



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu
44/2022

T-OMHA / Liikennemerkkien ja kaiteiden kunnonhallinta

Projektiraportti



Markku Knuuti, Konsta Sirvio, Tiit Kaal

T-OMHA / Liikennemerkkien ja kaiteiden kunnonhallinta

Projektiraportti

Väyläviraston julkaisuja 44/2022

Kannen kuva: Markku Knuuti

Verkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-981-3

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
puh. 0295 343 000

Markku Knuuti, Konsta Sirvio, Tiit Kaal: T-OMHA / Liikennemerkkien ja kaiteiden kunnonhallinta - Projektiraportti. Väylävirasto Helsinki 2022. Väyläviraston julkaisuja 44/2022. 72 sivua ja 1 liite. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-981-3.

Avainsanat: liikennemerkit, kaiteet, kunnonhallinta, kunnon ennustaminen

Tiivistelmä

Väylävirasto hallinnoi tieverkollaan 615 752 liikennemerkkiä (2020). Liikennemerkkejä hallinnoidaan vielä tällä hetkellä Tierekisterissä, jossa on tallennettuna liikennemerkkien perustiedot, ominaisuustiedot sekä kuntoluokka. Väyläviraston hallinnoimia kaiteita on 7 369 km. Myös kaiteita hallinnoidaan vastaavasti Tierekisterissä, mutta kuntoluokan sijaan esitetään vaurioitunut osuus (%). Tierekisteri korvautuu uudella Velho-järjestelmällä lähiaikoina.

Normaalia kulumista liikennemerkeille ja opasteille aiheuttaa muun muassa:

- vesi- ja lumisateet,
- lumiauran lennättämä lumi ja jää,
- tuulen ja liikenteen aiheuttama pölyäminen,
- puhdistustyöt
- auringon UV-säteily.

Ilman törmäyksestä tai ilkivallasta johtuvia vaurioita, voidaan liikennemerkin käyttöä arvioida tyypillisesti 7–15 vuotta. Liikennemerkeille on määritelty viisiporainen kuntoluokitus, jonka perusteella liikennemerkkien kunnostus- ja uusimistarve määritellään.

Liikennemerkkien kunnon ennustamisen lähtökohtana oli kuntoluokituksen aikasarjat. Sopivia aikasarjoja löytyi seuraavista ELY-keskusten hoitourakoista: Vantaa, Orivesi, Lieto ja Kangasala.

Suomen maantieverkolla olevien liikennemerkkien tulevan rahoitustarpeen arvioimiseksi mallien lähtötietoina käytettiin yksittäisen liikennemerkin vaihtamisen kustannusarvio sekä eri kuntoluokissa olevien merkkien lukumäärät.

Liikennemerkeille laadittiin ehdotelma kolmiportaisesta kuntoluokittelusta. Uudessa kuntoluokittelussa merkin iällä ja kalvotyypillä on merkitystä kuntoinventoinnin toteuttamiseen maastossa. Kunnon seuraamiseen aloitetaan vasta joko 7 tai 10 vuotta merkin asentamisen jälkeen. Tätä ennen merkin katsotaan pysyvän hyvässä kunnossa, jonka jälkeen se siirtyy kuntosaa puolesta seurattaviksi.

Liikennemerkkien vaihtotarpeet voidaan arvioida laskemalla Markovin ketjujen siirtotodennäköisyyksien ja alkutilanteen avulla. Raportissa on arvioita merkkien vaihtotarpeesta tulevina vuosina ja niiden kustannusta. Alussa merkkejä tulee enemmän vaihdettavaksi korjausvelan vuoksi.

Suomessa vanhimmat metallikaiteet on asennettu 1970-luvun alussa, ja ne ovat suurimmaksi osaksi edelleen toimintakuntoisia. Kaiteen kuntoa tärkeämmäksi tekijäksi on koettu törmäysturvallisuuden puutteet. Kaiteita onkin uusittu enemmän toimivuuskriteereiden perusteella kuin kunnon vuoksi. Osassa kaiteita on vielä liian jäykkä pylväsrakenteita ja yli 900km kaiteita on jäänyt vuosien saatossa liian mataliksi. Kaiteiden elinkaarta ajatellen ja lähestyvää vaihtotarvetta varten olisi hyvä

selvittää kaiteiden ikä eli asennusvuosi ja sitä kautta arvioida jäljellä olevaa ikää. Arvioitu kaiteen elinkaari on 40–50 vuotta.

Ensisijaista on uudistaa kaiteiden inventoinnin tietomalli siten, että historiatiedot sekä kaiteen asennusvuosi tai mahdollisesti muun teknisen toimenpiteen vuosi säilyvät. Lisäksi olennaista on luoda raja-arvot, missä vaiheessa kaide tulisi uusia fyysisen kunnan perusteella.

Kaiteiden rahoitustarpeen lähtötietoina käytettiin Väyläviraston Tierekisterin lauspalvelusta saatavilla olevia tietoja kaiteiden inventoinneista sekä tieverkon teknisistä toimenpiteistä.

Niiden kaiteiden pituus, joissa tien rakentaminen, suuntauksen parantaminen tai rakenteen parantaminen on datan perusteella tapahtunut yli 40 vuotta sitten, on yli 1 950 kilometriä. Kaiteita, joiden asennusvuosi on tuntematon, on yhteensä 2 389 kilometriä. Nämä kaiteet tulisi olla inventointiohjelmassa mukana.

Arvonalenema kaiteella on hidasta, mutta oletuksena laskelmissa pidetään, että 50 vuoden elinkaaren jälkeen jäännösarvo on nolla. Suomessa ei ole tällä hetkellä käytössä mallia arvonalenemaan. Kansainvälisetkään mallit ei sellaisenaan kelpaa käyttöön, koska Suomessa kaiteet kuuluvat korkeimpaan auraukestävyysluokkaan. Kaiteiden ruostuminen on hidas prosessi, ja voidaan sanoa, että lievästi ruosteinen kaide täyttää edelleen toiminnallisuuskriteerit. Ruosteinen kaidejohde on aluksi lähinnä visuaalinen ongelma.

Liikennemerkkien ennustemallien virhelähteitä voidaan karsia parantamalla inventointitiedon laatua, ottamalla analyysiin suurempi otos dataa, ottamalla käyttöön useampia muuttujia tai käyttämättä uusia ennustemalleja. Tarkempia malleja voidaan käyttää tulevaisuuden rahoitustarpeen arviointiin, vaihdettavien liikennemerkkien arviointiin ja yksittäisten liikennemerkkien kunnan ennustamiseen.

Liikennemerkkien osalta näyttäisi korjausvelkaa kertyneen, sillä 10 % merkeistä on luokiteltu huonokuntoisiksi. Laskettu korjausvelka perustuu nykyiseen kunto-
luokitteluun, joka on varsin kriittinen taulun visuaalisen ulkonäön suhteen. Tienkäyttäjän näkökulma liikennemerkkin kuntoon saattaa olla kuitenkin sallivampi, koska palautetta liikennemerkkien kunnosta tulee vähän.

Edellä mainittujen uusien inventointitietojen sekä kuntoennusteen avulla voidaan hoitourakkaan sisällyttää ennustettu määrä liikennemerkkien vaihtoa jo tarjouskilpailuvaiheessa. Liikennemerkkien hallinta pitäisi tarkemmin ja systemaattisemmin sisällyttää urakkasopimuksiin.

Raportissa laskettiin myös rahoitustarve välittömässä kunnossapidon tarpeessa olevista kaiteista ja liikennemerkeistä ja lopuksi laadittiin ehdotukset projektin jatkosyventymisaiheista.

Markku Knuuti, Konsta Sirvio, Tiit Kaal: T-OMHA / Skickhantering av vägmärken och skyddsräcken - Project rapport. Trafikledsverket. Helsingfors 2022. Trafikledsverkets publikationer 44/2022. 72 sidor och 1 bilaga. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-981-3.

Sammanfattning

Trafikledsverket i Finland ansvarar för 615 752 trafikskyltar i vägnätet (2020). Trafikskyltar hanteras för närvarande i vägregistret, där grundläggande information, funktioner och tillstånd för vägmärken sparas. På samma sätt hanteras 7369 kilometer skyddsräcken längs vägnätet i vägregistret, där procentandelen (%) av det skadade området presenteras i stället för status. Vägregistret kommer snart att integreras i det nya Velho-systemet.

Normalt försämras trafikskyltarna på grund av följande skäl:

- regn- och snöfall
- snö och is som hamnar på skyltarna till följd av vintervägunderhållet
- damm från trafik och vind
- underhållsarbeten (tvätt av skyltarna)
- UV-strålning.

Utan påkörning eller vandalism kan det värdera att livscykeln för en trafikskylt vanligtvis är minst 7–15 år.

Trafikskyltar har för närvarande definierats av fem statuskategorier, som används för att uppskatta behovet av utbyte. Utgångspunkten, för modellering av det framtida underhållsbehovet, var statusinventeringar från tidigare år från följande underhållsentreprenad: Vanda, Orivesi, Lieto och Kangasala.

Uppskattat enhetspris för att byta ett enskilt vägmärke och antal vägmärken som är delad i olika klass enligt kondition användes som grund för olika modeller. Med hjälp av det uppskattades tillräcklig finansieringsnivå för framtiden för att förnya vägmärken på landsvägsnätet (i hela Finland).

En ny trestegsklassificering för trafikskyltarna infördes. I den nya klassificeringen spelar trafikskyltens installationsdag och funktionella egenskaper (ytstruktur) en roll när inventeringarna i fält genomförs. Uppföljningen av tillståndet påbörjas först 7–10 år efter att skylten har installerats. Innan det antas att skylten förblir i gott skick, och först efter det behöver de tillståndsövervakning.

En Markovkedja kan användas för att uppskatta hur många trafikskyltar som behöver bytas ut i framtiden. Rapporten innehåller en uppskattning av mängden skyltar som behöver bytas ut och kostnaden för detta. I början kommer det att behöva bytas fler trafikskyltar på grund av eftersatt underhållsbehov.

I Finland har de äldsta metallräckena installerats i början av 1970-talet, och de flesta av dem fungerar fortfarande. Den största bristen i skyddsräckena är inte det fysiska tillståndet, utan snarare kollisionssäkerheten. Skyddsräcken har bytts ut främst på grund av bristande funktionalitet, snarare än deras fysiska tillstånd. Vissa skyddsräcken har fortfarande pelare som är för styva, och över 900 km skyddsräcken har blivit för låga med åren.

För att uppskatta skyddsräckets återstående livslängd är det viktigt att känna till installationsåret. Den uppskattade livscykeln för ett skyddsräcke är 40–50 år. I första hand bör datamodellen förnyas, så att historisk information, installationsår för skyddsräcket och andra tekniska åtgärder sparas. Dessutom är det viktigt att skapa triggervärden för ett skyddsräcke som bör ändras baserat på dess fysiska tillstånd.

För att uppskatta de framtida investeringsbehoven för skyddsräckena användes information om befintliga inventeringar och tekniska åtgärder av vägnätet. Den totala längden av dessa skyddsräcken, där vägen har byggts, linjeföringen har ändrats eller större underhållsarbeten har utförts för över 40 år sedan, är cirka 1 950 kilometer. Den totala längden av skyddsräcken där installationsåret är okänt är cirka 2 389 kilometer. Alla dessa skyddsräcken bör ingå i fältinventeringarna.

Värdet på vägräckets hållbarhet minskar långsamt. Det finns för närvarande ingen nedskrivningsmodell i Finland. Även internationella modeller är inte lämpliga att använda som sådana, eftersom räcken i Finland tillhör den högsta plogmots-tåndsklassen. Rostning är en långsam process, och det kan ses att ett skyddsräcke med måttlig rost, fortfarande är fullt fungerande. Måttlig rost är bara ett visuellt problem.

Bristerna i trafikskyltens slitageprognosmodell kan minskas genom att kvaliteten på statusinventeringarna förbättrats, större urvalsstorlek på befintlig data, med hänsyn till fler parametrar eller genom att använda nya slitageprognosmodeller. Mer detaljerade modeller kan användas för att med större noggrannhet uppskatta framtida investeringsbehov och mängden trafikskyltar som behöver åtgärdas. Det gör det också möjligt att förutse försämringen av enstaka trafikskyltar.

Det verkar som om det finns ett betydande underhållsbehov i hanteringen av trafikskyltar. Nästan 10 procent av trafikskyltarna klassificeras som i dåligt eller mycket dåligt skick. Beräknat underhåll baseras för närvarande på använd statusklassificering, vilket är ganska kritiskt till trafikskyltens visuella utseende. Det kan dock vara så att trafikanternas uppfattning om trafikskyltarnas status är mer tolerant, eftersom återkoppling relaterad till trafikskyltens skick inte är särskilt vanlig.

Ovan nämns en ny inventeringsmetod och slitageprognosmodell, vilket skulle kunna underlätta möjligheten att inkludera en uppskattning av mängden trafikskyltar i underhållskontrakten. Med andra ord skulle trafikskyltshanteringen kunna integreras mer exakt i underhållskontrakten.

Dessutom beräknas investeringskostnaden för det omedelbara underhållsbehovet för trafikskyltarna och skyddsräckena. I slutet av rapporten sammanfattas förslag till fokusområden för vidare utredning.

Markku Knuuti, Konsta Sirvio, Tiit Kaal: T-OMHA / Condition management of road signs and railings - Project report. Finnish Transport Infrastructure Agency Helsinki 2022. Publications of the FTIA 44/2022. 72 pages and 1 appendix. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-981-3.

Abstract

Finnish Transport Infrastructure Agency (FTIA) manages 615,752 traffic signs in their road network (2020). Traffic signs are currently managed in the road register, where basic information, features and condition class of the traffic signs are saved. Similarly, 7,369 kilometres of guardrails along the road network are managed in the road register, where percentage (%) of the damaged area is presented instead of condition class. The road register will be soon integrated into the new Velho system.

Normally, traffic signs deteriorate due to the following reasons:

- rain- and snow fall
- snow and ice blown by the winter maintenance works
- dust from the traffic and wind
- maintenance works (washing)
- UV-radiation.

Without crash or vandalism occurrence, it can be estimated, that the life-cycle of a traffic sign is typically at least 7–15 years.

Traffic signs have currently been defined by five condition categories, which are used to estimate the need for replacement works. The starting point, for modelling the future condition, was condition class inventories from past years from the following maintenance districts: Vantaa, Orivesi, Lieto and Kangasala.

In order to estimate to needed budget in the future for the traffic signs in FTIA's road network, the basis was the estimated unit price replacing one traffic sign and amount of traffic signs in different road categories.

A new three-step classification for the traffic signs was introduced. In the new classification, traffic sign's installation day and coating type plays a role, when conducting the inventories in the field. Follow up of the condition is started only 7–10 years after the sign has been installed on the road side. Before that, it is assumed, that sign remains in good condition, and only after that they need condition monitoring.

Markov's chains can be used to estimate the amount of traffic signs needing to be changed in the future. The report contains an estimation of the amount of needed changes and their budget. In the beginning, there will be more traffic signs needing to be changed due to the replacement backlog.

In Finland, the oldest metallic guardrails have been installed in the early 1970s, and most of them are still functional. The biggest deficiency in the guard rails is not the physical condition, but rather the collision safety. Guardrails have been

replaced mostly due to the lack of functionality, rather than their physical condition. Some the guardrails still have still pillars that are too rigid, and over 900 km of guardrails have become too low over the years.

In order to estimate the remaining lifetime of the guardrail, it is essential to know the year of installation. The estimated life-cycle of a guardrail is 40–50 years. Primarily, the data model should be renewed, so that historical information, installation year of the guardrail and other technical measures are saved. Furthermore, it is essential to create trigger values for a guardrail should be changed based on its physical condition.

For estimating the future budget needs for the guard rails, information regarding existing inventories and technical measures of the road network was used. The total length of those guardrails, where road has been built, lining has been changed or major rehabilitation has been carried out over 40 years ago, is approximately 1,950 kilometres. The total length of guardrails where installation year is unknown, is approximately 2,389 kilometres. All these guardrails should be included in the field inventories.

The value in a guardrail's asset declines slowly. There is currently no loss-of-value model in use in Finland. Even international models are not suitable for use as such, because in Finland the railings belong to the highest plowing resistance class. Rusting is a slow process, and it can be seen that a guardrail moderate rust, is still fully functional. The problem is merely in the visual appearance.

The source of errors in the traffic signs' deterioration models can be lessened by improving the quality of the condition inventories, taking bigger sample size of existing data, taking more parameters into consideration or by using new prediction models. More precise models can be used to more accurately estimate future budget needs and the amount of traffic signs in need of changing. It also makes it possible to estimate the deterioration of a single traffic sign.

It seems, that there is a considerable backlog in traffic sign condition management; almost 10 % of the traffic signs are classified as poor or very poor condition. Calculated backlog is based on currently used condition classification, which is rather critical of the visual appearance of the traffic sign. However, it might be that the road users' opinion of the traffic signs' condition class is more tolerant, since feedback related to traffic sign condition is not very common.

The above-mentioned new inventory methodology and deterioration models, could facilitate the possibility to include an estimate of the amount of traffic signs in the maintenance contracts. In other words, traffic sign management, could be integrated more accurately to the maintenance contracts.

Additionally, in this report, the estimated budget for the instant maintenance need for the traffic signs and guardrails was calculated. In the end of the report, proposals for the next research topics are summarized.

Esipuhe

Liikennemerkkien ja kaiteiden 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 liikennemerkkien ja kaiteiden kunnonhallintaa. Projekti aloitettiin selvittämällä kunnonhallinnan nykytila, kerättävät kuntoparametrit ja niiden käyttö kunnossapidon suunnittelussa. Lisäksi tehtiin kansainvälinen tutkimuskatsaus ja tutustuminen muiden maiden tieviranomaisien käytäntöihin.

Olemassa olevaa kuntodataa liikennemerkeistä käytettiin mallinnuksessa, jossa pyrittiin kehittämään kunnon ennustettavuutta eli vaurioitumismalleja. Datalla arvioitiin liikennemerkki- ja kaideomaisuuden nykyarvoa sekä liikennemerkkien osalta tulevaa rahoitustarvetta.

Liikennemerkkien ja kaiteiden uusista kuntoinventointimalleista tehtiin ehdotus.

Liikennemerkkien ja kaiteiden osalta arvioitiin tarvittavaa budjettia myös välittömälle kunnostustarpeelle.

Projektin Tilaajan edustajana toimi Tuula Suuronen, ja asiantuntijoina projektissa olivat Markku Knuuti (AFRY-Finland), Konsta Sirvio (Sirway Oy) ja Tiit Kaal (Sirway Oy).

Työtä ovat ohjanneet Väylävirastosta Tuula Suuronen, Elina Granqvist, Jani Lehenberg, Kari Lehtonen, Vesa Männistö, Jarkko Pirinen, Mika Terhelä, Tuomas Österman, sekä ELY:stä Henri Aaltonen.

Helsingissä elokuussa 2022

Väylävirasto

Strategia- ja toiminnansuunnitteluosasto

Sisältö

1	JOHDANTO.....	12
2	NYKYTILAKUVAUS.....	14
2.1	Liikennemerkkien kunnonhallinta	14
2.2	Kaiteiden kunnonhallinta.....	18
3	KANSAINVÄLINEN TUTKIMUSTYÖ	23
3.1	Tutkimuskatsaus	23
3.2	Kerättävä tieto ja tiedonkeruutavat liikennemerkeistä	23
3.3	Kerättävä tieto ja tiedonkeruutavat kaiteista	27
3.4	Yhteenveto kansainvälisestä tutkimustyöstä	31
4	KÄYTÄNNÖT ERI MAISSA.....	32
4.1	Norja (Vegvesen)	32
4.1.1	Tiedonkeruu ja hyödyntäminen.....	32
4.1.2	Kehitystarpeet.....	34
4.2	Tanska (Vejdirektoratet)	36
4.2.1	Liikennemerkit.....	36
4.2.2	Kaiteet.....	36
4.2.3	Kehittämistarpeita	36
4.3	Viro.....	37
4.3.1	Liikennemerkkien ja -opasteiden hallinta	37
4.3.2	Teiden hoitourakka.....	37
4.3.3	Puitesopimus.....	37
4.4	Yhteenveto kansainvälisestä katsauksesta	38
5	KUNNON ENNUSTAMINEN	39
5.1	Kerätyt tiedot liikennemerkeistä.....	39
5.2	Kerätyt tiedot kaiteista.....	42
5.3	Tiedon muokkaaminen.....	43
5.4	Liikennemerkkien kunnon ennustamiseen sovelletut mallit	44
5.4.1	Markovin ketjut	44
5.4.2	Lineaarinen regressio.....	46
5.4.3	Vektoritukiregressio	49
5.5	Ennustusmallinnus	50
5.6	Mallinnuksen tulokset	50
6	MALLIEN SOVELTAMINEN	52
6.1	Tulevat rahoitustarpeet.....	52
6.1.1	Liikennemerkit.....	52
6.1.2	Kaiteet.....	55
6.2	Kunnossapitosuunnitelma	57
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYS	59
7.1	Yhteenveto	59
7.2	Mallien soveltuminen	59
7.3	Ehdotus uudeksi kuntoluokitukseksi	60

7.3.1	Liikennemerkit.....	60
7.3.2	Kaiteet.....	63
7.4	Muutosehdotukset tiedonhankintaan.....	63
7.4.1	Muutokset kerättävään liikennemerkkietoon.....	63
7.4.2	Muutokset kerättävään kaidetietoon.....	64
7.4.3	Tiedon keräämismenetelmät ja hankinta liikennemerkeille.....	64
7.4.4	Tiedon keräämismenetelmät ja hankinta kaiteille.....	65
7.5	Muutokset urakkasopimukseen.....	67
8	EHDOTUKSET JATKOPROJEKTIKSI	68
	LÄHDELUETTELO.....	69

LIITTEET

Liite 1	HARJA-järjestelmään vietävät tiedot liikennemerkeistä
---------	---

1 Johdanto

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

Liikennemerkit ja kaiteet ovat vain pieni osa Väyläviraston hallinnoimaa omaisuusjoukkoa. Sen rooli ylläpitotoimien ohjelmoinnissa ja budjetoinnissa on jäädä prioriteetiltaan pienemmäksi kuin moni muu omaisuuserä. Liikennemerkkien ja kaiteiden kuntotiedot eivät kaikilta osin ole ajantasaista ja kattavaa. Tämä johtuu osittain harvasta kuntoinventointikierrosta ja toisaalta urakka-alueiden eroavaisuuksista käytännön työssä.

Suomessa on yhteensä 79 maanteiden hoitourakkaa. Maanteiden hoitourakoiden kesto on yleensä 5 vuotta ja urakoissa on hoidettavaa tiestöä keskimäärin hieman alle 1 000 kilometriä, toisaalta suurimmissa urakka-alueissa on tiestöä yli 2 000 km. Hoitourakoiden keskeisiä tehtäviä ovat talvikunnossapito, sorateiden hoito, vihertyöt ja puhtaanapitotyöt, kuivatuksen varmistaminen sekä pienet ja äkilliset päällysteiden paikkaukset. Tehtäviin kuuluvat myös varusteiden ja laitteiden kuten liikennemerkkien ja kaiteiden kunnossapito sekä osallistuminen tilaajalle kuuluvien viranomaistehtävien hoitoon. Hoitotöiden valvonnasta vastaavat ELY-keskukset.

Liikennemerkkien ja kaiteiden tiedontuotanto Tieräkisteriin tapahtuu kolmen keskenään erilaisen toimintamallin kautta: 1) erilliset inventoinnit, 2) maanteiden hoidon urakat ja 3) investointihankkeet.

Paikoin erillisiä kuntoinventointeja tilataan konsultin tekemänä ennen hoitourakan kilpailuttamista viiden vuoden välein, tosin alueellisia eroja löytyy tästäkin käytännöstä. Pääsääntöisesti maanteiden hoitourakoissa urakoitsijan tehtävänä on ylläpitää uusien, uusittujen, korjattujen sekä poistettujen varusteiden tieräkisteritieto. Nämä toimenpiteet tulee raportoida HARJA-järjestelmään tai rajapintamäärittelyn mukaisesti Tieräkisteriin. Investointihankkeissa tiedot viedään Tieräkisteriin joko ulkopuolisen konsultin tai tiestötietovastaavan toimesta.

Väylävirasto hallinnoi yli 615 000 liikennemerkkiä tieverkollaan. Tieliikennelaki (729/2018) velvoittaa toimittamaan tietoja liikenteenohjauslaitteista, kuten liikennemerkeistä, Väylän Digiroad-järjestelmään. Tämä velvoite koskee myös Väylää ja ELY-keskuksia valtion omistamien teiden ylläpitäjinä. Tämä tieto ei kuitenkaan sisällä kuntotietoa.

Kesäkuussa 2020 voimaan astunut uusi tieliikennelaki näkyy tieympäristössä päivittyvinä liikennemerkeinä ja tiemerkintöinä. Tuhansien liikennemerkkien vaihtotyö on käynnissä ja jatkuu pitkään lain sallimien siirtymäaikojen puitteissa. Kielto-merkkien ja pyöräilyn uusien merkkien asennuksessa ollaan jo loppusuoralla.

Väylävirasto hallinnoi noin 7 369 km kaiteita, joista vanhimpia ovat noin 50 vuotta sitten asennetut teräskaiteet betonipylväillä. Nykyisin kaiteiden ongelmana ei ole niinkään kaiteen fyysinen kunto, vaan kaiteen toiminnalliset puutteet. Suuri osa kaiteista ei täytä nykyisiä turvallisuusvaatimuksia, kaiteet ovat usein liian jäykkiä

aiheuttaen vaaratilanteita ajoneuvon törmäyksissä. Kaiteiden mataluus ja viisteiden puuttuminen ovat myös melko usein esiintyvä puutteita. Kaiteissa ei käytetä kuntoluokitusta 1–5, vaan vauriot ilmoitetaan aina %-osuuksina kaidepituudesta tai kappalemäärinä (vioittuneet pylväät ja kiinnitykset).

Raportin kirjoitusvaiheessa Tierekisteri ollaan tuomassa uuteen Velho-järjestelmään.

Väyläviraston omistamien liikennemerkkien tietopohjaa omaisuudenhallinnan näkökulmasta on viimeksi selvitty raportissa *Liikennemerkkiselvitys, Väyläviraston sisäinen selvitys 01/2021*.

2 Nykytilakuvaus

Väylävirasto hallinnoi tieverkolla 615 752 liikennemerkkiä (2020)¹. Liikennemerkkejä hallinnoidaan vielä tällä hetkellä Tierekisterissä, jossa on tallennettuna liikennemerkkien perustiedot, ominaisuustiedot sekä kuntoluokka. Väyläviraston hallinnoimia kaiteita on 7 369 km. Myös kaiteita hallinnoidaan vastaavasti tierekisterissä, mutta kuntoluokan sijaan esitetään vaurioitunut osuus (%).

Tierekisterin sisältämää tietoa liikennemerkeistä ja kaiteista voi tällä hetkellä (syyskuussa 2021) selata useassa eri ohjelmistossa, ja myös avoimesti jaettuna sekä ilmaisena aineistona. Väyläviraston Extranet -portaalissa tietoja voi selata muun muassa Tierekisterin selailuohjelmistossa, Tiira -analytiikkaportaalissa ja Harjassa. Liikennemerkeistä esitetään eri tietoja riippuen hyödynnettävästä ohjelmistosta.

Vuodesta 2022 alkaen liikennemerkkien ja kaiteiden pääasiallinen hallinnointitapa on osana Velho-järjestelmää, jota on kehitelty nykyisen Tierekisterin kattavaksi korvaajaksi. Velho tuo mukanaan useita pitkään toivottuja muutoksia tiestötietojen hallinnointiin. Esimerkiksi koordinaattiperustainen sijaintitieto korostuu tieosoittamisen rinnalla, ja tiestölle päästään osoittamaan kerrosmaista tietoa.²

Tiira tullaan korvaamaan kevään 2022 aikana uudella palvelulla, jonka kautta koostetaan maanteiden hoitourakoiden kilpailutukseen tarvittavat dokumentit. Palvelu hyödyntää taustalla Analytiikkapalvelun tietovarantoja. Tarkempien tiestötietojen raportointitarpeisiin tullaan hyödyntämään Tableautta (Analytiikkapalvelun sovellus). Tiestötietojen tarkasteluun kartalla ja tietojen suodatukseen ja raportointiin hyödynnetään ensisijaisesti uutta Velho-järjestelmää.

Uusi tieliikennelaki astui Suomessa voimaan kesäkuun ensimmäisenä päivänä vuonna 2020, jolloin aloitettiin monien liikennemerkkien uudistus nykyaikaisemmiksi ja selkeämmiksi. Lisäksi lakiin lisättiin noin 50 aivan uutta liikennemerkkiä, kuten varoitus kauriseläimistä, väistämisvelvollisuus pyörätien ylityspaikassa, vähimmäisnopeus, ajokaistojen yhdistyminen ja sähköautojen latauspiste. Liikennemerkkien ihmisiä kuvaavat symbolit muutettiin yksinkertaisemmiksi ja sukupuolineutraaleiksi. Vanhat merkit on tarkoitus korvata uusilla merkeillä 1.6.2030 mennessä.

2.1 Liikennemerkkien kunnonhallinta

Normaalia kulumista liikennemerkeille ja opasteille aiheuttaa muun muassa auringonvalo (UV-säteily), vesi- ja lumisateet, auran lennättämä lumi ja jää, tuulen ja liikenteen aiheuttama pölyäminen sekä puhdistustyöt. Etenkin auringonvalon takia on merkitystä sillä, mihin suuntaan merkki osoittaa, sillä runsas säteily kuluttaa sen kalvoa nopeasti. Ilman ulkopuolista tekijää, kuten törmäystä tai vandalismia, voidaan liikennemerkin käyttöä arvioida vähintään 7–15 vuotta. Paikoin on havaittu laadullisia poikkeamia merkeissä, minkä vuoksi kalvo on lähtenyt irtoamaan lähes heti asennuksen jälkeen, mutta nämä ovat pääasiassa olleet vielä asentajan antaman takuun piirissä.

¹ Väylävirasto, 2021. Liikennemerkkiselvitys. Väyläviraston sisäinen selvitys 01/2021

² Väylävirasto, 2021. Liikennemerkkiselvitys. Väyläviraston sisäinen selvitys 01/2021

Vanhemmat vaneriset merkit, joita ei nykyisellään enää asenneta Väyläviraston tiestölle, ovat käyttöiltään lyhyempikestoisia kuin nykyisin asennettavat alumiiniset merkit. Vanhempien vanerimerkkien osalta on havaittu paikoin lahovaurioita, joiden vuoksi niiden kiinnitykset ovat pettäneet, ja ne putoavat jo pienestä merkille aiheutuneesta rasituksesta.³

Liikennemerkkien tiedontuotanto Tierekisteriin tapahtuu kolmen keskenään erilaisen toimintamallin kautta: 1) erilliset inventoinnit, 2) maanteiden hoidon urakat ja 3) investointihankkeet.

Erilliset kuntoinventoinnit tehdään yleensä ennen hoidon ja ylläpidon urakoiden kilpailutusta, jotta saadaan lähtötiedot kilpailuttamista varten. Käytännössä on tosin alueellisia eroavaisuuksia. Inventointityö sisältää myös muita varusteita ja laitteita samanaikaisesti. Erilliset inventoinnit tekee yleensä konsultti, omilla inventointiohjelmistoillaan.

Maanteiden hoidon urakassa liikennemerkkitietoja käsitellään kahdessa eri tapauksessa: inventoinnin aikana tai merkin vaihdon yhteydessä. Vaihtotöiden ohjelman laatii pääsääntöisesti urakoitsija, urakka-asiakirjoissa liikennemerkkeille osoitetun määrän ja budjetin mukaisesti, joka hyväksytetään aluevastaavalla. Hoidon urakassa tiedot vaihdetuista merkeistä viedään tällä hetkellä (tammikuussa 2022) vielä HARJA-järjestelmään. Jatkossa (vuoden 2022 aikana) urakoitsija tulee tallentamaan tiedot suoraan Velho-järjestelmään.

Investointihankkeissa liikennemerkkitietojen käsittelyä tehdään joko ulkopuolisen konsultin tai tiestötietovastaavan toimesta.

Uudet liikennemerkkit valmistetaan tarkoitukseen soveltuvasta alumiinilevystä, jonka toimiva osa on heijastavaa kalvomateriaalia. Liikennemerkkin merkkipinnan on oltava CE-merkittyä heijastavaa kalvomateriaalia. Liikennemerkkin merkkipinnassa käytettävät heijastavat kalvot voivat olla mikroprismaattisten heijastavien kalvojen osalta myös eurooppalaisen teknisen arvioinnin (ETA) perusteella CE-merkittyjä ja arvioinnin perusteena tulee olla käytetty eurooppalaista arviointiasiakirjaa EAD 120001-01-0106 (EOTA 2016). Tilapäiseen käyttöön tarkoitettujen liikennemerkkien merkkipinnan tulee heijastavuudeltaan vastata standardin mukaisesti CE-merkittyjä tuotteita.

Suomessa kalvotyypit on jaettu luokkiin R1, R2 ja R3, joissa suurempi numero tarkoittaa kalvomateriaalin paluuheijastavuuden suurempaa arvoa. Luokka R1 vastaa standardin SFS-EN 12899-1 luokkaa ref 1 ja luokka R2 standardin luokkaa ref 2. Luokan R3 kalvoon sovelletaan muilta osin standardin SFS-EN 12899-1 vaatimuksia (kansallinen standardi)⁴. Liikennemerkkeissä sallitut kalvotyypit on määriteltävä Traficomien määräyksissä liikennemerkkien väreistä, rakenteesta ja mitoituksista ja kalvotyyppien tarkemmat valintaperusteet Väyläviraston ohjeissa.⁵ Taulukossa 1 on esitetty liikennemerkkien paluuheijastavuusluokat ja niiden tyyppillinen käyttökohde.

³ Väylävirasto, 2021. Liikennemerkkiselvitys. Väyläviraston sisäinen selvitys 01/2021

⁴ Määräys: TRAFICOM/417533/03.04.03.00/2020

⁵ Liikenneviraston ohjeita 20/2013

Taulukko 1. Paluuheijastavuusluokat.

Paluuheijastavuusluokka	Tyypillinen käyttökohte
R1	Osa opastusmerkeistä, vähäliikenteiset tiet (KVL < 1500)
R2	Kaikki liikennemerkit, vilkkaat päätiet (KVL > 1500)
R3	Ajoradan yläpuoliset sijoitukset tai tietyömaat, joissa halutaan erittäin hyvää näkyvyyttä huonossakin säässä

Hoitourakoitsijan vastuulla olevat HARJA-järjestelmään vietävät tiedot liikennemerkeistä on listattu Liitteessä 1.

Tierekisteriin viedään liikennemerkeistä mm. seuraavia ominaisuus- ja kuntotietoja:

- Alkupäivämäärä (käytännössä tierekisteriinviiväpäivä), omistaja ja asetussnumero
- Liikennemerkin tyyppi, pinta-ala tai vakiomerkin koko
- Kausiluontoinen liikennemerkki
- Liikennemerkkipylvään tunnus, halkaisija ja kiinnitys
- Liikennemerkin materiaali, kalvotyyppi
- Liikennemerkin teksti ja sen koko
- Nopeusrajoitusliikennemerkki
- Yleinen kuntoluokitus (viisiportainen)

Liikennemerkeille on määritelty viisiportainen kuntoluokitus, jonka perusteella liikennemerkkien kunnostus- ja uusimistarve määritellään (taulukko 2). Kuntoluokat ovat 1–5, jossa 5 tarkoittaa erittäin hyvää kuntoa ja 1 erittäin huonoa kuntoa. Liikennemerkkien kunto arvioidaan silmämääräisesti sanallisen kuvauksen ja valokuvaesimerkkien avulla. Liikennemerkin kunnan arviointi perustuu seuraaviin arviointiperusteisiin: 1) rakenteellinen kunto, 2) ulkoasu ja 3) vauriot.

Ensisijaisesti huolehditaan, että liikennemerkit pysyvät toiminnallisesti kunnossa: ovat puhtaita ja kaikkina vuoden- ja vuorokaudenaikoina selvästi havaittavia sekä näkyvyydeltään ja heijastavuudeltaan vähintään välttäviä. Merkit, joiden viestin välittyminen on huonontunut olennaisesti, korjataan tai uusitaan viipymättä. Esteettiset puutteet, esimerkiksi varren vinous, korjataan toimenpideaikojen kuluessa.

Liikennemerkkien kuntoa parannetaan asteittain mahdollisia tulostavoitteita hyödyntäen, esimerkiksi osana hoidon palvelusopimuksia. Kunkin kilpailutettavan palvelusopimuksen aikana hoidetaan rahoituksen sallimissa puitteissa ensin pääteiden, sitten muiden teiden liikennemerkit ja niiden jälkeen yksityisteiden karkikolmiot laatuvaatimusten edellyttämälle tasolle.⁶ Esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen Tienpidon ja liikenteen strategian mukaan liikennemerkkien kunto pyrittiin pitämään samalla tasolla, eikä määrärahoihin tullut muutoksia vuonna 2015.⁷ Joissakin urakoissa kustannusylitykset on rahoitettu liikennemerkeille suunnatuista määrärahoista. Osassa tapauksista Väylävirastolta on saatu lisärahoitusta suunnittelemattomin kuluihin tilanteen korjaamista varten.⁸

⁶ Liikennevirasto, 02/2010, Liikenneviraston toimintalinjoja

⁷ Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2015. Tienpidon ja liikenteen strategia

⁸ Väylävirasto, 2021. Liikennemerkkiselvitys. Väyläviraston sisäinen selvitys 01/2021

Taulukko 2. Viisiportainen kuntoluokitus.⁹

Kunto-luokka	Selite
5 Erittäin hyvä	<ul style="list-style-type: none"> Rakenteellinen kunto on uudenveroinen. Ulkoasultaan merkki on virheetön. Merkissä ei ole vaurioita.
4 Hyvä	<ul style="list-style-type: none"> Rakenteellisessa kunnossa on vähäistä kuluneisuutta. Ulkoasu on hyvä eivätkä värit ole haalistuneet. Merkin lamellit ovat samantasoisia. Merkissä on erittäin vähäisiä vaurioita, joita ei juuri huomaa.
3 Tyydyttävä	<ul style="list-style-type: none"> Rakenteellisessa kunnossa on pieniä puutteita, kuten lievää kuluneisuutta, vähäisiä kalvohalkeamia, ruostejätkiä, pieniä taipumia tai vääristymiä. Ulkoasussa on vähän piintynyttä likaa taikka värit ovat lievästi haalistuneet tai tummuneet alkuperäisestä, mutta se ei haittaa merkin ymmärrettävyyttä. Merkin lamellit saattavat sävyllään erota vähän toisistaan. Merkin vauriot ovat läheltä havaittavissa, mutta eivät haittaa merkin käyttöä.
2 Välttävä	<ul style="list-style-type: none"> Rakenteellisessa kunnossa on selviä puutteita, kuten kuluneisuutta, kalvovaurioita, ruostejätkiä, taipumia tai vääristymiä. Ulkoasun osalta merkin värit ovat haalistuneet tai tummuneet. Värivauriot tai värikalvon lohkeamiset huonontavat esteettistä vaikutelmaa. Merkki on osin pinttyneen lian peittämä. Merkissä on värisävyllään ja kunnoltaan hyvin eritasoisia lamelleja. Merkissä on pieniä töhryjä, jotka eivät kuitenkaan haittaa merkin ymmärrettävyyttä. Merkissä on selviä vaurioita.
1 Huono	<ul style="list-style-type: none"> Rakenteellisessa kunnossa on pahoja puutteita, kuten voimakasta kuluneisuutta, selviä kalvovaurioita, ruostejätkiä, taipumia tai vääristymiä. Ulkoasun osalta merkin värit ovat pahoin haalistuneet tai tummuneet. Värivauriot tai värikalvon lohkeamiset huonontavat ulkoasua. Kirjainvärien lohkeamiset tai puuttuminen pistävät silmään. Merkki on pinttyneen lian tai pintakasvuston peittämä. Töhryt ovat voimakkaita tai haittaavat merkin ymmärrettävyyttä. Merkissä on pahoja vaurioita

Vuoden 2020 Tierekisteritietojen mukaan liikennemerkit jakautuvat kunnan puolesta seuraavasti¹⁰ (taulukko 3). Huomioitavaa on, että kaikista liikennemerkeistä ei välttämättä ole ajantasaista tietoa.

Taulukko 3. Liikennemerkkien kuntojakauma 2021 (Tierekisteri).

Kuntoluokka	Lukumäärä	Osuus (%)
5: Erittäin hyvä	199 266	33,2
4: Hyvä	210 075	35,0
3: Tyydyttävä	134 109	22,4
2: Välttävä	36 494	6,1
1: Huono	19 851	3,3
0: Tieto puuttuu	15 957	2,6
Yhteensä	615 752	

⁹ Liikennemerkkien kuntoluokitus, TIEH 2200060-v-09

¹⁰ Väylävirasto, 2021. Liikennemerkkiselvitys. Väyläviraston sisäinen selvitys 01/2021

2.2 Kaiteiden kunnonhallinta

Tiekaiteen toimivuuden kannalta keskeisintä on, että kaide on oikealla korkeudella ja että pylväät joustavat törmäyksessä, mutta kaide ei katkea vaan joustaa ja eliminoi törmäysenergian. Pääsääntöisesti kaiteiden ylläpito kohdistuu niiden toimivuuden puutteellisuuteen, vain vähäisessä määrin fyysiseen vaurioitumiseen. Toisaalta hoitourakoissa korjataan paljon kaiteita, jotka ovat vaurioituneet törmäyksen seurauksena ja jotka on korjattava määräajassa. Määräaika riippuu mm. tie-luokasta. Putkipalkkikaiteella korjausaika voi olla pidempi, koska kaide toimii vielä törmäyksen jälkeen.

Kaiteen tehtävä on estää henkilöauton meno kaiteen yli tai läpi. Kaide ei saisi myöskään aiheuttaa vaaraa autossa olijoille eikä ponnauttaa autoa vastaantulijan ajokaistalle. Tärkeintä kaiteiden toimivuus on teillä, joilla ajonopeus on korkea ja liikennemäärä suuri.¹¹

Kaiteille tehdään hoitourakoiden yhteydessä kuntoinventoinnit, mutta tässäkin on alueellisia eroavaisuuksia. Osalla ELY-alueista kaiteiden inventointi on osa liikenneturvallisuustyötä, eikä ole niinkään hoitourakoihin kytköksissä. Esimerkiksi Uudellamaalla on tehty systemaattisia toimivuuden parannuksia osana liikenneturvallisuustyötä. Erilliset inventoinnit tekee yleensä konsultti, omilla inventointiohjelmistoillaan.

Väyläviraston Velhoon (Tierekisteriin) viedään kaiteiden inventoinneista seuraavia ominaisuus- ja kuntotietoja:

- Alkupäivämäärä
- Kaiteen tyyppi
- Kaiteen materiaali
- Kaidepylväs (U-100, U-160, rataakisko, betoni, muu)
- Kaide kolhiintunut
- Kaide ruostunut
- Kaiteen maalaus huono (yleensä maalattuja kaiteita on vain silloissa)
- Kaide nollaamatta (Viiste puuttuu, kaiteen pää ilmassa)
- Kaide liian matalalla (alle 70cm korkeudella päällysteen pinnasta)
- Pylväs/pilari vioittunut
- Kaide vinossa
- Kiinnitys vaurioitunut

Nykyisin asennetut kaiteet tulee täyttää seuraavat ehdot:12

- SFS-EN 1317-2 ja -5 mukainen törmäyskestävyysluokka on teräspalkkikaiteilla ja kaksiputkikaiteilla vähintään N2, putkipalkkikaiteilla vähintään H1 ja muilla kaiteilla vähintään H2.

SFS-EN 1317-5 mukainen aerauskestävyysluokka on 4.

¹¹ Liikennevirasto, 02/2010, Liikenneviraston toimintalinjoja

¹² Liikennevirasto opas: LIVI/3817/06.04.01/2015

Kuvassa 1 on esitetty tämänhetkiset nimetyt peruskaidetyypit Tierekisterin mukaan. Näiden lisäksi on vielä ryhmä ”muut kaiteet”. Huomattavaa on että, uusimmassa *Tiekaiteiden suunnittelu* -ohjeessa (26/2022) vaijerikaiteita ei enää suositella asennettavaksi.



Kuva 1. Tierekisterin mukaiset kaidetyypit.

Kaiteiden kuntotilanne 2021 Tierekisterin mukaan on esitetty taulukossa 4. On huomioitavaa, että kaikkien kaiteiden osalta tieto ei välttämättä ole ajantasaista ja osa ongelmista on jo korjattu, mutta ei ole vielä päivittynyt Tierekisteriin.

Taulukko 4. Kaiteiden tilanne Suomessa 2021.¹⁹

Tietolaji	Määrä
Kaiteiden kokonaispituus	7 369,241 km
Kaidetta ei ole nollattu eli viistetty (toinen tai molemmat päät)	3 609 kpl
Kolhiintunut	62,6 km
Kaide ruostunut	58,4 km
Kaide vinossa	74,4 km
Liian matala	962,4 km
Kiinnitysvaurio	3 217 kpl
Pylväsvika	10 253 kpl
Huono maalaus	15,4 km
Muu vaurio	10,8 km

¹³ Kaidekanerva.fi

¹⁴ Punkaharjun Harjutie POS-Ely

¹⁵ Tie 4 (E-75) Simon kohta, Yle (Kaide vaihdettu 2020)

¹⁶ Rudus.fi

¹⁷ Teknoinfra.fi

¹⁸ Kaidekanerva.fi

¹⁹ Tierekisteri

Hoidon urakassa tiedot kaiteiden kunnosta tallennetaan HARJAan urakoitsijan toimesta seuraavasti²⁰:

- Sillan kansirakenteeseen kuuluvia kaiteita ei ylläpidetä tällä tietolajilla. Ne ovat siltojen tiedoissa Taitorakennerekisterissä.
- Melukaiteet ovat melurakenteissa
- Tiedot syötetään puoli- ja ajoratakohtaisesti, vaikka molemmin puolin tietä tai ajorataa olisi samanlainen kaide.
- Ei käytetä kuntoluokitusta 1–5, vaan vauriot ilmoitetaan aina %-osuuksina kaidepituudesta tai kappalemäärinä (vioittuneet pylväät ja kiinnitykset).
- Kaide merkitään kokonaan tai osittain matalaksi, mikäli johteen yläreuna on alle 70 cm päällysteen pinnasta.

Jos rakennetaan uusia kaiteita tai korjataan/uusitaan vanhoja, urakoitsijan on päivitettävä kuntotiedot. Lisäksi urakoitsijan pitää raportoida madaltuneet ja vaurioituneet kaiteet.

Suomessa vanhimmat metallikaiteet on asennettu 1970-luvun alussa, ja ovat suurimmaksi osaksi edelleen toimintakuntoisia. Kaiteen kuntoa tärkeämmäksi tekijäksi on koettu törmäysturvallisuuden puutteet. Kaiteita onkin uusittu enemmän toimivuuskriteereiden perusteella kuin kunnan vuoksi. Suomessa käytännössä kaikki kaiteet, paria poikkeusta lukuun ottamatta, kuuluvat auraukestävyysluokkaan 4. Tällaisille kaiteille ei tarvitse tehdä mitään ainakaan 40 vuoteen fyysisen kunnan vuoksi, ellei kaiteeseen ole törmätty ajoneuvolla. Voidaan sanoa, että voi kulua jopa 50–60 vuotta ennen kuin ruosteella alkaa olla merkitystä kaiteen toimivuuden ja turvallisuuden kannalta. Sitä ennen ruoste on lähinnä esteettinen haitta. Vertailun vuoksi, Tanskassa, Norjassa sekä Etelä- ja Keski-Ruotsissa käytetään auraukestävyysluokan 3 kaiteita ja Pohjois-Ruotsissa luokkaa 4. Auraukestävyysluokan 4 kaiteet kestävät paremmin törmäyksiä, eivätkä aina tarvitse korjaustoimenpiteitä.

Kaiteet ovat pitkäikäisiä ja muutokset kunnossa alkavat tapahtua vasta 40 tai 50 vuoden jälkeen. Tämän vuoksi nykyisellä datalla ei ole mahdollista vielä tehdä kuntoenustemallia, koska näin vanhoja teräskaiteita ei mahdollisesti ole vielä riittävästi kuntomallinnusta ajatellen. Ennustemallinnus kuitenkin perusteltua jatkossa, sillä niiden avulla voidaan arvioida tulevaisuuden kunnossapitotarvetta sekä mitata omaisuuserän arvoa.

Kaiteiden elinkaaren hallinnassa, kuntomuuttujien ei katsovan olevan toimivuusongelmia tärkeämpi tekijä kaiteen kunnostus/vaihtotarvetta arvioitaessa. On huomionarvoisempi asia, jos kaiteesta puuttuu viisteet tai se on liian matalalla kuin että jos kaide on hieman vinossa tai siinä on ruostetta. Kaiteen pylvään ja johteen galvanisointi pitäisi kestää 50 vuotta, jonka jälkeen alta paljastuva teräs on huomattavan paksua. Myöskään valkoruosteella, joka on valkoista, paksua jauhe- maista kerrostumaa, ei nähdä olevan merkitystä kaiteen kuntoa ajatellen. Kaiteen uusimistarve näyttäisi syntyvän siis toiminnallisuuspuutteen vuoksi. Esimerkiksi, uusien päällystyskerroksien vuoksi matalalle jäänyt kaide voidaan vaihtaa tai nostaa korkeammalle.

²⁰ Väylä, VARUSTE- JA LAITEINVENTOINTIOHJE HARJA-KÄYTTÄJILLE

Koska tiekaiteet eivät ole onttoja kuten esimerkiksi silloissa, suola ei pääse syövyttämään kaiteen pylväitä tai johteita puhki. Suomessa käytetään myös parempilaatuista sinkkiä kaiteissa kuin esimerkiksi Norjassa. Norjan ongelma irtoilevista kiinnityspulteista johteiden välillä ei ole ongelma Suomessa. Maalaus voi heikentää kaiteen käyttöikä, tosin Suomessa ei kaiteita ole yleensä maalattu kuin joissain siltakohteissa.

Kaiteiden elinkaarta ajatellen ja lähestyvää vaihtotarvetta varten olisi kuitenkin hyvä selvittää kaiteiden ikä eli asennusvuosi ja sitä kautta arvioida jäljellä olevaa ikää.

Tulevaa tieto-Velhoa ajatellen kaiteista olisi syytä saada talteen tiedot asennusvuodesta ja tuotetiedoista. Tuotetiedot auttavat urakoitsijaa korjaamaan vaurion pikaisesti menemällä paikalle oikeiden varaosien kanssa.

Kaiteiden ikää eli asennusvuotta voidaan lähteä selvittämään ensisijaisesti tien rakentamisvuodesta, koska kaiteille ei ole erikseen kirjattu asennuspäivää. Arvoilta 80% tapauksissa, Velhoon (aiemmin Tierestiketeriin) kirjattu tien rakentamisen vuosi tai suuntauksen parantamisvuosi (tekninen toimenpide) on myös samalla kaiteen asennusvuosi. Vastaavasti, arviolta 20% kaiteista on rakennettu tien rakentamisen tai uudelleensuuntauksen jälkeen. Kaiteita on uusittu myös törmäyksistä aiheutuneiden vaurioiden vuoksi.

Käytössä olevat tiekaiteet jakaantuvat ikänsä ja toimivuutensa puolesta seuraavasti:²¹

- Ennen vuotta 1970 rakennetuissa kaiteissa on betonipylväät ja teräsjohte, eivätkä ne toimi oikein törmäyksessä.
- Vuosina 1970–1995 rakennetuissa kaiteissa on U-160-teräspylväs, eivätkä toimi nykyisin vaadittavalla tavalla. Kaide on törmäyksessä autossa olijoille liian joustamaton tai auto voi ponnahtaa vastaantulijan kaistalle tai johde voi katketa. Vuosittain aiheutuu kuolemaan johtaneita onnettomuuksia, kun jatkos pettää. Vanhat kaiteet on tehty nykyvaatimukseen verrattuna liian mataliksi ja ne ovat madaltuneet vuosina 1970-1995, kun teitä päällystettiin paksuilla päällysteillä.
- Vuosina 1970–1995 rakennetuista kaiteista osa on korotettu ja pidennetty nykyvaatimuksen mukaiseksi, mutta kaiteiden pylväitä ja jatkoksia ei ole käsitelty niin, että nykyisin vaadittava toimintatapa saavutettaisiin. Kaiteen katkeamisriski on erityisen suurin, kun vanhaa kaidetta on jatkettu uudella heikentämättä vanhoja pylväitä.
- Vuoden 1995 jälkeen rakennetuissa kaiteissa (”uusissa kaiteissa”) on U-100-teräspylväs ja ne toimivat oikein. Osa kaiteista on hiukan vaatimuksia lyhyempiä, eikä vilkasliikenteisillä teillä ole käytetty nykyvaatimusten mukaista aloitustapaa eikä aina riittävän pientä pylväsväliä esim. siltapilarin kohdalla.

Liikenneturvallisuusnäkökulmasta hyödyllisin kaiteisiin kohdistuva parannuskeino on ollut ennen vuotta 1995 rakennettujen kaiteiden (U-160-pylväs), pylvään ja pylväsruihin heikennys. Tämä tarpeellinen ja tehokas toimenpide on parantanut

²¹ Liikennevirasto 2/2010, Liikenneviraston toimintalinjoja

liikenneturvallisuutta erityisesti vilkasliikenteisillä teillä. Tässä raportissa keskitytään kuitenkin kaiteen fyysiseen kuntoon ja tulevan vaihtotarpeen arvioimiseen ja ennustamiseen.

Vain ennen vuotta 1995 rakennetut kaiteet edellyttävät toimivuuden parantamista tai vanhenemisen edellyttämiä toimia.

3 Kansainvälinen tutkimustyö

3.1 Tutkimuskatsaus

Liikennemerkeistä ja kaiteista on tehty tutkimuksia liittyen muun muassa liikenne-merkin näkyvyyteen vaikuttaviin tekijöihin ja tiedon keruuseen. Varsinaista kunnan ennustamiseen liittyvää tutkimusta on vähemmän kuin päällysteille johtuen oletettavasti näiden pienemmästä arvosta sekä pidemmästä eliniästä.

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 liikennemerkkeihin ja kaiteisiin että eri kunnan hallinnan seikkoihin. Hakusanoina käytettiin seuraavia sanoja:

1. traffic sign (guardrail) condition
2. traffic sign (guardrail) deterioration
3. traffic sign (guardrail) maintenance
4. traffic sign condition colour algorithm.

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

3.2 Kerättävä tieto ja tiedonkeruutavat liikennemerkeistä

Liikennemerkkien kunnan osalta heijastavuus on ollut useamman tutkimuksen kohteena. Yhdysvalloissa liikennevirastojen tulee täyttää vuonna 2007 säädetyt minimiheijastusvaatimukset, jotka säädettiin liikenneturvallisuuden parantamisen vuoksi.²²

ASTM -standardi D4956-11 luokittelee merkin kalvon seitsemään luokkaan (I, II, III, IV, VIII, IX ja XI) perustuen kunkin värin heijastavuuteen valon eri tulo- ja heijastuskulmissa.²³ Yhdysvaltojen tiehallinto on määritellyt standardin pohjalta heijastavuuden minimivaatimukset ja osavaltioiden tiehallintojen tulee ohjata merkkien kunnossapitoa siten, että heijastavuuden minimivaatimukset täyttyvät. Tehdyn selvityksen mukaan yksitoista paikallisviranomasta käyttivät odotettua liikennemerkin elinikää ensisijaisena tekijänä määrittämään liikennemerkkien vaih-

²² Re and Carlson, 2012

²³ Standard Specification for Retroreflective Sheeting for Traffic Control. ASTM International, ASTM D4956-11a, West Conshohocken, PA, 2011TTI Study 1275

tamisaikaa, toiset yksitoista käyttivät samaa muuttujaa toissijaisena tekijänä. Odotettu elinikä perustuu kokemukseen eikä tilastolliseen mallintamiseen. Heijastavuuden mittauksia käytti vain kaksi paikallistason toimijaa.²⁴

Esimerkiksi Indianan osavaltiossa on ollut käytössä liikennemerkkien vaihtoväli kymmenen vuoden välein, mutta tutkimus osoitti, että valkoisten ja keltaisten liikennemerkkien vaihtoväliä voidaan pidentää kahdella vuodella, kun taas punaisten liikennemerkkien osalta vaihtoväli tulisi säilyttää ennallaan.²⁵ Teksasissa tehty tutkimus 859 liikennemerkillä osoitti, että 2 % merkeistä ei täytä heijastavuusvaatimuksia merkin iän ollessa 10–12 vuotta ja 8 % ikäryhmässä 12–15 vuotta.²⁶

Värin sijaan merkin suunnalla ei näyttänyt olevan tilastollisesti vaikutusta heijastavuuteen²⁷ tai sillä ei ainakaan ollut merkittävää vaikutusta toisin kuin kalvon tyyppillä, värillä ja ilmastolla.²⁸ Heijastavuuden hajonnan todettiin olevan kuitenkin suuri etelään päin osoittavilla punaisilla liikennemerkeillä.²⁹

Yksi varhaisista kehitetyistä liikennemerkin iän ennustemalleista koostuu kolmesta osamallista, joista yksi arvioi minimietäisyyden, joka tarvitaan kuljettajan tunnistamaan liikennemerkki ja toimimaan merkin mukaisesti. Toinen malli arvioi minimiheijastavuuden käyttäen mitattavaa fyysistä heijastavuutta. Kolmas, rappeutusmalli, perustuu 500 liikennemerkestä kerättyyn tietoon, joiden perusteella rappeutumismalli saatiin yhtälön (1) mukaiseksi.³⁰

$$RSL = 139.31 - 1.53 * (\text{min. SIA}) - 41.87 * \frac{[1.01 + ((\text{min. SIA}) - 55.90)^2]^{0.5}}{41674} \quad (1)$$

Kaavassa (1) RSL (Remaining Service Life) on jäljellä oleva käyttöikä ja min. SIA on heijastavuuden minimivaatimus.

Useat tutkimukset ovat päätyneet yksinkertaisiin kaavan 2 mukaisiin rappeutumismalleihin ASTM I-tyypin liikennemerkeillä.

$$RSL = a + b * T \quad (2)$$

Kaavassa (2) RSL on jäljellä oleva käyttöikä, a ja b ovat vakioita ja T on liikennemerkin ikä. Tyyppin III liikennemerkkien osalta lineaaristen mallien lisäksi on käytetty eksponentiaalisia malleja yhtälön 3 mukaisesti.

$$RSL = a + b * T^c \quad (3)$$

$$RSL = a + b * T + c * T^2 \quad (4)$$

²⁴ Re, J.M. and P.J. Carlson. Practices to Manage Traffic Sign Retroreflectivity, NCHRP Synthesis Topic 42-12. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington, DC, 2012

²⁵ Austin Bischoff and Darcy Bullock. Sign Retroreflectivity Study. FHWA/IN/JTRP-2002/22. Indianapolis, 2002.

²⁶ Carlson, P.J., L. Higgins, and J. Ré. Research and Recommendations for a Statewide Sign Retroreflectivity Maintenance Program, report FHWA/TX-12/0-6408-1. Texas Department of Transportation, Austin, Texas, 2011.

²⁷ Wolshon, B., and Degeyter, R., "Performance of Traffic Sign Retroreflectivity," IMSA (International Municipal Signal Association) Journal Vol. 38 Issue 4, Publisher, 2000.

²⁸ Awadallah, FL., "Prediction of the Service Life of Warning Signs," Public Roads Vol. 51 Issue 4, Publisher, 1988, pp. 116-122.

²⁹ Bischoff, A.L., and D.M. Bullock. Sign Retroreflectivity Study. Publication FHWA/IN/JTRP- 2002/22. Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2002.

³⁰ Awadallah, FL., "Prediction of the Service Life of Warning Signs," Public Roads Vol. 51 Issue 4, Publisher, 1988, pp. 116-122.

Tyyppin IX liikennemerkeille on puolestaan luotu eksponentiaalimalleja yhtälön 5 mukaisesti.³¹

$$RSL = a * e^{b*T} \quad (5)$$

Vaikka heijastavuuden osalta juuri muita tekijöitä kuin liikennemerkin ikä ei ole otettu huomioon rappeutumismalleissa, liikennemerkin värien haalistumisen osalta on merkin suunnalla merkitystä ja värien haalistuminen voi olla erityisesti punaisen, oranssin ja keltaisen osalta merkittävämpää kuin heijastavuuden heikkeneminen.³²

Liikennemerkkien likaisuus vaikuttaa merkkien luettavuuteen ja heijastusarvoihin, joten heijastavuus ei suoraan kerro liikennemerkin kunnosta. Tutkimuksessa mitattiin heijastavuusmittarilla sekä ennen liikennemerkin puhdistamista, että kuivalla mopilla pyyhkimisen jälkeen. 1 341 liikennemerkin otoksesta selvitettiin, voiko heijastavuutta ennustaa merkin iällä, onko pyyhityllä merkillä korkeammat heijastusarvot, vaikuttaako merkin suunta heijastavuuteen, liikennemerkin värin vaikutus sekä heijastavuusmittareiden eroja. Luodut lineaariset ja polynomimallit sisällysivät vain merkin iän ja selitysaste jäi kaikkien osalta alle 0.5.³³

Liikennemerkkien likaisuus voi olla myös liikennemerkkien pesua ohjaava tekijä ja tästä onkin tehty tutkimus, mitkä tekijät vaikuttavat liikennemerkkien likaantumiseen. Tutkimuksessa käytettiin 97 000 liikennemerkin otosta sekä päätöspuita, satunnaismetsä -algoritmia (random forest) ja tulosten perusteella maanpinnan korkeus, merkin korkeus tien pinnalta, rikkidioksidin määrä, sademäärä, suunta, maantieteellinen alue ja tuuli vaikuttivat merkkien likaantumiseen tässä tärkeysjärjestyksessä. Tulosten mukaan liikennemerkit tulevat likaisiksi nopeammin alueilla, joissa on ilmansaasteita eli esimerkiksi teollisuusalueilla sekä teillä, jossa on suuri raskaan liikenteen määrä.³⁴ Heijastavuuden ja likaisuuden lisäksi lumi aiheuttaa Suomen oloissa liikennemerkkien peittymistä ja ongelman tunnistamiseen on esitetty neurooverkkopohjaista algoritmia.³⁵

Heijastavuusmittaukset voivat olla kalliita, mutta tekemällä näkyvyyden algoritmilinen simulointi päivällä otetuista kuvista saadaan edullisemmin arvioitua merkin näkyminen yöllä.³⁶ Liikennemerkin odotettu elinikä on ollut tyypillisesti ennustetta-

³¹ Bradford K. Brimley. The Current State of Research on the Long-Term Deterioration of Traffic Signs. Transportation Research Board 92nd Annual Meeting and publication in the Transportation Research Record. Washington, DC, January 2013

³² Kipp, W.M.E. and J.M.V. Fitch. Evaluation of Measuring Methods for Traffic Sign Retroreflectivity. Publication 2009-8. Vermont Agency of Transportation, Montpelier, Vermont, 2009.

³³ Rasdorf, W.J., J.E. Hummer, E.A. Harris, V.P.K. Immaneni, and C. Yeom. Designing an Efficient Nighttime Sign Inspection Procedure to Ensure Motorist Safety. Report FHWA/NC/2006-08. North Carolina Department of Transportation, Raleigh, North Carolina, 2006.

³⁴ Majid Khalilikhah, Kevin Heaslip. Analysis of factors temporarily impacting traffic sign readability. International Journal of Transportation Science and Technology 5 (2016) 60–67

³⁵ Marjo Hippinen, Daria Stepanova, Antti Mäkelä, Mika Rantonen. Visibility estimation based on camera data and algorithm of snow recognition on traffic signs. *Proceedings of 8th Transport Research Arena TRA 2020, April 27-30, 2020, Helsinki, Finland.*

³⁶ Balali, V., Sadeghi, M.A., Golparvar-Fard, M., 2015. Image-based retro-reflectivity measurement of traffic signs in day time. *Advanced Engineering Informatics* 29 (4), 1028e1040.

vana muuttujana. Pitkän aikavälin kunnan heikkenemistä ja merkin värin vaikutusta on myös tutkittu.³⁷ Kalvon iällä on todettu olevan suurin merkitys merkin kuntoon.³⁸

Liikennemerkkien vaurion vaikutus heijastavuuteen tutkittiin mittaamalla kunkin liikennemerkkin heijastavuus candeloina per lux per neliömetri (cd/lx/m^2). Mittaukset tehtiin mahdollisista vaurioista riippumatta samoista neljästä kohdasta ja mittauksista laskettiin heijastavuuden keskiarvo kuvastamaan liikennemerkkin heijastavuutta.³⁹

Regressiomalleja on muodostettu, missä heijastavuus riippuu merkin iästä. Sekä ikä, että iän neliö on todettu tilastollisesti merkittäviksi muuttujiksi, mutta sovitettujen mallien selitysasteet jäivät heikoiksi (0.06 ja 0.36). Tyypin III vihreiden merkkin sovitettut mallit on esitetty kaavoilla (6) ja (7).⁴⁰

$$SIA = 71.39 - 2.74 * T \quad (6)$$

$$SIA = 150.28 - 29.85 * T + 2.30 * T^2 \quad (7)$$

Yhdysvalloissa liikennemerkkien taakse on tyypillisesti kiinnitetty tarra, jossa on merkin valmistaja, asennusvuosi ja -kuukausi. Tätä vaatimusta ei kuitenkaan ole systemaattisesti noudatettu.⁴¹ Eräässä tutkimuksessa luotiin riskipohjainen menetelmä liikennemerkkien heijastavuuden tarkastukseen.⁴²

Kuvantunnistusalgoritmeja on käytetty liikennemerkkien tunnistamiseen ja tutkimusta on tehty myös kunnan automaattisesta tunnistamisesta kuvien avulla. Kehitettyjä kuntomittareita ovat esimerkiksi näkyvyysparametri, joka riippuu harmaan värin tasosta sekä kameran ja merkin välisestä etäisyydestä. Mittaukset on tehty yöllä otsalampun avulla ympäröivän valaistuksen vaikutuksen minimoimiseksi.⁴³ Toisessa tutkimuksessa käytettiin liikennemerkkin kuva-aluetta ja ympäristön kuva-aluetta näkyvyyden arvioimiseksi. Muuttuja koostui värien keskiarvon erotuksesta, värien jakauman erotuksesta ja kompleksisuuden erotuksesta.⁴⁴ Myös laser-dataa on hyödynnetty kallistuskulman, merkin tasaisuuden ja heijastuksen hajonnan osalta.⁴⁵ Automatisoidussa, algoritmillisessa visuaalisen kunnan arvioinnissa on myös arvioitu kuvion kulumista vektoritukikoneilla (SVM) ja lähimmän

³⁷ Brimley, B., Carlson, P.J., 2013. The current state of research on the long-term deterioration of traffic signs. In: 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, 2013.

³⁸ Black, K.L., H.W. McGee, and S.F. Hussain. Implementation Strategies for Sign Retroreflectivity Standards. National Cooperative Highway Research Program Report 346, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1992.

³⁹ Majid Khalilikhah, Kevin Heaslip. The effects of damage on sign visibility: An assist in traffic sign replacement. *Journal of traffic and transportation engineering (english edition)* 2016; 3 (6)

⁴⁰ Majid Khalilikhah, Kevin Heaslip. The effects of damage on sign visibility: An assist in traffic sign replacement. *Journal of traffic and transportation engineering (english edition)* 2016; 3 (6)

⁴¹ Evans, T., Heaslip, K., Louisell, W., et al., 2012b. Development of a sign asset management plan for retroreflectivity compliance. In: 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, 2012.

⁴² Liang, J.H., McCarthy, L.M., Park, S., et al., 2012. Risk-based methodology for local agency compliance with minimum sign retroreflectivity standards. In: 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, 2012.

⁴³ P. Siegmann, S. Lafuente-Arroyo, S. Maldonado-Bascón, P. Gil-Jiménez and H. Gómez-Moreno. Automatic evaluation of traffic sign visibility using SVM recognition methods. in *Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Signal Processing, Computational Geometry & Artificial Vision, Malta, 2005*, pp. 170–175.

⁴⁴ K. Doman, D. Deguchi, T. Takahashi, Y. Mekada, I. Ide, H. Murase and Y. Tamatsu, "Estimation of traffic sign visibility toward smart driver assistance," in *Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 2010 IEEE, 2010, pp. 45–50.

⁴⁵ H. González-Jorge, B. Riveiro, J. Armesto and P. Arias, "GEOMETRIC EVALUATION OF ROAD SIGNS USING RADIOMETRIC INFORMATION FROM LASER SCANNING DATA," in *28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Seoul, Korea (South), 2011*, pp. 1007–1012.

naapurin menetelmällä (k-NN). Merkin kuvion osittaisen puuttumisen (lika, kulumia) luokittelu onnistui parhaimmillaan yli 95 % tarkkuudella. Vandalisoitujen merkkien tunnistamisen tarkkuus oli parhaimmillaan 92.8% ja yleisen kuvion kulumisen luokittelu onnistui parhaimmillaan 90.1% tarkkuudella noin 200 merkin otoksella. Tutkimuksessa ei kuitenkaan luotu varsinaista kuntoluokitusta tai -mittaria.⁴⁶

3.3 Kerättävä tieto ja tiedonkeruutavat kaiteista

Yhdysvalloissa käytössä oleva suunnitteluopas jakaa kaiteet joustaviin, keskijäykkiin ja jäykkiin kaiteisiin, joita on yhteensä 23 standardit täyttävää eri tyyppiä.⁴⁷ Kaiteiden elinikä on Seattlessa arvioitu olevan 20 vuotta. W-mallin kaiteet voivat kestää 10–20 vuotta, jos niihin ei ole tullut vahinkoja auton törmäyksestä. Muiden kaidemallien elinikä voi olla yli 30 vuotta, jos näihin ei tule suuria vaurioita.⁴⁸

Kaiteet tulisi tarkistaa aika ajoin, jotta ne täyttävät turvallisuusvaatimukset. Osa kaiteista on voinut vahingoittua liikenneonnettomuuksissa ja jätetty korjaamatta. Kaiteiden inventoinnissa on suositeltu kerättävän seuraavia tietoja⁴⁹:

- Kaiteen sijainti
- Kaiteen pituus
- Kaiteen sijainti tien nähden
- Kaiteen tyyppi
- Liitokset tyyppi
- Kaiteen materiaali
- Asennusvuosi
- Kaiteen korkeus
- Kaiteen vauriot (% pituudesta)
- Pylväiden vauriot (% pylväistä).

W-muotoisten kaiteiden tarkastuksia on ehdotettu vuosittaisiksi tai joka toinen vuosi tapahtuvaksi.⁵⁰

Utahin osavaltiossa on kehitetty 15-portainen kaiteiden kuntoindeksi perustuen huonokuntoisen kaiteen pituuden osuuteen koko kaiteen pituudesta.⁵¹ Tarkemmassa vaurioerittelyssä on kaiteiden tarkastus ja kunnossapito on eriytetty seuraaviin komponentteihin:

1. Kaiteet
2. Tolpat
3. Liitokset (kaiteen ja tolpan välinen)
4. Jatkekohdat

⁴⁶ Abukhait, Jafar Jameel. A Discriminative Imaging-Based Framework for Road Sign Condition Assessment Using Local Features and SVM Classifiers. (2012). Dissertations. 43.

⁴⁷ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2011). "Roadside Design Guide."

⁴⁸ Seattle Department of Transportation (SDOT). (2015). "SDOT Asset Management Status and Condition Report."

⁴⁹ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2006). "Asset Management Data Collection Guide: Task Force 45 Report." AASHTO-AGC- ARTBA Joint Committee.

⁵⁰ Fitzgerald, W. J. (2008). W-Beam Guardrail Repair: A Guide for Highway and Street Maintenance Personnel.

⁵¹ Utah Department of Transportation (UDOT). 2012. Maintenance Management Quality Assurance Plus (MMQA+) Inspection Manual. Utah Department of Transportation, Salt Lake City, UT.

Taulukossa 5 on eriytetty vauriotyypit komponentteittain.

*Taulukko 5. Vauriotyypit komponentteittain.*⁵²

Komponentti	Vauriotyyppi	Vaurion kuvaus	Korjauskriteerit	
Kaide-elementti	Taipuma	Kaiteen taipuma	Taipuma verrattuna uuteen	
		Kaiteen litistymisen syvyyssuunnassa	Litistymisprosentti	
		Kaiteen litistymisen korkeussuunnassa	Litistymisprosentti	
	Repeämät, reiät, katkeamat	Valmistajasta riippumaton reikä kaiteessa	Valmistajasta riippumaton reikä kaiteessa	Reiän halkaisija
			Valmistajasta riippumattomia reikiä kaiteessa	Reikien lukumäärä yhdessä osiossa
			Vertikaalinen repeämä	Repeämän pituus
			Horizontaalinen repeämä	Repeämän pituus
Kuluminen	Rakenteellinen korroosio	Korroosio-osan koko		
Pylväs	Taipuma	Tolpan taipuma	Taipuma verrattuna uuteen	
		Metallitolpan vääntymä	Vääntyneiden tolppien lukumäärä	
	Repeämä, katkeama	Hajonnut pylväs	Hajonneiden tolppien lukumäärä	
	Kuluminen	Lahonnut puupylväs	Lahonneiden tolppien lukumäärä	
		Rakenteellinen korroosio	Korroosio-osan koko	
Liitos	Taipuma	Kiertynyt/väärin kohdistettu liitos	Epäkelpojen liitosten lukumäärä	
	Puuttuva	Puuttuvat liitokset	Puuttuvien liitosten lukumäärä	
	Kuluminen	Lahonneet puiset liitokset	Lahonneiden liitosten lukumäärä	
Jatkekohdat	Eheyden menetys	Liitosvaurioita	Jäljellä olevan kaide-materiaalin määrä liitoksen ja pulttireiän välissä	
		Hävinneitä, löysiä tai kadonneita liitospultteja	Pulttien lukumäärä	
		Pylväs irronnut kaiteesta	Kaiteesta irronneiden pylväiden lukumäärä	

Vaikka käytännössä kaiteiden kunnon määrittely perustuu useimmiten visuaaliseen tarkasteluun, koneellisia tarkastuksia on kehitetty myös kehitetty ja esimerkiksi puupylväiden kunnon tutkimukseen soveltuvia menetelmiä ovat seuraavat:

- Koepalan otto esimerkiksi poraamalla tai kairaamalla⁵³
- Kaiteen aiheuttamaan ääneen perustuva⁵⁴

⁵² Hampton C. Gabler, Douglas J. Gabauer & Carolyn E. Hampton. Criteria for Restoration of Longitudinal Barriers. NCHRP REPORT 656. Transportation Research Board, Washington, D.C. 2010.

⁵³ Brashaw, B.K., Vatalro, R.J., Wacker, J.P., Ross, R.J. (2005a). "Condition Assessment of Timber Bridges: 1. Evaluation of a Micro-Drilling Resistance Tool." *Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-159*, Madison, WI: USDA, Forest Products Laboratory.

⁵⁴ Seavey, R., Larson, R. (2002). "Inspection of Timber Bridges." *MN/RC – 2002-34*, St. Paul, MN: Minnesota Department of Transportation.

- Jännitysaallot⁵⁵
- Ultraääni⁵⁶
- Lähellä infrapunaa aallonpituutta⁵⁷
- Röntgen-säteet⁵⁸.

Edellä luetellut menetelmät ovat kuitenkin hitaita ja kalliita. Kaiteiden tarkastuksen automatisointiin on esitetty useissa tutkimuksissa myös laserkeilauksen pistepilviä. Yksi ratkaisumalli on pisteiden jaottelu aluksi maata kuvaaviin ja maan yläpuolisiin pisteisiin, joista maan yläpuoliset pisteet segmentoidaan eri esinekandidaateiksi ja pyritään tunnistamaan oikeiksi esineiksi kokoa ja muotoa kuvaavien ominaisuuksien perusteella. Kaiteiden osalta sisäiseksi tarkkuudeksi (precision: kuinka suuri osuus kaikista kaiteiksi luokitelluista pistejoukoista oikeasti oli kaiteita) ja herkkyydeksi (recall: miten hyvin malli onnistuu luokittamaan kaiteiksi kaikki oikeasti kaiteita kuvaavat pistejoukot) saatiin 93,2 ja 94,5%.⁵⁹ Toisessa menetelmässä lähtökohtana on edelleen pisteiden jaottelu maapisteisiin ja muihin, jonka jälkeen pistejoukkoon sovelletaan spatiaalista klusterointia sekä pisteiden lukumäärään, viivansovituksen virheeseen, rajoittavaan alueeseen sekä intensiteettiin perustuvaa suodatinta, jolloin sisäisessä tarkkuudessa päästiin 97,2 ja 96,4 prosenttiin.⁶⁰ Pistepilvien avulla voidaan periaatteessa tunnistaa vääntyneitä pylviä ja kaiteita, mutta ei korroosiota.

Kaiteiden kunnossapidon osana on tiedonkeruu, joka on jaettu rutiinitarkastukseen ja syvälliseen tarkastukseen. Rutiinitarkastuksessa tulisi tarkastaa W-kaiteista seuraavat seikat:

1. Onko kaide yleisesti kunnossa ilman ruostetta, onnettomuusvaurioita tai muita vääntymiä?
2. Onko kaikki pultit paikoillaan ja kireällä?
3. Ovatko kaiteet liitetty kunnolla päätyihin ja jatkoliitoksiin?
4. Onko kaiteiden väliin mennyt mitään kiinteitä esineitä kuten puita ja tankoja?
5. Onko kaide asennettu ja pysynyt oikealla korkeudella?
6. Onko kaiteen edessä mitään, joka voisi aiheuttaa auton ympäripyörähdysen?
7. Onko kaiteen etuosa tasainen?

Tarkempi tarkastus tulisi tehdä tien perusparannuksen yhteydessä.⁶¹ Kaiteiden hoivaatimukset ovat pienet sisältäen uusien pulttien kiinnittämisen ja lumenaurauksessa vääntyneiden tolppien suoristamisen. Onnettomuuden jälkeisessä kaiteiden

⁵⁵ Wacker, J.P., Wang, X., Kretschmann, D.E., Rammer, D.R. (2010). "Nondestructive Evaluation of Timber Highway Guardrail Posts." Proceedings of the 11th World Conference on Timber Engineering., Riva Del Garda, Italy. 20-24.

⁵⁶ Emerson, R., Pollock, D., McLean, D., Fridley, K., Ross, R., and Pellerin, R., 2002, "Ultrasonic Inspection of Large Bridge Timbers," *Forest Products Journal*, Forest Products Society, 52(9), 88- 95.

⁵⁷ Rammer, D. (2005). "Condition Assessment of In-Service Wood in Bridges and Structures by NIR Spectroscopy." *FPL RIP-4719-001*, Madison, WI: USDA, Forest Products Laboratory

⁵⁸ Wei, W., Leblon, B., La Rocque, A. (2011). "On the use of X-Ray Computed Tomography for Determining Wood Properties: A Review." *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 41(11), 2120-2140.

⁵⁹ Yang, B., Liu, Y., Liang, F., Dong, Z., 2016. Using mobile laser scanning data for features extraction of high accuracy driving maps, ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

⁶⁰ Jianlan Gao, Yiping Chen, José Marcato Junior, Cheng Wang. Rapid Extraction of Urban Road Guardrails From Mobile LiDAR Point Clouds. IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 29 September 2020.

⁶¹ Michael M. Marti, P.E. & Renae Kuehl, P.E., P.T.O.E. Guardrail Replacement and Maintenance Guidelines. Research Project Final Report #2010RIC13. Minnesota Department of Transportation Research Services Section. Minnesota, USA.

korjauksessa vaurioituneet tolpat, päädyt ja kaiteiden osat korjataan tai vaihdetaan.

Eri kaidetyypeille tehtiin Kansasissa liikenneturvallisuussimulointi ja onnettomuuksien kustannusarviot, joiden perusteella tehtiin kolmeen toimenpiteeseen perustuva työohjelma. Toimenpiteet olivat 1 – ei tehdä mitään, 2 – kaiteen poisto, 3 – kaiteen vaihtaminen. Toimenpiteet perustuvat hyöty/kustannus -analyysiin ja lopputuloksena on ohjeet toimenpiteille perustuen liikennemääriin, tien geometriaan, kaiteen tyyppiin, kaiteen etäisyyteen tiestä, mäkisyyteen ja pudotuksen korkeuteen. Tutkimuksen lopputulosten avulla on mahdollista optimoida kaiteiden soveltuvuus eri kohteisiin, mutta ei varsinaista vaurioituneiden kaiteiden kunnossapitoa.⁶²

Kaiteiden kunnossapito on useimmiten reaktiivista eli korjaus ja kaiteiden vaihto perustuu tapahtuneisiin onnettomuuksiin ja tarkastuksissa todettuihin vaurioihin. Rappeutumismalleja ei usein ole määritelty ja vaatisi pidemmän aikavälin johdonmukaisesti kerättyä kuntotietoa.⁶³

Esimerkiksi Floridassa kaiteet tulee korjata tai vaihtaa mikäli kaiteen pituudesta on vaurioitunut tai mennyt huonokuntoiseksi yli 50 %.⁶⁴

Utahin osavaltiossa sovelletaan yksinkertaista rappeutumismallia, jossa kaide siirtyy kuntoluokasta huonompaan 2,5 vuoden välein.⁶⁵ Markovin ketjujen kaltaisia malleja on myös luotu, missä on arvioitu todennäköisyydet, joilla kaiteiden kunto heikkenee kuntoluokasta toiseen. Esimerkiksi viiden kuntoluokan mallissa käytettiin taulukon 6 siirtymämatriisia vuosittaisiksi kaiteiden kunnan muutostodennäköisyyksiksi.

Taulukko 6. Kaiteiden kunnan siirtymämatriisi.⁶⁶

T / T+1	A	B	C	D	E
A	67%	18%	8%	5%	2%
B		43%	43%	12%	2%
C			35%	40%	25%
D				45%	55%
E					100%

Kuntoluokkien määritelmät ja tehtävät toimenpiteet on esitetty taulukossa 7.

⁶² Wiebelhaus, M., Lechtenberg, K., Sicking, D., Faller, D., and Rosenbaugh, S. (2013). Cost- Effective Treatment of Existing Guardrail Systems. MwRSF Research Report No. TRP- 03-254-13.

⁶³ Seattle Department of Transportation (SDOT). (2015). SDOT Asset Management Status and Condition Report.

⁶⁴ Florida Department of Transportation (FDOT). (2015). "Data Collection for Maintenance Rating Program." FDOT Maintenance Rating Program Handbook.

⁶⁵ Utah Department of Transportation (UDOT). (2012). "Maintenance Management Quality Assurance Plus (MMQA+) Inspection Manual."

⁶⁶ Gutierrez, Sandra N., "Asset Management Support Tools to Assist Agencies in the Development of Guardrail Preservation Programs" (2017). *Open Access Theses & Dissertations*. 462.

Taulukko 7. Kuntoluokkien määritelmät.⁶⁷

Luokka	Selite	Vaurioprocentti	Kunnossapito
A	Erittäin hyvä	0–10	Ei toimenpiteitä
B	Hyvä	10–20	100 % kunnossapito
C	Tyydyttävä	20–30	60 % kunnossapito, 40 % vaihto
D	Huono	30–40	20 % kunnossapito, 80 % vaihto
E	Erittäin huono	> 40	100 % vaihto

Ensisijainen käyttökohde sovelletulle mallille on vuosittaisen rahoitustarpeen arviointi ja eri kunnossapitostrategioiden testaaminen.⁶⁸ Mallin avulla voidaan myös ennustaa kunnostusta kaipaavat kaiteet ja täten luoda yksityiskohtaisia vuosittaisia kunnossapitosuunnitelmia.

Kohteiden priorisoinnissa on kunnan lisäksi huomioitu myös muita tekijöitä kuten ulosajo-onnettomuuksien lukumäärää ja osuutta, liikennemäärää, nopeusrajoitusta, kaistojen ja tienreunojen leveyttä, pengerryksen korkeutta ja jyrkkyyttä.⁶⁹ Liikennemerkkien ja kaiteiden kunnossapidon aikataulun optimointiin on esitetty myös geneettisiä algoritmeja. Kaiteiden elinkaareksi saatiin 12 vuotta ja liikennemerkkien osalta 8 vuotta.⁷⁰

3.4 Yhteenveto kansainvälisestä tutkimustyöstä

Liikennemerkkien ja kaiteiden osalta on tehty lineaarisia ja epälineaarisia ennustemalleja lineaarisen regression ja Markovin ketjujen avulla, joita voidaan käyttää rahoitustarpeiden ja kunnossapidon suunnitteluun. Liikennemerkkien osalta kalvon tyyppin sekä ilmaston ja merkin iän on todettu vaikuttavan tilastollisesti kuntoon. Sekä liikennemerkkejä sekä kaiteita inventoidaan edelleen visuaalisesti, vaikka heijastusmittareita sekä kuvantunnistusalgoritmeja on sovellettu liikennemerkkien kunnan arviointiin.

⁶⁷ Gutierrez, Sandra N., "Asset Management Support Tools to Assist Agencies in the Development of Guardrail Preservation Programs" (2017). *Open Access Theses & Dissertations*. 462.

⁶⁸ Gutierrez, Sandra N., "Asset Management Support Tools to Assist Agencies in the Development of Guardrail Preservation Programs" (2017). *Open Access Theses & Dissertations*. 462.

⁶⁹ Center for Risk Management of Engineering Systems, University of Virginia. Risk-Based Management of Guardrails: Site Selection and Upgrade. FHWA/NTRC 02-C15, December 2001.

⁷⁰ Avijit Maji and Manoj K. Jha. Modeling Highway Infrastructure Maintenance Schedules with Budget Constraints. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board · January 2007

4 Käytännöt eri maissa

4.1 Norja (Vegvesen)

Norjan tiehallinto (Statens Vegvesen) oli ennen vuotta 2020 organisoitu 19 lääniin, jotka kaikki kuuluivat Vegvesen:in alaisuuteen. Vuonna 2020 organisaatiota muutettiin siten, että 11 maakuntaa vastaa alemman tieverkon (44 600 km) suunnittelusta, rakentamisesta ja kunnossapidosta. Statens Vegvesen (eng. NPRANorwegian Public Road Administration) vastaa ylemmästä tieverkosta (10 700 km). Lisäksi on Nye Veier -yhtiö, joka vastaa moottoriteistä. Maa on jaettu 30 kunnossa-pitourakka- alueeseen, joiden urakkasopimukset ovat viiden vuoden pituisia.

4.1.1 Tiedonkeruu ja hyödyntäminen

4.1.1.1 Liikennemerkit

Norjassa liikennemerkkien materiaalit, suunnittelu ja käyttö on määritelty kansallisissa standardeissa.⁷¹

Norjassa liikennemerkkien kuntoa arvioidaan visuaalisesti, ja kuntoinventoinneissa ei käytetä mitään laitteistoa. Liikennemerkkien näkyvyyttä (paluuheijastavuutta) ei mitata. Liikennemerkkien omaisuuden hallinta ja kunnossapito nähdään puutteelliseksi. Liikennemerkkien kuvaus ja tunnistus nähtäisiin hyödylliseksi. Liikennemerkkien kuntoa rasittavat erityisesti Norjan lumiolosuhteet, kun taas UV-säteilyn osuutta merkkien kulumisessa ei nähdä suureksi. Liikennemerkkien vaihto tehdään aikaisintaan vasta ensimmäisen 10 vuoden jälkeen. Vaihdeettavien liikennemerkkien osuus vuodessa kokonaismäärästä ei ole tiedossa, eikä myöskään liikennemerkkien vaihdon kokonaiskustannukset.⁷²

4.1.1.2 Kaiteet

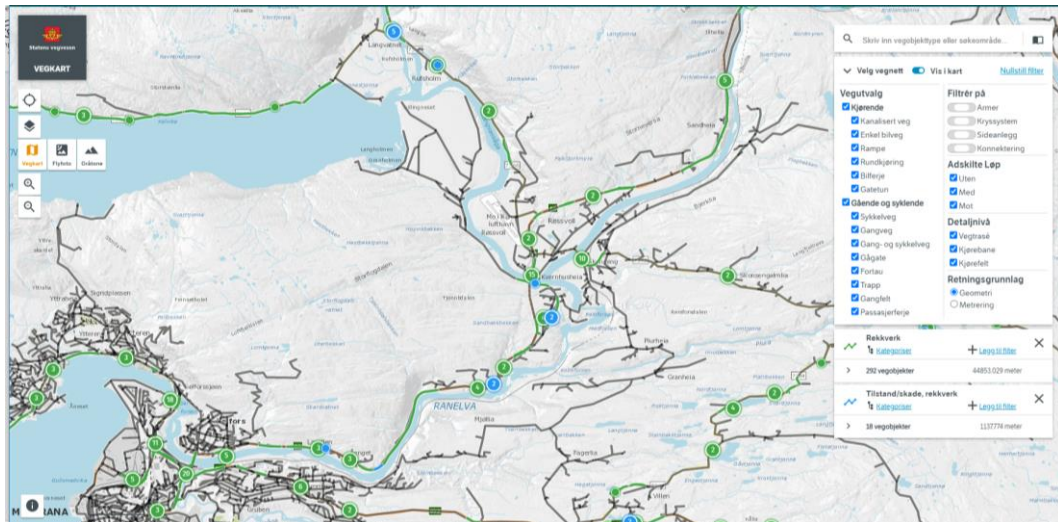
Norjan Tiehallinnon vastuulla on 7 200 km kaiteita. Kaiteiden kuntoa arvioidaan toistaiseksi visuaalisesti ja manuaalisesti. Inventointityö todettiin hitaaksi ja kalliiksi. Työ etenee noin 15 km/h ja maksoi esimerkiksi vuonna 2019 noin 17 miljoonaa NOK (~1,65 miljoonaa €), kun koko kaideomaisuus käytiin läpi. Tämä vuoksi on kehitelty uusia menetelmiä kaiteiden kuntotutkimuksiin, käyttämällä esimerkiksi konenäköä. Koko kaideomaisuus käydään tarkasti läpi viiden vuoden välein. Näissä tarkastuksissa inventoidaan kunnan lisäksi mm. kaiteen korkeus ja linjaus. Inventointitiedot tallennetaan Vegvesenin Tierekisteriin. Tämän manuaalisen inventoinnin aikana irronneiksi havaitut kiinnityspultit korjattiin paikan päällä. Korjattavia pultteja löytyi peräti 10 000 kpl viimeisellä tarkastuskierroksella. On epäily, että pultit on alun perinkin kiinnitetty huonosti tai mahdollisesti ei lainkaan. Luonnollisesti myös lumikuorma aiheuttaa painetta kaiteisiin ja voi irrottaa pultteja. Viisivuotistarkastuksen lisäksi tehdään vuosittaisia kuntoinventointeja yleisemmällä tasolla. Myös viikoittaisessa rutiinitarkistuksessa korjataan äkilliset vauriot (kolari-

⁷¹ Vegvesen; Manual N300 – Traffic Signs

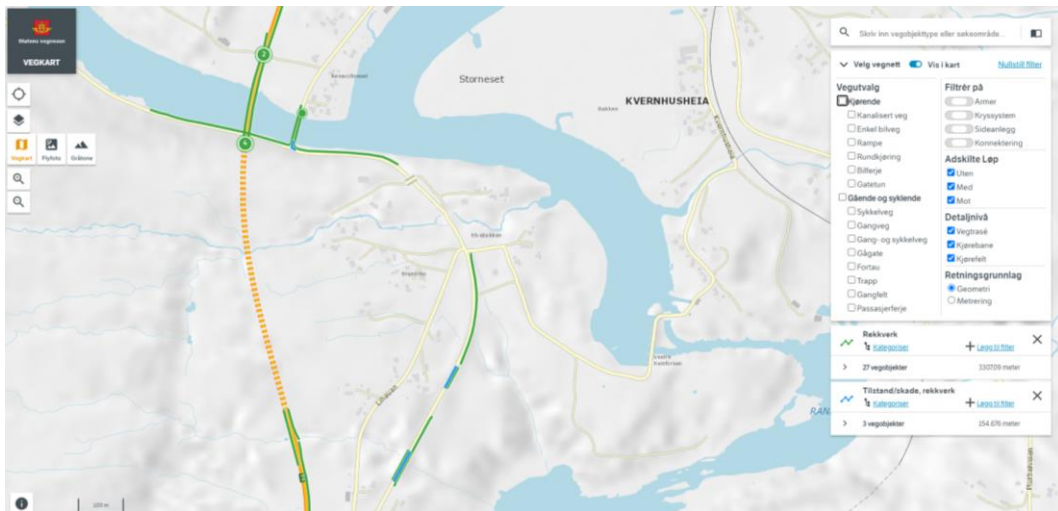
⁷² RMSF, Road markings and signs for the future. Study on common specifications for road markings and signs. Questionnaire to Vegvesen 2021.

vauriot). Vuosittaisista ja viisivuosisista tarkistuksista ollaan kuitenkin luopu-
massa uuden teknologian sen mahdollistaessa. Norjan kaiteet kuuluvat aeraus-
kestävyysluokkaan 3.

Norjassa on otettu käyttöön muoviputkesta valmistetut kaidepylväät. Koeauraus-
ten perusteella joustava pylväs vähentää 3 mm johteen ja johderuuvien rasituksia
ja deformaatiota merkittävästi. Norjassa oli 70–90-luvuilla myös puupylväskaiteita.
Kaiteet eivät kestäneet törmäyksiä kunnolla (ehkä lahoamisen vuoksi) ja niiden
pylväitä, luultavasti johdekin vaihdettiin aika pian.



Kuva 2. Vegvesenin Tierekisterin web-katselusovellus. Kuvassa vihreällä kaiteiden
lukumäärä ja sinisellä vaurioituneet kaiteet.⁷³



Kuva 3. Norjan Tierekisterin web-katselusovellus. Lähempi kuva kaiteiden
sijainnista. Sinisellä vaurioituneet kaiteet.⁷⁴

Yhtenä tyypillisimmistä vaurioista ovat irronneet ja puuttuvat kiinnityspultit teräs-
palkkikaiteessa johteiden liitoskohdissa kuvan 4 mukaisesti.

⁷³ Statens Vegvesen, Norja

⁷⁴ Statens Vegvesen, Norja



Kuva 4. Vaarallinen vaurio johtuen irronneista kiinnityspulteista.⁷⁵

4.1.2 Kehitystarpeet

Koska kaiteiden manuaaliset viisivuotistarkastukset ovat hitaita ja kalliita, niistä on toistaiseksi luovuttu ja alettu tutkimaan konenäön tuomia mahdollisuuksia nopeassa tiedon tuottamisessa. Testatussa menetelmässä kamerat asennetaan ajoneuvon takapalkkiin siten, että ne osoittavat kaiteen suuntaan kaiteen korkeudella. Ajonopeus voi olla maksimissaan 80 km/h. Konenäkö pystyy luokittelemaan erilaisia vaurioita sekä löytämään puuttuvat kiinnityspultit. Myöskin kaiteen tarkka sijaintitieto, pylväiden etäisyys ja kaiteen tyyppi saadaan kerättyä. Menetelmän on kehittänyt norjalainen iSi inSight -niminen yritys ja laitetta on testattu Vegtilsynetin⁷⁶ toimesta. Tarkoitus on korvata manuaaliset mittaukset konenäköön perustuvilla inventoinneilla lähiaikoina.

⁷⁵ Statens Vegvesen, Norja

⁷⁶ <https://vegtilsynet.com/joining-forces-for-a-safe-road-system>



Kuva 5. Kaiteiden kuvaaminen etenee maksimissaan 80 km/h.⁷⁷



Kuva 6. Konenäkö kerää tietoa kunnosta, kaiteen korkeudesta ja sijainnista.⁷⁸

Jos konenäkömalli päätetään ottaa käyttöön, mittaukset tehtäisiin vuosittain koko kaideomaisuudelle. Tällä hetkellä tehdään vertailumittauksia konenäön ja visuaalisen inventoinnin välillä. Mittausten lopullinen kilometrihinta ei ole vielä tiedossa.

Kaiteille ei ole olemassa minkäänlaista kunnan ennustamisen mallia. Tyypillinen elinkaari kaiteelle on 40 vuotta, mutta Norjan lumiset talvet ja sen myötä usein toistuvat talvikunnossapitotoimenpiteet vähentävät kestoikää.

⁷⁷ iSi inSight

⁷⁸ iSi inSight

4.2 Tanska (Vejdirektoratet)

Tanskan Tiehallinto (Vejdirektoratet) hallinnoi 3 911 km tieverkkoa sekä lisäksi 41 kilometrin pituudelta salmien ylittäviä siltoja ja pengerteitä (2021)⁷⁹. Päälysteitä (myös kävely- ja pyörätiet) ja siltoja on hallinnoitu omassa järjestelmässä pitkään, mutta nyt on siirrytty käyttämään uutta dTIMS järjestelmää (Deighton Total Infrastructure Management System), joka sisältää mm. myös kaiteiden kunnonhallinnan. Tanskassa on noin 2 500 – 3 000 km kaiteita ja noin 100 000 liikennemerkkiä.

4.2.1 Liikennemerkkit

Tanskassa liikennemerkkien kuntotutkimukset ovat olleet tähän asti ainoastaan visuaalisia kuntoarvioita. Liikennemerkkien ja kaiteiden kunnonennustamisessa ei ole käytössä vaurioitumismalleja. Auringonvalon on todettu nopeuttavan liikennemerkkien ja kaiteiden kulumista. Liikennemerkkien uusimiseen ei koeta olevan tarpeeksi rahaa. Huonokuntoisten liikennemerkkien määrä ei ole kovin hyvin tiedossa. Hoitourakoitsijat rekisteröivät haalistuneet ja kuluneet merkit vuosittain. Rikkoutu- neet merkit uusitaan saman tien ilman suunnitelmia. Nykybudjetti liikennemerkkien ylläpitoon on 3–4 miljoonaa Tanskan kruunua vuosittain (noin 400 000 – 540 000 €). Iso osa rahoita menee vaurioituneiden liikennemerkkien uudelleen asentamiseen.

Liikennemerkkien kunnon ennustamiseen suhtaudutaan epäilevästi. Liian monet asiat vaikuttavat kunnon kehittymiseen, kuten esimerkiksi kalvomateriaalin laatu ja työn laatu. Jos asiaa katsoisi tilastollisesti, arvioidaan, että vaurioitumiskäyrät näyttäisivät samalta kaikille merkeille. Liikennemerkkin elinkaari on 15–25 vuotta ja vuosittain vaihdetaan 2 000 liikennemerkkiä joko kulumisen tai vaurioitumisen vuoksi. Liikennemerkkivalmistajien takuu-aika kunnolle on 8 vuotta.

4.2.2 Kaiteet

Kaiteita tutkitaan hoitourakoitsijan ja myös tienpitäjän toimesta visuaalisesti. Vaurioituneet ja ruostuneet kaiteet vaihdetaan, prioriteettijärjestyksessä (tieluokka). Kaiteiden jäljellä olevaa ikää on arvioitu myös tutkimalla galvanisoinnin paksuutta siihen tarkoitettulla instrumentilla. Mittaukset tekee konsultti, ja se todettiin kalliiksi ja hitaaksi toteuttaa. Tuloksena tästä inventoinnista saadaan tieto, milloin galvanisointi on kulunut loppuun, jonka jälkeen alkaa ruostuminen ja kaide pitää vaihtaa viiden vuoden sisällä. Liikenneturvallisuusosasto tutkii myös kaiteiden kuntoa ja etsii kohteita, joissa tarvittaisiin kaide. Tanskan kaiteet kuuluvat aurouskestävyysluokkaan 3.

Ongelmana on ollut eri kaidetoimittajien laadussa aikaisempina vuosina. Nykyään vaaditaan 100 mikrometrin galvanisointipaksuus. Tyypillinen kaiteen elinkaari on todettu olevan noin 50 vuotta.

4.2.3 Kehittämistarpeita

Liikennemerkkien viemistä dTIMS järjestelmään on valmisteltu. Koska liikennemerkkin luettavuus voi olla eri päivän valossa kuin pimeällä, on pohdittu paluuheijastavuusmittausten tekemistä ja tiedon tallennusta dTIMS järjestelmään. Mittaukset on

⁷⁹ <https://www.vejdirektoratet.dk/>

tosin koettu kalliiksi ja hitaiksi. Kaiteiden kuntotutkimuksiin on haussa uusi systemaattisempi ja automaattisempi menetelmä.

4.3 Viro

Viron liikennevirasto (Transpordiamet) hallinnoi 16 668 km teitä, kun koko maassa on kaikkiaan noin 59 000 km tieverkkoa.⁸⁰

4.3.1 Liikennemerkkien ja -opasteiden hallinta

Tierekisterin mukaan (15.11.21) on Viron valtioneilla noin 87 670 liikennemerkkiä ja -opastetta. Liikennemerkeistä ja -opasteiden osalta on rekisterissä merkin numero, sen kokoluokka ja materiaalin tyyppi. Rekisterissä ei ole tietoa merkin asennusajasta ja niiden kunnosta.

Liikennemerkeille ja opasteille ei ole määritelty kuntoluokkia. Vaatimuksissa on sanottu, että liikennemerkkien ja opasteiden tulee olla puhtaita, luettavia ja heijastavia 30 metrin etäisyydeltä ja 95 % niiden pinnasta tulee olla ilman vaurioita. Liikennemerkkien ja opasteiden paluuehjästävyyttä tarkistetaan satunnaisesti, muuten tehdään päätös merkkien kunnosta visuaalisen arvion perusteella.

Päätöksen liikennemerkkien vaihtamisesta tekevät TRAM:n (Transport Administration) huoltoinsinööri ja liikenteenohjaaja. Tarvittavat päätökset tehdään joko yhdessä valtion teiden tarkastuksen aikana tai havaitsemalla ongelmakohtia maanteillä ajettaessa.

Liikennemerkin vaihtamisen yksikköhinta riippuu pitkälti merkin koosta ja käytetystä materiaalista, olleen 60 € – 120 € välillä. Valtion teiden liikennemerkkien ja opasteiden ylläpito, vaihto ja uusien lisääminen on hoidettu periaatteessa kahdella eri sopimuksella.

4.3.2 Teiden hoitourakka

Liikennemerkkien ja opasteiden vuosittainen huolto (vaihto, puhdistus, luettavuus, tolppien suoristus jne.) tehdään hoitosopimusten mukaisesti. Liikennemerkkien kunnan tarkastaa silmämääräisesti TRAM:n edustaja (huoltoinsinööri) yhdessä huoltourakoitsijan kanssa, samalla tarvittaessa päätetään liikennemerkkien vaihdosta. Yleinen teiden tarkastus (myös liikennemerkit) tehdään säännöllisesti kahdesti vuodessa – keväällä ja syksyllä. Teiden kuukausitarkastuksessa ajetaan läpi 30 % kunnossapitoalueen tieverkosta, jonka aikana myös liikennemerkkien ja opasteiden kunto selvitetään visuaalisesti. Liikennemerkkien ja opasteiden kunto määräytyy Valtioneiden hallintaohjeen (MA 2018-008) perusteella. Ohjeessa on asetettu vaatimukset liikennemerkkien materiaaleille ja niiden paluuehjästävyydelle. Liikennemerkeille ja opasteille ei ole määritetty kuntoluokkia.

4.3.3 Puitesopimus

Tieverkolle uusien liikennemerkkien ja opasteiden lisäämiseen ja vanhentuneiden merkkien vaihtamiseen on käytössä puitesopimus. Valtioneiden liikenteenohjaus-

⁸⁰<https://www.transpordiamet.ee/en/node/39>

töiden puitesopimus vuosille 2019–2021 sisältää liikenteenohjauslaitteiden valmistuksen tai hankinnan, asennuksen, siirron ja poiston. Siihen kuuluvat liikennemerkit (mukaan lukien opasteet), kaiteet, joustavat pystykyltit, heijastimet, liikennepeilit, korkeat liikennemerkit. Tämän sopimuksen puitteissa tehtävien töiden määrä riippuu tietyn alueen vuosibudjetista ja luettelon sopimukseen sisältyvistä töistä laatii alueen TRAM:n liikennepäällikkö.

4.4 Yhteenveto kansainvälisestä katsauksesta

Haastatelluissa organisaatioissa liikennemerkkien ja kaiteiden omaisuuden hallinta ja kunnossapito nähdään puutteelliseksi, johtuen pääasiassa omaisuuserä pienuudesta. Manuaaliset kuntoinventoinnit nähdään kalliina ja työläänä toteuttaa, josta syystä odotukset on ladattu konenäkömallien tuottamaan automaatioon lähitulevaisuudessa. Norjassa on saatu lupaavia tuloksia konenäkömallin käytöstä kaiteiden inventoinneissa. Liikennemerkkien kuntoinventointiin ei ole kokeiltu konenäkömalleja.

5 Kunnan ennustaminen

Koko Suomen Väylän tieverkolla olevien liikennemerkkien tulevan rahoitustarpeen arvioimiseksi mallien lisäksi lähtötietoina tarvitaan yksittäisen liikennemerkin vaihtamisen kustannusarvio sekä eri kuntoluokissa olevien merkkien lukumäärät. Taulukossa 8 on kaikkien liikennemerkkien jakautuminen kuntoluokittain.⁸¹

Taulukko 8. Liikennemerkkien kuntojakauma 2021 (Tierekisteri).

Kuntoluokka	Lukumäärä	Osuus (%)
5: Erittäin hyvä	199 266	33,2
4: Hyvä	210 075	35,0
3: Tyydyttävä	134 109	22,4
2: Välttävä	36 494	6,1
1: Huono	19 851	3,3
0: Tieto puuttuu	15 957	2,6
Yhteensä	615 752	

Kaiteiden rahoitustarpeen arvioimiseksi tarvitaan kaiteen ikätieto ja turvallisuuteen vaikuttavat tekijät. Kaide katsotaan fysikaalisen kunnan puolesta olevan käyttökelpoinen ainakin ensimmäiset 40 vuotta, jonka jälkeen kaide siirtyy kunnan puolesta tarkkailtavaksi.

5.1 Kerätyt tiedot liikennemerkeistä

Liikennemerkkien kuntoluokitus on viisiportainen, jossa kunnan arvoon vaikuttaa vain merkkitaulu. Liikennemerkkien kunnan ennustamisen lähtökohtana oli kuntoluokituksen aikasarjat. Sopivia aikasarjoja löytyi seuraavista ELY-keskusten hoitourakoista: Vantaa, Orivesi, Lieto ja Kangasala. Yhteenvedo mallinnuksen lähtötiedoista on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Yhteenvedo lähtötiedoista.

	Vantaa	Orivesi	Lieto	Kangasala
Merkkien lukumäärä vuonna 2010–2011	5 441	6 528	5 348	5 894
Merkkien lukumäärä vuonna 2014–2016	12 109	6 289	5 023	5 677
Merkkien lukumäärä vuonna 2019–2020	11 323	7 965	5 275	6 128
Keskimääräinen kunto 1. inventoinnissa	3.89	3.95	4.00	4.08
Keskimääräinen kunto 2. inventoinnissa	3.86	3.99	3.99	4.09
Keskimääräinen kunto 3. inventoinnissa	3.86	3.75	4.12	3.75
Merkkien lukumäärä, joista 1. ja 2. inventointitieto	1 223	4 678	4 079	4 360
Merkkien lukumäärä, joista 2. ja 3. inventointitieto	2 641	2 185	3 259	1 853
Merkkien lukumäärä, joista 1., 2. ja 3. inventointitieto	388	1 940	3 077	1 570

Inventoinnit tapahtuivat Vantaalla vuosina 2010, 2014 ja 2019; Orivedellä vuosina 2011, 2016 ja 2020; Liedossa vuosina 2010, 2015 ja 2019 ja Kangasalla vuosina

⁸¹ Väylävirasto. Liikennemerkkiselvitys. Väyläviraston sisäinen selvitys 01/2021.

2011, 2016 ja 2020. Nämä on taulukossa 8 nimetty inventointeina 1, 2 ja 3. Liikennemerkeillä ei ole yksilöintitunnusta, joka säilyisi eri inventointien välillä, joten yksittäisen liikennemerkin eri vuosien kuntotiedot on saatu käyttämällä tietä, ajorataa, tieosaa, etäisyyttä, asennuspuolta, materiaalia, kiinnitystapaa sekä asetusnumeroa liikennemerkkien yksilöintiin. Etäisyys ei välttämättä ole mitattu metrilleen samalla tavalla, joten tässä käytettiin vaihteluvälinä ± 10 metriä.

Kuntoinventointitietojen perusteella osan merkkien kuntoluokka on parantunut, mikä voi johtua heikkokuntoisen merkin vaihtamisesta uuteen, vääntyneen tolpan suoristamisesta tai virheellisestä visuaalisesta inventoinnista.

Taulukon 10 arvojen perusteella näyttää siltä, että joko liikennemerkkien kunto ei ole juurikaan huonontunut erityisesti Liedossa tai inventoinnin laatu ei ole riittävän korkea. Taulukossa 10 on esitetty eri inventoinneissa liikennemerkkien kuntoluokan heikkenemisen prosenttiosuus ja se näyttää olevan erityisen matala Liedossa sekä Kangasalan ja Oriveden ensimmäisissä inventoinneissa.

Taulukko 10. Kuntoluokaltaan huonontuneiden merkkien osuus.

	Vantaa	Orivesi	Lieto	Kangasala
1. ja 2. Inventointi	486 (39.7 %)	10 (0.2 %)	7 (0.2 %)	4 (0.1 %)
2. ja 3. Inventointi	654 (24.8 %)	1 557 (71.2 %)	0 (0 %)	1 370 (73.9 %)

Taulukossa 11 katsotaan tarkemmin merkkien kunnan muuttumista inventointien välillä, missä kaikki inventoinnit ovat laitettu yhteen Vantaan osalta. Keltaisella värillä on merkitty ne liikennemerkit, jotka ovat mukana mallinnuksessa. Vihreällä on merkitty merkit, jotka ovat todennäköisesti uusittu, koska merkkien kunto on parantunut. Violetit merkit ovat elinkaarensa päässä. Punaisella on merkitty mahdolliset virheinventoinnit. Jos esimerkiksi merkki siirtyy kuntoluokasta 4 kuntoluokkaan 5, niin joko merkki on virheellisesti inventoitu tai vaihdettu (turhaan). Myös kuntoluokasta 2 tai 1 siirtyminen kuntoluokkaan 3 ei lähtökohtaisesti tarkoita uusittua merkkiä, koska uuden liikennemerkin kuntoluokan tulisi olla 5.

Taulukko 11. Kuntoluokkien siirtymämäärät Vantaalla .

T	T+4 ja T+5				
Kuntoluokka	5	4	3	2	1
5	323	478	45	6	0
4	108	1503	464	59	14
3	45	206	275	24	10
2	9	75	26	40	2
1	7	73	11	1	22

	Todennäköisesti uusitut merkit, ei mukana mallinnuksessa
	Todennäköisesti normaalisti kuluneet merkit mukana mallinnuksessa
	Mahdollinen virheinventointi, ei mukana mallinnuksessa
	Elikaaren päässä, ei mukana mallinnuksessa

Vastaavasti taulukossa 12 olevien Liedon merkkien siirtymät kuntoluokkien välillä näyttävät taulukossa 10 havaitun epärealistisen tilanteen, missä merkkien kunto ei ole juurikaan muuttunut inventoijien mielestä.

Taulukko 12. Kuntoluokkien siirtymämäärät Liedossa.

T	T+4 ja T+5				
Kuntoluokka	5	4	3	2	1
5	3 624	0	3	0	1
4	4	1 868	3	0	0
3	4	0	450	0	0
2	4	0	0	508	0
1	2	0	0	0	867

Taulukossa 13 on Oriveden urakka-alueen inventointitiedot.

Taulukko 13. Kuntoluokkien siirtymämäärät Orivedellä.

T	T+4 ja T+5				
Kuntoluokka	5	4	3	2	1
5	1 257	148	264	74	24
4	175	2 484	599	211	73
3	92	34	869	96	42
2	35	10	12	217	36
1	10	3	1	3	94

Taulukossa 14 on Kangasalan urakka-alueen inventointitiedot.

Taulukko 14. Kuntoluokkien siirtymämäärät Kangasalla.

T	T+4 ja T+5				
Kuntoluokka	5	4	3	2	1
5	1924	152	418	164	25
4	40	1546	301	130	34
3	29	39	973	101	25
2	10	9	13	207	24
1	1	3	2	1	42

Taulukon 10 prosentiosuuksien perusteella voidaan todeta, että mitään Liedon inventointitietoja ja Oriveden sekä Kangasalan ensimmäistä inventointitietoja ei voida käyttää. Liedon inventoinneissa on tuntemattomasta syystä hyvin vähäisessä määrin muutoksia, kun verrataan eri vuosien mittauksia keskenään. Mielenkiintoista on, että Oriveden sekä Kangasalan toisen ja kolmannen välillä yli 70 % liikennemerkkien kuntoluokista on huonontunut, kun taas Vantaalla prosentiosuus on maksimissaan 40. Myös Vantaan kolmas inventointi jätetään tästä syystä pois mallinnuksesta. Syyt voivat olla inventoinnin laatueroissa tai maantieteellisen sijainnin vaikutuksesta vaurioitumisnopeuteen.

Mallinnukseen otetaan mukaan ne liikennemerkit, joiden kunto on joko pysynyt samana tai huonontunut neljän-viiden vuoden mittausvälien aikana pois lukien merkit, jotka ovat olleet huonoimmassa luokassa kahden mittauksen aikana. Näiden merkkien osalta on taulukossa 15 esitetty yhteenveto mallinnuksessa mukana olevista merkeistä saatavilla olevasta yleisestä tiedosta. Huomioitavaa, että tarkastelussa ei ole yhtään Pohjois-Suomen urakka-aluetta, jossa olosuhteet voivat olla kovemmat pidemmän talven vuoksi.

Taulukko 15. Yhteenveto saatavilla olevasta yleisestä tiedosta.

Ominaisuus	Vantaa	Orivesi	Kangasala
Merkkejä yhteensä	3 478	2 185	1 853
Puoli: oikea	1 557	1 058	890
Puoli: vasen	1 365	1 010	867
Puoli: keskellä	429	114	97
Puoli: ajoratojen välissä	127	9	0
Materiaali: vaneri	2 771	1 991	1 657
Materiaali: alumiini	702	199	196
Materiaali: muu	4	1	1
Kiinnitys: putkivarsi	3 354	2 033	1788
Kiinnitys: kokoportaaali	77	3	0
Kiinnitys: puoliportaali	24	11	3
Kiinnitys: kehys	5	0	0
Kiinnitys: kiinni muussa raken- teessa	18	144	63

5.2 Kerätyt tiedot kaiteista

Kaiteiden lähtötietoina käytettiin julkisesti Väyläviraston Tierekisterin latauspalvelusta saatavilla olevia tietoja kaiteiden inventoinneista sekä tieverkon teknisistä toimenpiteistä. Selvityksessä käytettiin seuraavia tietueita (TL501 Kaiteiden inventointitiedot, TL133 Tekniset toimenpiteet):

- Kaiteiden materiaali (S_KAIDEMAT)
- Pylväiden tyyppi (S_KAIDEPYL)
- Kolhiintunut osuus (KAIDEKOLH)
- Ruostunut osuus (KAIDERUOST)
- Huonokuntoisen maalauksen osuus (KAIDEMAAL)
- Kaide nollaamatta (NOLLAAMA)
- Matalalla olevien osuus (KAIDEMATAL)
- Voittuneiden pylväiden lukumäärä (PYLVASVIKA)
- Vinossa olevien kaiteiden osuus (KAIDEVINOS)
- Vaurioituneiden kiinnitysten lukumäärä (KIINNVAUR)
- Muiden vaurioiden osuus (MUUVAURIO)
- Tekninen toimenpide (TP)
- Tiedon voimaantulon päivämäärä (ALKUPVM).

Tietotasojen yhdistelyssä käytettiin seuraavia tietueita:

- Tien numero (TIE)
- Ajoradan numero (AJR)
- Alkupisteen tieosa (AOSA)
- Alkupisteen etäisyys (AET)
- Loppupisteen tieosa (LOSA)
- Loppupisteen etäisyys (LET).

5.3 Tiedon muokkaaminen

Kaiteiden ja teiden teknisten toimenpiteiden tiedoista etsittiin arvioita siitä, kuinka monta kilometriä kaiteita tulisi inventoida ja korjata nykytietojen valossa. Taulukossa 16 on esitetty kaiteiden lukumäärät ja pituudet pylvästyyppien mukaan.

Taulukko 16. Kaiteiden lukumäärät ja pituudet pylvästyyppien mukaan.

Pylvästyyppi	Lukumäärä	Pituus (km)	Keskimääräinen pylvästiheys (m)
I tai U160	25 881	1 886,574	13,7
U-100	51 737	5 167,282	10,0
Betoni	3 216	204,265	15,7
Ratakisko	844	74,925	11,3
Muu	69	11,247	6,1
Ei tietoa	589	24,948	

Betonista ja ratakiskoista valmistetut kaidepylväät eivät vastaa nykyisiä vaatimuksia toiminnallisuuden ja liikenneturvallisuuden suhteen. Pylväät ovat törmäystilanteissa joustamattomia aiheuttaen vaaratilanteita. Taulukossa 17 on esitetty näiden kaiteiden lukumäärät ja pituudet jaoteltuna teiden vilkkauksen mukaan betoni ja ratakiskopylväskaitteille⁸². Kokonaispituus on noin 151 km.

Taulukko 17. Kaiteiden lukumäärät ja pituudet pylvästyyppien mukaan vilkkailla teillä.

Pylvästyyppi	Kaikki tiet joissa nopeusrajoitus (≥ 60 km/h)		Joista, KVL ≥ 1500, ≥ 80 km/h		Joista, KVL ≥ 6000, ≥ 100 km/h	
	Lukumäärä	Pituus (km)	Lukumäärä	Pituus (km)	Lukumäärä	Pituus (km)
Betoni	1 374	103,5	207	23,1	15	1,4
Ratakisko	432	47,7	128	17,8	15	3,3
Kokonaispituus		151,0		40,9		4,7

Taulukossa 18 on puolestaan esitetty, kuinka paljon eri materiaalista tehtyjä kaidejohteita on.

Taulukko 18. Kaiteiden lukumäärät ja johteiden pituudet materiaalin mukaan.⁸³

Johteen materiaali	Lukumäärä	Pituus (km)
Alumiini	53	5,125
Betoni	142	21,451
Metalli	81 223	7 271,968
Puu	327	12,841
Teräs	367	36,223
Muu	47	10,237
Ei tietoa	177	11,396
Yhteensä	82 336	7 369,241

⁸² Tierekisteri 01/2022

⁸³ Tierekisterin mukaan, 2021

Taulukossa 19 on esitetty kaiteiden lukumäärät ja pituudet sen mukaan, onko merkittävästä teknisestä toimenpiteestä tiellä kulunut yli vai alle 40 vuotta, jota pidetään järkevänä rajana inventointien aloittamiselle.

Taulukko 19. Kaiteiden lukumäärä ja pituus toimenpiteen iän mukaan.

Toimenpide	Yli 40 vuotta	Alle 40 vuotta
Rakennusvuosi	5 911 (724,910 km)	15 693 (1 852,136 km)
Suuntauksen parannusvuosi	8 623 (779,660 km)	6 607 (495,823 km)
Rakenteen parannusvuosi	7 271 (452,487 km)	10 785 (674,926 km)
Ei tietoa	27 446 (2389,299 km)	

Kaikkien kaiteita sisältävien teiden tietoja teknisistä toimenpiteistä ei ole löydetty Tierekisteristä. Näitä kaiteita on yllättävän paljon eli noin 2 400 km. Näiden kaiteiden osalta tulisi tietoa löytää muista lähteistä tai arvioida, jos halutaan rajoittaa kaideinventointien lukumäärää. Toinen vaihtoehto on jatkaa tämän ryhmän kaiteiden inventointeja kuten ennenkin.

Niiden kaiteiden pituus, joissa tien rakentaminen, suuntauksen parantaminen tai rakenteen parantaminen on tapahtunut yli 40 vuotta sitten, on yli 1 930 kilometriä. Nämä kaiteet tulisi olla inventointiohjelmassa mukana.

Betoni- ja ratakiskopylväitä ei saatu suoraan jaoteltua liikennemäärä- ja nopeusrajoitustietojen perusteella, vaikka nämä tiedot ovat Tierekisterissä saatavilla. Ongelmana on se, että nopeusrajoitus- ja liikennemäärätiedot ovat linkkipohjaisessa lineaarisessa referenssijärjestelmässä ja kaidetiedot puolestaan tieosapohjaisessa järjestelmässä.

5.4 Liikennemerkkien kunnan ennustamiseen sovelletut mallit

5.4.1 Markovin ketjut

Markovin ketjut on todennäköisyysmalli, jossa systeemin tila muuttuu aikayksikössä toiseksi jollakin todennäköisyydellä, joka riippuu vain systeemin tilasta eikä tilasiirtymien historiasta. Liikennemerkkien kuntoluokitusta voidaan ajatella Markovin ketjuksi, jossa sallittuja tilasiirtymiä ovat vain kunnan pysyminen samana ja heikkeneminen. Liikennemerkkien eri kuntoluokissa olevien ja toisiin luokkien siirtymien lukumäärien perusteella voidaan laskea siirtymätodennäköisyydet. Lähtökohtaisesti oletuksena on, että kaikkien merkkien kunto heikkenee samalla tavalla, jolloin lasketaan kaikesta lähtötiedosta yksi kuntosiirtymämatriisi kuntoluokkien välillä.

Mukana olevan tiedon osalta inventointiväli on ollut 4 vuotta. Näistä lasketaan kuntoluokkien väliset siirtymätodennäköisyydet erikseen neljälle sekä viidelle vuodelle. Vuositason kuntosiirtymä estimoidaan tuloksista. Taulukossa 20 on esitetty siirtymätodennäköisyydet neljän vuoden inventointiväleille.

Taulukko 20. Eri urakka-alueiden kuntoluokkien siirtymät 4 vuoden mittausvälillä.

T	T+4				
Kunto- luokka	5	4	3	2	1
5	253 (13,9%)	571 (31,4%)	727 (40,0%)	242 (13,3%)	24 (1,3%)
4		499 (25,2%)	999 (50,5%)	363 (18,4%)	117 (5,9%)
3			250 (46,7%)	212 (39,6%)	73 (13,6%)
2				35 (36,8%)	60 (63,2%)
1					28 (100%)

Vuosittaiset siirtymätodennäköisyydet saadaan laskemalla matriisi potenssiin 1/4 ja estimoimalla tästä stokastinen matriisi (rivien summa 1 ja arvo ei-negatiivisia) esimerkiksi Quasi-optimization of the root matrix -algoritilla.⁸⁴ Taulukossa 21 on neljäs juuri siirtymätodennäköisyyksistä.

Taulukko 21. Inventointivälien siirtymämatriisin neljäs juuri.

T	T+1				
Kuntoluokka	5	4	3	2	1
5	0,611	0,272	0,110	0,0178	-0,011
4	0	0,709	0,278	-0,003	0,018
3	0	0	0,827	0,191	-0,018
2	0	0	0	0,779	0,221
1	0	0	0	0	1

Koska joukossa on negatiivinen arvo, ei kyseessä ole stokastinen matriisi, joten stokastinen matriisi estimoidaan ja saadaan taulukon 22 siirtymätodennäköisyydet.

Taulukko 22. Vuosittaiset kuntoluokkien siirtymätodennäköisyydet.

T	T+1				
Kuntoluokka	5	4	3	2	1
5	0,608	0,266	0,102	0,020	0,005
4	0	0,697	0,260	0,028	0,015
3	0	0	0,807	0,170	0,023
2	0	0	0	0,779	0,221
1	0	0	0	0	1

Mallia testattaessa yksittäisten liikennemerkkien kunnon ennustamisessa, edellisen mittauksen kuntoluokka kerrotaan siirtymätodennäköisyyksien kuntoluokittaisella painotetulla keskiarvolla, jolloin saadaan ennustetun tulevan kuntoluokan odotusarvo. Siirtymätodennäköisyyksiä voidaan hyväksikäyttää myös simulaatiomalleissa, jolloin lopputulos on Markovin ketjun lopputuloksen mukainen, mutta voi yksittäisten liikennemerkkien osalta vaihdella. Mallien vertailussa molempien tapojen avulla saadut lopputulokset ovat lähellä toisiaan, jos simulointien lukumäärää kasvatetaan. Markovin ketjujen siirtymätodennäköisyyksien tarkkuutta on mahdollista kasvattaa tekemällä erilliset mallit esimerkiksi eri-tyyppisille, eri materiaalista oleville ja eri puolille asennetuille liikennemerkeille.

⁸⁴ Kreinin A, Sidelnikova M. Regularization algorithms for transition matrices. *Algo Res Quart.* 2001;4:23–40.

Kuntoluokassa 5 olevien, vastikään vaihdettujen liikennemerkkien osalta siirtymätodennäköisyydet alempiin kuntoluokkiin ovat liian korkeita sillä inventointitiedoissa ei ollut mukana liikennemerkin asennuspäivää ja täten tietoa, kuinka kauan merkki säilyy kuntoluokassa 5. Vantaan tietojen osalta etsittiin merkit, joiden kunto on parantunut toisessa inventoinnissa luokkaan 5, minkä oletetaan indikoivan merkin vaihtoa. Taulukossa 23 on esitetty todennäköisyydet uuden merkin siirtyminen alempaan kuntoluokkaan viidessä vuodessa. Vantaan tietojen (taulukon 5 arvojen) perusteella 37 % liikennemerkeistä on edelleen parhaassa kuntoluokassa, joista on mahdollista estimoida vuosittainen siirtymä kuntoluokasta samaan tai huonompaan.

Taulukko 23. Uuden merkin luokituksen heikkenemisen todennäköisyydet viidessä vuodessa.

T	T+5				
Kuntoluokka	5	4	3	2	1
5	0.37	0.51	0.12	0	0

5.4.2 Lineaarinen regressio

Linearisessa regressiomallissa selitettävän, riippuvan muuttujan arvo on selittäjien eli riippumattomien muuttujien lineaarikombinaatio, joka voidaan ratkaista pienimmän neliösumman menetelmällä. Regressiomallissa ennustettava muuttuja, y riippuu muuttujista x_i lineaarisesti kertoimilla β_i kaavan 8 mukaan.

$$y = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \quad (8)$$

Tavoitteena on estimoida parametrit α ja β_i siten, että virhe neliösummana mitattuna minimoituu. Taulukon 24 tietoja käytetään mahdollisina selittävinä muuttujina numeerisessa muodossa. Tässä on huomioitava, että kunto ennustetaan seuraavan mittausvälin eli neljän vuoden päähän.

Taulukko 24. Mahdolliset selittävät muuttujat.

Muuttuja	Oletettu vaikutus	Huomioitavaa
Tienumero	Pienempi tienumero indikoi suurempaa liikennettä ja liikennemerkkien rappeutumista	
Hallinnollinen tieluokka	Pienempi luokka indikoi suurempaa liikennettä ja liikennemerkkien rappeutumista	
Liikennemäärä	Suurempi liikennemäärä rappioittaa liikennemerkkejä nopeammin	Otettu Digiroadista. Jos liikennemäärä puuttuu, käytetään hallinnollisen luokan keskiarvoa ja jos tämä puuttuu käytetään arvoa 0
Tien suunta	Indikoi liikennemerkkien suuntaa. Auringon valo lisää liikennemerkkien rappeutumista	Tien suuntatieto on otettu Digiroadista ja muutettu kaavalla $2 - \cos(\theta)$, missä kulma θ on muutettu radiaaneiksi

Muuttuja	Oletettu vaikutus	Huomioitavaa
Materiaali	Vaneriset liikennemerkit rappeutuvat nopeammin	Materiaali on muutettu dikotomisiksi muuttujiksi (materiaalivaneri, materiaalialumiini) siten, että a) materiaalivaneri = 1 ja materiaalialumiini = 0, kun materiaalina on vaneri; b) materiaalivaneri = 0 ja materiaalialumiini = 1, kun materiaalina on alumiini ja c) materiaalivaneri = 0 ja materiaalialumiini = 0, kun materiaalina on joku muu.
Puoli	Liikenteen suuntaan nähden oikealla puolella olevat liikennemerkit rappeutuvat nopeammin ilmavirran ja roiskeiden suuremmasta kuormituksesta johtuen	Asennuspuoli muutettu dikotomisiksi muuttujiksi (vasenpuoli, oikeapuoli) siten, että a) vasenpuoli = 1 ja oikeapuoli = 0, kun asennuspuoli on vasen; b) vasenpuoli = 0 ja oikeapuoli = 1, kun asennuspuoli on oikea ja c) vasenpuoli = 0 ja oikeapuoli = 0 muussa tapauksessa.
Kunto-luokka edellisellä inventointikierroksella	Edellinen kunto on lähtötaso ja liikennemerkin kunto ei voi parantua ollekin jos inventointitieto on luotettava	

Kansainvälisen tutkimuskatsauksen tietojen perusteella on oletettavaa, että liikennemerkkien suunnalla on vaikutusta kunnon rappeutumiseen, koska etelään päin olevat liikennemerkit saavat enemmän auringon säteilyä osakseen. Suuntatiedon muunnoksen jälkeen suuntatiedon suurimmat arvot saadaan etelään päin olevista (3) ja pienimmät pohjoiseen päin (1) olevista liikennemerkeistä. Länteen ja itään päin osoittavat merkit saavat saman suuntalukeman (2).

Helposti saatavilla olevat taulukon 19 lähtötiedot eivät välttämättä kaikki ole tilastollisesti merkitseviä. Näin ollen regressionmalliin jätetään ne, joilla todetaan lineaarinen tilastollinen merkitsevyys SISAL-algoritmilla (Sequential Input Selection Algorithm) käyttäen 1 000 kertaa 10-ristiinvalidointia.⁸⁵ Taulukossa 25 on esitetty analyysin tulokset, joiden mukaan muut paitsi hallinnollinen tieluokka vaikuttavat tilastollisesti merkitsevästi.

Taulukko 25. SISAL-estimoinnin tulokset.

Muuttuja	Tulos
Vakiotermit	
Regressiokerroin	9,154e-15
Keskivirhe	7,748e-03
P-arvo	1,000000
Tienumero	
Regressiokerroin	0,04398
Keskivirhe	0,00804
P-arvo	4,60e-08
Hallinnollinen tieluokka	
Regressiokerroin	-
Keskivirhe	-
P-arvo	-
Liikennemäärä	

⁸⁵ Tikka, J., Hollmén, J.: Sequential input selection algorithm for long-term prediction of time series. *Neurocomputing* 71, 2604–2615 (2008).

Muuttuja	Tulos
Regressiokerroin	0,11060
Keskivirhe	0,00826
P-arvo	< 2e-16
Tien suunta	
Regressiokerroin	0,1466
Keskivirhe	0,007989
P-arvo	< 2e-16
Materiaali, alumiini	
Regressiokerroin	0,177700
Keskivirhe	0,047790
P-arvo	0,000202
Materiaali, vaneri	
Regressiokerroin	0,21010
Keskivirhe	0,04773
P-arvo	1,08e-05
Vasen puoli	
Regressiokerroin	-0,18070
Keskivirhe	0,01483
P-arvo	< 2e-16
Oikea puoli	
Regressiokerroin	-0,18080
Keskivirhe	0,01482
P-arvo	< 2e-16
Kuntoluokka edellisellä inventointikierröksellä	
Regressiokerroin	-0,3541
Keskivirhe	0,008228
P-arvo	< 2e-16

Vaikka liikennemerkin suunnan vaikutus kunnan heikkenemiseen ei välttämättä ole lineaarinen, on sillä lineaarista tilastollista riippuvuutta. Regressiokertoimet ovat hyvin lähellä toisiaan vasemmalle ja oikealle puolelle asennetuissa liikennemerkeissä, mikä on tulkittavissa niin, että asennuspuoli ei vaikuta paljon kunnan rappeutumiseen. Yläpuolelle asennetut liikennemerkit rappeutuvat hitaammin. Akaiken Informaatiokriteerin (AIC = Akaike's Information Criterion) perusteella kyseinen malli on paras tuottaen pienimmän arvon. Taulukossa 26 on esitetty AIC muutamalle eri mallille.

Taulukko 26. Mallien AIC.

Mallin muuttujat	AIC
Tiennumero, kunto_0, suunta, liikennemäärä, vasen puoli, oikea puoli, vanerimateriaali, alumiinimateriaali	50660
Kunto_0, suunta, liikennemäärä, vasen puoli, oikea puoli, vanerimateriaali, alumiinimateriaali	50690
Kunto_0, suunta, tieluokka, liikennemäärä, vasen puoli, oikea puoli, vanerimateriaali, alumiinimateriaali	50691
Tiennumero, kunto_0, suunta, tieluokka, liikennemäärä, vasen puoli, oikea puoli, vanerimateriaali, alumiinimateriaali	61340
alumiinimateriaali	62119

Koska tiennumero indikoi ennen kaikkea liikennemäärää, joka on kuitenkin mallissa mukana erillisenä muuttujana, jätetään tiennumero pois. Kun koko historiallinen data ilman jakamista opetus- ja validointidataksi otetaan mukaan, saadaan kaavan

9 mukainen lineaarinen regressiomalli. Mallissa ei ole mukana liikennemerkin suuntaa.

$$kunto_{t+4} = -0.4049177kunto_t + 0.0000248liikenne - 0.6402488 - 0.6307553oikeapuoli + 3.8187219vanerimateriaali + 3.6425414alumiinimateriaali \quad (9)$$

5.4.3 Vektoritukiregressio

Vektoritukiregressiossa opetusdatapisteille sovitetaan n-ulotteisen avaruuden hypertaso, jonka molemmille puolille ulottuvien rajojen sisään tulee mahdollisimman monta opetusdatan pistettä. Hypertasoa kuvaa ydinfunktio (kernel function), jonka parametrit on estimoitu opetusdatan avulla.⁸⁶ Data-aineistoon sovitettiin malli, joka on kaavan 10 muotoinen.

$$y = f(x) = \sum_{i \in S} \hat{\alpha}_i K(x, x_i) + \hat{b}$$

$$K(x, x_i) = e^{-\gamma \|x - x_i\|} \quad (10)$$

Mallissa muuttujat ovat seuraavat:

K = ydinfunktio

γ = säätöparametri

$\hat{\alpha}$ = vakiotermit (Lagrangen kertoimet)

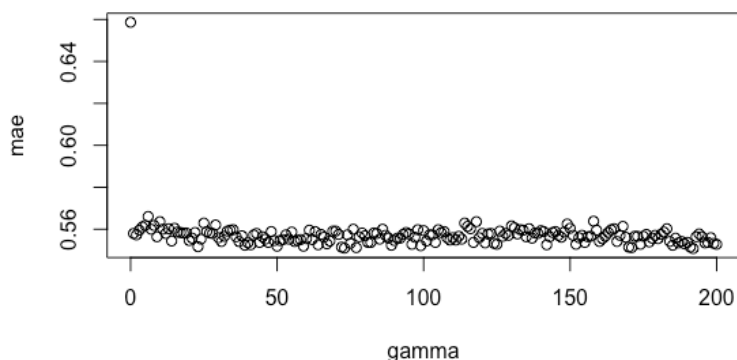
\hat{b} = vakiotermit

x = selittävät muuttujat (liikennemäärä, asennuspuoli jne.)

$x_i \in R^p$ = p-ulotteinen syötevektori

y = ennustettava muuttuja (liikennemerkin kunto)

Säätöparametrin arvo estimoitiin opettamalla vektoritukiregressiomalli parametrin arvoilla 0, 1, 2, ..., 200 ja Kuvassa 7 näytettyjen tulosten perusteella minimi virheen itseisarvon keskiarvo 0,551 saatiin parametrin arvolla 192.



Kuva 7. Parametrin vaikutus virheeseen.

⁸⁶ Jiang, Jingqing et al. Adaptive and Iterative Least Squares Support Vector Regression Based on Quadratic Renyi Entropy. In proceeding of: The 2008 IEEE International Conference on Granular Computing, GrC 2008, Hangzhou, China, 26-28 August 2008.

Tukivektoriregressiossa luodaan tukivektoriregressiokone, joka minimoi opetusdatan virheen. Opetettu tukivektoriregressiokone koostuu valitusta ydinfunktiosta, parametreista sekä tukivektoreista, joiden lukumäärä riippuu opetusdatavektoreiden lukumäärästä sekä toleranssimarginaalista (ϵ). Kun kaikilla valituilla liikenne-merkkitiedoilla opetetaan vektoritukiregressiokone, tukivektoreiden lukumääräksi saadaan 10 207 ollen osana ennustavaa funktiota. Täten vektoritukiregressiokoneen esittäminen analyttisenä funktiona tukivektoreineen on epäkäytännöllistä, mutta sopivalla ohjelmistolla (R, Python, Matlab) ratkaisu onnistuu helposti numeerisessa muodossa.

5.5 Ennustusmallinnus

Ennustemallinnus toteutetaan jakamalla lähtötiedot opetus- ja testausdataan siten, että 9/10 satunnaisista mallinnusdatan liikennemerkeistä kuuluu opetusdataan ja 1/10 testausdataan. Opetusdatan avulla luodaan mallit Markovin ketjuille sekä regressiomalleille ja näiden antamat tulokset testataan testausdatalla. Virheenä käytetään keskimääräistä absoluuttista virhettä testausdatan kuntoluokan ja ennustetun kuntoluokan välillä. Operaatio toistetaan 5 kertaa ja tuloksista otetaan keskiarvo. Tämän niin sanotun ristiinvalidoinnin avulla eri mallinnusmenetelmien tarkkuutta vertaillaan keskenään.

5.6 Mallinnuksen tulokset

Mallinnuksen tulokset on esitetty taulukossa 27. Virheistä on raportoitu virheen itseisarvon keskiarvo (Mean Absolute Error, MAE) sekä virheen neliön keskiarvo (Mean Square Error, MSE). Markovin ketjun virheet ovat suurimmat ja vektoritukiregression 7 muuttujalla on pienimmät. Virheitä laskettaessa desimaalilukuiset tulokset on pakotettu lähimpään kuntoluokkaan ja verrattu todellisuudessa toteutuneeseen luokitukseen. Virheen suuruutta voidaan tulkita esimerkiksi siten, että pienimmän virheen tuottaman menetelmän ennustama kuntoluokitus on keskimäärin 0.55 suurempi tai pienempi toteutuvaan luokitukseen verrattuna. Voidaan myös ajatella, että joka toisella merkillä luokitus poikkeaa keskimäärin yhdellä ja 45 prosentissa merkeistä ennusteessa oli poikkeama toteumaan verrattuna.

Taulukko 27. Eri mallien antamat virheet.

Malli	MAE	MSE
Markovin ketju	0.92	1.45
Lineaarinen regressio, 7 muuttujaa	0.59	0.73
Lineaarinen regressio, 3 muuttujaa: kunto, suunta, liikenne	0.62	0.80
Vektoritukiregressio, 7 muuttujaa	0.55	0.73
Vektoritukiregressio, 3 muuttujaa: kunto, suunta, liikenne	0.58	0.78

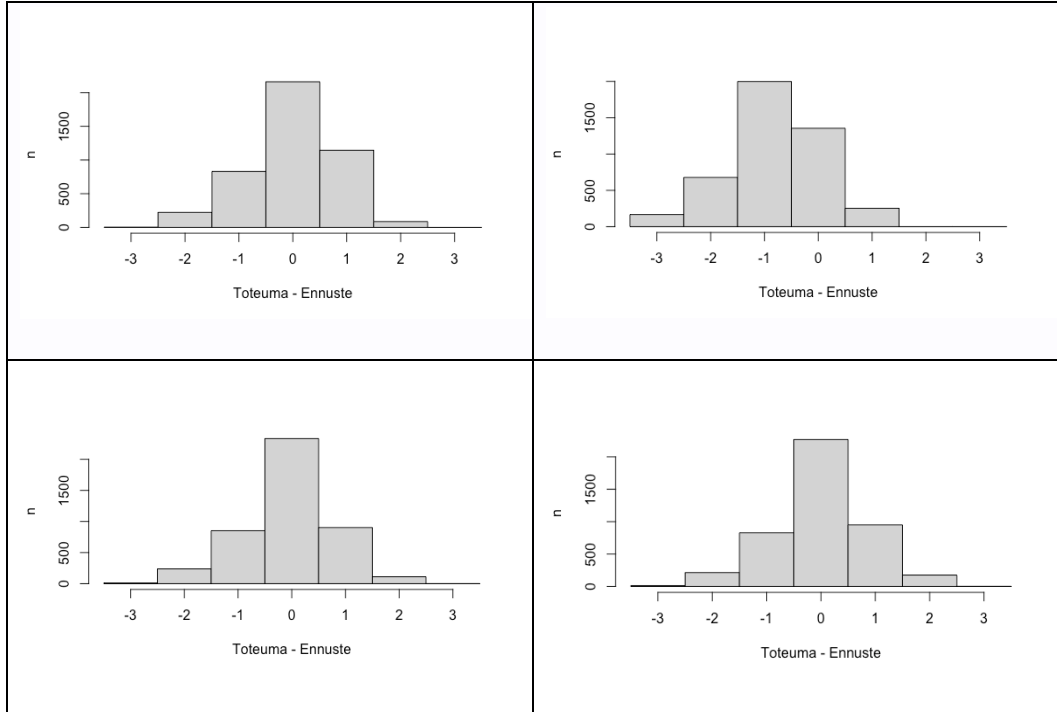
Toinen tapa kuvata virhettä on taulukon 28 mukaiset luvut lineaarisen regression mallille. Tästä voidaan nähdä, missä kuntoluokissa ennusteet toimivat parhaiten ja missä tapahtuu eniten virheitä. Ensimmäisen sarakkeen numerot kuvaavat kuntoluokkaa toteutumassa ja toisella rivillä on kuntoluokat ennusteessa. Taulukon luvut ja prosenttiarvot kertovat, kuinka monta merkkiä oli kussakin ennustetussa luokassa. Ideaalitulanteessa kaikki merkit olisivat taulukon diagonaalissa. Taulukon perusteella tyydyttäväkuntoisten merkkien ennustustarkkuus on hyvä. Ennusteet

näyttävät huonompaa kuntoa hyvässä ja erittäin hyvässä kunnossa oleville merkeille ja toisaalta liian hyvää kuntoa erittäin huonossa ja huonossa kunnossa oleville merkeille.

Taulukko 28. Lineaarisen regressiomallin ennuste versus toteuma.

Kuntoluokka ennusteessa	Kuntoluokka toteumassa				
	1	2	3	4	5
1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
2	103 (34,4%)	219 (25,7%)	225 (11,4%)	0 (0%)	0 (0%)
3	193 (64,5%)	604 (70,9%)	1 637 (82,8%)	755 (70,6%)	83 (32,8%)
4	3 (1,0%)	28 (3,2%)	111 (5,6%)	305 (28,5%)	168 (66,4%)
5	0 (0%)	1 (0,1%)	3 (0,2%)	10 (0,9%)	2 (0,8%)

Mallien tuottamat virheet yksittäisten merkkien ennusteiden osalta on esitetty histogrammeina kuvassa 8. Vaaka-akselilla on esitetty virhe toteutuman ja ennusteen erotuksena. Täten asteikon vasemmalla ovat liikennemerkit, joiden ennusteet ovat toteumaa suurempia eli ennusteet tuottavat liian hyvän kuntoarvion. Asteikon oikealla puolella ovat puolestaan liikennemerkit, joiden osalta ennusteet tuottavat liian huonon kuntoarvion toteumaan nähden. Kuvaajien pystyakselilla on liikennemerkkien lukumäärät. Virhekuvaajista voidaan huomata, että lineaarisen regressio- ja Markovin ketjujen mallit tuottavat enemmän huonompia kuntoarvioita toteumaan nähden kuin vektoritukiregressio mallit.



Kuva 8. Ennustevirheet: lineaarisen regressio malli 7 muuttujalla vasemmalla ylhäällä, Markovin ketju oikealla ylhäällä, vektoritukiregressio 7 muuttujalla vasemmalla alhaalla, vektoritukiregressio 3 muuttujalla oikealla alhaalla.

6 Mallien soveltaminen

6.1 Tulevat rahoitustarpeet

6.1.1 Liikennemerkit

Valmistajien sivustoilta katsottuna, liikennemerkkien hinnat vaihtelevat seuraavasti materiaalin, kalvoluokan ja koon perusteella. Hinta sisältää pelkän liikennemerkin tauluosan, sekä taulun asennustyöt.⁸⁷ Taulukoissa 29 ja 30 on esitetty hinta-arvioita liikennemerkeistä ja liikennemerkkien varusteista.

Taulukko 29. Liikennemerkkien hinta-arvioita.

Liikennemerkin tyyppi	Keskimääräinen Hinta-arvio (€) (ALV 0%)	Asennustyön ja siirtoajojen hinta (€) ⁸⁸	Yhteensä (€)
Alumiini, 600mm, kalvoluokka R1	60	10	70
Alumiini, 600mm, kalvoluokka R2	65	10	75
Alumiini, 600mm, kalvoluokka R3	70	10	80
Alumiini, 900mm, kalvoluokka R1	72	10	82
Alumiini, 900mm, kalvoluokka R2	87	10	97
Alumiini, 900mm, kalvoluokka R3	93	10	103
Palvelukohdetaulut	100 /m ²	50	
Opastetaulut	100 /m ²	200	
Opastetaulut portaalissa	100 /m ²	500	

Taulukko 30. Esimerkki hintoja lisävarusteista.

Tyyppi	Hinta (€) (ALV0%)
Liikennemerkki putki Ø60/2700mm	29
Liikennemerkki putki Ø60/3500mm	35
Liikennemerkki putki Ø90/4000mm	42
Liikennemerkki putki Ø90/6000mm	70
Liikennemerkin kiinnike	7
Betoniantura	17...40

Karkeasti voidaan arvioida, että liikennemerkki tulee vaihtokään keskimäärin noin 20 vuoden käytön jälkeen. Tämä tarkoittaisi, että noin 5 % liikennemerkeistä pitäisi kunnan puolesta vaihtaa vuosittain. Suomen tieverkolla olisi täten vuosittain noin 30 800 vaihdettavaa liikennemerkkiä. Tämä määrä sisältää myös lisäkilpiä ja toisaalta myös suunnistustaulut. Jos keskimääräinen liikennemerkin vaihto maksaisi 85 euroa, tullaan vuosittain noin 2,6 miljoonan euron vaihtokustannuksiin liikennemerkkien osalta.

Käytännössä, liikennemerkkien kunto ja vaihtotarve riippuu kuitenkin monista osatekijöistä. Sen vuoksi liikennemerkkien kuntoinventoinneilla on jatkossakin merkitystä suunnittelun ja budjetoinnin kannalta. Merkin vaihtoajankohdalla on iso merkitys kustannuksiin. Jos vähäliikenteisillä teillä hyväksytään myös huonokuntoisia

⁸⁷ TrafinoShop, Sareskoski, Turvakauppa, Rudus, Makerspoint

⁸⁸ ELY-keskuksen antama arvio, kun vaihdetaan iso erä merkkejä kerralla, olettaen että merkin pylvas on kunnossa ja paikallaan.

merkkejä, on tällä myös kustannusvaikutuksensa. Toisaalta näiden merkkien määrä kokonaisuudessa on pieni.

Tällä hetkellä on meneillään liikennemerkkien vaihto uudenmallisiin merkkeihin ja vaihtaminen jatkuu vielä vuoteen 2030 asti. Tiedot vaihtoajankohdasta on tallennettu HARJAan ja Tierekisteriin. Nämä tiedot siirtyvät pian Velhoon ja on tärkeää varmistaa, että tieto vaihtoajankohdasta tulee mukaan.

Merkkien vaihdon yhteydessä, usein myös hyväkuntoisia merkkejä vaihdetaan uusiin. Tämä asettaa tässä raportissa mietityt kuntoennustemallit tällä hetkellä osittain merkityksettömiksi, mutta toisaalta ensimmäiset uudet merkit siirtyvät tarkkailtavaksi jo 8 vuoden kuluttua ja kuntoennustemallit voivat palvella taas siitä eteenpäin.

Liikennemerkin taulun arvo uutena on oletettu keskimäärin olevan 126 euroa, joka on laskettu painotettuna keskiarvona isojen liikennemerkkitaulujen (palvelukohteja opastetaulut) sekä normaalikokoisten liikennemerkkien lukumäärästä (152 422 ja 462 850) ja oletetuilla keskiarvoinnoilla (84,5 ja 250 euroa) sisältäen asennustyön. Arvon alenema on arvioitu portaittaiseksi, kuntoluokan mukaan. Liikennemerkkien kuntojakaumassa tuntemattomien merkkien määrä on jaettu tasan viiteen eri kuntoluokkaan. Taulukossa 31 on esitetty liikennemerkkien omaisuuden arvon estimaatti.

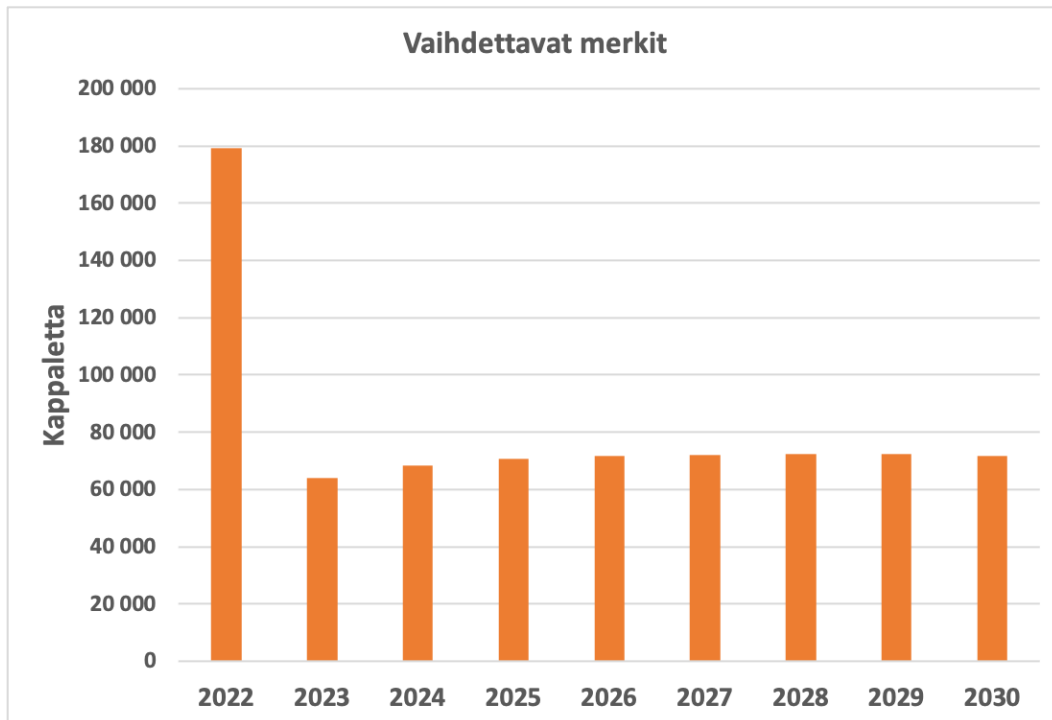
Taulukko 31. Liikennemerkkien tauluosien kuntojakauma ja omaisuuden arvon estimaatti.

Kuntoluokka	Osuus (%)	Määrä (kpl)	Arvo uudesta	Nykyarvo (€)
Erittäin hyvä (5)	33,2%	199 266	100%	16 937 610
Hyvä (4)	35,0%	210 075	75%	13 392 281
Tyydyttävä (3)	22,4%	134 109	50%	5 699 632
Huono (2)	6,1%	36 494	25%	775 497
Erittäin huono (1)	3,3%	19 851	0%	0
Tuntematon	2,6%	15 957	50%	678 172
Yhteensä	100%	615 752		37 483 192

Putkivarsien (sinkitty) elinkaareksi voidaan arvioida noin 30–40 vuotta, samoin kuin kaidepylväissä. Putkivarsien lukumäärä on Tierekisterin mukaan 615 752 kpl.

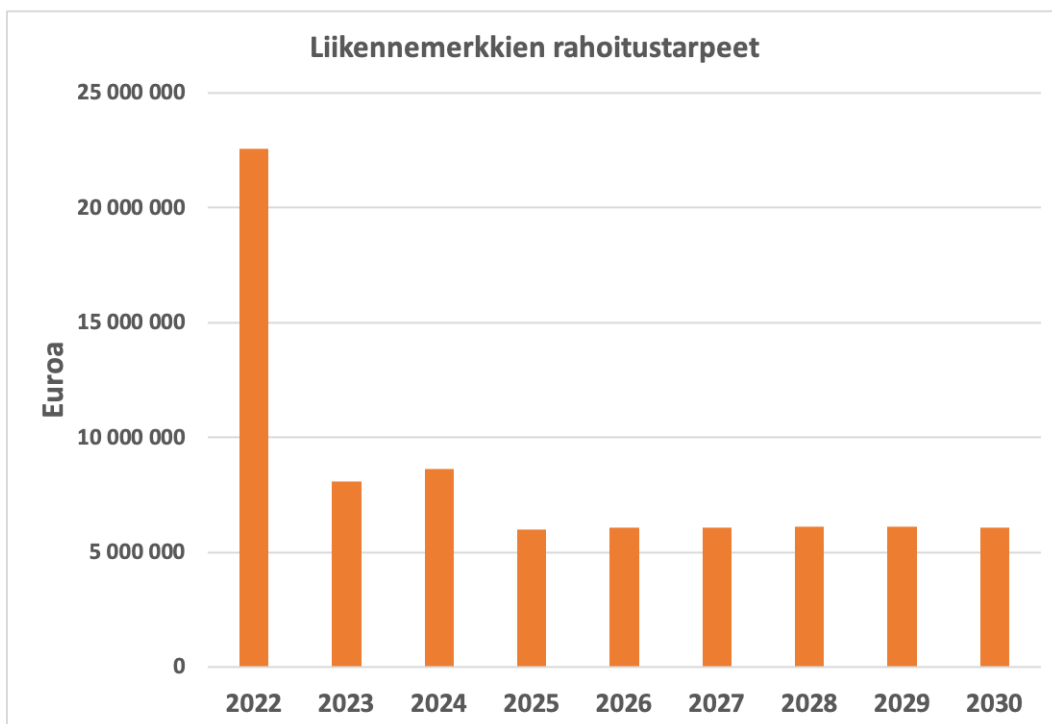
Liikennemerkkien vaihtotarpeet voidaan arvioida laskemalla Markovin ketjujen siirtotodennäköisyyksien ja alkutilanteen avulla. Arviot ovat todellista tarvetta suurempia, sillä asennuspäivämäärätiedon puuttumisen vuoksi merkkien kunnon heikkenemisen todennäköisyydet ovat todellisuutta korkeampia. Tarkempi arvio on mahdollista saada olettamalla Markovin piilomalli ja estimoimalla tämän parametrin esimerkiksi Baum-Welchin algoritmilla. Tässä arviossa kertaalleen vaihdetut liikennemerkit eivät tule uudelleen vaihtoon vuosien 2022–2030 aikana. Kuvassa 9 on esitetty ennusteet vaihdettavien liikennemerkkien lukumäärästä (kuntoluokat 1 ja 2). Alussa merkkejä tulee enemmän vaihdettavaksi korjausvelan vuoksi. Vuoden 2022 tiedot perustuvat liikennemerkkien vuoden 2021 kuntoarvioihin⁸⁹, joihin sovellettu Markovin ketjujen vuosittaisia siirtotodennäköisyyksiä kuntoluokkien välillä (taulukko 22).

⁸⁹ Väylävirasto, 2021. Liikennemerkkiselvitys. Väyläviraston sisäinen selvitys 01/2021.



Kuva 9. Vaihdeettavien liikennemerkkien lukumäärä Markovin mallin perusteella.

Rahoitustarpeen odotusarvon arviot lasketaan seuraavalle 10 vuodelle käyttäen liikennemerkkien painotettua keskiarvohintaa 126 euroa siten, että oletetaan liikennemerkkejä vaihdettavan vuosittain niiden osalta, joiden kuntoluokitus tippuu luokkaan 2 tai 1. Kuvassa 10 on esitetty arvioidut liikennemerkkien vaihtokustannukset. Todelliset kustannukset ovat todennäköisesti pienemmät kilpailutuksen ja skaalaetujen vuoksi.



Kuva 10. Liikennemerkkien vaihdon rahoitustarpeet.

Oletettavasti rahoitustarpeet jäävät arvioitua pienemmäksi, koska mallinnuksessa luodut kuntoluokkien väliset siirtymätodennäköisyydet perustuvat siirtymätodennäköisyyksiin inventoiduista kunnoista. Kun merkki vaihdetaan, niin merkki on uusi ja säilyy parhaassa luokituksessa todennäköisesti useita vuosia, minkä arvioimiseen ei kuitenkaan ollut tarpeeksi lähtötietoja. Näin ollen, kuntoluokkien välisiä siirtymätodennäköisyyksiä tulisi päivittää sekä mahdollisesti tarkentaa täysin uusien merkkien osalta.

6.1.2 Kaiteet

Ennen vuotta 1995 asennettujen kaiteiden toimivuus ei täytä nykyisiä vaatimuksia. Vilkasliikenteisillä teillä ne pitäisi kunnostaa tai uusia ja muillakin teillä ainakin korottaa, jos näin ei ole jo tehty. Muilla teillä kunnostamisen liikennetaloudellisuus on epäselvä, mutta korroosion kannalta käyttöikä selviää vuosina 2020–2030 ja on luultavasti 40–60 vuotta. Betonipylväillä varustetut kaiteet ja muutkin hyvin matalat ennen vuotta 1980 asennetut kaiteet tai ainakin niiden pylväät tulisi uusia, vaikka se ei olisi liikennetaloudellisesti kannattavaa. Vuonna 1995 tai sen jälkeen asennetut kaiteet ovat pääosin oikein toimivia ja niiden käyttöikä selviää vuosina 2030–2050 ja on luultavasti 40–60 vuotta. Niiden siirtymärakenteissa ja toiminta-levyksissä voi kuitenkin olla puutteita.

Väyläviraston tieverkolla on Tierekisterin tietojen perusteella 7 369 km erilaisia kaiteita. Arvonalenema kaiteilla on hidasta, mutta oletuksena laskelmissa pidetään, että 50 vuoden elinkaaren jälkeen jäännösarvo olisi nolla.

Kaiteen rakentamiskustannukset ovat keskimäärin taulukon 32 mukaiset.⁹⁰

Taulukko 32. Kaidetyyppien materiaali ja asennustyön hinnat.

Kaidetyyppi	Materiaali-Hinta (€/mtr) 2021	Asennustyön hinta (€/m)	Yhteensä (€/M)
N2 Teräspalkkikaide, W5/W6, Auraus-lk 4	40.01	8.00	48.01
N2 teräspalkkikaide, W4, Auraus-lk 4	50.79	10.16	60.95
N2 Teräspalkkikaide W2, Auraus-lk 4	81.05	16.21	97.26
Putkipalkkikaide, keskikaide H1/N2, W4, Auraus-lk 4	54.7	10.94	65.64
Putkipalkkikaide, raskas, tien keskellä	56.43	11.29	67.72
Putkipalkkikaide, Keskikaide H1/N2, W4, Auraus-lk 4, asennus holkiputkeen	60.06	12.01	72.07
Putkipalkkikaide, kevyt, tien keskellä	46.3	9.26	55.56
Kaksoisputkikaide, Reunakaide N2, W4, Auraus-lk 4	61.96	12.39	74.35
Kaksoisputkikaide, Reunakaide N2, W2, Auraus-lk 4	83.88	16.78	100.66

Taulukossa 33 on esitetty kunnostustöiden keskimääräisiä arvioituja yksikköhintoja.

⁹⁰ FORE

Taulukko 33. Kunnostustöiden keskimääräisiä arvioituja yksikköhintoja.

Työlaji	Yhteensä	Yksikkö
Kaiteen nosto	40	€/m
Vinon kaiteen oikaisu	40	€/m
Kaiteen viistäminen maahan (nollaus)	1000	€/kpl
Pylvään korjaus	100	€/kpl
Kolhiintuneet johteen uusiminen	100	€/m

Rakentamisen kustannukset ovat noin 20 % materiaalikustannuksista.

Suomessa ei ole tällä hetkellä käytössä mallia kaiteiden arvonalenemaan. Kansainvälisetkään mallit ei sellaisenaan kelpaa käyttöön, koska Suomessa kaiteet kuuluvat korkeimpaan auraukestävyysluokkaan. Pohdittavaksi raportissa esitetään kolme hypoteettista arvonalenema mallia; lineaarinen, jossa vaurioituminen oletetaan alkavan heti kaiteen asennuksen jälkeen sekä viivästetyt lineaariset mallit, jossa vaurioitumien alkaa joko 20 vuoden tai 40 vuoden jälkeen asennuksesta.

Jos oletetaan kaiteen keskimääräiseksi hinnaksi uutena 70 €/m, saadaan kaiteiden omaisuuden arvoksi Taulukoiden 34–36 mukaisen jakaumat kolmella eri vaurioitumismallioletuksella. Kaiteet, joista ei ole asennusvuositietoa, jaetaan tasaisesti eri ikäryhmiin (arvo uudesta 50/55/70 %). Lähimpänä todellisuutta voidaan pitää 40 vuoden mallia, jossa toiminnallinen kunto pysyy vakiona ensimmäiset 40 vuotta, jonka jälkeen kunto alenee lineaarisesti nolnaan 10 vuodessa.

Taulukko 34. Kaiteiden ikäjakauma ja omaisuuden arvon estimaatti – lineaarinen malli.

Asennusvuosi	Osuus (%)	Pituus (km)	Arvo uudesta - Lineaarinen malli	Nykyarvo (€)
Ennen 1970	11,8	870,551	0%	0
1970-1980	13,9	1 022,886	25%	17 900 155
1980-1990	8,4	622,254	50%	21 778 890
1990-1995	14,6	1076,583	75%	56 520 608
1995 jälkeen	25,3	1861,267	100%	130 288 690
Tuntematon	26,0	1915,700	50%	67 049 500
Yhteensä	100%	7 369		293 538 193

Taulukko 35. Kaiteiden ikäjakauma ja omaisuuden arvon estimaatti – viivästetty lineaarinen malli (20 v).

Asennusvuosi	Osuus (%)	Pituus (km)	Arvo uudesta - Lineaarinen malli alkaa 20 vuoden jäl- keen asennuk- sesta	Nykyarvo (€)
Ennen 1970	11,8	870,551	0%	0
1970-1980	13,9	1 022,886	25%	17 900 155
1980-1990	8,4	622,254	50%	21 778 890
1990-1995	14,6	1076,583	100%	75 360 810
1995 jälkeen	25,3	1861,267	100%	130 288 690
Tuntematon	26,0	1915,700	55%	73 754 450
Yhteensä	100%	7 369		319 083 345

Taulukko 36. Kaiteiden ikäjakauma ja omaisuuden arvon estimaatti – viivästetty lineaarinen malli (40 v).

Asennusvuosi	Osuus (%)	Pituus (km)	Arvo uudesta - Lineaarinen malli alkaa 40 vuoden jälkeeseen asennuksesta	Nykyarvo (€)
Ennen 1970	11,8	870,551	0%	0
1970-1980	13,9	1 022,886	50%	35 801 010
1980-1990	8,4	622,254	100%	43 557 780
1990-1995	14,6	1076,583	100%	75 360 810
1995 jälkeen	25,3	1861,267	100%	130 288 690
Tuntematon	26,0	1915,700	70%	93 869 300
Yhteensä	100%	7 369		378 877 590

6.2 Kunnossapitosuunnitelma

Kunnostettaessa nykyisiä tiekaiteita tulee kunnostustoimet kohdentaa tässä vaiheessa ensisijaisesti liikenne- ja törmäysturvallisuuden kannalta merkittävimpiin kohteisiin.

Taulukossa 37 on esitetty Tierekisterin mukaisella tiedolla arviot välittömästä kunnossapitotarpeista sekä kaiteille että liikennemerkeille. Data perustuu Tierekisterissä olevaan informaation kaiteiden kunnosta (26.01.2022) ja siinä voi olla puutteita. Liikennemerkkien osalta rahoitustarve perustuu Tierekisterin lähtötiedon lisäksi käytettyyn ennustemalliin.

Tarkoitus on etsiä, kuinka paljon rahaa tarvitaan ylipäänsä valtakunnallisesti. Seuraavassa vaiheessa mietitään miten, missä raha käytetään (valtakunnallisesti) unohtaen ELY-rajat. Projektin seuraavassa vaiheessa kehitetään malli, jolla rahat jaetaan ELY-keskuksille joko kaidekilometrien tai liikennemerkkien määrän perusteella.

Yksi pohdinnan aihe on nostaa liikennemerkkien kunnostustarve kolaritiheyden perusteella. Tyypillisesti liikenteen jakajamerkit ajetaan useimmin kumoon, kuin muut liikennemerkit.

Taulukko 37. Välitön kunnossapitotarve.

Omaisuserä	Työ	Lukumäärä	Pituus (km)	Hinta-arvio (MEUR)
Kaiteet	Päiden nollaus	4 745	-	4,75
Kaiteet	Kaiteiden nosto	15 621	962,415	38,50
Kaiteet	Pylväiden korjaus	1 208	-	0,12
Kaiteet	Kiinnitysvaurioiden korjaus	743	-	0,07
Kaiteet	Kaiteiden suoristaminen	2 619	74,425	2,98
Kaiteet	Vaarallisten pylväiden uusiminen (teillä, joissa nopeusrajoitus >60km/h)	n. 11600	151	1,16
Liikennemerkit	Liikennemerkin vaihto	56 345	-	15,8
YHTEENSÄ				63,38

Kunnossapidon suunnittelussa lähtökohdaksi tulisi ottaa inventointitietojen tehokas hyödyntäminen ja palvelutasostandardien noudattaminen. Näin ollen havaitut puutteet tulisi korjata esimerkiksi kahden vuoden sisällä, jolloin seuraavan vuoden määrärahoihin voitaisiin lisätä tarvittavien töiden kustannusarvio.

Mikäli korjaustyöt tehdään hoitourakoiden yhteydessä, tulisi töiden suunnittelun vastuunjaon olla selvä tilaajan ja urakoitsijan välillä.

7 Johtopäätökset ja jatkokehitys

7.1 Yhteenveto

Työn aikana huomattiin, että tiedolla johtamisen ja systemaattisen omaisuuden hallinnan näkökulmasta tulisi kerättäviä tietoja täsmentää, jotta jatkossa voitaisiin hyödyntää kuntoennusteiden tuomaa toiminnan ohjausta ja rahoitustarpeen arviointia.

Tehokkaampi tiedolla johtaminen aiheuttaa muutoksia myös urakkasopimuksiin. Mikäli inventoinnit sekä korjaustyöt sisältyvät edelleen hoitourakoihin, tulee näissä olla inventointitiedoista ja mahdollisesti ennustemalleista luodut arviot inventointikohteiden lukumäärälle ja sijainnille. Samoin sopimuksissa voi olla ennustemallien antamat arviot vaihdettavien liikennemerkkien lukumäärille. Taulukossa 38 on esitetty arvioita seuraavista kehitysaskelista.

Taulukko 38. Työvaiheet liikennemerkkien ja kaiteiden omaisuudenhallinnan kehittämiseksi.

Työvaihe	Aikataulu
Uudesta liikennemerkkien kuntoluokituksesta päättäminen	2022
Liikennemerkkien ja kaiteiden rahoitusmallista päättäminen	2022
Liikennemerkkien inventointimanuaalin teko uusilla kuntoluokituksilla	2022
Pilottiprojekti vain tyydyttävä kuntoisten liikennemerkkien inventoinnista	2022
Pilottiprojekti kaiteiden ikä ja kuntotietojen päivittämiseksi	2022
Liikennemerkkien ja kaiteiden inventointitavasta päättäminen & sopimusmuutokset	2022-2023
Jatkomallinnus liikennemerkkien kuntotietojen laadun varmistukseen sekä ennustamiseen	2023
Kuntoennusteiden käyttöönotto	2023-2024
Uusien toimintamallien valtakunnallinen ohjeistus	2023
Uusien toimintamallien valtakunnallinen käyttöönotto	2024-2025

7.2 Mallien soveltuminen

Ennustusmallit eivät ole virheettömiä, mutta virhelähteitä voidaan karsia. Huomioiden lähtötiedoissa havaitut inventointitietovirheet, on oletettavaa ennustevirheiden johtuvan enimmäkseen näistä. Ennusteiden tarkkuutta voidaan parantaa esimerkiksi seuraavilla tavoilla:

- inventointitiedon laadun parantaminen
- suuremman inventointitietojen otoksen käyttö

- uusien selittävien muuttujien käyttö (esimerkiksi väri, etäisyys tiestä, merkin korkeus, tarkemmat liikennemäärätiedot, raskaan liikenteen osuus)
- uusien ennustemallien käyttö (esimerkiksi neuroverkot, satunnaismetsät).

Tässä raportissa esitetyillä ja jatkossa parannettavilla malleilla voitaisiin soveltaa raportin esittämällä tavalla seuraaviin tarkoituksiin:

- tulevaisuuden rahoitustarpeen arviointi
- tulevaisuudessa vaihdettavien liikennemerkkien lukumäärän arviointi
- yksittäisten liikennemerkkien kunnon ennustaminen ja näiden vaihtamisen ohjelmointi.

Malleja voidaan soveltaa, vaikka kuntoluokitus muuttuisi. Mikäli kuntomittauksessa päästään koneelliseen toimintaan, mallien tarkkuus oletettavasti paranee.

Mikäli liikennemerkkien vaihdot eivät sisältyisi hoitourakkaan vaan erilliseen urakkaan, tulisi mallien raja-arvot liikennemerkkien vaihtamiselle miettiä etukäteen liikenneturvallisuus- ja kustannusnäkökulmista. Urakkasopimuksessa voitaisiin yksilöidä vaihdettavat liikennemerkkit sen perusteella, että niiden kunnon ennustetaan heikkenevän raja-arvojen alle urakan voimassaoloaikana. Riippuen urakan kestosta, olisi mahdollista määrittellä, minä vuonna kukin merkki vaihdetaan. Ensimmäisessä urakassa olisi paljon erittäin huonokuntoisia ja huonokuntoisia merkkejä ja mahdollisen mallivirheen vaikutus olisi pieni. Seuraavien urakoiden osalta mallinnusvirhe voi vaikuttaa siten, että myös kuntoluokassa 3 olevia merkkejä menisi vaihtoon, jos merkit ovat etukäteen sopimukseen määritetty. Tätä riskiä voidaan pienentää päivittämällä mallia laajemmalla otoksella inventointitietoja.

7.3 Ehdotus uudeksi kuntoluokituksiksi

7.3.1 Liikennemerkkit

Kuntoluokitus koskee maanteiden ja jalankulku- ja pyöräilyväylien tieliikennelain tai tieliikenneasetuksen mukaisia pysyviä liikennemerkkejä, viittoja, opastustauluja ja kiinteitä liikenteenohjauslaitteita, kuten erkanemis- ja taustamerkkejä. Vaihtuvista liikennemerkkeistä luokituksen piiriin kuuluvat mekaanisesti käännettävät merkit, mutta eivät esim. led- tai prismaperiaatteella toteutetut merkit.

Tässä raportissa ehdotettavan kuntoluokituksen avulla arvioidaan liikennemerkkien uusimis- ja kunnostustarvetta nyt ja tulevana vuosina. Luokitusta voidaan käyttää liikennemerkkien kuntoinventoinnissa ja myös hoitourakoiden laatuvaatimusten asettamisessa.

Ehdotuksessa siirrytään käyttämään 3-portaista kuntoluokitusta, entisen 5-portaisen luokituksen sijaan.

Kuntoluokitus koskee pelkästään liikennemerkkin tauluosaa. Kuntoluokituksessa ei oteta kantaa liikennemerkkivarsiin ja muihin kiinnitysalustoihin, niiden kuntoon, vinouteen tai muihin ominaisuuksiin, joskin näitäkin tekijöitä olisi syytä seurata erikseen. Liikennemerkkeihin liittyvä valaistus ei kuulu tämän kuntoluokituksen piiriin. Liikennemerkkien päivittäiskunto, kuten lumisuus, likaisuus ja näköesteeseen oleva kasvillisuus, jotka ovat poistettavissa normaalein hoitotoimin, ei vaikuta kuntoarviointiin. Kuntoluokituksessa ei oteta kantaa merkin tarpeellisuuteen, merkin

sisällön oikeellisuuteen, merkin sijaintiin tien pituus- tai poikkisuunnassa, merkkien keskinäiseen loogisuuteen ja muihin vastaaviin seikkoihin. Liikennemerkkien kunto arvioidaan silmämääräisesti sanallisen kuvauksen ja valokuvaesimerkkien avulla. Samassa varressa olevat erilliset liikennemerkit ja lisäkilvet arvioidaan kukin erikseen. Samoin portaalissa olevat erilliset merkit arvioidaan kukin erikseen.⁹¹

Liikennemerkin kunnan arviointi voisi perustua taulukon 39 mukaisiin päätekijöihin:

Taulukko 39. Liikennemerkin kuntoon vaikuttavat tekijät.

Muuttuja	Selite ja tarkasteltavat tekijät
Ikä ja kalvotyyppi	Kalvotyyppi ja merkin asennusvuosi (ikä)
Ulkoasu	Merkin haalistuminen tai tummuminen, kalvomateriaalin halkeilut, värivauriot, pinttynyt lika, merkin lamellien sävyerot, heijastavuus.
Vauriot ja ilkivalta	Mekaaninen rikkoutuminen, taipumat, repeämät, töhryt.

Uuden tyyppinen kuntoinventointi tarvitsee pieniä muutoksia Velhon tietomalliin. Liikennemerkin asennusvuosi sekä merkin tunnistenumero olisi vastedes kirjattava Velhoon, kuntoinventoinnin suunnittelua ja kunnan ennustamista varten. Nykyisin Tierekisteriin tallentuu päivämääräksi vain viimeisin inventointiajankohta (nimetty "alkupvm").

Taulun kalvotyyppi on nykyiselläänkin tallennettu Tierekisteriin, tosin tieto on paikoin puutteellista.

Uudessa kuntoluokittelussa merkin iällä ja kalvotyyppillä on merkitystä kuntoinventoinnin toteuttamiseen maastossa. R1 kalvoluokan merkeissä, ulkoasua (ja heijastavuutta) aletaan tarkkailemaan 7 vuoden jälkeen asennuspäivämäärästä; R2 ja R3 kalvoluokan merkeissä ulkoasua (ja heijastavuutta) aletaan tarkkailemaan vasta 10 vuoden jälkeen asennuspäivämäärästä. Tätä ennen merkin oletetaan lähtökohtaisesti pysyvät luokassa 5 "Hyvä".

Tämä jälkeen merkit siirtyvät ulkoasun puolesta tarkkailtaviksi eli merkkien kunto inventoidaan esimerkiksi kahdesti hoitourakan aikana (esimerkiksi hoitourakan puolessa välissä ja lopussa). Inventoinnin tekijäksi voidaan valita esimerkiksi ulkopuolinen konsultti, jos tehtävä ei kuulu nykyisellään hoitourakoihin. Ehdotuksessa määritellään 3-portainen kuntoluokitus; Hyvä (5), Tyydyttävä (3), Erittäin huono (1). Kuntoluokitus on esitetty taulukossa 40.

Vaihtoehtoisesti, voidaan pohtia myös tieluokasta riippuvaista 4-portaista kuntoluokitusta, jossa alemmalla tieverkolla sallitaan myös luokan 2 "Huono" kuntoluokan omaavia merkkejä.

Mekaanisten vaurioiden, kuten repeämien tai taipumien sekä ilkivallan sattuessa, merkki luokitellaan luokkaan 1 "Erittäin huono", ja merkki olisi vaihdettava riippumatta sen iästä tai kuntoluokasta.

⁹¹ Tiehallinto 2009, Liikennemerkkien kuntoluokitus, TIEH 2200060-v-09

Taulukko 40. Ehdotus 3-portaiseksi kuntoluokitukseksi.

Kuntoluokka ja kuvaus	
5 – Hyvä (Säilytettävä)	
<p>Uudenveroinen tai vähäistä kuluneisuutta. Hyvä heijastavuus. R1 merkki alle 7 vuotta ja R2-R3 merkki alle 10 vuotta vanha. Merkkien kuntoa ei erikseen inventoida.</p>	
	
3 - Tyydyttävä (Tarkkailtava)	
<p>Merkissä vähäistä haalistumista tai tummumista, vähän pinttynyttä likaa, vähäisiä kalvohalkeamia. Merkin kunnon alenemaa ei merkittävästi havaitse etäältä katsottuna. Heijastavuus havaittavissa myös päivänvalossa ihmissilmällä, mutta on hieman alentunut uuteen verrattuna. Merkki jää paikalleen, mutta inventoidaan taas 2–3 vuoden kuluttua.</p>	
	
1 - Erittäin Huono (Vaihdeettava)	
<p>Merkin värit ovat voimakkaasti haalistuneet, runsaasti pinttynyttä likaa, ruostetta, kalvossa voimakasta halkeilua ja lohkeilua. Mekaaniset vauriot, merkin repeämät ja taipumat, sekä ilkivalta (töhröt). Huonosta ulkoasusta johtuen, voidaan myös olettaa, että merkki ei enää heijasta riittävästi. Merkki on vaihdettava.</p>	
	

Oma ongelmansa on tienvarsilta kadonneet liikennemerkit. Tämä on vaikeasti havaittava seikka, koska ihminen ei pysty tietämään tai muistamaan, onko paikalla joskus ollut liikennemerkkiä. Käytettävän inventointiohjelmiston pitäisi varoittaa tällaisista tapauksista. Erytisen vaarallisia on tilanteet, jossa väistämisvelvollisuus

merkki puuttuu. Huomioitavaa on myös se, että ennen vuotta 2013, on liikenne-merkkejä kiinnitetty ruuvaamalla merkin läpi, vaikuttaen merkin kunnan säilymiseen negatiivisesti.

Konenäkömallia voisi mahdollisesti myös kokeilla löytämään mekaanisesti vaurioituneet ja puuttuvat merkit. Itse kuntoluokitteluun ei toistaiseksi ole kehitetty konenäkömalleja, jotka toimisivat käytännössä.

Voidaan myös pohtia, mikä on käyttäjän näkökulma kuntoluokitukseen. Onko käyttäjälle tärkeintä, että merkki on ymmärrettävä, vaikka se ei olisi visuaalisesti parhaassa mahdollisessa kunnossa. Tiellä kulkija yleensä rekisteröi alitajuntaisesti liikennemerkkin sisällön korkeissakin ajonopeuksissa. Toisaalta, voimakkaasti kulunut merkki ei ole parhaalla mahdollisella tavalla heijastava pimeään aikaan. Käyttäjä-palaute liikennemerkkien kunnosta on yleensä ottaen ollut vähäistä.

7.3.2 Kaiteet

Inventointitiedoissa on prosenttiosuudet tai lukumäärätiedot vaurioille, muttei vaurioiden vakavuutta. Kymmenen vuotta ruosteessa ollut kaide on todennäköisesti hauraampi kuin juuri ruostunut. Ruostevaurion osalta vakavuutta voidaan laajuuden lisäksi arvioida, mikäli inventointihistoriatietoja on tarjolla.

Teräskaitteen värin perusteella on vaikea arvioida, onko ruskean pinnan syynä sinkin ruskeus teräksen koostumuksen vuoksi vai sinkin väheneminen suolan ja iän vaikutuksesta. Johteessa teräksen ruostumisen pitäisi ohentaa terästä aika paljon, että vetolujuus alenisi jatkosruuvien leikkauskapasiteetin tasolle. Sen sijaan jatkosruuvien ohentuminen heikentäisi kaiteita merkittävästi. U-160-pylväiden ruostuminen vähentää tarvetta loveta niitä U-100-pylväitä vastaaviksi, mutta tuskin koskaan riittävästi.

Ensisijaista on uudistaa inventoinnin tietomalli siten, että historiatiedot sekä kaitteen asennusvuosi tai mahdollisesti muun teknisen toimenpiteen vuosi säilyvät. Lisäksi olennaista on luoda raja-arvot, missä vaiheessa kaide tulisi uusiksi.

7.4 Muutosehdotukset tiedonhankintaan

7.4.1 Muutokset kerättävään liikennemerkkitietoon

Koska liikennemerkkien kuntoinventoinnissa keskitytään jatkossa ikänsä ja kuntonsa puolesta valikoituihin merkkeihin, olisi oltava seuraavat tietolajit oltava inventoituna perustietoina:

- liikennemerkkien asennusvuosi
- liikennemerkkien GPS-koordinaatit
- liikennemerkkin (ID)
- pylvään tunnusluku (ID)
- kuva liikennemerkistä, merkin identifioimiseen.

7.4.2 Muutokset kerättävään kaidetietoon

Suomen kaikki kaiteet, paria poikkeusta lukuun ottamatta, kuuluu aurauksesta-vyysluokkaan 4. Tällaisille kaiteille ei voi eikä tarvitse tehdä kunnan kehittymismallia, koska muutokset kunnossa alkavat tapahtua vasta 40 tai 50 vuoden jälkeen. Näin vanhoja teräskaitteita ei vielä nähdä olevan riittävästi kuntomallinnusta ajatellen.

Kaiteiden elinkaaren hallinnassa, kuntomuuttujien ei katsovan olevan toimivuusongelmia tärkeämpiä tekijä kaiteen kunnostus/vaihtotarvetta arvioitaessa. On huomionarvoisempi asian, jos kaiteesta puuttuvat viisteet tai kaide on liian matalalla, kuin että jos kaide on hieman vinossa tai siinä on ruostetta. Kaiteen sinkitys pitäisi kestää 50 vuotta, jonka jälkeen alta paljastuva teräs on huomattavan paksua. Myöskään valkoruosteella, joka on valkoista, paksua jauhamaista kerrostumaa, ei ole merkitystä kaiteen kuntoa ajatellen. Kaiteen uusimistarve näyttäisi syntyvän siis toiminnallisuuspuutteen vuoksi. Esimerkiksi, uusien päällystyskerroksien vuoksi, matalalle jäänyt kaide voidaan vaihtaa, tai nostaa korkeammalle.

Koska tiekaiteet eivät ole onttoja, kuten esimerkiksi silloissa, suola ei pääse syövyttämään kaidetta puhki. Suomessa käytetään myös parempilaatuista sinkkiä kaiteissa, kuin esimerkiksi Norjassa. Norjan ongelma irtoilevista kiinnityspulteista johdeiden välillä ei ole ongelma Suomessa. Maalaus voi heikentää kaiteen käyttöikä, tosin Suomessa ei kaiteita ole yleensä maalattu, kuin joissain siltakohteissa.

Kaiteiden elinkaarta ajatellen, ja lähestyvää vaihtotarvetta varten olisi kuitenkin yksinkertaisesti hyvä selvittää kaiteiden ikä eli asennusvuosi ja sitä kautta arvioida jäljellä olevaa ikää.

Tulevaa Velhoa ajatellen, kaiteista olisi syytä saada talteen tiedot asennusvuodesta ja tuotetiedoista. Tuotetiedot auttavat urakoitsijaa korjaamaan vaurion pikaisesti, menemällä paikalle oikeiden varaosien kanssa.

7.4.3 Tiedon keräämismenetelmät ja hankinta liikennemerkeille

Mikäli liikennemerkkien vaihto toteutetaan jatkossakin hoitourakoissa, tulisi mallinnus ja inventointi miettiä kokonaisuutena. Olisi edelleen suositeltavaa inventoida kaikki liikennemerkit, mutta päivitetyllä tietomallilla.

Inventoinnin määrää vähentää huomattavasti se, että työssä keskitytään vain tyydyttäväkuntoisiin merkkeihin seuraamalla, milloin merkki siirtyy huonoimpaan kuntuokkaan eli milloin kohde merkitään vaihdettavaksi. Kun merkki on kerran luokiteltu huonokuntoiseksi, sitä ei enää tarvitse inventoida vaan se jää odottamaan vaihtoa ja ilmoitusta uudesta merkistä. Uusia hyväkuntoisia aletaan seuraamaan vasta 7–10 vuoden päästä asennuspäivämäärästä.

Liikennemerkkien inventointi maastossa tapahtuisi ohjelmistolla, jossa vain inventoitavat liikennemerkit määräytyvät inventointiohjelmaan etukäteen. Tultaessa merkin kohdalle, avautuu inventointipaneeli, josta näkyy myös merkin kuva, jotta tiedetään että inventointi kohdistuu oikealle merkille. Menetelmä voi olla hankala toteuttaa, jos samalla tiellä olevista merkeistä on osa inventoitavia ja osa ei. Toinen vaihtoehto on inventoida niiden teiden liikennemerkit, joissa huonokuntoisten lii-

kennemerkkien osuus on tarpeeksi suuri. Mikäli inventoinnin automatisointia voidaan kehittää siten, että kuvaus- ja inventointitapahtuma sekä mahdollinen tiedon prosessointi ja tallennus ei vaadi suurta työmäärää, ei inventoitavien liikennemerkkien rajaamisesta ole suurta hyötyä

Liikennemerkkejä vaihdettaessa tulee uudelle merkille luoda uusi tunnus (id), joka eroaa aiemmin käytössä olleista tunnuksista. Mikäli tunnuksessa on mukana aikamääre, tunnus voidaan luoda automaattisesti erilaiseksi kuin aiemmin käytössä olleet. Tämä automatiikka tulisi ulottaa tietojärjestelmään, jolla annetaan asennettavien liikennemerkkien lähtötiedot.

7.4.4 Tiedon keräämismenetelmät ja hankinta kaiteille

Koska kaiteiden käyttöikä on pitkä, kuntoinventoinnit kannattaisi keskittää sellaisiin osuuksiin, jossa kaiteen ikä on yli 40 vuotta. Kuntoinventoinnilla tarkoitetaan kaiteen ulkoista kuntoa eli fyysistä vaurioitumista. Käytännössä kannattaa seurata erityisesti johteen ja pylvään ruostuneisuutta (korroosiota) ja sen perusteella voidaan arvioida jäljellä olevaa ikää. Yleensä ottaen, ruostumisen alkaessa, kaiteella arvioidaan olevan vielä mahdollisesti kuitenkin jopa 10 vuotta elinaikaa jäljellä. Tyypillisesti korrosio alkaa ensimmäisenä kaidepylvään ja maan rajapinnasta.

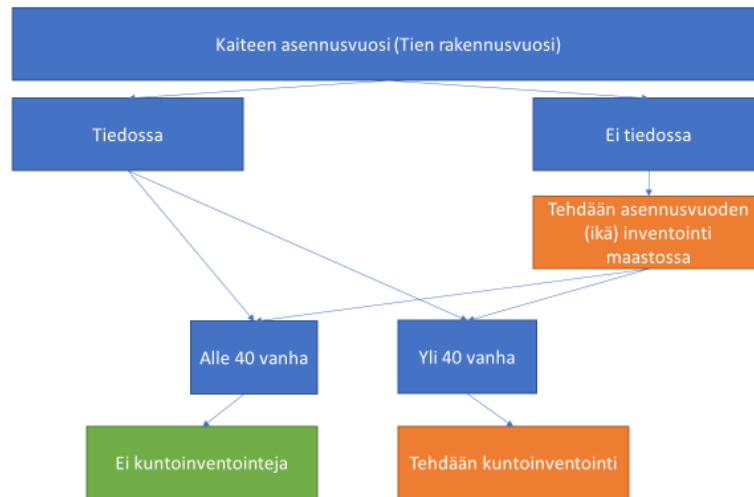
Kaiteiden ikää eli asennusvuotta voidaan lähteä selvittämään ensisijaisesti tien rakentamisvuodesta, koska kaiteille ei ole erikseen kirjattu asennuspäivää. Arvoilta 80% tapauksissa, Velhoon (aiemmin Tierestikieriin) kirjattu tien rakentamisen vuosi tai suuntauksen parantamisvuosi (tekninen toimenpide) on myös samalla kaiteen asennusvuosi. Vastaavasti, arviolta 20% kaiteista on rakennettu tien rakentamisen tai uudelleensuuntauksen jälkeen.

Kaiteiden ikää voidaan inventoitaessa päätellä mm. seuraavista tekijöistä:

- 1) tien rakennusvuosi / suuntauksen muutosvuosi
- 2) kaidetyyppi (vaihtui vuonna 1994)
- 3) pylvästyyppi U-160 (1970-1995), U-100 (1995-)
- 4) eräitä uusia kaidetuotteita (erilaiset pylvää, johteiden jatkokset)
- 5) tunnuslaatta kaiteessa (vain uusimmissa).

Teräspalkkikaiteiden, jotka on rakennettu vuosina 1970–1994, arvioitu käyttöikä on 50 vuotta. Täten kuntoinventointi kannattaisi keskittää vain yli 40 vuotta vanhoille kaiteille.

Kaideinventointien suunnittelu alkaa Tierestikierin tiedoista tien rakennus- tai suuntauksen muutosvuodesta. Jos kaide on alle 40 vuotta vanha, voidaan katsoa, että ei ole tarvetta kuntoinventointiin. Jos kaide on yli 40 vuotta vanha, kaide siirtyy kunnan puolesta tarkkailtavaksi hoitourakkaan. Kaiteen kunnan tarkistus tehtäisiin esimerkiksi kerran hoitourakan aikana. Jos kaiteen asennusvuosi ei ole tiedossa, tai muutoin epäselvä, kaiteen ikää lähdetään arvioimaan maastoon. Jos kaide todetaan alle 40 v vanhaksi, kuntoinventointia ei tarvita. Muussa tapauksessa tehdään samalla myös kuntoinventointi. Kuvassa 11 on esitetty malli kaideinventointien suunnitteluun ja taulukossa 41 on arvioitu kaiteiden ikäjakaamaa.



Kuva 11. Malli kaideinventointien suunnitteluun.

Taulukko 41. Kaiteiden määrä tieosuuksilla, joille on tehty toimenpiteitä ennen vuotta 1982 määrä (km) sekä asennusvuodeltaan tuntemattomat kaiteet.⁹²

Toimenpide	Yli 40 vuotta	Alle 40 vuotta
Rakennusvuosi	5 911 (724,910 km)	15 693 (1 852,136 km)
Suuntauksen parannusvuosi	8 623 (779,660 km)	6 607 (495,823 km)
Rakenteen parannusvuosi	7 271 (452,487 km)	10 785 (674,926 km)
Ei tietoa	27 446 (2389,299 km)	

Kaikkien kaiteiden toiminnallisuus tarkastetaan hoitourakoiden yhteydessä. Kaiteiden toiminnallisuutta tarkastetaan tiestötarkastusten yhteydessä ja mahdollisten vaurioiden korjaukset ohjelmoidaan. Talvivauriot korjataan keväällä.

Tässä yhteydessä tarkistetaan kaiteen toimintakunto ja turvallisuus; kaiteen mataluus, vinous, fyysiset kolhut ja puuttuvat viisteet. Nämä tekijät tulisi korjata, riippumatta kaiteen iästä tai fyysisestä kunnosta. Muissa urakoissa tietolajia päivitetään vain, kun kaide poistetaan, uusitaan tai korjataan.

⁹² Liikennevirasto, 02/2010, Liikenneviraston toimintalinjoja



Kuva 12. Liian matala ja ruostunut kaide betonipylväillä (tie 274 tieosa 01, Parkano, tien rakennusvuosi 1970).⁹³

7.5 Muutokset urakkasopimuksiin

Liikennemerkkien osalta korjausvelkaa on kertynyt paljon. Liikennemerkkien hallinta pitäisi tarkemmin ja systemaattisemmin sisällyttää urakkasopimuksiin. Toisaalta laskettu korjausvelka perustuu nykyiseen kuntoluokitteluun, joka on varsin kriittinen taulun visuaalisen ulkonäön suhteen. Tienkäyttäjän näkökulma liikennemerkin kuntoon saattaa olla sallivampi.

Edellä mainittujen uusien inventointitietojen sekä kuntoennusteen avulla voitaisiin hoitourakkaan sisällyttää ennustettu määrä liikennemerkkien vaihtoa jo tarjouskilpailuvaiheessa. Hoitourakoissa liikennemerkkien vaihtaminen on yksinkertaisin hoitoa. Lisäksi onnettomuuksien yms. takia vaurioituneet merkit hoituvat nopeammin kuntoon, kun urakka toimii alueella ja on tietoinen alueen tapahtumista. Lisäksi hoitourakoissa on tärkeää pitää tarpeeksi työtä myös kesäaikaan, jottei vuodenaikojen välillä ole liian suurta epäsuhtaa työmäärien kesken.

Kaiteiden katsotaan nykyisellään olevan hiukan väliinputoaja ja ELY-keskuksen toiminnasta riippuu, miten kaiteisiin ja niiden uusimiseen on varattu rahaa. Joidenkin ELY-keskusten alueella on varattu ELY-keskusten "omaa" rahaa hoitourakoihin kaiteiden uusimista varten, monessa ei. Joillakin voi olla (tai ainakin ollut) kaideurakoita, joillakin alueilla ei ole tehty mitään pitkiin aikoihin. Varusteiden ja laitteiden rahoitus on mennyt monella lähinnä pumppaamoiden ylläpitoon yms. Tämä ei liene kuitenkaan tällä hetkellä akuutti ongelma, kun kestoikä kaiteilla on pitkä, mutta tulevaa varten pitäisi miettiä myös kaiteiden uusimisen toteuttamistapoja.

On myös syytä selvittää pistokokein, onko aivan kaiteen vieressä tele- tai sähkökaapeleita. Törmäyksen jälkeen kaide on korjattava vilkasliikenteisellä tiellä niin pian, että kaapeleita ei voi selvittää ennen korjausta. Liian lähellä kaidetta olevat kaapelit pitäisi selvittää ennen vuotta 2030 ja siirrättää lupaehtojen mukaisesti pois kaapelin omistajan kustannuksella.

⁹³ Google Maps

8 Ehdotukset jatkoprojektiksi

Projektilla on tähän mennessä tarkastelu nykyistä kuntotiedon hallinta sekä kotimaassa että ulkomailla. Pohdittu ennustemallien soveltuvuutta sekä ehdotettu uutta mallia kuntoinventointeihin. Olemassa olevan datan perusteella on laskettu liikennemerkkien kunnostustarve lähivuosina käyttäen laadittua ennustemallia. Kaiteiden osalta ennustemallin luomisen fysikaalisen kunnan suhteen ei ole vielä mahdollista, koska tarpeeksi historiatietoa ei ole vielä kertynyt. Sen sijaan tässä vaiheessa panostetaan kaiteiden toiminnallisuuteen. Kaiteiden kunto alkaa heikkenemään olennaisesti vasta 40 vuoden jälkeen, jonka vuoksi oli hyvä inventoida kaiteiden ikä ja sen jälkeen keskittää kuntoinventoinnit näille kaiteille. Taulukossa 42 on kerätty mahdollisia projektiaihioita suoraan tämän projektin jatkoksi.

Taulukko 42. Jatkotyöehdotuksia.

Tehtävä	Vaiheet
Optio: Liikennemerkkien inventointimanuaali	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uudet kuntoluokitukset (liikennemerkit/opastaulut) 2. Muut inventoitavat tietolajit
Liikennemerkkien jatkomallinnus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eri urakka-alueiden historiatietojen laadun arviointi 2. Mallien täsmennys uusilla kohteilla 3. Uusien selittävien muuttujien lisääminen: nopeusrajoitus, tarkemmat liikennemäärät 4. Mallien jälkiarviointi 5. Rahoitustarveanalyysin päivitys
Pilottiprojekti vain tyydyttävä-kuntoisten liikennemerkkien inventoinnista	<ol style="list-style-type: none"> 1. Urakka-alueen valinta / väylä 2. Inventoitavien liikennemerkkien valinta 3. Joukkoistettu liikennemerkkien kuvaaminen 4. Inventointimanuaalin testaus ja kuntoinventointi kuvista 5. Aiemman inventointitiedon <u>laadun</u> ja ennustemallin tarkistus vertaamalla uuteen kuntoinventointitietoon
Optio: Kaiteiden ikäinventointi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Malli kaiteiden inventoinneista 6. Pilotti inventoinneista

Lähdeluettelo

- /1/ Liikenneympäristön ja varusteiden kunnossapidon toimintalinjat. Liikenneviraston toimintalinjoja 2/2010.
- /2/ Väyläviraston ohjeita 32k/2021. Tiekaiteiden suunnittelu 1.7.2021. Koekäytössä.
- /3/ Väylävirasto, 2021. Liikennemerkkiselvitys. Väyläviraston sisäinen selvitys 01/2021.
- /4/ Väyläviraston ohjeita 20/2020. Liikennemerkkien käyttö maanteilla.
- /5/ Määräys: TRAFICOM/417533/03.04.03.00/2020
- /6/ Liikenneviraston ohjeita 20/2013
- /7/ Liikennemerkkien kuntoluokitus, TIEH 2200060-v-09
- /8/ Väyläviraston sisäinen selvitys 1/2021
- /9/ Liikennevirasto opas: LIVI/3817/06.04.01/2015
- /10/ Rudus.fi
- /11/ Teknoinfra.fi
- /12/ Kaidekanerva.fi
- /13/ Väylä, VARUSTE- JA LAITEINVENTOINTIOHJE HARJA-KÄYTTÄJILLE
- /14/ Standard Specification for Retroreflective Sheeting for Traffic Control. ASTM International, ASTM D4956-11a, West Conshohocken, PA, 2011TTI Study 1275
- /15/ Re, J.M. and P.J. Carlson. Practices to Manage Traffic Sign Retroreflectivity, NCHRP Synthesis Topic 42-12. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington, DC, 2012
- /16/ Austin Bischoff and Darcy Bullock. Sign Retroreflectivity Study. FHWA/IN/JTRP-2002/22. Indianapolis, 2002.
- /17/ Carlson, P.J., L. Higgins, and J. Ré. Research and Recommendations for a Statewide Sign Retroreflectivity Maintenance Program, report FHWA/TX-12/0-6408-1. Texas Department of Transportation, Austin, Texas, 2011.
- /18/ Wolshon, B., and Degeyter, R., "Performance of Traffic Sign Retroreflectivity," IMSA (International Municipal Signal Association) Journal Vol. 38 Issue 4, Publisher, 2000.
- /19/ Awadallah, FI., "Prediction of the Service Life of Warning Signs," Public Roads Vol. 51 Issue 4, Publisher, 1988, pp. 116-122.
- /20/ Bischoff, A.L., and D.M. Bullock. Sign Retroreflectivity Study. Publication FHWA/IN/JTRP- 2002/22. Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2002.
- /21/ Bradford K. Brimley. The Current State of Research on the Long-Term Deterioration of Traffic Signs. Transportation Research Board 92nd Annual Meeting and publication in the Transportation Research Record. Washington, DC, January 2013
- /22/ Kipp, W.M.E. and J.M.V. Fitch. Evaluation of Measuring Methods for Traffic Sign Retroreflectivity. Publication 2009-8. Vermont Agency of Transportation, Montpelier, Vermont, 2009.

-
- /23/ Rasdorf, W.J., J.E. Hummer, E.A. Harris, V.P.K. Immaneni, and C. Yeom. Designing an Efficient Nighttime Sign Inspection Procedure to Ensure Motorist Safety. Report FHWA/NC/2006-08. North Carolina Department of Transportation, Raleigh, North Carolina, 2006.
- /24/ Majid Khalilikhah, Kevin Heaslip. Analysis of factors temporarily impacting traffic sign readability. *International Journal of Transportation Science and Technology* 5 (2016) 60–67
- /25/ Marjo Hippinen, Daria Stepanova, Antti Mäkelä, Mika Rantonen. Visibility estimation based on camera data and algorithm of snow recognition on traffic signs. *Proceedings of 8th Transport Research Arena TRA 2020, April 27-30, 2020, Helsinki, Finland.*
- /26/ Balali, V., Sadeghi, M.A., Golparvar-Fard, M., 2015. Image-based retro-reflectivity measurement of traffic signs in day time. *Advanced Engineering Informatics* 29 (4), 1028e1040.
- /27/ Brimley, B., Carlson, P.J., 2013. The current state of research on the long-term deterioration of traffic signs. In: *92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, 2013.*
- /28/ Black, K.L., H.W. McGee, and S.F. Hussain. *Implementation Strategies for Sign Retroreflectivity Standards. National Cooperative Highway Research Program Report 346, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1992.*
- /29/ Majid Khalilikhah, Kevin Heaslip. The effects of damage on sign visibility: An assist in traffic sign replacement. *Journal of traffic and transportation engineering (english edition)* 2016; 3 (6)
- /30/ Evans, T., Heaslip, K., Louisell, W., et al., 2012b. Development of a sign asset management plan for retroreflectivity compliance. In: *91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, 2012.*
- /31/ Liang, J.H., McCarthy, L.M., Park, S., et al., 2012. Risk-based methodology for local agency compliance with minimum sign retroreflectivity standards. In: *91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, 2012.*
- /32/ P. Siegmann, S. Lafuente-Arroyo, S. Maldonado-Bascón, P. Gil-Jiménez and H. Gómez-Moreno. Automatic evaluation of traffic sign visibility using SVM recognition methods. in *Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Signal Processing, Computational Geometry & Artificial Vision, Malta, 2005, pp. 170-175.*
- /33/ K. Doman, D. Deguchi, T. Takahashi, Y. Mekada, I. Ide, H. Murase and Y. Tamatsu, "Estimation of traffic sign visibility toward smart driver assistance," in *Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2010 IEEE, 2010, pp. 45-50.*
- /34/ H. González-Jorge, B. Riveiro, J. Armesto and P. Arias, "GEOMETRIC EVALUATION OF ROAD SIGNS USING RADIOMETRIC INFORMATION FROM LASER SCANNING DATA," in *28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Seoul, Korea (South), 2011, pp. 1007-1012.*
- /35/ Abukhait, Jafar Jameel. A Discriminative Imaging-Based Framework for Road Sign Condition Assessment Using Local Features and SVM Classifiers. (2012). *Dissertations.* 43.

-
- /36/ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2011). "Roadside Design Guide."
- /37/ Seattle Department of Transportation (SDOT). (2015). "SDOT Asset Management Status and Condition Report."
- /38/ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2006). "Asset Management Data Collection Guide: Task Force 45 Report." AASHTO-AGC- ARTBA Joint Committee.
- /39/ Fitzgerald, W. J. (2008). W-Beam Guardrail Repair: A Guide for Highway and Street Maintenance Personnel.
- /40/ Utah Department of Transportation (UDOT). 2012. Maintenance Management Quality Assurance Plus (MMQA+) Inspection Manual. Utah Department of Transportation, Salt Lake City, UT.
- /41/ Hampton C. Gabler, Douglas J. Gabauer & Carolyn E. Hampton. Criteria for Restoration of Longitudinal Barriers. NCHRP REPORT 656. Transportation Research Board, Washington, D.C. 2010.
- /42/ Brashaw, B.K., Vatalro, R.J., Wacker, J.P., Ross, R.J. (2005a). "Condition Assessment of Timber Bridges: 1. Evaluation of a Micro-Drilling Resistance Tool." Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-159., Madison, WI: USDA, Forest Products Laboratory.
- /43/ Seavey, R., Larson, R. (2002). "Inspection of Timber Bridges." MN/RC – 2002-34., St. Paul, MN: Minnesota Department of Transportation.
- /44/ Wacker, J.P., Wang, X., Kretschmann, D.E., Rammer, D.R. (2010). "Nondestructive Evaluation of Timber Highway Guardrail Posts." Proceedings of the 11th World Conference on Timber Engineering., Riva Del Garda, Italy. 20-24.
- /45/ Emerson, R., Pollock, D., McLean, D., Fridley, K., Ross, R., and Pellerin, R., 2002, "Ultrasonic Inspection of Large Bridge Timbers," Forest Products Journal, Forest Products Society, 52(9), 88- 95.
- /46/ Rammer, D. (2005). "Condition Assessment of In-Service Wood in Bridges and Structures by NIR Spectroscopy." FPL RIP-4719-001., Madison, WI: USDA, Forest Products Laboratory
- /47/ Wei, W., Leblon, B., La Rocque, A. (2011). "On the use of X-Ray Computed Tomography for Determining Wood Properties: A Review." Canadian Journal of Forest Research-*Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 41(11), 2120-2140.
- /48/ Yang, B., Liu, Y., Liang, F., Dong, Z., 2016. Using mobile laser scanning data for features extraction of high accuracy driving maps, ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.
- /49/ Jianlan Gao, Yiping Chen, José Marcato Junior, Cheng Wang. Rapid Extraction of Urban Road Guardrails From Mobile LiDAR Point Clouds. IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 29 September 2020.
- /50/ Michael M. Marti, P.E. & Renae Kuehl, P.E., P.T.O.E. Guardrail Replacement and Maintenance Guidelines. Research Project Final Report #2010RIC13. 1 Wiebelhaus, M., Lechtenberg, K., Sicking, D., Faller, D., and Rosenbaugh, S. (2013). Cost- Effective Treatment of Existing Guardrail Systems. MwRSF Research Report No. TRP- 03-254-13.

-
- /51/ Seattle Department of Transportation (SDOT). (2015). SDOT Asset Management Status and Condition Report.
- /52/ Florida Department of Transportation (FDOT). (2015). "Data Collection for Maintenance Rating Program." FDOT Maintenance Rating Program Handbook.
- /53/ Gutierrez, Sandra N., "Asset Management Support Tools to Assist Agencies in the Development of Guardrail Preservation Programs" (2017). Open Access Theses & Dissertations. 462.Minnesota, USA.
- /54/ Center for Risk Management of Engineering Systems, University of Virginia. Risk-Based Management of Guardrails: Site Selection and Upgrade. FHWA/NTRC 02-C15, December 2001.
- /55/ Avijit Maji and Manoj K. Jha. Modeling Highway Infrastructure Maintenance Schedules with Budget Constraints. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board · January 2007
- /56/ Vegvesen; Manual N300 – Traffic Signs
- /57/ RMSF, Road markings and signs for the future. Study on common specifications for road markings and signs. Questionnaire to Vegvesen 2021.
- /58/ <https://vegtilsynet.com/joining-forces-for-a-safe-road-system>
- /59/ <https://www.vejdirektoratet.dk/>
- /60/ Kreinin A, Sidelnikova M. Regularization algorithms for transition matrices. Algo Res Quart. 2001;4:23–40.
- /61/ Tikka, J., Hollmén, J.: Sequential input selection algorithm for long-term prediction of time series. Neurocomputing 71, 2604–2615 (2008).
- /62/ Jiang, Jingqing et al. Adaptive and Iterative Least Squares Support Vector Regression Based on Quadratic Renyi Entropy. In proceeding of: The 2008 IEEE International Conference on Granular Computing, GrC 2008, Hangzhou, China, 26-28 August 2008.
- /63/ Tiehallinto 2009, Liikennemerkkien kuntoluokitus, TIEH 2200060-v-09
- /64/ Trafinoshop, Sareskoski, Turvakauppa, Rudus, Makerspoint

HARJA-järjestelmään vietävät tiedot liikennemerkeistä

Hoitourakoitsijan vastuulla HARJA-järjestelmään vietävät tiedot liikennemerkeistä:⁹⁴

- Tietolajilla esitetään tieliikenneasetuksen ja -lain mukaiset pysyvät liikennemerkit, viitat ja opastetaulut.
- Merkille kirjataan lakinumero, jos se on 1.6.2020 voimaan tulleen lain mukainen. Vanhaa tyyppiä oleville merkeille kirjataan asetusnumero.
- Myös L- ja P-alueiden, kohtaamispaikkojen ja pysäkkien merkit sekä yksityistieliittyneiden, katujen ja kaavateiden liittymissä olevat kärkikolmiot ja stop-merkit kirjataan. Merkin osoite tulee olla sama kuin siihen liittyvällä alueella (esim. P-alue (TL195), kohtaamispaikka (TL198), yksityistieliittymä (TL251)).
- Portaalin osoite tulee olla sama, kuin vastaavan alikulkupaikan (TL262).
- Teksti-kenttään kirjataan viittojen ja opastetaulujen tietosisältö, lisäkilpien teksti tai rajoitusmerkkien tms. sisältö, jos liikennemerkin tunnus ei sitä täysin kerro.
- Muista kuin vakiokokoisista liikennemerkeistä kerrotaan pinta-ala 1 m² tarkkuudella. Ei-vakiokokoisien merkkien numerot löytyvät tietolajikuvauksesta. Vakiokokoisista merkeistä kerrotaan, onko merkki normaalikokoinen, pieni vai suuri.
- Mikäli samassa varressa on useampi merkki, kaikille kirjataan sama osoite sekä liikennemerkkitolpan tunnus. Yksitysteiden ja katujen tai kaavateiden puolella olevat kärkikolmiot ja stop-merkit inventoidaan päätien osoitteelle ja valitaan liittymän luonne alaspäinvalikosta "Maantien asemasta sivutiellä".
- Kuntotieto annetaan kaikilta muilta paitsi merkiltä 644a/F17 (osoiteviitan ennakkomerkki).
- Mikäli varoitusmerkistä puuttuu keltainen reunaväri, se luokitellaan vanhaksi. Tämä ilmoitetaan kohdassa "Vanha tyyppi".
- Merkin kausiluonteisuus ilmoitetaan kyllä/ei. Merkki on kausiluonteinen, mikäli se täytyy muuttaa tai peittää tietyksi ajanjaksoksi (esim. talvinopeusrajoitukset).
- Liikennemerkeillä on oma kuntoluokitus.

⁹⁴ Väylä: VARUSTE- JA LAITEINVENTOINTIOHJE HARJA-KÄYTTÄJILLE



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-981-3
www.vayla.fi