



Väylävirasto  
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu  
43/2022

# T-OMHA / Kävely- ja pyöräilyväylien kunnonhallinnan kehittäminen

## Projektiraportti





Markku Knuuti, Konsta Sirvio, Tiit Kaal

# **T-OMHA / Kävely- ja pyöräilyväylien kunnonhallinnan kehittäminen**

Projektiraportti

Väyläviraston julkaisuja 43/2022

*Kannen kuva: Toni Paju, Crowdchupa*

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

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-980-6

Väylävirasto  
PL 33  
00521 HELSINKI  
puh. 0295 343 000

**Markku Knuuti, Konsta Sirvio, Tiit Kaal: T-OMHA / Kävely- ja pyöräilyväylien kunnossapito- ja kehittäminen - Projektiraportti.** Väylävirasto Helsinki 2022. Väyläviraston julkaisuja 43/2022. 65 sivua ja 3 liitettä. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-980-6.

**Avainsanat:** kävely, pyöräily, väylät, omaisuudenhallinta, kehittäminen, kuntomittaukset, kunnossapito

## Tiivistelmä

Projektin tarkoituksena oli kehittää kävely- ja pyöräilyväylien kuntomittauksia ja väylien kunnossapidon suunnittelua. Raportissa keskitytään kuitenkin pyöräilijän näkökulmaan kunnossapitossa, ja sitä käytetään mitoittavana tekijänä kuntomuuttujia ja niiden painotuksia arvioitaessa.

Nykyisin kuntoinventoinneissa määritellään kunnossapidon tarve suoraan maastossa seuraamalla viittä eri kuntomuuttujaa. Kohteet yhdistellään minimipituussääntöjen mukaan yhtenäisiksi kokonaisuuksiksi. Ongelma tällaisessa inventoinnissa on ollut se, että tieto siitä miksi kohde on valittu kunnossapitoon (päälystykseen) ei selviä. Kohteiden valinta ei ota huomioon yksittäisiä, tienkäyttäjän kannalta vaarallisia vauriokohtia, koska nykyiset päälystyskohteiden yhdistelysäännöt jättävät pois lyhyet vauriokohdat. Toisaalta kohteiden yhdistelysäännöt voivat valita päälystykseen pidempiäkin kohteita kuin olisi tarve.

Kuntomittauksia voidaan parantaa ja kehittää tarkkuuden, toistettavuuden ja kustannusten osalta. Tarkkuutta tässä tutkimuksessa tuo Vaisalan konenäkömalli, joka pystyy nykyisellään analysoimaan 15 eri vauriotyyppiä päälysteestä automaattisesti konenäön avulla. Lukuisten vauriomuuttujien avulla voidaan tarkemmin pohdita, mitkä muuttujat vaikuttavat tien kunnossapitoon ja priorisointiin sekä tienpitäjän että tienkäyttäjän näkökulmasta. Kuntomuuttujien painotuksilla saadaan kriittiset kohteet systemaattisesti esille tieverkolta. Toistettavuutta tuo konenäön pienempi virhe toistuvien mittauskertojen välillä verrattuna ihmissilmällä tehtävään arviointiin. Hinnan ja mittausten nopeuden puolesta puhuu projektin aikana koikeiltu joukkoistettu datan keräys, jossa yksityiset ihmiset keräävät polkupyörillä videoita pyöräteiden päälysteestä Crowdchupa Oy:n kehittämän mobiilipelin avulla. Mittaajat saavat päivän päätteeksi korvauksen kerätyistä videoista, jotka läpäisevät laatuvaatimukset. Pilottiprojektissa syntyi 95,5 % hyväksyttyä dataa, josta noin 90 % kahden ensimmäisen päivän aikana.

Kävely- ja pyöräilyväylien palvelutasosta tehtiin käyttäjäkysely, johon saatiin 401 vastausta. Tulokset kuntotekijöiden osalta todistivat samoja käsityksiä, mitä asiantuntijoillakin oli. Vaaralliseksi koettiin isot reiät ja leveät halkeamat.

Saatujen mittaustulosten avulla laadittiin kunnossapito-ohjelmat. Kuntomuuttujien painotuksia säädettiin vastaamaan paremmin kävely- ja pyöräilyväylien käyttäjien kokemaa palvelutasoa ja niistä luotiin kuntoindeksiluku (%). Kuntoindeksin raja-arvoksi valittiin 60 %. Jokainen vauriotyyppi vähentää omalta osaltaan ja omalla painollaan suurinta kuntoarvoa 100 %. Kunnossapidon ohjelmoinnin perussegmentin pituudeksi valittiin 20 metriä.

Koska kunnossapidon budjetti on aina rajallinen, eikä kaikkia haluttuja kohteita voida päälystää, täytyy budjetti priorisoida kaikkein huonokuntoisimmille kohteille.

---

Sellaiset, tien käyttäjän kannalta vaaralliset vauriot, jotka jäävät päällystysohjelman ulkopuolelle, osoitetaan hoidolle. Toisinaan kohteella olisi niin paljon paikatavaa, että edullisemmaksi tulisi lisätä päällystysbudjettia tai jättää kohde odottamaan seuraavaan vuoteen. Päällystysohjelmaksi rajoittamattomalla budjetilla vuodelle 2022 saatiin 51,7 km ja rajoitetulla budjetilla (500 000 €) 12,5 km. Korjausvelkaa on siis kertynyt huomattavasti.

Jatkotutkimusaiheiksi ehdotetaan kävely- ja pyöräilyväylien palvelutasoindeksin kehittämistä, kohteiden priorisoinnin tarkentamista, ohjelmoinnin yhdistelysääntöjen parantelua sekä kuntoindeksin jatkokehittämistä.

**Markku Knuuti, Konsta Sirvio, Tiit Kaal: T-OMHA / Underhållsutveckling av gång- och cykelvägar.** Trafikledsverket. Helsingfors 2022. Trafikledsverkets publikationer 43/2022. 65 sidor och 3 bilagor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-980-6.

## Sammanfattning

Målet med detta projekt har varit att utveckla ett system för att övervaka beläggningens statusen på cykelbanor. Utgångspunkt har varit vad statusen för beläggningen har för effekt på cyklisterna, och hur man kan värdera olika defekter i beläggningen.

I nuvarande arbetssätt tar man hänsyn till 5 olika parametrar vid inventering i fältundersökningen. Underhållsbehovet bygger sedan på kravställning avseende minimilängd för åtgärd. Problemet med den här typen av inventering är att det inte alltid är känt varför ett visst segment valts ut för att läggas om. Denna metod tar inte hänsyn till enskilda defekter, vilket kan vara farligt för cyklister på grund av den enskilda defektens art och omfattning. Å andra sidan kan det på grund av dessa minimilängdsregler tas fram förslag på mer omfattande beläggningskrav än vad som behövs.

Inventeringsverktyget för beläggning skulle kunna förbättras i fråga om noggrannhet, repeterbarhet och kostnader. Större noggrannhet tillhandahålls av Vaisala Artificial Intelligent-modellen, som automatiskt kan upptäcka 15 olika typer av beläggningsdefekter. Med hjälp av olika defekttyper är det möjligt att mer i detalj analysera vägunderhållets påverkan, både från väghållarens och trafikanternas synvinkel. Genom att vikta de olika beläggningsdefekterna hittas de kritiska platserna mer systematiskt.

Med AI förbättras repeterbarheten mellan olika inventeringar, i motsats till okulära inventeringar som utförs med det mänskliga ögat. För att minska datainsamlingens kostnad och tid testades insamling av crowdsourced data under projektet. Vanliga medborgare i regionen samlade in data med sina cyklar, med hjälp av ett mobilspel utvecklat av Crowdchupa Ltd. Användare får betalt i slutet av dagen beroende på hur mycket data som samlats in. Insamlade videor måste klara kvalitetskontrollen innan de betalas. I pilotprojektet samlades 95,5 % godkända uppgifter in, varav 90 % samlades in under de två första dagarna.

En användarundersökning genomfördes om vägstandarden i allmänhet. Enkäten fick 401 svar. Resultaten bekräftar förståelsen av vikten av olika defekttyper. Den farligaste av dem var stora potthål och stora sprickor.

Ett underhållsprogram skapades med hjälp av insamlade villkorsdata. Olika typer av beläggningsdefekter viktades för att bättre uppfylla trafikanternas uppfattning om underhållsnivån. Av dessa resultat beräknades ett nytt underhållsindex (%). Ett underhållsindex på 60 % valdes som gränsvärde för ombeläggning. Varje defekt drar av en procentsats av det maximala underhållsvärdet på 100% baserat på sin egen vikt. För underhållsplaneringsändamål delades vägarna in i 20 m segment.

Eftersom underhållsbudgeten alltid är begränsad kan inte alla segment som behöver underhåll, asfalteras på nytt igen. Därför måste budgeten prioritera för de segment som är i sämst skick. Dessa defekter, som kan vara farliga för trafikanterna, men som inte är asfalterade, kommer att belysas under det rutinmässiga

---

underhållet. Men ibland kan ett segment ha så många defekter att det är mer aktuellt att utföra ombeläggning, eventuellt följande år. Beläggningsprogrammet med en obegränsad budget för år 2022 blev 51,7 kilometer. Med en begränsad budget (500 000 euro) blev totalsumman 12,5 km. Underhållsbehovet ses därför som betydande.

För efterföljande fokusområden föreslås att man ytterligare undersöker underhållsindexet för gång- och cykelvägar, förbättrar prioriteringsverktygen och algoritmerna för att automatiskt kombinera underhållssegment samt ytterligare analysera parametrarna och viktningen i underhållsindexet.



**Markku Knuuti, Konsta Sirvio, Tiit Kaal: T-OMHA / The development of bicycle and pedestrian road condition management.** Finnish Transport Infrastructure Agency Helsinki 2022. Publications of the FTIA 43/2022. 65 pages and 3 appendices. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-980-6.

## Abstract

The goal of this project was to develop a bicycle and pedestrian road condition management. The bicycle users' point of view is the main focus to of the road condition and how to weight the impact of different pavement defects.

In the current road condition inventory, the need for maintenance is defined by following 5 different parameters whilst conducting field surveys. Maintenance works are then combined, by using minimum length rules. The problem with this kind of inventory is that it is not always known why a particular segment was selected for repaving. This methodology doesn't consider single defects, which might be dangerous for cyclists due to the minimum length rules. On the other hand, due to these minimum length rules, there might be more extensive paving requirements reported than what is needed.

Pavement condition inventories could be improved in terms of accuracy, repeatability and costs. Greater accuracy is provided by the Vaisala Artificial Intelligent model, which can automatically detect 15 different pavement defect types. With the help of different defect types, it is possible to analyse in more details the influence of the road maintenance, both from the road agency and the road users point of view. By weighting the pavement defect types, the critical locations are found more systematically.

With AI, repeatability is improved between different surveys, as opposed to visual inventories conducted using the human eye. To reduce the data collection cost and time, crowdsourced data collection was trialled during the project. Ordinary citizens of the region collected data with their bicycles, using a mobile game developed by Crowdchupa Ltd. Users are paid reward at the end of the day depending how much data was collected. Collected videos must pass the quality check before they are paid for. In the pilot survey project, 95.5% approved data was collected from which 90% was collected in first two days.

A user survey was conducted about the road service level in general. The survey received 401 replies. The results confirm the understanding of the importance of different defect types. The most dangerous of which, were big potholes and wide cracks.

A maintenance program was created by using collected condition data. The pavement defect types were weighted to better meet the road users' opinion of the level of service. From these results a new road condition index was calculated (%). A condition index value of 60% was selected as a trigger for re-paving. Every defect deducts a percentage the maximal condition value of 100% based on its own weight. For the maintenance planning purposes, roads were divided into 20 m segments.

Since the maintenance budget is always constrained, and not all the segments needing maintenance can be re-paved, budget must be prioritized to the segments

---

in worst condition. Those defects, which might be dangerous for the road users, but are not paved, will be highlighted during the routine maintenance. However, sometimes a section might have so many defects, that it is more feasible to carry out re-paving, possibly the following year. The re-paving program with an unconstrained budget for the year 2022, was 51.7 kilometres. With a constrained budget (500,000 €) the total was 12.5 km. Repair debt is therefore seen as significant.

For subsequent research topics it is proposed to investigate further the service level index for pedestrian and bicycle roads, improve the prioritization tools and algorithms for combining maintenance segments automatically, as well as further analyse the parameters and weighting in the condition index.

## Esipuhe

Kävely- ja pyöräilyväylien kunnonhallinnan kehitysprojekti tilattiin osana puitesopimusta 01HIJ, Tieomaisuuden hallinnan asiantuntijapalvelut. Tilaajana on Väylävirasto ja toimittajana AFRY-Finland Oy ja SirWay Oy.

Tässä projektissa oli tarkoitus selvittää ja kehittää kävely- ja pyöräilyväylien kunnonhallintaa. Projekti aloitettiin selvittämällä kunnonhallinnan nykytila, kerättävät kuntoparametrit sekä nykyinen menetelmä kunnossapidon ohjelmointiin. Tämän lisäksi tehtiin kansainvälinen tutkimuskatsaus, sekä tutustuminen muiden maiden tieviranomaisten käytäntöihin.

Projektin tarkoituksena oli kehittää kävely- ja pyöräilyväylien kuntomittauksia. Kuntomittausmenetelmänä kokeiltiin Vaisalan (RoadAI) konenäköön perustuvaa päällystevaurioinventointimallia, tarkastella tarkemmin siinä kerättäviä kuntomuuttujia ja niiden painotuksia, sekä tehdä ehdotuksia kävely- ja pyöräilyväylien kuntoindeksiksi tienpitäjän ja tienkäyttäjän näkökulmasta. Lisäksi selvitettiin videodatan tiedonkeruuta joukkoistamalla tien käyttäjille (pyöräilijöille), sekä tehtiin käyttäjäkysely kävely- ja pyöräilyväylien palvelutasosta, johon saatiin yli 400 vastausta.

Vaihtoehtoisia kunnossapito-ohjelmia laadittiin eri kuntoindekseillä, kunnossapitotöiden raja-arvoilla ja minimipituuksilla. Tuloksia verrattiin tämänhetkiseen inventointiin kunnossapidon tarpeesta.

Tiekarttana pohditaan, kuinka kuntodataa pitäisi kerätä ja kuinka sitä käytetään systemaattisessa kunnossapidossa sekä millaisilla tunnusluvuilla verkon kehittymistä seurataan. Ehdotuksia seuraaviksi tutkimusaiheiksi on listattu raportin viimeiseen kappaleeseen.

Projektin tilaajan edustajana ja työn ohjaajana toimi Susanna Suomela, ja asiantuntijoina projektissa olivat Markku Knuuti (AFRY-Finland Oy), Konsta Sirvio (SirWay Oy) ja Tiit Kaal (SirWay Oy). Kuntomittaukset toteutti Toni Paju (Crowdchupa Oy), ja palvelutasokyselyn toteutti Tuukka Alavaikko (SirWay Oy).

Työtä ovat ohjanneet Väylävirastosta lisäksi Tero Lassila, Jani Lehenberg, Vesa Männistö, Jari Myllärinen, Maija Rekola, Ossi Saarinen sekä ELY:stä Janne Lintilä.

Projektin aikana haastateltiin lukuisia tieomaisuuden hallinnan asiantuntijoita.

Helsingissä elokuussa 2022

Väylävirasto  
Strategia- ja toiminnansuunnitteluosasto

## Sisältö

1	JOHDANTO.....	12
2	NYKYTILASELVITYS (VÄYLÄVIRASTO) .....	14
3	KANSAINVÄLINEN TUTKIMUSKATSAUS.....	17
3.1	Yleistä.....	17
3.2	Kerättävä tieto ja tiedonkeruutavat.....	18
3.3	Tiedon hyödyntäminen pyöriteiden kunnossapidossa .....	20
3.4	Yhteenveto kansainvälisistä tutkimuksista.....	21
4	KÄYTÄNNÖT ERI MAISSA.....	22
4.1	Norja (Statens Vegvesen) .....	22
4.1.1	Tiedon keruu ja hyödyntäminen.....	22
4.1.2	Kehittämistarpeita .....	23
4.2	Tanska (Vejdirektoratet) .....	23
4.2.1	Tiedon keruu ja hyödyntäminen.....	24
4.2.2	Kehittämistarpeita .....	24
4.3	Ruotsi .....	24
4.3.1	Trafikverket ja VTI.....	24
4.3.2	Ruotsin kunnat.....	26
4.4	Muut tieviranomaiset.....	27
4.4.1	Edmontonin kaupunki, Kanada.....	27
4.4.2	Belgia ja Alankomaat .....	28
4.5	Yhteenveto .....	32
5	PILOTTIPROJEKTI KUNTOTIEDON KERUUSTA.....	33
5.1	Mittausten toteutus .....	33
5.2	RoadAI-konenäkömalli.....	36
5.3	Mittausten tulokset.....	37
5.4	Kontrollimittaus.....	39
6	KUNTOMUUTTUJIEN VALINTA.....	45
6.1	Kunnossapidon ja hoidon näkökulma .....	45
6.2	Tienkäyttäjän näkökulma .....	45
6.3	Uudet kuntoindeksit .....	46
7	KUNNOSSAPITO-OHJELMA UUSILLA KUNTOMUUTTUJILLA.....	50
7.1	Kunnossapito-ohjelmien laatiminen.....	50
7.2	Vertailu kunnossapitotarveinventointiin .....	55
7.3	Yhteenveto ohjelmoinnista .....	59
8	TIEKARTTA.....	61
8.1	Tiedon ajantasaisuus ja mittaussykli .....	61
8.2	Tunnusluvut (Key Performance Indicators) .....	61
8.3	Johtopäätökset .....	62
9	JATKOTYÖEHDOTUKSIA .....	64
	LÄHDELUETTELO.....	65

## LIITTEET

- Liite 1 Vaisala Oy:n RoadAI-vauriosummakaava
- Liite 2 Käyttäjäkyselyssä annettuja vapaita kommentteja
- Liite 3 Kunnossapito-ohjelma eri raja-arvoilla

# 1 Johdanto

Maanteiden kunnossapitoon kuuluvat päällystettyjen teiden, kävely- ja pyöräilyväylien, sorateiden, siltojen, tieympäristön sekä maanteiden varsilla olevien liikennemerkkien, laitteiden ja rakenteiden hoito ja ylläpito. Kunnossapidon tarkoituksena on kesä- ja talvihoidolla taata tieverkon turvallisuus ja päivittäinen liikennöinti.

Suomessa on yhteensä 79 maanteiden hoitourakkaa. Maanteiden hoitourakoiden kesto on viisi vuotta ja urakoissa on hoidettavaa tiestöä keskimäärin hieman alle 1 000 kilometriä. Hoitourakoiden keskeisiä tehtäviä ovat talvikunnossapito, sorateiden hoito, viher- ja puhtaanapitotyöt, kuivatuksen varmistaminen sekä pienet ja äkilliset päällysteiden paikkaukset. Lisäksi päällysteiden paikkaustöitä tehdään erillisissä paikkausurakoissa. Tehtäviin kuuluu myös varusteiden ja laitteiden kuten liikennemerkkien kunnossapito sekä osallistuminen tilaajalle kuuluvien viranomais-tehtävien hoitoon. Hoitotöiden valvonnasta vastaavat ELY-keskukset.

Väyläviraston hallinnoimien kävely- ja pyöräilyväylien kokonaispituus vuonna 2021 oli 6 062 kilometriä (taulukko 1), joista huonokuntoisten osuus vuonna 2020 oli 732 km<sup>1</sup>.

*Taulukko 1. Maanteiden varsilla olevat kävely- ja pyöräilyväylien 1.1.2021 todellisen kävely- ja pyöräilyväylien tiepituuden mukaan<sup>2</sup>.*

ELY-KESKUS	VALTA-TIET	KANTA-TIET	SEUTU-TIET	YHDYS-TIET	RAMPIT	YHTEENSÄ
UUSIMAA	86	89	411	583	6	1 175
VARSINAIS-SUOMI	107	82	164	532	1	885
KAAKKOIS-SUOMI	69	13	141	122	0	344
PIRKANMAA	34	37	153	188	0	412
POHJOIS-SAVO	192	106	208	263	3	771
KESKI-SUOMI	53	39	152	170	2	416
ETELÄ-POHJANMAA	203	96	223	273	0	795
POHJOIS-POHJANMAA	185	63	196	249	0	694
LAPPI	233	77	144	116	1	571
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1 161</b>	<b>601</b>	<b>1 792</b>	<b>2 495</b>	<b>13</b>	<b>6 062</b>

Kunnossapitotarvetta inventoidaan vuosittaisella kierrolla, joka on noin 1/3 verkon pituudesta. Kunnossapitotarve arvioidaan tarkastelemalla viittä eri muuttujaa silmämääräisesti.

Projektin tarkoituksena on pohtia uutta, tarkempaa, tapaa kerätä kuntotietoa kävely- ja pyöräilyväyliltä, sekä muodostaa ns. kävely- ja pyöräilyväylien kuntotiedoksi, joka palvelee kunnossapitoa sekä tienpitäjän että käyttäjän näkökulmasta.

Projektissa kokeiltiin uutta, Crowdchupan kehittämää joukkoistettua tiedonkeruuta sekä Vaisalan RoadAI-konenäön tarjoamaa päällystevaurioinventointia. Projektissa

<sup>1</sup> Väyläviraston tilinpäätös 2020, Väyläviraston julkaisu 10/2021

<sup>2</sup> Väylävirasto 2021 (www.vayla.fi)

toteutettiin myös käyttäjäkysely kävely- ja pyöräilyväylien palvelutasosta. Kyselyyn vastasi yli 400 henkilöä, enimmäkseen pyöräilijöitä.

Tiekarttana pohditaan, miten kuntodataa pitäisi kerätä ja käyttää systemaattisessa kunnossapidossa sekä sitä, miten kuntomuuttujia pitäisi painottaa ja millaisilla tunnusluvuilla verkon kehittymistä voisi seurata.

## 2 Nykytilaselvitys (Väylävirasto)

Väylävirastolla on päättymässä oleva sopimus (2018–2021) päällystevauriokartoituksesta kävely- ja pyöräilyväyläverkolla valtakunnallisesti. Urakka on jaettu maantieteellisesti kolmeen osaan, joissa urakan toteuttivat Destia Oy, Carement Oy ja Suomen Tiestötieto Oy. Mittaukset tehdään kolmen vuoden kierrolla, eli vuosittain inventoidaan noin 1/3 verkosta. Urakka on päättynyt ja uusi kilpailutus on tulossa vuonna 2022.

Vaurioinventointi tehdään visuaalisesti, ajamalla autolla 5–15 km/h kävely- ja pyöräilyväyliä pitkin. Inventointi suoritetaan ajoneuvolla ajaen arvioiden silmämääräisesti kävely- ja pyöräilyväylien päällysteiden eri vauriotyyppien vakavuutta, jonka perusteella merkitään jaksolle joko korjaustarve tai ei korjaustarvetta. Inventointi suoritetaan kahden hengen miehistöllä siten, että toinen ajaa ajoneuvoa ja toinen tallentaa tiedonkeruulaitteelle korjaustarpeessa olevat jaksot. Inventointikausi alkaa 1.6. ja päättyy 30.8.

Eri päällystevauriotyypeille on kriteerit, joiden perusteella jaksolle määritetään korjaustarve (taulukko 2). Muuten jakso merkitään luokkaan ”ei korjaustarvetta”. Jos jaksolla on useita eri päällystevauriotyyppejä, merkitään jaksolle korjaustarve, jos yksi tai useampi vauriotyyppi ylittää korjaustarpeen kriteerit.

Kävely- ja pyöräilyväylien päällystevauriokartoituksessa inventoidaan ainoastaan korjaustarpeessa olevia päällystevaurioita, joten lieviä vaurioita ei inventoida päällystevaurioiksi.

*Taulukko 2. Inventoitavat päällystevauriot ja niiden kriteerit.*

Vauriotyyppi	Kriteerit korjaustarpeen määrittämiseksi
<b>Pituus- ja poikkihalkeamat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Halkeama on pääosin 2 cm leveä</li> <li>- Halkeama on porrastunut pystysuunnassa ja halkeaman aiheuttama epätasaisuus tuntuu yliajettaessa</li> <li>- Päällysteessä on useita rinnakkaisia pituushalkeamia tai peräkkäisiä poikkihalkeamia, joiden reunat ovat selvästi murtuneet</li> </ul>
<b>Verkkohalkeamat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verkkohalkeaman lohkot ovat murtuneet tai alkaneet purkaantua</li> <li>- Verkkohalkeama aiheuttaa pituus- tai poikittaisuuntaista epätasaisuutta</li> </ul>
<b>Reiät</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reiän halkaisija on yli 10 cm</li> <li>- Jaksolta puuttuu päällyste (kaivannot yms.)</li> <li>- Päällysteen ja reunakiven välistä puuttuu päällystettä tai väli on auennut yli 5 cm leveydeltä</li> </ul>
<b>Haitalliset epätasaisuudet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Epätasaisuus, jota varten pyöräilijä hidastaa tai jota pyöräilijä väistäisi</li> <li>- Porrastunut työsauma, jonka aiheuttama epätasaisuus tuntuu yliajettaessa</li> </ul>
<b>Paikatut päällystevauriot</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tilapäispaikkaukset (bitumijuotokset ja lapiopaikkaukset massalla)</li> <li>- Koneellisia pysyväispaikkauksia ei lasketa</li> </ul>



Paikkauksien suhteen on huomioitava, että halkeamien bitumijuotokset, reikien "lapiopaikkaukset" sekä laajemmatkin massapaikkaukset luokitellaan tilapäispaikkauksiksi ja siten määritellään korjaustarveosuuksiksi. Koneelliset, pysyväisluonteiset paikkaukset sen sijaan luokitellaan ehjäksi päällysteeksi ja eivät ole siten korjaustarpeessa.

Tulokset tallennetaan Väyläviraston YHA-järjestelmään<sup>3</sup> 100 metrin segmentteinä. Jokainen satametrinen sisältää tiedon korjaustarpeen määrästä (% tai metriä). Jos tulos on nolla, kohde on täysin kunnossa. Toisin sanoen, korjaustoimenpiteiden jälkeen tulokset nollataan. Data kertoo vain korjaustarpeen määrän, mutta tietoa eri vauriotyypeistä tieto ei sisällä, koska sitä ei erikseen tallenneta inventoitaessa.

YHA-järjestelmässä ei ole tällä hetkellä rappeutumismallia kävely- ja pyöräilyväylien kunnan ennustamiseen, toisin kuin esimerkiksi maanteiden uratiedoissa.

Kuva-aineisto kävely- ja pyöräilyväylistä ei ole tällä hetkellä ajantasaista ja kattavaa. Tämä on selvä puute, varsinkin kun väylien kunto voi heiketä nopeastikin vuoden aikana, johtuen esimerkiksi talvikunnossapitokaluston aiheuttamista vaurioista. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat leudot ja sateiset talvet edistävät myös omalta osaltaan vaurioitumisen nopeutta, jäätymis-sulamissykliä lisääntyvästä määrästä johtuen.

Kunnossapitokohteiden valinta perustuu osittain kerättyyn kuntodataan, mutta toisaalta priorisoinnissa suositaan vilkasliikenteiseksi tiedettyjä yhteysvälejä, vaikkakaan verkolla ei tehdä systemaattisia liikennemäärälaskentoja. Myös kuntotason yhtenäisyys kuntien hallinnoimaan verkkoon nähden pyritään ottamaan huomioon. Kunnossapitokohteiden valinta ei ole siis automatisoitu, vaan kunnostuskohteiden valinta aloitetaan päällystevauriokartoitusdatalla, mutta viimeistellään manuaalisesti.

Vuonna 2020 kunnostettiin yhteensä 170 kilometriä kävely- ja pyöräilyväyliä, mutta edellisinä vuosina määrä on ollut vähäisempi, noin 100 kilometriä vuosittain. Huonokuntoisten väylien määrä on lisääntynyt viime vuosina. Vuonna 2020, 732 kilometriä, eli noin 12,1 % koko verkon pituudesta, luokiteltiin huonokuntoiseksi. Pyrkimys on panostaa enemmän kävely- ja pyöräilyväyliin jatkossa osana kestävästä kehitystä.

Tällä hetkellä on käytössä kaksiportainen kuntotasovaatimus (K1, K2), joka vaihtelee ELY-alueittain. Jos K1-luokassa kunnostustarve on yli 50 metriä, kyseinen 100 metrin segmentti määritellään huonokuntoiseksi, muutoin segmentti on hyväkuntoinen. Jos K2-luokassa on kunnostusarvetta yli 65 metriä, niin kyseinen 100 metrin segmentti määritellään huonokuntoiseksi, muuten segmentti määritellään hyväkuntoiseksi. ELY-keskukset ovat saaneet määritellä itse, mitkä väylät kuuluvat K1:seen ja mitkä K2:seen ja käytäntö ei ole yhtenäinen ELY-alueiden välillä.

Tyypillisiä kunnossapitotöitä ovat reikiä, reunavaurioiden ja halkeaminen ns. tilapäispaikkaukset sekä pitkäkestoisemmat koneelliset paikkaukset. Päällysteiden paikkausohje on päivitetty pari vuotta sitten<sup>4</sup>. Uusissa päällystystöissä käytetään yleensä AB-päällystettä, maksimi raekoolla 11. Routariskikohteissa käytetään usein

<sup>3</sup> Tierakenteiden hallintajärjestelmä (YHA), korvautuu Velholla.

<sup>4</sup> Väyläviraston ohjeita 27/2019

---

lasikuituverkkoa päällysteen alapinnassa. Uudisrakennuskohteissa myös rakenteen keventämiskäytännöt tulevat kysymykseen pehmeillä pohjamailla.

Monilla ELY-alueilla paikkaukset hoidetaan hoitourakoiden sisällä, mutta käytössä on myös erillisiä paikkausurakoita. Uudelleenpäällystämisen osalta on päällystysurakoita, jotka voivat sisältää tarvittaessa myös rakenteen parantamista. Yksistään datan perusteella ei tehdä työohjelmia suoraan, vaan se vaatii myös paikallakäynnin ja tarkemman suunnittelun. Toisin sanoen, data antaa vain yleistä näkemystä siitä, missä voisi olla kunnossapitotarvetta.

Pirkanmaan ELY:ssä on kokeiltu konenäön käyttömahdollisuutta vaurioiden kartoitukseen. Konenäköön perustuvaa vauriokartoitusta (RoadAI/Vaisala) kokeiltiin myös tässä projektissa, mutta datan keruu tehtiin joukkoistetusti, pyöräilijöiden avulla.

## 3 Kansainvälinen tutkimuskatsaus

### 3.1 Yleistä

Kävely- ja pyöräilyväylien kunnon hallinnan kehittämisen näkökulmasta kansainvälinen tutkimuskatsaus voi tuoda uusia ajatuksia, joita ei vielä välttämättä ole otettu käytäntöön, mutta antavat rohkaisevia tuloksia. Kunnonhallinta voidaan jakaa osaluokkiin ja tässä raportissa on käytetty seuraavaa jaottelua:

1. Kerättävä tieto ja tiedonkeruutavat
2. Tiedon prosessointi
3. Järjestelmät tiedon prosessointiin ja hyödyntämiseen
4. Kunnossapidon suunnittelun menetelmät ja standardit
5. Kunnossapidon hankinta ja valvonta

Useat teiden päällysteisiin ja kunnonhallintaan liittyvät menetelmät soveltuvat myös kävely- ja pyöräilyväylille, mutta tässä tutkimuskatsauksessa nämä on rajattu ulkopuolelle. Ulkopuolelle on rajattu myös tutkimukset, jotka koskevat kävely- ja pyöräilyväylien suunnittelua ja rakentamista, vaikka näillä kunnonhallinnan näkökulmasta voi olla merkitystä. Katsauksessa ei myöskään paneuduta tieviranomaisen liiketoiminta- ja johtamisprosesseihin, vaikka näilläkin on merkitystä kunnan hallinnan tehokkuuteen. Katsauksen pääpaino on siis selvittää, mitä mahdollisia uusia ja toimivia menetelmiä ja tekniikoita on olemassa liittyen jo rakennettujen kävely- ja pyöräilyväylien kunnon kartoittamiseen, tiedon muokkaamiseen ja hallintaan sekä kunnan ylläpitoon.

Lähtökohta katsaukselle on julkaistut tutkimukset, jotka löytyvät julkisista lähteistä ja tietokannoista. Seuraavia tietokantoja on käytetty:

1. Google-haut
2. Researchgate
3. ScienceDirect

Hakukielenä on käytetty englantia, sillä oletusarvoisesti tärkeimmät tutkimukset ovat englanniksi. Hakusanat viittaavat sekä kävely- ja pyöräilyväylien että eri kunnan hallinnan seikkoihin. Hakusanoina käytettiin seuraavia sanoja:

1. bicycle path maintenance planning
2. bicycle path maintenance
3. bicycle infrastructure maintenance
4. bicycle infrastructure maintenance management
5. bicycle infrastructure data collection
6. bicycle infrastructure deterioration model
7. "bicycle path" "data collection"
8. "cycle path" "maintenance planning"

Haut tuottivat noin 20 relevanttia tutkimusta, joista seuraavaksi esitellään yhteenvedo.

## 3.2 Kerättävä tieto ja tiedonkeruutavat

Tiedon keruu kävely- ja pyöräilyväylillä ei ole ollut yhtä perusteellista kuin auto-teistä. Liikenteestä johtuvaa kantavan kerroksen heikentymistä sekä pintavaurioita kuten urautumista ei juuri esiinny. Toisaalta tietyt pintavauriot kuten reiät, leveät halkeamat sekä routavauriot ovat vakava turvallisuusriski pyöräilijöille sekä uusille kevyen liikenteen kulkuneuvoille kuten sähköpotkulaudoille. Kävely- ja pyöräilyväylien osuus kaikista väylistä on melko pieni, ja ne ovat olleet toissijaisessa asemassa liikennejärjestelmän kehittämisessä. Kunnanhallinnan näkökulmasta myös perinteinen optimointinäkökulma tienkäyttäjäkustannusten mukaanottamisesta ei välttämättä edistä kävely- ja pyöräilyväylien järkevää valintaa kunnossapito-ohjelmiin, jolloin tarkalla liikennemäärällä ei ole yhtä suurta merkitystä kuin autoteiden osalta.

Pyöräteiden osalta on sovellettu useita palvelutasoindikaattoreita, jotka sisältävät myös päällysteen kunnon. Pyöräilyinfrastruktuuria kuvaavat mittarit sisältävät tyyppillisesti tekijöitä seuraavista viidestä tekijästä: mukavuus, suoruus, yhtenäisyys, houkuttelevuus ja turvallisuus<sup>5</sup>. Useimmat indeksit huomioivat päällysteen kunnon lisäksi muita pyöräilyn turvallisuuteen ja miellyttävyyteen vaikuttavia tekijöitä kuten päällysteen leveys, esteet pyörätiellä ja puut pyöräteiden varrella<sup>6</sup>. Yksittäisiä kehitettyjä mittareita ovat muun muassa pyöräiltävyyssindeksi<sup>7</sup>, pyöräilyturvallisuusindeksi<sup>8</sup>, kuntoindeksi ja pyöräilyn palvelutaso<sup>9</sup>. Pyöräiltävyyssindeksi koostuu muun muassa seuraavista tekijöistä:

- pyörätie olemassa
- päällysteen laatutaso
- esteitä pyörätiellä
- kaltevuus
- leveys
- puita tien varrella
- rakennusten estetiikka
- liikenteenohjauslaitteita tien varrella
- bussiliikenteen määrä
- autoliikenteen määrä
- moottoripyöräliikenteen määrä
- jalankulkijoiden määrä
- moottoriajoneuvojen ajonopeus
- valaistus
- pyöräilijöiden lukumäärä.

<sup>5</sup> Bach, H. (2006). Urban Design and Traffic: a Selection from Bach's Toolbox. CROW, Ede.

<sup>6</sup> Arellana, J.; Saltarín, M.; Larrañaga, A.M.; González, V.I. & Henao, C.A. Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. Transportation Research Part A: Policy and Practice. Volume 139, September 2020, Pages 310-334.

<sup>7</sup> Arellana, J.; Saltarín, M.; Larrañaga, A.M.; González, V.I. & Henao, C.A. Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. Transportation Research Part A: Policy and Practice. Volume 139, September 2020, Pages 310-334.

<sup>8</sup> Davis, W.J. *Bicycle Safety Evaluation*. Auburn University, Chattanooga, TN, 1987.

<sup>9</sup> Figliozzi, M., and Blanc, B. (2015). Evaluating the Use of Crowdsourcing as a Data Collection Method for Bicycle Performance Measures and Identification of Facility Improvement Needs. Report FHWA-OR- RD-16-04.

Pyöräilyturvallisuusindeksi pohjautuu nimensä mukaan turvallisuustekijöihin jättäen mukavuustekijät huomioimatta. Indeksien laskussa huomioidaan moottoriajoneuvojen liikennemäärä, kaistojen lukumäärä, nopeusrajoitus, ulkokaistan leveys, päällysteen kunto.

Kävely- ja pyöräilyväylien kunnonhallinnan ja kunnossapidon suunnittelun näkökulmasta olennaiset kuntoindikaattorit liittyvät päällysteen kuntoon. Päällysteen kuntoa on pyritty mittaamaan automaattisesti muun muassa älypuhelimilla. Osa tutkimuksista keskittyy hyödyntämään pelkästään matkapuhelinten GPS-sijaintitietoja, joiden avulla voidaan estimoida liikennemääriä, matkojen alku- ja loppupisteitä, matkanopeutta, sekä mahdollisia kunto-ongelmia alhaisten matkanopeuksien avulla.<sup>10</sup> Osa tutkimuksista on puolestaan hyödyntänyt älypuhelinten kiihtyvyyssanturitietoja päällysteen kunnon arvioinnissa. Yhdessä tutkimuksessa huomattiin, että pyöräilijät kokivat epämiellyttäväksi kiihtyvyyden neliöllisen keskiarvon (gravitaatiokorjattu) ollessa välillä 0.7–0.8 m/s<sup>2</sup>, kun taas pyöräilijät eivät huomanneet alle 0.5 m/s<sup>2</sup> kiihtyvyyssarvoja. Kiihtyvyyssanturin antamien tietojen hyödyntämisen ongelmia ovat muun muassa valitun kulku-uran vaikutus, nopeuden vaikutus kiihtyvyyssanturin arvoihin, älypuhelimien mallin, renkaiden ilmanpaineen ja painon vaikutus tuloksiin.<sup>11</sup> Matkapuhelimen kiihtyvyyssanturin ja videokameran antamaan tietoa on myös kerätty samanaikaisesti polkupyörillä.<sup>12</sup> Kiihtyvyyssanturin lisäksi epätasaisuutta on mitattu laserpohjaisesti esimerkiksi Dynatestin kehittämällä Lightweight Profilometer -mittalaitteella, jota on testattu muun muassa Göteborgissa.<sup>13</sup>

Kävely- ja pyöräilyväylille on myös kehitetty vauriosummaan perustuvia kuntot indeksejä autoteiden tapaan. Esimerkiksi jalkakäytäväkuntot indeksi (SCI – sidewalk condition index) huomioi rakenteen ja toiminnallisen kunnon mukaan lukien epätasaisuuden ja kitkan arvojen vaihdellessa 0 (paras) ja 100 (huonoin) välillä. Vaurioissa huomioidaan samat kuin tyypillisissä autoteiden vauriosummissa. Indeksien vauriosummat on laskettu kullekin vauriolle erikseen pinta-alan prosenttiosuuksina vauriotyypillä ja vakavuudella painotettuna ja summa vähennettynä arvosta 100. Indeksiin on tehty korjaus, jotta arvo ei mene negatiiviseksi. Korjaustoimenpiteiden valinnassa on käytetty raja-arvoa 30.<sup>14</sup>

Liikennemäärien osalta luotettavin mittaustapa on kiinteästi asennetut mittauslaitteet, joita on useissa maissa käytössä. Kaupunkiolosuhteissa ongelmana on näiden

<sup>10</sup> Francke, A. & Lißner, S. Big Data in Bicycle Traffic. A user-oriented guide to the use of smartphone-generated bicycle traffic data. Technische Universität Dresden, Chair of Transport Ecology and Chair of Traffic and Transportation Psychology. Dresden, November 2017.

<sup>11</sup> Niska, A. & Sjögren, L. (2014). *Mobilapp för mätning av cykelvägars ojämnheter: En studie av möjligheterna* (VTI rapport, 839). Linköping: VTI.

<sup>12</sup> Nuñez, J.Y.M.; Bisconsini, D.R. & da Silva, A.N.R. Combining environmental quality assessment of bicycle infrastructures with vertical acceleration measurements. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 137, 2020, Pp. 447-458.

<sup>13</sup> Niska, A. Sjögren, L. & Gustafsson, M. (2011). *Jämnhetsmätning på cykelvägar: Utveckling och test av metod för att bedöma cyklisters åkvalitet baserat på cykelvägens längsprofil* (VTI rapport, 699). Linköping: VTI.

<sup>14</sup> Corazza, M.V.; Mascio, P. & Moretti, L. Managing sidewalk pavement maintenance: A case study to increase pedestrian safety. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, Volume 3, Issue 3, 2016, Pp. 203-214.

riittämätön lukumäärä hyödyllisen kokonaiskuvan saamiseksi.<sup>15</sup> Vuoden keskimääräistä päivittäistä autoliikennettä (AADT, Annual Average Daily Traffic) vastaamaan on kehitetty pyöräliikennemittari päivä-, tunti-, ja kuukausikorjauskertoimiseen.<sup>16</sup>

Tiedonkeruun osalta on testattu myös joukkoistamista muun muassa älypuhelinsovelluksilla, joilla käyttäjä voi lähettää valituksen kunnosta sekä kuvan kävely- ja pyöräilyväylien ylläpidosta vastaaville.<sup>17</sup>

### 3.3 Tiedon hyödyntäminen pyöräteiden kunnossapidossa

Kävely- ja pyöräilyväylistä sekä niiden käytöstä kerättyä tietoa tulisi hyödyntää päätöksenteossa. Palvelutasomittareita on tutkimuksissa käytetty pyöräteiden infrastruktuuri-investointien priorisointiin huomioiden investoinnin vaikutus liikennemääriin.<sup>18</sup> Kaupunkien tasolla on luotu jopa kymmenvuotisia pyöräilysuunnitelmia, jotka ainakin Seattlessa ovat sisältäneet sekä uusien pyöräteiden rakentamisen, että olemassa olevan infran kunnossapidon.<sup>19</sup>

Vaikka kävely- ja pyöräilyväylät ovat usein jääneet huomioimatta tiemaisiuden hallintajärjestelmissä (RAMS, Road Asset Management System), ovat ne kuntatasolla olleet myös mukana systemaattisessa suunnittelussa tavoitteena maksimoida kunnossapito ja minimoida asukkaiden valitukset.<sup>20</sup> Erikseen on myös luotu kävely- ja pyöräilyväylien hallintajärjestelmiä pienessä mittakaavassa sisältäen infran perustietojen lisäksi kuntotietoja kuten päällystevauriot, ajoratamerkinnot sekä geometriatiedot.<sup>21</sup>

Yksinkertaistetussa kunnossapidon suunnittelussa kävely- ja pyöräilyväylien tietosat on jaettu kunnan perusteella ryhmiin ja eri kunnossapitotyöt ohjelmoitu raja-arvojen perusteella. Yhdessä esimerkissä, kansainvälisen epätasaisuusindeksin (IRI, International Roughness Index) ollessa alle 2.5 mm/m (hyväkuntoinen), työksi valitaan mikropäällystys (micro-surfacing). Tyydyttäväkuntoisten pyöräteiden osalta ( $2.5 < IRI \leq 4.0$ ) ohjelmoitu työ on jyrästä ja uudelleenpäällystys ja huonokuntoisten teiden osalta uudelleenrakentaminen.<sup>22</sup>

<sup>15</sup> Francke, A. & Lißner, S. Big Data in Bicycle Traffic. A user-oriented guide to the use of smartphone-generated bicycle traffic data. Technische Universität Dresden, Chair of Transport Ecology and Chair of Traffic and Transportation Psychology. Dresden, November 2017.

<sup>16</sup> El Esawey, M. Toward a Better Estimation of the Annual Average Daily Bicycle Traffic: A Comparison of Different Methods for Calculating Daily Adjustment Factors. In Transportation Research Record, No. 2593, pp. 28-36, 2016.

<sup>17</sup> Figliozzi, M., and Blanc, B. (2015). Evaluating the Use of Crowdsourcing as a Data Collection Method for Bicycle Performance Measures and Identification of Facility Improvement Needs. Report FHWA-OR- RD-16-04.

<sup>18</sup> Arellana, J.; Saltarín, M.; Larrañaga, A.M.; González, V.I. & Henao, C.A. Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. Transportation Research Part A: Policy and Practice. Volume 139, September 2020, Pages 310-334.

<sup>19</sup> Christopher Michael Hussey. Assessing the Level of Bicycle Planning in Local Planning Efforts: A Case Study. Community and Regional Planning Program. University of Nebraska - Lincoln. Spring 5-2012

<sup>20</sup> W.D. Cottrell, S. Bryan, B.R. Chilukuri, *et al.* Transportation infrastructure maintenance management: case study of a small urban city. Journal of Infrastructure Systems, 15 (2)(2009), pp. 120-132.

<sup>21</sup> Gharaibeh, N., Wilson, C., Darter, Michael, Jones, G., 1998. Development of a bike path management system for the University of Illinois at Urbana-Champaign. Transp. Res. Record, J. Transp. Res. Board 1636, 53-63.

<sup>22</sup> Feras Mohammad El Said. Road Management Systems to Support Bicycling: A Case Study of Montreal's Bike Network. A Thesis In the Department of Building, Civil and Environmental Engineering. Concordia University. Montreal, Quebec, Canada. June, 2018.

### 3.4 Yhteenveto kansainvälisistä tutkimuksista

Kävely- ja pyöräilyväylille ei ole tehty yhtä mittavasti tutkimusta omaisuudenhallintaan liittyen. Osa toimintatavoista on suoraan kopioitu autoteiden päällysteiden ja kunnossapidon hallinnasta. Samat periaatteet toistuvat kävely- ja pyöräilyväylien osalta, eli oikeiden kunnossapitotoimien kohdistaminen ajallisesti ja paikallisesti oikein vaatii kuntomittauksia, priorisointia sekä työkalut. Nykyisen tutkimuksen valossa korostuivat palvelutasoindikaattorit, joiden avulla väylien kokonaisvaltaisempaa palvelutasoa voidaan seurata ja kehittää ja täten lisätä pyöräilyn houkuttelevuutta. Toinen mielenkiintoinen kehityssuunta on joukkoistettu tiedonkeruu, joka voi tarjota mahdollisuuksia niin kunnan, liikennemäärän kuin palvelutasotekijöiden arviointiin. Standardoitua epätasaisuusindeksiä ei vielä pyöräteille ole, mutta kehitystyötä tehdään.

## 4 Käytännöt eri maissa

### 4.1 Norja (Statens Vegvesen)<sup>23</sup>

Norjan tiehallinto oli ennen vuotta 2020 organisoitu 19 lääniin, joissa oli yhteensä 45 000 km teitä, jotka kaikki kuuluivat Vegvesenin alaisuuteen. Vuonna 2020 organisaatiota muutettiin siten, että 11 maakuntaa vastaa alemman tieverkon suunnittelusta, rakentamisesta ja kunnossapidosta. NPRA (Norwegian Public Road Administration) vastaa 10 000 km pituisesta ylemmästä tieverkosta. Lisäksi on Nye Veier -yhtiö, joka vastaa moottoriteistä. Maa on jaettu 30 kunnossapitourakka-alueeseen, ja urakkasopimukset ovat viiden vuoden pituisia.

Norjan Tiehallinnolla (Statens Vegvesen) on hallinnoitavanaan noin 1 700 km kävely- ja pyöräilyväyliä. Tämän lisäksi maassa on kävely- ja pyöräilyväyliä, jotka kuuluvat maakunnalle tai kunnalle, kokonaismäärä on noin 10 000 km. Arvion mukaan kaikki 1 700 km ovat asfalttipäällysteisiä. Kävely- ja pyöräilyväylille ei ole erillistä kunnossapitobudjettia ja käytetystä budjetista ei ole tarkkaa tietoa.

Kunnossapitovastuu voi olla sidottu moottoriteiden urakoihin tai päällystysurakoihin. Pidemmät kävely- ja pyöräilyväylien päällystysurakat sisältyvät samaan pakettiin autoteiden urakoiden kanssa. Pienet korjauskohteet tilataan erikseen.

#### 4.1.1 Tiedon keruu ja hyödyntäminen

Kuntotiedon keruu on tällä hetkellä manuaalista eikä systemaattista. Korjaustarvetta arvioidaan visuaalisesti. Jokainen aluehallinto kerää dataa omalla tavallaan ja eri aikaväleihin. Tavoitteena on yhtenäistää tiedonkeruumenetelmiä jatkossa. Päällystevauriodata kerätään ns. omana työnä ja omilla autoilla. Käytössä on yksi mittausyksikkö kävely- ja pyöräilyväylien inventointiin koko maassa.

Liikennelaskentoja tehdään 220 eri pisteessä, yleensä lähellä isoja kaupunkeja. Liikennelaskenta tehdään pysyvästi asennetuilla induktiosilmukoilla. Kaikki silmukat eivät ole aina toiminnassa johtuen teknisistä ongelmista, erityisesti talviolosuhteissa. Liikennelaskijat pystyvät poimimaan vain pyöräilijät ja muut ajoneuvot, jossa metalli antaa signaalin laskentalaitteeseen. Toisin sanoen tieto jalankulkijoiden määrästä puuttuu. Korkein mitattu vuorokausiliikenne vuonna 2020 oli 2 305.

Kävely- ja pyöräilyväylien verkolta ei kerätä tällä hetkellä tasaisuustietoa (IRI).

Kävely- ja pyöräilyväylät on valokuvattu 20 metrin intervallilla viimeisen viiden vuoden aikana. Koko verkkoa ei ole pystytty kuitenkaan kattamaan, koska osa väylistä on niin kapeita, ettei niitä pitkin pystytä kulkemaan autolla. 20 metrin intervalli on myös arvioitu riittämättömäksi. 5 metrin intervalli palvelisi paremmin suunnittelua. Kuvaus uusitaan 5 vuoden välein.

Vaisalan konenäkömallia on testattu kävely- ja pyöräilyväylillä, ja kokemukset ovat olleet pääsääntöisesti myönteisiä. Konenäkömalli on rakennettu autoteille, joten kaikkia vauriotyyppejä, mitä malli tuottaa, ei ole järkevää käyttää kävely- ja pyöräilyväylillä. Vauriosummakaava vaatii kehittämistä.

<sup>23</sup> Haastattelu Norjan Vegvesenin asiantuntijoiden kanssa 07/2021 (Vegvesen)



Kunnossapidon suunnittelussa käytetään hyväksi tuoreimpia valokuvia (alle 2 vuotta vanhoja) sekä maastokäyntejä. Mitään yksittäisiä kuntomuuttujia ei arvioida, vaan kunnossapidon tarve perustuu kokonaisnäkemukseen. Myös liikenneturvallisuuskohdat pyritään ottamaan huomioon kohteita valittaessa.

Koska kävely- ja pyöräilyväyläverkolta ei kerätä päällystevauriotietoja erikseen vauriotyypeittäin, ei myöskään kuntoennustemalleja ole luotu eikä käytössä tällä hetkellä.

#### 4.1.2 Kehittämistarpeita

Suurin puute päällysteiden hallinnassa on tällä hetkellä puuttuva tieto yksittäisistä vaurioista (reiät, halkeamat). Nykyisen kuvadatan hyödyntäminen ei ole systemaattista, jotta se palvelisi kohteiden priorisointia. Objekttiivinen lähestymistapa kunnonhallintaan puuttuu.

Kaiken kaikkiaan kävely- ja pyöräilyväyliä on yli 10 000 km, kun lasketaan mukaan maakunnat. Kävely- ja pyöräilyväylät ovat pääsääntöisesti hyvässä kunnossa, mutta olisi hyvä olla objektiivisempi tapa monitoroida kuntoa jatkossa. Lisäksi pyöräiteiden tasaisuustieto (IRI) nähdään tarpeellisenä lisätietona laserskannerilla mitattuna. Tasaisuustiedoista saataisiin selville rakenteen deformaatiot ja käyttäjän kannalta haitalliset epätasaisuudet.

Muita kommentteja:

- Joillain osuuksilla Trondheimin alueella on käytetty metalliverkkoja routavaurioiden estämiseksi.
- Suolauksen on huomattu nopeuttavan vauriotumista.
- Maatutkausta tai 3D-laserkeilausta ei ole käytetty kävely- ja pyöräilyväylillä datan tuottamisessa.

## 4.2 Tanska (Vejdirektoratet)<sup>24</sup>

Tanskassa, Vejdirektoratetin hallinnoiman kävely- ja pyöräilyväylien verkon pituus on noin 1 440 km, joista jalkakäytäviä 202 km. Suurin osa Tanskan kävely- ja pyöräilyväylien verkosta kuuluu kuntien alaisuuteen. Vejdirektoratet on tutkinut kävely- ja pyöräilyväylien kuntoa visuaalisesti vasta viimeiset viisi vuotta.

Päällysteitä (myös kävely- ja pyöräilyväylien) ja siltoja on hallinnoitu omassa järjestelmässä pitkään, mutta nyt on siirrytty käyttämään uutta dTIMS järjestelmää (Deighton Total Infrastructure Management System).

Tasaisuustietoa (IRI) ei kerätä kävely- ja pyöräilyväyläverkolta. Menetelmiä tasaisuustiedon keräämiseksi on testattu, mutta mittaus tulosten hyödyntäminen kunnossapidon suunnittelussa nähtiin kuitenkin epäselväksi, ja mittauksista luovuttiin. Mittausautossa oli käytössä vain 1-2 laseria, jonka vuoksi yksittäiset heitot ja epätasaisuuden jäivät usein huomioimatta. Useampi laser antaisi parempia tuloksia. IRI-tulosten ei nähty myöskään korreloivan päällystevaurioiden kanssa. Myös pyörillä kerättävää tasaisuustietoa on kokeiltu. Pyörillä mitattuna saatiin taas uudenlaiset IRI-tulokset, jotka eivät korreloineet automittausten kanssa.

<sup>24</sup> Haastattelu Tanskan Vejdirektoraten kanssa 07/2021

### 4.2.1 Tiedon keruu ja hyödyntäminen

Vuosittain kerätään kuntotiedot visuaalisesti noin 1/3 pituudelta koko kävely- ja pyöräilyväyläverkolta. Viisiportainen kuntoluokittelu tehdään siihen valmistellun manuaalin mukaisesti. Tiedon kerätään ajoneuvosta käsin, polkupyörillä ei tehdä inventointeja.

Kunto luokitellaan viiteen eri kategoriaan, joista huonoimmat luokat neljä ja viisi ohjaavat kunnossapidon suunnittelua ja budjetointia. Tyypillisesti koko päällysrakenne uusitaan, jos väylä on luokiteltu kahteen alimpaan kategoriaan. Koska kävely- ja pyöräilyväyliltä ei kerätä päällystevauriotietoja erikseen vauriotyypeittäin, ei systemaattista hoito-ohjelmaa tehdä. Yksittäisiä vaurioita korjataan tarpeen mukaan päällystetyillä osuuksilla, tosin bitumijuotoksia ei tehdä.

Myöskään erityisiä kävely- ja pyöräilyväylien kuntoennustemalleja ei ole luotu eikä käytössä tällä hetkellä. Karkeasti voidaan arvioida, että kävely- ja pyöräilyväylien elinkaari on 25 vuotta, joten korjaustarve olisi myöskin 1/25 koko verkon pituudesta vuosittain.

### 4.2.2 Kehittämistarpeita

Tarkemman päällystevauriotiedon kerääminen nähdään mahdollisesti hyödylliseksi kunnossapidon suunnittelua varten, mutta esteenä tiedon keräämiselle visuaalisesti on datan keräämisen hitaus ja kalleus.

## 4.3 Ruotsi

Ruotsissa on kaikkiaan 22 800 km pyöräteitä ja 5 000 km kävelyväyliä (taulukko 3).

*Taulukko 3. Kävely- ja pyöräväylät Ruotsissa<sup>25</sup>.*

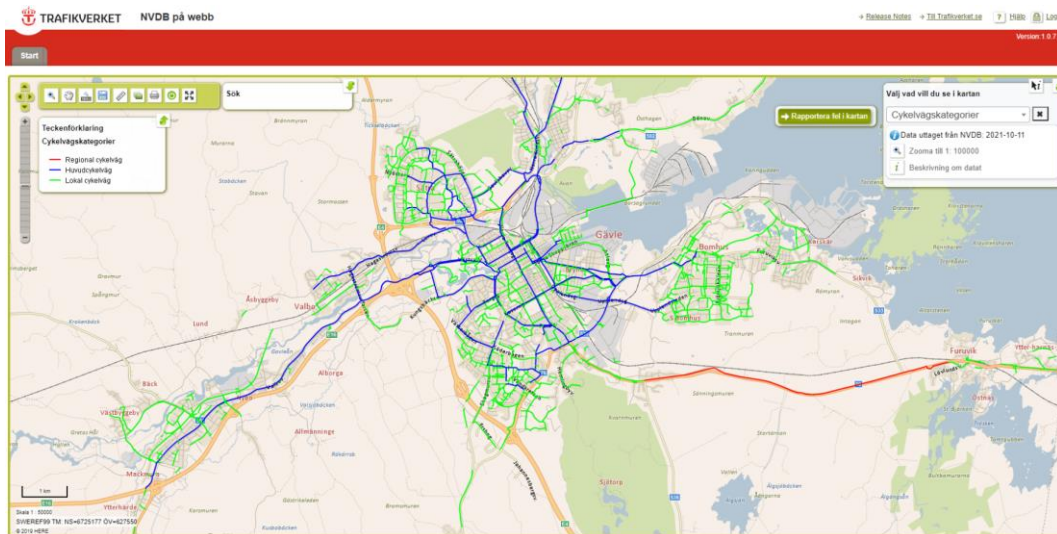
OMISTAJA	PYÖRÄILYVÄYLÄT	KÄVELYVÄYLÄT
<b>LIIKENNEVIRASTO JA ALUEHALLINNOT (VALTIO)</b>	2 700 km	30 km
<b>KUNNAT</b>	18 800 km	4 600 km
<b>YKSITYISET</b>	1 300 km	350 km
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>22 800 km</b>	<b>5 000 km</b>

### 4.3.1 Trafikverket ja VTI

Ruotsin liikennevirasto (Trafikverket) vastaa kansallisen tason kävely- ja pyörätieverkon ylläpidosta, kehittämisestä ja suunnittelusta. Liikennevirasto tuottaa dokumentit ja standardit korkeatasoiseen kävely- ja pyöräteiden suunnitteluun. Myös tutkimustyötä rahoitetaan. Pyörätieverkkoa hallinnoidaan kansallisessa tiestötietokannassa (National Väg Data Bas), ja verkkoa voidaan tarkastella web-selaimen (Web-NVDB) kautta (kuva 1).

<sup>25</sup> Trafikverkets underhållsplan 2021-2024, Julkaisu 2021:081, Ruotsi.

Urakoitsija tutkii pyöräteiden kuntoa viikoittain ja poikkeamat kunnossa merkitään ylös. Liikenneturvallisuuspuutteet pyritään merkitsemään varoitusmerkillä ja urakoitsijalla on 10 päivää aikaa korjata puute.<sup>26</sup>



Kuva 1. Ote pyörätieverkkokartasta (Trafikverket / Web-NVDB).

Palvelutasomittauksissa tärkeimpinä kuntomuuttujina nähdään tasaisuus sekä kitka talviolosuhteissa päällystevaurioiden lisäksi. Lumettomana kautena päällysteen kitka on yleensä riittävä. Väylän kaltevuus varmistaa tienpinnan kuivatuksen toimivuuden ja estää lammikoitumista, mikä varsinkin jäätyessään voi aiheuttaa vaaratilanteita. Muutoin kävely- ja pyöräteiden kaltevuudella ei ole merkitystä. Kivilaattapäällysteiset osuudet voivat olla liukkaita johtuen pinnan märkyydestä, roskasta tai irtosoran vuoksi. Tien tasaisuudella voi olla jonkin verran merkitystä ajoturvallisuudelle, mutta enemmän sillä on vaikutusta pyöräilymukavuuteen. On tutkittu, että aallonpituudet välillä 5 mm ja 10 m aiheuttavat eniten epämukavuutta pyöräilijälle, ja tätä ei pitäisi esiintyä suurissa määrin pyöräilyväylillä. Mahdollisten tasaisuusmittausten pitäisi kattaa tämä aallonpituusalue. Myös päällystevaurioiden inventointi ja niihin reagoiminen on tärkeää, koska sillä varmistetaan väylälle pidempi elinkaari.<sup>27</sup>

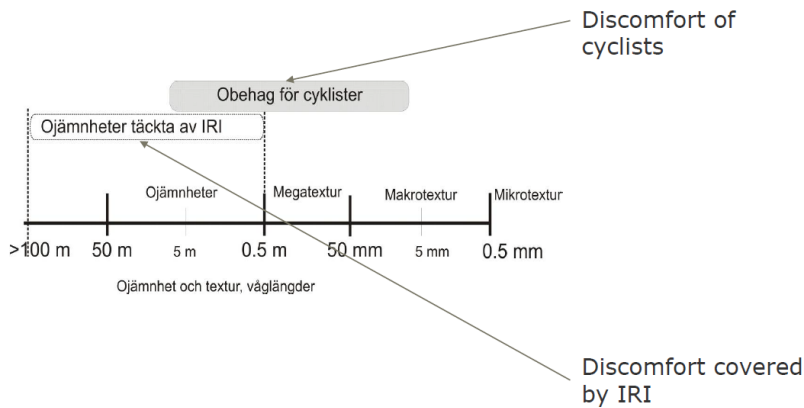
Ruotsin liikennevirastolla (Trafikverket) on meneillään projekti, joka on nimetty "Mukavuus- ja laatumittausten kehittäminen kävely- ja pyöräteille" (Polkupyöräilymukavuus), jossa pyritään tuottamaan tietopohjaa asfalttipäällysteiden laatuvaatimuksille. Hanketta rahoittaa Trafikverket BVFF:n (Bana Väg För Framtiden) kautta ja tekee yhteistyötä VTI:n ja Rambollin kanssa. Projektissa kehitettävät tunnusluvut ja laatuvaatimukset perustuvat erityisesti pyöräilijöiden tarpeisiin ja heidän kokemaan ajomukavuuteen (kuva 2).

Projektissa Ramboll on kehittänyt erityistä pyöräteiden tasaisuusmittauslaitetta. Pyöräilijän perässä vedettävä mittausvaunu on varustettu laserskannerilla sekä kiihtyvyyssanturilla. Laserskanneri skannaa 50 cm leveydeltä pyörätietä ja kiihtyvyyssanturilla korjataan esimerkiksi sivuttaissuuntaiset liikkeet pois datasta.

<sup>26</sup> Trafikverket.se

<sup>27</sup> Trafikverket, Sveriges Kommuner och Landting: GCM-Handbook, Utformning, drift och underhåll med gång-, cykel- och mopedtrafik i fokus, 2020.

Tarkoituksena on kehittää ns. pyöräteiden IRI, joka poikkeaa autoteiden IRI:stä siten, että tässä tunnusluvussa painotetaan pyöräilijän tuntema ajomukavuutta. Tätä tunnuslukua käytettäisiin vaatimuksena asfalttiurakoitsijoille uusissa rakennus- ja päällystyskohteissa. Tämä tunnusluku tulisi olemaan osa tieverkon kuntotietoa, ja sitä kerättäisiin säännöllisesti koko verkolta. Tämä antaisi objektiivisen kuvan koko pyörätieverkon kuntotilasta. Tarkoitus ei ole korvata kunnossapidon suunnitteluun tarvittavaa päällystevauriotietoa, vaan tuottaa tämän tiedon lisäksi uusi kerros tietoa, joka osoittaisi ajomukavuuden kannalta kriittiset osuudet pyörätieverkolta. Projekti valmistuu 2023, mutta raportteja ja välituloksia tullaan esittelemään jo aikaisemminkin.



Kuva 2. Pyöräilijän epämukavaksi tuntema aallonpituusalue on erilainen kuin autoilijan kokema<sup>28</sup>.

VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut) on kehittänyt myös matkapuhelinsovellusta tasaisuuden mittaamiseen polkupyörällä. Toistaiseksi ei ole vielä ratkaistu kuinka laite kalibroidaan parhaiten useiden eri käyttäjien kesken, eikä hanke ole edennyt enää viime aikoina.

VTI:n ohjauksessa tehdään parhaillaan väitöstutkimusta pyöräteiden rappeutumismallista. Työ valmistuu arviolta vuonna 2024.

### 4.3.2 Ruotsin kunnat

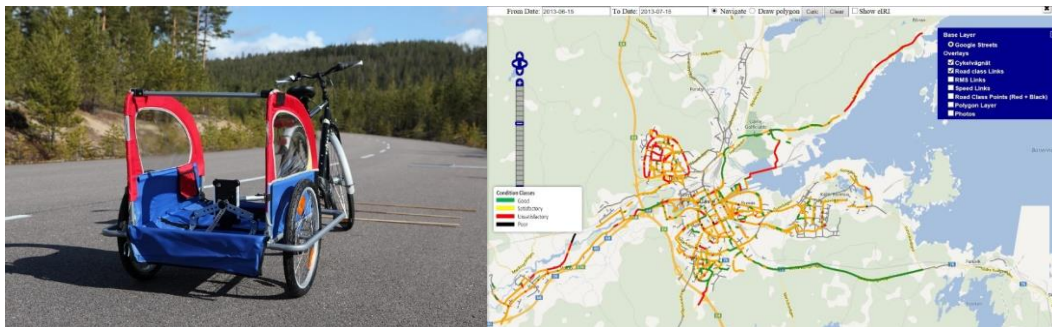
Ruotsissa on noin 290 kuntaa. Monilla kunnilla on erilaiset määräykset ja menetelmät pyöräteiden rakentamiseksi ja ylläpitämiseksi. Pyöräteiden kunnan mittausohjeet puuttuvat, mikä vaikeuttaa standardien ja menetelmien vertailua kuntien välillä. Kuntien työllistämällä tieinsinööreillä ei ole ollut mahdollisuutta kehittää ja toteuttaa valtakunnallista pyöräteiden mittausstandardia. Pyöräteiden kunnosta on olemassa määräyksiä, mutta nykyiset määräykset perustuvat autotieasetukseen. Näitä määräyksiä ei ole mukautettu edustamaan sitä, miten pyöräilijät kokevat väylän kunnan ja pyöräteiden kuntoa tarkistetaan harvoin.

Dynatest on kehittänyt menetelmän, jolla mitataan pinnan tasaisuutta pyöräilyväylillä. Mittauslaitteen nimi on Lightweight Profilometer (LP). Laitteissa on anturin mittaasetäisyys sekä kiihtyvyyssmittari. Mittauksista lasketaan Polkupyöräprofiili-indeksi (Bicycle Profile Index, BPI), joka ottaa huomioon pyöräilijän kannalta epämukavat aallonpituudet pyöräiltäessä. LP-menetelmää käytetään edelleen

<sup>28</sup> Ramboll AB

muun muassa Göteborgin kaupungissa, jossa mitattiin 2021 jälleen kaikki pyöräilyväylät laserprofilometrillä<sup>29</sup>.

Lundin, Upplands-Väsbyn, Uppsalan ja Gävlen kaupungit kokeilivat 2013 matkapuhelimen kiihtyvyyssanturin käyttöä pyöriteiden tasaisuusmittauksissa, käyttäen Roadroidin<sup>30</sup> kehittämään tasaisuusmittausmallia. Pyörällä vedettiin mittauskärry (Kuva 3), joka mittasi epätasaisuuden aiheuttamia värähtelyjä kahdelta mittauslinjalta, joka erosi polkupyörän ajolinjasta. Tämä siksi, että polkupyörällä mittaava henkilö ei välttämättä halua ajaa painuman, heiton tai reiän päältä, mutta perässä kulkeva kärry poimii nämäkin vauriot.



Kuva 3. Roadroid-mittauskärry polkupyörälle ja tasaisuustulokset Gävlen kaupungissa 2013.

## 4.4 Muut tieviranomaiset

### 4.4.1 Edmontonin kaupunki, Kanada

Edmontonin kaupungissa on noin 1 950 kilometriä kävely- ja pyöräilyväyliä, joista vain noin 260 km on päällystetty. Iso päällystämättömien osuus selittyy sillä, että väylät ovat myös jalankulkijoiden ja kuntojuoksijoiden käytössä ja ne on haluttu pitää ilman päällystettä. Vuosittainen kunnossapitobudjetti pyöräteille noin 230 000 Kanadan dollaria (n. 150 000 €).

Pyöräilyväyliltä kerätään kuntotietoa neljän vuoden kierrolla sekä liikennemäärät lasketaan koko verkolta automaattisilla liikennelaskureilla käyttäen sekä pysyviä liikennelaskentapisteitä (induktiosilmukoita), että siirrettäviä laskimia. Vauriotiedot kerätään oman organisaation toimesta. Vaurioinventoinnissa kerätään jokainen vauriotyyppi erikseen ja ne ovat samat kuin autoteiltä kerättäessä. Kerättäviä vauriotyyppejä ovat reiät, painumat, halkeamat, routaheitot ja lammikoituva vesi. Tasaisuutta ei mitata. Lisäksi pyörätieverkko valokuvataan. Data tallennetaan pilvipalvelimelle Google Driveen.

Kaupungilla on käytössään itse kehitetty päällysteiden hallintajärjestelmä, jossa kuntotieto käytetään hyödyksi kunnossapidon suunnittelussa. Tyypilliset kunnossapitotyöt sisältävät talvikunnossapidon, liukkaudentorjunnan, normaalit asfalttipäällysteiden ja betonipäällysteiden kunnossapitotyöt sekä sorapintaisten väylien kunnossapitotöitä. Pyöräilyväylät pyritään pitämään liikennöitävässä kunnossa

<sup>29</sup> Göteborgin kaupungin toimintasuunnitelma pyöräilyväylille 2021 ([www.goteborg.se](http://www.goteborg.se))

<sup>30</sup> <https://roadroid.com/>

myös talvisin. Kunnossapitotyöt määrätään tehtäväksi, kun tietyt vauriotyypit ylittää raja-arvot, mutta myös käyttäjäpalautteet huomioidaan.



Kuva 4. Talvipyöräilyä Edmontonissa<sup>31</sup>.

#### 4.4.2 Belgia ja Alankomaat

PIARC:in teknisen komitean D.2 työryhmä D.2.3. (Pavements of the World Road Association) on julkaissut vuonna 2019 raportin *State of the art in monitoring road and road/vehicle interaction* (PIARC reference 2019R14EN), joka on vuoden 2015 raportin *State of the art in monitoring road condition* (PIARC reference 2016R17EN) päivitys. Raporttia on päivitetty viimeisten tutkimustulosten osalta ja lisäksi raportissa käsitellään uusia kehitysvaiheessa olevia teknologioita.

Pituussuuntaista tasaisuutta mitataan Belgiassa kuvassa 5 esitetyllä perävaunuun asennetulla laitteella. Pyöräteiltä mitattu pituussuuntainen tasaisuus on periaatteessa samanlainen kuin muilta päällysteiltä mitattu tasaisuus. Pituussuuntainen profiili mitataan profilograafilla, joka koostuu laserista ja kiihtyvyyssmittarista. Mittausnopeuden pitää olla vähintään 15 km/h, mutta suositusnopeus on 20–40 km/h.

<sup>31</sup> Winter cycling in Edmonton, Youtube video



Kuva 5. Pyörätien profiilin mittauslaite (Cycle track profilometer)<sup>32</sup>.

Belgiassa pyöriteiden tasaisuutta arvioidaan tietyllä aallonpituudella  $\lambda$  ns. tasaisuuskertoimella (*Evenness Coefficient, EC*). Teoreettinen EC-arvo 0 vastaa täysin sileää pintaa, ja mitä suurempi EC -arvo on, sen epätasaisempi on tien pinta. Menetelmän kehitti Belgian Teiden Tutkimuskeskus (*Belgian Road Research Centre, BRRC*) vuonna 1981 alun perin ajoteiden päällysteiden tasaisuuden arvioimiseen.

Vastaava aallonpituus riippuu käyttäjän havaitsemista aallonpituuksista ja siten ajoneuvon nopeudesta. Pyöriteiden kunnon määrittelemiseen käytetään seuraavia aallonpituuksia:

- $\lambda = 0,5 \text{ m}$ , joka antaa tasaisuuskertoimen EC0.5, aallonpituutta 0,5 m pidetään perinteisesti tasaisuuden ja megakarkeuden raja-arvona ja se on hyvä indikaattori pyöräilijän kokemasta ajomukavuudesta;
- $\lambda = 2,5 \text{ m}$ , joka antaa tasaisuuskertoimen EC2.5, tämä vastaa alinta aallonpituutta, jota käytetään myös ajoteiden päällysteillä Belgiassa.

EC arvo lasketaan 25 m pituisille tieosille. Uusille pyöriteille on Belgiassa määritetty seuraavat EC raja-arvot (hm = hektometri = 100 m):

- $EC0.5 \leq EC0.5_{\max} = 15 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{hm}$
- $EC2.5 \leq EC2.5_{\max} = 45 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{hm}$ .

Belgiassa käytetty EC-arvo on tekninen parametri, mikä on mahdollista muuttaa vastaavalla siirtokaavalla suurettomaksi (dimensionless) kuntoa kuvaavaksi arvoksi EI (*evenness index*) skaalalla 0–5, jossa 0 kuvaa erittäin hyvää ja 5 erittäin huonoa kuntotasoa.

Pyöräreittien tasaisuuden arvioimiseksi logistinen siirtokaava antaa hyvän kuvan pyöräilijän kokemasta ajolaadusta.

Logistinen funktio on S-muotoinen (sigmoidinen) käyrä:

$$f(x) = M / (1 + e^{-k \cdot (x-x_0)})$$

<sup>32</sup> Agency for Roads and Traffic, Belgium/Flanders region

missä

$M$  = käyrän suurin arvo (tässä tapauksessa  $M = 5$ )

$X_0$  = sigmoidin keskipisteen  $x$ -arvo

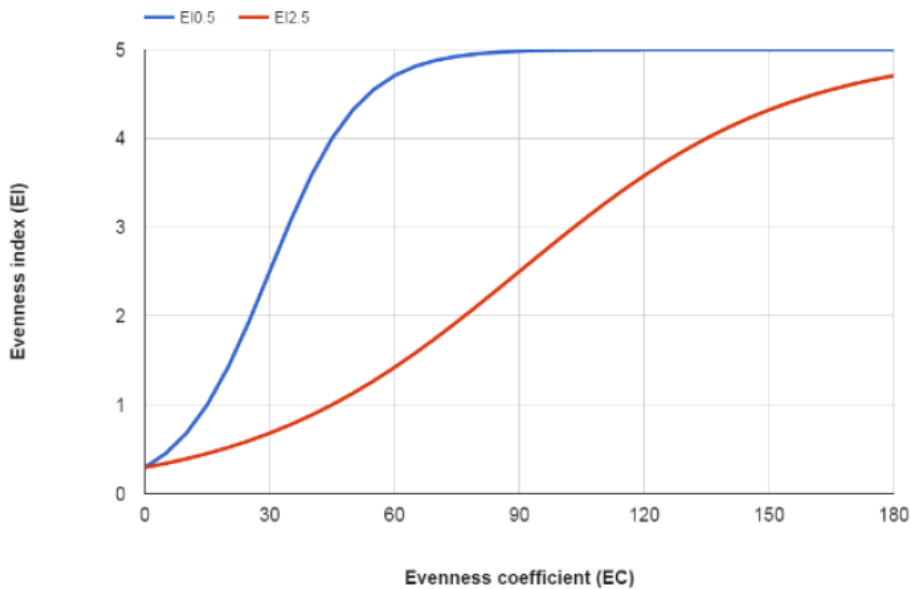
$k$  = käyrän jyrkkyys

$x$  = EC arvo (mitattu arvo)

Sigmoidin keskipiste on kaksinkertainen uusille päällysteille sallittu EC arvo, eli  $30 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{hm}$  EC0.5:lle ja  $90 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{hm}$  EC2.5:lle. Tämä vastaa tasaisuusindeksin arvoa  $EI = 2.5$ .

Käyrän jyrkkyys määritellään siten, että  $EI = 1$ , jos  $EC = EC \lambda_{max}$ . Tässä tapauksessa  $k = \ln 4 / EC \lambda_{max}$ .

Joten muunnoskaava on  $EI = 5 / (1 + e^{-k \cdot (EC - 2xEC \lambda_{max})})$  (kuva 6).



Kuva 6. EC0.5 ja EC2.5 muunnoskaavat.

Tasaisuusindeksiä (EI) voi käyttää päällysteen laadun määrittelyyn kuten on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Laatuluokkien määrittely.

EI ALUE	LAATU	EC0.5 ALUE	EC2.5 ALUE
0–1	Erittäin hyvä	0.0–15.0	0.0–45.0
1–2	Hyvä	15.0–25.6	45.0–76.8
2–3	Tyydyttävä	25.6–34.4	76.8–103.2
3–4	Huono	34.4–45.0	103.2–135.0
4–5	Erittäin huono	45.0–∞	135.0–∞

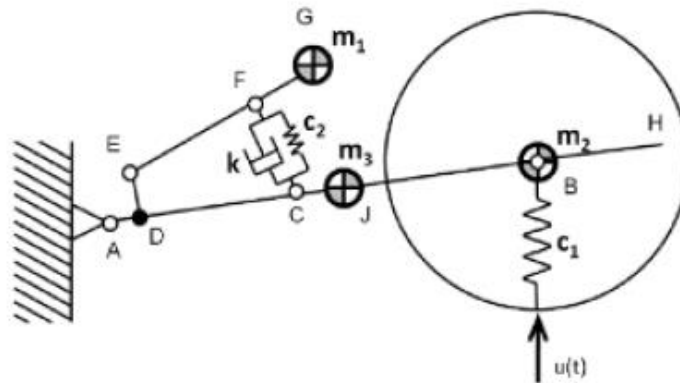
Alankomaissa käytetään pyöriteiden tasaisuuden mittaamiseen kahdesta profilografiasta koostuvaa laitetta *Cycle Comfort Meter* (kuva 7). Kahden profilografin etäisyys on 80 cm, mikä on suurin piirtein kahden pyöräilijän poikittainen etäisyys.





Kuva 7. Alankomaissa käytetty pyöräilijän mukavuusmittari Cycle Comfort Meter<sup>33</sup>.

Mitattu pituussuuntainen profiili on polkupyörämallin (Cycle model) lähtötieto (kuva 8). Polkupyörä ajaa nopeudella 15 km/h mitatulla profiililla ja pystysuuntainen kiihtyvyyden  $C_v$  satulan tasolla (piste G) lasketaan 100 metrin pituiselle tieosuudelle. Taulukossa 5 on esitetty raja-arvot eri ajomukavuusluokille.



Kuva 8. Sykli-/polkupyörämalli (Cycle model).

Taulukko 5. Ajomukavuusluokat.

$C_v < 1,1$	Erittäin hyvä (excellent)
$C_v = 1,1$	Hyvä (good)
$C_v = 1,7$	Tyydyttävä (fair)
$C_v = 2,1$	Keskitaso (medium)
$C_v = 2,5$	Vähimmäistaso (minimum acceptance level)

<sup>33</sup> KIWA, The Netherlands. Alankomaat.

## 4.5 Yhteenveto

Yleensä ottaen haastatteluissa nousi esille, että kävely- ja pyöräilyväylien merkitys ja arvostus on nousussa kestävän kehityksen nimissä. Uskotaan, että kävely- ja pyöräilyväylien status ja arvostus nousisi, jos niiden kuntoa monitoroitaisiin tarkemmin ja niiden kunnossapitoa ohjelmoitaisiin systemaattisemmin samoin kuin autoteitä, omassa järjestelmässään, ja tähän halutaan pyrkiä.

Päällystevauriotieto nähtiin tärkeimpänä tietona kunnossapito-ohjelmia laadittaessa. Usein tämä tieto kerätään kuitenkin manuaalisesti, eikä kovin tiheällä intervallilla, jolloin se ei palvele kunnossapitoa parhaalla mahdollisella tavalla. Visuaalinen kuntoarviointi on hidasta työtä ja usein kallistakin. Lisäksi tiedon yhtenäisyys ja toistettavuus arveluttaa.

Päällystevauriotiedon lisäksi Ruotsissa on haluttu tuottaa tietotaso väylän tasaisuudesta. Tämä tieto palvelisi pyöräilijän kokemaa ajomukavuutta, jossa kunnossapitokohteiksi valittaisiin myös käyttäjien kannalta tasaisuuden suhteen epämiellyttävät osuudet. Mittaustekniikka on kehitetty mm. Rambollin ja Dynatestin toimesta, mutta itse mittaaminen kävely- ja pyöräilyväylillä on usein hidasta ja kallistakin, jonka vuoksi se ei ole haastattelumaissa kovinkaan yleistynyt mittaamenetelmä.

Voidaan myös pohtia, tuoko IRI:n mittaaminen oleellisesti uusia kohteita korjaus- ja päällystysohjelmaan päällystevauriomittausten lisäksi, varsinkin kun useimmiten epätasaisuus johtuu juuri päällystevaurioista. IRI-mittauksilla, saadaan ehkä kiinni pidemmän aallonpituuden aiheuttavat epätasaisuudet kohdissa, joissa päällyste on muutoin ehjää. Lisäksi luotettavasti mitattava IRI voisi olla robustimpi päällysteen laatua kuvaava tunnusluku, joissa pienten vaurioiden vaikutus voi olla pienempi kuin päällystevaurioista koostettavassa kuntoindeksissä.

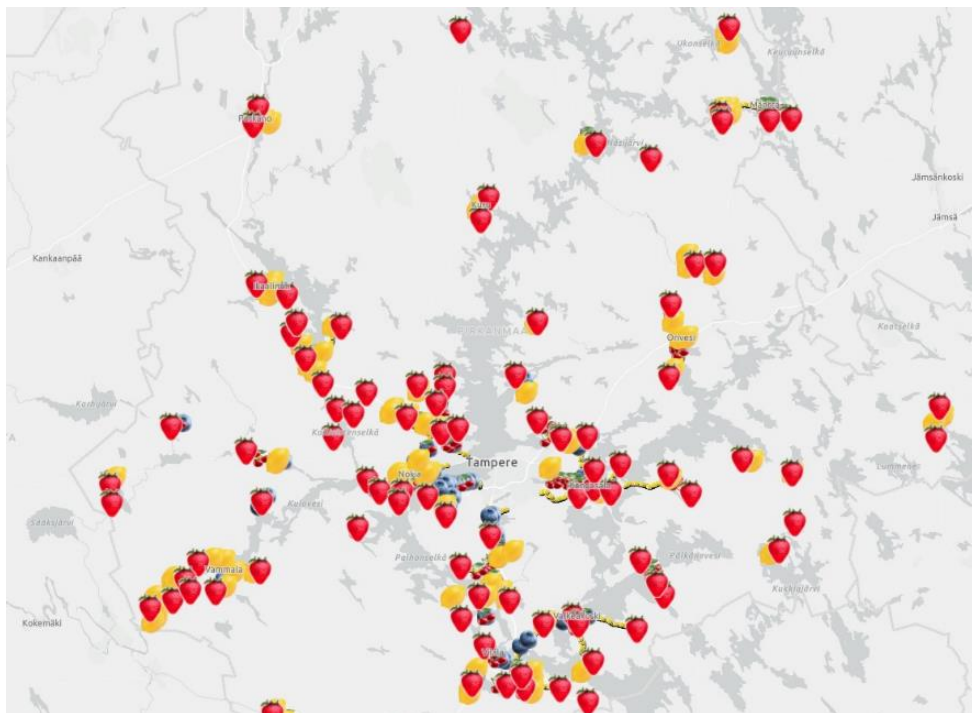
## 5 Pilottiprojekti kuntotiedon keruusta

### 5.1 Mittausten toteutus

Osana projektia kokeiltiin Pirkanmaan ELY:n alueella joukkoistettua tiedonkeruuta kävely- ja pyöräilyväylien kuntomittauksissa noin 412 km pituisella verkolla. Kartoitus tehtiin joukkoistamalla videodatan kerääminen tienkäyttäjille Crowdchupa-sovelluksen avulla. Sovelluksessa tienkäyttäjät keräävät rahanarvoisia objekteja tallentamalla GPS-koordinaateilla merkittyjä videoita.

Kartoitus markkinointiin tempausluontoisena ja ennen kartoituksia Crowdchupa toteutti markkinointikampanjan, jolla varmistettiin, että riittävä määrä ihmisiä saadaan innostettua mukaan osallistumaan. Myös Väylävirasto tuki markkinointikampanjaa jakamalla tietoa tempauksesta sosiaalisessa mediassa. Crowdchupan osalta markkinointikampanjaan kuului vahva näkyvyyden edistäminen sosiaalisessa mediassa ja tiedotusvälineiden houkuttelu uutisoimaan tapahtumasta. Markkinointi yhdistettiin muihin samaan aikaan toteutettaviin kävely- ja pyöräilyväylien kartoitustempauksiin. Tapahtumalle saatiin hyvin näkyvyyttä ja tapahtumista uutisoitiin yhteensä yli 20 tiedotusvälineessä mukaan lukien Yle ja paikallismediat. Pirkanmaalla mm. Yle Pirkanmaa ja [Aamulehti](#) noteerasivat tapahtuman.

Haasteita kartoitukseen aiheutti kartoitettavien tieosuuksien maantieteellinen hajautuminen. Alla olevassa kartassa näkyy, miten osuudet olivat hajautuneet lyhyisiin pätkiin ympäri Pirkanmaata. Lyhyitä osuuksia ja tarvittavia siirtoajoja kompensoitiin asettamalla korkeammat palkkiot niiden varrelle.



Kuva 9. Kartoitettavien osuuksien maantieteellinen hajautuminen ja virtuaaliset objektit aseteltuina osuuksille.<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Crowdchupa

Tempauspäivänä sää suosi kuntokartoitusta ja tapahtuma alkoi aikataulussa. Osallistujia Pirkanmaalla oli yhteensä 109 henkeä. Ensimmäisen päivän aikana kohdeverkosta saatiin kartoitettua n. 82,5 %, kolmen päivän kuluttua oli kartoitettu 90,0 % ja koko verkko oli kartoitettu kymmenen päivää tapahtuman alkamisen jälkeen. Toteutunut mittauspituus (videodata) oli 97,5 % koko verkosta. Kartoitus sujui kokonaisuudessaan arvioiden hyvin ja datan laatu oli pääosin mallikasta, mutta muutamia laatupuutteita esiintyi. Alla on esitetty haasteita ja puutteita, joita kohdattiin kartoitukseen liittyen ja ratkaisuehdotuksia miten kyseiset haasteet voidaan ratkaista tulevaisuudessa:

- 1) Crowdchupa-sovellukseen ilmestyi ohjelmistovirhe valtavan objektimäärän vuoksi. Sovelluksessa valitut tieosuudet päällystetään virtuaalisilla objekteilla ja käyttäjä näkee aina lähimpään projektiin sidotut objektit. Sovelluksen toimintalogiikka kannustaa tällä hetkellä yhdistämään toisiaan lähellä olevat objektit saman projektin alle. Tämän vuoksi Tampereen kaupungin 550 km ja Väyläviraston 412 km datatarpeet yhdistettiin yhden projektin alle. Suuri objektimäärä aiheutti sovelluksen merkittävää hidastumista. Objektien määrä puolitettiin ja arvo tuplattiin, joka ratkaisi ongelman. Jatkossa sovelluksen skaalautuvuutta kehitetään mahdollisesti korottamalla vähimmäisobjektin arvoa ja vähentämällä siten tarvittavien objektien lukumäärää.
- 2) Osassa videoita zoomaus ei ollut optimaalinen. Tämä ongelma koski yhtä vanhempaa iOS -puhelinta, jossa nauhoituksen zoomaus vaihteli kovassa vauhdissa. Ongelma ratkaistaan kehittämällä sovellukseen auto focus -ominaisuus ja siten parantamalla kameran fokusointia tiehen.
- 3) Osalla käyttäjistä kamerakulma ei ollut optimaalinen, vaan se oli asetettu liian alas. Tämä johtuu siitä, ettei nykyisessä sovellusversiossa ole horisonttiviivaa, joka osoittaisi miten kamerakulma tulee asettaa. Tämä ongelma on jo huomioitu seuraavan sovellusversion määrittelyssä, ja horisonttiviiva sekä muita laadunvarmistusta parantavia keinoja tullaan ottamaan käyttöön.
- 4) Osa mitattavista osuuksista oli rakennustyömaiden kohdalla. Käyttäjät raportoivat kahdesta kohteesta, jossa rakennustyöt olivat käynnissä ja niihin ei ollut pääsyä. Crowdchupan puolesta ilmoitettiin käyttäjille, ettei tällaisia tilanteita ole mahdollista ennakoita, sillä keskilinjat määritellään sen mukaan, mitkä osuudet ovat asiakkaan hallinnassa. Kyseisille käyttäjille maksettiin näistä objekteista heidän tekemien siirtoajojensa vuoksi. Jatkossa mahdolliset rakennustyömaiden alla olevat osuudet pyritään huomioimaan keskilinjojen määrittelyssä, mikäli mahdollista.



*Kuva 10. Crowdchupa-sovellus puhelimessa, joka on kiinnitetty pyörän ohjaustankoon<sup>35</sup>.*

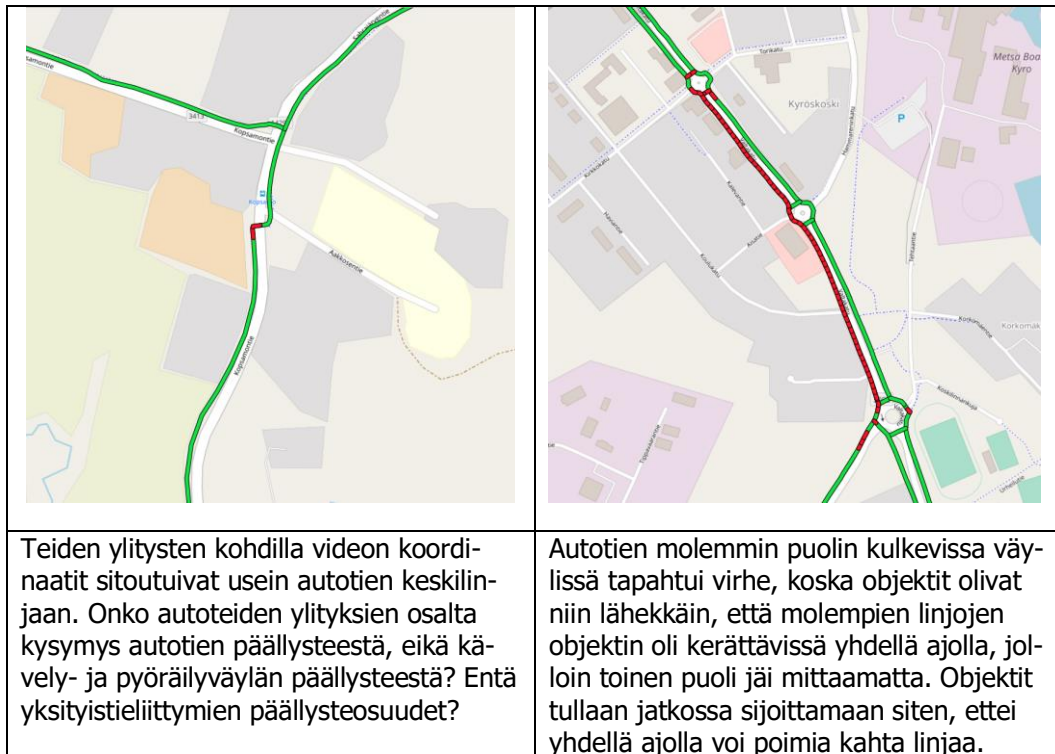
- 5) Kävely- ja pyöräilyväylät, jotka kulkevat ajoradan rinnalla, rekisteröivät toisiinsa vaurioita myös ajoradan puolelta. Tämä väärästi tuloksia muutamissa tapauksissa. Vaisalan konenäkömallia on kehitetty kesän 2021 mittauksen jälkeen siten, että kuvasta on pyritty rajaamaan ajoradan puoleiset vauriot pois.

Mitattavan verkon kokonaispituus oli 412 km. Tästä 97,5 % (401,2 km) saatiin videoita, ja käyttökelpoista dataa saatiin n. 95 % (392 km) koko verkon pituudesta. Puuttuvat osuudet selittyvät seuraavasti:

- 1) Noin 2 % johtui yksittäisistä 10-metrisistä, joihin ei osunut mittauspistettä. Tällaiset osuudet päivittyvät, jos verkko mitataan uudelleen.
- 2) Noin 2,5 % selittyi joko tietöiden estettyä videoinnin tilanteissa, joissa kuljettiin tien yli ja data sitoutui väärään keskilinjaan, sekä tilanteista, joissa pyörätie kulki tien molemmilla puolin lähekkäin ja kummankin pyörätien objektit oli mahdollista kerätä toiselta puolen, jolloin toinen puoli jäi ajamatta.

---

<sup>35</sup> Crowdchupa



Kuva 11. Mittauksien virhekohtia.

## 5.2 RoadAI-konenäkömalli

Kerätyt videot analysointiin Vaisala Oy:n kehittämässä RoadAI-palvelussa, joka mahdollistaa paikkatietoon yhdistetyn videon keräämisen ja videon analysointiin perustuvan automatisoidun tiedon tuottamisen. Teknologinen ratkaisu koostuu matkapuhelimessa toimivasta tiedonkeruusevelluksesta, tekoälyyn ja konenäköön perustuvasta kerättyjen videoiden analysoinnista sekä selainpohjaisesta käyttöliittymästä, jossa videoita ja tuotettuja tietoja voidaan tarkastella.

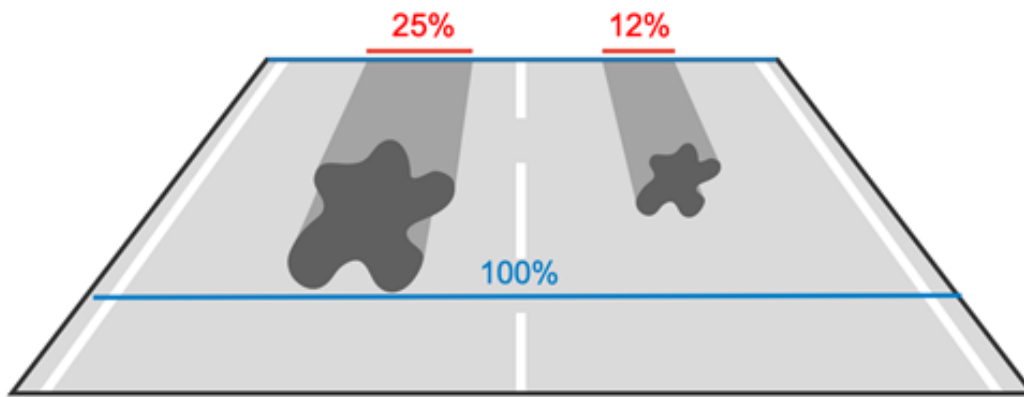
Konenäkökäsittelyllä kerätystä tiestövideosta tunnistetaan ja luokitellaan päällysteen vauriot ja vaurioiden korjaukset sekä määritetään näiden vaikutusalue kussakin tien kohdassa. Tieto voidaan viedä RoadAI-alustalta yhteensopivassa muodossa hyödynnettäväksi omaisuudenhallintajärjestelmään.

Tiestövideo voidaan kerätä normaalilla ajonopeudella ajettaessa, ja koska konenäköteknologialla suoritettava analyysi on täysin automaattista, analyysin tulokset ovat saatavilla muutamien tuntien kuluessa videodatan lataamisesta palveluun. Näiden tekijöiden ansiosta tiedon kerääminen koko verkolta onnistuu useita kertoja vuodessa kuitenkin pienemmin kustannuksin ja resurssein verrattuna perinteisiin inventointimenetelmiin.

RoadAI:lla voidaan korvata manuaaliset vaurioinventoinnit, ja koska tietoa voidaan tuottaa useammin, voidaan nopeasti vaurioituvat tieosuudet tunnistaa aikaisessa vaiheessa mahdollistaen kunnossapitotoimenpiteiden tehokkaan ohjelmoinnin. Ajantasainen tieto luo hyvyn keskittyä tieosuuksiin, joissa oikea-aikaisilla kunnossapitotoimenpiteillä voidaan estää vaurioiden kehittyminen vakavammiksi vaurioiksi, lopulta pidentäen päällysteen elinikää.

RoadAI mahdollistaa tiestön kuntotiedon keräämisen ilman erikoislaitteistoa. Tiedon kerääjän ei tarvitse olla koulutettu päällystealan asiantuntija RoadAI:n tuottaessa tiedon systemaattisesti ja objektiivisesti.

RoadAI kykenee tunnistamaan yli 15 vaurio- ja korjaustyyppiä (liite 2). Tunnistetun vaurion tai korjauksen määrä eli vaikutusalue on määritelty sen sivuttaissuuntaisen laajuuden perusteella, myöskin pituushalkeamien tapauksessa (kuva 12). Vakavuus on tunnistetun vaurion tai korjauksen leveyden suhde päällysteen leveyteen kerrottuna vaurion painokertoimella. Tällöin esimerkiksi leveä pituushalkeama, joka muutoin olisi vain noin 5 % päällysteen leveydestä, alentaa kuntoindeksiä huomattavasti tätä enemmän.



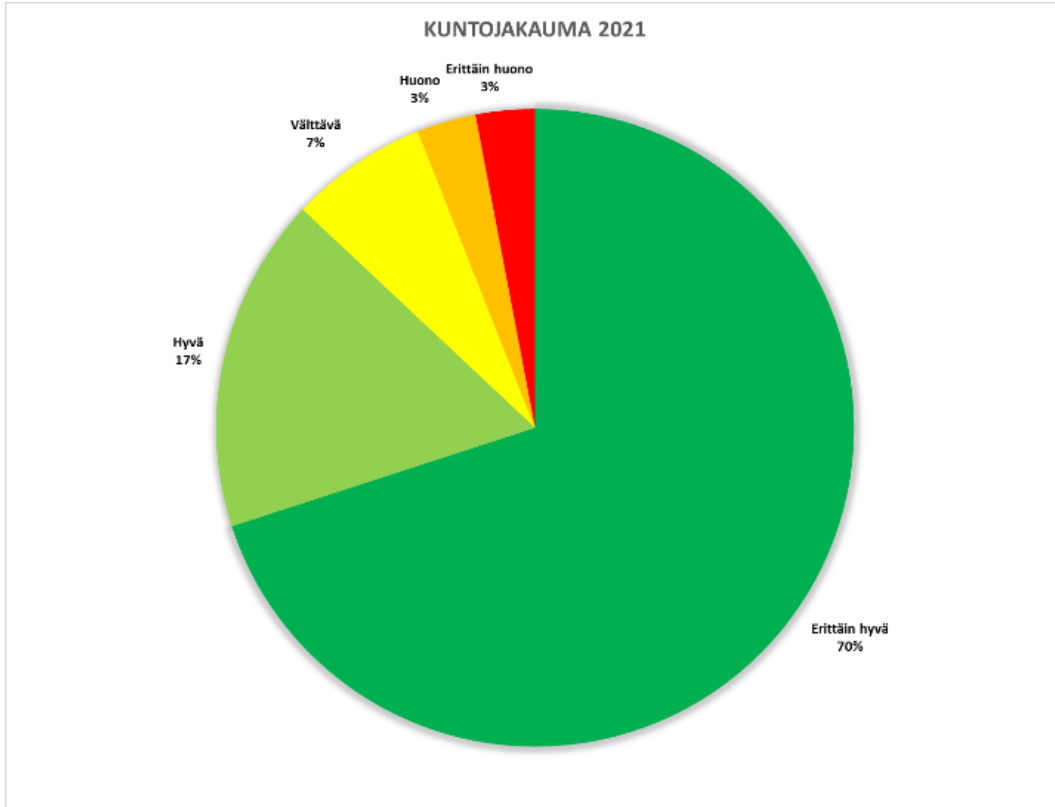
Kuva 12. Vaurion määrä on leveyden suhde päällysteen leveyteen<sup>36</sup>.

RoadAI laskee päällysteen kuntoindeksin tunnistettujen vaurioiden, korjausten ja niiden vakavuusarvojen perusteella. Jokaiselle vaurio- ja korjausluokalle on määritetty oma käyränsä, jonka mukaisesti kukin luokka laskee kuntoarvoa vakavuusarvon funktiona (liite 2).

### 5.3 Mittausten tulokset

Tulokset analysoitiin Vaisalan RoadAI-ohjelmassa, joka pystyy konenäköä käyttäen analysoimaan videoilta 15 eri vauriotyyppiä ja paikkausta päällysteistä. Malli on luotu autoväyliä silmällä pitäen, joten monet vauriotyypit eivät sellaisenaan palvele kävely- ja pyöräilyväylien kunnonhallintaa. Käyttäen autoväylille tarkoitettua vaurio-summakaavaa konenäkömalli kävely- ja pyöräilyväylillä kunnon puolesta seuraaviin kategorioihin (kuva 13). Projektin tuloksena esitetään myös vaihtoehtoinen vauriosummakaava, joka paremmin kuvastaa kunnossapitotarpeen tilannetta kävely- ja pyöräilyväylillä, painottaen eri vauriotyyppejä kuin autoteillä. Tämä muuttaa myös kuntojakaumaakin.

<sup>36</sup> Vaisala Oy



Kuva 13. Kävely- ja pyöräilyväylien kuntojakauma 2021 (Pirkanmaan ELY)<sup>37</sup>.

Mittaustulosten tarkempi analysointi osoitti ainakin seuraavat ongelmat datassa (taulukko 6).

Taulukko 6. Vuoden 2021 datan analysoinnista tehdyt huomiot.

Huomio	Ratkaisu
Kaivonkannet on tulkittu usein reiäksi.	Vaisala konenäkömallia on paranneltu tältä osin. Data ajetaan uudelleen parannetulla mallilla. Virheellisten tulkintojen oletetaan vähenevän.
Laatoitetut osuudet sekä nupukivet tulkittu halkeamiksi tai eräiksi muiksi vaurioiksi.	Vaisala konenäkömallia on paranneltu tältä osin. Kävely- ja pyöräilyväylillä on hyvin erilaisia tilanteita, missä kiveystä tai laatoitusta on käytetty. Mallinnusta pyritään kehittämään niin etteivät kiveytyt osuudet näy vaurioina.
Jossain kohdissa videokuva oli fokuoimatonta, ja tärkeää, ja näillä kohdilla vauriot eivät välttämättä tallentuneet parhaalla mahdollisella tavalla.	Ongelma ratkaistaan kehittämällä sovellukseen auto-fokus-ominaisuus ja siten parantamalla kameran fokuoimattia tiehen.
Keskilinjoiden ongelmakohdat	Rinnakkain, tien molemmin puolin ja lähekkäin kulkeville väylille asetetaan keräilyobjektit kauemmas toisistaan, ettei yhdellä ajolla pysty keräämään kaksi linjaa, jolloin toinen jäisi mittaamatta.

<sup>37</sup> Vaisalan kuntoluokkamäärittelmä autotiellä



Huomio	Ratkaisu
	Risteävien teiden ongelma tulee pysymään, koska tienylitysten kohdilla kunnossapito kuuluu autotielle.
Konenäkömalli poimii toisinaan vaurioita lähellä olevasta ajoteistä.	Crowdchupan keräyssovellukseen asennetaan vakionns. horisonttiviiva, joka yhtenäistää datan keräyksen kuvauskulmaa. Vaisalan videokeräyssovelluksessa tämä ominaisuus jo on.  Vaisala tutkii tällä hetkellä mahdollisuutta automaattisesti rajata kuvattavaa ja tulkittavaa aluetta. Mallin parantaminen on työn alla ja valmistuu lähiaikoina.

Vuonna 2021 päällysteen vaurioiden analysointiin käytettiin ajoradoille koulutettua konenäkömallia. Sitä ei ollut erikseen koulutettu kävely- ja pyöräilyväyliltä kerätyllä aineistolla. Ensimmäistä koulutusdataa pyöräteiltä alettiin kerätä kesällä kohti syksyä mentäessä koskien tilanteita, joissa konenäkö oli tehnyt virheen. Tämä koulutusdatan kerääminen ja konenäkömallin uudelleen kouluttaminen uudella data-setillä on osa jatkuvaa tekoälypohjaisen konenäön asteittaista parantamista. Tällä itsessään jo pystytään parantamaan analyysin tulosten laatua ja eliminoimaan virheellisiä tunnistuksia.

Menetelmäkehitystä, jolla on yhteys konenäköjärjestelmän suorituskykyyn pyöräteillä, on suunniteltu vuodelle 2022. Ongelmaa, jossa pyörätiellä ajettaessa, järjestelmä poimii vaurioita myös vieressä kulkevalta ajoradalta, on jo alettu ratkaista menetelmällä, joka kykenee erottamaan ajettavan kaistan tai tien sen käyttötarkoituksen mukaan. Näin ollen tunnistukset voidaan rajoittaa vain ajettuun kaistaan tai tiehen tai tarvittaessa useampaan kaistaan, joilla on kuitenkin sama käyttötarkoitus. Tällainen tilanne on esimerkiksi silloin, jos pyörätie on jaettu kaistoihin. Kuvatun menetelmän kehitys ajoittuu vuoden 2022 ensimmäiselle vuosipuoliskolle.

Pyöräteihin liittyen vuoden 2022 ensimmäiselle vuosipuoliskolle on suunniteltu myös toinen menetelmäkehityskokonaisuus. On tunnistettu tarve, että RoadAI:n tuottamaa päällysteen kuntoarvoa, siihen vaikuttavia vaurioluokkia ja luokkien saamia painoarvoja pitäisi voida räätälöidä maa-, asiakas- tai käyttötapauskohtaisesti. Suunniteltu toiminnallisuus mahdollistaa kuntoarvon räätälöinnin siten, että on mahdollista valita, mitkä vaurioluokat huomioidaan kuntoarvon laskennassa ja määrittää luokkakohdaiset painotukset. Toiminnallisuus tulee ensimmäiseksi koskemaan RoadAI:sta otettavia raportteja ja myöhemmin myös RoadAI:n verkkokäyttöliittymää.

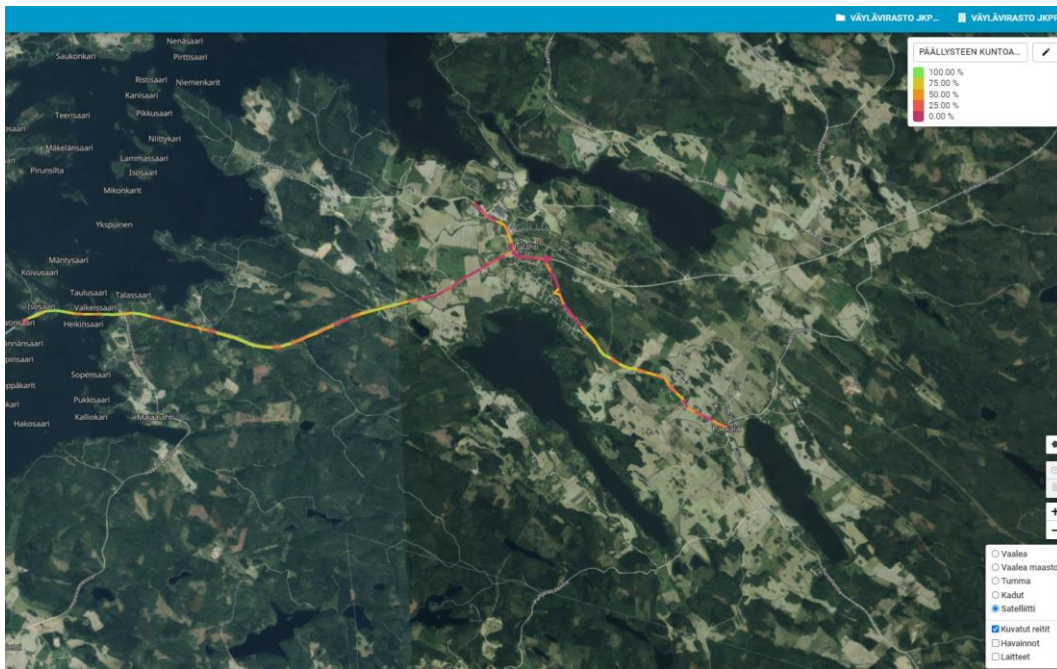
Tässä raportissa on kokeiltu kuitenkin konsultin toimesta omaa kuntomuuttujien painotusta ja laadittu kunnossapito-ohjelmat.

## 5.4 Kontrollimitaus

Mittauksen tuloksille tehtiin kontrollimitaukset, jossa RoadAI:n tuloksia verrattiin visuaaliseen inventointiin, noin 10 km osuudelta. Kohteet sijaitsivat Kangasalan Sahalahdella. Viisi henkilöä teki inventoinnit valituilta kohteilta (Taulukko 7) ja tuloksista tehtiin vertailuanalyysi.

Taulukko 7. Kontrollimittauskohteet.

TIENUMERO	TIEOSA	ALKUPAALU	LOPPUPAALU	PITUUS [M]
70325	409	0	6740	6 740
70325	461	0	760	760
73230	440	0	800	800
73230	491	0	1000	1 000
70325	415	0	470	470
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>9 770</b>

Kuva 14. Kontrollikohteiden sijainti Kangasalan Sahalahdessa<sup>38</sup>.

Kontrollimittaukset tehtiin aluksi yleiselle kuntoluokitukselle 1–5 Vaisalan RoadAI-ohjelmistolla. Mukana oli viisi ihmisinventoijaa sekä konenäkömalli. Konenäkömallissa käytettiin vakiona olevaa eri kuntomuuttujien painotusta. Kaikki inventoijat eivät joko epähuomiossa tai epätarkan kuvan vuoksi inventoineet kaikkia kohteita täysimääräisesti. Jäljelle jäi yhteensä 8 891 metriä vertailtavaa kävely- ja pyöräilyväyliä. Taulukossa 8 on esitetty yhteenveto eri inventoijien tuloksista. Tulokset kuvaavat eri segmenttien kuntoluokan keskiarvoa, jossa 5 on erittäin hyvässä kunnossa ja 1 on erittäin huonossa kunnossa oleva väylä. Vakioasetuksella oleva kuntoindeksi antaa konenäöllä paremman kunnan kuin ihmissilmä. Eri tielosien väliset kuntoerot tulevat esille sekä ihmissilmin että konenäöllä. Eri ihmisten välillä oli suuremmat erot inventointituloksissa kuin konenäön ja ihmisten inventointitulosten keskiarvon välillä.

<sup>38</sup> Vaisala Oy, RoadAI katselusovellus

Taulukko 8. Yhteenvedo inventointituloksista (kuntoluokan keskiarvo).

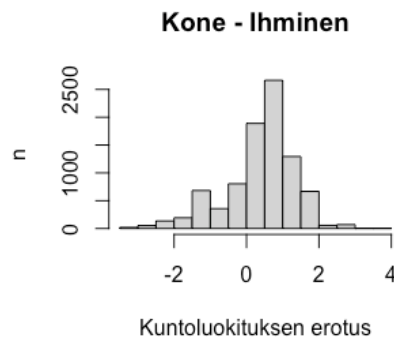
TIENU- MERO_TIE- OSA	INVEN- TOIJA 1	INVEN- TOIJA 2	INVEN- TOIJA 3	INVEN- TOIJA 4	INVEN- TOIJA 5	IHMI- SET	KONE- NÄKÖ
70325_409	3.34	4.57	4.23	4.47	3.46	4.02	4.54
70325_461	2.17	2.89	2.40	3.05	2.61	2.63	2.47
73230_440	2.15	2.53	2.35	2.81	2.60	2.49	2.18
73230_491	2.76	3.56	3.17	3.88	2.50	3.17	3.89
70325_415	2.52	3.47	3.09	3.59	2.91	3.12	3.76
<b>KESKIARVO</b>	3.02	4.08	3.74	4.09	3.19	3.62	4.08

Taulukossa 9 on puolestaan esitetty korrelaatiot eri inventoijien välillä 1-metrin mittaiseksi muutetulla kuntotiedoilla. Tuloksista huomataan, että korrelaatio konenäön ja ihmisten keskiarvon välillä on kohtuullinen, 0,69. Toisaalta eri ihmisten tulosten ja heidän keskiarvonsa välinen korrelaatio on verrattain korkea, välillä 0,81-0,94. Korrelaatio ihmisten välillä vaihtelee välillä 0,67 – 0,86. Korrelaatioiden perusteella voidaan sanoa, että eri kuntomuuttujien painotus konenäkömallissa ei täysin vastaa ihmisen käsitystä kävely- ja pyöräilyväylien kunnosta.

Taulukko 9. Inventointien väliset korrelaatiot.

	INVEN- TOIJA 1	INVEN- TOIJA 2	INVEN- TOIJA 3	INVEN- TOIJA 4	INVEN- TOIJA 5	IHMISET	KONENÄKÖ
<b>INVENTOIJIA 1</b>	1	0.77	0.82	0.79	0.67	0.89	0.60
<b>INVENTOIJIA 2</b>	0.77	1	0.85	0.86	0.69	0.93	0.65
<b>INVENTOIJIA 3</b>	0.82	0.85	1	0.83	0.69	0.94	0.66
<b>INVENTOIJIA 4</b>	0.79	0.86	0.83	1	0.68	0.93	0.66
<b>INVENTOIJIA 5</b>	0.67	0.69	0.69	0.68	1	0.81	0.52
<b>IHMISET</b>	0.89	0.93	0.94	0.93	0.81	1	<b>0.69</b>
<b>KONENÄKÖ</b>	0.60	0.65	0.66	0.66	0.52	0.69	1

Kun verrataan konenäön ja ihmisten välisiä inventointiluokituksen eroja jokaisella metrin mittaisella osuudella, saadaan Kuvan 15 mukainen histogrammi. Kuvasta voidaan huomata, että konenäön malli näyttää keskimäärin liian hyvää kuntoa ihmisen verrattuna, mitä voitaneen korjata eri vaurioiden painotusarvoja muuttamalla.



Kuva 15. Konenäön ja ihmisen erot 5-portaisessa kuntoluokituksessa 1-metrin kuntodatalla.

Eri vauriotyyppien ja ihmisten inventointiluokitusten keskiarvon välisen korrelaation avulla pyritään hahmottamaan, mitkä vauriotyypit vaikuttavat eniten ihmisen tekemään luokitteluun. Taulukossa 10 on esitetty nämä korrelaatiot. Taulukon arvojen perusteella voidaan todeta, että konenäkömallin keskileveät pituushalkeamat sekä ajourahalkeamat korreloivat voimakkaimmin kuntoluokan kanssa. Kun taas konenäön havaitsema päällysteen purkauma ei rekisteröidy ihmissilmän kuntoluokitteluun.

Taulukko 10. Korrelaatiot ihmisten ja konenäön välillä.

	KUNTOLUOKKA: IHMISET	KUNTOLUOKKA: KONENÄKÖ
VERKKOHALKEAMA	0.24	0.41
OHUET PITUUSHALKEAMAT	0.57	0.64
KESKILEVEÄT PITUUSHALKEAMAT	<b>0.67</b>	<b>0.81</b>
LEVEÄT PITUUSHALKEAMAT	0.61	0.66
AJOURAHALKEAMAT	<b>0.69</b>	<b>0.78</b>
KESKILEVEÄT POIKKIHALKEAMAT	0.36	0.41
LEVEÄT POIKKIHALKEAMAT	0.26	0.26
PIENET REIÄT	0.48	0.50
KESKIKOKOISET REIÄT	0.11	0.13
ISOT REIÄT	0.09	0.13
VASEN REUNAVAUURIO	0.55	0.46
OIKEA REUNAVAUURIO	0.51	0.56
PURKAUMA	0.01	0.19
VAKAVA PURKAUMA	0.15	0.40
BITUMIN PINTAANNOUSU	0.13	0.13
PAINUMAT	0.09	0.11
JUOTOKSET	0.39	0.38
PITUUSJUOTOKSET	0.45	0.43
POIKITTAISJUOTOKSET	0.25	0.24
PAIKKAUS	0.19	0.27
GEOMETRISET PAIKKAUKSET	0.09	0.13
VAURION MUOTOISET PAIKKAUKSET	0.26	0.35

Toisella inventointikierroksella keskityttiin pyöräilijöille vaarallisiin kohteisiin ja samat inventoijat saivat vapaasti arvioida, mitkä kohteet olisivat pyöräilijöille vaarallisia. Etukäteen sovittiin vauriotyypit, mutta silti inventoijien välillä oli eroa tunnistettujen vaurioiden tyyppien osalta. Nimeämisiä muutettiin ja yhdisteltiin ja seuraavat vauriotyypit jäivät dataan:

- Kohouma
- Painuma
- Pituushalkeama
- Poikkihalkeama
- Purkauma
- Reikä

Eri inventoijien tulokset yhdisteltiin siten, että jos joku oli havainnut vaarallisen vaurion, niin se otettiin mukaan ja lopuksi samalla tieosalla ja metrilukemalla olevat duplikaatit poistettiin. Ihmisten löytämiä vaurioita verrattiin konenäön eri vaurio-tyyppeihin. Taulukossa 11 on esitetty ihmisten löytämien vaurioiden kohdissa konenäön antamat tulokset eri vauriotyypeille prosentteina.

*Taulukko 11. Vauriomäärät (%) ihmisen ja konenäön välillä.*

	KOHOUMA	PAINUMA	PITUUS- HALKEAMA	POIKKI- HALKEAMA	REIKÄ
<b>VERKKOHALKEAMA</b>	0.0	3.0	2.4	0.9	3.6
<b>OHUET PITUUSHALKEAMAT</b>	2.5	12.0	7.4	2.9	6.4
<b>KESKILEVEÄT PITUUSHALKEAMAT</b>	5.7	22.4	12.9	2.9	8.3
<b>LEVEÄT PITUUSHALKEAMAT</b>	5.6	5.9	4.0	0.3	1.1
<b>AJOURAHALKEAMAT</b>	12.5	49.3	33.6	8.0	25.0
<b>KESKILEVEÄT POIKKIHALKEAMAT</b>	20.1	29.9	18.2	6.2	17.3
<b>LEVEÄT POIKKIHALKEAMAT</b>	7.6	2.2	2.3	0.2	1.5
<b>PIENET REIÄT</b>	0.7	5.3	2.3	0.5	1.9
<b>KESKIKOKOISET REIÄT</b>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<b>ISOT REIÄT</b>	0.0	0.3	0.3	0.0	0.1
<b>VASEN REUNAVAUURIO</b>	8.2	3.4	3.2	0.6	2.7
<b>OIKEA REUNAVAUURIO</b>	0.3	5.3	2.8	1.6	1.3
<b>PURKAUMA</b>	7.5	4.5	5.0	1.3	4.7
<b>VAKAVA PURKAUMA</b>	0.7	2.6	2.2	0.5	0.9
<b>BITUMIN PINTAANNOUSU</b>	4.4	0.9	0.2	0.1	0.0
<b>PAINUMAT</b>	0.0	0.4	0.2	0.0	0.7
<b>JUOTOKSET</b>	7.6	7.7	5.4	0.8	2.5
<b>PITUUSJUOTOKSET</b>	2.5	3.8	3.5	0.6	0.5
<b>POIKITTAISJUOTOKSET</b>	5.5	4.6	2.9	0.3	2.3
<b>PAIKKAUS</b>	0.0	7.8	2.4	1.3	3.8
<b>GEOMETRISET PAIKKAUKSET</b>	0.0	3.8	1.2	0.9	1.9
<b>VAURION MUOTOISET PAIKKAUKSET</b>	0.0	5.5	1.6	0.4	2.3

Taulukkojen lukujen valossa ihmisen tunnistamat kohoumat rekisteröityivät konenäön keskileveisiin poikkihalkeamiin sekä ajourahalkeamiin. Konenäkö tunnisti puolestaan painumat paremmin ajourahalkeamiin ja keskileveisiin poikkihalkeamiin kuin painumiin. Pituushalkeamat olivat puolestaan ajourahalkeamissa ja poikkihalkeamat näiden lisäksi keskileveissä poikkihalkeamissa. Myös purkaumien ja reikien kohdalla oli tunnistettu ajourahalkeamia. Tuloksiin voi vaikuttaa konenäön ja ihmisen välinen tulkintaero etäisyydestä. Tulokset todennäköisesti muuttuisivat, jos inventoinnit olisi tehty paikan päällä videoiden sijaan. Tällä hetkellä voidaan todeta, että ihmissilmä näkee kokonaisuuden paremmin kuin tämänhetkiset konenäön vakiona oleva painotus kuntomuuttujille. Konenäön puolesta puhuu se, että konenäkö näkee yksittäiset, pienimmät vauriot tarkemmin kuin ihmissilmä. Konenäölle voidaan myös opettaa uusia muuttujia, jotka nykyisin mallissa ei ole; kuten väylän pinnalla kulkeva puun juuret tai lammikoituminen. Konenäön puolesta puhuu myös mittauksen toistettavuus ja yhteismitallisuus, verrattuna jos mittaus tehtäisiin

---

usean inventoija toimesta. Koneen keräämiä kuntomuuttujia painottamalla vastaamalla paremmin pyöräilijän kokemaan ajomukavuutta ja turvallisuutta, käsitellään tämän raportin kappaleessa 6.

## 6 Kuntomuuttujien valinta

### 6.1 Kunnossapidon ja hoidon näkökulma

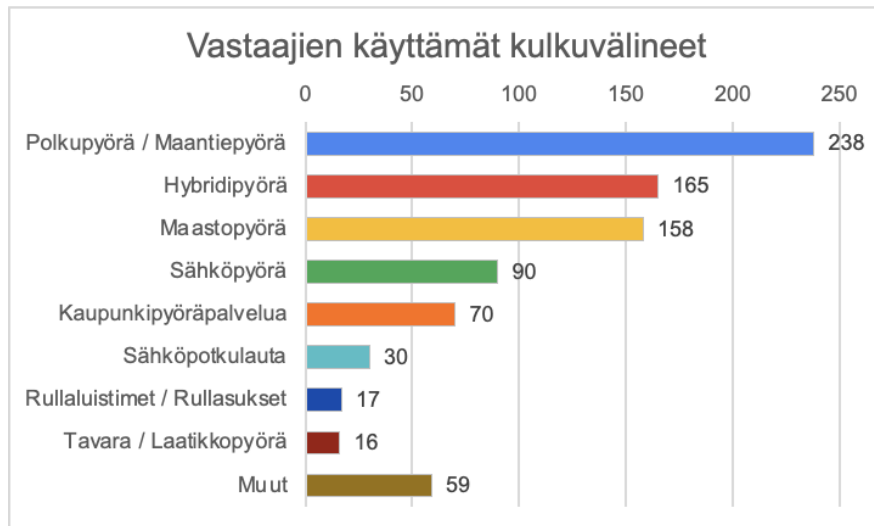
Kävely- ja pyöriteiden vauriot ovat pitkälti samoja kuin autoteillä, mutta vaurioitumisnopeus on hitaampaa. Kunnossapidolla tarkoitetaan uudelleenpäällystys- ja rakenteenparantamistöitä. Hoitourakoissa tehdään reagoivia kunnossapitotöitä, kuten paikkauksia ja halkeamien juotoksia. Halkeamien ja reikien paikkaus estää veden kulkeutumisen rakenteisiin, jonka vuoksi reagoimalla ajoissa eri vaurioihin ja korjaamalla ne varmistetaan tielle pidempi elinkaari. Uudelleenpäällystäminen tulee ajankohtaiseksi, kun päällyste on ikänsä päässä. Oikea-aikaisella uudelleenpäällystämällä varmistetaan tierakenteen rakenteellisen kunnon säilyminen. Routavauriot ja verkkohalkeilu heijastaa rakenteellista riittämättömyyttä sekä yleensä myös kuivatusongelmia. Tällaisissa kohteissa ei riitä pelkkä uudelleenpäällystys, vaan kohteilla pitää tehdä rakenteen parantamista. Tyypillisesti kävely- ja pyöräilyväylien vaurioitumisnopeus on hidasta. Vauriot syntyvät joko heti alussa, esimerkiksi puutteellisen kuivatuksen vuoksi, jonka jälkeen on pitkä 10–15 vuoden jakso, jolloin tilanne pysyy lähestulkoon samana. Elinkaaren lopussa vaurioituminen taas kiihtyy.

### 6.2 Tienkäyttäjän näkökulma

Tienkäyttäjä kokee väylän tasaisuuden ja turvallisuuden merkitsevimpänä tekijöinä, tunnistamatta välttämättä eri vauriotyyppejä toisistaan. Liikenneturvallisuuden kannalta tärkeimpiä ovat äkilliset heitot (esim. routavauriot, kohonneet kivet ja rummut) ja painumat (lammikoituminen), leveät pituus- ja poikkihalkeamat sekä kohtalaiset ja isot reiät (kaatumisriski). Lammikoituminen ei ole pelkästään epä-mukavuustekijä pyöräilijälle, mutta myös turvallisuusriski lammikon jäätyessä. Reiät ja leveät pituushalkeamat ovat pyöräilijän kannalta vaarallisia, erityisesti silloin, jos ne ovat lumen tai puiden lehtien peittämiä ja eivätkä ole pyöräilijän ennakoitavissa.

Palvelutasosta haluttiin mahdollisimman kattavasti tietoa tienkäyttäjän näkökulmasta. Aiheesta koostettiin kyselylomake, jonka tarkoituksena oli löytää suoraan käyttäjiltä tärkeimmät vauriotyypit ja muut asiat, jotka vaikuttavat väylän käytettävyyteen. Kysely tehtiin Google Formsilla, sillä se mahdollistaa helpon jakelun sekä visualisoi vastaukset automaattisesti. Jaoimme kyselyä sosiaalisessa mediassa, tärkeimpänä Facebookin pyöräilijäryhmät Helsingissä ja Tampereella.

Alkuun vastaajilta kysyttiin heidän käyttämiään kulkuvälineitä. Palvelutasoon liittyvät kysymykset jaoteltiin neljään kategoriaan; kunto, turvallisuus, toimivuus ja viihtyvyys. Kategorioissa oli kuudesta neljääntoista kysymystä ja jokainen kysymys tuli merkitä sen mukaan, kuinka tärkeäksi aiheen koki pyöriteiden kehittämisen kannalta. Vastaukset annettiin asteikolla 1–5, jossa 1 oli "Ei merkitystä" ja 5 "Hyvin tärkeä". Näiden lisäksi oli vaihtoehto "En osaa sanoa". Kyselyyn vastasi 401 henkilöä. Tämän lisäksi oli mahdollisuus antaa vapaamuotoisia kommentteja ja niitä saatiin kiitettävä määrä, lähes 200.



Kuva 16. Kyselytutkimuksen vastaajien käyttämät kulkuvälineet.

Kuntoon liittyvät kysymykset käsittelivät sellaisia asioita, joihin tien ylläpitäjällä on mahdollisuus vaikuttaa suunnitellessaan tien kunnossapitoa. Seuraavien vaurioiden tärkeydestä kysyttiin kyselylomakkeella:

- pinnan tasaisuus
- isot reiät
- pienet reiät
- levät pituushalkeamat
- kapeat pituushalkeamat
- verkkohalkeamat
- poikkihalkeamat
- reunavauriot
- routaheitot.

Näistä selvästi tärkeimpänä nousivat esiin isot reiät, sekä leveät pituushalkeamat. Lähes 85 prosenttia vastaajista koki isojen reikien olevan erittäin tärkeä asia, kun puhutaan pyöriteiden palvelutasosta. Leveitä pituushalkeamia piti erittäin tärkeänä 247 vastaaja, eli selvästi yli puolet kaikista vastaajista.

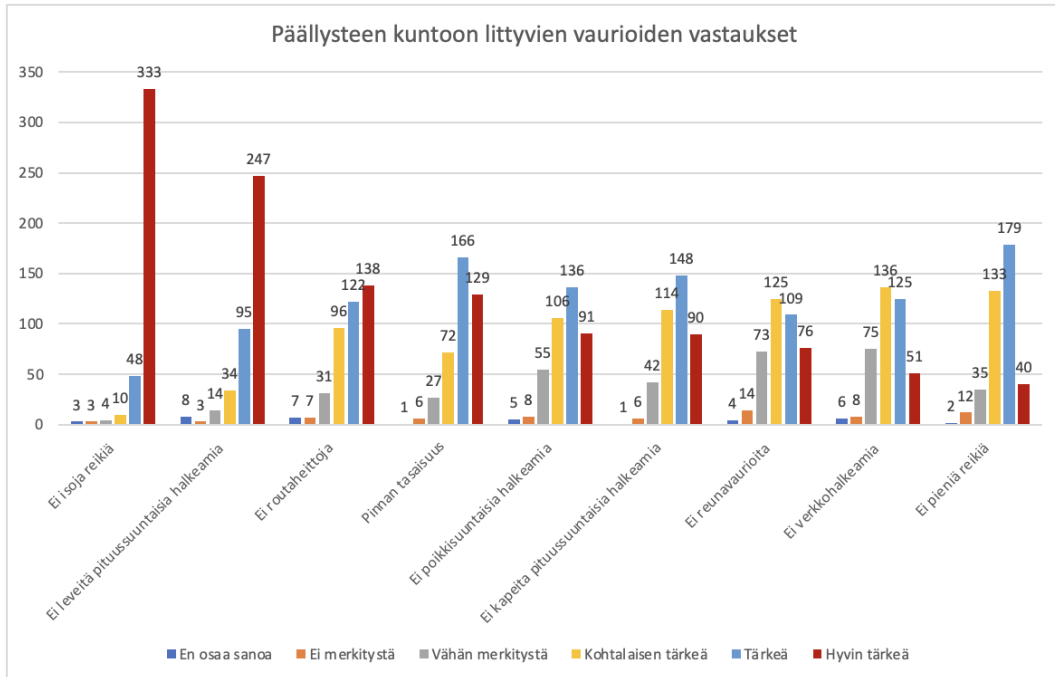
Kaikilla kuntoon liittyvillä palvelutekijöillä on selvästi jonkin verran merkitystä tienkäyttäjien näkökulmasta. "Ei merkitystä" -vastauksia oli eniten reunavaurioiden kohdalla, mutta siinäkin vain alle neljä prosenttia vastaajista. Vaikka muutamat vauriot nousevat esiin massasta tärkeydellään, niin oikeastaan kaikilla näillä on kuitenkin vaikutusta tienkäyttäjään. Mitään kuntomuuttujia ei voi jättää huomiotta, kun pyöriteiden kunnossapitoa mietitään jatkossa.

## 6.3 Uudet kuntoindeksit

Kuntoindeksin muuttujien painotuksessa on käytetty sekä asiantuntijoiden yhteistä näkemystä että käyttäjäkyselyn tuloksia. Kuntomuuttujien painotuksilla pyritään saamaan esille kiireellisimmät kunnossapitoa vaativat osuudet kävely- ja pyöräilyväylillä sekä käyttäjien näkökulmasta, että tienpitäjän näkökulmasta. Taulukossa 12 on koostettu kyselytutkimuksesta saadut vastaukset koskien kuntomuuttujia.



Taulukko 12. Kuntomuuttujien merkitys käyttäjäkyselyn perusteella.



Käyttäjäkyselyn ja tienpidon asiantuntijoiden perustella luonnosteltiin painotukset eri kuntomuuttujille. Asteikko on 1–5, jossa 5 edustaa korkeinta painotusta kyseiselle kuntomuuttujalle. Taulukossa 13 on esitetty tulokset painotuksista tienpitäjän ja tienkäyttäjän näkökulmasta.

Taulukko 13. Kuntomuuttujien paino-arvot käyttäjän ja kunnossapitäjän näkökulmista tärkeysjärjestyksessä.

KUNTO-MUUTTUJA	KÄYTTÄJÄN NÄKÖKULMA	PERUSTELUT	KUNNOS-SAPITÄJÄN NÄKÖKULMA	PERUSTELUT	YHTEENSÄ
ISO (LEVEÄ) REIKÄ	5	Kaatumisriski	5	Viittaa kunnossapidon laiminlyöntiin, jos tällaisia löytyy. Korjattava kiireellisesti.	10
LEVEÄ PITUUS-HALKEAMA	5	Kaatumisriski	5	Vaatii yleensä rakenteen ja kuivatuksen perusparannuksen.	10
PUUN JUURET ASFALTISSA	5	Epätasaiset kohdat alentavat ajomukavuutta. Kaatumisriski.	4	Ongelman poistaminen vaikeaa?	9
ROUTAHEITTO	5	Kaatumisriski, varsinkin routanousun aikaan	3	Vaatii yleensä rakenteen ja kuivatuksen perusparannuksen.	8
VAKAVA POIKKIHALKEAMA	4	Kaatumisriski, varsinkin routanousun aikaan	4	Kunnossapitäjälle hankala vaurio, koska se uusiutuu aika helposti	8

KUNTO- MUUTTUJA	KÄYTTÄJÄN NÄKÖKULMA	PERUSTELUT	KUNNOS- SAPITÄJÄN NÄKÖ- KULMA	PERUSTELUT	YHTEENSÄ
TASAI- SUUS	5	Tärkein ajomuka- vuuteen vaikut- tava tekijä	2	Kallis toimenpide korjata. Käytän- nössä kokonaan uusi päällyste ja mahdollisesti myös rakenteel- lisia korjauksia.	7
PAINUMA (LAMMI- KOITUMI- NEN)	5	Ongelmana ke- sällä lammikoitu- minen, syk- syllä/talvella jääty- minen. Kaatumis- riski.	2	Kuivalla kelillä painumista ei ole haittaa. Lammikoituvat painaumat vai- kea inventoi- tava. Onnistuisi joukkoistamalla lyhyen ajan si- sällä.	7
PIENI (KA- PEA) REIKÄ	3	Pieni kaatumis- riski, vaarallinen laitteille, joissa on pienet pyörät (rul- lalaudat, skootit)	4	Korjattava, ei kiireellinen.	7
VERKKO- HALKEAMA	2	Ei merkittävästi vaikuta ajomuka- vuuteen	4	Vaatii yleensä rakenteen ja kuivatuksen pe- rusparannuksen.	6
KOHTALAI- NEN PI- TUUSHAL- KEAMA	2	Pieni kaatumis- riski, vaarallinen laitteille, joissa on pienet pyörät (rul- lalaudat, skootit)	4	Vaatii yleensä rakenteen ja kuivatuksen pe- rusparannuksen.	6
REUNA- VAURIO	2	Ongelma vain, jos joudutaan väistä- mään reunaan, tai jos vauriokoh- dasta leviää teille irtosoraa	3	Merkittävät reu- navauriot tulisi pyrkä korjaa- maan, ei kiireel- linen.	5
EHJÄT VAURIO- MUOTOI- SET PAIK- KAUKSET (VÄLIAI- KAISPIAK- KAUKSET)	2	Ei merkittävästi vaikuta ajomuka- vuuteen. Pinnasta koholla olevat paikkaukset voivat vaikuttaa tasai- suuteen. Esteetti- nen haitta.	2	Kunnossapitä- jälle viesti siitä, että ongelman syy pitää löytää ja korjata	4
KAPEA PITUUS- HALKEAMA	1	Ei merkittävästi vaikuta ajomuka- vuuteen	2	Helppo korjata bitumijuotoksilla	3
KOHTALAI- NEN POIK- KIHAL- KEAMA	2	Ei merkittävästi vaikuta ajomuka- vuuteen	1	Helppo korjata bitumijuotoksilla	3
REIÄN ESI- ASTE (PUR- KAUMA)	1	Ei merkittävästi vaikuta ajomuka- vuuteen	1	Ei vaikuta kun- nossapitoon	2
EHJÄT GEOMET- RISET AS- FALTIN PAIK- KAUKSET	1	Ei vaikuta ajomu- kavuuteen, paitsi jos paikkauksessa on kynnys.	1	Ei vaikutusta, koska tie katso- taan nyt korja- tuksi, mutta syytä alkuperäi- seen vaurioon ei	2

---

<b>KUNTO- MUUTTUJA</b>	<b>KÄYTTÄJÄN NÄKÖKULMA</b>	<b>PERUSTELUT</b>	<b>KUNNOS- SAPITÄJÄN NÄKÖ- KULMA</b>	<b>PERUSTELUT</b>	<b>YHTEENSÄ</b>
<b>(PYSY- VÄISPAIK- KAUKSET)</b>				ole välttämättä korjattu.	

## 7 Kunnossapito-ohjelma uusilla kuntomuuttujilla

### 7.1 Kunnossapito-ohjelmien laatiminen

Kuntomittausten perustella laadittiin päällystys- ja hoito-ohjelmat Pirkanmaan ELY-keskuksen alueelle vuodelle 2022.

Tarkoituksena on kokeilla eri kuntomuuttujien painotuksilla ja uudelleen päällystykseen raja-arvoilla sekä kohteiden yhdistelysäännöillä kunnossapito-ohjelmien laatimista, sekä tehdä vertailu nykyiseen kunnossapitotarveinventointiin. Huomioitavaa on, että kohteet, jotka eivät valikoidu päällystysohjelmaan, mutta ovat tienkäyttäjän kannalta kriittisessä kunnossa, nostetaan hoito-ohjelmaan (isojen ja kohdalaisten reikien ja leveiden halkeamien paikkaukset). Näin pyritään huolehtimaan, että ns. vaaralliset vauriot korjataan siitä huolimatta nopeasti, vaikka ne eivät valikoituisi päällystysohjelmaan rajoitetun budjetin vuoksi.

Pääsääntöisesti kunnossapidon suunnittelua (päällystämistä) ohjaisi tienpitäjän näkökulmalla painotettu kuntoindeksi. Tämä lisäksi hoitoa ohjataan tienkäyttäjän näkökulmalla painotetulla kuntoindeksillä. Kuntoindeksin painotukset perustuvat käyttäjäkyselyyn päällystevaurioista sekä asiantuntijoiden arviointiin.

Kunnossapidon tarvetta ja määrää voidaan lähteä arvioimaan kolmen muuttujan kautta:

1. Kuntomuuttujien painotus
2. Kuntoindeksin raja-arvot päällystystoimenpiteille
3. Yhdistelysäännöt

Vaihtoehtoisia päällystysohjelmia laadittiin SirWayn RAMS-ohjelmistolla seuraavasti:

*Taulukko 14. Vaihtoehtoisten päällystysohjelmien laadinta.*



<b>Kuntomuuttujien painotus</b>	<b>Päällystystoimenpiteiden raja-arvot</b>	<b>Yhdistelysäännöt</b>
Tienpitäjän näkökulma (päällystysohjelma)	Kokonaisvaurioprocentti yli 40 %	Ei yhdistelyä
	Kokonaisvaurioprocentti yli 50 %	Vain 20 metrin segmenttejä
	Kokonaisvaurioprocentti yli 60 %	
Tienkäyttäjän näkökulma (hoito-ohjelma)	Isot reiät Keskisuuret reiät Leveä pituushalkeama Leveä poikkihalkeama	




Kuntomuuttujien painotuksien osalta muodostettiin taulukon 15 mukainen kuntoindeksi.

Taulukko 15. Kuntomuuttujien painotukset.

KUNTOMUUTTUJA	PAINOTUSKERROIN	YLÄRAJA
ISO (LEVEÄ) REIKÄ	2.5	100
KESKIKOKOINEN REIKÄ	2	100
PIENI (KAPEA) REIKÄ	1.5	100
VAKAVA PURKAUMA	0.5	20
KESKIVAKAVA PURKAUMA	0.5	20
VASEN REUNAVAUURIO	1.5	100
OIKEA REUNAVAUURIO	1.5	100
VERKKOHALKEAMA	2	100
LEVEÄ PITUUSHALKEAMA	2.5	100
KOHTALAINEN PITUUSHALKEAMA	2	55
	1	30
KAPEA	1	30
PITUUSHALKEAMA		
KOHTALAINEN POIKKIHALKEAMA	0.5	10
VAKAVA POIKKIHALKEAMA	2	20
EHJÄT GEOMETRISET ASFALTIN PAIKKAUKSET (PYSYVÄISPAIKKAUKSET)	0.5	20
EHJÄT VAURIOMUOTOISET PAIKKAUKSET (VÄLIAIKAISPAIKKAUKSET)	1	50
PAINUMA (LAMMIKOITUMINEN)	1.5	100

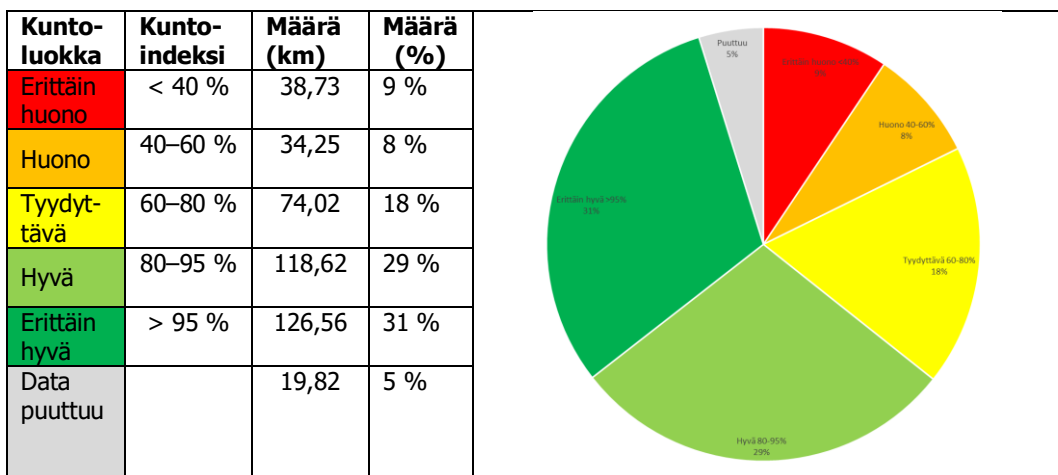
Kohtalainen pituushalkeama joidenkin kohteiden reunoilla lisäsi päällystysohjelmaan kohteita, jotka silmämääräisesti arvioiden ei olisi ajankohtaista päällystää, joten tämän muuttujan painoarvoa ja maksimiarvoa laskettiin, mikä on taulukossa merkitty punaisella.

Kuntoluokka	Kunto-indeksi	Esimerkkikuva
Erittäin huono	< 40 %	
Huono	40–60 %	

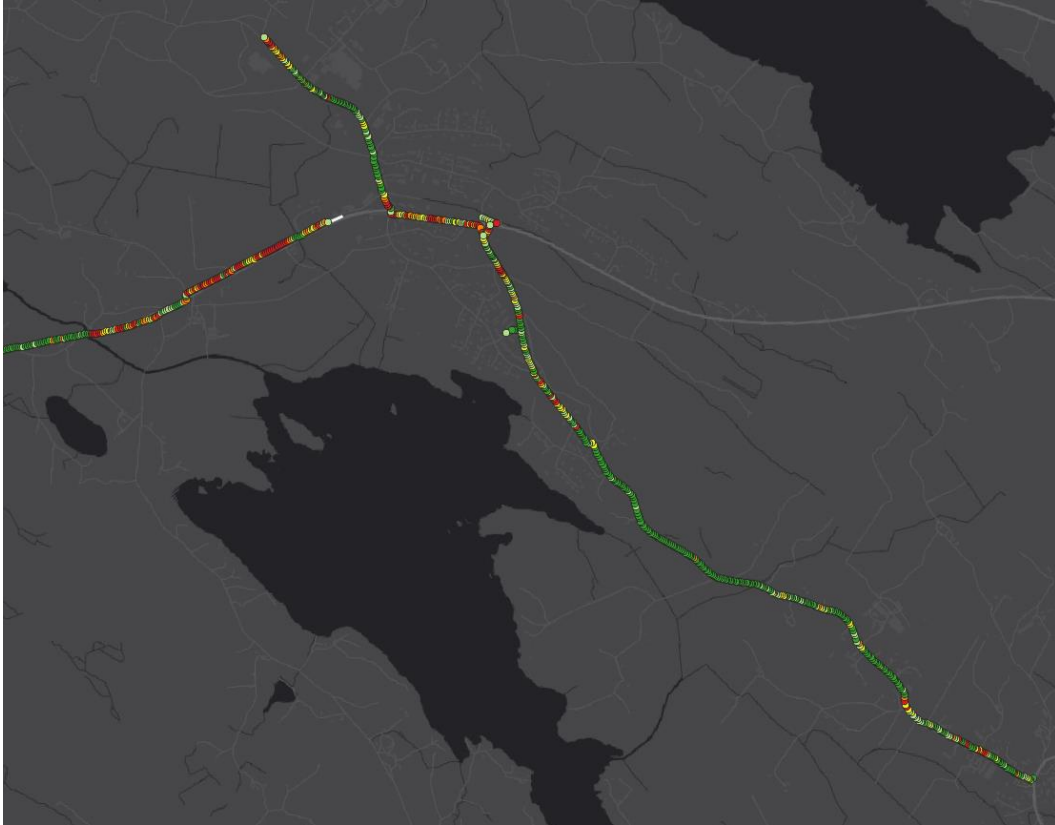
Kuntoluokka	Kunto-indeksi	Esimerkkikuva
Tyydyttävä	60–80 %	
Hyvä	80–95 %	
Erittäin hyvä	> 95 %	

Kävely- ja pyöräilyväylien kuntoluokka uusilla painotuksilla ja raja-arvoilla jakautui Taulukon 16 mukaisesti. Mitattua dataa on 392 km ja mittaamatonta 19,8 km.

Taulukko 16. Kuntojakauma uusilla painotuksilla.



Tämän jälkeen valittiin kuntoindeksille raja-arvo, jolla kohde (20-metrinen segmentti) valikoituu päällystysohjelmaan. Taulukossa 16 on esitetty raja-arvon vaikutus päällystysohjelman pituuteen ilman segmenttien yhdistelyä.



Kuva 17. Ote kuntoindeksi kartasta uusilla kuntomuuttujilla ja raja-arvoilla.

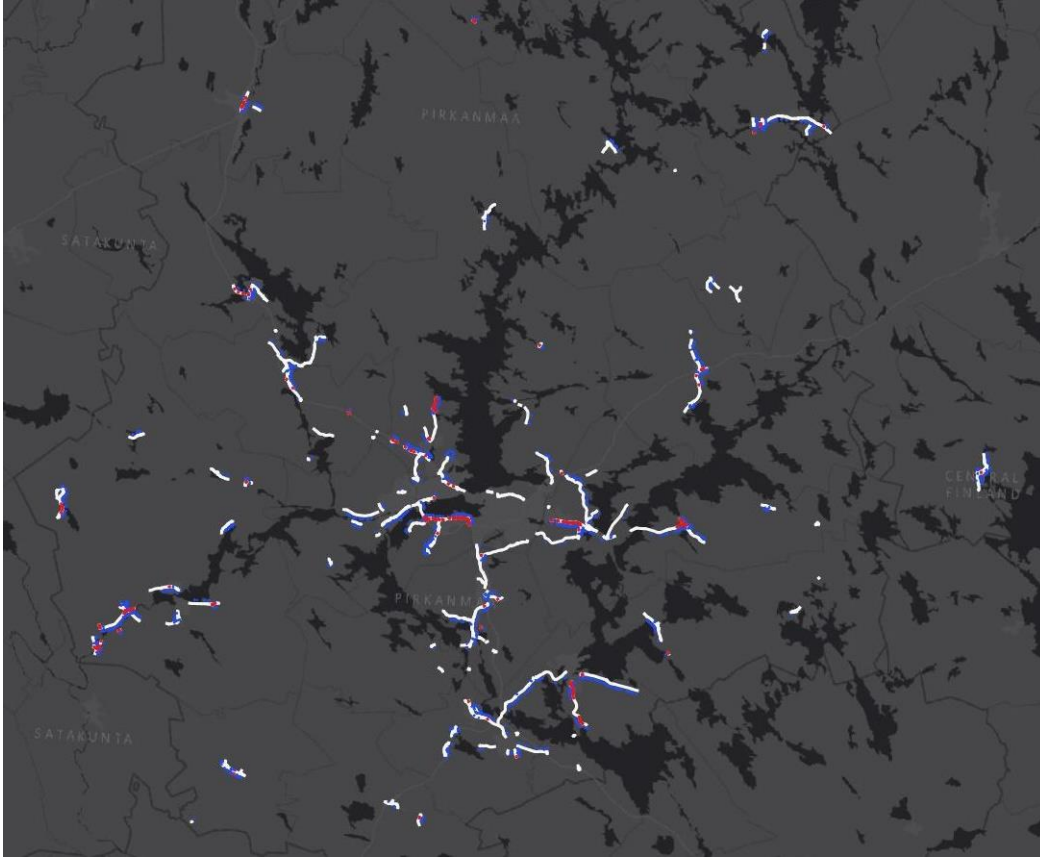
Taulukko 17. Kunto-indeksin raja-arvon vaikutus päällystysohjelman määrään (rajoittamaton budjetti, mitatusta datasta 392 km).

Kuntoindeksin raja-arvo	ILMAN MINIMIPITUUTTA (%/km)		20 m MINIMIPITUUDELLA (%/km)	
20	5.5	21.6	3	11.8
25	6.4	25.1	3.5	13.7
30	7.3	28.6	4.2	16.5
35	8.6	33.7	5	19.6
40	10	39.2	6	23.5
45	11.8	46.3	7.4	29.0
50	13.7	53.7	9	35.3
55	16.1	63.1	10.9	42.7
60	19	74.5	13.2	51.7
65	22.5	88.2	16.2	63.5
70	26.7	104.7	20.1	78.8

Toisessa vaiheessa päällystysohjelma muodostettiin asettamalla korkeampi raja-arvo kuntoindeksille ja valikoimalla vain ne kohteet, joiden pituus on vähintään 20 metriä. Kuntoindeksin raja-arvoksi valittiin 60, jolloin päällystysohjelman pituudeksi saatiin 13,2 % (51,7 km) ja kokonaiskustannusarvioksi 2 065 535 euroa.

Näillä arvoilla luotiin rajoitetun budjetin kunnossapitosuunnitelma perustoimenpiteenä tasausmassa + lasikuituverkko + AB 11/120. Yksikköhintana käytettiin viime vuoden hintaa (9,0 €/m<sup>2</sup>) lisättyä 15 % kustannusnousua ja 10 % lisäkustannukset kaivoista, reunakivistä, kivetyksistä yms. aiheutuen. Budjettirajoituksen ollessa 500 000 euroa, päällystysohjelman pituudeksi tuli 12,5 kilometriä (kuva 17). Koh-

teet priorisoitiin ottamalla keskiarvo rajoittamattomassa ohjelmassa olevista segmenteistä kullekin tieosalle erikseen ja valikoimalla keskiarvoltaan huonoimmassa kunnossa olevat osuudet.



*Kuva 18. Sinisellä merkitty rajoittamattoman budjetin ja punaisella rajoitetun ohjelman kohteet Pirkanmaan ELY:n alueella.*

Kiireellistä paikkausta vaativa hoito-ohjelma luotiin valikoimalla rajoitetun päällystysohjelman ulkopuolisesta verkosta kohteet, joissa ylittyivät taulukon 18 raja-arvot. Koska käytetyn konenäkömallin antamat arvot ovat yksittäisten segmenttien vaurioiden suhteellisia maksimiprosentteja tien leveydestä, reikien lukumäärä ja leveiden halkeamien pituus arvioitiin. Yksittäisen reiän leveydeksi (läpimitaksi) arvioitiin 20 cm. Konenäön tulos jaettiin sadalla, kerrottiin päällysteen leveydellä ja reiän oletusleveydellä. Reikien paikkausten yksikkökustannuksena käytettiin 30 euroa. Leveiden halkeamien osalta oletuksena oli maksimissaan 3 rinnakkain samalla segmentillä halkeaman ollessa koko segmentin pituus. Täten yhden segmentin halkeamien kokonaispituus on 30 metriä. Yksikköhintana halkeaman valupaikkaukselle käytettiin 3,5 euroa per metri.

*Taulukko 18. Hoito-ohjelman raja-arvot.*

KUNTOMUUTTUJA	RAJA-ARVO
LEVEÄ PITUUSHALKEAMA	5
ISO REIKÄ	5
KESKIKOKOINEN REIKÄ	5



Tuloksena saatiin 26 700 euron kustannusarvio reikien paikkaukselle ja 70 000 euron kustannusarvio halkeamien paikkauksille, yhteensä 96 700 euroa. Päälystysohjelman ulkopuoliset korjattavat 10 metrin segmentit, joissa esiintyy vakavia vaurioita on esitetty kartalla punaisella symbolilla (kuva 19).



Kuva 19. Budjettirajoitteinen päälystysohjelma (keltainen) ja yksittäiset kunnossapitokohteet päälystysohjelman ulkopuolella.

## 7.2 Vertailu kunnossapitotarveinventointiin

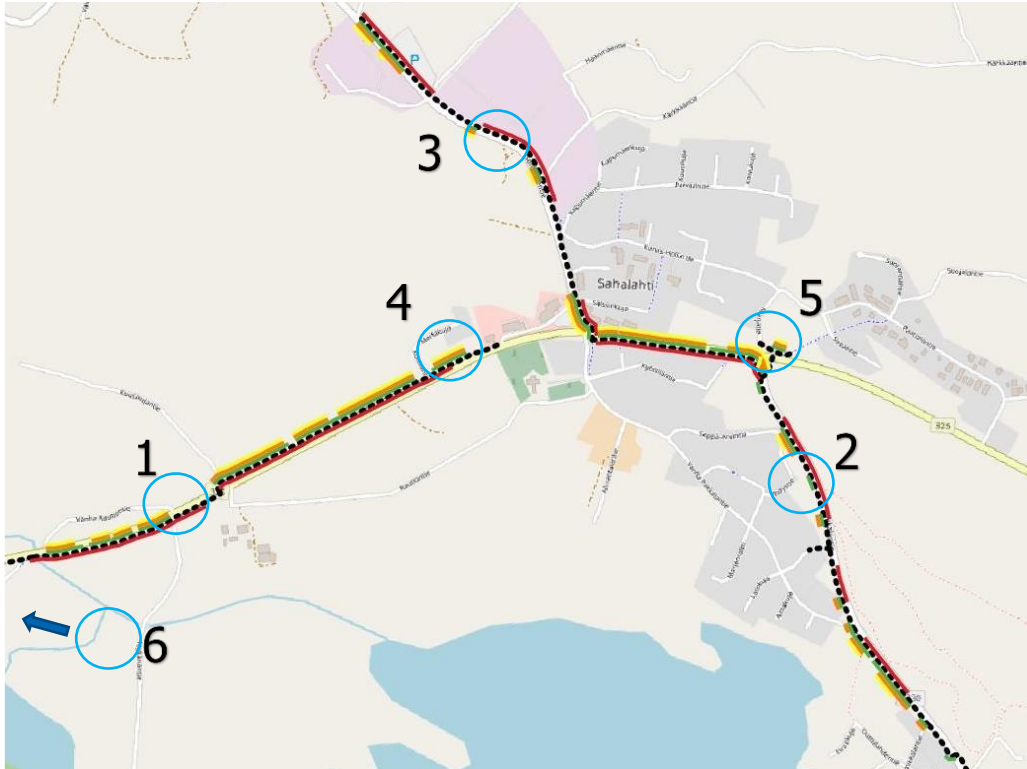
Kolmen päälystysohjelman pituudet on esitetty taulukossa 19. Liitteessä 4 on esitetty ohjelmien pituudet teittäin kuntoindeksi raja-arvoilla 60 % sekä kunnossapitotarve inventointien perusteella. Täysin ehjän päälysteen kuntoindeksi on 100 % ja täysin vaurioituneen 0 %.

Taulukko 19. Kunnossapito-ohjelmien pituudet eri menetelmillä.

PÄÄLYSTYSOHJELMA	PITUUS (KM)
ELY-KESKUKSEN INVENTOINNIT	52,3
KONENÄKÖMALLI KUNTOINDEKSIN RAJA-ARVOLLA 40 % (10 METRIN MINIMIPITUUDELLA)	39,2
KONENÄKÖMALLI KUNTOINDEKSIN RAJA-ARVOLLA 50 % (10 METRIN MINIMIPITUUDELLA)	53,9
KONENÄKÖMALLI KUNTOINDEKSIN RAJA-ARVOLLA 60 % (10 METRIN MINIMIPITUUDELLA)	74,4
KONENÄKÖMALLI KUNTOINDEKSIN RAJA-ARVOLLA 60 % JA 20 METRIN MINIMIPITUUKSILLA	51,8



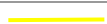


Saatuja kunnossapito-ohjelmia ja budjetteja verrattiin nykyiseen kunnossapidon tarveinventointiin.

Seuraavassa kartassa ja siihen liittyvissä kuvakaappauksissa kerrotaan esimerkkihavaintoja (numeroituna 1–6), ELY:n kunnossapitotarve-inventoinnin ja RoadAI:n antamien päällystyskohteiden tyypillisistä eroavaisuuksista. Vertailu on tehty samoille kohteille, kuin missä kontrollimittaukset tehtiin. RoadAI:n kunnossapito-ohjelmat on tehty 40 %, 50 % ja 60 % kuntoindeksi raja-arvoilla sekä 20 metrin minimisegmenteillä. Mukaan ei tule tieosien lopussa olevia alle 20-metrin kohteita. Budjetti on rajoittamaton, eli priorisointia ei ole vielä tehty.



Kuva 20. ELY:n kunnossapitotarve-inventointi verrattuna RoadAI-päällystys-ohjelmiin eri kunto-indeksin raja-arvoilla.

Taulukko 20. Kartan (kuva 20) selitteet.

Janan väri	Selite	Kartta-esitys
	ELY:n kunnossapito-tarveinventoinnit	
	Konenäkömalli kun-toindeksin raja-arvolla 40	
	Konenäkömalli kun-toindeksin raja-arvolla 50	
	Konenäkömalli kun-toindeksin raja-arvolla 60	

Kohdassa 1 (Tie 70325 / Tieosa 409 / etäisyys n. 6 640 m) huonokuntoinen päällyste vaihtuu hieman parempaan liittymän jälkeen, jäljellä on vain kohtalaista pituushalkeamaa reunoissa, sekä ajoittain kapeita poikkihalkeamia. Inventointien perusteella on todettu kunnossapidon tarve, RoadAI:n datan perusteella ei aiheuta

uudelleenpäällystystarvetta. Nykyiset yhdistelysäännöt sekä inventointitapa näyttäisi ottavan pidempiä osuuksia päällystykseseen, kuin on tarpeen.



*Kuva 21. Kohta 1 vertailu.*

Kohdassa 2 (Tie 70230 / Tieosa 491 / etäisyys n. 770 m) kohteella on paikoin runsaastikin kapeaa ja kohtalaista pituushalkeamaa ja inventoinnin perustella kohde olisi menossa pitkältä matkalta päällystykseseen. RoadAI-data jättäisi osuuksia pois päällystyksestä, jotka katsotaan kunnan puolesta tyydyttäväksi, ja joille riittänee esimerkiksi pelkkä halkeamien valupaikkaus.



*Kuva 22. Kohta 2 vertailu.*

Kohdassa 3 (Tie 84011 / Tieosa 401 / etäisyys n. 550 m) RoadAI on poiminut päällystettäväksi vain kohdat, joissa on leveää pituushalkeamaa. Kohde, joka on inventoitu kunnossapidettäväksi, on pitkältä matkalta enimmäkseen hyvin lievillä vaurioilla (kapeaa tai kohtalaista pituushalkeamaa), ja nähtävästi pahimmat kohdat on jo kunnostettu viimeisen inventoinnin jälkeen. Tieto on tältä osin siis vanhentunutta tietokannassa ja häiritsee kunnossapidon suunnittelua.



*Kuva 23. Kohde 3 vertailu.*

Kohdassa 4 (Tie 70325 / Tieosa 461 / etäisyys n. 720 m) inventointi kunnossapidon tarpeesta näyttäisi loppuvan liian aikaisin. RoadAI:n mukaan kuntoindeksi on alle 40 %. Osuudella on useita rinnakkaisia leveitä pituushalkeamia. Syy kohteen valitsematta jättämiseen on tuntematon.



*Kuva 24. Kohde 4 vertailu.*

Kohdassa 5 (Tie 70325 / Tieosa 465 / etäisyys n. 50 m) kunnossapitoinventointi näyttää jättäneen lyhyet tieosat pois inventoinnista, mutta RoadAI:n mukaan tässä kohdassa on selkeä uudelleenpäällystystarve. Myös muualla on havaittavissa, että lyhyet, erittäin huonokuntoisetkin osuudet, jäävät huomiotta. Tämä johtuu nykyisistä yhdistelysäännöistä ja minimipituudesta (100 m), mutta toisaalta mahdollisesti nykyisen menetelmän "suurpiirteisyydestä" eli lyhyimpiä kohteita ei välttämättä inventoida. Tässä mielessä RoadAI-menetelmä on herkempi löytämään yksittäiset, vaarallisetkin, vauriokohdat.



Kuva 25. Kohta 5 vertailu.

Kohdassa 6 (Tie 70325 / Tieosa 409 / etäisyys n. 3 890 m) inventoinnissa jää usein lyhyitä, mutta kunnostettavia kohteita (20 m segmenttejä) pois. Konenäkömalli nostaa herkemmin esiin kohteet, joita inventoitaessa ei välttämättä noteerata maastossa, tai jos kerätäänkin, niin yhdistely ja minimipituussäännöt leikkaa tällaiset kohteet pois. Konenäkömalli ei toisaalta ota kantaa siihen, missä kohtaa väylää esimerkiksi leveää pituushalkeama kulkee. Usein se voi olla hyvin lähellä päällysteen reunaa, jolloin se ei tienkäyttäjän näkökulmasta ole niin merkitsevä, kuin keskellä väylää kulkeva halkeama. Siitä huolimatta kohde saattaa nousta päällystyskohteeksi.



Kuva 26. Kohde 6 vertailu.

## 7.3 Yhteenveto ohjelmoinnista

- RoadAI:n datalla saadaan tarkempi paikannus päällystyskohteille ja selville kunnan puolesta kriittiset osuudet tien käyttäjille.
- Yhdistelysääntöjä parantamalla päästään ohjelmaan, joka saattaa olla taloudellisesti järkevämpää toteuttaa. Yhdistelysääntöjä parannellaan jatkoprojektissa.
- Ohjelmoinnissa erotettiin päällystyskohteet ja hoitotoimenpiteet, joista päällystyskohteet valittiin ensin. Ohjelmoinnilla voidaan vaikuttaa siihen, että hoitoa ei kohdistu osuuksille, joihin on tulossa lähiaikoina päällystys.
- Suunnittelun systemaattisuus paranee, jos joka vuosi on käytettävissä uutta ajantasaista kuntodataa. Tällöin usean tulevan vuoden päällystysohjelmaa voidaan tarkentaa (keväisin) uudella kuntodatalla.

- Priorisointia varten pitäisi olla tietoa käyttäjämääräpotentiaalista, sekä kunnossapitoluokista (K1, K2, L).
- Alustavan kunnossapito-ohjelman perusteella näyttäisi, että uudelleenpäilystämisen korjausvelkaa on jopa nelinkertainen määrä olemassa olevaan budjettiin nähden.

## 8 Tiekartta

### 8.1 Tiedon ajantasaisuus ja mittaussykli

Kunnossapitotarveinventoinneissa, jotka tehdään nykyisin neljän vuoden kierrolla, oli löydettävissä monin paikoin vanhentunutta tietoa, joka voi häiritä kunnossapidon suunnittelua. Kohteita oli inventoinnin jälkeen päällystetty tai yksittäisiä vaurioita oli korjattu. Toteutuneet päällystykset palautuvat pääsääntöisesti tiedoksi tietokantaan ja päivittävät omalta osaltaan kuntodataa, mutta yksittäisten reikien ja halkeamien paikkaukset eivät aina välttämättä tallennu automaattisesti ja tarkasti. Tämän vuoksi tiheämpi mittauskierto auttaa myös tämän tiedon päivittymisessä.

Joukkoistaminen mahdollistaa nopean ja edullisen kuntotiedon päivittymisen. Mittauskierroksi suositellaankin vähintään yksi kerta vuodessa. Mittaus tehtäisiin mielellään keväällä, kun päällystevauriot ovat talven jälkeen pahimmillaan. Tällä datalla voidaan päivittää vielä tulevan kesän ja tulevien vuosien kunnossapito-ohjelmaa. Ennen mittausa väylät pitää olla kuitenkin harjattu hiekoituksesta, koska hiekoitus voi toisinaan häiritä konenäkötkintaa.

Harkintaan voisi ottaa myös syysmittaukset, ennen lehtikelejä, jolloin kesän aikana tehdyt kunnossapitotoimenpiteiden aiheuttamat muutokset kuntodatassa päivittyisivät tietokantaan ja mahdollistaisivat ajantasaisemman pohjan seuraavan vuoden kunnossapitosuunnitelmalle. Kaksi mittauskierrosta vuodessa olisi myös kilometrihinnaltaan edullisempi, koska mahdollinen vuosilisenssimaksu menisi vain yhden kerran.

Joukkoistamisen näkökulmasta, paras ajankohta mittauksille saattaa olla kuitenkin heinäkuu, lomakauden aikaan, jolloin on helpompaa rekrytoida pyöräilijöitä mittaus-tempauksiin. Toisaalta joukkoistamisen toimiessa parhaimmillaan, kokonainen ELY-alueen kävely- ja pyöräilyväylien verkko saadaan mitattua yhden, aurinkoisen, viikonlopun aikana esimerkiksi huhtikuussa.

Kuntotietojen luonnollisin tallennuspaikka on Väyläviraston Velho -järjestelmä, jossa tässä raportissa ehdotetut kuntoindeksi ja minimipituusmallit on ohjelmoitu mukaan.

### 8.2 Tunnusluvut (Key Performance Indicators)

Kävely- ja pyöräilyväylien kuntoa voidaan seurata vuosittain erityisillä tunnusluvuilla. Seuraavassa ehdotuksia seurattavaksi tunnusluvuiksi:

- 1) erittäin huonokuntoisten ja huonokuntoisten segmenttien määrä (20 m / kuntoindeksi alle 60 %)
- 2) segmenttien lukumäärä (20 m) joissa käyttäjän kannalta vaarallisia vaurioita
- 3) käyttäjämäärien nousu suhteessa käyttäjäpotentiaaliin.

## 8.3 Johtopäätökset

Kävely- ja pyöräilyväylien kunnossapidon optimoinnissa ei ole käytössä yhtä selvää metodologiaa kuin autoteiden osalta, jossa HDM-4-metodologian mukaan pyritään minimoimaan sekä väylänpitäjän että tienkäyttäjien kustannusten summaa. Tässä mallissa on todistetusti löydetty riippuvuus tien epätasaisuuden ja tienkäyttäjien kustannusten välillä. Pyöräilijöiden osalta puolestaan vastaavia malleja ei ole otettu käyttöön. Näin ollen ei tiedetä, kuinka paljon pyöräteiden pintakunnon heikkeneminen lisää onnettomuuksia sekä pyörien huoltokustannuksia ja toisaalta hidastaa pyöräilyvauhtia, joka olisi muutettavissa aikakustannuksiksi.

Optimoinnin kohteeksi voitaisiin kokonaiskustannusten sijaan ottaa vaikka pelkästään väylänpitäjän kustannukset säilyttäen tietty palvelutaso teiden käyttäjille. Mikäli yksittäisen pyörätien pitkän aikavälin kunnossapitokustannuksia minimoidaan väylänpitäjän näkökulmasta, olisi tärkeää tietää pyöräteiden rappeutumismallit, jotta tiettyihin vaurioihin voitaisiin puuttua oikealla ajanhetkellä. Hypoteesin mukaan halkeamat mahdollistavat veden pääsyn rakenteisiin ja reikien syntymisen, joka voitaisiin ehkäistä ennakoivalla kunnossapidolla juottamalla halkeamat kiinni niiden alkuvaiheessa. Ei ole kuitenkaan tiedossa, kuinka paljon tämä hidastaisi vaurioitumista ja olisiko tämä kustannustehokasta kunnossapitoa.

Koska varsinaisia rappeutumis- ja optimointimalleja ei vielä ole olemassa, on yksinkertaisempaa pitäytyä käytännönläheisemmässä näkökulmassa, missä päällystysohjelma luodaan useista eri tavalla painotetuista vauriotyypeistä koostuvan kuntoindeksin (vauriosumman) avulla ja jäljelle jääviin kohteisiin tehdään hoitokunnossapitoa, joka sisältää ennen kaikkea teiden käyttäjien turvallisuusnäkökulman (isot reiät, leveät halkeamat). Hoitokunnossapito voi sisältää myös ennakoivan kunnossapidon töitä (kapeat halkeamat, verkkohalkeamat). Tällöin voidaan taata haluttu pintakunnon laatutaso tienkäyttäjille.

Tutkimuksen kohteena olevan pyörätieverkon päällystyksen korjausvelka oli noin viisinkertainen budjettirajoitteeseen nähden. Näin ollen ensimmäisen vuoden päällystysohjelman ulkopuolelle jäi runsaastikin erittäin huonokuntoisia kohteita, joille valikoitui hoitokunnossapitoa, kuten reikien ja leveiden halkeamien paikkauksia. Näitä toimenpiteitä ei kuitenkaan välttämättä aina kannata taloudellisessa mielessä tehdä, jos kyseinen segmentti on seuraavien vuosien päällystysohjelmassa. Tällöin vaihtoehtoina on muuttaa priorisointisääntöjä, jotta vaarallisia vaurioita sisältävät kohteet tulisivat mukaan ensimmäisen vuoden päällystysohjelmaan, budjetin lisääminen päällystykseen tai hoidon laiminlyönti, mikäli kohde on seuraavana vuonna päällystykseen.

Päällystysohjelmiin valittavien kohteiden osalta yksi lähestymistapa voisi olla päättää etukäteen kuntoindeksin eri vauriotyyppien painoarvojen lisäksi prosenttiosuus koko väylän pituudesta, jotka tulisivat päällystysohjelmaan ja määritellä kuntoindeksin raja-arvo siten, että haluttuun prosenttimäärään koko väylästä pituudesta päästään. Tällainen malli sopisi tilanteeseen, jossa halutaan pitää päällystysbudjetti melko tasaisena vuodesta toiseen.

Itse päällystyskohteiden valinta on sikäli monimutkainen ongelma, että teoreettisesti ei mitään päällystyksen minimipituuksia ole muutoin kuin töiden tekemisen



kustannusmallinnusten kautta.<sup>39</sup> Käytännössä on kuitenkin useimmiten järkevää päällystää kahden huonokuntoisen segmentin väliin jäävä kohtalaisessa kunnossa oleva segmentti, jos sen pituus on lyhyt. Lyhyelle segmentille ja kohtalaiselle kunnonlelle ei ole kuitenkaan raja-arvoa, jolla päällystäminen vielä kannattaisi. Teoreettisesti tämä tulisi määritellä rappeutumismallien avulla, joiden perusteella voitaisiin ennustaa, kuinka monen vuoden kuluttua segmentin kunto heikkenisi uudelleen päällystettäväksi. Tässä työssä kokeiltiin 20 metrin minimipituutta ja kuntoindeksin raja-arvoa, jolloin yksittäiset 10 metrin jäivät pois, mutta toisaalta jäi kohteita, joissa kahden päällystyskohteen väliin jäi melko lyhyt hoitoa vaativa väli. Tällaisten yhdistelyyn voitaisiin soveltaa uusia raja-arvoja siten, että jos kahden päällystyskohteen väli on 10–50 metriä ja näiden kuntoindeksin keskiarvo on alle 60–80 %, kohde valitaan mukaan päällystykseen.

Päällystyskohteiden priorisoinnissa voitaisiin käyttää samaa hoitoluokkakajakoja, kuin talvikunnossapidossa on määritelty kävely- ja pyöräilyväylille; hoitoluokat K1, K2 ja L (Laatukäytävät)<sup>40</sup>. Tähän voitaisiin lisäksi yhdistää paikkatieto väestöpohjasta (potentiaalisin käyttäjäkunta), koulujen ja muiden kriittisten palvelujen sijainti.

Uudistetun kuntomittauksen sekä pyöräteiden kunnossapidon ohjelmoinnin käyttöönottoon on hahmoteltu taulukon 21 mukaiset työvaiheet

*Taulukko 21. Työvaiheet kunnossapidon ohjelmoinnin käyttöönottoon.*

<b>Työvaihe</b>	<b>Aikataulu</b>
Kerättävien kuntomuuttujien valinta ja painotus	2022
Mittaustiheyden valinta	2022
Kuntoindeksin päättäminen (eri kunnossapitoluokille)	2022
Kunnossapidon suunnittelun periaatteista päättäminen	2022
Kunnossapidon ohjelmoinnin automatisoinnin kaavoista päättäminen	2022
Selvitys ja mahdollinen tietojärjestelmämuutos tiedon tallentamiseksi	2022–2023
Selvitys mahdollisesta tietojärjestelmämuutoksesta tai uuden hankkimisesta liittyen pyöräteiden kunnossapidon suunnitteluun	2022–2023
Tarjouspyyntöasiakirjojen luonti	2022
Pilottikohteen kilpailutus	2023
Kilpailutettu pyöräteiden kuntomittauspilotti	2023
Toimintalinjat ELY-keskuksille uuden toimintamallin käyttöönottoon	2022–2023
Valtakunnallinen kilpailutus ja käyttöönotto	2024

<sup>39</sup> Sirvio, Konsta. Advances in predictive maintenance planning of roads by empirical models. Aalto University publication series DOCTORAL DISSERTATIONS, 166/2017. Department of Computer Science, Aalto University, Finland, 2017. [https://www.researchgate.net/publication/319998419\\_Advances\\_in\\_predictive\\_maintenance\\_planning\\_of\\_roads\\_by\\_empirical\\_models](https://www.researchgate.net/publication/319998419_Advances_in_predictive_maintenance_planning_of_roads_by_empirical_models)

<sup>40</sup> <https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/talvihoito>

## 9 Jatkotyöehdotuksia

Projektin aikana päästiin kävely- ja pyöräilyväylien kunnossapidon hallinnan ratkaisuun pääperiaatteissaan. Moni tekijä ja muuttuja kaipaisi kuitenkin syvempää analyysia ja tutkimista. Tärkeää olisi myös uusia vuoden 2021 kuntomittaukset. Tällä tavoin testataan sekä joukkoistamisen toistettavuutta että ensimmäisen vuoden virheiden ratkaisumallia, sekä saadaan kahden peräkkäisen vuoden trendi kuntomittauksista.

Kokonaispalvelutaso koostuu monesta muustakin tekijästä kuin pelkästään päällysteen kunnosta. Käyttäjäkyselyssä näitä tekijöitä oli arvioitu ja niiden mukaan tuominen olisi kokeilemisen arvoinen asia. Kohteiden priorisointiin voitaisiin päällystevaurioiden lisäksi tuoda mukaan arviot käyttäjämäärästä, eri hoitoluokat sekä väylän varrella sijaitsevat kriittiset palvelut, kuten koulut, terveydenhuolto, hoitokodit yms.

Kohteiden minimipituus on nyt 20 metriä. Eri yhdistelysäännöt ja logiikka väliin jääneiden kohteiden mukaan ottamisessa pidemmän aikavälin kunnossapito-ohjelmaa suunniteltaessa olisi selvitettävä. Päällystyskohteista on tärkeää muodostaa järkeviä työkokonaisuuksia. Myös kuntoindeksin muodostus ja vaurioiden painotus voisi tarkentua toisen vuoden mittauksilla.

Taulukossa 22 on koostettu aihioita jatkotöiksi.

*Taulukko 22. Jatkotyöehdotuksia.*

Tehtävä	Vaiheet
<b>Palvelutasoindeksin kehittäminen</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mahdollisten tietoaineistojen kartoitus</li> <li>2. Palvelutasoindeksin laskenta Pirkanmaan ELY:n pyöriteille, kuntoindeksi erikseen, ELY-jen merkitsevyysluokitukset</li> </ol>
<b>Kohteiden priorisoinnin tarkentaminen</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Priorisointitekijöiden kartoitus, tietojen saataavuus, kompromissi mitä voidaan implementoida</li> <li>2. Kunnossapitoluokat (K1, K2, L)</li> <li>3. Tietoaineistojen kartoitus (Väestötiedot, koulut, muut kriittiset palvelut...)</li> <li>4. Kunnossapidon ohjelmointi käyttäen priorisointiaineistoa (Hyvä väyläomaisuuden hallinta, Tiehallinnon selvityksiä 39/2006)</li> </ol>
<b>Ohjelmoinnin yhdistelmäsäännöt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Toisiaan lähellä olevien päällystyskohteiden yhdistely eri pituuksien ja kuntoindeksien raja-arvoilla (1 step closer: Quick and easy, 10 m – &gt; 100m)</li> <li>2. Eri yhdistelmäsääntöjen vaikutusten arviointi</li> </ol>
<b>Kuntoindeksin jatkokehitys</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uusintamittaukset PIR ELY heinäkuussa</li> <li>2. Kuntomuuttujien painotusten herkkyystarkastelua (vaikutukset päällystyskohteisiin)</li> <li>3. Mittaustulosten vertailu kuntoindeksin ja keskeisten kuntomuuttujien osalta eri segmenttien pituuksilla</li> <li>4. Arvio rappeutumismallin luomisesta ja luotettavuudesta käyttäen konenäkömallin kuntomuuttujia eri segmenttipituuksilla</li> </ol>

## Lähdeluettelo

- /1/ Väyläviraston tilinpäätös 2020, Väyläviraston julkaisuja 10/2021
- /2/ Väyläviraston ohjeita 27/2019, Päällysteiden paikkaus
- /3/ Väylävirasto 2021 (www.vayla.fi)
- /4/ Bach, H. (2006). Urban Design and Traffic: a Selection from Bach's Toolbox. CROW, Ede.
- /5/ Arellana, J.; Saltaín, M.; Larrañaga, A.M.; González, V.I. & Henao, C.A. Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. Transportation Research Part A: Policy and Practice. Volume 139, September 2020, Pages 310-334.
- /6/ Davis, W.J. Bicycle Safety Evaluation. Auburn University, Chattanooga, TN, 1987.
- /7/ Figliozzi, M., and Blanc, B. (2015). Evaluating the Use of Crowdsourcing as a Data Collection Method for Bicycle Performance Measures and Identification of Facility Improvement Needs. Report FHWA-OR- RD-16-04.
- /8/ Francke, A. & Lißner, S. Big Data in Bicycle Traffic. A user-oriented guide to the use of smartphone-generated bicycle traffic data. Technische Universität Dresden, Chair of Transport Ecology and Chair of Traffic and Transportation Psychology. Dresden, November 2017.
- /9/ Niska, A. & Sjögren, L. (2014). Mobilapp för mätning av cykelvägars ojämnheter: En studie av möjligheterna (VTI rapport, 839). Linköping: VTI.
- /10/ Nuñez, J.Y.M.; Bisconsini, D.R. & da Silva, A.N.R. Combining environmental quality assessment of bicycle infrastructures with vertical acceleration measurements. Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 137, 2020, Pp. 447-458.
- /11/ Niska, A. Sjögren, L. & Gustafsson, M. (2011). Jämnhetsmätning på cykelvägar: Utveckling och test av metod för att bedöma cyklister åkkvalitet baserat på cykelvägens längsprofil (VTI rapport, 699). Linköping: VTI.
- /12/ Corazza, M.V.; Mascio, P. & Moretti, L. Managing sidewalk pavement maintenance: A case study to increase pedestrian safety. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), Volume 3, Issue 3, 2016, Pp. 203-214
- /13/ El Esawey, M. Toward a Better Estimation of the Annual Average Daily Bicycle Traffic: A Comparison of Different Methods for Calculating Daily Adjustment Factors. In Transportation Research Record, No. 2593, pp. 28-36, 2016.
- /14/ Christopher Michael Hussey. Assessing the Level of Bicycle Planning in Local Planning Efforts: A Case Study. Community and Regional Planning Program. University of Nebraska - Lincoln. Spring 5-2012
- /15/ Figliozzi, M., and Blanc, B. (2015). Evaluating the Use of Crowdsourcing as a Data Collection Method for Bicycle Performance Measures and Identification of Facility Improvement Needs. Report FHWA-OR- RD-16-04.

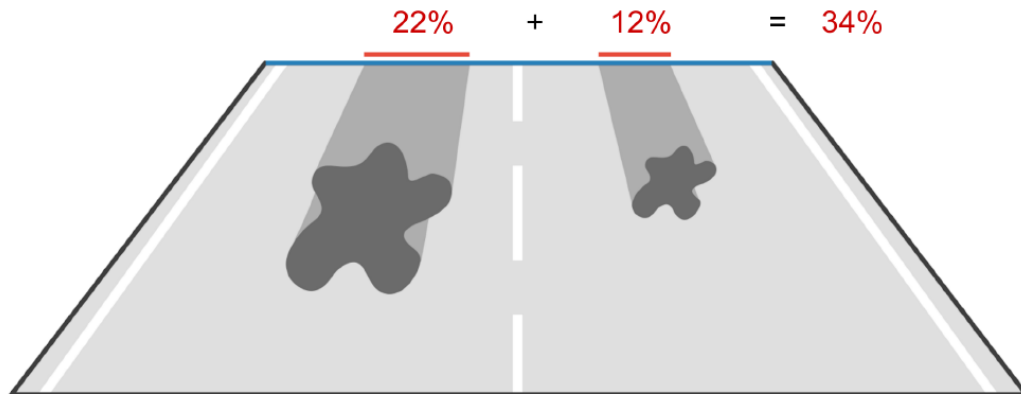
- 
- /16/ W.D. Cottrell, S. Bryan, B.R. Chilukuri, et al. Transportation infrastructure maintenance management: case study of a small urban city. *Journal of Infrastructure Systems*, 15 (2)(2009), pp. 120-132.
- /17/ Gharaibeh, N., Wilson, C., Darter, Michael, Jones, G., 1998. Development of a bike path management system for the University of Illinois at Urbana-Champaign. *Transp. Res. Record, J. Transp. Res. Board* 1636, 53–63.
- /18/ Feras Mohammad El Said. Road Management Systems to Support Bicycling: A Case Study of Montreal's Bike Network. A Thesis In the Department of Building, Civil and Environmental Engineering. Concordia University. Montreal, Quebec, Canada. June, 2018.
- /19/ Sirvio, Konsta. Advances in predictive maintenance planning of roads by empirical models. Aalto University publication series DOCTORAL DISSERTATIONS, 166/2017. Department of Computer Science, Aalto University, Finland, 2017.  
[https://www.researchgate.net/publication/319998419\\_Advances\\_in\\_predictive\\_maintenance\\_planning\\_of\\_roads\\_by\\_empirical\\_models](https://www.researchgate.net/publication/319998419_Advances_in_predictive_maintenance_planning_of_roads_by_empirical_models)
- /20/ Trafikverket. Trafikverkets underhållsplan 2021-2024. Trafikverket publikationsnummer 2021:081. Ruotsi. Maaliskuu 2021.
- /21/ Trafikverket, Sveriges Kommuner och Landting: GCM-Handbook, Utforming, drift och underhåll med gång-, cykel- och mopedtrafik i fokus, Ruotsi. 2020.
- /22/ Handlingsplan för cykel 2021. Göteborgin kaupungin toimintasuunnitelma pyöräilyväylille 2021 ([www.goteborg.se](http://www.goteborg.se))

# Vaisala Oy:n RoadAI-vauriosummakaava

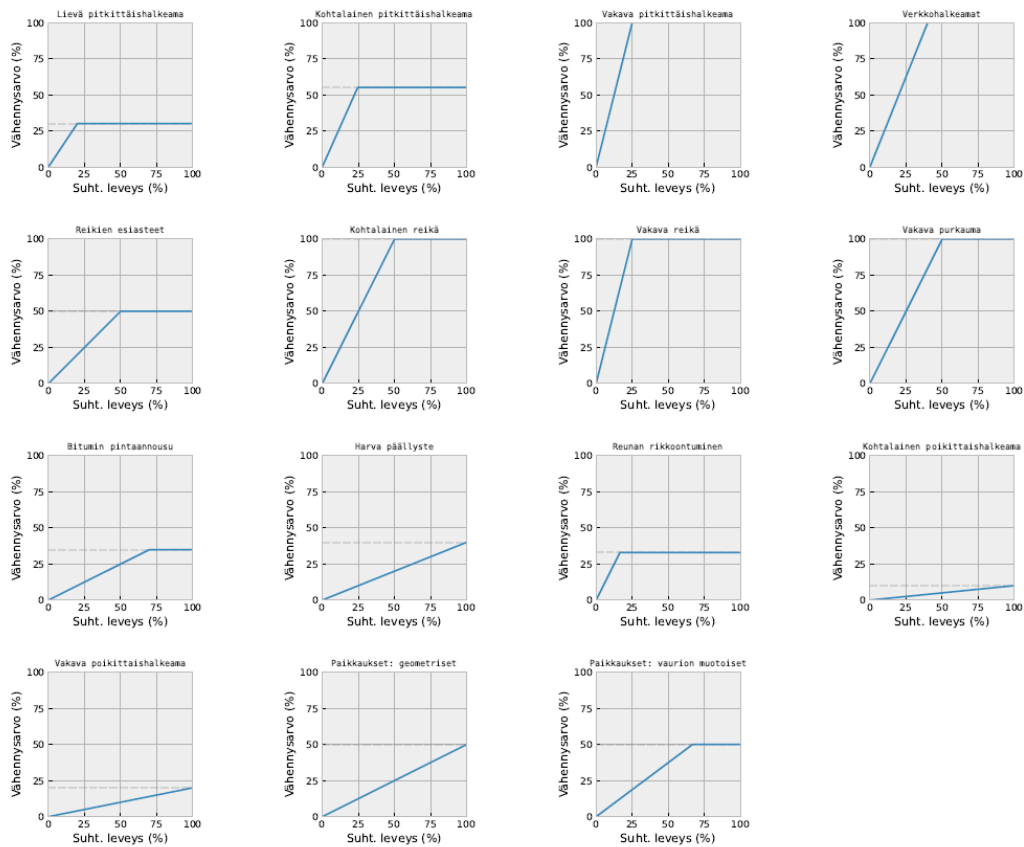
## Päällystekunto-arvo

Päällystekunto-arvo ilmaisee päällysteen yleistä kuntoa. Arvo 100 % ilmaisee parasta mahdollista kuntoa ja 0 % huonointa. Useille erillisille päällystevauriotyypeille lasketaan vähennysarvo, joka pohjautuu niiden vakavuusarvoon. Vaurion vakavuusarvio määritellään niiden sivusuuntaisella leveydellä suhteessa tien leveyteen. Tämä määritelmä on havainnollistettu kuvassa 1. Jokaisella päällystevauriotyypillä on oma funktio, joka määrittelee miten vakavuusarvosta lasketaan vähennysarvo. Nämä funktiot on visualisoitu kuvassa 2. Päällystekunto-arvo lasketaan vähentämällä vähennysarvot alkuarvosta 100%.

Yksittäisessä videon kuvassa on havaittavissa kahta erilaista päällystevauriota: bitumin pintaannousua ja reikiä. Bituminpintaannousun suhteellinen yhteenlaskettu leveys on 40 % ja reikien 10 %. Käyttämällä kuvassa 2 esitettyjä funktioita, vastaavat vähennysarvot näille vaurioille olisivat 20 % ja 40 %. Tälle kuvalle päällystekuntoarvo olisi  $100 \% - (20 \% + 40 \%) = 40 \%$ .



*Kuva 1. Kaksi harmaata läiskää kuvaavat päällystevaurioita, jotka ovat samaa tyyppiä. Päällystevaurion vakavuusarvo on määritetty sen yhteenlasketuksi leveydeksi suhteutettuna tien leveyteen.*



Kuva 2. Funktiot, jotka laskevat vähennysarvot vakavuusarvon perusteella kaikille niille päällystevauriotyypeille, jotka otetaan huomioon päällystekunto-arvon laskennassa.

## Kooste käyttäjäkyselyn kommenteista

<b>Teema</b>	<b>Avoimet kommentit</b>
<i>Talvikunnossapito</i>	<p>Mitä vähemmän sepeliä sen parempi, mieluiten ei ollenkaan. Nastat sitten alle jos on liukasta, sepelistä on vain haittaa, sillä se on täysin ennalta-arvaamaton pinta toisin kuin lumi tai jää nastarenkaan alla.</p> <p>Talvipyöräilyssä olen huomannut suolauksesta olevan enemmän haittaa kuin hyötyä.</p> <p>Suolausta ei tulisi harjoittaa. Nastarenkaat on sitä varten. Suola pilaa voimansiirron ja pyörän todella nopeasti. Kokemusta on.</p> <p>Suolauksesta: Kuitenkin pitää päästä kotoa sille suolatulle baanalle (vain hyvin pieni osa potentiaalisista käyttäjistä voi asua jonkin korkean hoitovuokran väylän lähellä) joten nastoja tarvitsee kuitenkin. Hyvä auraus riittää.</p>
<i>Reittien jatkuvuus</i>	<p>Epäjatkuvuuskohtia on nykyään paljon, pyörätie muuttuu äkillisesti jalkakäytäväksi tai vaihtaa puolta, tai esim. suuremman ja pienemmän kadun risteyksessä on siirryttävä kävely- ja pyöräilyväyliltä ajoradalle tai päinvastoin, mutta tähän ei ole selkeää rakenteellista ohjausta.</p> <p>Yleisesti pyöräteiden suunnittelussa ei ole otettu Suomessa huomioon pyöräilyn jatkuvuutta kohteesta toiseen. Pyörällä ajaminen tuntemattomaan kohteeseen on hankalaa, koska pyöräiteitä ei ole suunniteltu kuten autoteitä, joita pitkin autoilla pääsee kohteeseen yleensä suoraa reittiä.</p> <p>Pyöräteiden jatkuvuus on ylivoimaisesti tärkein asia. Suurimmat vaaratilanteet aiheuttaa paikat, jossa hyvä pyörätie loppuu yhtäkkiä ja muuttuu autotieksi. Oma työmatka kulkee Leppävaarasta Helsingin ydinkeskustaan. Ylivoimaisesti vaarallisin paikka Munkkiniemen Puistotien Huopalahdentien ja Paciuksenkadun risteys. Hyvä baanaa leppävaarasta siihen asti. Yhtäkkiä pyörätie kuitenkin loppuu en suoraan tiedä miten risteys liikennesääntöjen mukaan pitäisi ajaa.</p>
<i>Liikennesuunnittelu</i>	<p>Ylipäättään liikennevalo- ja risteysuunnittelu: kunnolliset odotustilat, vasemmalle kääntyminen pääreiteillä ilman kahden valokierron odottelua, vapaat oikeat, valojen rytmitys, nopeammat valokierrot, painonapeista luopuminen tai vähintään omat napit pyörätien oikeaan reunaan.</p> <p>Selkeä merkintä. Ei koskaan pitäisi miettiä, onko kyseinen väylä pyörätie vai jalkakäytävä.</p> <p>Liikennevalon ohjelmointi, joka ei kiusaa pyöräilijöitä muutamalla sakkopunaisella valolla samassa risteyksessä, jossa autoilijat pääsee läpi yhdellä valolla.</p>
<i>Päällysteen kunto</i>	<p>Päällysteen uusimista tulisi tehdä useammin korkeatasoisella väylällä.</p> <p>Tietöiden jälkien korjaus pitää hoitaa samassa aikataulussa vierisen ajoradan korjauksen kanssa ja tilkkutäkkimäisestä paikauksesta pitäisi päästä eroon.</p>

*Reittien suunnittelu*

Näkemät on tärkeä. Ei saa olla paikkoja joissa pyörätie menee niin rakennuksen vieressä että saa koko ajan pelätä että joku tulee nurkan takaa. Samoin ei saa olla aitoja peittämässä näkyvyyttä risteyksessä, ongelma erityisesti omakotialueilla.

Sellaisille alueille (esim. Albertinkatu, Fredrikinkatu, Annankatu) jossa pyörätietä ei ole, pitäisi jotenkin tehdä pyöräilyä turvallisempaa liikenteen seassa. Mukulakivet + sporakiskot + autot on aika ikävä yhdistelmä.

Yksi- vs kaksisuuntaisuus: yksisuuntainen voi olla kapeampi. Parkkipaikat pyörätien vieressä parempi kuin autoliikenne, mutta aiheuttavat myös potentiaalisia vaaratilanteita jollei välissä ole yhtään tilaa. Bussipysäkit ongelma jos pyörätie liian lähellä. Alusta: asfaltti > hiekka > kivet.

*Valaistus*

Valaistukseen tarvitaan iso parannus etenkin niillä pyöräteillä joiden vieressä on valaistu ajorata. Nykyään tällaisilla väylillä on usein tilanne, että pyöräilijä saapuu esim. risteykseen hämärältä pyörätieltä, mutta ajorata on kirkkaasti valaistu. Autoilija ei välttämättä näe pyöräilijää pyörätiellä kun valaistustason ero on iso

Alikulkujen valaistus (myös päivisin)

*Poikkeusjärjestelyt*

Työmaaajärjestelyt olisivat myös voineet olla kyselyssä mukana, sillä monesti pyörille tehdyt poikkeusjärjestelyt kestävät pitkään ja ovat huonosti toteutettuja (pinnoitteet liian karkeita = kaatumisvaara, jyrkkiä mutkia = kaatumisvaara, vääränlaiset tai puuttuvat ohjausmateriaalit = törmäysvaara, huonot ja liian pienellä olevat opasteet = eksymisvaara, kapeat rännit, yhdistetty kävely ja pyöräily = epämukavuus, törmäysvaara)

Työmaat pitäisi velvoittaa huolehtimaan opasteiden selkeydestä ja pyöräilyn sujuvuudesta.

*Muita*

Mallia voi hakea autoliikenteen palvelutasosta ja sujuvuudesta. Pyöräily on yhtä lailla liikennemuoto jolla käydään kaupassa, töissä ja harrastuksissa. Pyöräliikenteen palvelutaso ja ennen kaikkea reittien jatkuvuus ja sujuvuus on keskimäärin Suomessa aivan kelvottoman heikko verrattuna autoliikenteen reitteihin. Ihminen valitsee helpoimman tavan liikkua. Tämän hektisellä infralla se ei todellakaan ole pyörä.

Kokonaisuuden merkitystä ei voi painottaa liiaksi. Täydellinen pätkä pyörätietä ei ilahduta ketään, jos se ei kiinnity suunniteltoon ja kattavaan kokonaisuuteen. Tärkeintä ei ole täydellisen pyöräväylän rakentaminen, vaan toimivan pyöräverkoston rakentaminen. Tämä tarkoittaa samaa, mitä toimivan autotieverkoston rakentaminen: yhtenäinen kokonaisuus, josta pidetään huolta kesät talvet.



## Kunnossapitosuunnitelmien vertailu

Tiennumero	Konenäkömalli (m)	ELY (m)
70003	1726	1000
70009	439	778
70012	2008	900
70024	1088	1000
70044	1473	1154
70058	2780	6183
70065	828	300
70190	465	500
70230	440	400
70232	20	100
70249	2675	3600
70252	290	200
70259	610	200
70284	500	800
70303	1041	1400
70304	1196	1400
70307	2030	800
70308	60	400
70309	100	200
70310	935	200
70322	0	100
70325	1789	1681
70337	0	100
70338	108	400
70339	1155	694
70347	789	1400
70348	450	200
72505	1204	600
72773	506	100
72774	950	800
72790	162	200
72847	180	400
72851	80	200
73002	430	1100
73003	800	800
73007	50	100
73022	1984	2800
73071	25	565
73230	852	900

---

73291	270	700
73400	541	500
73402	520	900
73413	20	700
82819	531	700
82952	159	263
82960	626	400
82981	410	800
83087	130	300
83113	90	200
83135	650	700
83139	100	200
83332	70	100
83333	403	100
83342	200	100
83693	480	600
83705	40	500
83706	40	200
83720	530	1489
83737	180	100
83781	94	900
83782	250	466
83793	20	300
83941	890	300
83980	99	165
83982	670	900
84011	340	700
84190	0	1200
84191	290	100
84290	310	490
84314	190	1200
84315	0	400
84332	310	500
84336	80	400
70002	17	0
70011	90	0
70056	100	0
70066	50	0
70068	20	0
70130	430	0
70276	60	0
70301	89	0

---

70332	20	0
72310	40	0
72470	80	0
72481	52	0
72501	440	0
72522	140	0
72595	438	0
72622	80	0
72623	20	0
72852	60	0
72992	20	0
73001	40	0
73005	70	0
73006	90	0
73024	350	0
73041	70	0
73044	40	0
73241	30	0
73282	250	0
73358	67	0
82950	90	0
82953	50	0
83125	40	0
83145	20	0
83341	210	0
83695	44	0
83738	20	0
83767	20	0
83798	140	0
83997	70	0
84017	30	0
84337	40	0
84338	310	0
84352	30	0
86979	160	0
93635	70	0



Väylävirasto  
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745  
ISBN 978-952-317-980-6  
[www.vayla.fi](http://www.vayla.fi)