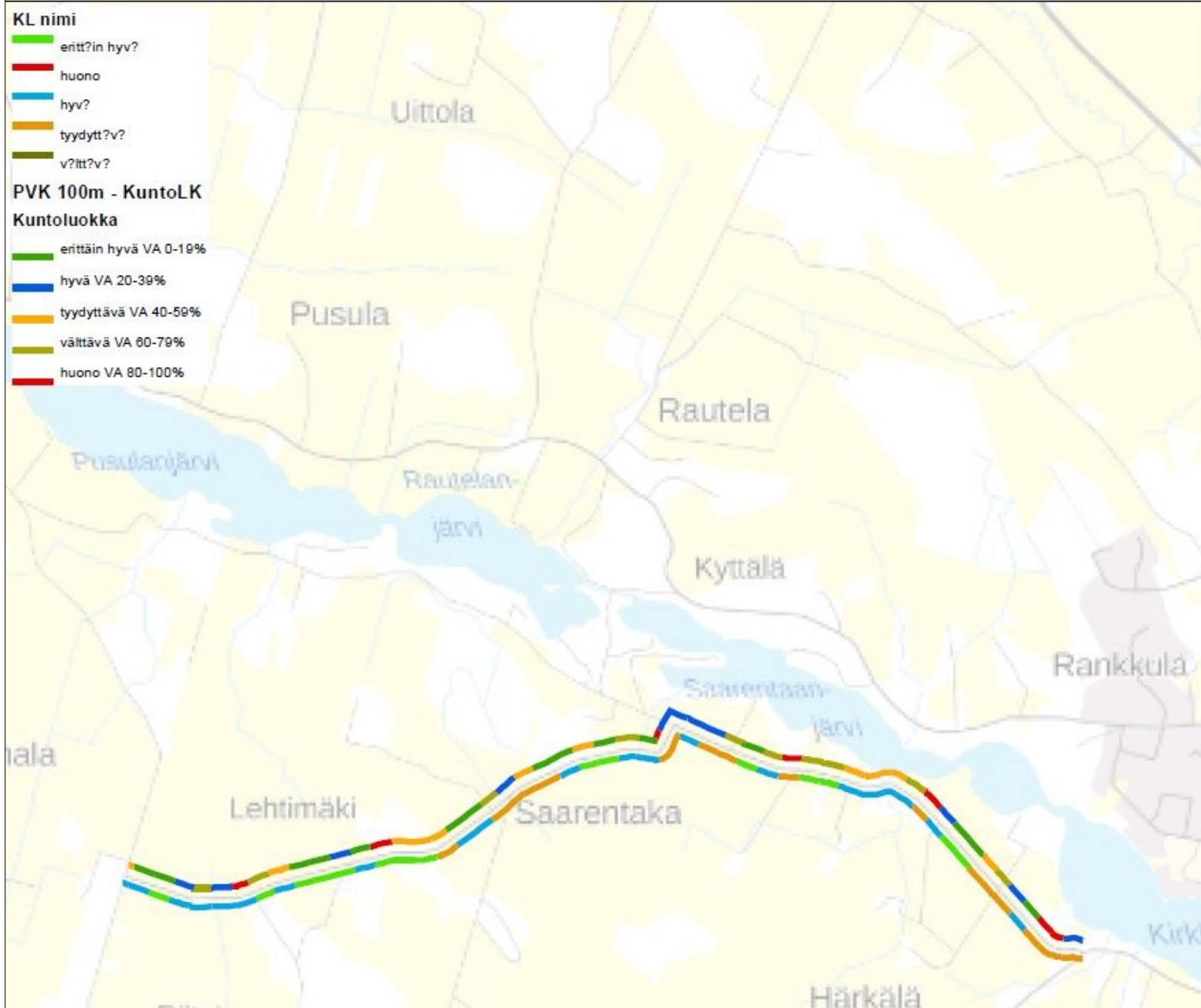


## Liite 27. Tie 12341 tieosa 1 vauriomäärät



## Liite 28. Tie 13521 tieosa 1 vauriomäärät

Tie / Aosa : 13521001



## Liite 29. Tie 13527 tieosa 1 vauriomäärät

