



Konenäkömallidatan hyödyntäminen kävely- ja pyöräilyväylien kunnossapidon suunnittelussa

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Liikenneala, insinööri (AMK)

Syksy, 2023

Tero Liljeblad

Liikenneala, insinööri (AMK)

Tekijä Tero Liljeblad

Työn nimi Konenäkömallidatan hyödyntäminen kävely- ja pyöräilyväylien kunnossapidon suunnittelussa

Ohjaaja Noora Eklöf (HAMK), Markku Knuuti (AFRY Finland Oy)

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Opinnäytetyön tarkoituksena oli käsitellä konenäködatan hyödyntämistä kunnossapidon suunnittelussa ELY-keskusten ylläpitämällä kävely- ja pyöräilyväylillä. Opinnäytetyön pääpainona oli luoda prosessikuvaus prosessista ELY-keskusten päällystystöistä vastaaville asiantuntijoille, jossa kävely- ja pyöräilyväylien inventointi suoritetaan konenäköanalyysin avulla. Prosessikuvausta voivat asiantuntijat jatkossa hyödyntää työssään kävely- ja pyöräilyväyläverkoston kunnossapidon suunnittelussa sekä päällystys- ja korjauskohteiden valinnassa muiden työkalujen ohella. Opinnäytetyön tilaajana toimi AFRY Finland Oy ja tämä opinnäytetyö tehtiin Väyläviraston toimeksiannosta osana Väyläviraston T-OMHA-hanketta.

Työn pääasiallisena aineistona toimi vuonna 2023 kerätty aineisto Pirkanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskusten ylläpitämiltä kävely- ja pyöräilyväyliltä. Aineisto kerättiin joukkoistamista hyödyntämällä ja analysoitiin konenäkömallin avulla. Työtä varten haastateltiin teiden kunnossapidon ammattilaisia YIT Vantaan maanteiden hoitourakasta, Pirkanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksista sekä Väylävirastosta. Opinnäytetyössä määriteltiin kuntoluokitusten rajat eri kuntoluokille, jonka jälkeen tarkasteltiin sopivia kunnossapitotoimenpiteitä eri kuntoluokille. Selvitettyjen kunnossapitotoimenpiteiden, opinnäytetyössä käytetyn konenäköanalysoidun aineiston sekä luotujen kuntoluokitusten, yhdistelysääntöjen sekä prosessikuvauksen avulla voitiin kehittää päällystys- ja korjausohjelmaehdotus Pirkanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskusten kävely- ja pyöräilyväylille SirWay Oy:n kehittämää hallintajärjestelmää hyödyntäen.

Opinnäytetyössä selvitettiin myös konenäköanalyysin mahdollisuutta korvata nykyinen Väyläviraston visuaalisesti tuotettu kävely- ja pyöräilyväylien inventointi ja selviteltiin sopivaa mittausfrekvenssin pituutta inventoinnille. Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella konenäköanalyysi on ollut käytössä jo Väyläviraston inventointien rinnalla ja ohjannut etenkin paikkausten kohdentamista. Kaikkien haastateltujen asiantuntijoiden näkemyksen mukaan konenäköanalyysi pystyi korvaamaan Väyläviraston visuaalisen inventoinnin. Johtopäätöksenä voidaan todeta konenäköanalyysiin perustuvan inventoinnin pystyvän korvaamaan Väyläviraston visuaalisen inventoinnin, ja mittausfrekvenssin sopivaksi pituudeksi nähtiin 1 vuosi tai 2 vuotta.

Avainsanat kävelytiet, pyörätiet, konenäkö, kunnossapito, joukkoistaminen

Sivut 54 sivua ja liitteitä 4 sivua

Degree Programme in Traffic and Transport Management

Author Tero Liljeblad

Subject Utilization of Computer Vision Data in Maintenance Planning for Walkways and Bicycle paths

Supervisors Noora Eklöf (HAMK), Markku Knuuti (AFRY Finland Oy)

Abstract

Year 2023

The purpose of this thesis was to address the utilization of computer vision data in the maintenance planning of walkways and bicycle paths maintained by the ELY Centre (Centre for Economic Development, Transport and the Environment). The main focus of this project has been to create a process description for ELY Centre experts responsible for pavement works. In this process, the inventory of walkways and bicycle paths is carried out using computer vision analysis. Experts can utilize process description in their work for maintenance planning of the walkways and bicycle paths network, alongside other tools. This thesis was commissioned by AFRY Finland Oy, and the Finnish Transport Infrastructure Agency as part of the Finnish Transport Infrastructure Agency's T-OMHA project.

The primary data was collected in 2023 from walkways and bicycle paths maintained by the ELY Centre in Pirkanmaa and Northern Ostrobothnia. The data was gathered utilizing crowdsourcing and analyzed using a computer vision model. Interviews were conducted with road maintenance professionals from YIT Vantaa road maintenance contract, Pirkanmaa and Northern Ostrobothnia ELY Centre and from the Finnish Transport Infrastructure Agency. The classifications were defined for different condition classes followed by an examination of suitable maintenance measures. With the identified maintenance measures, computer vision-analyzed data, created condition classifications, combining rules, process description and with utilizing the management system developed by SirWay Oy, a pavement and repair program proposal was created for walkways and bicycle paths maintained by Pirkanmaa and Northern Ostrobothnia ELY Centre.

The possibility of replacing the current visually produced inventory of walkways and bicycle paths by Finnish Transport Infrastructure Agency with computer vision analysis was also investigated. In the Pirkanmaa ELY Centre region computer vision analysis has already been used alongside by Finnish Transport Infrastructure Agency's inventories, particularly guiding patching repairs. According to all interviewed experts, computer vision analysis could replace Finnish Transport Infrastructure Agency's visual inventory. In conclusion, it was determined that inventory based on computer vision analysis could replace Finnish Transport Infrastructure Agency's visual inventory. A suitable measurement frequency length was seen as 1 year or 2 years.

Keywords walkways, bicycle paths, computer vision, maintenance, crowdsourcing

Pages 54 pages and appendices 4 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Joukkoistetun konenäköanalyysin osa-alueita.....	2
2.1	Konenäkö	2
2.2	Joukkoistaminen	3
3	Kävely- ja pyöräilyväylien kunnossapito	5
3.1	Hoitorakat ja -luokat	5
3.2	Kunnossapidon tehtäviä.....	7
3.3	Erilaiset vauriot kävely- ja pyöräilyväylillä.....	8
4	T-OMHA-hankkeen kuvaus	13
5	Segmentin pituuden ja kuntoluokitusten määrittely Flowity AI-konenäkömallille ...	14
5.1	Segmentin pituuden määrittely.....	14
5.2	Kuntoluokituksen määrittely prosentteineen	15
5.3	Esimerkkikuvat kuntoluokittain	16
6	Kävely- ja pyöräilyväylien kuntotietojen muodostaminen tarkasteltavissa kohteissa.....	19
6.1	Tilannekuva Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella	19
6.2	Tilannekuva Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella	20
6.3	Tilannekuvan eroavaisuuden pohdintaa.....	21
7	Verkkotason kunnossapitosuunnitelma	22
7.1	Yhdistelmäsääntöjen luominen	22
7.2	Rajoittamaton ja rajattu verkkotason suunnitelma Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella.....	23
7.3	Rajoittamaton ja rajattu verkkotason suunnitelma Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella.....	28
7.4	Korjauskohteiden löytäminen ja muodostaminen	33
7.5	Erilaisia suunnitteluvaihtoehtoja	33
8	Kunnossapidon projektitason suunnittelu	34
8.1	Prosessikuvaus.....	34
8.1.1	Väylien kuntomittaus joko joukkoistamalla tai perinteisillä menetelmillä konenäködatan avulla	35
8.1.2	Akuuttien paikkauskohteiden selvittäminen ja valinta.....	35
8.1.3	Akuuttien paikkaustoimenpiteiden suunnittelu	37
8.1.4	Päällystys-, paikkaus- sekä korjaustyöt, töiden laadunvarmistus laadunhallinnan avulla sekä tiedon tuottaminen toimenpiteistä.....	37

8.1.5	Päällystys- ja korjauskohteiden valinta	37
8.1.6	Päällystys- ja korjauskohteiden toimenpiteiden suunnittelu ja kohteiden kilpailutus	38
8.2	Tiedon hyödyntäminen ja SirWay Oy:n kehittämän hallintajärjestelmän käyttäminen apuna suunnitelman laatimisessa	38
8.3	Kerätyn tiedon kanssa työskentelyn sääntöjä.....	40
8.4	Suosituksset korjaus- ja työmenetelmille	41
8.5	Suunnitelman vienti käytännön tasolle urakoitsijalle	43
9	Tulokset ja niiden analysointi	44
9.1	Selvitys sopivasta mittausfrekvenssin pituudesta	44
9.2	Selvitys vanhan tyylin inventoinnin korvaamisesta konenäköanalyysiin perustuvalla mittaustavalla	45
9.3	Suosituksset käytettävistä mittareista	47
9.4	Prosessin puutteet	47
9.5	Suositus prosessista	50
10	Yhteenveto.....	50
	Lähteet	52

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Konenäkö tulkitsee katuvalaisimen varjon virheellisesti poikittaishalkeamana (AFRY Finland Oy).....	3
Kuva 2. Kävely- ja pyöräilyväylän keskellä sijaitseva leveä pitkittäishalkeama (AFRY Finland Oy).....	9
Kuva 3. Lahden kaupungin kävely- ja pyöräilyväylällä sijaitsevia poikittaishalkeamia (AFRY Finland Oy).....	10
Kuva 4. Lahden kaupungin kävely- ja pyöräilyväylällä sijaitseva reunavaurio (AFRY Finland Oy).....	10
Kuva 5. Laaja reikä kävely- ja pyöräilyväylällä (AFRY Finland Oy).....	11
Kuva 6. Verkkohalkeamaa kävely- ja pyöräilyväylällä (AFRY Finland Oy).....	12

Kuva 7. Laajaksi reiäksi purkautunut verkkohalkeama kävely- ja pyöräilyväylällä (AFRY Finland Oy)	12
Kuva 8. Hyvinkään kaupungin kävely- ja pyöräilyväylällä sijaitsevia epätasaisuuksia. 13	
Kuva 9. Esimerkkikuva erittäin huonossa kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä (AFRY Finland Oy).	16
Kuva 10. Esimerkkikuva huonossa kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä (AFRY Finland Oy).....	17
Kuva 11. Esimerkkikuva tyydyttävässä kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä (AFRY Finland Oy).....	17
Kuva 12. Esimerkkikuva hyvässä kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä (AFRY Finland Oy).....	18
Kuva 13. Esimerkkikuva erittäin hyvässä kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä (AFRY Finland Oy).	19
Kuva 14. Pirkanmaan ELY-keskuksen ylläpitämien kävely- ja pyöräilyväylien kuntojakauma.	20
Kuva 15. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen ylläpitämien kävely- ja pyöräilyväylien kuntojakauma.	21
Kuva 16. Kuvakaappaus Pirkanmaan ELY-keskuksen rajoittamattoman raakadataan perustuvan päällysteohjelman kohteiden sijoittumisesta kartalle SirWay Oy:n hallintajärjestelmässä.....	24
Kuva 17. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 1 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pirkanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).....	25
Kuva 18. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 2 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pirkanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).....	26

Kuva 19. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 3 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pirkanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).....	26
Kuva 20. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta rajatusta päällystysohjelmasta Sastamalan alueelle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).....	27
Kuva 21. Kuvakaappaus SirWay Oy:n hallintajärjestelmästä, jossa mittaamaton osuus on ympyröitynä.	28
Kuva 22. Kuvakaappaus Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rajoittamattoman raakadataan perustuvan päällystysohjelman kohteiden sijoittumisesta kartalle SirWay Oy:n hallintajärjestelmässä.....	29
Kuva 23. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 1 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).....	30
Kuva 24. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 2 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).....	31
Kuva 25. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 3 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).....	31
Kuva 26. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rajatusta päällystysohjelmasta (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).....	32
Kuva 27. Kuvakaappaus SirWay Oy:n tuottamasta Excel-tiedostosta, jossa nähtävissä Pirkanmaan ELY-keskuksen yhdistelysäännön 2 mukaiset päällystyskohteet kohteen hinnan mukaan järjestettynä.....	33
Kuva 28. Prosessikaavio toimenpiteistä.....	34
Kuva 29. Kuvakaappaus Pirkanmaan mitattujen segmenttien Excel-tiedostosta, joissa reiät suodatettu vauriopinta-alaltaan suuruusjärjestykseen.....	36

Kuva 30. Suurimman reikiä vauriopinta-alaltaan sisältävän segmentin esimerkkikuva Pirkanmaalta (AFRY Finland Oy).....	36
Kuva 31. Kuvakaappaus SirWay Oy:n hallintajärjestelmän karttanäkymästä leveiden halkeamien tietotason sekä segmentin esimerkkikuvatoiminnon ollessa päällä.	39
Kuva 32. Kuvakaappaus SirWay Oy:n hallintajärjestelmän budjettityökalusta.....	40
Kuva 33. Väärässä kuvakulmassa oleva kamera (AFRY Finland Oy).	47
Kuva 34. Huonolaatuisesti tehty paikkaus (AFRY Finland Oy).	49
Kuva 35. Epätasainen kävely- ja pyöräilyväylän kohta (AFRY Finland Oy).	49
Taulukko 1. Väyläviraston hoitoluokat kävely- ja pyöräilyväylille.	6
Taulukko 2. Kuntoluokitustaulukko painotuksineen.	15
Taulukko 3. Opinnäytetyössä käytetyt yhdistelysäännöt eri skenaarioissa.	23
Taulukko 4. Pirkanmaan ELY-keskuksen kunnossapito-ohjelma	24
Taulukko 5. Pirkanmaan ELY-keskuksen rajoittamattomat päällystysohjelmien pituudet ja hinnat eri skenaarioilla.	25
Taulukko 6. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rajoittamaton kunnossapito-ohjelma.	29
Taulukko 7. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rajoittamattomat päällystysohjelmien pituudet ja hinnat eri skenaarioilla.	30
Taulukko 8. Toimenpide-ehdotukset eri kuntoluokan väylille.....	43
Taulukko 9. Asiantuntijoiden näkemykset sopivasta mittausfrekvenssistä.....	44

Liitteet

- Liite 1. Haastattelukysymykset asiantuntijoille.
- Liite 2. Pirkanmaan ELY-keskuksen rajoitettu päällystysohjelma Sastamalan alueelle.
- Liite 3. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rajoitettu päällystysohjelma Kainuun alueelle.
- Liite 4. Prosessikuvaus.

1 Johdanto

Väyläviraston ylläpitämien kävely- ja pyöräilyväylien rahoitus on tällä hetkellä riittämätöntä ylläpitämään verkostoa nykyisessä kunnossa ja korjausvelka on kasvanut jatkuvasti. Vuonna 2021 Väyläviraston hallinnoimista kävely- ja pyöräilyväylistä 11 % luokiteltiin huonokuntoiseksi. Kasvaneet verkon hoito- ja käyttökustannukset vaikeuttavat tilannetta myös entisestään. Vuonna 2022 päällysteiden kustannustaso nousi 25 prosenttia verrattuna edellisvuoteen. (Väylävirasto, 2023c, ss. 6, 7, 28) Tällä hetkellä Väyläviraston hallinnoimien kävely- ja pyöräilyväylien kunto inventoidaan visuaalisesti ja kävely- ja pyöräilyväylistä ei ole ajantasaista ja kattavaa tietoa kuva-aineistona (Knuuti ym., 2022a, ss. 14–15). Tämä on luonut tilanteen, jossa erilaisia ratkaisuja etsitään tehokkuuden parantamiseksi ja pyrkimyksenä on luoda parempia työkaluja päällystyskohteiden valintaan ja valinnan optimointiin.

Väylävirastolla ei ole tällä hetkellä korjausluokittelua hallinnoimilleen kävely- ja pyöräilyväylille, mikä määräisi korjaustarpeen ja priorisoinnin. Tietopuutteiden vuoksi tällä hetkellä Väylävirastolla ei ole ollut mahdollista määrittää kävely- ja pyöräilyväylille korjaustöiden ohjaavia linjauksia. Väylävirasto haluaa panostaa enemmän resursseja kävely- ja pyöräilyväylien omaisuuden hallintaan. (Väylävirasto, 2021b, ss. 25–26) Konenäön hyödyntäminen joukkoistamisen avulla on yksi ratkaisu, jolla toimintaa voidaan ajantasaisen datan avulla saada kustannustehokkaammaksi ja paremmaksi. Tässä opinnäytetyössä keskitytään luomaan prosessikuvaus työkaluna, jota ELY-keskusten päällystyksistä vastaavat asiantuntijat voivat hyödyntää jatkossa työssään kävely- ja pyöräilyväyläverkoston kunnossapidon suunnittelussa ja päällystyskohteiden valinnassa muiden työkalujen ohella.

Tämän opinnäytetyön toimeksiannon on tehnyt Väylävirasto, joka on tilannut opinnäytetyön AFRY Finland Oy:ltä osana T-OMHA-hanketta. Hanke on Väyläviraston tieomaisuuden hallinnan kehittämiseen panostava projekti. Opinnäytetyössä on hyödynnetty aineistona vuonna 2023 tehtyjä konenäköanalyysimittauksia Pirkanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskusten ylläpitämillä kävely- ja pyöräilyväylillä. Konenäkömallina käytettiin Flowity AI-konenäkömallia. Tätä opinnäytetyötä varten haastateltiin myös asiantuntijoita väylien ylläpidosta ja hallinnasta vastaavien eri tasoilta. Haastateltavina oli asiantuntijoita YIT Vantaan maanteiden hoitourakasta, Pirkanmaan ELY-keskuksesta, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksesta sekä Väylävirastosta. Asiantuntijoiden nimiä ei tuoda esille. Haastatteluissa hyödynnettiin liitteenä 1 olevaa kysymyspohjaa.

2 Joukkoistetun konenäköanalyysin osa-alueita

2.1 Konenäkö

Konenäköä voidaan yleisesti kuvata tehtäväksi tulkita ja ymmärtää ympäröivää maailmaa kuvien ja videoiden avulla. Konenäössä on monia eri päättelykyvyn tasoja. Perustaso on erinäisten yksittäisten esineiden huomaamista ja tunnistamista ja tästä kehittyneemmät ja korkeammalla tasolla olevat versiot pystyvät päättelykyvyllään moniin eri toimiin ja tulkitsemaan monien eri objektien välistä vuorovaikutusta, ihmisten ja objektien välistä vuorovaikutusta sekä ihmisen käyttäytymisen merkityksen päättelyä. Tietokonenäkö kuuluu yhtenä havainnoinnin ja päättelyn haarana tekoälyn alalle. (Loce ym., 2017, ss. 7–8)

Konenäkö on kehittynyt 1960-luvulta lähtien ripeästi. 1980-luvulla ensimmäisiä yksinkertaisia näköjärjestelmiä luotiin robotiikan käyttöön. Laskentatehon nousu tietokoneissa, kameroiden koon pienentyminen sekä kameroiden hinnan aleneminen on nopeuttanut kasvua merkittävästi. Mikrotietokoneiden merkittävän tehonkasvun myötä konenäköjärjestelmien hinnat ovat halventuneet ja mahdollistaneet erilaisten konenäköjärjestelmien ja robottisovellusten luonnin sekä kehittämisen. (Ahonen ym., 2023, s. 172) Älypuhelimien ja niiden kameroiden kehittyminen on antanut mahdollisuuden kehittää konenäköä ja luoda sovelluksia henkilökohtaiseen- ja ammattimaiseen käyttöön. Varsinkin kuljetus- ja logistiikka-alalla konenäkö on paljon käytössä. (Ahmad, 2020)

Monessa tapauksessa konenäkö pystyy korvaamaan ihmisen, jolloin virheiden määrää, kuluja ja työhön kuluva aikaa voidaan vähentää (Loce ym., 2017, s. 8). Konenäön käytössä on kuitenkin monta haastetta liikenteen parissa. Konenäköä käytetään esimerkiksi rekisterinumeroiden lukemiseen sekä liikennemerkkien kuvaukseen. Rekisterinumeroiden luvussa haasteina on ilmentynyt voimakkaat varjot, huono kontrasti, epätasainen valaistus, haastavat optiset muodot, kappaleiden edessä olevat osittaiset esteet, lika tai roskat. (Loce ym., 2017, s. 18) Liikennemerkkien kuvauksissa konenäölle haasteita on luonut keliolosuhteet, kuten lumi, pilvet, sade tai sumu sekä esimerkiksi mistä suunnasta valo tulee. Erinäiset esteet aiheuttavat myös haasteita, esimerkiksi rakennukset, puskat, puut, tiellä olevat ajoneuvot ja jalankulkijat. Tärinän ja suuren ajonopeuden aiheuttama epätarkkuus kuvassa on aiheuttanut myös haasteita. (Loce ym., 2017, s. 349) Varjot kuvissa aiheuttavat konenäölle myös virhetulkintoja, kuten AFRY Finland Oy:n sisäisessä käytössä olevassa kuvassa 1 näkyy. Virheiden määrä on kuitenkin vähäinen, sillä tietokonemallia on opetettu

olemaan sekoittamatta varjoja vaurioihin (Markku Knuuti, henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2023).

Kuva 1. Konenäkö tulkitsee katuvalaisimen varjon virheellisesti poikittaishalkeamana (AFRY Finland Oy).



Älypuhelimella toimivasta tiedonkeruusovelluksesta, tekoälyn ja konenäön avustuksella tehdystä analyysistä sekä selainpohjaisesta käyttöliittymästä rakentuu järjestelmä, jolla pystytään tuottamaan automatisoitua tietoa ja jota pystytään hyödyntämään omaisuudenhallintajärjestelmänä. Konenäkö analysoi kuvatun päällysteen vauriot ja niiden pinta-alan ja nämä tiedot ovat tarkasteltavissa omaisuudenhallintajärjestelmässä. (Knuuti ym., 2022a, s. 36)

2.2 Joukkoistaminen

Tähän työn aineisto on kerätty Crowdsorsan kehittämällä mobiilipelillä, joka hyödyntää joukkoistamista ja pelillistämistä. Pelillistämisen ja joukkoistamisen avulla alueella asuva väestö voi tuntea tekevänsä merkityksellistä työtä oman asuinpiirinsä tiestön eteen, mikä motivoi osallistumaan aineiston keräämiseen. (Markku Knuuti, henkilökohtainen tiedonanto, 17.10.2023)

Joukkoistamisessa organisoidaan ja koordinoidaan yksittäisten ihmisten työvoimaa. Joukkoistaminen tarvitsee toimiakseen neljää eri tekijää; joukkoistajan, joka hallitsee prosessia; ihmisjoukon, joka tekee työn; alustan, jossa hallitaan työvoimaa sekä tavan, jolla

kommunikoida ihmisten kanssa. (Grier, 2013. s.10) Joukkoistaminen, englanniksi crowdsourcing on saanut nimensä Jeff Howen vuonna 2006 julkaisemasta artikkelista The Wired-lehdessä (Howe, 2009, s. 6). Joukkoistamisessa hyödynnetään määrittelemätöntä ihmisjoukkoa, joka kerätään yhteen avoimen kutsun avulla. Ihmisjoukon tekemän työn avulla voidaan suorittaa tehtävä tai ratkaista ongelma. Joukkoistamisessa, jossa osallistujalle ei makseta tehdystä työstä palkkaa tai rahaa voidaan käyttää myös termiä talkoistaminen. (Tieteen termipankki, 2023)

Joukkoistaminen ei ole uusi keksintö, sillä joukkoistamista on ollut siitä lähtien kun työvoimaa on käytetty erilaisten tuotteiden ja palveluiden tuottamiseen. Internet on mahdollistanut kuitenkin suuremman yleisön saavutettavuuden vähentämällä maantieteellistä eristäytymistä, joten todennäköisyys parempaan taidon ja osaamisen löytymiseen on tullut mahdolliseksi. (Grier, 2013. s.10,16)

Suurimpia joukkoistamisen avulla tehtyjä saavutuksia on Wikipedia-tietosanakirjasivuston ja Linux-käyttöjärjestelmän kehittäminen. Molemmissa yhden yksilön kehittämä ajatus, jonka toteuttamiseen yksin hänellä ei ollut voimavaroja saatiin toimimaan yhteisön tuella ja työvoimalla. (Grier, 2013. s.15) Joukkoistamisessa joukko tarvitsee kompensaation tehdystä työstään. Kompensaationa voi olla esimerkiksi saatu mielihyvä tehdystä työstä yhteisön hyväksi. Kompensaationa voidaan maksaa myös rahaa, osoittaa kiitollisuutta, tarjota lahja tai jäsenyys yhteisöön. (Grier, 2013. s.10)

Joukkoistaminen voidaan jakaa viiteen eri muotoon. Nämä muodot ovat yleisökilpailu, mikrotyö, makrotyö, joukkorahoitus sekä itseorganisoidut joukot. (Grier, 2013. s.19) Joukkoistamista hyödyntäviä tapoja on esimerkiksi verkossa tapahtuva rahankeräys hyväntekeväisyyteen, uuden ohjelmiston jakaminen testiryhmälle tai ison ongelman ratkaiseminen, jossa ongelman ratkaiseville yksilöille maksetaan palkkio (Grier, 2013. s.12).

Mikrotyössä joukkoistaja etsii laajaa ihmisjoukkoa, jolle jakaa työ moneen pieneen osaan. Näin työn parissa voi työskennellä useampi ihminen yhtä aikaa. Mikrotyötä käytetään yleensä töissä, joissa tietokoneilla on vaikeuksia. Näitä ovat muun muassa tekstittömän datan kanssa työskentely käsialakirjoituksen ja valokuvien kanssa. Mikrotyötä voidaan teettää myös esimerkiksi erilaisten käyttöohjekirjojen käännösten oikeellisuuden tarkistamisessa. Mikrotyön haasteita ovat luotettavan työvoiman löytäminen, jonka työn laatuun voi olla tyytyväinen. Laajoissa tehtävissä haasteena on myös laadunvalvonnan

järjestäminen, jolla voidaan varmistaa jokaisen tehtävän tehdyksi oikein ohjeiden mukaisesti ja kunnollisesti. (Grier, 2013. ss.22–23)

Makrotyö on joukkoistamisen ammattimainen muoto, jossa joukkoistaja jakaa työn laajempiin osiin, joiden jokaisen osan tekemiseen vaaditaan jotain tiettyä erityistä taitoa, esimerkiksi editoimistaitoa. Makrotyön teettäminen on freelance-toiminnan laajennettu muoto, joten se on joukkoistamisen joustavin muoto. (Grier, 2013. s.12, 21–22, 100)

Yleisökilpailussa työ tehdään yhdessä kokonaisessa osassa. Tehtävänanto annetaan ihmisille ja palautetuista töistä voidaan valita paras vaihtoehto, jolle maksetaan palkkio tehdystä työstä. Työn aiheena voi olla esimerkiksi uusi logo tai musiikkikappale. (Grier, 2013. s. 61, 64)

Itseorganisoituneessa joukkoistamisessa joukko koordinoi ja organisoi toimintansa itse. Itseorganisoitu joukkoistaminen ilmenee yleensä kilpailuna tai aktiviteettinä, joka vaikuttaa kilpailulta. Aktiviteetti tai kilpailu liittyy yleensä tiedon keräämiseen. Tässä muodossa selkeiden sääntöjen luominen on tärkeää. Säännöissä on hyvä kertoa miten kerätä tai luoda informaatiota, miten sen voi lähettää eteenpäin ja mitä kriteerejä informaation tulee täyttää. (Grier, 2013. s. 153)

Älypuhelimien kehittyneet ominaisuudet, eri anturit, nopea tiedonsiirtomahdollisuus sekä älypuhelimien runsas määrä ihmisillä mahdollistavat joukkoistamisen käytön aivan eri tavalla kuin ennen väyliä koskevan datan keräämisessä. Kynnys liittyä joukkoistamiseen mukaan on matalampaa, sillä lähes jokaisella potentiaalisella ihmisellä joukkoistamista varten on nykyään älypuhelin käytössään ja ne ovat edullisia käyttää. Älypuhelimia voi kutsua väylien datan keräystä koskevan joukkoistamisen avainteknologiaksi. (Ruuska ym., 2022, s. 16)

3 Kävely- ja pyöräilyväylien kunnossapito

3.1 Hoitourakat ja -luokat

Väyläviraston hallinnoimien kävely- ja pyöräilyväylien jokapäiväinen kunnossapito kuuluu Väyläviraston ja Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kilpailuttamille maanteiden hoitourakoille, joita on lokakuussa 2023 79 kappaletta (Väylävirasto, 2023a; Väylävirasto, n.d.). ELY-keskukset vastaavat maanteiden hoitourakoiden valvonnasta ja sopimuksien

toteutumisesta. Maanteiden hoitourakoitsijat vastaavat raportoinnista sekä laadusta ELY-keskuksille. (ELY-keskus, 2023)

Maanteiden hoitourakat vastaavat kävely- ja pyöräilyväylien lumen- ja sohjonpoistosta, liikennemerkkien ylläpidosta, pinnantasauksesta, liukkaudentorjunnasta, hiekoitushiekan ja irtoainesten poistosta päällystetyiltä pinnoilta, liikennetilan pitämisestä vapaana kasvustosta, liikennettä selvästi haittaavien ja vaarantavien päällysteiden vaurioiden paikkauksesta sekä routaheittojen tasauksesta (Väylävirasto, 2021a, ss. 4, 10, 12 & 26).

Väyläviraston hallinnoimat kävely- ja pyöräilyväylät on jaettu kolmeen eri hoitoluokkaan, joita myös talvihoitoluokiksi kutsutaan. Luokat ovat L, K1 ja K2 (taulukko 1). Ylin hoitoluokka on hoitoluokka L, johon kuuluu 2,6 % verkoston pituudesta. Tämän jälkeen on hoitoluokka K1, johon kuuluu 52,8 % verkoston pituudesta. Alin hoitoluokka on K2, johon kuuluvia väyliä on verkoston pituudesta 44,6 %. (Väylävirasto, 2023b)

Taulukko 1. Väyläviraston hoitoluokat kävely- ja pyöräilyväylille.

Hoitoluokka L (Laatukäytävä)	Vaatimukset joiltakin osin korkeampia kuin hoitoluokassa K1. Vaatimukset määritellään tapauskohtaisesti. Liukkautta voidaan torjua esimerkiksi harjasuolaamalla tai toimenpideaajat voivat olla lyhyempiä. (Väylävirasto, 2023b)
Hoitoluokka K1	Liukkaudentorjunnan toimenpiteet tehdään kahdessa tunnissa. Irtolumen sallittu maksimisyvyys sateen aikana 3 cm. Toimenpideaika lumenpoistoon 3 tuntia. Yöaikaan klo 22–06 laatu voi olla alempi. (Liikennevirasto, 2018, s. 26; Väylävirasto, 2023b)
Hoitoluokka K2	Liukkaudentorjunnan toimenpiteet tehdään kolmessa tunnissa. Irtolumen sallittu maksisyvyys sateen aikana 4 cm. Toimenpideaika lumenpoistoon 4 tuntia. Yöaikaan klo 22–07 laatu voi olla alempi. (Liikennevirasto, 2018, s. 26; Väylävirasto, 2023b)

3.2 Kunnossapidon tehtäviä

Lähtökohtana kävely- ja pyöräilyväylien hoidolle on, että väylällä jokainen ihminen voi liikkua turvallisesti erilaisista toimintarajoitteista huolimatta. Tienpitäjällä on myös velvollisuus hoitaa väylät niin että väylät ovat liikenteen tarpeen ja väylän liikenteellisen merkityksen mukaisessa kunnossa. (Väylävirasto, 2020, s. 16) Sään ja kelin vaihtelu on ominaista liittyen väylien kunnossapitoon ja tämän vuoksi on tärkeitä ennakoita ja toteuttaa kunnossapitotoimenpiteet oikea-aikaisesti (Väylävirasto, 2020, s. 14).

Liukkaudentorjunta on yksi tärkeimpiä talvikunnossapidon toimia. Erittäin liukkailla keleillä tapahtuu iso osa liukastumisista. Liukkaus torjutaan oikea-aikaisella ja huolellisilla toimenpiteillä, joita ovat lumenpoisto, väylän pinnan karhentaminen mekaanisesti, kemiallisia aineita käyttämällä tai hiekoittamalla. Tienkäyttäjät pystyvät itse lisäämään turvallisuutta huomattavasti käyttämällä nastoilla varustettuja jalkineita tai nastarenkaita. (Väylävirasto, 2020, s. 39) Talven jälkeen hiekoitus on puhdistettava pois välittömästi huhtikuussa sulan kauden vakiinnuttua, jotta irtoaines ei aiheuta vaaraa (Väylävirasto, 2021a, s. 10).

Niitot ja raivaukset ovat tärkeitä ylläpitotoimia joiden avulla kasvillisuus pidetään siistinä ja estetään kasvuston ulottuminen liikennetilaan sillä pään alueelle kohdistuvat oksien iskut ovat vaarallisia. Niiton jäljiltä tulleet roskat tulee myös puhdistaa pois väylältä. (Väylävirasto, 2020, s. 47) Kuivatuksellisia ongelmakohtia kävely- ja pyöräilyväylillä ovat virheellisessä korossa olevat rummut ja hulevesikaivot sekä alikulut. Alikulun ongelmia suositellaan tarkistettavaksi ja korjattavaksi keväisin ja syksyisin. Ongelmia saattaa aiheuttaa esimerkiksi sulamisvesien valuminen hallitsemattomasti tuoden roskia sekä maa-ainesta, jotka saattavat tukkia kaivoja. Putoavat lehdet tulee myös puhdistaa syksyisin pois kaivojen ritilöiden päältä ja vesikouruista. Väylälle kertyneet lehtikertymät tulee myös poistaa tarvittaessa, sillä ne ovat liukkaita jo ohuena kerroksena. (Väylävirasto, 2020, ss. 46, 48)

Reunakivet, jotka ovat irronneet tulee poistaa niin pian kuin mahdollista. Talven aikana irronneet reunakivet korjataan usein vasta keväällä. Irronnut reunakivi korvataan samalla tai samantyyppisellä reunakivellä. Reunakivet täytyy olla oikeassa asennossa ja oikealla korkeudella sillä pyöräilyväylän jatkeen kohdalla ei saa olla liian jyrkkää viistettä tai olla pykälää. Näkövammaisten kulkemisen sujuvoittamiseksi tulee reunakivien olla 30 mm korkeudessa ja kohtisuorassa jalkakäytävää vasten suojatien ja jalkakäytävän välissä. (Väylävirasto, 2020, s.48)

3.3 Erilaiset vauriot kävely- ja pyöräilyväylillä

Päällysteen vauriot ovat turvallisuusriski sekä epämiellyttävyystekijä kävely- ja pyöräilyväylien käyttäjille. Väylän käyttäjien tekemät vaurioiden aiheuttamat väistöliikkeet aiheuttavat muun liikenteen huomioimisen heikkenemistä ja aiheuttaa kaatumis- ja törmäysriskin. Tien reunan halkeamat aiheuttavat myös riskin suistumiseen tieltä. Tämän takia on erittäin tärkeää korjata pikimmiten suuret reiät, kohoumat, kynnykset ja pituussuuntaiset halkeamat johon rengas voi upota. (Väylävirasto, 2020, s. 49)

Päällystevaurioita ovat tien pinnan rikkoontumiset, muodonmuutokset sekä muut liikennettä vaarantavat, häiritsevät tai tien rakennetta vaarantavat pinnanmuutokset tien pinnassa sekä myös tien kaltevuusvirheet ja epätasaisuudet. Vaurioita aiheuttavat yleensä säätekijät, routiminen, liikennesuorat, väärät materiaali- tai menetelmävalinnat, materiaali- ja työvirheet, materiaalien kemiallinen vanheneminen sekä karkeutuksen puuttuminen. (Väylävirasto, 2019b, s. 10) Vähäisen liikennekuormituksen takia liikennesuorat, lukuun ottamatta kävely- ja pyöräilyväylillä liikkuvia kunnossapitoajoneuvoja, eivät pääosin aiheuta vaurioita kävely- ja pyöräilyväylillä vaan syntyvät vauriot ovat yleensä routavaurioita eikä urautumista esiinny lähes ollenkaan kävely- ja pyöräilyväylillä (Jalkanen, 2013, s. 54; Knuuti ym., 2022a, s. 18). Tässä työssä analysoitavia vauriotyyppejä ovat pituus- ja poikkihalkeamat, leveät halkeamat, verkkohalkeamat, reunavauriot sekä reiät.

Yleisin kävely- ja pyöräilyväylän vaurio on pituushalkeama, josta esimerkki näkyy kuvassa 2. Pituushalkeamat ovat vaarallisia pyöräilijälle, sillä se saattaa aiheuttaa pyöräilijän kaatumisen, mikäli pyörän rengas uppoaa halkeamaan. (Kallio, 2000, s. 7) Kävely- ja pyöräilyväylän keskelle saattaa muodostua pituushalkeamia routanousun vuoksi. Routanousu aiheutuu kävely- ja pyöräilyväylän reunoille kasaantuneesta lumesta. Lumen peittämällä reunoilla on parempi eristys lumen eristävän vaikutuksen vuoksi kuin väylän keskellä, mistä lumi on aurattu pois. Väylän keskiosa nousee tämän vuoksi enemmän routanousun aikana kuin väylän reunat, jotka ovat paremmin eristettyjä. Väylän noustessa enemmän keskeltä kuin reunoista väylä saattaa ratketa keskeltä, mikä aiheuttaa pituushalkeaman. (Pirkanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 13.12.2023) Kävely- ja pyöräilyväylän rakenteelliset puutteet aiheuttavat syviä pitkittäishalkeamia (Väylävirasto, 2019b, s. 16). Liian syvät sivuojat kävely- ja pyöräilyväylien varrella aiheuttavat myös ison todennäköisyyden halkeaman muodostumisen väylän keskelle (Väylävirasto, 2019a, s. 21).

Kuva 2. Kävely- ja pyöräilyväylän keskellä sijaitseva leveä pitkittäishalkeama (AFRY Finland Oy).



Poikittaishalkeamat, josta näkyy esimerkki kuvassa 3 johtuvat yleisesti epätasaisesta painumisesta tai routimisesta (Väylävirasto, 2019b, s. 16). Kävely- ja pyöräilyväylän reunavaurion (kuva 4) syynä on usein kunnossapitokoneiden paino sekä puutteellinen reunan täyttö (Väylävirasto, 2020, s. 49).

Kuva 3. Lahden kaupungin kävely- ja pyöräilyväylällä sijaitsevia poikittaishalkeamia (AFRY Finland Oy).



Kuva 4. Lahden kaupungin kävely- ja pyöräilyväylällä sijaitseva reunavaurio (AFRY Finland Oy).



Reiät (kuva 5) ovat päällystevaurioiden tyypeistä niitä, jotka aiheuttavat eniten haittaa liikenteelle. Reikä syntyy yleisesti purkauman takia, mikä on kehittynyt purkauman syventyessä reiäksi asti. Purkaumassa kiviainesta irtoaa päällysteestä ja yleisesti purkauma ilmenee avoimessa tai sauman kohdassa päällysteessä. (Väylävirasto, 2019b, s. 14)

Kuva 5. Laaja reikä kävely- ja pyöräilyväylällä (AFRY Finland Oy).



Kävely- ja pyöräilyväylien verkkohalkeamat johtuvat yleensä huonosta kuivatuksesta, heikosta pintamateriaalista tai maaperän routimisesta. (Pirkanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 13.12.2023). Verkkohalkeama ei merkittävästi vaikuta turvallisuuteen, mutta verkkohalkeaman lohkot saattavat alkaa purkautumaan, mikä aiheuttaa purkauman tai reiän (kuvat 6 ja 7) (Väylävirasto, 2019b, s. 15).

Kuva 6. Verkkohalkeamaa kävely- ja pyöräilyväylällä (AFRY Finland Oy).



Kuva 7. Laajaksi reiäksi purkautunut verkkohalkeama kävely- ja pyöräilyväylällä (AFRY Finland Oy).



Pitkittäisepätasaisuudet (kuva 8) ovat yleensä aiheutuneita routimisesta, maakivistä, pohjamaan painumisesta, tierakenteen jälkitiivistymisestä, työvirheistä tai päällysteen deformaatiosta. Pituussuuntaisia epätasaisuuksia ovat usein aaltomainen painuma tai lyhyellä matkalla oleva roudan aiheuttama kohouma. (Väylävirasto, 2019b, s. 12)

Kuva 8. Hyvinkään kaupungin kävely- ja pyöräilyväylällä sijaitsevia epätasaisuuksia.



4 T-OMHA-hankkeen kuvaus

T-OMHA on tiemaisiisuuden hallinnan kehittämiseen panostava Väyläviraston projekti. Väylävirasto (2022) kertoo omilla verkkosivuillaan näin kyseisestä projektista: ”Hankkeessa vastataan tieinfran omaisuuden elinkaarihallinnan kehittämistä. Hankkeen tavoitteena on muodostaa tieväylien omaisuuden hallinnan toimintamalli ja työkalut liikennemuotonsa, toimialojen ja Väyläviraston omaisuuden hallinnan tueksi”.

Hankkeen käytännön tavoitteina on tuottaa tietoa Väyläviraston tiemaisiisuuden kunnosta ja kunnan kehittymisestä, kehittää kunnonennustusmalleja sekä kehittyneitä kunnonmittauksen tapoja ja toimintamalleja päätöksenteon tueksi elinkaaren sekä omaisuuden hallintaa varten digitalisaation avustuksella ottaen huomioon riskit ja suorituskyvyn. Tahtotilana on päästä tilanteeseen, jossa luotettavaa, kattavaa ja ajan tasalla olevaa dataa tiemaisiisuudesta voidaan systemaattisesti hyödyntää väylien kunnossapidon päätöksenteossa. (Väylävirasto, 2022a) Kävely- ja pyöräilyväylien osalta tavoitteina on parantaa tien kuntotiedon keräämistä

ja kuntotutkimuksia, luoda kuntomalli väylille ja parantaa kunnossapidon ohjelmointia sekä vertailla konenäkömallilla tuetttua dataa aiemmin kerättyyn dataan (Suomela, 2021, ss. 2, 4).

Projektissa on selvitetty liikennemerkkien ja kaiteiden kunnonhallintaa sekä pilotoitu joukkoistettua tiedonkeruuta kuvaamalla älypuhelimilla Pirkanmaan ELY-keskuksen hallinnoimat kävely- ja pyöräilyväylät ja analysoitu kuvamateriaalista väylien päällystevauriot konenäön avulla (Knuuti ym., 2022b, s. 9; Knuuti ym., 2022a, s. 9).

5 Segmentin pituuden ja kuntoluokitusten määrittely Flowity AI-konenäkömallille

5.1 Segmentin pituuden määrittely

Väyläviraston nykyinen visuaalisesti tehty kävely- ja pyöräilyväylien päällystevauriokartoituksen segmenttipituus on 100 metriä. Väyläviraston päällystevauriokartoituksessa K1-luokituksen omaava 100 metrin segmentti luokitellaan huonokuntoiseksi, jos kyseinen segmentti on vaurioitunut vähintään 50 metrin matkalta. K2-luokituksen omaava 100 metrin segmentti ollessa vaurioitunut yli 65 metrin matkalta on kyseinen segmentti luokiteltu huonokuntoiseksi. Jos mitattava segmentti sisältää raja-arvoja vähemmän vaurioita määritetään kyseinen segmentti hyväkuntoiseksi. (Knuuti ym., 2022a, s. 15)

Väyläviraston käyttämässä 100 metrin segmenttivälissä saatetaan tie luokitella hyväkuntoiseksi, vaikka se sisältäisi kävely- ja pyöräilyväylien käyttäjiä vaarantavia vaurioita, jos kyseisten vaurioiden vauriopituudet ovat alle raja-arvojen. Väylällä sijaitsevat tienkäyttäjien turvallisuutta vaarantavat vauriot voivat olla hyvinkin paikallisia. Tämän vuoksi segmenttipituuden on oltava mahdollisimman alhainen, jotta tienkäyttäjien turvallisuutta vaarantavat vaurioituneet osat löydetään mahdollisimman tarkasti ja kyseiset segmentit luokiteltua vähintään huonokuntoiseksi. Lyhyellä segmenttipituudella saadaan myös huomattavasti tarkempi kuva väylän eri osuuksien kunnosta. Segmentin pituus ei kuitenkaan saa olla liian lyhyt, jotta segmenttien lukumäärä ei kasva hallitsemattomaksi, mikä aiheuttaisi kerätyn datan muuttumisen käyttökelvottomaksi tiedonkäsittelyn kannalta. Tämän vuoksi suositellaan mitattavan segmentin pituudeksi 10 metriä. 10 metrin segmenttipituudella

saadaan hyvin tarkkaa arvioitua paikalliset vauriot, mutta segmenttien lukumäärä pysyy vielä hallittavissa.

5.2 Kuntoluokituksen määrittely prosentteineen

Tässä työssä käytetyn Flowity AI-konenäkömallin analyysi perustuu ennalta määriteltyjen vauriotyyppien tunnistamiseen ja tunnistettujen vaurioiden pinta-alojen laskemiseen mitattavasta väylästä. Ennalta määritellyt vauriotyypit ovat pitkittäishalkeama, poikittaishalkeama, leveä halkeama, verkkohalkeama, reikä sekä reunavaurio. Segmenttien kuntoluokitus määritellään mitattavan segmentin vaurioituneesta pinta-alasta, joka jaetaan väylän mitattavan segmentin kokonaispinta-alalla. Näin saadaan muodostettua vaurioitunut prosenttiosuus segmentistä, minkä avulla määritellään mitattavan segmentin kuntoluokka.

Reiät ja leveät halkeamat kävely- ja pyöräilyväylällä tekevät väylästä automaattisesti huonokuntoisen, sillä ne vaarantavat tienkäyttäjän turvallisuuden (Väylävirasto, 2019b, ss. 20–21). Reikien ja leveiden halkeamien vauriopinta-ala on huomattavasti pienempi esimerkiksi verrattuna verkkohalkeamaan. Tämän vuoksi reikien ja leveiden halkeamien vauriopinta-aloja on painotettava, jotta väylän kunto muuttuu selkeästi pinta-alaan perustuvassa mallissa, mikäli kyseisiä vaurioita ilmenee. Leveitä halkeamia painotetaan muodostetussa kuntoluokituksessa 3,5-kertaisesti ja reikiä 5-kertaisesti pinta-alaansa nähden. Kuntoluokat prosenttiluokkineen ja painotuksineen on nähtävissä taulukossa 2.

Taulukko 2. Kuntoluokitustaulukko painotuksineen.

Kuntoluokka (yleinen)	1	2	3	4	5
Selite	Erittäin huono	huono	Tyydyttävä	Hyvä	Erittäin hyvä
Vaurioiden osuus kokonaispinta-alasta	>40%	15–40%	5–15%	1–5%	<1%
Vauriosumma 3m leveä päällyste, 10m segmentillä	>12 m ²	4,5–12 m ²	1,5–4,5 m ²	0,3–1,5 m ²	<0,3 m ²
Painotukset	Leveät halkeamat 3,5x Reiät 5x				

5.3 Esimerkkikuvat kuntoluokittain

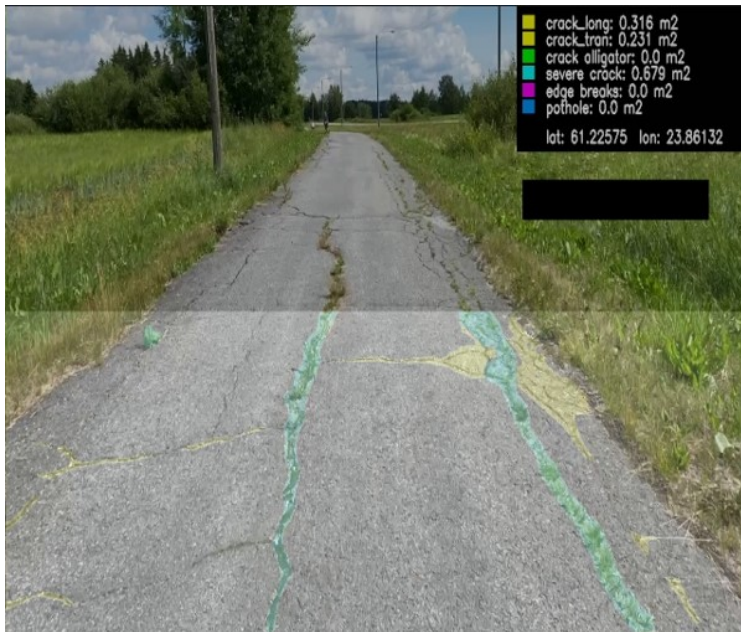
Erittäin huonossa kunnossa oleva tie on vaurioitunut laajasti tai on erittäin epätasainen ja on hävettävän huonossa kunnossa (Väylävirasto, 2022b, s.13). Esimerkkikuva erittäin huonossa kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä on nähtävissä kuvassa 9.

Kuva 9. Esimerkkikuva erittäin huonossa kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä (AFRY Finland Oy).



Huonokuntoinen tie on korjausta edellyttävässä kunnossa (Väylävirasto, 2022b, s.13). Esimerkkikuva huonossa kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä on nähtävissä kuvassa 10.

Kuva 10. Esimerkkikuva huonossa kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä (AFRY Finland Oy).



Tyydyttävässä kunnossa olevalla tiellä esiintyy jo vaurioita tai epätasaisuuksia (Väylävirasto 2022b, s.13). Esimerkkikuva tyydyttävässä kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä on nähtävissä kuvassa 11.

Kuva 11. Esimerkkikuva tyydyttävässä kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä (AFRY Finland Oy).



Hyvässä kunnossa olevalla tiellä on normaalia kulumaa (Väylävirasto 2022b, s.13).
Esimerkkikuva hyvässä kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä on nähtävissä
kuvassa 12.

Kuva 12. Esimerkkikuva hyvässä kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä (AFRY
Finland Oy).



Erittäin hyvässä kunnossa oleva tie on erittäin hyvässä kunnossa oleva tie liikennemäärään
nähdessä tai tie on juuri päällystetty tai täysin uusi (Väylävirasto 2022b, s.13). Esimerkkikuva
erittäin hyvässä kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä on nähtävissä kuvassa 13.

Kuva 13. Esimerkkikuva erittäin hyvässä kunnossa olevasta kävely- ja pyöräilyväylästä (AFRY Finland Oy).

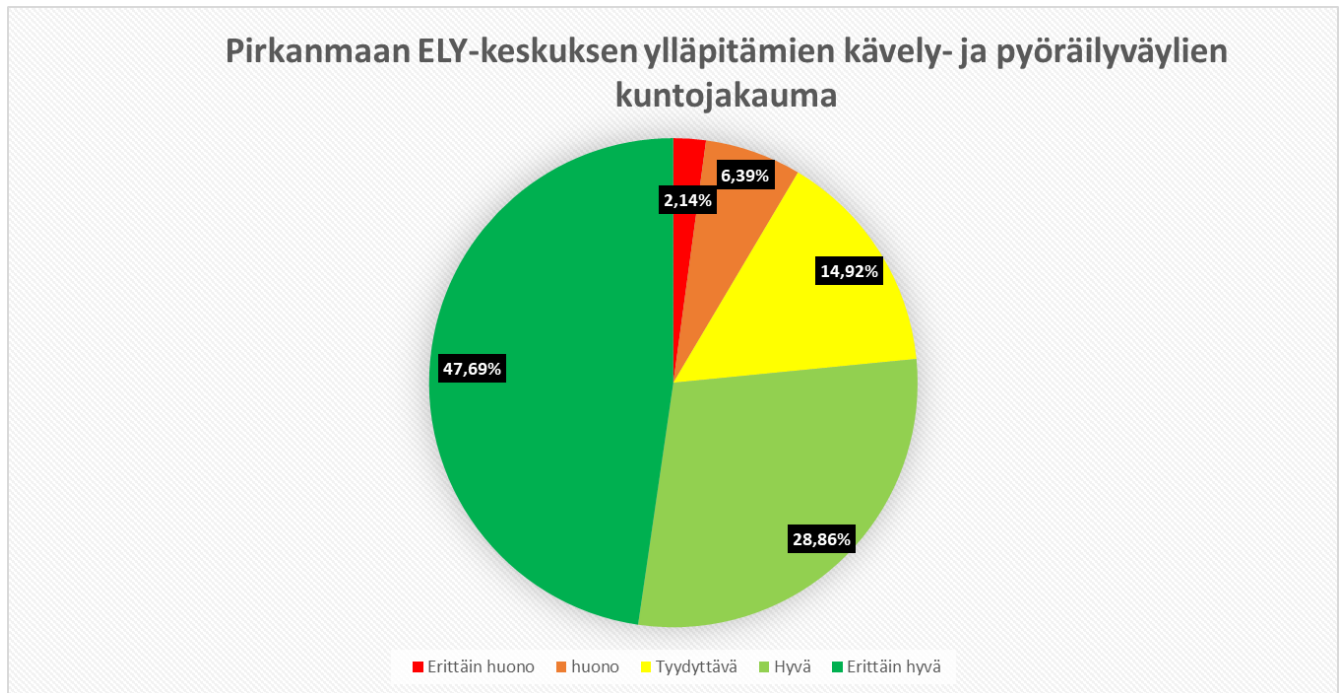


6 Kävely- ja pyöräilyväylien kuntotietojen muodostaminen tarkasteltavissa kohteissa

6.1 Tilannekuva Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella

Pirkanmaan ELY-keskuksen ylläpitämistä kävely- ja pyöräilyväylistä mitattiin kesällä 2023 joukkoistamista hyödyntämällä avulla 412 kilometriä, joista saatiin konemallianalyysin avulla analysoitua 406,7 kilometriä eli 98,7 % mitatusta pituudesta. Segmenttipituutena käytettiin 10 metrin pituutta. Analyysin mukaan erittäin huonokuntoista väylää on 874 segmenttiä eli noin 8,74 kilometriä. Huonokuntoista väylää on 2607 segmenttiä eli noin 26,07 kilometriä. Tyydyttävää väylä on 6090 segmenttiä eli noin 60,90 kilometriä. Hyväkuntoista väylää on 11782 segmenttiä eli noin 117,82 kilometriä sekä erittäin hyväkuntoista väylää 19469 segmenttiä eli 194,69 kilometriä. Kuntoluokkien jakauma on nähtävissä kuvassa 14.

Kuva 14. Pirkanmaan ELY-keskuksen ylläpitämien kävely- ja pyöräilyväylien kuntojakauma.

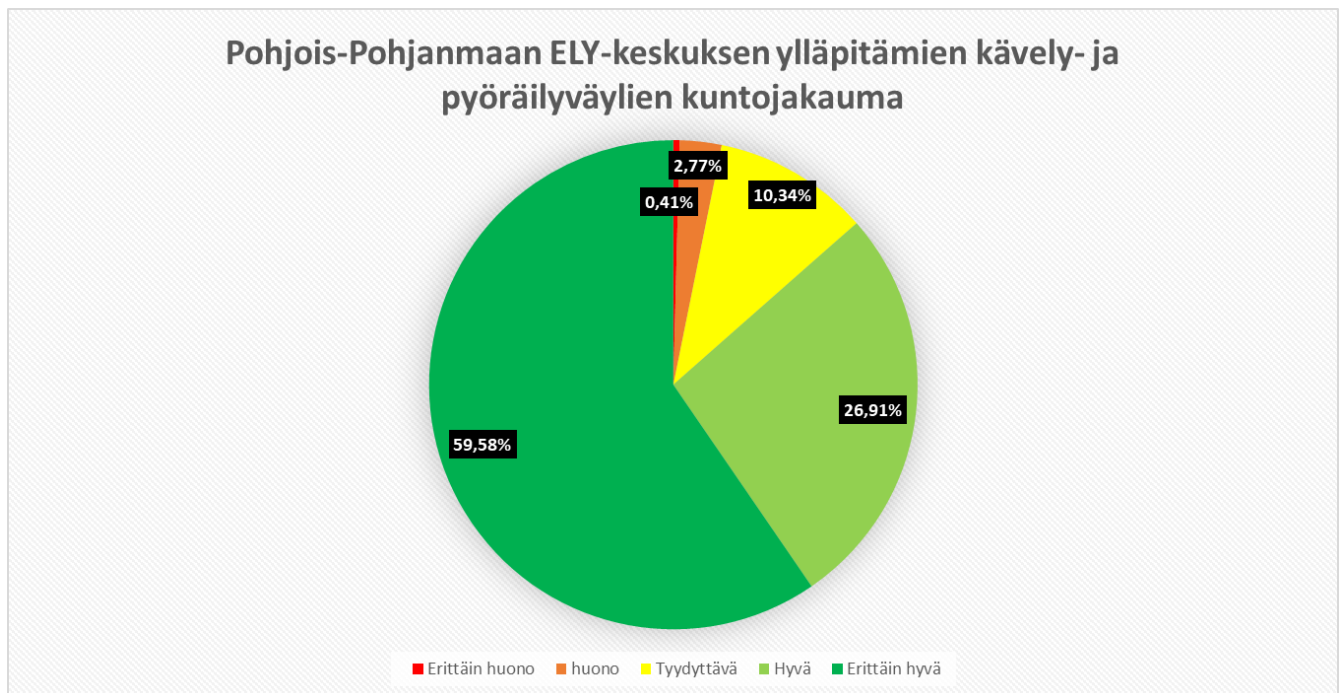


6.2 Tilannekuva Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen ylläpitämistä kävely- ja pyöräilyväylistä mitattiin kesällä 2023 joukkoistamista hyödyntämällä 688 kilometriä, joista saatiin konemallianalyysin avulla analysoitua 648,6 kilometriä eli 94,3 % mitatusta pituudesta. Segmenttipituutena käytettiin 10 metrin pituutta. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen kävely- ja pyöräilyväylistä kerätty kuva-aineisto sisälsi laatuongelmia, joka laski onnistuneesti analysoidun aineiston määrää. Ongelmia esiintyi tärisevässä kuvanlaadussa, viallisissa koordinaattitiedoissa, väärin asetetuissa kuvauskuulmissa sekä väylien pintaa oli ohjeistuksen vastaisesti kuvattu märkinä.

Segmenttipituutena käytettiin 10 metrin pituutta. Analyysin mukaan erittäin huonokuntoista väylää on 267 segmenttiä eli 2,67 kilometriä. Huonokuntoista väylää on 1802 segmenttiä eli 18,02 kilometriä. Tyydyttävää väylä on 6732 segmenttiä eli 67,32 kilometriä. Hyväkuntoista väylää on 17526 segmenttiä eli 175,26 kilometriä sekä erittäin hyväkuntoista väylää 38803 segmenttiä eli 388,03 kilometriä. Kuntoluokkien jakauma on nähtävissä kuvassa 15.

Kuva 15. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen ylläpitämien kävely- ja pyöräilyväylien kuntojakauma.



6.3 Tilannekuvan eroavaisuuden pohdintaa

Pirkanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan kuntojakaumia verratessa voidaan huomata kävely- ja pyöräilyväylien olevan paremmassa kunnossa Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella, jossa huonokuntoisia ja erittäin huonokuntoisia väyliä on 3,18 % analysoidun verkoston pituudesta. Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella huonokuntoisia ja erittäin huonokuntoisia väyliä on 8,53 % analysoidun verkoston pituudesta.

Asiantuntijahaastattelussa tuli ilmi muutamia mahdollisesti eroavaisuuksia selittäviä asioita. Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella kannukaatosausaus ei ole ollut halkeamien korjaustapojen joukossa, toisin kuin Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella, mikä voi olla yksi selittävä tekijä. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella Koillismaalla on ollut myös vuosina 2008–2022 Koillismaan päällysteiden ylläpitourakka, joka on kannukaatosausmannut kaikki ilmenneet kävely- ja pyöräilyväylien halkeamat alueensa väylillä. Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella kannukaatosausausjuotokset nähdään yhtä vakavina kuin väylällä olevat vauriot ja ne koetaan hankaliksi tienkäyttäjien kannalta, mikä on syynä korjaustavan käyttämättömyyteen. Yksittäisten halkeamien annetaan olla alhaisen rahoitustason vuoksi Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella, ellei se ole tienkäyttäjien

turvallisuutta vaarantava. (Pirkanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto, 8.11.2023: Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 13.11.2023)

Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella ongelmana on ennen vuosituhannen vaihdetta rakennetut kävely- ja pyöräilyväylät, jotka on rakennettu ja mitoitettu pohjarakenteeltaan liian heikoksi ja ovat näin alttiita roudan aiheuttamille vaurioille. Kyseisiä väyliä rakennettaessa on laskettu edullisemmaksi tavaksi rakentaa heikommalla pohjarakenteella ja korjata tämän jälkeen aikanaan rikki menevät osuudet kuin olisi rakennettu kestävä rakenne kaikkiin väyliin. Viime vuosituhannen puolella rakennetut kävely- ja pyöräilyväylät ovat myös teknisen ikänsä loppupäässä ja kyseisiä väyliä on suuri osa Pirkanmaan ELY-keskuksen ylläpitämästä kävely- ja pyöräilyväylien verkostosta. Kävely- ja pyöräilyväylien heikkojen pohjarakenteiden kanssa ongelmaa on tosin myös Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella, joista ongelmaksi nostettiin varsinkin Kainuun alueen kävely- ja pyöräilyväylien heikot pohjarakenteet. (Pirkanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto, 8.11.2023: Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 13.11.2023) ELY-keskusten väylissä näkyvät erilaiset historiat, jotka voivat selittää kuntojakaumien eroja.

7 Verkkotason kunnossapitosuunnitelma

7.1 Yhdistelmäsääntöjen luominen

Kunnossapito-ohjelmaa varten 10 metrin segmenttejä täytyy yhdistellä käyttäen yhdistelmäsääntöä, jotta voidaan muodostaa järkeviä päällystyskohteita. Taloudellisesti järkevän päällystyskohteen pituus lähtee noin 100 metrin pituudesta, jos muita kohteita on lähellä ja kustannustehokkaan päällystyskohteen pituus on vähintään 1 kilometri (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 15.11.2023).

Pirkanmaan ELY-keskuksen asiantuntijahaastattelussa asiantuntijat kertoivat tilanteesta, jossa pitkällä päällystyskohteella on 50 metrin osuus, joka ei ole huonokuntoinen, päällystetään myös kyseinen osuus. Tilkkutäkkiä ei haluta rakentaa. (henkilökohtainen tiedonanto, 8.11.2023) Tästä syystä yhdistelysäännön ohjelmaan valittujen segmenttien välisen osuuden mukaan ottamisen maksimipituudeksi asetetaan 50 metriä skenaarioihin 1 ja 2. Vaihtoehtojen punnitsemiseksi skenaarioon 3 asetetaan segmenttien välisen osuuden mukaan ottamisen maksimipituudeksi 40 metriä.

Yhdistelysäännön kuntoindeksin minimiarvoksi asetetaan kaikkiin skenaarioihin 10 metrin segmentin kuntoarvo huono. Väyläviraston kuntoluokitustaulukon mukaan ensisijaisesti korjaustoimenpiteet kohdistetaan tämän kuntoluokan teille (Väylävirasto, 2022b, s. 13).

Skenaarion 1 valittujen segmenttien välisen osuuden mukaan ottamisen kuntoindeksin arvon maksimiksi asetetaan kuntoindeksin arvo tyydyttävä. Väyläviraston kuntoluokitustaulukon mukaan tyydyttäväkuntoisen tien korjaustoimet ovat perusteltuja huonokuntoisten tiejaksojen yhteydessä (Väylävirasto, 2022b, s.13). Skenaarion 2 ja 3 valittujen segmenttien välisen osuuden mukaan ottamisen kuntoindeksin arvon maksimiksi asetetaan kuntoindeksin arvo mikä tahansa arvo. Skenaarioiden 2 ja 3 avulla halutaan mallintaa tilannetta missä yksi tyydyttävää parempi 10 metrin segmentti ei katkaise päällystyskohteen luontia. Tarkasta konenäköanalyysin avulla tuotetusta kuntodatasta halutaan hyötyä mahdollisimman paljon, joten tätä varten segmentin minimipituudeksi asetetaan 20 metriä kaikkiin skenaarioihin. Tässä opinnäytetyössä käytetty yhdistelysääntö eri skenaarioineen on kokonaisuudessaan nähtävissä taulukossa 3.

Taulukko 3. Opinnäytetyössä käytetyt yhdistelysäännöt eri skenaarioissa.

Yhdistelysääntö	Skenaario 1	Skenaario 2	Skenaario 3
Kuntoindeksin minimiarvo	Huono	Huono	Huono
Segmentin minimipituus	20 metriä	20 metriä	20 metriä
Ohjelmaan valittujen segmenttien välisen osuuden mukaan ottamisen maksimipituus	50 metriä	50 metriä	40 metriä
Ohjelmaan valittujen segmenttien välisen osuuden mukaan ottamisen kuntoindeksin arvon maksimi	Tyydyttävä (lopetussegmentin pituus 10 metriä huono tai erittäin huono)	Mikä vaan (lopetussegmentin pituus 10 metriä huono tai erittäin huono)	Mikä vaan (lopetussegmentin pituus 10 metriä huono tai erittäin huono)

7.2 Rajoittamaton ja rajattu verkkotason suunnitelma Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella

Rajoittamaton raakadataan perustuva päällystysohjelma 10 metrin segmenttipituudella Pirkanmaan ELY-keskuksen alueelle on SirWay Oy:n hallintajärjestelmän mukaan 34,73 kilometriä pitkä eli noin 8,54 % analysoidusta väyläverkosta. Päällystyskustannukset olisivat

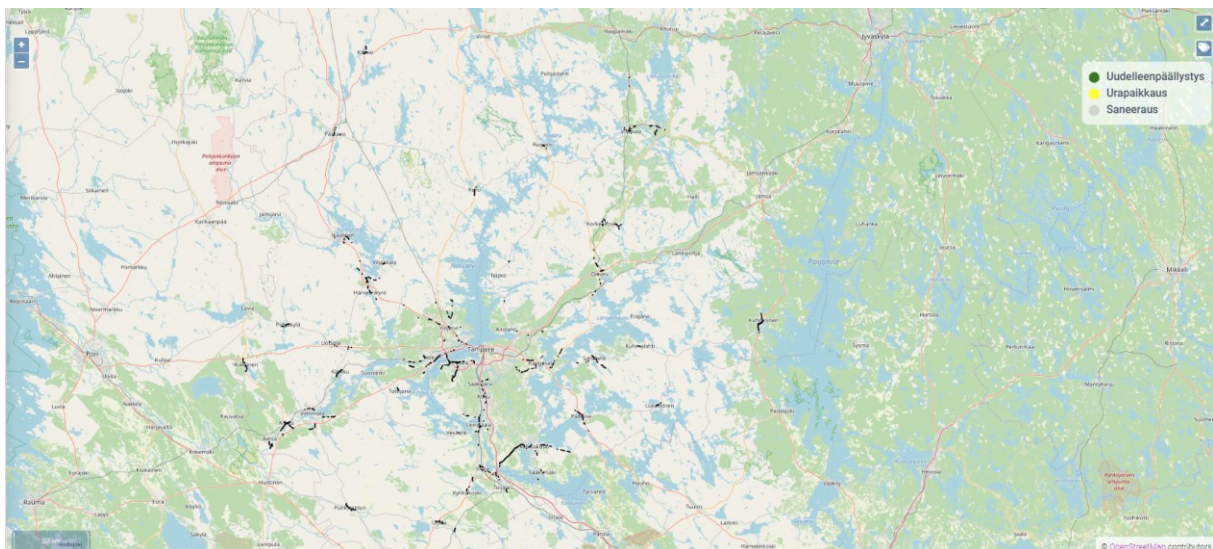
noin 1 563 000 euroa. Raakadetaan perustuvassa päällystysohjelmassa päällystetään vain segmentit, joiden kuntoarvo on huono tai erittäin huono. Raakadetaan perustuvassa päällystysohjelmassa ei ole käytössä segmenttien yhdistelyä.

Rajoittamattoman raakadetaan perustuvan kunnossapito-ohjelman hinta on noin 184 700 euroa. Kunnossapito-ohjelmassa korjattaisiin kaikki päällystysohjelman ulkopuolelle jäävät reiät, leveät halkeamat, pitkittäis- ja poikittaishalkeamat sekä suurimmat verkkohalkeamat. Summa ei sisällä kannukaatosaumauksiin kuluva kulu yksittäisille kapeille pitkittäis- ja poikittaishalkeamille, sillä kyseinen toimenpide ei ole Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella käytössä. Analysoidun kävely- ja pyöräilyverkon päällystysohjelman ulkopuolelle jäävien reikien ja leveiden halkeamien yhteenlaskettu pinta-ala on noin 2525 neliometriä. Rajoittamattoman raakadetaan perustuvan päällysteohjelman päällystyskohteiden sijoittuminen kartalle on nähtävissä kuvassa 16 ja kunnossapito-ohjelman tarkemmat tiedot taulukossa 4.

Taulukko 4. Pirkanmaan ELY-keskuksen kunnossapito-ohjelma

Pirkanmaan ELY-keskuksen rajoittamaton kunnossapito-ohjelma			
	Pienet paikkaukset	Massapinta	Yhteensä
Kustannus (€)	63 182	121518,60	184 700,60
Pinta-ala (m ²)	2 524,88	4860,24	7 385,12

Kuva 16. Kuvakaappaus Pirkanmaan ELY-keskuksen rajoittamattoman raakadetaan perustuvan päällysteohjelman kohteiden sijoittumisesta kartalle SirWay Oy:n hallintajärjestelmässä.



Yhdistelysäännön eri skenaarioiden avulla luotujen Pirkanmaan ELY-keskuksen kävely- ja pyöräilyväylien verkoston rajoittamattoman päällystysohjelman pituus vaihteli hiukan. Lyhyin päällystysohjelma on skenaario 1 mukaan luotu päällystysohjelma noin 38 kilometrin pituudellaan. Skenaarion 1 arvioitu hinta on noin 1 710 000 euroa. Pisin ohjelma muodostuu skenaarion 2 perusteella, jonka mukaan tehty päällystysohjelma on noin 45 kilometriä. Skenaarion 2 arvioitu hinta on noin 2 025 000 euroa. Skenaarion 3 mukainen päällystysohjelma asettuu pituudellaan skenaarioiden 1 ja 2 väliin noin 41 kilometrin pituudellaan. Skenaarion 3 arvioitu hinta on noin 1 843 000 euroa. Eri skenaarioiden pituudet ja arvioidut hinnat ovat nähtävissä taulukossa 5. Yhdistelysääntöjen mukaiset rajoittamattomat päällystysohjelmat ovat nähtävissä kuvissa 17, 18 sekä 19.

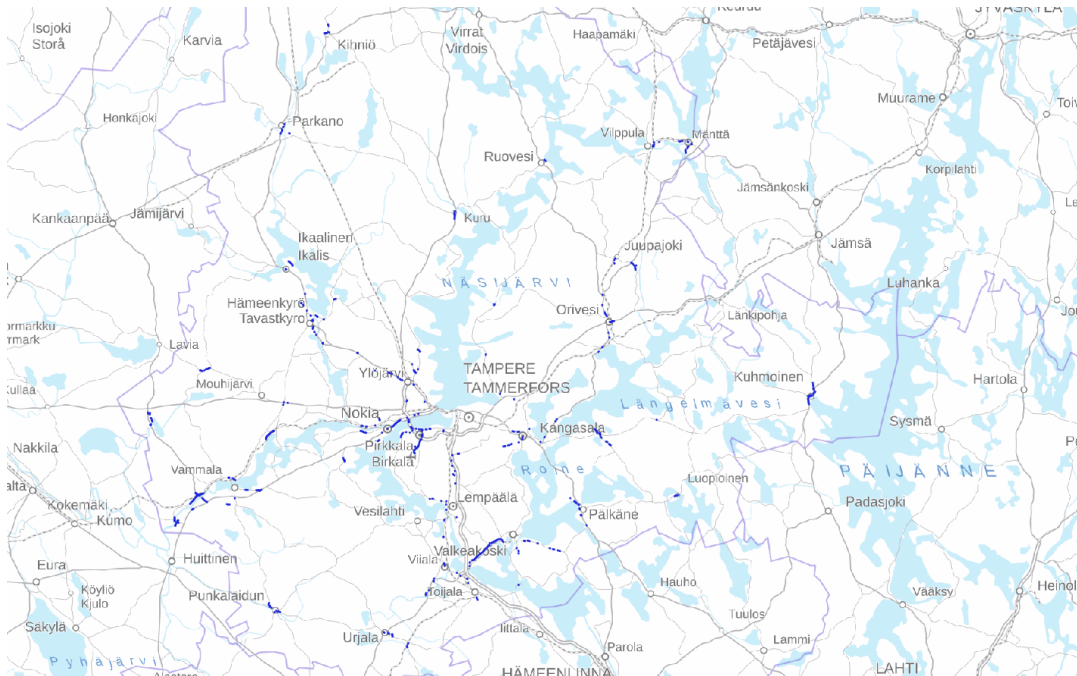
Taulukko 5. Pirkanmaan ELY-keskuksen rajoittamattomat päällystysohjelmien pituudet ja hinnat eri skenaarioilla.

Pirkanmaan ELY-keskus				
Rajoittamaton päällystysohjelma				
Skenaario	Raakadata	1	2	3
Kilometrit	34,73	37,99	44,99	40,95
Hinta (€)	1 562 850	1 709 640	2 024 730	1 842 795

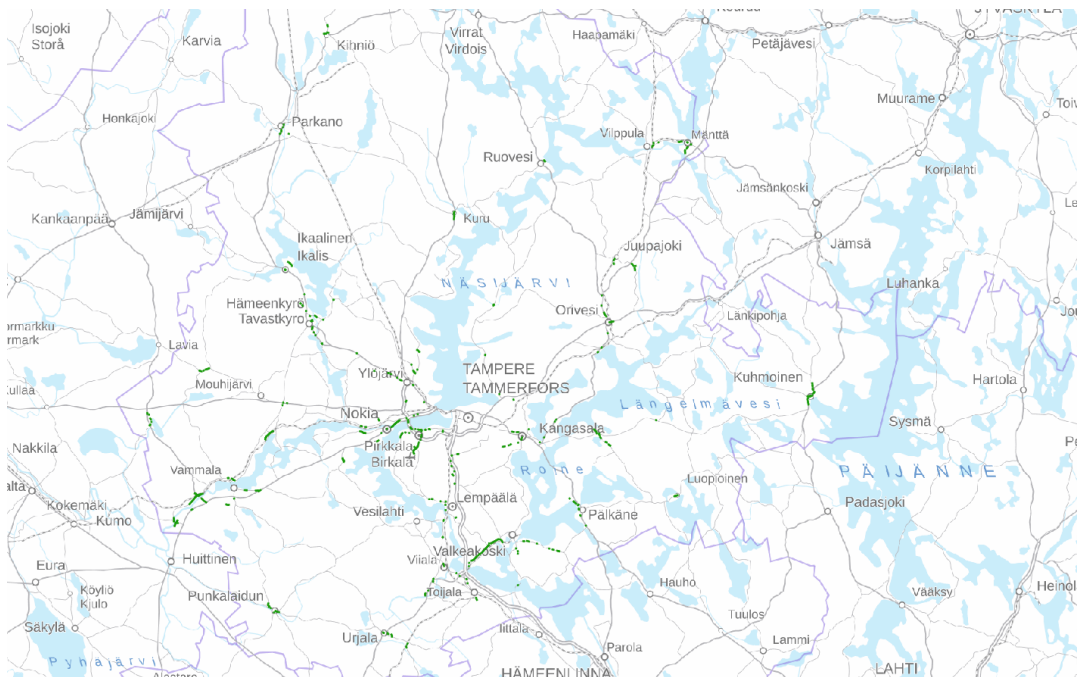
Kuva 17. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 1 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pirkanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).



Kuva 18. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 2 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pirkanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).



Kuva 19. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 3 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pirkanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).

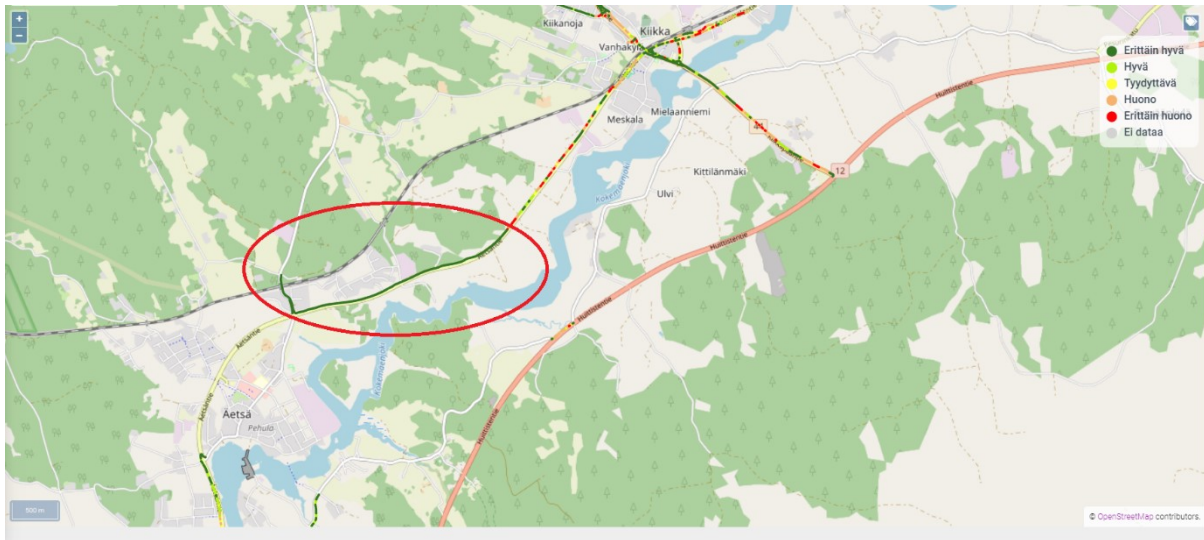


Lähtökohtana Pirkanmaan rajoitetulle suunnitelmalle oli suunnitella päällystysohjelma tietyille rajatulle maantieteelliselle alueelle, jotta päällystystöihin käytetyn henkilöstön ja kaluston siirtokulut olisivat mahdollisimman pienet. Samalla voidaan päällystää myös hiukan lyhyempiä kohteita, sillä kohteiden välinen välimatka pysyy suhteellisen lyhyenä. Kerätyssä datassa nousee esiin Sastamalan alueella olevien väylien huono kunto. Sastamalan alueella varsinkin entisen Äetsän kunnan alueella syntyy kaikilla yhdistelysäännöillä useita päällystyskohteita lähes koko väylien pituuden mitalta. Lähemmän tarkastelun ja datan läpikäynnin jälkeen voidaan todeta yhdistelysääntöjen muodostamien päällystyskohteiden olevan todellisessa päällystykseen tarpeessa. Päällystyskohteet sijaitsevat lähes kaikki taajama-alueella, joten käyttäjien määrän näkökulmasta kohteiden päällystäminen on myös järkevää. Muodostettujen päällystekohteiden pituus on noin 5200 metriä. Päällystyskohteiden pituuden keskiarvo on 174,2 metriä. Linkillä 70249456, joka sijaitsee Kiikan ja Pehulan välillä puuttuu mittaustietoa lähes 3 kilometriä. Todennäköisesti myös tällä mittaamattomalla väylällä on tarvetta päällystykseen, joten päällystysohjelman pituus on todennäköisesti noin 7 kilometriä. Mittaamattoman väylän sijainti on nähtävissä kuvassa 21. Päällystekohteiden tiedot näkyvät liitteessä 2 ja sijoittuminen kartalla kuvassa 20. Tässä yhdistelyssä käytettiin yhdistelysääntöä 2.

Kuva 20. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta rajatusta päällystysohjelmasta Sastamalan alueelle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).



Kuva 21. Kuvakaappaus SirWay Oy:n hallintajärjestelmästä, jossa mittaamaton osuus on ympyröitynä.



7.3 Rajoittamaton ja rajattu verkkotason suunnitelma Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella

Rajoittamaton raakadetaan perustuva päällystysohjelma 10 m segmenttipituudella Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueelle on SirWay Oy:n hallintajärjestelmän mukaan 20,55 kilometriä pitkä eli noin 3,17 % analysoidusta väyläverkosta. Päällystyskustannukset olisivat noin 925 000 euroa. Koko verkoston pituuteen suhteutettuna rajoittamaton päällystysohjelma olisi noin 22,44 kilometriä ja päällystyskustannukset olisivat noin 1 002 000 euroa.

Raakadataan perustuvassa päällystysohjelmassa päällystetään vain segmentit, joiden kuntoarvo on huono tai erittäin huono. Raakadataan perustuvassa päällystysohjelmassa ei ole käytössä segmenttien yhdistelyä.

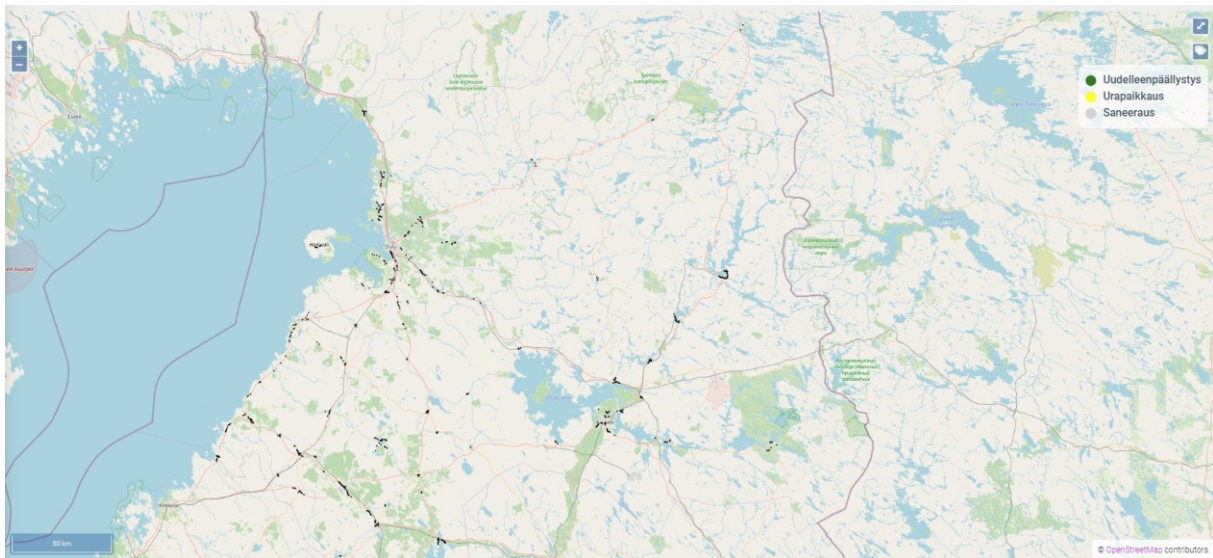
Rajoittamattoman raakadataan perustuva kunnossapito-ohjelman hinta on noin 203 000 euroa. Kunnossapito-ohjelmassa korjattaisiin kaikki päällystysohjelman ulkopuolelle jäävät reiät, leveät halkeamat, pitkittäis- ja poikittaishalkeamat sekä suurimmat verkkohalkeamat. Pohjois-Pohjanmaan kunnossapito-ohjelma sisältää kannukaatosaumauksen toimenpiteen. Analysoidun kävely- ja pyöräilyverkon päällystysohjelman ulkopuolelle jäävien reikien ja leveiden halkeamien yhteenlaskettu pinta-ala on noin 1927 neliometriä. Koko verkoston pituuteen suhteutettuna rajoittamattoman kunnossapito-ohjelman kustannukset ovat noin 220 000 euroa. Rajoittamattoman raakadataan perustuvan päällysteohjelman

päällystyskohteiden sijoittuminen kartalle on nähtävissä kuvassa 22 ja kunnossapito-ohjelman tarkemmat tiedot taulukossa 6.

Taulukko 6. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rajoittamaton kunnossapito-ohjelma.

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rajoittamaton kunnossapito-ohjelma				
	Kannukaatosauaus	Pienet paikkaukset	Massapinta	Yhteensä
Kustannus (€)	10 650,70	48 261,60	143 677,90	202 590,20
Skaalattu kustannus (€)	11 545,36	52 315,57	155 746,84	219 607,77
Pinta-ala (m ²)	4 300,19	1 927,10	5746,81	11 974,10
Skaalattu pinta-ala (m ²)	4 661,40	2 088,98	6 229,54	12 979,92

Kuva 22. Kuvakaappaus Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rajoittamattoman raakadataan perustuvan päällystysohjelman kohteiden sijoittumisesta kartalle SirWay Oy:n hallintajärjestelmässä.



Yhdistelysäännön eri skenaarioiden avulla luotujen Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen kävely- ja pyöräilyväylien verkoston rajoittamattoman päällystysohjelman pituus vaihteli hiukan. Pohjois-Pohjanmaan osalta laskettiin myös suhteutettu hinta ja kilometrit, jossa tulokset on suhteutettu koko verkoston pituuteen.

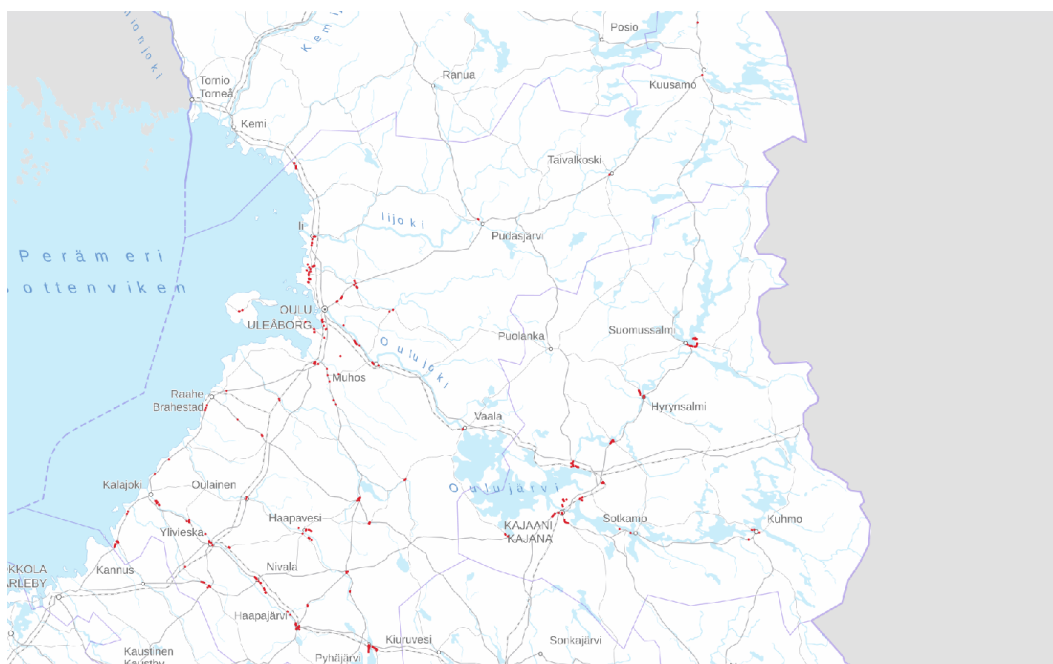
Pituudeltaan lyhyin päällystysohjelma on skenaario 1 mukaan luotu päällystysohjelma noin 20 kilometrin pituudellaan ja suhteutettuna noin 21,5 kilometrin pituudellaan. Skenaario 1 mukaiset kilometrit alittavat myös raakadataan perustuvan pituuden, toisin kuin Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella. Skenaarion 1 arvioitu hinta on noin 884 000 euroa ja suhteutettuna noin 965 000 euroa. Pisin ohjelma muodostuu skenaarion 2 perusteella, jonka mukaan tehty

päällystysohjelma on noin 24 kilometriä ja suhteutettuna noin 26 kilometriä. Skenaarioiden 2 arvioitu hinta on noin 1 085 000 euroa ja suhteutettuna 1 185 000 euroa. Skenaarioiden 3 mukainen päällystysohjelma asettuu pituudellaan skenaarioiden 1 ja 2 väliin noin 21,5 kilometrin pituudellaan. Skenaarioiden 3 arvioitu hinta on noin 996 000 euroa ja suhteutettuna noin 1 055 000 euroa. Eri skenaarioiden pituudet ja arvioidut hinnat ovat nähtävissä taulukossa 7. Yhdistelysääntöjen mukaiset rajoittamattomat päällystysohjelmat ovat nähtävissä kuvissa 23, 24 sekä 25.

Taulukko 7. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rajoittamattomat päällystysohjelmien pituudet ja hinnat eri skenaarioilla.

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus				
Rajoittamaton päällystysohjelma				
Skenaario	Raakadata	1	2	3
Kilometrit	20,55	19,65	24,12	21,47
Kilometrit suhteutettuna	22,44	21,46	26,34	23,44
Hinta (€)	924 660	884 160	1 085 445	966 240
Hinta suhteutettuna (€)	1 002 331	965 475	1 185 273	1 055 104

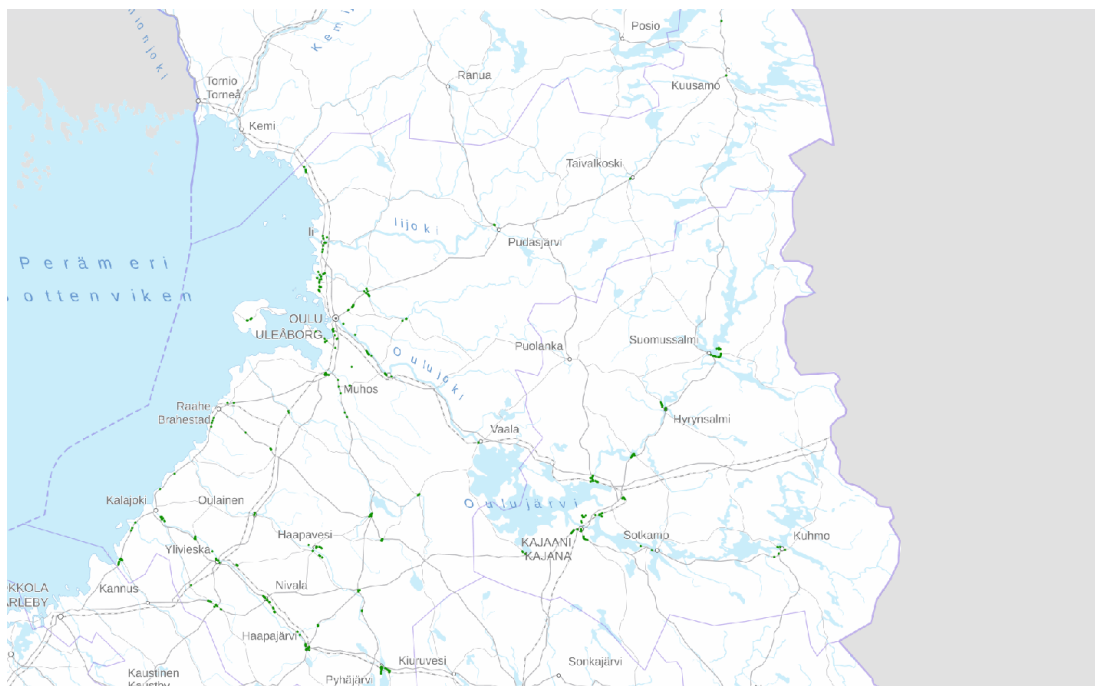
Kuva 23. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 1 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).



Kuva 24. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 2 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).



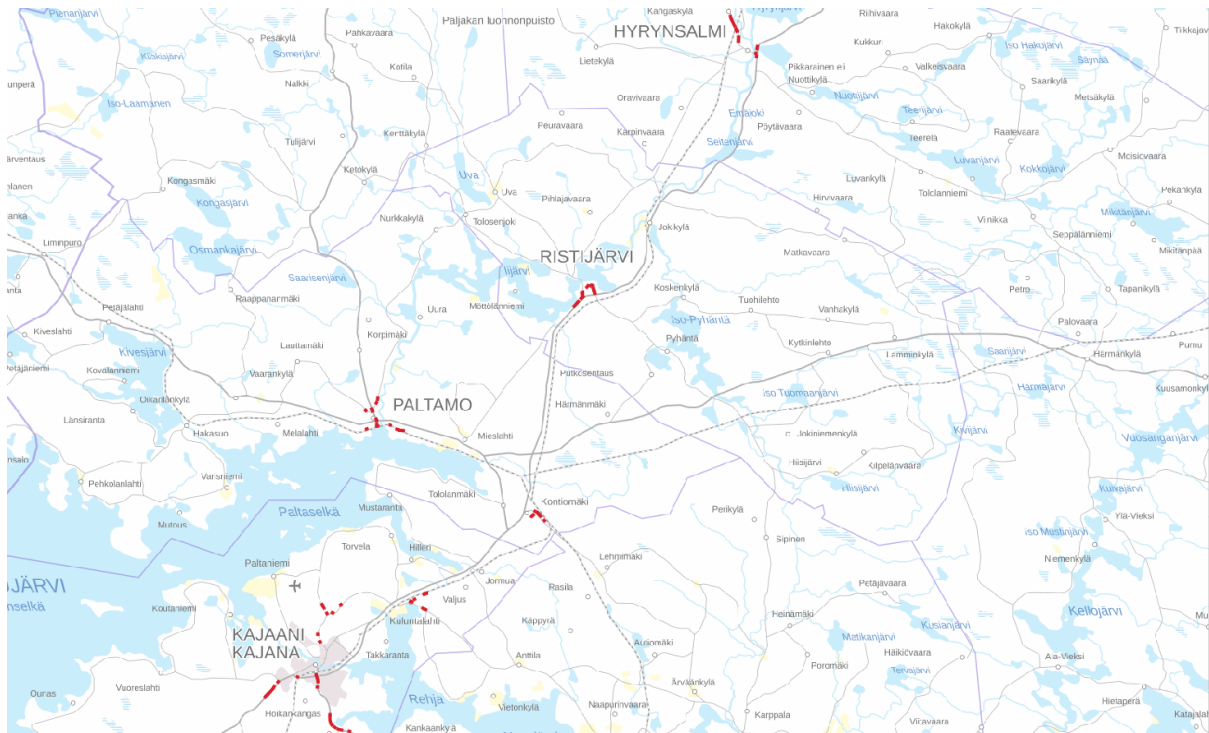
Kuva 25. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta yhdistelysäännön 3 mukaisesta rajoittamattomasta päällystysohjelmasta Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen verkolle (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).



Lähtökohtana Pohjois-Pohjanmaan rajatulle suunnitelmalle oli suunnitella päällystysohjelma tietyille rajatulle maantieteelliselle alueelle, jotta päällystystöihin käytetyn henkilöstön ja kaluston siirtokulut olisivat mahdollisimman pienet. Samalla voidaan päällystää myös hiukan lyhyempiä kohteita, sillä kohteiden välinen välimatka pysyy suhteellisen lyhyenä.

Päällystysohjelman luominen osoittautui haasteelliseksi, sillä yhdistelysäännön perusteella luotujen päällystyskohteiden maantieteellinen hajaantuminen on huomattavasti laajempaa verrattuna Pirkanmaan kohteisiin. Kohteiden keskipituudet ovat myös lyhyempiä verrattuna Pirkanmaan kohteisiin. Lyhyempi keskipituus johtuu oletettavasti Pohjois-Pohjanmaan kävely- ja pyöräilyväylien verkon paremmasta kunnosta verrattuna Pirkanmaan ELY-keskuksen verkkoon. Datassa nousi esille Kainuun alue, jonka alueen kävely- ja pyöräilyväylillä esiintyy paljon poikittais- ja pitkittäishalkeamia sekä leveitä halkeamia. Päällystysohjelman pituus on 4926 metriä. Yhdistelysäännön perusteella muodostetut päällystyskohteet rajatussa suunnitelmassa ovat keskiarvoltaan 82,1 metriä pitkiä. Päällystyskohteet sijoittuvat pääosin taajama-alueelle, joten tienkäyttäjien määrän kannalta kohteiden päällystäminen on myös järkevää. Päällystekohteiden tiedot näkyvät liitteessä 3 ja sijoittuminen kartalla kuvassa 26. Tässä yhdistelyssä käytettiin yhdistelysääntöä 2.

Kuva 26. QGIS-ohjelman avulla luotu kartta Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rajatusta päällystysohjelmasta (Taustakartta: Maanmittauslaitos, n.d.).



7.4 Korjauskohteiden löytäminen ja muodostaminen

Päällystyskohteita voidaan löytää yhdistelysääntöjä käyttämällä. Yhdistelmäsäännön muodostamia päällystyskohteita voidaan havainnoida visuaalisesti viemällä päällystyskohteiden koordinaattitiedostot paikkatieto-ohjelmistoon, esimerkiksi QGIS-ohjelmistoon.

Yhdistelysäännön muodostamia päällystyskohteita pystytään myös analysoimaan SirWay Oy:n tuottamalla Excel-tiedostolla, jossa on merkittynä päällystyskohteen kuntotiedot, pituus, päällystysarvioitu kustannus sekä sijainti. Esimerkkikuva SirWay Oy:n tuottamasta Excel-tiedostosta on nähtävissä kuvassa 27. Kunnossapito- ja paikkauskohteiden löytämistä käsitellään prosessikuvauksen yhteydessä luvussa 8.1.2

Kuva 27. Kuvakaappaus SirWay Oy:n tuottamasta Excel-tiedostosta, jossa nähtävissä Pirkanmaan ELY-keskuksen yhdistelysäännön 2 mukaiset päällystyskohteet kohteen hinnan mukaan järjestettynä.

link_id	grp	pavement_width	ci_avg	ci_sum	start_m	end_m	length_m	cost	Metrih	hinta
70304470	541	3	11,40	1652.9668693590	370	2050	1680	47880	36	60480
70304454	529	3	12,31	2657.7800105375	2960	4519	1559	48924	36	56124
70304454	527	3	14,77	2658.5205773370	1660	2850	1190	37080	36	42840
70308405	597	3	11,74	838.4835	3530	4190	660	21240	36	23760
82819425	1145	3	5,72	306.2700	170	810	640	19440	36	23040
70012456	89	3	9,57	700.1917792575	4110	4740	630	19440	36	22680
70308405	585	3	5,87	524.2475	1180	1810	630	21240	36	22680
84191451	1467	3	6,41	287.3150	0	550	550	16200	36	19800
84332460	1509	3	9,35	434.088349823001435	0	540	540	15840	36	19440
70308405	595	3	8,61	557.7445	2840	3370	530	17280	36	19080
70249453	361	3	5,89	294.9205	20	490	470	15840	36	16920
72501485	757	3	6,92	304.7280	790	1260	470	15120	36	16920
70058466	213	3	5,54	237.8020	350	800	450	13680	36	16200
70307460	579	3	4,67	168.9120	7450	7900	450	14040	36	16200
73022451	989	3	10,01	587.860817464	5290	5730	440	14400	36	15840
70012456	87	3	9,02	350.8787520550	3630	4040	410	12960	36	14760
70304415	491	3	13,23	982.2040836760	20	430	410	13320	36	14760
70044403	141	3	5,82	266.2990	30	430	400	13680	36	14400
82981460	1201	3	4,26	172.5140	160	560	400	12960	36	14400
83771410	1323	3	8,75	271.5959911035	0	380	380	11160	36	13680
82819426	1145	3	10,68	541.8512929980	0	370	370	11880	36	13320
70044403	143	3	7,30	263.5225	820	1180	360	11520	36	12960

7.5 Erilaisia suunnitteluvaihtoehtoja

Markku Knuuti, Konsta Sirvio sekä Tiit Kaal ovat selvittäneet eri suunnitteluperiaatteita T-OMHA / Kävely- ja pyöräilyväylien kunnonhallinnan projektiraportissa 2, joka ei ole opinnäytetyön kirjoitushetkellä julkisesti saatavilla. Raportissa nostettiin esille kolme priorisointivaihtoehtoa päällystyskohteiden suunnittelua varten. Vaihtoehdot ovat priorisointi

talvihoitoluokan, palvelutasoindeksiin tai asutustiheyden mukaan. (AFRY Finland Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 2023)

Esimerkiksi Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella tavoitteena on tehdä korjauksia 7 kilometriä vuodessa kävely- ja pyöräilyväylille (Pirkanmaan ELY-keskus, 2023). Todellisen korjaustarpeen ollessa paljon suurempi kuin mitä pystytään korjaamaan, voidaan eri suunnitteluvaihtoehtojilla painottaa ympäristön tai kävely- ja pyöräilyväylän tiettyjä haluttuja ominaisuuksia mitä halutaan priorisoida.

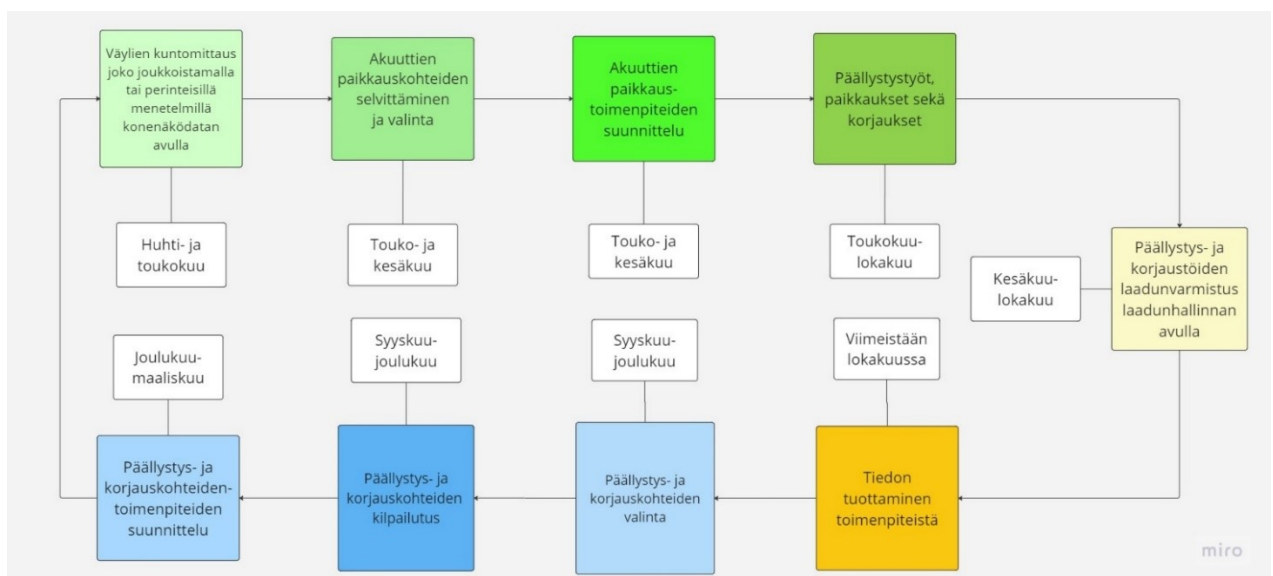
8 Kunnossapidon projektitason suunnittelu

8.1 Prosessikuvaus

Tämän opinnäytetyönä pääpainona on luoda prosessikuvaus ELY-keskusten päällystystöistä vastaaville asiantuntijoille prosessista, jossa kävely- ja pyöräilyväylien inventointi suoritetaan konenäköanalyysin avulla. Prosessikuvausta asiantuntijat voivat jatkossa hyödyntää työssään kävely- ja pyöräilyväyläverkoston kunnossapidon suunnittelussa sekä päällystys-, paikkaus- ja korjauskohteiden valinnassa muiden työkalujen ohella.

Prosessikuvaus on jaettu yhdeksään eri osa-alueeseen. Prosessikaavio on nähtävissä kuvassa 28 ja prosessikuvaus kokonaisuudessaan liitteenä 4.

Kuva 28. Prosessikaavio toimenpiteistä.



8.1.1 Väylien kuntomittaus joko joukkoistamalla tai perinteisillä menetelmillä konenäködatan avulla

Päälystyskohteiden valinnan prosessi aloitetaan mittaamalla kävely- ja pyöräilyväylät keväisin huhti- ja toukokuussa. Väylien mittaaminen käy tehokkaasti ja nopeasti konenäköanalyysia hyödyntävän järjestelmän avulla, joko perinteisin menetelmin tai joukkoistamista hyödyntämällä. Konenäkömallia käytettäessä on erityisen tärkeitä varmistaa, että kuvattu aineisto on ohjeiden mukaan kuvattu ja kuvalaatu on laadukasta. Tämä tulee erityisesti varmistaa, jos aineisto kerätään joukkoistamisen avulla.

Mittaus kannattaa suorittaa niin pian kuin mahdollista sen jälkeen, kun lumet ovat sulaneet ja hiekoitushiekat harjattu pois kävely- ja pyöräilyväyliltä. Näin kerättyä tietoa pystytään eniten hyödyntämään ajallisesti, kun lähdetään päättämään akuutteja parantamis- ja paikkaustarpeita paikkausohjelmaan. Mittauksista on oltava tehtynä mittaus- ja laatusuunnitelma, jolla varmistetaan mittauksen onnistuminen.

8.1.2 Akuuttien paikkauskohteiden selvittäminen ja valinta

Mittausten jälkeen suoritetaan akuuttien paikkauskohteiden valinta touko- ja kesäkuussa. Kohteiden löytämiseen voi käyttää työkaluina esimerkiksi SirWay Oy:n kehittämää hallintajärjestelmää, josta kerrotaan enemmän luvussa 8.2 tai esimerkiksi Excel-tiedostona olevaa segmenttistausta, jonka avulla voidaan suodattaa vaurioituneet kohdat (kuva 29). Segmenttiedostossa on merkittynä linkin numero, segmentin pituus, esimerkkikuvan tiedostonimi, vaurioitunut pinta-ala eri vaurioluokkineen eroteltuna sekä segmentin koordinaatit. Näiden tietojen avulla vaurion paikallistaminen on helppoa. Kohteiden valintaan kannattaa myös hyödyntää tienkäyttäjien palautteita, edellisvuosien mittaustietoja sekä muita saatavilla olevia tietolähteitä.

Kuva 29. Kuvakaappaus Pirkanmaan mitattujen segmenttien Excel-tiedostosta, joissa reiät suodatettu vauriopinta-alaltaan suuruusjärjestykseen.

A	D	E	F	H	I	J	T	V	AH	AI
link_id	start_m	end_m	length	map_link	Vauriaindeksi	pavement_condition_cv	moderate_pothole_cv	edge_deterioration_left_cv	Latitude	Longitude
81319485	2280	2290	10	0548e8fb-494b-4721-a8ed-4754b035f51a-07714.jpg	73,443	15,363	14,47	0,144	61.766701641139006	23.0803909393136404
84332460	130	140	10	2402f505-b548-4293-8d12-814937967e84-02387.jpg	61,95620643	18,05910288	10,97427589	0	62.0097699312786	24.6383399
72481401	30	40	10	325590d9-38ef-4a1f-9a56-d0138d869cd0-03352.jpg	50,265	12,938	8,528	0,573	61.26753342348949	22.692081008325623
70347420	1930	1940	10	7323a066-95e5-4247-aa40-3e70b8a642ab8-00793.jpg	41,60496319	8,326611643	8,307881626	0	62.0286216	24.6452605
70308455	190	200	10	ca70361-3f33-4279-9a23-2a6802273558-02848.jpg	43,821	10,829	8,293	0,247	61.4470120972107	23.6370766817093
72505404	140	150	10	57949d26-7626-4eae-8e0c-9a9b29a255e-02955.jpg	51,100	14,94	7,962	0	61.44853039795457	23.050494939325784
72481401	40	50	10	325590d9-38ef-4a1f-9a56-d0138d869cd0-03400.jpg	45,681	20,232	5,284	0,126	61.26753300409005	22.691881145681258
70054660	60	70	10	93110930-f996-4d85-b6ef-2977e025f875-05840.jpg	24,859	4,991	4,967	0	61.5301163607644	23.635630367883543
72470215	60	70	10	6636d992-30b1-4d4f-8b07-265a0c29a0e8-05128.jpg	23,428	4,756	4,668	0	61.44465702381743	22.572321024298857
70347420	2770	2780	10	2856a9f5-5104-4519-9f7d-37aa237b540a-00192.jpg	24,5706539	6,091152286	4,620978275	0,390	61.2051746554023	24.6598235
83705453	1560	1570	10	89d2937b-5f05-4b35-8264-b144868cc9a-02048.jpg	30,2575	7,938	4,203	0,035	61.07878625866129	23.56466794950889
70304470	400	410	10	fb237ad-04e-4000-8722-33c0720baef-0a048.jpg	42,2300149	25,4191217	4,202721947	0,01263048	61.2661766	23.954949
70130430	3010	3020	10	cc2e2ebc-291d-4bd4-bc78-e811d2072845-01904.jpg	25,614	5,541	4,147	0	61.4015511283403	23.7624666311792
7003498	250	260	10	eac4321-eca5-4f0d-b004-4eca360db8e-01424.jpg	20,3032146	4,887012643	3,837192204	0,088335389	62.0081102	23.0144176965575
70230440	10	20	10	36801a8-fb27-4ba5-8f0f-20a0aca1c35d-00144.jpg	24,848	8,599	3,666	0,283	61.117848862458186	23.8295304985572
70249456	3290	3300	10	c70eada2-e514-4908-a410-36f0d0cbf41-00544.jpg	23,052	8,848	3,496	0	61.30594345719829	22.7505977828668
70130430	2950	2960	10	cc2e2ebc-291d-4bd4-bc78-e811d2072845-02280.jpg	17,3825	3,508	3,403	0	61.40111775703869	23.76572713485972
72505404	190	200	10	57949d26-7626-4eae-8e0c-9a9b29a255e-01171.jpg	23,186	8,795	2,314	0,027	61.448535405786255	23.05701096778347
84332460	140	150	10	2402f505-b548-4293-8d12-814937967e84-02376.jpg	23,10356046	10,2388798	3,216170165	0,04704114	62.0098968857327	24.6383219
81319485	2560	2570	10	f8995c7e-999e-4e75-b596-70e47bf3af4-00608.jpg	16,627	4,239	2,957	0	61.767799911465376	23.076300659932546
70304419	510	520	10	c887849d-101f-4576-9a60-4159f5a7296d-04592.jpg	18,42132737	6,024069371	2,876709599	0	61.26203155062652	23.942179665286464
71230440	720	730	10	9d80cdef-9074-4741-9e9d-439f9e6bfff-00296.jpg	35,4415	10,539	2,85	0,056	61.45496361655499	24.37824788874828
70044403	2430	2440	10	a320b0dc-f840-4f99-9322-04f701b90ee9-00912.jpg	17,814	6,519	2,82	0	61.31828992715346	22.7794934532217
70012452	240	250	10	607b7a43-9e13-451d-9976-c20b16181a9-01904.jpg	17,0485	5,930	2,770	0	61.2941329178181	22.760788224058206
84332460	480	490	10	2402f505-b548-4293-8d12-814937967e84-01745.jpg	26,38929023	15,59279626	2,699122502	1,202900067	62.013249	24.6386396
73291651	770	780	10	05ca9d6-73a7-41c1-9e1d-2951ba8f50ba-03864.jpg	13,444	2,944	2,625	0	61.574288965995976	25.17526191263577
7003498	230	240	10	eac4321-eca5-4f0d-b004-4eca360db8e-01200.jpg	14,802	5,034	2,442	0,009	62.00794832648286	23.01424591173942
84332460	1120	1130	10	2402f505-b548-4293-8d12-814937967e84-00873.jpg	12,1794523	3,450921803	2,182130856	0	62.0170938	24.6433191
73002455	670	680	10	c0fbf059-1459-4f66-9302-f72e053728-01680.jpg	10,68904573	2,216327999	2,18179433	0	61.69890104273825	23.1821067516834
84332460	120	130	10	2402f505-b548-4293-8d12-814937967e84-02410.jpg	20,38016878	8,443848673	2,106828171	1,302703864	62.00964261740855	24.6383603
70054660	80	90	10	4f7a61a2-4988-402e-b1b6-4ae8ff4c058-00826.jpg	10,34427421	2,16600382	2,044567598	0	61.108181	23.6857771
70304470	1470	1480	10	d08ca0b0-7e17-4968-9955-fd591338d88f-01408.jpg	30,80744788	22,79541582	2,003008015	3,625186222	61.267630369581765	23.97153468850387
81319485	2300	2310	10	b548e8fb-494b-4721-a8ed-4754b035f51a-07936.jpg	19,107	10,524	1,997	0	61.76693013155609	23.08040236277817
73002456	1730	1740	10	0a1c5d21-a540-431e-ba80-164c99c19d1-06830.jpg	10,495	2,899	1,899	0,994	61.66820411639984	23.20079251928515
70304938	700	710	10	04cc1b40-3383-4c68-9e70-f3b3470ebdb8-01328.jpg	12,239	3,346	1,812	0,298	61.2153172886656	23.75402348561727

Excel-tiedostossa tiedostonimenä näkyvän segmentin esimerkkikuvan avulla voidaan tarkastella kyseisen segmentin vaurioita. Kuvassa 30 on kuvassa 29 näkyvän suurimman reiän vauriopinta-alaltaan sisältävän segmentin esimerkkikuva, josta voidaan todeta reiän olevan erittäin laaja ja päällysten irronneen kokonaan laajalta alueelta ja väylän vaativan välitöntä korjaamista.

Kuva 30. Suurimman reiästä vauriopinta-alaltaan sisältävän segmentin esimerkkikuva Pirkanmaalta (AFRY Finland Oy).



8.1.3 Akuuttien paikkaustoimenpiteiden suunnittelu

Akuuttien paikkauskohteiden selvittämisen ja valinnan jälkeen suunnitellaan akuuteille paikkauskohteille tehtävät toimenpiteet touko- ja kesäkuussa. Yhtä oikeaa paikkausmenetelmää ei ole, vaan oikea työmenetelmä on usein tapaus- ja tiekohtainen.

Toimenpiteiden suunnittelua varten on hyvä tarkastella kohteesta otettuja valokuvia ja tehdä maastokäyntejä kohteille. Paikkausurakoitsijan näkemyksiä voidaan myös hyödyntää oikean toimenpiteen selvittämisessä.

8.1.4 Päälystys-, paikkaus- sekä korjaustyöt, töiden laadunvarmistus laadunhallinnan avulla sekä tiedon tuottaminen toimenpiteistä

Kohteiden ja toimenpiteiden valinnan jälkeen on vuorossa päälystys-, paikkaus- sekä korjaustyöt touko-lokakuussa. Päälystys- ja korjaustöiden laadunvarmistus on erittäin tärkeätä, sillä huonosti korjattu tai päälystetty kohde aiheuttaa väylän nopean uudelleenrikkoutumisen, joka merkitsee turhaan käytettyjä resursseja. Laadunvarmistus tulee suorittaa laadunhallinnan avulla kesä-lokakuussa. Laadunhallinta sisältää urakoitsijan dokumentoinnin, tutkimuksen sekä mittauksen osoittaman työnlaadun ja tilaajan suorittamat mittaukset, valvonnan sekä tutkimukset (Pirkanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 13.12.2023).

Kun töiden laadunhallinta on varmistettu, tuotetaan tieto tehdyistä toimenpiteistä viimeistään lokakuussa. Päälystysohjelman toteumalomake (POT-lomake) viedään Velhoon. Paikkauskohteiden tieto viedään Harjaan, josta tieto siirtyy edelleen Velhoon sekä YHA:an. Päälystys- ja korjausurakoitsijat ovat vastuussa tiedon tuottamisesta.

8.1.5 Päälystys- ja korjauskohteiden valinta

Toimenpiteistä tuotetun tiedon jälkeen syys-joulukuussa aloitetaan valitsemaan seuraavan vuoden päälystys- ja korjauskohteita. Päälystys- ja korjauskohteita valittaessa hyödynnetään keväällä tehdyn konenäköanalyysin tuloksia. SirWay Oy:n kehittämää hallintajärjestelmää ja Excel-tiedostona olevaa segmenttilistausta kuntotietoineen kannattaa hyödyntää myös kohteita valittaessa. Käytettävissä olevia resursseja suositellaan priorisoitavaksi päälystys- ja korjauskohteita valittaessa siten että turvallisuutta välittömästi vaarantavat korjataan ensimmäiseksi tai paikataan vaurioon soveltuvalla

paikkausmenetelmällä. Tämän jälkeen suositellaan priorisoimaan kävely- ja pyöräilyväyliä, joilla on eniten tienkäyttäjiä. Esimerkiksi koulujen läheisyydessä on paljon tienkäyttäjiä sekä väestötiheyskarttoja voidaan hyödyntää. Merkittävästi epätasaiset väylät on hyvä huomioida päällystys- ja korjauskohteiden valinnassa. Myös elinkaarensa päässä olevia väyliä on hyvä huomioida päällystekohteiden valinnassa, sillä väylän pohjarakenteen vaurioituessa väylän korjaaminen saattaa muuttua huomattavasti kalliimmaksi.

Kohteita suositellaan päällystämään tai korjaamaan ryppäissä, jotta päällystys- ja korjauskaluston siirtokulut olisivat mahdollisimman pienet sekä kaluston ja työntekijöiden työaika saataisiin mahdollisimman tehokkaasti hyödynnettyä. Henkilöstölle ja kalustolle on oltava vähintään yksi kokonainen työpäivä töitä, jotta toiminta olisi taloudellisesti optimaalista

8.1.6 Päällystys- ja korjauskohteiden toimenpiteiden suunnittelu ja kohteiden kilpailutus

Päällystys- ja korjauskohteiden valinnan jälkeen aloitetaan syys-joulukuussa suunnittelemaan toimenpiteitä valituille kohteille. Toimenpiteiden suunnittelu vaatii asiantuntemusta sekä asiaan paneutumista, sillä oikea työmenetelmä on usein tie- ja tapauskohtainen, esimerkiksi tien rakenteen, vaurioiden ja kuivatuksen suhteen. Toimenpiteitä varten on hyvä tarkastella kohteelta otettuja valokuvia sekä tehdä maastokäyntejä kohteisiin, jotta oikea toimenpide voidaan määritellä kohdekohtaisesti. Kohdekohtaisesti toimenpiteiden suunnittelu saattaa vaatia myös pintaa syvemmälle kartoitettavia tutkimusmenetelmiä (Pirkanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 13.12.2023). Toimenpiteitä suunniteltaessa kohteen kuivatuksen toimivuus täytyy tarkistaa ja kuivatuksen toimivuudesta tulee myös huolehtia. Eri toimenpiteistä kerrotaan enemmän luvussa 8.4.

Päällystys- ja korjauskohteiden valinnan jälkeen kohteet kilpailutetaan joului-kuussa. Päällystyskohteiden kilpailutuksen jälkeen alkaa uusi kierto.

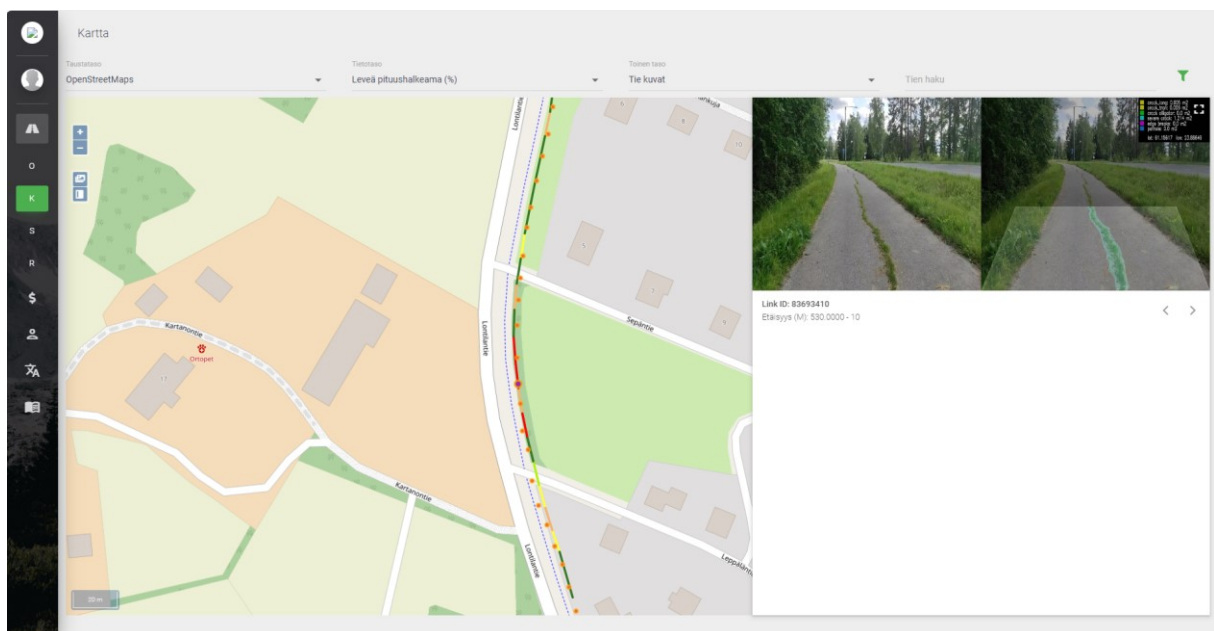
8.2 Tiedon hyödyntäminen ja SirWay Oy:n kehittämän hallintajärjestelmän käyttäminen apuna suunnitelman laatimisessa

Konenäköanalyysin tuottamaa tietoa voi hyödyntää monella eri tavalla. Tuotetun tiedon avulla pystytään paikallistamaan väylien vaurioituneet kohdat nopeasti ja tehokkaasti.

Varsinkin tienkäyttäjien turvallisuutta vaarantavien vakavien vaurioiden paikallistamiseen pystytään tehokkaasti käyttämään Excel-tiedostoa segmenteistä tai SirWay Oy:n kehittämää verkkoselainpohjaista hallintajärjestelmää. Excel-tiedoston avulla voidaan helposti suodattaa eri vaurioluokkien vauriot suurimmasta pienimpään arvoon.

Hallintajärjestelmän karttanäkymässä voidaan tarkastella visuaalisesti tiestön kuntoa eri tietotasojen avulla. Valitsemalla esimerkiksi tietotasoksi leveät halkeamat voidaan helposti paikantaa esimerkiksi leveiden halkeamien sijainteja (kuva 31). Järjestelmästä on myös katsottavissa aina myös yksi valokuva väylästä per segmentti, jota voidaan hyödyntää mittaustuloksen oikeellisuuden arvioinnissa. Tietotasot löytyvät väylän kuntoluokituksesta sekä jokaisesta eri arvioiduista vauriotyypistä erikseen.

Kuva 31. Kuvakaappaus SirWay Oy:n hallintajärjestelmän karttanäkymästä leveiden halkeamien tietotason sekä segmentin esimerkkikuvatoiminnon ollessa päällä.



SirWay Oy:n kehittämää hallintajärjestelmää voidaan hyödyntää päällyste- ja korjausohjelman suunnittelemisessa. Hallintajärjestelmässä on erityinen suunnitelmatyökalu, johon voidaan asettaa päällystys- sekä korjaustoimenpidebudjetin määrä euroissa, jonka avulla sekä järjestelmässä olevien segmenttien kuntotiedon perusteella ohjelma suunnittelee päällystys- ja korjausohjelmaehdotuksen. Esimerkkikuva budjettityökalusta on nähtävissä kuvassa 32.

Kuva 32. Kuvakaappaus SirWay Oy:n hallintajärjestelmän budjettityökalusta.

Budjetti (€)

Suunnitelman nimi
ESIMERKKI

Kokonaisbudjetti (€)
1000000

Päällystäminen	Rutiinikunnossapito
85 %	15 %
850000 €	150000 €

Slider: 0% to 100%

LUO TAKAISIN

SirWay Oy:n hallintajärjestelmään on myös tulossa tulevaisuudessa työkalu, jolla voidaan asettaa järjestelmään oma haluttu yhdistelysääntö. Hallintajärjestelmä tuottaa kyseisen yhdistelmä sääntö ja asetetun budjetin mukaisen päällystys- ja korjausohjelmaehdotuksen.

8.3 Kerätyn tiedon kanssa työskentelyn sääntöjä

Tiedon tuottamista varten tarvitaan ensimmäisenä mittaussuunnitelma. Kuntoluokittelua varten täytyy kuntoluokille asetella raja-arvot. Tuotetun mittaustiedon avulla paikallistetaan korjaus- ja päällystyskohteet. Päällystyskohteiden järkevää muodostamista varten tarvitaan yhdistelysääntö, jota käytetään päällystyskohteiden muodostamisessa. Kerätty konenäködata ei voi olla ainoa peruste, millä päällystys- ja korjaustoimenpiteet päätetään. Korjaus- ja päällystyskohteita sekä menetelmiä valittaessa vaaditaan paikallis- ja asiantuntemusta, jotta tiedetään tehdä oikeat toimenpiteet kävely- ja pyöräilyväylille. Korjaus- ja päällystyskohteet on hyvä myös käydä tarkastamassa maastokäynnin avulla, jotta varmistetaan riittävä tieto kohteesta ja sen ympäristöstä. Tarvittaessa tehdään kohteille lisätutkimuksia. Korjaustoimenpiteiden jälkeen työn laatu tulee varmistaa laadunhallinnan avulla sekä tiedot tuoda järjestelmiin.

Konenäköanalyysi ei kerro täyttä totuutta. Tulokset tulee aina suodattaa asiantuntevan ihmisen avulla, joka voi hyödyntää konenäköanalyysin tuloksia päätöksentekoa helpottavana työkaluna.

8.4 Suositukset korjaus- ja työmenetelmille

Väyläviraston hallinnoimia kävely- ja pyöräilyväylien päällysteitä ei ole uusittu lähes ollenkaan ja päällysteiden korjaamisen aikavälit ovat olleet pitkiä. Liikennepoliitikassa on kävelyn ja pyöräilyn edistämisen painoarvo on kuitenkin lähivuosina kasvanut, jonka takia kävely- ja pyöräilyväylien korjaukset ovat lisääntyneet. Kävely- ja pyöräilyväylien ahdas ja kapea toimintaympäristö asettaa haasteita kalustolle. Osa suurikokoisesta kalustosta ei sovellu käytettäväksi kävely- ja pyöräilyväylille. Kävely- ja pyöräilyväylien kunnossapidon kannalta tärkeintä on pinnan tasaisuus ja ettei pinnalla esiinny tienkäyttäjiä haittaavia vaurioita kuten reikiä ja halkeamia. (Väylävirasto, 2022b, ss.7, 57, 63)

Asiantuntijahaastatteluissa tuli ilmi lähes jokaisen väylän olevan uniikki ja oikean työmenetelmän määrittäminen kullekin väylälle vaatii asiantuntemusta ja asiaan paneutumista. Menetelmävalintaan vaikuttaa myös eri työmenetelmien sen aikainen saatavuus (Väylävirasto, henkilökohtainen tiedonanto 14.11.2023).

Korjausmenetelmät vaihtelevat vauriotyypeittäin. Yli 30 mm leveiden halkeamien ensisijainen korjausmenetelmä on KT-valuasfalttipaikkaus tai KT-valuasfalttisaumaus. 10–30 mm leveiden halkeamien ensisijainen korjausmenetelmä on KT-valuasfalttisaumaus, kannukaatosaukaus sekä avarrussaumaus. Reikien ensisijainen korjausmenetelmä on AB-paikkaus käsin, ohut AB-pinta-asfaltinlevittimellä sekä KT-reikävaluasfalttipaikkaus. (Väylävirasto, 2019b, s. 23)

Pohjois-Pohjanmaan ja Pirkanmaan ELY-keskuksissa on käytetty ensisijaisena työmenetelmänä reikien paikkaukseen KT-reikävaluasfalttipaikkausta. Myös KT-valuasfalttipaikkausta on käytetty Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksessa. Eroavaisuuksia löytyi, ettei kannukaatosaukaus ole käytössä työmenetelmänä halkeamien korjaamiseen Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella. Pirkanmaan ELY-keskuksessa kannukaatosaukausta ei tehdä sillä kyseinen toimenpide koetaan hankaliksi käyttäjien kannalta sekä saumauskohdat yhtä vakaviksi kuin vauriot. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella on ollut myös vuosina 2008–2022 Koillismaan päällystettyjen teiden ylläpitourakka, joka on kannukaatosaumannut urakan aikana kaikki urakan alueen väylille ilmentyneet halkeamat.

KT-valuasfalttisaumausta ei ole käytetty muutamaan vuoteen Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella halkeamien korjaamiseen sillä kyseistä toimenpidettä ei nähdä hintansa väärtiksi. Pohjois-Pohjanmaan alueella KT-valuasfalttisaumaus koetaan hinta-laatusuhteeltaan toimivaksi, mikäli korjauskohteita saadaan kerättyä tarpeeksi. (Pirkanmaan ELY, henkilökohtainen tiedonanto 8.11.2023; Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 13.11.2023)

On hyvä huomioida, ettei auenneiden halkeamien valuasfalttipaikkauksia- sekä saumauksia kannata tehdä talvella tai kylmällä kelillä, sillä lämpölaajenemisen vuoksi lämpimällä kelillä paikkausmassa saattaa laajeta ja toimia kiilamaisesti. Tämä voi aiheuttaa suuremman halkeaman tai reiän kuin mitä lähtötilanne oli alun perin. (YIT, henkilökohtainen tiedonanto 7.11.2023)

Pirkanmaan ELY-keskuksen sekä Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella ongelmaksi koettiin kävely- ja pyöräilyväylien liian heikot pohjarakenteet, jotka eivät kestä routarasitusta. Routarasituksen vuoksi kyseisille väylille syntyy ajan saatossa leveitä halkeamia, joita on vaikea korjata. Haastatteluissa koettiin, ettei pelkkä uudelleenpäällystys riitä korjaamaan kohtia, joissa esiintyy leveitä halkeamia. Riittämättömien pohjarakenteiden vuoksi leveä halkeama yleensä uusiutuu muutaman vuoden sisällä uudelleenpäällystyksestä tai paikkauksesta, jolloin väylän korjaustyöhön käytetyt rahat valuvat käytännössä hukkaan, joka on rajallisten resurssien haaskausta. (Pirkanmaan ELY, henkilökohtainen tiedonanto 8.11.2023; Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 13.11.2023)

Väylille, joilla on todettu olevan riittämätön pohjarakenne, on leveiden halkeamien korjausmenetelmänä käytetty tien rakenteellista parantamista Pirkanmaan ja Pohjanmaan ELY-keskusten alueella päällystykseen alle asennettavan lujiteverkon sekä tasausmassan avulla. Lujiteverkkona on käytetty lasikuituverkkoa sekä erityisen vaikeissa paikoissa teräsverkkkoa, joka on kaikista järein ja kallein vaihtoehto lujiteverkoista. Lasikuituverkosta on saatu varsin hyviä tuloksia Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella. Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella on lasikuituverkon avulla saatu kävely- ja pyöräilyväyliin myös hyvin roudankestoa lisättyä. (Pirkanmaan ELY, henkilökohtainen tiedonanto 8.11.2023; Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 13.11.2023) Mikäli korjauskohteen halkeamat ja halkeilut ovat alle 50 mm leveydeltään, voidaan uuden päällysteen lujutta lisätä päällysteen alle asennettavalla lasikuituverkolla, jonka vetolujuus on vähintään 50 kN/m poikki- ja pituussuunnassa. Jos halkeamat ovat 50–100 mm leveitä, tulee käyttää

uuden päällysteen alle asennettavaa lasikuituverkkoa, jonka vetolujuus on 100 kN/m poikki- ja pituussuunnassa. (Väylävirasto, 2022b, ss.66–67)

Halkeamia, jotka sijaitsevat väylällä, joka on elinkaarensa loppupäässä ei ole taloudellisesti enää järkevä korjata. Halkeamien ja reikien korjaaminen on taloudellisesti järkevintä väylillä, joiden takuu-aika on juuri loppunut. Väylän ikä on tällöin 3–6 vuotta. (Pirkanmaan ELY, henkilökohtainen tiedonanto 8.11.2023; Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 13.11.2023)

Reikien paikkaamiseen suositellaan KT-reikävaluasfalttia, kapeiden halkeamien korjaamiseen suositellaan KT-valuasfalttisaumausta sekä kannukaatosaumausta. Leveiden halkeamien korjaukseen suositellaan KT-valuasfalttipaikkausta. Jos väylän pohjan alusrakenne on heikko, suositellaan tällöin leveän halkeaman korjaamiseen väylän uudelleenpäällystämistä ja lujiteverkon asentamista päällysteen alle. Ehdotetut toimenpide-ehdotukset eri kuntoluokille näkyvät taulukossa 8. Toimenpide-ehdotukset eri kuntoluokille ovat suuntaa antavia, sillä väylät ovat yksilöllisiä vaurioineen, olosuhteineen ja korjaustarpeineen.

Taulukko 8. Toimenpide-ehdotukset eri kuntoluokan väylille.

Kuntoluokka (yleinen)	1	2	3	4	5
Selite	Erittäin huono	huono	Tyydyttävä	Hyvä	Erittäin hyvä
Toimenpite	Päällystys, päällystys + lujite/teräsverkko tai saneeraus	Päällystys, päällystys + lujite/teräsverkko tai saneeraus	KT-reikävaluasfalttipaikkaus, KT-valuasfalttipaikkaus, kylmämassapaikkaus	Paikkaus, kapea valuasfalttisaumaus ja kannukaatosaumaus	Kapea valuasfalttisaumaus ja kannukaatosaumaus

8.5 Suunnitelman vienti käytännön tasolle urakoitsijalle

Päällystysohjelman laatija tuottaa kohdeluettelon päällystys- ja korjauskohteista, mikä toimitetaan urakoitsijalle. Urakoitsija voi kohdeluetteloon tutustumisen jälkeen ehdottaa päällystysohjelman laatijalle myös vaihtoehtoisia toimenpiteitä kohteille.

Urakoitsijan ammattitaitoa- ja näkemystä kannattaa hyödyntää. Päälystysohjelman laatijan ja urakoitsijan välinen hyvä yhteistyö edesauttaa hyvän lopputuloksen saavuttamista.

9 Tulokset ja niiden analysointi

9.1 Selvitys sopivasta mittausfrekvenssin pituudesta

Väyläviraston visuaalinen päälystevauriokartoitus tehdään tällä hetkellä kolmen vuoden kierrolla kävely- pyöräilyväylille eli yksittäinen väylä mitataan kolmen vuoden välein (Knuuti ym., 2022a, s. 14). Haastateltujen asiantuntijoiden näkemykset eroavat hiukan siitä, kuinka usein kävely- ja pyöräilyväylät tulisi mitata. Haastateltujen asiantuntijoiden vastaukset heidän mielestään sopivasta mittausfrekvenssistä näkyvät taulukossa 9.

Taulukko 9. Asiantuntijoiden näkemykset sopivasta mittausfrekvenssistä.

Nimi	Organisaatio	Mittausfrekvenssin pituus (vuosina)
Asiantuntija A	Pirkanmaan ELY-keskus	1
Asiantuntija B	Pirkanmaan ELY-keskus	1
Asiantuntija C	Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus	2
Asiantuntija D	Väylävirasto	1
Asiantuntija E	Väylävirasto	2
Asiantuntija F	Väylävirasto	3
Keskiarvo		1,67

Haastattelussa asiantuntijat A ja B Pirkanmaan ELY-keskuksesta (henkilökohtainen tiedonanto 8.11.2023) toivat ilmi näkemyksensä, jossa heidän mielestään optimaalisinta olisi tehdä mittaukset kerran vuodessa keväisin sen jälkeen, kun lumet ovat sulaneet ja hiekoitushiekat harjattu pois, jolloin Inventointia voi hyödyntää myös akuuttien paikkaustarpeiden kartoittamisessa. Asiantuntija C Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksesta kertoi haastattelussaan (henkilökohtainen tiedonanto 13.11.2023) näkemyksestään, jossa joka toinen vuosi olisi hyvä mittausfrekvenssi sillä kävely- ja pyöräilyväylien kunnon muutokset eivät ole hänen näkemyksensä mukaan niin nopeita. Asiantuntija D Väylävirastosta kertoi haastattelussaan (henkilökohtainen tiedonanto, 14.11.2023) näkemyksensä, jossa optimaalisinta hänen mielestään on yhden vuoden mittausfrekvenssi. Samassa haastattelussa Väyläviraston asiantuntija E kertoi näkemyksensä, jossa mittausfrekvenssi saisi olla nykyistä tiheämpi. Asiantuntija E kertoi kävely- ja pyöräilyväylien

verkon olevan sen verran pieni ja suppea ettei hän usko muutosten olevan niin nopeita, etteikö kahden vuoden mittausväli riittäisi. (henkilökohtainen tiedonanto 14.11.2023) Asiantuntija F Väylävirastosta kertoi haastattelussaan näkemyksestään, jossa hänen mielestään kävely- ja pyöräilyväylien kuntomuutokset ovat sen verran hitaita, joten kolmen vuoden välein tehtävä mittaus on hänen mielestään riittävä (henkilökohtainen tiedonanto 14.11.2023).

Asiantuntijoiden vastausten moodi mittausfrekvenssin pituudeksi on 1 vuoden pituus sekä keskiarvo sopivaksi mittausfrekvenssin pituudeksi on 1,67 vuotta, joten asiantuntijoiden arviot sopivasta mittausfrekvenssistä poikkeavat voimakkaasti nykyisestä kolmen vuoden mittausfrekvenssistä. Päälystyskohteista päättävien ELY-keskusten asiantuntijoiden vastausten keskiarvo on 1,33 vuotta, joka puoltaa yhden vuoden mittausfrekvenssin pituutta.

Toimivaa kunnonennustusmallia kävely- ja pyöräilyväylille ei ole saatu luotua (Väylävirasto, henkilökohtainen tiedonanto 13.12.2023). Kunnonennustusmallin puuttumisen takia kävely- ja pyöräilyväylien kuntoa ei voida ennustaa luotettavasti. Yhden vuoden mittausfrekvenssillä huomataan väyliltä mahdollisimman nopeasti talven jälkeiset uudet vauriot sekä vanhojen vaurioiden laajenemiset, esimerkiksi roudan aiheuttamat tienkäyttäjien turvallisuutta vaarantavat leveät halkeamat. Yhden vuoden mittausfrekvenssillä saadaan myös vuosittain tuore väylän kuntotieto kerättyä ja seurattua väyläverkoston kunnan kehittymistä tarkasti. Tämän takia mittausfrekvenssin pituudeksi suositellaan yhtä vuotta ja mittausa tehtäväksi sen jälkeen keväällä, kun lumet ovat sulaneet ja hiekoitushiekat harjattu pois väyliltä. Jos taloudelliset resurssit eivät riitä yhden vuoden mittausfrekvenssiin niin mittausfrekvenssi voi olla myös kaksi vuotta, jolloin 50 % väylistä mitattaisiin vuosittain. Mittausfrekvenssi saa olla enintään 2 vuotta, jotta väyläverkosta saatava tieto olisi riittävän ajantasaista, validia ja jotta kerättyä tietoa voidaan hyödyntää päälystys- ja korjausohjelman laatimisessa mahdollisimman tehokkaasti.

9.2 Selvitys vanhan tyylin inventoinnin korvaamisesta konenäköanalyysiin perustuvalla mittauksella

Kaikki haastatellut asiantuntijat kokivat konenäön avulla tuotettu päälystevauriokartoituksen voivan korvata nykyisen visuaalisen toimintatavan kävely- ja pyöräilyväylien osalta, kunhan se pystyy tuottamaan tarvittavan datan. Asiantuntija C Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksesta tosin koki konenäköanalyysin sopivan paremmin paikkausurakan tarpeita varten (henkilökohtainen tiedonanto, 13.11.2023). Haastattelussa Pirkanmaan ELY-

keskuksen asiantuntijat A ja B toivat esille, etteivät he koe nykyistä Väyläviraston visuaalista inventointia enää relevantiksi. Kyseisten mittausten hyödyntäminen on heillä vähäistä, sillä konenäköön perustuva analyysi on jo ollut käytössä Väyläviraston visuaalisen inventoinnin rinnalla Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella väylien päällysteiden kuntotiedon tuottamisen, ja päällystyskohteiden valinnan työkaluna. Konenäköön perustuva analyysi on ohjannut etenkin paikkausten kohdentamista. (henkilökohtainen tiedonanto, 8.11.2023)

Konenäköanalyysi toimii jo nykyisin Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella Väyläviraston vanhan tyylin visuaalisen inventoinnin rinnalla hyvin kokemuksen. Asiantuntijoiden haastatteluissa tuoman näkemyksen perusteella voidaan todeta konenäköön perustuvan vauriokartoituksen pystyvän korvaamaan vanhan tyylin inventoinnin jo tänä päivänä. Konenäköanalyysin ollessa halvempi tiedon tuottamisen tapa varsinkin joukkoistamisen avulla tuotettuna verrattuna nykyiseen visuaaliseen inventointiin, suositellaan visuaalisen inventoinnin korvaamista konenäköanalyysiin perustuvalla inventoinnilla kävely- ja pyöräilyväylien osalta.

Mikäli konenäköanalyysiä käytetään joukkoistamisen avulla tuotettuna, tulee erityisesti kerätyn aineiston laadunvalvontaan panostaa. Huonolaatuinen tai ohjeiden vastaisesti kerätty aineisto aiheuttaa ongelmia väylän kunnon analysoimisessa ja analyysi saattaa olla myös epäluotettavaa tai epäonnistua kokonaan. Huonolaatuinen tai ohjeiden vastaisesti kerätty aineisto aiheuttaa myös aineiston käsittelyyn käytetyn työajan huomattavaa lisääntymistä, mikä taas aiheuttaa lisäkustannuksia prosessissa. Aineistoissa ilmenneitä laatuongelmia olivat väärässä kuvauskulmassa olleet kamerat, josta esimerkkikuva on nähtävissä kuvassa 33, tärisevät ja epätarkat kuvat, puuttuvat koordinaattitiedostot sekä väyliä oli kuvattu ohjeistuksen vastaisesti märkinä. Joukkoistamisen avulla tuotetussa datassa saattaa esiintyä päällekkäisyyksiä useamman henkilön kuvatessa samaa kohtaa väylästä ja nämä päällekkäisyydet tulee pystyä suodattamaan pois. Tämän vuoksi laadunvalvonnan merkitys korostuu, kun hyödynnetään joukkoistamista. Konenäköanalyysin toimivuus on riippuvainen oikein tuotetusta ohjeiden mukaisesti kerätystä aineistosta.

Kuva 33. Väärässä kuvakulmassa oleva kamera (AFRY Finland Oy).



9.3 Suositukset käytettävistä mittareista

Päällystyskohteiden valinnassa voidaan vertailevana mittarina käyttää peittoprosenttia, jonka avulla voidaan arvioida päällystyskohteen järkevyyttä. Peittoprosentti kertoo erittäin huonossa tai huonossa kunnossa olevan prosentuaalisen osuuden päällystekohteen kokonaispituudesta (Väylävirasto, 2021b, s. 6).

Väestötiheyden avulla voidaan arvioida kävely- ja pyöräilyväylien käyttäjämääriä. Mittarina voidaan käyttää esimerkiksi väestötiheyden avulla arvioitua väestömäärää 1 km etäisyydellä kävely- ja pyöräilyväylästä.

Mittarina voidaan käyttää myös erilaisia palveluita tarjoavia kohteita. Koulujen läheisyydessä on oletettavasti esimerkiksi paljon kävely- ja pyöräilyväylien käyttäjiä.

9.4 Prosessin puutteet

Väylien hyvää elinkaaren hallintaa estää tällä hetkellä poukkoileva rahoitustaso. Elinkaaren hallinta olisi helpompaa, jos rahoitustaso olisi tiedossa moneksi vuodeksi eteenpäin, oli rahoitustaso sitten pieni tai suuri. Tällä hetkellä hyvää elinkaaren hallintaa voidaan tehdä

resurssien puutteen takia ainoastaan PK1-päällysteiden korjausluokituksen omaamalla maantieverkolla (Väylävirasto, henkilökohtainen tiedonanto 14.11.2023).

Asiantuntija YIT Vantaan maanteiden hoitourakasta nosti haastattelussaan huolensa väylien kuivatuksen parantamisen resursseista sekä riittämättömän tämänhetkisen rahoituksen kuivatuksen parantamiseksi (henkilökohtainen tiedonanto, 7.11.2023). Asiantuntija F Väylävirastosta kertoi myös haastattelussaan, että kuivatukseen on alettua kiinnittämään kunnolla huomiota vasta muutamia vuosia sitten (henkilökohtainen tiedonanto, 14.11.2023). Tätä opinnäytetyötä varten tehdyssä prosessikuvauksessa ei päästä kiinni kuivatuksen ongelmakohtiin, esimerkiksi reunapalteisiin. Tätä varten kuivatuksen ongelmakohtien inventointiin ja parantamiseksi suositellaan luotavaksi oma prosessinsa.

Kävely- ja pyöräilyväylien alle rakennettujen kaapeleiden sekä johtojen kaivuu- ja korjaustyömaiden valvontaan on panostettava ja luotava oma prosessissansa. Asiantuntija YIT Vantaan maanteiden hoitourakasta toi ilmi haastattelussaan huomionsa, jossa usein työmaiden jälkeinen väylien paikkaus on heikkolaatuista ja paikkauksen saumat ovat huonosti tehtyjä aiheuttaen kävely- ja pyöräilyväylille saumojen kohdalle syntyviä halkeamia muutaman vuoden sisällä työmaan päättymisestä (henkilökohtainen tiedonanto, 7.11.2023). Asiantuntijahaastattelussa Väyläviraston asiantuntijat D ja F myönsivät kaivuu- ja korjaustyömaiden prosessissa olevan puutteita tällä hetkellä ja tätä tulisi kehittää (henkilökohtainen tiedonanto, 14.11.2023). Työn huonon korjauslaadun ja tästä aiheutuvan väylän vaurioitumisen välttämiseksi suositellaan panostettavan johtojen- sekä kaapeleiden kaivuu- ja korjaustyömaiden valvontaan ja tätä varten luotavaksi oma prosessinsa. Esimerkkikuva huonolaatuisesta paikkauksesta on nähtävissä kuvassa 34.

Kuva-aineiston laatu puutteet vaikuttivat osin Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskusten mittausten tuloksiin. Jatkossa kuvamateriaalin laatu tulee varmistaa paremman laadunvarmistuksen avulla, johon on luotava oma toimiva prosessinsa.

Kuva 34. Huonolaatuisesti tehty paikkaus (AFRY Finland Oy).



Tässä opinnäytetyössä käytetyn konenäkömallin tunnistettaviin vaurioihin ei lukeutunut epätasaisuuksien tunnistamista. Väylän epätasaisuus on yksi väylän kuntoluokitukseen vaikuttavista tekijöistä ja epätasaisuuden osalta prosessi on puutteellinen. Kuvassa 35 on nähtävissä epätasaista väylää, mitä konenäkö ei tunnista, sillä konenäköä ei ole ohjelmoitu tunnistamaan epätasaisuutta.

Kuva 35. Epätasainen kävely- ja pyöräilyväylän kohta (AFRY Finland Oy).



Asiantuntijahaastatteluissa tuli ilmi tienkäyttäjien määrän tiedonpuute kävely- ja pyöräilyväylien osalta, johon asiantuntijat toivoivat parannusta. Tieto tienkäyttäjien määrästä kävely- ja pyöräilyväylillä helpottaisi päällystyskohteiden valinnasta vastaavien työtä, jolloin päällystys- ja korjauskohteita voitaisiin valita tarkemmin tienkäyttäjien määrän perusteella.

9.5 Suositus prosessista

Prosessiksi suositellaan luvussa 8.1 esitettyä prosessikuvausta. Kyseinen prosessi antaa ajantasaisen ja luotettavan kuvan kävely- ja pyöräilyväylien verkosta, jonka tuottaman tiedon avulla voidaan päällystys- ja korjaustoimenpiteet kohdistaa rahankäytön kannalta mahdollisimman tehokkaasti yhdessä päällystystöistä päättävän asiantuntijan paikallis- ja asiantuntemuksen avulla. Konenäkömallia hyödyntävä analyysi ei ole ehdoton totuus vaan erinomainen työkalu päätöksenteon avuksi, joten data tulee suodattaa ja hyödyntää asiantuntevan ihmisen välityksellä.

Tässä opinnäytetyössä rajattujen päällystysohjelmien suunnittelussa hyödynnettiin yhdistelysääntöä 2. Tulevaisuudessa suositellaan käytettäväksi SirWay Oy:n hallintajärjestelmään tulossa olevaa työkalua, jolla voidaan muodostaa omien tarpeiden mukaan skaalattavissa oleva yhdistelysääntö.

10 Yhteenveto

Opinnäytetyössä määritettiin aluksi Flowity AI-konenäkömallin avulla analysoidulle aineistolle segmentin pituus ja kuntoluokat. Kuntoluokitusten ja konenäköanalysoidun materiaalin avulla voitiin muodostaa tilannekuva Pirkanmaan ELY-keskuksen ja Pohjois-Pohjanmaan ylläpitämille kävely- ja pyöräilyväylille. Tuloksia havainnoimalla voitiin huomata Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen ylläpitämien kävely- ja pyöräilyväylien olevan selkeästi paremmassa kunnossa kuin Pirkanmaan ELY-keskuksen ylläpitämät kävely- ja pyöräilyväylät.

Kerätyn kävely- ja pyöräilyväylien kuntotiedon avulla ja luodun yhdistelysäännöllä voitiin luoda rajoittamaton päällystysohjelma Pirkanmaan ELY-keskukselle ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskukselle. Rajoittamattomalla päällystysohjelmalla voitiin arvioida kävely- ja pyöräilyväylien verkkojen todellista kunnostustarvetta.

Molemmille ELY-keskuksille muodostettiin rajattu päällystysohjelma yhdistelmäsäännön 2 mukaisista päällystyskohteista. Päällystyskohteet valittiin alueittain, jotta päällystystyössä käytetyn kaluston ja henkilöstön siirtokulut olisivat mahdollisimman pienet. Varsinkin Pirkanmaan ELY-keskuksen ylläpitämistä kävely- ja pyöräilyväylistä voitiin todeta korjaustarpeen olevan paljon suurempi kuin mitä pystytään korjaamaan. Eri suunnitteluvaihtoehdoilla voidaan priorisoida haluttua ominaisuutta. Opinnäytetyössä päädyttiin johtopäätökseen, jossa käytettävissä olevia resursseja kannattaa sijoittaa kohteisiin, jossa tienkäyttäjää on paljon.

Opinnäytetyön pääpainona oli luoda prosessikuvaus, jota ELY-keskusten päällystyksistä vastaavat asiantuntijat voivat hyödyntää jatkossa työssään työkaluna muiden työkalujen ohella. Prosessikuvaus on nähtävissä liitteessä 4. Prosessikuvauksen muodostamista varten haastateltiin teiden kunnossapidon ammattilaisia YIT Vantaan maanteiden hoitourakasta, Pirkanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksista sekä Väylävirastosta. Haastattelujen ja kirjallisten lähteiden avulla voitiin luoda suuntaa antavat toimenpide-ehdotukset eri kuntoluokan väylille. Toimenpide-ehdotukset tulivat myös osaksi prosessikuvausta. Luodun prosessin puutteiksi nähtiin poukkoileva rahoitustaso, riittämättömän rahoitus kuivatuksen parantamiseksi, kaivu- ja korjaustyömaiden paikkausten laadunvalvonta, käytetyn konenäkömallin puute tunnistaa väylän epätasaisuutta sekä tiedonpuutteet väylien tienkäyttäjämääristä.

Mittausfrekvenssin sopivaksi pituudeksi päädyttiin asiantuntijahaastattelujen perusteella 1 vuoden pituuteen. Mikäli taloudelliset resurssit eivät ole riittävät, voidaan 2 vuoden mittausfrekvenssiä käyttää. Kaikki haastatellut asiantuntijat kokivat konenäköanalyysiin perustuvan mittauksen voivan korvaavan Väyläviraston nykyisen visuaalisen inventoinnin kävely- ja pyöräilyväylille.

Lähteet

- Ahmad, S. (10.10.2020). *How is Mobile Computer Vision Changing the World?* Mobisoft Infotech. <https://mobisoftinfotech.com/resources/blog/how-is-mobile-computer-vision-changing-the-world/>
- Ahonen, T., Aro, J., Asikainen, J., Billing, M., Christophe, F., Gautam, M., Haapakoski, T., Holamo, O., Kapiainen, P., Karvonen, H., Kolehmainen, P., Kytöharju, J., Lanz, M., Latokartano, J., Leinonen, J., Lempiäinen, J., Liljamo, J., Liuha, A., Närhi, J., ... Skriko, T. (2023). *Teollisuuden robotiikka*. Suomen Robotiikkayhdistys ry.
- ELY-keskus. (6.10.2023). *Kunnossapito*. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Haettu 6.10.2023 osoitteesta <https://www.ely-keskus.fi/kunnossapito2>
- Grier, D. A. (2013). *Crowdsourcing For Dummies*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Howe, J. (2009). *Crowdsourcing : how the power of the crowd is driving the future of business*. Random House Business Books.
- Jalkanen, R. (2013). *Jalankulku- ja pyöräilyväylien edulliset ratkaisut*. Liikennevirasto. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121037/lts_2013-28_978-952-255-339-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kallio, V. (2000). *Pyörateiden routavauriotutkimus*. Tielaitos. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/171134/4000239-vpyorateiden_routavauriot.pdf
- Knuuti, M., Sirvio, K. & Kaal, T. (2022a). *T-OMHA / Kävely- ja pyöräilyväylien kunnonhallinnan kehittäminen*. Väylävirasto. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/185582/vj_2022-43_978-952-317-980-6.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Knuuti, M., Sirvio, K. & Kaal, T. (2022b). *T-OMHA / Liikennemerkkien ja kaiteiden kunnonhallinta*. Väylävirasto. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/185583/vj_2022-44_978-952-317-981-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lebraty, J. & Lobre-Lebraty, K. (2013). *Crowdsourcing: One Step Beyond*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Liikennevirasto. (2018). *Maanteiden talvihoito – Laatuvaatimukset*. Liikennevirasto. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/162121/lo_2018-33_maanteiden_talvihoito_web.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Loce, R., Bala, R., & Trivedi, M. (2017). *Computer vision and imaging in intelligent transportation systems*. Wiley.

Pirkanmaan ELY-keskus. (2.8.2023). *Pirkanmaan tienpidon ja liikenteen suunnitelma 2023*.

<https://storymaps.arcgis.com/stories/3827a72e3f8e48e3b47062e8ecf1fe45>

Ruuska, S., Lähdemäki, A., Halme, J. & Huuskonen, O. *lin digiurakka 2016–2021 – Data tiedoksi, tieto työksi*. Väylävirasto.

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/185611/vj_2022-49_978-952-317-987-5.pdf?sequence=1

Suomela, S. (2021). *Kävelyn ja pyöräilyn kunnonhallinnan kehittäminen*. Väylävirasto.

[https://vayla.fi/documents/25230764/0/Suomela_T-OMHA+\(1\).pdf/ac113d30-a8f1-9615-bb9e-2979522525bd/Suomela_T-OMHA+\(1\).pdf?t=1637835452929](https://vayla.fi/documents/25230764/0/Suomela_T-OMHA+(1).pdf/ac113d30-a8f1-9615-bb9e-2979522525bd/Suomela_T-OMHA+(1).pdf?t=1637835452929)

TEPA-termipankki. (2023). *Joukkoistaminen*. Haettu 3.10.2023 osoitteesta

<https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/joukkoistaminen>

Väylävirasto. (n.d.). *Maanteiden hoitourakat 1.10.2023 – 1.10.2024*. Väylävirasto.

https://vayla.fi/documents/25230764/35411132/2023_kartta_Urakoitsijat2023-2024.pdf/f163dcd2-1975-758e-c782-760b7575b547/2023_kartta_Urakoitsijat2023-2024.pdf?t=1681454454603

Väylävirasto. (2019a). *Maanteiden kuivatuksen kunnossapidon hallinta*. Väylävirasto.

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2019-06_maanteiden_kuivatuksen_web.pdf

Väylävirasto. (15.11.2019b). *Päällysteiden paikkaus*.

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2019-27_paallysteiden_paikkaus_web.pdf

Väylävirasto. (2020). *Kävely- ja pyöräilyväylien hoito – Menetelmätieto*. Väylävirasto.

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-02_kavely_pyorailyvaylien_web.pdf

Väylävirasto. (2021a). *Maanteiden hoitourakoiden tuotekortit*. Väylävirasto.

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/mt_hoidon_tuotekortit_2021.pdf

Väylävirasto. (2021b). *Päällystettyjen teiden korjauksen toimintalinjat*. Väylävirasto.

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-10_paallystettyjen_teiden_web.pdf

Väylävirasto. (21.4.2022a). *Omaisuuksien hallinnan kehittäminen*. Väylävirasto.

<https://vayla.fi/tietoa-meista/tutkimus/omaisuushallinta>

Väylävirasto. (2022b). *Päällystettyjen teiden korjauksen toimenpidesuunnittelu*. Väylävirasto.

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/Opas_2022-3_paallystettyjen_teiden_korjaus.pdf

Väylävirasto. (14.4.2023a). *Maanteiden hoidon kilpailutus*. Haettu 6.10.2023 osoitteesta

<https://vayla.fi/palveluntuottajat/hankinnat/tieurakat>

Väylävirasto. (29.9.2023b). *Maanteiden talvihoito*. Väylävirasto.

<https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/talvihoito>

Väylävirasto. (2023c). *Väyläviraston tilinpäätös 2022*. Väylävirasto.

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/186583/vj_2023-19_978-952-405-055-5.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Liite 1. Haastattelukysymykset asiantuntijoille.



Haastattelukysymykset:

- Mikä on teidän mielestänne optimaalista/optimaalisinta tienpitoa, missä vaiheessa päällyste kannattaa uusida, jotta se olisi kaikista eniten taloudellisinta?
- Mikä olisi teidän mielestänne järkevintä taloudellisesti, korjata kerralla väylä kuntoon (vaikka väylällä olisi myös esimerkiksi tyydyttävässä/hyvässä kunnossa olevaa osuutta) vai pelkästään huonokuntoisimmat osat paikallisesti? Kumpaa tapaa on tällä hetkellä toteutettu?
- Mikä on teidän mielestänne kustannustehokkain segmenttipituus korjattavaksi?
- Kuinka pitkä segmentin pitäisi vähintään olla, jotta se olisi järkevää korjata taloudellisesti?
- Mikä on raja vaurioille, että tie on halvempi päällystää kuin paikata?
- Kuinka isoja reikien/levelden halkeamien pitää olla pinta-alaltaan, ja kuinka paljon reikiä pitää olla, jotta tie vaatii uudelleenpäällystyksen? Montako neliötä pitää olla näitä vaurioita, että tie on huonokuntoinen? Kuinka paljon pitää olla levelitä reikiä ja levelitä halkeamia, että ei enää paikata vaan tie vaatii uudelleenpäällystyksen?
- Minkälainen on tällä hetkellä toimintatapa, millä päätetään kävely- ja pyöräilyväylien päällystyskohteet? Miten prosessi etenee nykyisin?
- Miten tarkastetaan päällystyksen laatu pyöräteillä?
- Koetteko että joukkoistamisen avulla tuotettu konenäködata voisi korvata visuaalisen inventoinnin?
- Kuinka usein teidän mielestänne kävely- ja pyöräilyväylät pitäisi mitata? Mikä olisi paras mittausfrekvenssi?
- Mitä menetelmiä on reikien paikkaukseen? Mikä on paras hinta-laatusuhteeltaan?
- Mitä vaatii, että tien elinkaaren pituutta voisi lisätä? Miten hallitsette elinkaarta tällä hetkellä? Voiko elinkaaren hallintaa kehittää? Mikä vaikuttaisi kaikista eniten, että elinkaarta voisi parantaa. Vaikuttaako materiaalivalinta jne? Mitkä tekijät vaikuttavat eniten tien korjaustarpeen minimoimiseen?
- Mitä tilaaja edellyttää tiedonkeruun osalta ja mihin raportointia käytetään? Missä muodossa raportit tulevat tällä hetkellä?
- Miten kunnossapitourakat raportoivat? Saatteko tiedon tehdyistä kunnossapitotöistä? Miten hyödynnätte tietoa, jos sitä saatte? Onko tieto tarpeellista tai hyödyllistä?
- Miten tarkastelette tehtyjä toimenpiteitä, miten tieto tulee teille päin takaisin ja missä muodossa? Määrätiedot, tehdyt toimenpiteet, kuvia todisteiksi?

Liite 2. Pirkanmaan ELY-keskuksen rajoitettu päällystysohjelma Sastamalan alueelle.

link_id	grp	pavement_width	ci_avg	ci_sum	start_m	end_m	length_m	hinta
70012452	71	3	3,73	47.4650	0	130	130	4680
70012452	73	3	4,73	50.8295	170	296	126	4536
70044403	141	3	5,82	266.2990	30	430	400	14400
70044403	143	3	7,30	263.5225	820	1180	360	12960
70044403	145	3	8,60	168.5670	1280	1420	140	5040
70044403	155	3	5,07	159.9940	2970	3230	260	9360
70044406	157	3	7,36	44.1730	30	90	60	2160
70044456	171	3	4,94	54.9140	10	130	120	4320
70249403	327	3	11,00	419.1365	10	340	330	11880
70249410	329	3	4,09	39.2435	0	130	130	4680
70249410	331	3	4,64	34.9315	250	320	70	2520
70249410	333	3	0,78	1.5655	640	660	20	720
70249410	335	3	10,57	63.4245	730	790	60	2160
70249410	337	3	6,85	201.3845	890	1160	270	9720
70249410	339	3	6,14	12.2705	1180	1200	20	720
70249410	341	3	5,46	32.7795	1260	1320	60	2160
70249410	343	3	5,69	215.2325	1420	1710	290	10440
70249453	361	3	5,89	294.9205	20	490	470	16920
70249456	365	3	9,07	196.5395011780	2780	2950	170	6120
70249456	367	3	11,74	88.1695	3240	3340	100	3600
70249456	369	3	15,99	95.9290	3400	3460	60	2160
70249456	371	3	7,48	246.0430	3470	3780	310	11160
70249456	373	3	10,00	40.0185	3960	4000	40	1440
70249456	375	3	10,44	20.8885	4080	4100	20	720
70249456	377	3	14,00	97.9990	4340	4410	70	2520
82819425	1143	3	11,55	57.7450	10	60	50	1800
72481401	749	3	27,09	162.5475	10	70	60	2160
72505453	763	3	4,79	135.0723418630	140	440	300	10800
82819425	1145	3	5,72	306.2700	170	810	640	23040
82953401	1169	3	13,14	118.2290	0	90	90	3240
Yhteensä							5226	188136

Liite 3. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rajoitettu päällystysohjelma Kainuun alueelle.

link_id	grp	pavement_width	ci_avg	ci_sum	start_m	end_m	length_m	cost	Metrihinta	Hinta
70005810	74		3	8,13 16.2690	230	250	20	720	36	720
70005810	76		3	5,56 11.1235	310	330	20	720	36	720
70005810	78		3	4,24 44.4040	400	550	150	3960	36	5400
70005810	80		3	1,67 20.0590	650	780	130	3960	36	4680
70005855	88		3	1,26 2.5225	20	40	20	720	36	720
70005855	90		3	5,35 21.3985	450	490	40	1440	36	1440
70005863	96		3	7,75 15.5065	230	250	20	720	36	720
70005863	98		3	5,21 23.1980	370	430	60	2160	36	2160
70005863	100		3	11,34 22.6740	730	750	20	720	36	720
70005870	108		3	3,52 59.7615	300	507	207	7092	36	7452
70006835	116		3	3,38 21.9625	230	310	80	2520	36	2880
70006835	120		3	5,04 10.076	1280	1300	20	720	36	720
70006835	124		3	5,11 15.343	1720	1750	30	1080	36	1080
70006835	128		3	3,63 24.3110	2180	2250	70	2520	36	2520
70006835	132		3	9,23 18.4670	2610	2630	20	720	36	720
70006835	134		3	4,47 140.6055	2860	3220	360	11160	36	12960
70006835	136		3	3,39 10.1715	3290	3320	30	1080	36	1080
70006835	144		3	7,06 14.118	6140	6160	20	720	36	720
70006835	148		3	5,64 11.285	6330	6350	20	720	36	720
70006835	150		3	2,76 30.7945	6460	6645	185	4860	36	6660
70022840	296		3	13,53 27.0580	360	380	20	720	36	720
70022840	298		3	9,06 130.9910	1090	1210	120	4320	36	4320
70022840	302		3	9,86 281.8440	1350	1560	210	7560	36	7560
70022840	304		3	4,14 29.3665	1630	1720	90	2880	36	3240
70022888	344		3	12,48 24.963	80	100	20	720	36	720
70078802	546		3	1,21 6.064	0	50	50	1800	36	1800
70078802	548		3	10,63 31.8815	200	230	30	1080	36	1080
70078802	550		3	7,14 21.4080	280	310	30	1080	36	1080
70078852	560		3	6,35 40.7680	1760	1830	70	2520	36	2520
70078852	562		3	4,62 9.2395	1960	1980	20	720	36	720
70888860	888		3	3,44 62.6660	940	1090	150	5040	36	5400
70888860	890		3	1,88 10.3360	1200	1280	80	2520	36	2880
70891852	908		3	6,64 26.5680	1130	1170	40	1440	36	1440
70891852	910		3	3,42 49.7025	1240	1390	150	4320	36	5400
70891852	912		3	6,39 452.453815879	1730	2360	630	20880	36	22680
70891852	914		3	6,78 214.8460	2480	2731	251	8316	36	9036
78801801	1132		3	1,73 6.9095	0	40	40	1440	36	1440
78801801	1138		3	3,70 41.1180	420	570	150	4320	36	5400
78801801	1140		3	4,97 9.9410	640	660	20	720	36	720
78881851	1178		3	5,62 51.8145518640	80	230	150	3960	36	5400
78881851	1180		3	4,66 30.4460	310	410	100	2880	36	3600
78881851	1182		3	7,40 14.8030	740	760	20	720	36	720
78882852	1184		3	3,59 33.601804573	410	530	120	3600	36	4320
78990850	1192		3	4,33 20.8190	1670	1720	50	1800	36	1800
78990850	1200		3	9,95 19.9000	2650	2670	20	720	36	720
78990850	1202		3	5,25 31.4830	2810	2870	60	2160	36	2160
79010810	1204		3	1,38 4.1275	0	30	30	1080	36	1080
79010810	1206		3	6,64 19.9075	390	420	30	1080	36	1080
79010810	1208		3	3,21 9.6410	490	520	30	1080	36	1080
79010810	1210		3	6,34 69.9825	590	680	90	3240	36	3240
79010810	1212		3	6,35 53.6055	700	780	80	2880	36	2880
79010810	1214		3	1,80 5.4130	940	970	30	1080	36	1080
89069810	1542		3	9,67 28.9985	2170	2200	30	1080	36	1080
89084850	1546		3	6,93 20.7980	390	420	30	1080	36	1080
89084850	1552		3	5,17 20.6610	1390	1450	60	1440	36	2160
89084850	1554		3	4,35 42.2675	1520	1603	83	2988	36	2988
89087855	1556		3	10,43 73.0150	300	370	70	2520	36	2520
89087855	1558		3	6,65 13.2925	480	500	20	720	36	720
89205850	1568		3	10,87 54.3675	740	790	50	1800	36	1800
89205850	1572		3	7,74 34.5050	1070	1150	80	2160	36	2880

Liite 4. Prosessikuvaus.

