



Väylävirasto  
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu  
13/2024

# Siltojen kuntoluokituksen kehittäminen

## Projektiraportti





Hanna-Mari Miettinen, Janne Junes, Erkkä Lumme, Matti  
Airaksinen, Riikka Ala-Viikari:

# **Siltojen kuntoluokituksen kehittäminen**

Projektiraportti

Väyläviraston julkaisuja 13/2024

*Kannen kuva: Jetro Matilainen*

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

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-405-151-4

Väylävirasto  
PL 33  
00521 HELSINKI  
puh. 0295 343 000

**Hanna-Mari Miettinen, Janne Junes, Erkka Lumme, Matti Airaksinen, Riikka Ala-Vii-kari: Siltojen kuntoluokituksen kehittäminen. Projektiraportti.** Väylävirasto Helsinki 2024. Väyläviraston julkaisuja 13/2024. 58 sivua ja 5 liitettä. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-151-4.

**Avainsanat:** silta, kunto, omaisuudenhallinta, kunnonhallinta, Taitorakennerekisteri, siltatiedot

## Tiivistelmä

Siltojen tarkastustiedoilla on erittäin suuri merkitys taitorakenteiden hallintajärjestelmässä ja siltojen korjausten ohjelmoinnissa. Siltojen kunnon seurannassa käytetään useita siltojen tarkastustietojen pohjalta laskettuja, sillan kuntoa kuvaavia tunnuslukuja. Siltojen kuntoluokituksessa sillasto jaetaan viiteen kuntoluokkaan, minkä avulla pyritään tunnistamaan sillastosta ne sillat, jotka vaativat korjausta. Yleisenä tavoitteena on, että korjaustoimenpiteet kohdennetaan huonokuntoisiin kohteisiin. Huonokuntoisten siltojen lukumäärää käytetään myös Väyläviraston ja ELY-keskusten yhtenä tulostavoitteena. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että siltoja korjataan myös tyydyttäväkuntoisena, mikä on nostanut esiin tarpeen selvittää, olisiko kuntoluokitusta ja sen määräytymisperiaatteita kehitettävä.

Projektin tavoitteena oli selvittää vaihtoehtoisia kehityslinjoja siltojen kunnonhallinnassa käytetyn kuntoluokituksen kehittämiseksi sekä tuottaa ehdotus uuden kuntoluokituksen perusteista ja käyttöön otosta. Projektissa toteutettiin nykytilakartoitus, kirjallisuuskatsaus sekä uuden kuntoluokituksen määrittely. Nykytilaa kartoitettiin asiantuntijahaastatteluin sekä monipuolisten data-analyysien avulla. Data-analyyseissa tutkittiin nykyisen kuntoluokituksen toimivuutta sekä viimeisen kymmenen vuoden aikana korjattujen siltojen ominaispiirteitä ja kuntoa. Kirjallisuuskatsauksessa selvitettiin kansainvälisiä käytäntöjä siltojen kunnonhallintaan ja kuntoluokitukseen liittyen. Kuntoluokituksen määrittelyssä menetelminä käytettiin työpajaa, asiantuntijahaastatteluja sekä monipuolisia data-analyyseja ja mallinnuksia.

Projektin tuloksena syntyi ehdotus uudesta siltojen kuntoluokituksesta ja sen perusteista. Ehdotus perustuu huonokuntoisimman päärakenneosan -malliin, jossa sillan kunto määräytyy huonokuntoisimman päärakenneosan kuntoarvion mukaan. Kuntoa tarkastellaan nykyisestä poiketen eriytetysti kahdesta eri näkökulmasta; rakenteellisen kunnon ja turvallisuuden. Rakenteellisessa kunnossa painotetaan sillan laajamittaisia korjaustarpeita, kuten esimerkiksi peruskorjausta, ja sillan kuntoluokka määräytyy viiden, sillan käyttöiän kannalta keskeisimmän, päärakenneosan kunnon mukaan. Näissä päärakenneosissa ilmenevät vauriot vaikuttavat keskeisesti sillan rakenteiden toimivuuden säilymiseen ja näin sillan koko elinkaareen. Turvallisuudessa pääpaino on sillan turvallisuudessa käytössä tienkäyttäjän näkökulmasta ja tämän varmistamiseen liittyvissä kohdenetuimmissa korjaustarpeissa. Tunnuksluvussa huomioidaan seitsemän, turvallisuuden kannalta keskeisimmän, päärakenneosan kunto. Kahden erillisen tunnusluvun käyttö antaa sillan kunnosta laajamittaisemman kokonaiskuvan ja mahdollistaa korjaustarpeiden monipuolisemman arvioinnin.

Edellä mainittujen tunnuslukujen lisäksi, projektissa päädyttiin ehdottamaan uusien siltakohtaisten suhteellisten kuntolukujen laskemista ja käyttöönottoa. Näillä tunnusluvuilla on tarkoitus parantaa ennustettavuutta sekä korjausohjelmointia.

**Hanna-Mari Miettinen, Janne Junes, Erkka Lumme, Matti Airaksinen, Riikka Ala-Vii-kari: Utveckling av konditionsklassificeringen av broar.** Trafikledsverket. Helsingfors 2024. Trafikledsverkets publikationer 13/2024. 58 sidor och 5 bilagor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-151-4.

## Sammanfattning

Informationen från broinspektioner har mycket stor betydelse i systemet för hantering av specialkonstruktioner och tidsplaneringen av broreparationer. I uppföljningen av skicket på broar används flera nyckeltal som beräknas utifrån informationen från broinspektioner och som beskriver skicket på bron. I konditionsklassificeringen av broar delas broarna i fem konditions-klasser för att identifiera vilka broar som har reparationsbehov. Det allmänna målet är att reparationsåtgärderna ska riktas mot objekt i dåligt skick. Antalet broar i dåligt skick används också som ett av Trafikledsverkets och NTM-centralernas resultatmål. Praxis har dock visat att även broar i nöjaktigt skick repareras, vilket har lyft fram ett behov av att utreda huruvida konditionsklassificeringen och principerna för bestämning av den bör utvecklas.

Projektets mål var ett utreda alternativa utvecklingslinjer för att utveckla den konditionsklassificering som används i konditionshanteringen av broar samt att ta fram ett förslag på grunderna för och införandet av en ny konditionsklassificering. I projektet genomfördes en kartläggning av nuläget, en litteraturoversikt och definition av den nya konditionsklassificeringen. Nuläget kartlades genom expertintervjuer samt med hjälp av mångsidiga dataanalyser. I dataanalyserna undersöktes hur väl den nuvarande konditionsklassificeringen fungerar samt särdragen och skicket hos broar som reparerats under de senaste tio åren. I litteraturoversikten utreddes internationella praxis i anslutning till konditionshanteringen och konditionsklassificeringen av broar. Som metoder i definitionen av konditionsklassificeringen användes en verkstad, expert-intervjuer samt mångsidiga dataanalyser och modelleringar.

Projektet resulterade i ett förslag på en ny konditionsklassificering av broar och dess grunder. Förslaget bygger på modellen med en huvudkonstruktionsdel i sämst skick, där skicket på en bro bestäms utifrån konditionsbedömningen av den huvudkonstruktionsdel som är i sämst skick. Till skillnad från nuvarande praxis granskas konditionen differentierat ur två perspektiv; skicket på konstruktionerna och säkerheten. I skicket på konstruktionerna betonas omfattande reparationsbehov, exempelvis totalrenovering, och bronns konditions-klass bestäms utifrån skicket på fem huvudkonstruktionsdelar som är viktigast med tanke på bronns livslängd. Skador i dessa huvudkonstruktionsdelar har väsentlig påverkan på bevarandet av bronns funktion och därmed på bronns hela livslängd. I säkerheten ligger vikten främst på säker användning av bron ur väganvändarens perspektiv och på mer specifika reparationsbehov i anslutning till säker-ställandet av detta. I nyckeltalen beaktas skicket hos sju huvudkonstruktionsdelar som har störst betydelse med tanke på säkerheten. Genom att använda två nyckeltal får man en bredare helhetsbild av skicket på bron och detta möjliggör mångsidigare bedömning av reparationsbehoven.

Utöver de ovan nämnda nyckeltalen bestämde man sig i projektet för att föreslå beräkning och införande av brospecifika, relativa konditionstal. Syftet med dessa nyckeltal är att förbättra för-utsägbarheten och tidsplaneringen av reparationer.

**Hanna-Mari Miettinen, Janne Junes, Erkka Lumme, Matti Airaksinen, Riikka Ala-Viikari: Development of bridge condition classification.** Finnish Transport Infrastructure Agency Helsinki 2024. Publications of the FTIA 13/2024. 58 pages and 5 appendices. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-151-4.

## Abstract

Bridge inspection data are of great importance in the special structure management system and in the programming of bridge repairs. The monitoring of the condition of bridges makes use of several key indicators describing the condition of the bridge, calculated on the basis of bridge inspection data. In the condition classification of bridges, bridges are divided into five condition classes. This is done to identify the bridges that are in need of repairs. A general objective is for the repairs to be targeted at sites in a poor condition. The number of bridges in a poor condition is also used as one of the performance targets of the Finnish Transport Infra-structure Agency and ELY Centres. However, practice has shown that bridges are also re-paired in a satisfactory condition, which has highlighted the need to establish whether the condition classification and its determination principles should be developed.

The objective of this project was to investigate alternative development options for the development of the condition classification used in bridge condition management as well as to produce a proposal for the bases and implementation of a new condition classification. The project involved a current-state survey, literature survey and the specification of a new condition classification. The current state was surveyed through expert interviews and with the help of diverse data analyses. The data analyses examined the functionality of the current condition classification as well as the characteristics and condition of the bridges repaired over the past ten years. The literature survey examined international practices related to bridge condition management and condition classifications. The methods used to define the condition classification included a workshop, expert interviews and diverse data analyses and modelling.

The project resulted in a proposal for a new bridge condition classification and its bases. The proposal is based on a model focussing on the main structural element in the worst condition, meaning that the condition of the bridge is determined by a condition assessment of the main structural component that is in the worst condition. In contrast to the current practice, the condition is examined separately from two different perspectives: structural condition and safety. The structural condition emphasises the extensive repair needs of the bridge, such as renovation, and the condition class of the bridge is determined by the condition of the five main structural elements, which are the most important in terms of the service life of the bridge. Damage to these main structural elements has a central impact on the bridge structures remaining functional, and thereby on the entire life cycle of the bridge. In terms of safety, the main focus is on the safe use of the bridge from the perspective of the road user and on the more targeted repair needs related to ensuring this. The indicator takes into account the condition of the seven main structural elements, which are the most important in terms of safety. The use of two separate indicators gives a more comprehensive overview of the bridge's condition and enables a more comprehensive assessment of the repair needs.

In addition to the aforementioned indicators, it was decided to propose the calculation and implementation of new bridge-specific relative condition figures. These key indicators aim to improve predictability as well as repair programming.

## Esipuhe

Väylävirasto käyttää siltojen kunnon seurannassa useita siltojen tarkastustietojen pohjalta laskettuja, sillan kuntoa kuvaavia tunnuslukuja. Pisteytysten ja niiden pohjalta tuotetun kuntoluokituksen avulla pyritään seuraamaan siltojen kunnon kehittymistä sekä tunnistamaan priorisoidusti korjausta vaativat kohteet. Yleisenä tavoitteena on, että korjaustoimenpiteet kohdennetaan huonokuntoisiin kohteisiin. Näitä ovat viisiportaisen kuntoluokituksen kaksi alinta luokkaa. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että siltoja korjataan myös tyydyttävä- ja hyväkuntoisina. Tämä on osaltaan nostanut esiin tarpeen selvittää, olisiko kuntoluokitusta ja sen määräytymisperiaatteita kehitettävä.

Projektin tavoitteena oli selvittää vaihtoehtoisia kehityslinjoja siltojen kunnonhallinnassa käytetyn kuntoluokituksen kehittämiseksi sekä tuottaa ehdotus uuden kuntoluokituksen perusteista ja käyttöön otosta. Projektin tulokset ja tärkeimmät havainnot on koostettu tähän raporttiin. Alkuperäinen projekti toteutettiin vuonna 2021. Raporttia on täydennetty vuoden 2023 syksyllä lisäämällä kuntoluokituksen määrittelyyn muutama täsmennys sekä päivittämällä tämän muutoksen pohjalta tehdyt data-analyysit ja kuvaajat.

Työn ohjauksesta ovat vastanneet Väylävirastossa Markku Äijälä ja Simo Nykänen. Työn toteutuksesta ovat vastanneet Hanna-Mari Miettinen (projektipäällikkö), Janne Junes ja Erkki Lumme Ramboll CM Oy:stä sekä Matti Airaksinen ja Riikka Ala-Viikari Ramboll Finland Oy:stä.

Helsingissä tammikuussa 2024

Väylävirasto  
Taitorakenneyksikkö



# Sisältö

KÄSITTEITÄ.....	8
1 JOHDANTO .....	10
2 SILTOJEN KUNTO JA KUNNOSSAPITO .....	11
2.1 Siltojen kunto ja yhtenäinen kuntoluokitus .....	11
2.2 Kunnossapidon ja korjausten toimintaperiaatteet.....	15
3 PROJEKTIN TAUSTA JA TAVOITTEET .....	17
4 PROJEKTIN SISÄLTÖ JA TOTEUTUS .....	18
4.1 Nykytilanteen kuvaaminen ja data-analyysit .....	18
4.2 Kirjallisuuskatsaus .....	18
4.3 Kuntolukujen vaihtoehtoisten kehityslinjojen tarkastelu.....	19
4.4 Ehdotus uudesta kuntoluokituksesta ja sen käyttöönotosta .....	19
5 NYKYTILANNE.....	20
5.1 Haastattelut .....	20
5.2 Data-analyysit nykyiseen kuntoluokitukseen liittyen .....	21
5.2.1 Data-analyysien toteutus .....	21
5.2.2 Vuosina 2010–2020 korjatut sillat .....	22
5.2.3 Siltojen nykyinen kuntoluokitus .....	29
5.2.4 Nykytilaselvityksen yhteenveto ja tunnistetut kehitysvaihtoehdot..	32
6 KIRJALLISUUSKATSAUS.....	34
7 KUNTOLUKUJEN VAIHTOEHTOISTEN KEHITYSLINJOJEN TARKASTELU ..	37
7.1 Sillan päärakenneosien ja niiden kunnan vaikutus sillan elinkaareen ja turvallisuuteen .....	37
7.2 Laskennallisen yleiskunnan (LYK) ja yleiskuntoarvion (YK) kehittäminen .	39
7.3 Rakenteellisen kunnan ja turvallisuuden näkökulmien jatkoselvitykset ....	40
7.3.1 Selvityksen periaatteet.....	40
7.3.2 Analyysien ja laskennan tulokset .....	42
7.3.3 Johtopäätökset.....	47
7.4 Suhteelliset kuntoluvut .....	48
7.5 Putkisiltojen kuntoluokituksen täsmennys .....	52
7.6 Kehityslinjojen tarkastelujen johtopäätökset.....	53
8 EHDOTUS UUDEKSI KUNTOLUOKITUKSEKSI.....	54
9 SUOSITUKSIA JATKOTOIMENPITEIKSI .....	57

## LIITTEET

Liite 1	Siltojen päärakenneosat
Liite 2	Kuntolukujen laskentakaavat
Liite 2	Kuntoluokan määräytyminen
Liite 4	Nykytilahaastattelujen kysymykset ja kooste
Liite 5	Kirjallisuuskatsauksen lähdeluettelo

## Käsitteitä

Erikoistarkastus	Erikoisasantuntijan suorittama taitorakenteen tai sen yksittäisten rakenneosien perusteellinen tarkastus erikoislaitteilla ja -tutkimusmenetelmillä.
Hoito	Taitorakenteiden toimintakuntoa ylläpitävään hoitoon kuuluvat puhtaanapito, jatkuva tarkkailu, huolto ja pienet huoltokorjaukset sekä vuositarkastukset.
Huonokuntoinen silta	Huonokuntoisen sillan kuntoluokka on huono (2) tai erittäin huono (1). Sillan yleinen kuntoluokitus -taulukko löytyy tämän julkaisun sivulta 10
Korjaustarveluku (KT)	Korjaustarveluku kuvaa sillan korjaustarvetta vertailukelpoisena numerona. Korjaustarveluvussa huomioidaan kaikkien rakenneosien kunto, mutta laskennassa painotetaan päällysrakenteiden kuntoa.
Kuntopisteet (KP)	Rakenteen yleistä kuntoa kuvaava luku, joka kuvaa karkeasti sillan peruskorjauksen kustannusten muodostumista.
Laskettu yleiskunto (LYK)	Tarkastajan eri päärakenteosille antamien kuntoarvioiden perusteella laskettu, sillan kuntoa kuvaava tunnusluku. Luku on painotettu keskiarvo päärakenteosien kuntoarvioista, missä painotukset ovat rakenneluokkakohtaisia ja riippuvat siltatyypistä.
Parantaminen	Parantaminen tarkoittaa toimenpiteitä, joilla nostetaan sillan palvelutasoa, toimivuutta ja turvallisuutta tai vähennetään ympäristöhaittoja.
Peruskorjaus	Sillan kokonaiskorjaus, jossa kaikki vaurioituneet ja kuluneet rakenneosat kunnostetaan tai uusitaan ja sillan rakenteellinen ja toiminnallinen kunto palautetaan käyttöön edellyttämälle tasolle.
Putkisilta	Putkisilta on vesistöissä ja väylän alitukseen käytettävä putkirakenne, joka yleensä on valmistettu aallotetusta teräslävystä, teräsnauhasta tai betonista.
Rautatiesilta	Väyläviraston vastuualueeseen kuuluva junaliikennettä välittävä silta.
Sillan yleiskunto	Sillan yleiskunto arvioidaan tarkastuksen yhteydessä. Arvioinnissa otetaan huomioon rakenneosien erilainen painoarvo, kun tarkastellaan niiden vaikuttavuutta rakenteiden kantavuuteen, pitkäaikaissäilyvyyteen ja korjauskustannuksiin. Sillan yleiskunto voi olla hyvä, vaikka jonkin päärakenteosan kuntoarvio on tyydyttävä tai huono.

---

Taitorakennerekisteri	Väyläviraston hallinnoimien taitorakenteiden sähköinen tietovarasto, jossa ylläpidetään taitorakenteiden perus-, kantavuus-, tarkastus-, korjaus-, ja historiatietoja reaaliaikaisesti.
Tiesilta	Maantieväylällä sijaitseva vesistön, maastoesteen tai risteävän tie-, rautatie- tai vesiväylän ylittävä silta.
Uusimistarveluku (UT)	Uusimistarveluku kuvaa rakenteen uusimistarvetta vertailukelpoisena numerona. Uusimistarveluvussa huomioidaan kantavien rakenteiden (päällysrakenne, välituet ja päätytuet) kunto.
Varsinainen silta	Kaikki sillat, jotka eivät ole putkisilloja.
Vauriokorjaus	Yksittäisen vaurion korjaus.
Vuositarkastus	Kerran vuodessa tehtävä taitorakenteen hoitoon kuuluva silmämääräinen tarkastus.
Yleiskunto (YK)	Sillantarkastuksessa tarkastajan antama koko sillan kuntoa kuvaava luku, jossa huomioidaan rakenneseosien erilainen painoarvo sillan rakenteiden kantavuuteen, pitkäaikaissäilyvyyteen ja korjauskustannuksiin nähden.
Yleistarkastus	Taitorakenteen kunnan seurannan tärkein, keskimäärin viiden vuoden välein tehtävä perusteellinen silmämääräinen tarkastus, jonka tulokset kirjataan Taitorakennerekisteriin.
Ylläpitokorjaus	Ylläpitokorjaukset ovat peruskorjausten välillä tehtäviä, rakenteiden säilyvyyttä parantavia yksittäisiin vaurioihin kohdistuvia korjauksia, joiden tarve tulee esille yleensä vuosi- ja yleistarkastuksissa. Kunnostustoimenpiteiden tarkoituksena on estää alkavien vaurioiden paheneminen ja mahdolliset seurausvaikutukset.

# 1 Johdanto

Kattava, toimintavarma ja turvallinen liikenneverkko on elinkeinoelämän ja yhteiskunnan toimivuuden keskeinen perusedellytys. Sillat ovat väylien palvelutason kriittisiä kohtia, sillä niiden toiminnalliset puutteet tai huono rakenteellinen kunto johtavat usein liikenerajoituksiin.

Systemaattisella päivittäisellä kunnossapidolla ja oikein kohdistetuilla korjaustoimenpiteillä pidetään huolta mittavasta infrapääomasta sekä varmistetaan liikenteen toimivuus ja liikenneturvallisuus. Kunnossapito- ja korjaustoimenpiteillä huolehditaan myös kulttuurillisten ja esteettisten arvojen säilymisestä sekä esimerkiksi kestävä kehityksen arvojen toteutumisesta koko rakenteen elinkaaren ajan. Tavoitteiden saavuttamisen perusedellytyksenä on riittävä rahoitus. Suunnitelmallisella, tehokkaalla, oikea-aikaisella ja oikein kohdennetuilla korjauksilla sekä niitä tukevalla asiantuntevalla hoidolla on avainrooli siltojen kunnan ja elinkaarikustannusten hallinnassa.

Väylävirasto on julkaissut vuonna 2015 taitorakenteiden ylläpidon toimintalinjat, joilla ohjataan kunnossapito- ja korjaustoimenpiteitä sekä niiden priorisointia. Toimintalinjoilla varmistetaan valtakunnalliset tarpeet huomioonottava, tarkoituksenmukainen siltojen kunto- ja palvelutaso siten, että rakenteiden toimivuus ja liikenneturvallisuus kyetään varmistamaan (Liikennevirasto, 2015).

Siltojen ja muiden taitorakenteiden kuntoa ja kunnan kehittymistä seurataan koko rakenteen käyttöajan ajan ja tietoa vaurioista ja puutteista kerätään Sillantarkastuskäsikirjan (Väyläviraston ohjeita 33/2020) mukaisesti. Tiedot tallennetaan Taitorakennerekisteriin, joka sisältää näiden kuntoa ja vaurioitumista kuvaavien tietojen lisäksi siltoihin liittyviä hallinnollisia tietoja, väylä- ja liikennetietoja, rakenne- ja mittatietoja sekä tietoja sillan varusteista ja laitteista. Siltojen tarkastustiedoilla on erittäin suuri merkitys taitorakenteiden hallintajärjestelmässä ja siltojen korjausten ohjelmoinnissa. Tietojen perusteella tehdään myös siltojen ikäkäyttäytymistä kuvaavia malleja, joita voidaan käyttää sillaston optimaalisen palvelutason määrittämiseen.

Väylävirasto käyttää siltojen kunnan seurannassa useita sillan kuntoa kuvaavia tunnuslukuja. Tunuslukujen avulla pyritään seuraamaan kunnan kehittymistä sekä tunnistamaan priorisoidusti korjausta vaativat kohteet. Yleisenä tavoitteena on, että peruskorjaustoimenpiteet kohdennetaan huonokuntoisiin kohteisiin. Käytännön kokemusten perusteella silta tulee peruskorjausikänsä noin 30–40 vuoden iässä.

Väyläviraston omistuksessa oli 31.12.2020 15093 tiesiltaa ja 2477 rautatieverkon siltaa (Väylävirasto, 2021). Siltojen rakentaminen on ollut Suomessa varsin voimakasta 1960-luvulta alkaen, jolloin siltoja rakennettiin niiden pinta-alan perusteella lähes kolminkertainen määrä edelliseen vuosikymmeneen verrattuna. Sillanrakentaminen jatkui Suomessa varsin vilkkaana aina 1990-luvun loppupuolelle saakka. Uusia rautatiesiltoja on rakennettu huomattavasti vielä 2000-luvun alussa. Ikä rakenteen takia siltojen korjaustarve on kasvanut voimakkaasti 1990-luvulta lähtien ja se tulee pysymään vähintään nykyistä vastaavalla tasolla pitkään myös tulevina vuosina.

## 2 Siltojen kunto ja kunnossapito

### 2.1 Siltojen kunto ja yhtenäinen kuntoluokitus

Siltojen kuntoa sekä toiminnallisten puutteiden ja vaurioiden kehittymistä seurataan säännöllisesti tehtyjen tarkastusten avulla. Tarkastuksia tarvitaan kuntotilan seurannan lisäksi muun muassa korjausten ohjelmointiin, liikenneturvallisuuden varmistamiseen sekä esimerkiksi ylläpitokustannusten hallintaan. Oikein ajoitetun ja suunnitelmallisen tarkastustoiminnan tavoitteena on rakenteiden kunnan ja toimivuuden seuranta ja vaurioiden varhainen havainnointi. Samalla ennaltaehkäistään seurannaisvaikutuksia sekä hidastetaan ikääntymistä.

Tarkastusväli (yleistarkastus) silloilla on pääsääntöisesti viisi vuotta, mutta tiheämpi tarkastusväli on mahdollinen, mikäli sillan kunto ja sen tarkempi seuraaminen sitä edellyttävät. Tarkastukset toteutetaan Sillantarkastuskäsikirjan (Väylävirasto, 2020) mukaisesti ja tarkastuksista saatavat tiedot tallennetaan Taitorakennerekisteriin. Sillan yleistarkastuksen tuloksena saadaan mm. seuraavat sillan kunnonhallintaa tukevat tiedot:

- Sillan ja päärakenneosien kuntotiedot
- Ehdotus seuraavasta tarkastuksesta ja sen tyypistä
- Ehdotukset korjaustoimenpiteistä
- Arvio korjauskustannuksista
- Lähtötietoja erilaisten tunnuslukujen laskemiseksi

Tarkastajan tulee tarkastaa sillan kaikki näkyvissä olevat rakenneosat ohjeiden ja näkemysensä mukaisesti välittämättä esimerkiksi sillalle tulevasta kuntoluokasta. Tarkastajan on myös arvioitava tehostetun tarkkailun tai painorajoituksen tarve sillalle, jossa on vakavia kantavuuteen vaikuttavia vaurioita tai merkkejä kapasiteetin ylittymisestä.

Tietoja tarkastuksesta kirjataan Taitorakennerekisteriin siltakohtaisesti seuraavasti:

**Kunkin päärakenneosan (liite 1) ja koko sillan yleiskunto arvos-  
tellaan asteikolla 0–4, missä**

- 0 = uudenveroinen
- 1 = hyvä
- 2 = tyydyttävä
- 3 = huono
- 4 = erittäin huono

Myös puolikkaita arvoja (1,5; 2,5 ja 3,5) voidaan käyttää arvioinnissa.

**Päärakenneosan kunnan arvioinnissa tulee käyttää seuraavia ajatusmalleja:**

0 = Uusi tai lähes uuden veroinen pää rakenneosa

1 = Hyväkuntoinen pää rakenneosa; normaalia kulumista ja ikääntymistä, mutta toimii hyvin. Ei varsinaisia vaurioita tai vauriot ovat lieviä tai laajuudeltaan vähäisiä.

2 = Rakenteissa on selvästi havaittavia puutteita ja vaurioita, jotka eivät kuitenkaan vielä rajoita rakenteiden normaalia käyttöä. Rakenneosan korjaamista esitetään yleensä ennakoivana tai paikallisena toimenpiteenä.

3 = Selvästi havaittavia korjausta vaativia vaurioita.

4 = Vauriot heikentävät jo selvästi rakenneosan kantavuutta ja/tai vaarantavat liikenneturvallisuutta. Rakenneosa on välttämättä korjattava tai uusittava.

**Koko sillan yleiskunnan arvioinnissa tulee käyttää seuraavia ajatusmalleja:**

0 = Uusi tai lähes uuden veroinen silta.

1 = Hyväkuntoinen silta; normaalia kulumista ja ikääntymistä, mutta toimii hyvin. Sillan yleiskunto voi olla 1, vaikka jonkin pää rakenneosan kuntoarvio on 2 tai 3.

2 = Tyydyttäväkuntoinen silta; on jo puutteita ja vaurioita, kuten rapautumista tai ruostumista. Sillan rakenneosakohtaisia korjauksia tai koko sillan erikoistarkastusta voidaan harkita tai korjausta voidaan vielä siirtää.

3 = Huonokuntoinen silta; useita selvästi havaittavia korjausta vaativia vaurioita tai jokin yksittäinen kokonaisuuden kannalta vakava vaurio. Erikoistarkastuksen ja peruskorjauksen tarve on ilmeinen.

4 = Erittäin huonokuntoinen silta; silta on täydellisen peruskorjauksen tai uusimisen tarpeessa. Kunto ei ole hyväksyttävissä.

Myös puolikkaita arvoja (1,5; 2,5 ja 3,5) voidaan käyttää arvioinnissa.

Tarkastuksissa annettujen kuntoarvioiden sekä tiettyjen sillan perustietojen (esim. siltatyyppi) perusteella lasketaan sillalle eri kaavojen ja päättelysääntöjen avulla keskenään vertailukelpoisia, kuntoa ja kuntokehitystä kuvaavia tunnuslukuja:

- Sillan laskettu yleiskunto (LYK) saadaan pää rakenneosien kuntoarvioiden painotettuna keskiarvona. Painotukset ovat rakenneluokkakohtaisia ja riippuvat siltatyypistä.
- Korjaustarveluku (KT) kuvaa sillan korjaustarvetta ja siinä huomioidaan kaikkien rakenneosien kunto, mutta laskennassa painotetaan päällysrakenteiden kuntoa.
- Uusimistarveluku (UT) kuvaa rakenteen uusimistarvetta ja sen laskennassa huomioidaan kantavien rakenteiden (päällysrakenne, välituet ja päätytuet) kunto.
- Kuntopisteet (KP) on rakenteen yleistä kuntoa kuvaava luku, joka kuvaa karkeasti sillan peruskorjauksen kustannusten muodostumista.

Edellä mainittujen kuntolukujen tarkempi määrittely löytyy liitteestä 2.

Koko sillaston kuntoseurannassa käytetään siltojen yhtenäistä kuntoluokitusta, joka noudattaa kaikille tienpidon osa-alueille yhtenäistä viisiportaista tieomaisuuden kuntoluokitusta. Luokituksen keskeinen tarkoitus on jakaa sillat ylläpitotarpeiden mukaisiin luokkiin. Sillat jaetaan lasketun yleiskunnon (LYK), yleiskuntoarvion (YK) ja vakavimpien vaurioiden perusteella viiteen kuntoluokkaan seuraavasti (taulukko 1 ja liite 3):

#### Siltojen yhtenäinen kuntoluokitus

- 1 = Erittäin huono – kunto ei hyväksyttävä, peruskorjaus myöhässä, täydellisen ja kiireellisen peruskorjauksen tai uusimisen tarve
- 2 = Huono – useita korjattavia vaurioita tai yksittäinen vakava vaurio, peruskorjaus ajankohtainen
- 3 = Tyydyttävä – rakenteissa vaurioita/puutteita, peruskorjaus tulossa, mutta sitä voidaan tarvittaessa vielä siirtää
- 4 = Hyväkuntoinen – normaalia ikääntymistä
- 5 = Erittäin hyvä – uusi tai uudenveroinen

Taulukko 1. Siltojen kuntoluokitus

Kuvaus kunnosta	Luokitteluperusteet		
	Varsinaiset sillat	Putkisillat	Rautatiesillat
<b>5 ERITTÄIN HYVÄ</b> Uusi tai lähes uuden veroinen silta.	LYK = 0,00–0,50 ja YK = 0	LYK = 0,00–0,50 ja YK = 0	LYK = 0,00–0,50 ja YK = 0
<b>4 HYVÄ</b> Hyväkuntoinen silta, jossa on normaalia kulumista ja ikäänymistä. Sillan yleiskunto voi olla hyvä, vaikka jonkin pääraakennesosan kuntoarvio on tyydyttävä tai huono.	LYK = 0,51–1,25 tai YK = 1 eikä kumpikaan huonompi	LYK = 0,51–1,25 tai YK = 1 eikä kumpikaan huonompi	LYK = 0,51–1,25 tai YK = 1 eikä kumpikaan huonompi
<b>3 TYYDYTTÄVÄ</b> On jo puutteita ja vaurioita, kuten rapautumista tai ruostumista, mutta korjaamista voidaan vielä siirtää. Yleiskunto voi olla tyydyttävä, vaikka jonkin pääraakennesosan kuntoarvio olisi-kin huono tai erittäin huono.	LYK = 1,26–2,00 tai YK = 1,5–2,5 eikä kumpikaan huonompi	LYK = 1,26–2,00 tai YK = 1,5–2,5 tai jompikumpi on huonompi, mutta teräsputkessa ei ole vaurioluokan 4 korrosiovauriota.	LYK = 1,26–2,00 tai YK = 1,5–2,5 eikä kumpikaan huonompi
<b>2 HUONO</b> Useita selvästi havaittavia korjausta vaativia vaurioita tai jokin yksittäinen vakava vaurio. Erikoistarkastuksen ja peruskorjauksen tarve on ilmeinen.	LYK = 2,01–2,75 tai YK = 3 eikä kumpikaan huonompi tai kansilaatan vesivuotovaurio vaurioluokassa 4 tiellä, jota ei suolata	LYK = 2,01–3,25 tai YK = 3–3,5 eikä kumpikaan huonompi ja teräsputkessa on vaurioluokan 4 korrosiovaurio	LYK = 2,01–2,75 tai YK = 3 eikä kumpikaan huonompi tai kansilaatan vesivuotovaurio vaurioluokassa 4
<b>1 ERITTÄIN HUONO</b> Silta on täydellisen peruskorjauksen tai jopa uusimisen tarpeessa. Kunto ei ole hyväksyttävissä. Vaurioita on niin paljon, että pelkästään niiden kirjaaminen on työlästä.	LYK = 2,76–4,00 tai YK = 3,5–4 tai kansilaatan vesivuotovaurio vaurioluokassa 4 tiellä, jota suolataan	LYK = 3,26–4,00 tai YK = 4	LYK = 2,76–4,00 tai YK = 3,5–4



## 2.2 Kunnossapidon ja korjausten toimintaperiaatteet

Taitorakenteiden toimintalinjoissa (Liikennevirasto, 2015) on ylläpidoksi määritelty toimet, joilla olemassa olevaa rakennetta korjataan ja huonontunut kunto tai toimivuus palautetaan ennalleen. Tämä voi tapahtua vaihtamalla keskeisiä osia uusiksi tai rakentamalla uusiksi vaurioituneet kohdat siten, että osa tuotteesta tai rakenteesta pysyy kuitenkin ennallaan.

Sillan peruskorjauksessa kaikki vaurioituneet ja kuluneet rakenneosat kunnostetaan tai uusitaan. Sillan rakenteellinen ja toiminnallinen kunto palautetaan käyttöiän edellyttämälle tasolle.

Ylläpitokorjauksilla tarkoitetaan peruskorjausten välillä tehtäviä, nopeita toimenpiteitä vaativia, pienimuotoisia korjauksia sekä yksittäisiä vaurikorjauksia. Vauriot voivat kohdistua sekä itse päärakenteeseen että varusteisiin tai laitteisiin.

Taloudellisesti kestävä kunnossapito tarkoittaa siltojen päivittäisen kunnossapidon, korjausten ja elinkaarikustannusten optimaalista hallintaa. Tämä edellyttää tarpeita vastaavia resursseja niin, että korjaustoimenpiteet voidaan toteuttaa oikea-aikaisesti ja tarvittavassa laajuudessa. Mikäli korjaustoimenpiteitä joudutaan siirtämään liian myöhäiseen ajankohtaan, kasvattaa se korjausvajetta sekä siirtää korjauskustannuksia myöhemmäksi. Sosiaalisesti kestävä kunnossapito edellyttää alueellisten tarpeiden huomioon ottamista valtakunnan tasolla siten, että myös alemman väyläverkon kunto ja palvelutaso ylläpidetään tyydyttävällä ja tarkoituksenmukaisella tasolla.

Toimintalinjojen mukaan sillaston kunto- ja korjaustarkasteluissa oleellista on erittäin huonokuntoisten ja huonokuntoisten siltojen määrän suunnitelmallinen hallinta. Optimaalisen elinkaaritalouden kannalta sillat tulisi peruskorjata pääsääntöisesti ennen päätymistä kuntoluokkaan 1 (erittäin huono) ja pitää kuntoluokan 2 (huono) siltojen määrä tasapainossa korjauskapasiteetin kanssa. Sillan turvallisen käytön varmistamiseksi sekä kuntoa tai kantavuutta heikentävien seurannaisvaikutuksen eliminoimiseksi korjaukset tulisi toteuttaa mahdollisimman nopeasti.

Sillan toiminnalliset puutteet ja liikenneturvallisuutta vaarantavat vauriot johtavat usein eriasteisiin liikennerajoituksiin ja heikentävät näin sillan palvelutasoa. Vauriot voivat aikaistaa sillan korjaus- tai uusimistarvetta, vaikka rakenteellinen kunto ei sitä vielä edellyttäisikään. Esimerkiksi tiesiltojen vanhat tyyppikaiteet, jotka eivät täytä nykyvaatimuksia, voivat olla turvallisuusongelma ja vaatia näin ennen aikaista korjausta. Muita liikenneturvallisuutta vaarantavia vaurioita ovat esim. päällysteiden vakavat purkautumat, liikuntasaumalaitteiden irtoaminen, sillan päiden kynnysmuodostumat ja rakenteista irtoilevat kappaleet.

Vakavia vaurioita ja toiminnallisia puutteita sisältävien pienehköjen siltojen korjaamisesta saatu hyöty voi jäädä uusimiseen verrattuna vähäiseksi. Tällöin siltojen hallittu loppuun käyttö voi olla kokonaistaloudellisesti järkevämpi vaihtoehto.

Toimintalinjojen pääperiaatteen mukaan huonokuntoiset (kl 1–2) sillat kuuluvat rahoitusresurssien salliessa lähtökohtaisesti peruskorjausten piiriin. Kyseiset sillat tulisi siis sijoittaa peruskorjausohjelmiin, erittäin huonokuntoiset kiireellisinä. Kaikkien huonokuntoisten siltojen jatkotoimenpiteiden tarve ja ajankohtaisuus kartoitetaan aina, myös priorisointia vaativissa rahoitusolosuhteissa. Peruskorjauksiin ohjelmoitujen siltojen erikois-

---

tarkastuksessa saadaan lisätietoa peruskorjauksen kiireellisyydestä. Mikäli sillan kunto-  
luokka on erittäin huono, tulee silta peruskorjata mahdollisimman pian. Vaihtoehtoisesti  
silta voidaan käyttää tehostetun tarkkailun alaisena loppuun ennen uusimista.

Lähtökohtaisesti peruskorjauksessa korjataan tai uusitaan kaikki vaurioituneet ja kulu-  
neet rakenteet alkuperäisten veroisiksi. Peruskorjausta varten suoritetaan kohteen eri-  
koistarkastus ja laaditaan korjaussuunnitelma. Korjaussuunnitelmassa otetaan huomioon  
rakenteellisten vaurioiden lisäksi myös mahdollisuudet toiminnallisten puutteiden poista-  
miseen. Toimenpiteet pyritään ohjelmoimaan oikea-aikaisiksi siten, että korjaustöiden  
laajuus ja tehokkuus voidaan optimoida mahdollisimman hyvin. Myös liikenteelliset haitat  
tulisi minimoida. Ohjelmoinnissa otetaan huomioon myös logistisesti järkevä ja kustan-  
nuksia optimoiva palvelujen hankinta ajoittamalla ja niputtamalla alueellisesti sidoksissa  
olevia kohteita samaan hankkeeseen. Peruskorjausten ohjelmoinnissa tulee ottaa huo-  
mioon korjaussuunnittelun ja erikoistarkastuksen vaatima aika, joten ohjelmointi on teh-  
tävä vähintään kahden vuoden aikajänteellä.

### 3 Projektin tausta ja tavoitteet

Vuonna 2017 tie- ja rautatieverkon siltojen hallinnointi siirrettiin Siltarekisteristä Taitorakennerekisteriin. Samassa yhteydessä siltojen rakenneosajakoa ja vauriokirjauskäytäntöjä kehitettiin ja käyttöön otettiin uusia siltojen kuntoa kuvaavia tunnuslukuja. Elokuussa 2020 julkaistiin Sillantarkastuskäsikirjan yhdeksäs tarkistettu ja uudistettu painos, jossa huomioitiin Taitorakennerekisterin tietorakenteen mukaiset muutokset sekä muutosten vaikutukset vaurioiden inventointiin ja kuntoarvioiden antamiseen. Siltojen kuntoluokituksen kriteerit säilyivät kuitenkin ennallaan.

Siltojen kuntoluokituksessa sillasto jaetaan viiteen kuntoluokkaan sillan tarkastuksissa kerättyjen tietojen perusteella. Kuntoluokituksen avulla pyritään tunnistamaan sillastosta ne huonokuntoiset sillat, jotka vaativat korjausta. Huonokuntoisten siltojen lukumäärää käytetään myös Väyläviraston ja ELY-keskusten yhtenä tulostavoitteena.

Taitorakennerekisterin käyttöönoton jälkeen on keskitytty muun muassa silta- ja tarkastustietojen laadun ja kattavuuden parantamiseen. Laadukkaammat ja tarkemmat kuntoa ja tarkastustiedot mahdollistavat puolestaan tietojen paremman analysoinnin ja hyödyntämisen esimerkiksi ennakoivassa kunnossapidossa. Uusia tunnuslukuja ja tarkempia siltatietoja on kerätty ja hyödynnetty nyt useamman vuoden ajan. Tässä yhteydessä on tunnistettu tarve siltojen kunnonhallinnassa käytetyn kuntoluokituksen ja sitä tukevien tunnuslukujen kehittämiseksi.

Projektissa oli tavoitteena selvittää vaihtoehtoisia kehityslinjoja siltojen kunnonhallinnassa käytetyn kuntoluokituksen kehittämiseksi sekä tuottaa ehdotus uuden kuntoluokituksen perusteista ja käyttöönotosta. Projektissa selvitettiin myös, miten korjaustoimenpiteet, ympäröivä tie, sillan ominaisuudet ja sillan nykykunto linkittyvät toisiinsa ja olisiko kuntoluokituksen sekä korjaustoimenpiteiden ohjelmoinnin ja priorisoinnin tukena mahdollista käyttää uusia tunnuslukuja, kuten esimerkiksi riski-indeksiä.

Työ toteutettiin seuraavien rajausten ja tavoitteiden mukaisesti:

- Työssä tulee huomioida sekä maantie- että rautatiesillat.
- Siltojen tarkastuksissa annetut kuntoarviot toimivat kuntoluokituksen pohjana jatkossakin eikä työssä lähdetä arvioimaan nykyisiä tarkastuskäytäntöjä laajemmin.
- Yhtenäisessä kuntoluokituksessa on säilytettävä vertailukelpoisuus eli ympäröivien olosuhteiden tai esimerkiksi sillan koon ei tule saada liian suurta painoarvoa sillan kuntoluokan määräytymisessä.
- Nykyisessä kuntoluokituksessa sillan päärakennosien kuntoarvioiden painotettuja keskiarvoja hyödyntävä malli tasapäistää siltoja ja "piilottaa" peruskorjaustarpeita. Erityisesti tähän näkökulmaan olisi työssä tarpeen pureutua.
- Sillan kuntoa ja sen kehitystä tulisi voida ennustaa nykyistä paremmin.
- Varsinaisen kuntoluokituksen rinnalle voidaan esittää myös muita mittaroitavia tunnuslukuja, joita voidaan käyttää omaisuudenhallinnan ja ohjelmoinnin tukena sekä esimerkiksi tulostavoitteiden seurannassa. Työn pääpaino on kuitenkin yhtenäisen kuntoluokituksen kehittämisessä.

## 4 Projektin sisältö ja toteutus

Työssä päädyttiin toteuttamaan useita erilaisia selvityksiä nykytilan kokonaiskuvan muodostamiseksi sekä vaihtoehtoisten kehityslinjojen tunnistamiseksi. Koska kuntoluokituksen kehittäminen on aiheena monitahoinen, vaatii se sekä teorian että käytännön vahvaa yhteensovittamista. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu projektin toteutuksessa läpikäytyt osa-alueet.

### 4.1 Nykytilanteen kuvaaminen ja data-analyysit

Nykytilanteen selvitys aloitettiin asiantuntijahaastatteluilla. Yhteensä haastateltiin kuusi asiantuntijaa; kaksi siltainsinööriä ELY-keskuksesta ja neljä siltojen ja omaisuudenhallinnan asiantuntijaa Väylävirastosta. Haastatteluja varten laadittiin kysymyspatteristo, jonka avulla pyrittiin selvittämään eri kuntolukujen käyttöä ja toimivuutta, kunnonseurannan ja korjausohjelmoinnin käytäntöjä sekä keräämään ehdotuksia tunnuslukujen ja kuntoluokituksen kehittämistarpeista. Haastatteluissa käytiin läpi myös esimerkkisiltoja, minkä avulla pyrittiin saamaan parempi käsitys siitä, miksi joitakin siltoja korjataan tyydyttäväkuntoisina ja jotkin huonokuntoiset jätetään korjaamatta. Esimerkkisiltojen läpikäyminen todettiin toimivaksi ja erittäin informatiiviseksi menetelmäksi, joten vastaavat ELY-kohtaiset siltalistaukset lähetettiin myös kolmelle muulle ELY-keskuksen silta-asiantuntijalle. Haastattelujen yhteenveto ja tarkempi tulosten läpikäynti esitellään luvussa 5.1.

Asiantuntijahaastattelujen lisäksi siltojen kunnonhallinnan nykytilannetta selvitettiin erilaisin data-analyysin. Analyysien tavoitteena oli saada parempi käsitys siitä, millaisia siltoja on viime vuosina korjattu, miten nykyiset kuntoluokituksen määräytymisperiaatteet toimivat, arvioida sillantarkastustietojen laatua, ja tutkia, nouseeko tilastollisten analyysien pohjalta jotain keskeisiä näkökulmia, joita tulisi huomioida kuntoluokituksen kehittämisessä.

Laskennallisin menetelmin analysoitiin myös Taitorakennerekisteriin toteutettuja tunnuslukuja kuten laskennallista yleiskuntoa (LYK), korjaus- ja uusimistarvelukuja (KT ja UT) sekä kuntopisteytystä (KP) ja arvioitiin näiden kehittämismahdollisuuksia. Data-analyysien toteutus ja johtopäätökset on esitelty tarkemmin luvussa 5.2.

### 4.2 Kirjallisuuskatsaus

Vaihtoehtoisten kehityslinjojen tunnistamisen tueksi ja teoriapohjan vahvistukseksi projektissa toteutettiin suppeahko kirjallisuuskatsaus. Siltojen omaisuuden- ja kunnonhallinnasta tehtyjä kansainvälisiä tutkimuksia etsittiin tieteellisistä artikkelitietokannoista sekä asiantuntijaverkoston kautta. Artikkelihaku kohdistettiin pääasiassa viimeisen viiden vuoden aikana tehtyihin julkaisuihin. Kirjallisuuskatsauksen yhteenveto on esitelty luvussa 6.

## 4.3 Kuntolukujen vaihtoehtoisten kehityslinjojen tarkastelu

Nykytilakartoituksen, data-analyysien ja kirjallisuuskatsauksen pohjalta projektissa selvitetiin mahdollisia vaihtoehtoja kuntolukujen kehittämiseksi. Yhtenä työmenetelmänä käytettiin asiantuntijoille järjestettyä työpajaa. Työpajaan osallistui yhteensä seitsemän silta-asiantuntijaa sekä konsultin projektitiimi. Työpajassa tarkasteltiin muun muassa sillan päärakenneosien ja niiden kunnon merkitystä sekä sillan elinkaareen että turvallisuuden, pohdittiin eri siltatyypikohtaisia eroja sekä arvioitiin sillan päärakenneosien keskinäistä tärkeysjärjestystä. Työpaja toteutettiin virtuaalisena ja työkaluna käytettiin Mural-alustaa.

Työpajassa saatua aineistoa ja tuloksia hyödynnettiin ja jatkojalostettiin konsulttitiimin toimesta uusien kuntolukujen kehittämiseksi. Vaihtoehtoisia kuntoluokituksen laskenta- ja määrittelysääntöjä sekä kokonaan uusia tunnuslukuja testattiin ja havainnollistettiin data-analyysia varten irrotetulla silta-aineistolla. Samalla analysoitiin ja verrattiin uusien määrittelyperiaatteiden vaikutusta siltojen kuntojakaumaan ja sen muutoksiin. Havainnot ja siltakohtaiset esimerkit käytiin läpi tilaajan kanssa ja esimerkkiaineistoja lähettiin myös ELY:n siltainsinööreille läpikäytäväksi. Tarkasteluja ja muutosehdotuksia toteutettiin iteroiden. Tarkempi kuvaus sekä työpajan tuloksista että kehityslinjojen tarkastelusta on esitelty luvussa 7.

## 4.4 Ehdotus uudesta kuntoluokituksesta ja sen käyttöönotosta

Projektin lopputulokset on koottu ehdotukseksi siltojen uudeksi kuntoluokitukseksi ja ehdotusta on esitelty tilaajalle ja eri asiantuntijaverkostoille. Ehdotus löytyy tämän raportin luvusta 8. Ehdotuksessa ei oteta tarkemmin kantaa siihen, kuinka tunnusluvut ja tarvittavat muutokset toteutetaan Taitorakennerekisteriin, mutta käyttöönottoon liittyen annetaan kuitenkin suosituksia, jotka on esitelty luvussa 9.

## 5 Nykytilanne

### 5.1 Haastattelut

Siltojen kunnonhallinnan ja kuntoluokituksen nykytilanteen ja toimivuuden selvitys aloitettiin projektissa asiantuntijahaastatteluin. Haastattelut toteutettiin konsultin toimesta virtuaalisena ja haastattelutilanteet pidettiin varsin vapaamuotoisena. Kullekin haastateltavalle lähetettiin etukäteen kysymysaineisto, jotta heillä oli mahdollisuus pohtia vastauksiaan etukäteen. Kysymysaineistossa (liite 4) oli viisi erillistä teemaa, joiden avulla selvitettiin asiantuntijoiden näkemyksiä, kokemuksia ja kehitysideoita siltojen kunnonhallintaan ja sitä tukeviin kuntolukuihin liittyen. Liitteeseen 4 on koottu joitakin haastateluista poimittuja asiantuntijoiden vastauksia.

Haastattelujen perusteella nykyisen kuntoluokituksen voidaan sanoa toimivan koko sillaston seurannassa varsin hyvin. Sen avulla voidaan seurata kuntotrendejä, tarkastella jakaumia sekä haarukoida korjausohjelmointiin valittavia kohteita. Viisiportainen kuntoluokitus koettiin myös varsin selkeäksi ja eteenkin huonokuntoisten siltojen kohdalla luokitusmenetelmän katsottiin vastaavan melko hyvin sillan todellista kuntoa. Samalla kuitenkin todettiin, että erot tyydyttävä- ja hyväkuntoisten siltojen välillä voivat olla hieman epäselvät ja tietyt vauriokirjaukset, kuten vesivuotovauriot, voivat vaikuttaa suuresti sillan kuntoluokkaan ja antaa näin virheellisen kuvan sillan todellisesta kunnosta. Kuntoluokituksen epätarkkuus korostuu eteenkin silloin, kun tarkasteluun otetaan pienempi siltajoukko. Myös kuntokehityksen ennustaminen koettiin haasteelliseksi.

Kunnonhallinnan ja korjausohjelmoinnin tukena käytettävistä tunnusluvuista eniten käytettyjä olivat kuntoluokan lisäksi, laskettu yleiskunto (LYK) ja tarkastajan sillalle antama yleiskuntoarvio (YK). Sen sijaan korjaus- ja uusimistarveluvut sekä kuntopisteet olivat selkeästi tuntemattomampia. Niistä todettiin, että "kun ei tiedä niiden laskentaperusteita, eikä sitä, mitä ne oikeasti kuvaavat, ei niihin oikein osaa luottaa". Laskettua yleiskuntoa pidettiin hieman tarkempaan kuin kuntoluokkaa, mutta samalla desimaaliluku koettiin abstraktimmaksi ja vaikeammaksi ymmärtää.

Kunnonseurannassa käytettyjen kuntolukujen katsottiin tukevan korjausohjelmointia varsin hyvin. Siltoja ei kuitenkaan korjata pelkästään huonon kunnon perusteella ja siksi esimerkiksi tulostavoite huonokuntoisten siltojen määrästä koettiin haastavaksi. Siltoja korjataan myös tyydyttävä- ja jopa hyväkuntoisina, jolloin tehdyt korjaukset eivät näy tulostavoitteessa huonokuntoisten siltojen vähenemisenä. Samalla todettiin, että on myös huonokuntoisia siltoja, joita ei korjata ja nämäkin vaikeuttavat tulostavoitteiden saavuttamista ja seurantaa.

Perusteita tyydyttäväkuntoisena korjatuille silloille tunnistettiin yhdenmukaisesti. Ennakoivalla korjauksella estetään sillan (liian) huonokuntoiseksi joutuminen esimerkiksi liikenteellisesti merkittävällä paikalla ja tavoitellaan näin säästöä korjauskustannuksissa. Siltoja voidaan korjata ennakkoon myös omistajavaihdoksen yhteydessä tai silloin, kun lähellä toteutetaan muita silta- tai infrahankkeita. On myös tilanteita, joissa sillalla tehdään liikenneteknisiä tai liikenneturvallisuuteen liittyviä korjauksia, jolloin myös laajempi peruskorjaus on järkevää toteuttaa. Yleisesti todettiin, että toimenpidevalinnat ja korjaukset toteutetaan usein oikea-aikaisesti, mutta tiedot päätöksistä ja perusteluista jäävät pimentoon. Tällaisten tietojen lisääminen Taitorakennerekisteriin koettiin tärkeäksi.

Siltojen kunnonhallinnan ja sitä tukevien tunnuslukujen kehittämiseksi haastatellut tunnistivat muutamia selkeitä kehitysideoita. Eri tunnusluvut, sekä vanhat että uudet, olisi avattava paremmin käyttäjille. Toisin sanoen kuvattava selkeämmin, miten luvut muodostuvat ja miten niitä tulisi käyttää. Tunnuslukujen olisi mielellään oltava myös sellaisia, että ne on helppo ymmärtää. Pelkkä desimaaliluku koettiin tässä suhteessa haasteelliseksi. Uusien tunnuslukujen toivottiin tuovan kunnonseurantaan ennustettavuutta ja pitkäjänteisyyttä ja tätä kautta myös korjausvelkalaskelmaa entistä luotettavammaksi. Myös silloille ehdotettuja toimenpiteitä tulisi saada paremmin näkyviin ja käyttöön. Kokonaan uusiksi tunnuslukuehdokkaiksi nimettiin mm. palvelutasoluokitus, sillan liikenteellinen merkittävyys, sillan jäljellä oleva ikä ja kiertotien pituus.

## 5.2 Data-analyysit nykyiseen kuntoluokitukseen liittyen

### 5.2.1 Data-analyysien toteutus

Data-analyysijä varten irrotettiin Taitorakennerekisteristä seuraavat aineistot:

- Vuosina 2010–2020 korjatut sillat (peruskorjaus tai perusparannus), joiden tila on "käytössä". Aineistossa oli mukana 15 vuoden tarkastus- ja korjaushistoria. Aineisto irrotettiin kahdessa osassa; sillat, jotka korjattu, kun sillan kuntoluokka  $\geq 3$  ja sillat, jotka korjattu, kun kuntoluokka = 1 tai 2. Tietoihin lisättiin siltojen perustiedot.
- Kaikki Väyläviraston hallinnoimat ja käytössä olevat maantie- ja rautatiesillat, joilta mukaan otettiin viimeisimmät tarkastus- ja korjaustiedot sekä sillan ja tiestön perustiedot
- Näihin liittyvät datairrotukset tehtiin joulukuun 2020 ja helmikuun 2021 välillä.

Aineistoista poistettiin sellaiset tiedot (sillat), joiden kunto- ja tarkastustiedot eivät vastanneet toisiaan (esim. sillan kuntoluokka vastasi korjauksen jälkeistä aikaa ja tarkastustiedot olivat ajalta ennen korjausta) tai tiedoissa oli muita virheitä.

Analyyssit toteutettiin Python-ohjelmointikielellä ja tulokset tallennettiin excel-tiedostoihin.

Aineistoilla toteutettiin seuraavat analyysit:

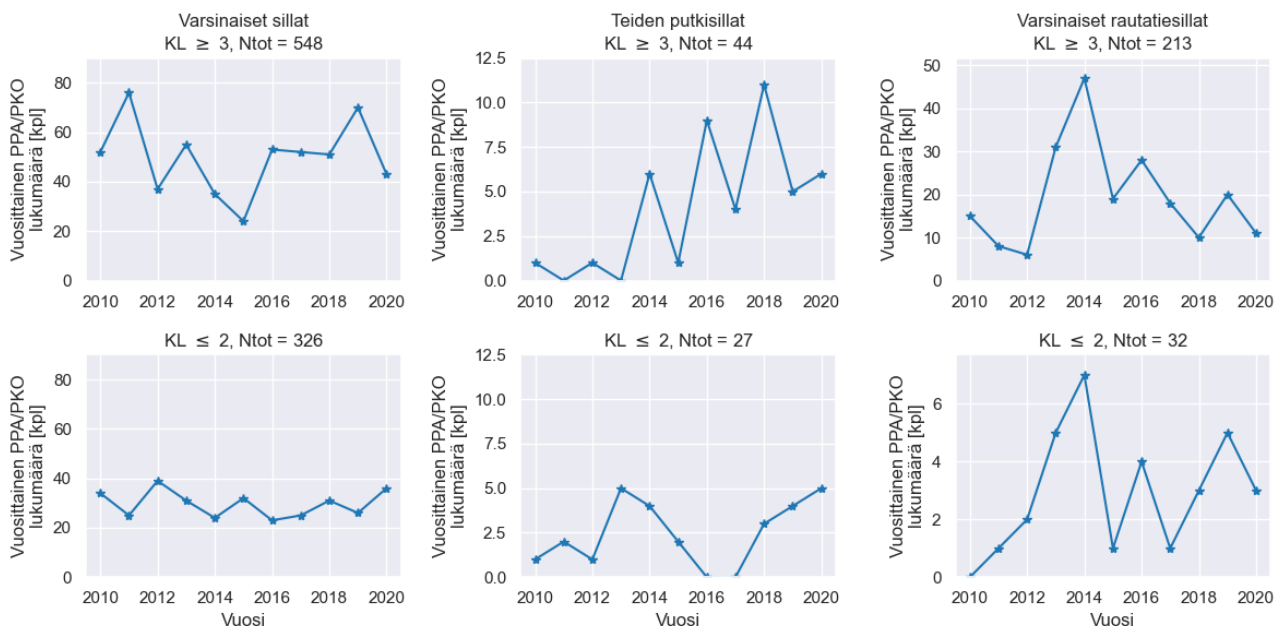
- Vuosina 2010–2020 korjatut sillat -aineisto
  1. korjattujen siltojen määrä (kpl) vuosittain
  2. päärakennneosien kuntoarviot ja niiden vertailu
  3. siltojen ikä korjaushetkellä
  4. korjattujen siltojen koko (pituus ja pinta-ala)
  5. korjattujen siltojen liikennemäärät
  6. korjattujen siltojen tien toiminnallinen luokka
  7. siltojen korjaus- ja uusimistarvelukujen jakaumat (mukana myös korjaamattomat sillat)
- Kaikki sillat -aineisto
  1. Sillan kuntoluokan määräytyminen (LYK, YK, molemmat, vauriokirjaus) kts. Taulukko 1.

## 2. Kuntoluokkajakaumat ja niiden muutos, jos YK:n pyörityssääntöä muutetaan nykyisestä

### 5.2.2 Vuosina 2010–2020 korjatut sillat

Ensimmäisissä analyyseissa keskityttiin selvittämään eri kuntoluokissa korjattujen (peruskorjaus ja perusparannus) siltojen määriä, ominaisuuksia sekä päärakenneosien kuntoa. Analyyseilla pyrittiin löytämään vastauksia siihen, eroavatko tyydyttävä- tai hyväkuntoisina (kuntoluokka  $\geq 3$ ) korjatut sillat huonokuntoisista (kuntoluokka = 1–2) ja jos eroavat, niin miten.

Käyttämässämme aineistossa siltojen vuosina 2010–2020 toteutettuja korjauksia oli yhteensä 1190 kpl, joista 805 kpl kuntoluokassa  $\geq 3$  ja 385 kpl kuntoluokassa 1–2 (kuva 1.). Näistä 945 kpl oli tehty maantiesilloille (varsinaiset ja putkisillat) ja 245 kpl rautatiesilloille (varsinaiset). Analyysin perusteella voidaan todeta, että siltoja korjataan selkeästi enemmän tyydyttävä- tai hyväkuntoisina. Huonokuntoisten varsinaisten maantiesiltojen korjausmäärät vaihtelevat vuosittain 20 kpl ja 40 kpl välillä, tyydyttävä- ja hyväkuntoisien maantiesiltojen korjausmäärät vaihtelevat puolestaan vuosittain 20 kpl ja vajaan 80 kpl välillä. Kuvasta 1 voi nähdä, että tyydyttävä- ja hyväkuntoisia maantiesiltoja korjataan pääsääntöisesti enemmän silloin, kun huonokuntoisten siltojen korjausmäärät ovat alhaisimmillaan.



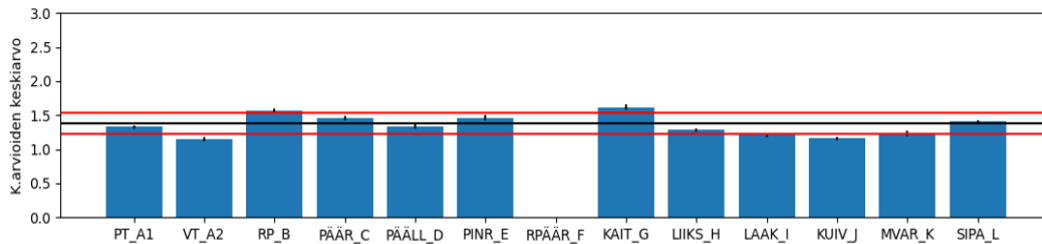
Kuva 1. Vuosina 2010–2020 korjattujen (peruskorjaus ja perusparannus) siltojen lukumäärät kuntoluokittain. Ntot = kokonaismäärä.

Seuraavana analysoitiin eri kuntoluokissa korjattujen siltojen päärakenneosien kuntoarvioita. Tarkoituksena oli selvittää, eroavatko eri kuntoluokissa korjattujen siltojen kuntoprofiilit toisistaan tarkasteltaessa niitä päärakenneosittain. Analyysit osoittivat, että varsinaisten maantiesiltojen kohdalla, tyydyttävä- ja hyväkuntoisina korjattujen siltojen päärakenneosista kaiteet ja reunapalkit korostuivat keskimääräisesti huonompikuntoisina. Huonokuntoisena korjattujen siltojen kohdalla korostuivat päällyys- ja pintarakenneiden keskimääräistä huonompi kunto (kuva 2). Varsinaisissa rautatiesilloissa tyydyttävä- tai hyväkuntoisina korjatuissa silloissa korostuivat puolestaan liikuntasauvojen ja

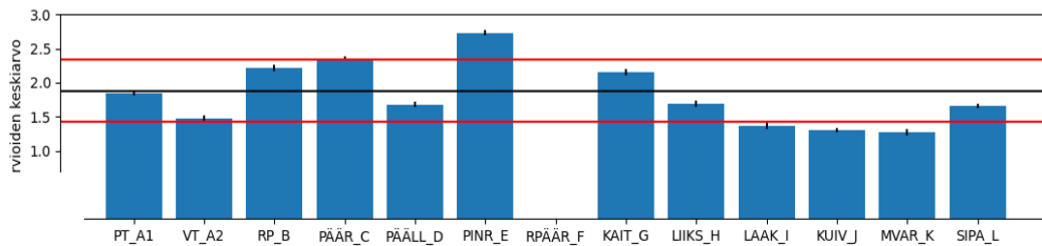


kuivatusten keskimääräistä huonompi kunto. Huonokuntoisina korjatuilla korostuivat päällys- ja pintarakenne (kuva 3). Tulokset viittaisivat siihen, että huonokuntoisena korjatuilla silloilla keskeisten päärakennosien huono kunto ja sillan kestävyys on selkeä peruste peruskorjaukselle, kun taas tyydyttävä- ja hyväkuntoisena korjatut sillat ovat päätyneet korjausohjelmiin todennäköisemmin toiminnallisten puutteiden ja turvallisuusnäkökulmien johdosta.

- Kuntoarvioiden keskiarvot päärakennosittain **varsinaisille tiesilloille**, jotka on korjattu  $KL \geq 3$  (Ntot = 548)

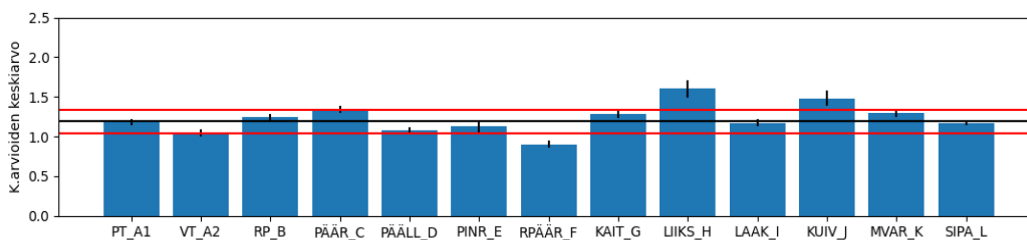


- Kuntoarvioiden keskiarvot päärakennosittain **varsinaisille tiesilloille**, jotka on korjattu  $KL \leq 2$  (Ntot = 326)

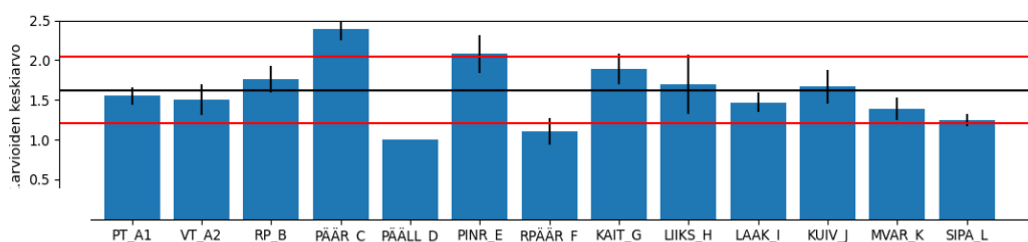


Kuva 2. Eri kuntoluokissa korjattujen varsinaisten maantiesiltojen kuntoarvioiden keskiarvot päärakennosittain.

- Kuntoarvioiden keskiarvot päärakennosittain **rautateiden varsinaisille silloille**, jotka on korjattu  $KL \geq 3$  (Ntot = 213)



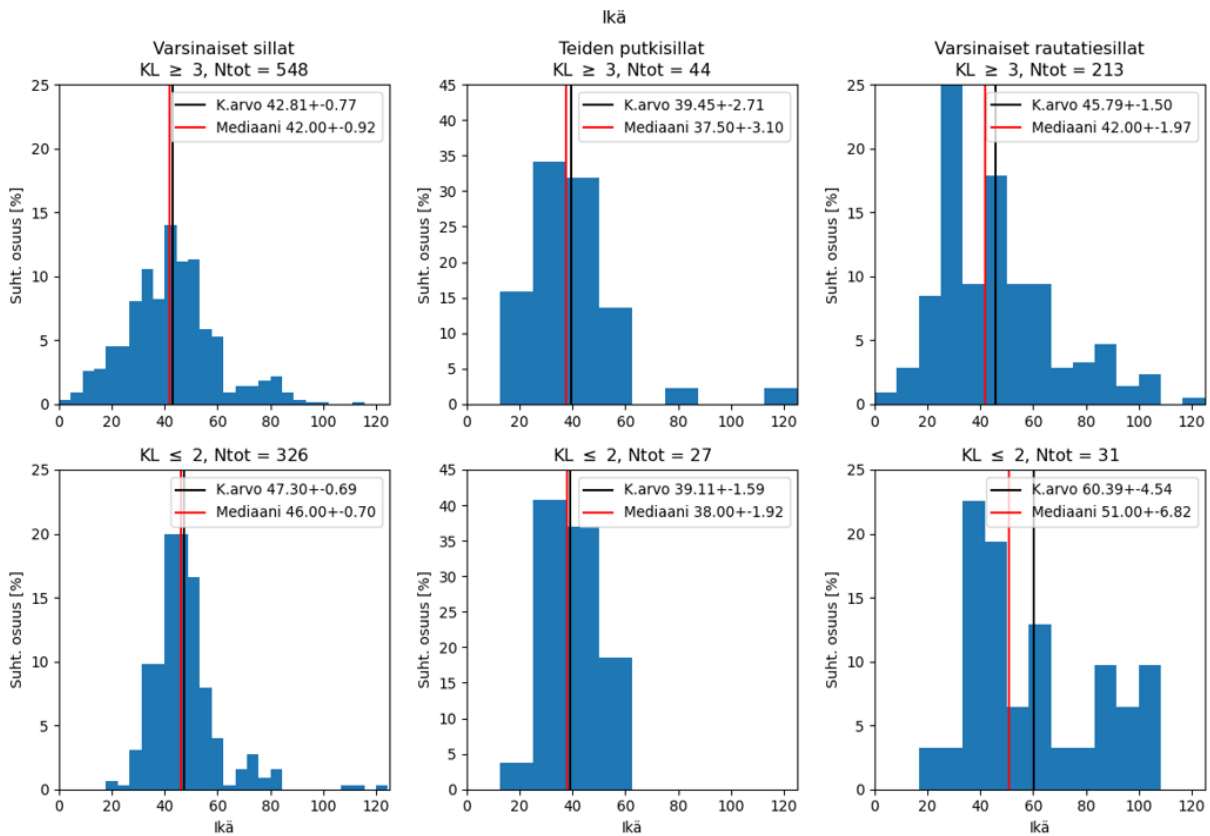
- Kuntoarvioiden keskiarvot päärakennosittain **rautateiden varsinaisille silloille**, jotka on korjattu  $KL \leq 2$  (Ntot = 32)



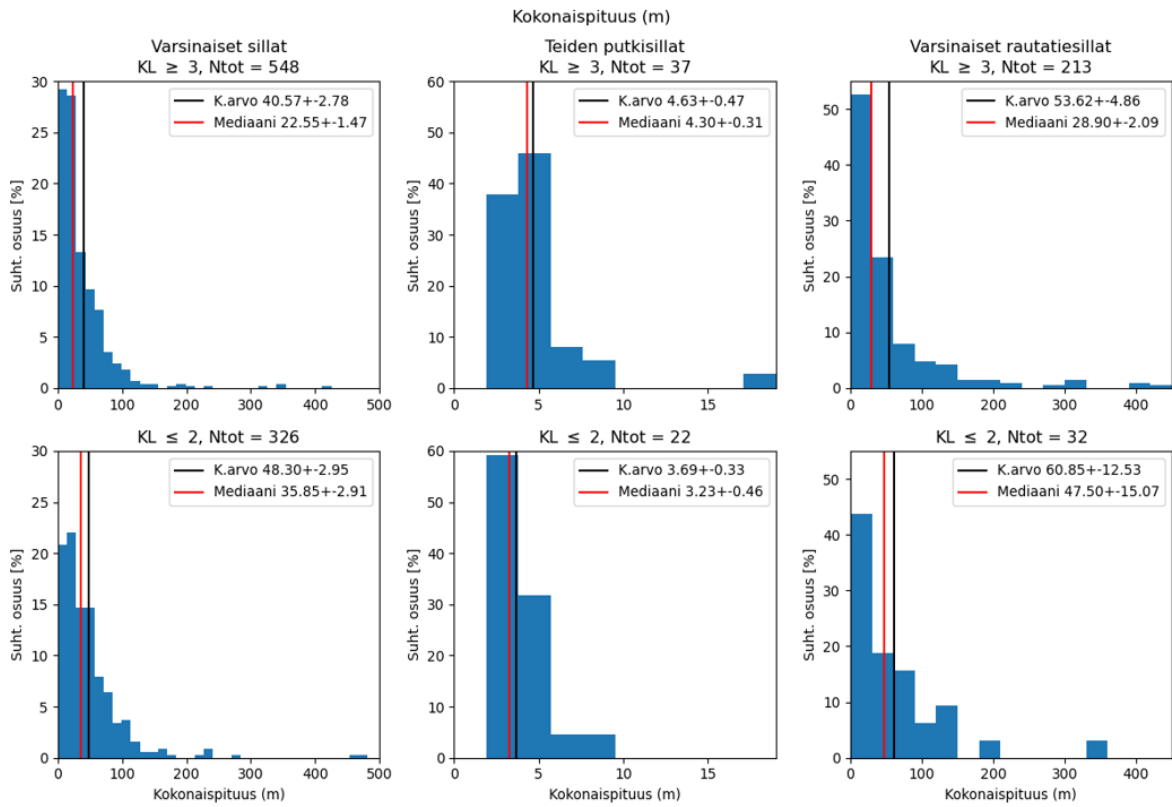
Kuva 3. Eri kuntoluokissa korjattujen varsinaisten rautatiesiltojen kuntoarvioiden keskiarvot päärakennosittain.

Korjattujen siltojen ominaisuuksia vertailtaessa analyysit antoivat seuraavanlaiset tulokset:

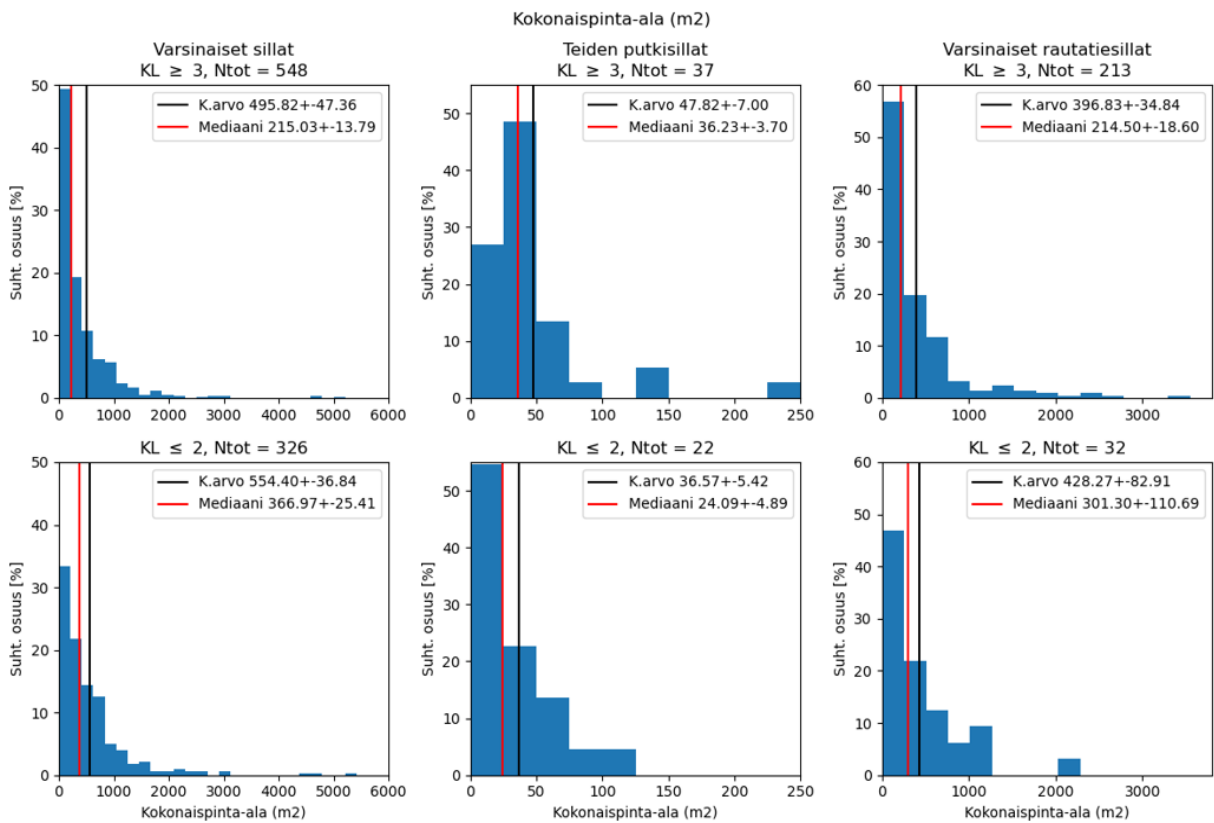
1. Tyydyttävä- tai hyväkuntoisena korjatut varsinaiset maantie- ja rautatiesillat ovat iältään keskimääräisesti *nuorempia* kuin huonokuntoisena korjatut (kuva 4).
2. Tyydyttävä- tai hyväkuntoisina korjatut varsinaiset maantiesillat ovat kooltaan keskimääräisesti *pienempiä* kuin huonokuntoisena korjatut (kuva 5, pituus ja kuva 6, pinta-ala).
3. Tyydyttävä- tai hyväkuntoisina korjatut varsinaiset maantiesillat sijaitsevat usein tiellä, jossa on selkeästi *alhaisempi liikennemäärä* kuin huonokuntoisena korjatuilla silloilla (kuva 7).



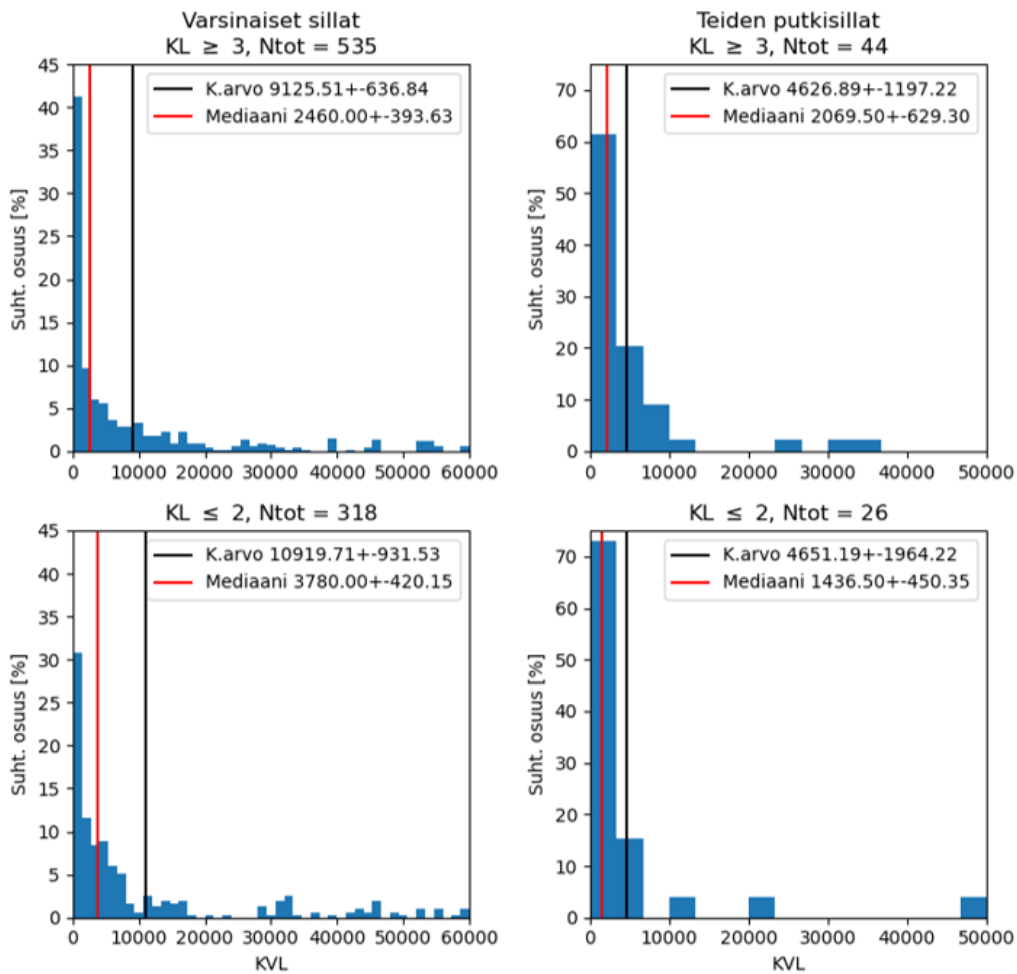
Kuva 4. Eri kuntoluokissa korjattujen maantie- ja rautatiesiltojen iät.



Kuva 5. Eri kuntoluokissa korjattujen maantie- ja rautatiesiltojen kokonaispituudet.

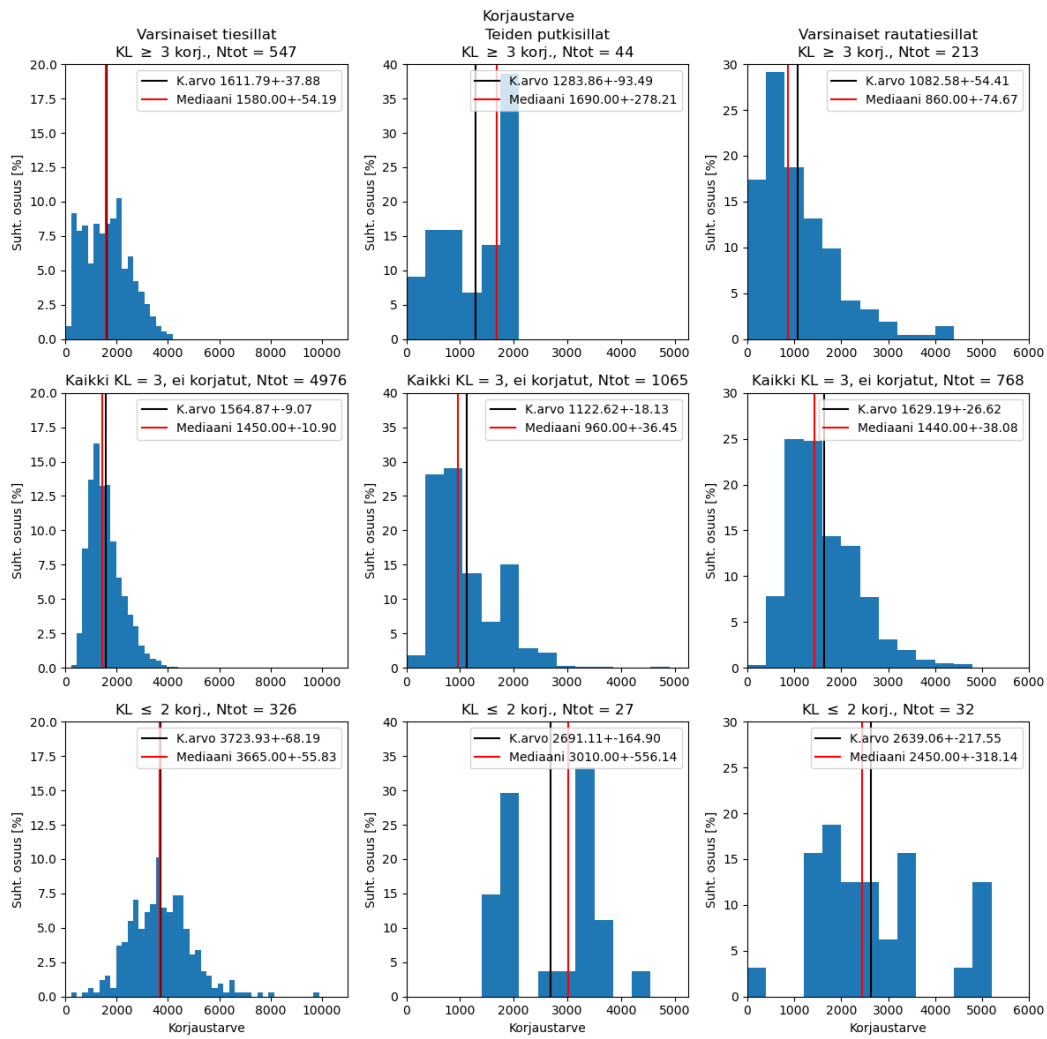


Kuva 6. Eri kuntoluokissa korjattujen maantie ja rautatiesiltojen kokonaispinta-ala.

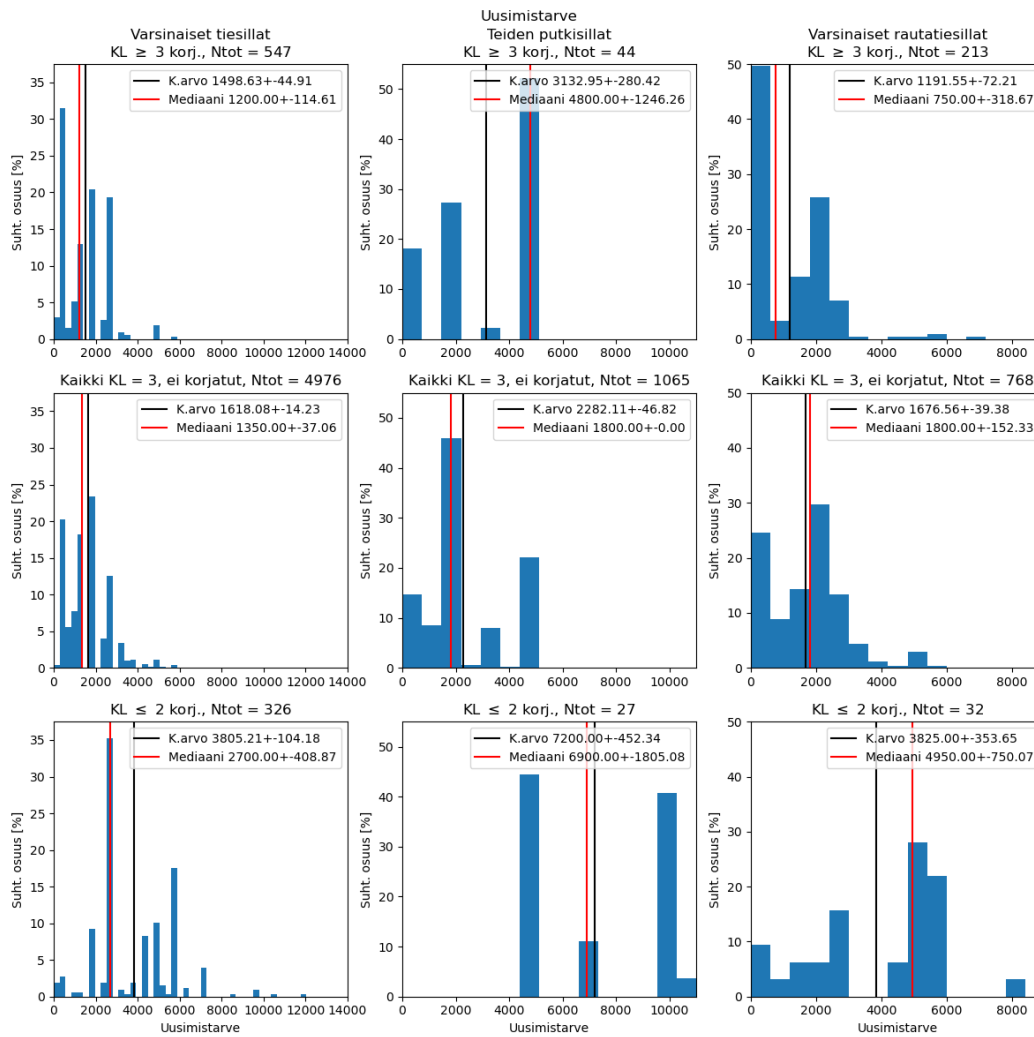


Kuva 7. Eri kuntoluokissa korjattujen maantiesiltojen liikennemäärät.

Myös siltojen korjaus- ja uusimistarvelukujen jakaumia analysoitiin datan avulla. Jakaumien perusteella voidaan todeta, että niin päällysrakenteen korjaustarvetta kuvaava korjaustarveluku kuin kantavien rakenteiden korjaustarvetta kuvaava uusimistarveluku ovat huonokuntoisilla silloilla selkeästi suuremmat kuin tyydyttävä- ja hyväkuntoisilla silloilla (kuvat 8 ja 9). Myös korjattujen ja korjaamattomien siltojen välillä on tunnusluvuissa selkeä ero, mutta poikkeamia on molempiin suuntiin siltatyyppistä ja tunnusluvusta riippuen.



Kuva 8. Siltojen korjaustarvelukujen jakaumat. Mukana vuosina 2010–2020 korjatut maantie- ja rautatiesillat sekä kaikki korjaamattomat kuntoluokan 3 sillat.



Kuva 9. Siltojen uusimistarvelukujen jakaumat. Mukana vuosina 2010–2020 korjatut maantie- ja rautatiesillat sekä kaikki korjaamattomat kuntoluokan 3 sillat.

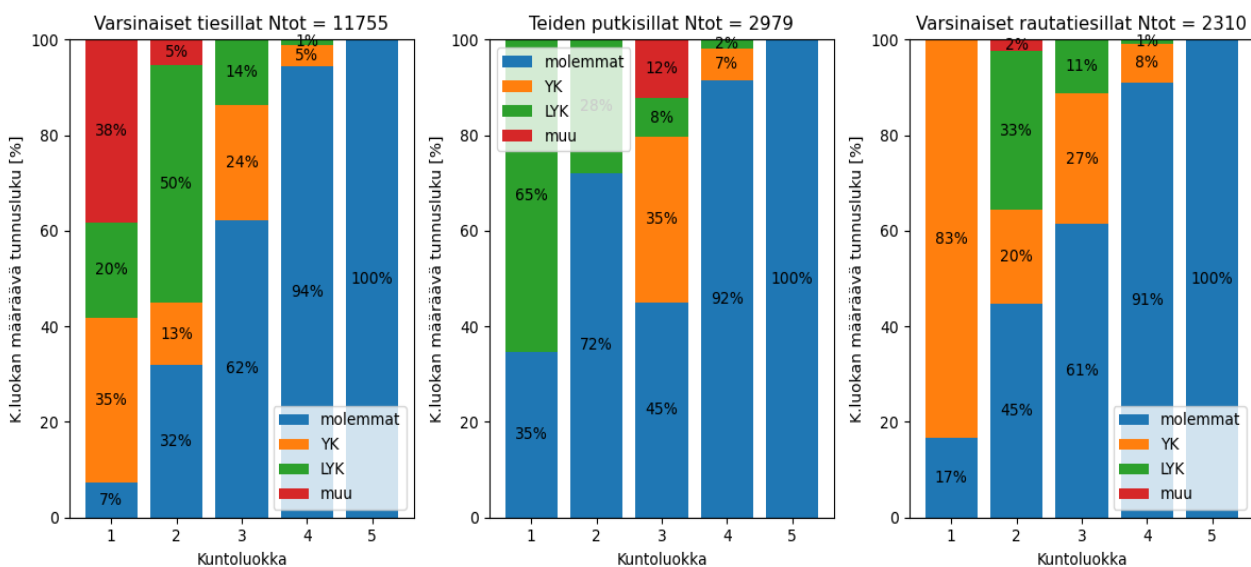
Vuosina 2010–2020 korjattujen siltojen data-analyseilla saatiin hyvä yleiskuva kyseisenä ajankohtana toteutetuista korjauksista ja korjattujen siltojen ominaisuuksista. Tehdyt havainnot vahvistivat asiantuntijahaastatteluissa esiin nousseita näkökulmia ja käytäntöjä korjauskohteiden ja toimenpiteiden valinnassa. Sillan keskeisten päärakenteiden huono kunto ei ole aina yksin määräävä tekijä sillan peruskorjauksen suunnittelussa ja toteutuksessa. Korjauskohteiden valintaan vaikuttavat myös toiminnalliset ja liikenneturvallisuuteen vaikuttavat puutteet sekä esimerkiksi sillan koko ja sen myötä korjauksesta aiheutuvat kustannukset. Pieni, korjauskustannuksiltaan halvempi silta, jossa on toiminnallisia puutteita tai päärakenteiden kunnon alenemista, ohjelmoidaan peruskorjauksen piiriin todennäköisemmin, jos sen lähistöllä toteutetaan muita sillankorjaushankkeita. Pienehköjen siltojen korjausten toteuttaminen on nopeampaa ja helpompaa eteenkin, jos sillat sijaitsevat alemmalla ja vähäliikenteisellä tieverkolla. Myös korjausten niputtaminen yhteen tai siltojen korjaaminen muiden infrahankkeiden yhteydessä on kannattavaa niin taloudellisesti kuin hankehallinnan näkökulmasta. Data-analyysien tulokset nostivat esiin kuitenkin yhden mielenkiintoisen kysymyksen. Miksi suurien ja liikenteellisesti merkittävien siltojen peruskorjaukset eivät nouse esiin tyydyttäväkuntoisena korjattujen siltojen joukossa? Eikö juuri tällaiset sillat tulisi peruskorjata ennakkoiden?

### 5.2.3 Siltojen nykyinen kuntoluokitus

Sillan kuntoluokka määräytyy taulukossa 1 (s. 13) lueteltujen kriteerien mukaisesti. Kuntoluokan määräytymisessä huomioidaan tarkastajan antama sillan yleiskuntoarvio (YK), tarkastustietojen perusteella laskettu laskennallinen yleiskunto (LYK) sekä tietyt rakeneosille kirjatut vauriot. Perusperiaatteena on, että huonoin tunnusluku määrittää sillan lopullisen kuntoluokan. Usein kuitenkin useampi kuin yksi tunnusluvusta osoittaa samaan kuntoluokkaan.

Siltojen nykyisen kuntoluokan määräytymistä analysoitiin tarkemmin aineistolla, johon poimittiin Väyläviraston hallinnoiman, käytössä olevan sillaston kunto-, tarkastus- ja perustiedot. Tavoitteena oli selvittää, a) missä määrin LYK, YK ja vauriot määrittävät sillan kuntoluokan ja b) miten yleiskuntoarvion (YK) puolikkaat pisteet vaikuttavat sillan lopulliseen kuntoluokkaan.

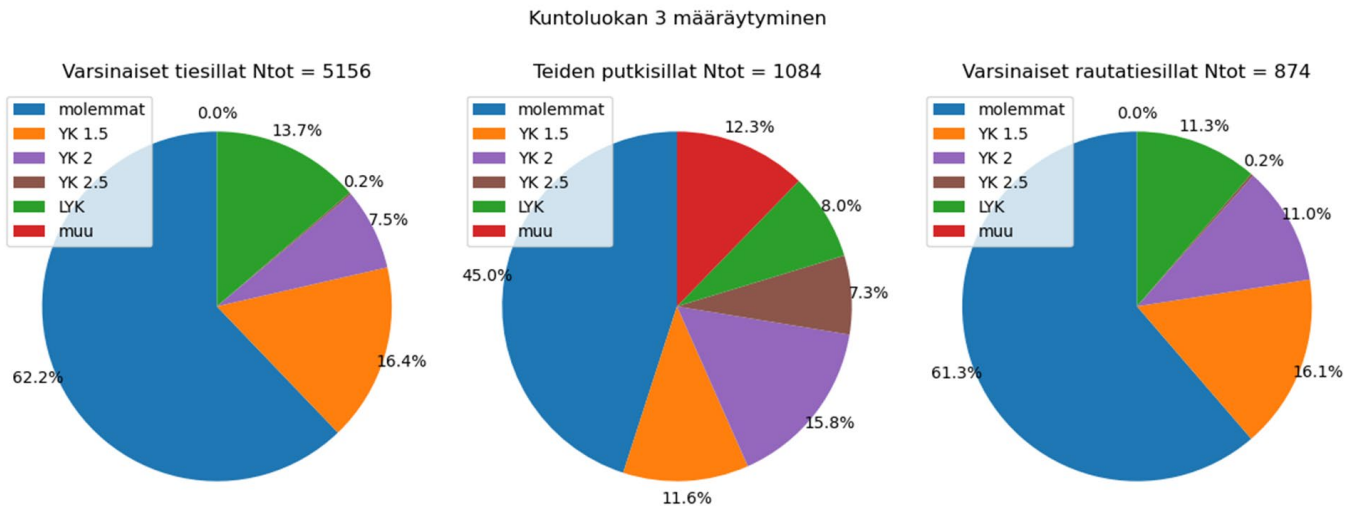
Analyysissä oli mukana yhteensä 17 044 siltaa, joista 11 755 oli varsinaisia maantiesiltoja, 2 979 maanteiden putkisiltoja ja 2 310 varsinaisia rautatiesiltoja (kuva 10). Analyysit osoittavat, että vain kuntoluokassa 5 (erittäin hyvä) sekä laskettu yleiskunto (LYK) että sillan yleiskuntoarvio (YK) osoittivat molemmat samaan kuntoluokkaan. Mitä huonompaan kuntoluokkaan edetään, sitä enemmän tunnuslukujen arvot alkavat eroamaan toisistaan. Toisin sanoen yksi tunnusluku osoittaa toiseen kuntoluokkaan, toinen toiseen. Näistä huonoin määrittelee lopullisen kuntoluokan. Esimerkiksi varsinaisten maantiesiltojen kuntoluokassa 3 (tydyttävä) noin neljäsosa (24 %) silloista päätyy kyseiseen kuntoluokkaan tarkastajan antaman yleiskuntoarvion perusteella laskennallisen yleiskunnon osoittaessa vielä parempaan kuntoluokkaan. Varsinaisten rautatiesiltojen kuntoluokassa 1 (erittäin huono) yleiskuntoarvio määrää kuntoluokan 83 % tapauksista.



Kuva 10. Siltojen kuntoluokan määräytyminen laskennallisen yleiskunnon (LYK), yleiskuntoarvion (YK) ja tiettyjen vaurioiden (muu) perusteella.

Sillan yleiskuntoarvioksi (YK) voi tarkastaja antaa kokonaislukujen lisäksi myös puolikkaita arvoja. Arvot huomioidaan siten, että luku 1,5 pyöristyy ylöspäin lukuun 2 ja luku 2,5 alaspäin lukuun 2. Luvun 3,5 pyöristyminen riippuu siltatyyppistä siten, että putkisilloille se pyöristyy lukuun 3 ja muille silloille lukuun 4. Pyöristetty luku määrää sillan kuntoluokan. YK:n arvot 1,5; 2; ja 2,5, vievät sillan samaan kuntoluokkaan (kl=3 eli

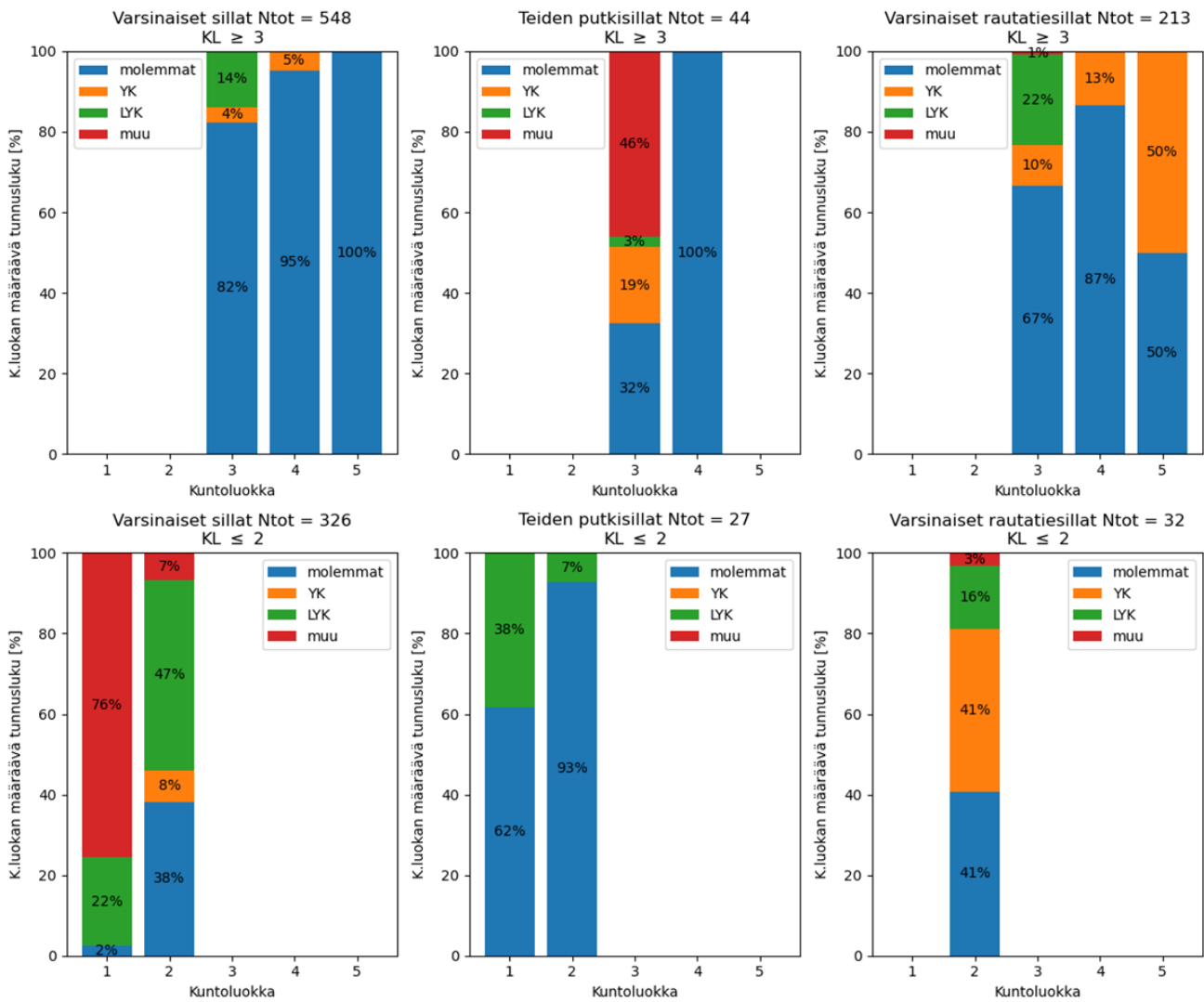
tydyttävä). Analyysimme osoittivat, että pyörityssäännön vaikutus on varsin merkittävä niin tyydyttäväkuntoisten maantie- kuin rautatiesiltojen joukossa (kuva 11). Noin 16 % varsinaisista maantie- ja rautatiesilloista päätyy tyydyttäväkuntoiseksi pelkän yleiskuntoarvion 1,5 perusteella. Laskettu yleiskunto (LYK) määräsi kuntoluokan varsinaisilla maantiesilloilla n. 14 % tapauksista ja rautatiesilloilla n. 11 % tapauksista.



Kuva 11. Kuntoluokan määräytyminen lasketun yleiskunnon (LYK) ja yleiskuntoarvion (YK) perusteella kuntoluokassa 3 (tydyttävä).

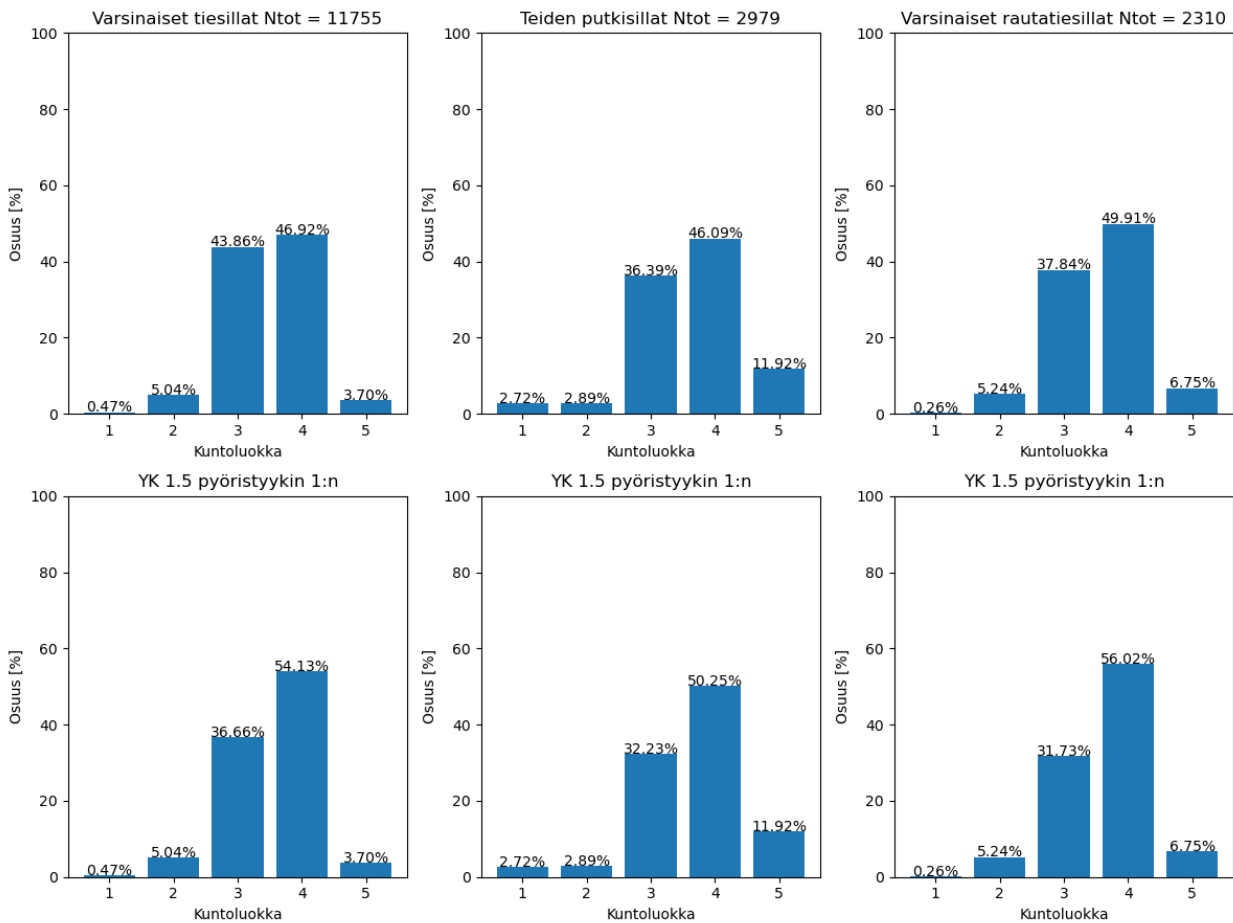
Vastaava kuntoluokan määräytymisanalyysi tehtiin myös vuosina 2010–2020 korjattujen siltojen aineistolla. Tarkastelu tehtiin samalla jaottelulla kuin aiemmin eli huonokuntoisena korjattuja siltoja tarkasteltiin erillään tyydyttävä- ja hyväkuntoisina korjatuista. Analyysin tulokset näkyvät kuvassa 12. Varsinaisista silloista, jotka oli korjattu kuntoluokassa  $kl \geq 3$  (tydyttävä tai parempi), on selkeästi suurin osa sellaisia, joissa sekä LYK että YK osoittivat samaan kuntoluokkaan eli yksittäinen tunnusluku ei määrittänyt sillan kuntoluokkaa. Kuntoluokassa 3 korjattujen varsinaisten maantiesiltojen kohdalla LYK:n osuus oli 14 % ja YK:n 4 %. Näin ollen, vaikka kaikista kuntoluokassa 3 olevista silloista 24 % päätyi kyseiseen luokkaan yleiskuntoarvion perusteella, korjattaviksi silloiksi päätyi niistä vain pieni osa. Varsinaisten maantiesiltojen kuntoluokassa 2 (huono) korjattujen siltojen kohdalla LYK:n merkitys oli selvästi suurempi, 47 %.





Kuva 12. Kuntoluokkien määräytyminen laskennallisen yleiskunnon (LYK) ja yleiskuntoarvion (YK) perusteella eri kuntoluokissa vuosina 2010–2020 korjatuille maantie- ja rautatiesilloille.

Tehtyjen havaintojen perusteella testattiin lopuksi, miten pyöristyssäännön muuttaminen (sitte, että YK=1,5 pyöristetään alaspäin lukuun 1, ja johtaa näin kuntoluokkaan 4, hyvä) vaikuttaisi siltojen kuntojakamaan. Varsinaisissa maantiesilloissa kuntoluokassa 3 (tyydyttävä) olevien siltojen määrä pienenisi n. 7 prosenttiyksikköä ja rautatiesilloissa n. 6 (kuva 13). Maanteiden putkisiltojen kohdalla muutos olisi n. 4 prosenttiyksikköä. Vaikutukset kohdistuvat siis kuntoluokkiin 3 ja 4. Tämä muutos todettiin järkeväksi toteuttaa vaikkei kuntoluokitusta ja sen periaatteita muuten muutettaisikaan.



Kuva 13. Siltojen kuntojakauma ja yleiskuntoarvion 1,5 pyöristyssäännön muuttamisen vaikutus kuntojakaumaan.

## 5.2.4 Nykytilaselvityksen yhteenveto ja tunnistetut kehitysvaihtoehdot

Asiantuntijahaastattelut ja data-analyysit loivat hyvän pohjan siltojen kunnonhallinnan ja kuntoluokituksen jatkokehitykselle. Moni asiantuntijan kertoma näkemys pystyttiin vahvistamaan datalla ja toisaalta analyysien avulla oli mahdollista havainnollistaa asioita, jotka olivat tähän asti olleet enemmän yleisesti tiedossa ollutta tietämystä. Asiantuntijahaastatteluihin sekä data-analyysien antamiin tuloksiin perustuen projektissa pystyttiin haarukoimaan ensimmäiset vaihtoehdot kuntoluokituksen kehittämiseksi. Listalle nousivat:

1. Yleiskuntoarvion (YK) pyöristyssäännön muuttaminen
2. Laskennallisen yleiskunnon (LYK) siltatyyppikohtaisten painokertoimien ja/tai laskentakaavan muuttaminen sekä raja-arvojen tarkistaminen
3. Korjaus- ja uusimistarvelukujen hyödyntäminen kuntoluokituksessa ja korjausohjelmoinnin tukena
4. Sillan ja sen pääraakenneosien kunnon, toiminnallisten puutteiden sekä liikenneturvallisuusnäkökulmien välisen yhteyden tarkempi läpikäynti

Vaihtoehtojen tarkempi selvittäminen aloitettiin kohdista 2 ja 4 eli laskennallisen yleiskunnon määrittelyjen läpikäynnillä sekä päärakenneosien kunnon, toiminnallisten puutteiden sekä turvallisuusnäkökulmien välisen yhteyden tarkentamisesta. Selvitystyön tueksi toteutettiin myös kirjallisuuskatsaus, josta lisää seuraavassa luvussa.

## 6 Kirjallisuuskatsaus

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää muualla käytössä olevia siltojen kuntoa kuvaavia lukuja, lukujen laskumenetelmiä sekä sitä, kuinka eri rakenneosien kunto vaikuttaa lopulliseen kuntolukuun. Kirjallisuuskatsauksen lähdeluettelo löytyy liitteestä 5.

Sillan kunnan määrittämiseksi on kehitetty runsaasti eri nimillä kulkevia kuntolukuja, kuten Bridge Condition Index (BCI), Bridge Health Index (BHI), Bridge Condition Score (BCS) (Chase et al. 2016) ja Integrated Bridge Index (IBI) (Valenzuela et al., 2010). Kuntoluvun määrittämisessä tavoitteena on sillan fyysisen kunnan kuvaaminen yhdellä luvulla, mutta joissain tapauksissa kuntolukuun vaikuttavat myös muut tekijät, kuten sillan käyttöaste tai se, kuinka hankalaa sillan kiertäminen olisi mahdollisen korjaustyön aikana (esim. IBI-luku Valenzuela et al., 2010 ja SR-luku Chase et al. 2016, sivut 27–29).

Kaikki siltojen kuntoluvut perustuvat samaan lähtökohtaan: sillan rakenneosien kunnan arviointiin silta-asiantuntijan toimesta. Rakenneosia arvioidessaan asiantuntija kuvaa mahdolliset vauriot ja niiden laajuudet, ja siten antaa yhden tai useamman kuntoa kuvaavan tunnusluvun tai luokan kullekin rakenneosalle. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa rakenneosat luokitellaan kahdella arvosanalla, joista toinen kuvaa vaurion vakavuutta ja toinen vaurion laajuutta rakenneosassa (Chase et al. 2016, sivut 9–11), kun taas Taiwanissa annetaan kullekin rakenneosalle peräti neljä kuntolukua, jotka kuvaavat vaurion vakavuutta, laajuutta, merkitystä turvallisuudelle ja korjauksen kiireellisyyttä (Hsien-Ke et al. 2017). Myös se vaihtelee, miten silta jaotellaan rakenneosiin arvioita tehtäessä. Esimerkiksi Sri Lankassa betonisiltojen kuntoa on tutkittu niin, että jokaisen sillan elementin jokaisen neliömetrin kunto arvioidaan erikseen (Pushpakumara et al., 2017), kun taas useimmissa muissa maissa kuntoarviot annetaan rakenneosakohtaisesti ("by element", esim. teräspalkit) (ks. esim. Chase et al. 2016, sivut 5–6), mutta se, miten jaottelu rakenneosiin tarkalleen tehdään, vaihtelee.

Koko sillan kuntoluvun laskemiseen rakenneosien kunnosta on olemassa useita menetelmiä. Kaikista yleisin tapa on laskea painotettu keskiarvo rakenneosien kuntoarvioista (ks. esim. Hsien-Ke et al. 2017, yhtälö 3). Keskiarvossa rakenneosien painot määräytyvät rakenneosien tärkeydestä sillan kunnan kannalta. Monissa tapauksissa lasku ei kuitenkaan ole suoraviivainen keskiarvo, vaan sen sijaan lasketaan erilaisia, jopa varsin monimutkaisia väli-indeksejä (ks. esim. Chase et al. 2016, sivut 9–17), joissa rakenneosien kuntoarvioita saatetaan kertoa keskenään (esim. Hsien-Ke et al. 2017) tai ottaa niistä neliöjuuri (esim. Chase et al. 2016, Figure 18). Joissain tapauksissa rakenneosia myös ryhmitellään ensin suuremmiksi joukoiksi, rakenneosaryhmiksi ("structural group" tai "component level"), joille lasketaan omat indeksit ja painokertoimensa ennen kokonaiskuntoluvun laskua (esim. Chase et al. 2016 sivut 13–14 ja Suksuwan et al., 2010, Figure 2). Rakenneosien kuntoarvioiden keskiarvona laskettavan kuntoluvun etuna on se, että se antaa keskimääräisen kokonaiskuvan koko sillasta. Menetelmässä haasteita aiheuttaa painokertoimien valinta yksittäisille rakenneosille (Chase et al. 2016).

Kun sillan kuntoluku määritetään painotettuna keskiarvona, käytettyjen painokertoimien valinta on erittäin tärkeää. Edellä mainittujen väli-indeksien laskun vuoksi painokertoimiakin voi olla useissa tasoissa, siten että rakenneosaryhmillä on omat painokertoimensa ja niihin kuuluvilla rakenneosilla omat alipainokertoimet (esim. Dabous et al. 2018, Table 5). Kertoimien valinta perustuu yleensä asiantuntijoiden arvioihin rakenneosien tai rakenneosaryhmien merkityksestä. Painokertoimien valintaan on kehitetty

myös eksaktimpia prosesseja, kuten Dabous et al. 2018 ristiintaulukoinnin menetelmä, jossa rakenneosien painokertoimet päätellään vertaamalla kaikkia rakenneosia pareittain ja valitsemalla aina jokaisesta parista tärkeämpi (ks. Dabous et al. 2018 Table 3, 4). Darban et al. 2020 taas soveltaa asiantuntijoiden arvioita, ristiintaulukointia ja Analytical Hierarchy Process (AHP)-menetelmää painokertoimien määrittämiseen. Muita esimerkkejä käytetyistä painokertoimista löytyy seuraavista lähteistä: Dabous et al. 2018, Table 2 (New Yorkissa käytetyt painokertoimet); Allah Bukhsh et al. 2019, Table 3; Dabous et al. 2011, Table IV (uudelle urgency index UI-luvulle); Tserng & Chung 2007, Table 1.

Painotetun keskiarvon ohella sillan kuntoluku voidaan määrittää myös suhdelukuna, jossa verrataan sillan nykykuntoa sen alkuperäiseen kuntoon. Tällainen on esimerkiksi Kaliforniassa käytetty BHI-luku (Chase et al. 2016, sivut 6–8). Siinä määritellään jokaiselle sillan rakenneosalle nykyarvo, joka on osuus rakenneosan hinnasta uutena: mitä huonommassa kunnossa rakenneosa on, sitä pienempi osuus sen nykyinen hinta on sen hinnasta uutena. Summaamalla kaikkien rakenneosien arvot yhteen saadaan sillan tämänhetkinen arvo, ja kun sen suhde sillan kokonaisarvoon uutena esitetään prosenttilukuna, saadaan sillan kuntoluku (BHI-luku). Menetelmässä rakenneosien painoarvo lopputuloksen kannalta riippuu siis niiden hinnasta. Toinen samantyyppinen suhdeluku on Ohio Bridge Condition Index (OBCI) (Fereshtehnejad et al. 2017), jossa lasketaan kaksi suhdelukua, "OBCI\_min" ja "OBCI\_current" (ks. artikkelin yhtälöt 1 ja 7), joista ensimmäinen riippuu siitä, kuinka suuren osan sillan uusimisen hinnasta muodostaa kullut sillan pitämisessä alimmassa hyväksyttävässä kunnossa, ja jälkimmäinen riippuu siitä, kuinka suuren osan sillan uusimisen hinnasta sillan kunnostaminen alkuperäiseen kuntoonsa muodostaa. Arvoon perustuvien suhdekuntolukujen ongelmana on kuitenkin se, että sillan arvon määrittäminen riippuu voimakkaasti epävarmoista arvioista rakenneosien hinnoille, jotka vaihtelevat laskijasta riippuen (Chase et al. 2016).

Sillan kuntoluku voidaan määrittää myös rakenneosien kuntojen keskiarvojen sijasta aina huonoimman rakenneosan kunnan mukaan. Esimerkiksi Saksassa käytössä olevassa menetelmässä (Chase et al. 2016, sivut 19–23) silta jaetaan komponenttiryhmiin, ja jokaisen komponenttiryhmän indeksi määräytyy huonoimman siihen kuuluvan rakenneosan kuntoarviosta. Koko sillan kuntoluku taas määräytyy huonoimman komponenttiryhmän kunnan mukaan. Kuntolukuun lisätään myös termi, joka riippuu siitä, kuinka monessa komponenttiryhmässä vaurioita on havaittu. Japanissa käytössä oleva menetelmä (Chase et al. 2016, sivut 23–24) taas muistuttaa Saksan menetelmää, mutta siinä myös painotetaan ja summataan sillan eri osien kuntoarvioita samaan tapaan kuin keskiarvoon perustuvassa kuntoluokituksessa. Huonoimman rakenneosan kuntoon perustuvan kuntoluokituksen ongelma on se, että se ei ota huomioon kaikkien sillan rakenneosien kuntoa, vaan keskittyy ainoastaan huonoimmassa kunnossa oleviin rakenneosiin antaen siten puutteellisen kuvan sillan kokonaiskunnosta (Chase et al. 2016).

Myös puhtaasti sanallisia luokitteluja sillan kunnolle on olemassa (Chase et al. 2016, sivut 25–26), mutta nekin perustuvat rakenneosien kuntoarvioista tehtyyn kokonaisarvioon. Esimerkiksi Itävallassa on käytössä viisiportainen luokittelu, jossa jokaista luokkaa vasta tietty sanallinen kuvaus sillan kunnosta. Tämä muistuttaa Suomen nykyistä YK-lukua ja sen viisiportaisen asteikon sanallisia määritelmiä sillan kunnolle.

Siltojen rakenneosien teknisiin kuntoihin perustuvien kuntolukujen ohella on kehitetty myös muita indeksejä, jotka ottavat huomioon sillan turvallisuusnäkökohdat, funktionaaliset näkökohdat (kuten sillan palvelutason) ja sillan käyttöasteen (liikennemäärä). Tällainen on Yhdysvalloissa käytössä ollut Sufficiency Rating (SR-luku), joka yhdistää

---

sillan kunnon, turvallisuuden, funktionaaliset ominaisuudet ja tärkeyden tieverkolla yhdeksi luvuksi (Chase et al. 2016, sivut 27–29). Aiemmin pariinkin otteeseen mainittu taiwanilainen kuntoluku (Hsien-Ke et al. 2017) ottaa huomioon myös rakenneosien puutteiden vaikutuksen sillan turvallisuuteen ja kytkee sen osaksi muuten rakenneosien teknisistä kunnoista johdettua kuntoluokan laskua (ks. artikkelin yhtälöt 1-3). Myös Sun et al. 2017 ottaa huomioon sekä sillan kunnon, että turvallisuustilanteen risk level (RL)-luvussa, kun taas risk grade (RG)-luvussa otetaan huomioon myös sillan koko ja sen merkitys liikenneverkolla (joskin näiden lukujen laskujen yksityiskohdat jäävät artikkelissa paljolti piiloon). Valenzuela et al., 2010 taas määrittää oman Chileen soveltuvan Integrated Bridge Index (IBI) -luvun, joka riippuu sillan kunnon lisäksi sillan merkityksestä tieverkolla sekä vesistöjen ja maanjäristysten aiheuttamasta riskistä. Suomessa on ollut käytössä uusimistarveindeksi UTI (ei sama kuin UT eli uusimistarveluku), joka ottaa huomioon myös sillan funktionaaliset ominaisuudet, koon, KVL:n ja kantavuuden (Hearn et al. 2005, sivu 14, yhtälö 2), mutta tästä luvusta löytyi huonosti lisätietoa muista lähteistä.

## 7 Kuntolukujen vaihtoehtoisten kehityslinjojen tarkastelu

### 7.1 Sillan pää rakenneosien ja niiden kunnan vaikutus sillan elinkaareen ja turvallisuuteen

Siltojen ja sen pää rakenneosien kuntoa arvioidaan tarkastuksissa sen jälkeen, kun sillan vauriotiedot on kirjattu. Päärakenneosien arvostelussa otetaan huomioon niissä olevien vaurioiden määrä, laajuus ja vaurioluokka. Koko sillan yleiskuntoa arvioitaessa huomioidaan rakenneosien erilainen painoarvo sillan kantavuuteen, pitkäaikaissäilyvyyteen ja korjauskustannuksiin. Päärakenneosien erilaiset painoarvot on huomioitu myös laskennallista yleiskuntoa kuvaavassa tunnusluvussa (LYK). Sillan pää rakenneosille annetut kuntoarviot vaikuttavat siis keskeisesti sillan kuntoluokkaan.

Sillan pää rakenneosien ja niiden kunnan sekä eri siltatyypin välistä yhteyttä lähdettiin työstämään asiantuntijoille järjestetyssä työpajassa. Työpajan tavoitteet olivat seuraavat:

- Tunnistaa sellaiset siltatyypit, joissa eri pää rakenneosien kuntoa tulisi painottaa eri tavoin
- Tunnistaa pää rakenneosien merkitys a) rakenteellisen kunnan ja b) liikenneturvallisuuden näkökulmasta
- Laittaa pää rakenneosat tärkeysjärjestykseen sillan kunnan määrittämisessä
- Tunnistaa oleellimmat tiedot liikenneturvallisuuden näkökulmasta

Työpajaan osallistuneet asiantuntijat työstivät yllä mainittuja aiheita neljän eri tehtävän avulla. Kukin työstä tehtäviä ensin itsenäisesti, minkä jälkeen tehtävistä, tuloksista ja havainnoista keskusteltiin yhdessä. Seuraavassa on kooste työpajan tuloksista.

#### Tehtävä 1. Sillan pää rakenneosien tärkeysjärjestys a) elinkaaren ja b) turvallisuuden näkökulmasta

RAKENTEELLINEN KUNTO	TURVALLISUUS
Päällysrakenne	Kaiteet
Pintarakenne	Reunapalkit, Radan päällysrakenne
Päätyrakenteet	Päällysteet
Välituet	Laakerit
Laakerit	Liikuntasaumamat
Kuivatus, Liikuntasaumamat	Siltapaikka, Muut varusteet

**Tehtävä 2. Siltatyypit, joiden tulisi saada omat painokertoimet LYK-laskennassa**

- Putkisillat ja pienet holvisillat
- Avattavat sillat
- Jännitetyt betonisillat
- Kivisillat
- Vinoköysi- ja riippusillat
- Puusillat
- Rautatiesillat, tukikerrokselliset ja tukikerroksettomat
- Kaari- ja holvisillat
- Betonirakenteiset muut sillat
- Ristikkosillat
- Kevyen liikenteen sillat
- Kotelopalkkisillat

**Tehtävä 3. Miten pää rakenneosien vaikutusta sillan LYK-arvoon tulisi painottaa eli mille pää rakenneosille olisi annettava suurin painoarvo. Jaettavana 100 % rakenneosien kesken.**

Siltatyypistä riippumatta suurimmat painoarvot annettiin pää rakenneosille: *päällysrakenne* (30–40 %), *päätyrakenteet* (15 %), *välituet* (15 %) sekä *pintarakenne / laakerit / radan päällysrakenne* (10–20 %).

**Tehtävä 4. Mitä tietoja (sillan ominaisuuksia, kuntotietoja, muita tietoja) tulisi huomioida, jos silloille otettaisiin käyttöön erillinen liikenneturvallisuusriskiä kuva luku?**

- Kaiteiden puutteet ja vauriot
- Liikuntasauman kunto
- Sillan rakenteellisten vaurioiden vaikutus kuntoon
- Päällysteen kunto
- Sillan kulutuskerroksen vauriot
- Liikennemäärät ja nopeus sillalla
- Painorajoitus
- Sillan sijainti
- Kuivatus
- Ikä
- Siltatyyppi
- Sillan käyttötarkoituksen muuttaminen

Yhteenvedona työpajan tuloksista voidaan todeta, että tarkasteltaessa sillan kuntoa ja toimivuutta sekä rakenteellisen kunnon että turvallisuuden näkökulmasta, painottuvat eri pää rakenneosat ja niiden kunnon rooli näkökulmissa eri tavoin. Rakenteellisen kunnon näkökulmassa tärkeimmäksi nähtiin päällysrakenne, päätyrakenteet, välituet sekä pintarakenne / laakerit. Turvallisuusnäkökulmassa kaiteiden, reunapalkkien, päällysteiden ja laakereiden rooli nähtiin merkittävänä. Laskennalliseen yleiskunnon painokertoimiin liittyen tunnistettiin lukuisia siltatyyppejä – jopa niin useita, että tämä kehityslinja näyttäytyi varsin haasteellisena jatkokehitysvaihtoehtona.



## 7.2 Laskennallisen yleiskunnon (LYK) ja yleiskuntoarvion (YK) kehittäminen

Laskennallisen yleiskunnon ja sen päärakennekohtaisten painokertoimien muuttamista testattiin data-analyyseissa käytössä olleella, koko sillaston kattavalla aineistolla. Siltatyytit säilytettiin nykyisinä, jotta painokertoimien vaikutusta lopulliseen kuntojakumaan voitiin tarkastella paremmin. Tässä yhteydessä tarkasteltiin myös kuntoluokituksessa käytössä olleita LYK:n raja-arvoja.

Nykyisin käytössä olevat painokertoimet (kuva 14) päätellään silloille siltatyyppin mukaan. Käytettävät kertoimet päätellään niin, että käytetään ensimmäiset ehdot täyttävän säännön mukaisia kertoimia:

1. Rautatiesilta, jos sillan käyttötarkoitus on alikulkusilta, ratasilta, rautatieristeys-silta tai alikäytävä
2. Putkisilta, jos sillan määräävän jänteen jonkin rakennetyypin staattinen rakenne on putki
3. Avattava silta, jos sillan määräävän jänteen jonkin rakennetyypin jokin määre on avattava
4. Vinoköysisilta, jos sillan määräävän jänteen jonkin rakennetyypin staattinen rakenne on köysi
5. Riippusilta, jos sillan määräävän jänteen jonkin rakennetyypin jokin määre on riippu
6. TB-kaarisilta, jos sillan määräävän jänteen jonkin rakennetyypin päärakennusmateriaali on teräsbetoni ja staattinen rakenne on kaari
7. JB-silta, jos sillan määräävän jänteen jonkin rakennetyypin päärakennusmateriaali on jännitetty betoni
8. Muut sillat - silta, joka ei osu muihin sääntöihin

### Painokertoimet

Päärakenneosa	Rautatiesilta	Putkisilta	Avattava silta	Vinoköysisilta	Riippusilta	TB-kaarisilta	JB-silta	Muut sillat
Päätyrakenteet (A1)	70	0	70	50	50	50	50	70
Välituet (A2)	70	0	70	50	50	50	50	70
Reunapalkit (B)	20	0	20	20	20	20	20	20
Päällysrakenne (C)	100	100	100	100	100	100	100	100
Päällysteet (D)	25	5	25	25	25	20	20	25
Pintarakenne (E)	50	0	50	40	40	50	50	50
Radan päällysrakenne (F)	25	5	25	25	25	20	20	25
Käiteet (G)	20	10	20	15	15	20	20	20
Liikuntasaumat (H)	10	0	10	20	20	20	20	20
Laakerit (I)	50	5	50	5	5	5	5	10
Kuivatus (J)	50	5	50	5	5	5	5	10
Muut varusteet (K)	50	5	50	5	5	5	5	10
Siltapaikka (L)	30	5	30	10	10	10	10	10

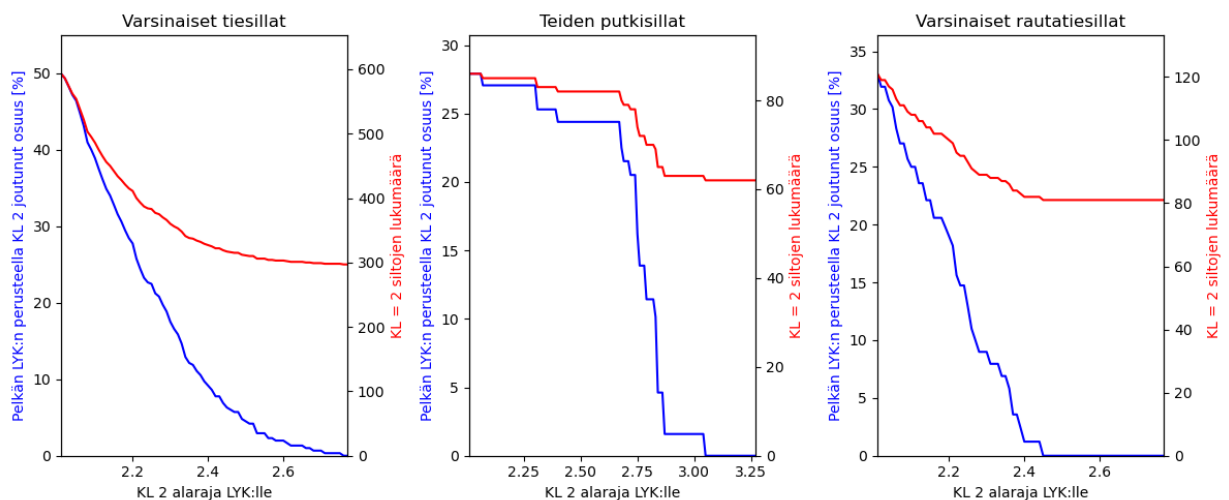
Kuva 14. Laskennallisen yleiskunnon päärakenneosakohtaiset painokertoimet.

Painokertoimia muokattiin ja testattiin siten, että kussakin siltatyyppissä korostettiin elinkaarinäkökulmasta keskeisiä rakenneosia. Kertoimia korotettiin päällysrakenteen, välitukien, päätyrakenteiden ja pintarakenteen osalta. Korotuksissa pyrittiin huomioimaan siltatyyppikohtaiset erot.

Analyysin lopputulos oli, että koska laskennallinen yleiskunto perustuu keskiarvolaskentaan, on painokertoimien muuttamisella vain vähäisiä vaikutuksia lopulliseen tunnusluukuun. Tästä johtuen seuraavaksi tutkittiin kuntoluokituksen mukana olevia LYK:n raja-arvoja ja niiden muuttamista erityisesti kuntoluokan 2 (huono) kohdalla, joissa LYK määrittelee kuntoluokan jopa 50 % silloista (varsinaiset maantiesillat). Selvitettiin, olisiko tätä osuutta mahdollista pienentää kasvattamalla kuntoluokan 2 LYK-alarajaa nykyistä suuremmaksi ja kuinka tämä muuttaisi siltojen kuntojakamaa.

Nykyisen määritelmän mukaan sillan kuntoluokka määräytyy sekä sillan yleiskuntoarvion että laskennallisen yleiskunnon mukaan. Kuntoluokassa 2 (huono) varsinaisen maantiesillan raja-arvot ovat seuraavat: LYK = 2,01 - 2,75 ja YK = 3, eikä kumpikaan ole huonompi.

Kuvasta 15 voidaan nähdä, että kuntoluokan 2 LYK-alarajan nostaminen 2,01:stä ylöspäin laskee odotetusti pelkän LYK:n perusteella kuntoluokkaan 2 joutuneiden siltojen osuutta (sininen käyrä) ja samalla myös kuntoluokassa 2 olevien siltojen kokonaismäärää (punainen käyrä). Jotta pelkän LYK:n perusteella KL 2 määräytyneet osuus saataisiin tasan 0 %:n varsinaisille tiesilloille, täytyy LYK-alaraja nostaa luokan LYK-ylärajan 2,75 yli. Tulosta voi tulkita siten, että LYK:n alarajan nostaminen ei toisi haluttua lopputulosta. Kuntoluokassa olevien huonokuntoisten siltojen määrä vähenisi nykyisestä, mikä johtaisi todennäköisesti siihen, että tyydyttäväkuntoisten määrän kasvaessa yhä useampi silta korjattaisiin jo tyydyttäväkuntoisena.



Kuva 15. LYK:n alarajan nostamisen vaikutus kuntoluokan 2 (huono) määräytymisessä.

## 7.3 Rakenteellisen kunnon ja turvallisuuden näkökulmien jatkoselvitykset

### 7.3.1 Selvityksen periaatteet

Nykytilakuvauksen, data-analyysien sekä asiantuntijatyöpajan tulosten tarkempi läpikäynti ja pohdinta johtivat selvitystä siihen suuntaan, että rakenteellisen kunnon ja turvallisuuden näkökulmia kannattaisi työstää enemmän. Tuloksista oli selkeästi havaittavissa, että eri päärakennneosien kunto ja niissä havaitut toiminnalliset puutteet vaikuttivat eri tavoin sillan elinkaareen ja turvallisuuteen. Toiset päärakennneosat vaikuttavat ensisijaisesti sillan säilyvyyteen, toiset liikenneturvallisuuteen. Tietyt sillassa havaitut

vauriot tai toiminnalliset puutteet, jotka huomioidaan päärakenteen ja sillan kuntoarvioissa, eivät liity aina niinkään sillan varsinaiseen kuntoon vaan kuvaavat esimerkiksi teknisesti vanhentuneita ratkaisuja, turvallisuusriskejä tai sillan esteettisiä puutteita. Tämän ajatuksen johdattamana, työssä päädyttiin tutkimaan kehityslinjaa, jossa pääraKENNEOSAT ja niiden kuntoarviot jaettaisiin kahden kategorian alle; rakenteellisen kUNNON ja turvallisuuden. Rakenteellinen kunto kuvaa sillan peruskorjaustarvetta, turvallisuus pääasiassa muita korjaustarpeita.

Rakenteellisen kunnan näkökulman alle valittiin varsinaisille silloille seuraavat pääraKENNEOSAT:

1. Päälysrakenne
2. Päätyrakenteet
3. Pintarakenne
4. Välituet
5. Laakerit

Putkisilloille valittiin vain päälysrakenne.

Turvallisuuskulmaan valittiin seuraavat pääraKENNEOSAT:

1. Kaiteet
2. Reunapalkit
3. Päälysteet
4. Laakerit
5. Liikuntasaumot
6. Siltapaikka

Analyyseissä selvitettiin kahta vaihtoehtoista laskentamallia; kuntoarvioiden keskiarvoon perustuvaa luokittelua sekä huonokuntoisimman päärakenteen kuntoarvioon perustuvaa luokittelua. Lähtökohtaisesti kukin laskentaan mukaan valittu päärakenteenosa oli samanarvoinen eli kuntoarviolukuihin ei lisätty mitään painokertoimia tai erillisehtoja. Poikkeuksen tekivät laakerit, joiden kuntoarvio huomioitiin rakenteellisessa kunnossa vain, jos arvo oli 4 ja turvallisuuskulmassa jos arvo oli 3–4. Luokittelu tehtiin molemmille näkökulmille erikseen, joten jokainen silta sai sekä rakenteellisen kunnan että turvallisuuden näkökulmista uudet luokitustiedot.

Keskiarvoon perustuvassa laskentamallissa kuntoluokat muodostettiin laskemalla keskiarvosta pyörästetty ”yleiskunto” normaalien pyörästysääntöjen perusteella sillä poikkeuksella, että puolikkaat arvot (esim. 1,5) pyörästivät alaspäin. Lisäksi kokeiltiin nykyisen kuntoluokituksen LYK-raja-arvoja lasketulle keskiarvolle.

Huonokuntoisimman päärakenteenosa -mallissa kuntoluokat muodostettiin siten, että kuntoarvion ollessa

0	kunto on erittäin hyvä (kl 5)
1–1,5	kunto on hyvä (kl 4)
2–2,5	kunto on tyydyttävä (kl 3)
3–3,5	kunto on huono (kl 2)
4	kunto on erittäin huono (kl 1).

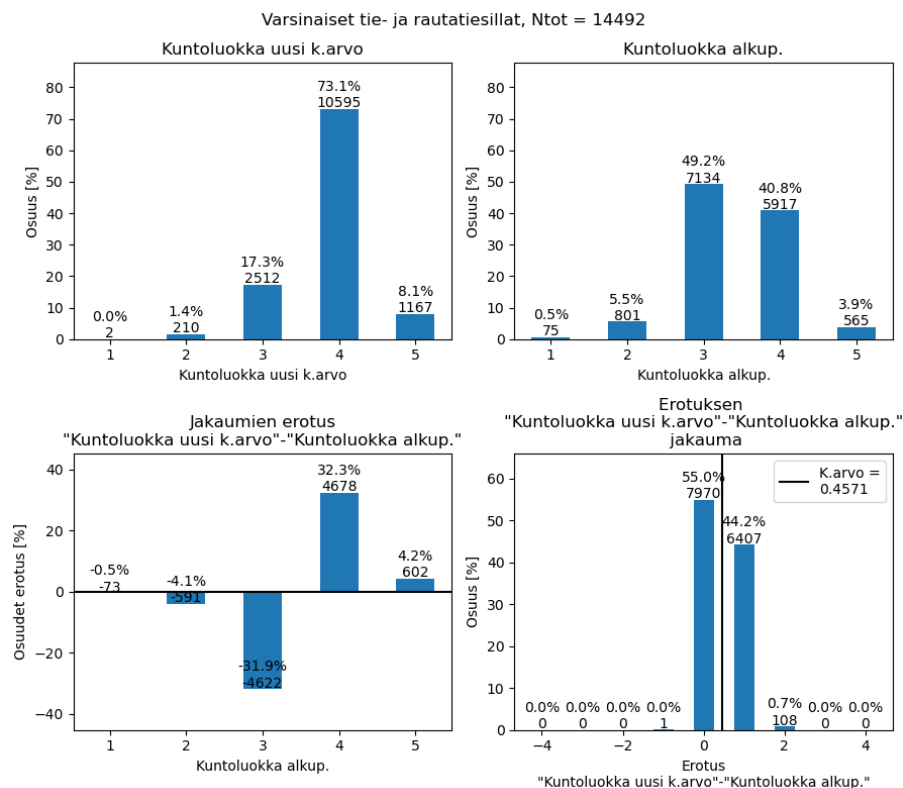
Lopuksi tuotettiin uuden määrittelyn mukaiset kuntojakaumat ja verrattiin niitä nykyisin voimassa olevaan kuntoluokitukseen ja sen kuntojakaumaan. Analyyseissä käytettiin koko sillastoa kuvaavaa aineistoa, joka oli rajaukseltaan samankaltainen kuin nykytilaselvityksen yhteydessä toteutetuissa data-analyyseissä käytetty aineisto. Aineistoa

täydennettiin rautateiden putkisilloilla, joita ei ollut mukana aiemmissa data-analyysseissa. Sillan perustietojen lisäksi mukana olivat muun muassa sillan nykyinen kuntoluokka, korjaus- ja uusimistarveluvut sekä sillan päärakenneosakohtaiset tarkastustiedot. Analyysi tehtiin kahteen kertaan: keväällä 2021 sekä syyskuussa 2023, joista tässä raportissa esitetään syyskuun 2023 tulokset. Kevään 2021 tulokset olivat pohjadataltaan ja ominaisuuksiltaan mahdollisimman lähellä tämän raportin aiempien kappaleiden tuloksia, kun taas syyskuun 2023 tulokset kuvaavat sillaston tilaa lähempänä tämän raportin julkaisua (data irrotettu Taitorakennerekisteristä syyskuussa 2023). Analyysijankkohtien ja pohjadatojen erot on siis syytä pitää mielessä vertailtaessa aiempien kappaleiden ja kappaleiden 7.3.2, 7.3.3, 7.4 ja 7.5 tuloksia.

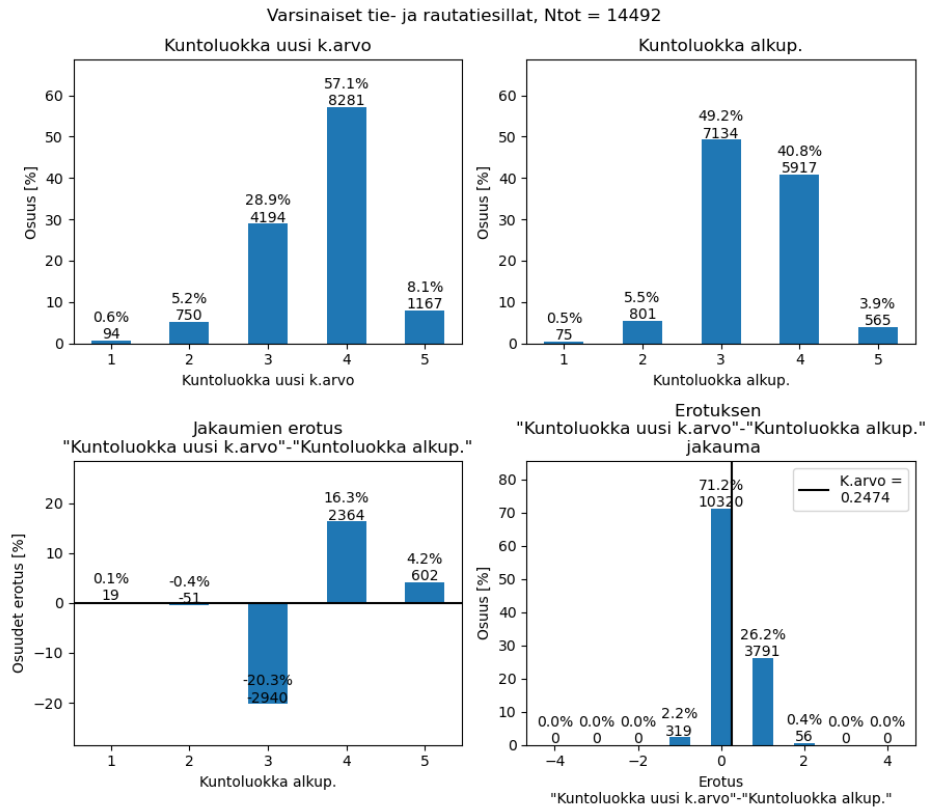
### 7.3.2 Analyysien ja laskennan tulokset

#### Rakenteellinen kunto

Päärakenneosien kuntoarvioiden keskiarvoon perustuva menetelmä (jonka pyöristyssäännöt on kuvattu kappaleessa 7.3.1) tuotti kuvassa 16 näkyvän kuntojakauman (vasen ylänurkka). Tässä kuntoluokituksessa huonokuntoisten (kuntoluokkien 1–2) ja tyydyttäväkuntoisten (kuntoluokka 3) siltojen määrä vähenee, kun taas hyväkuntoisten (luokkien 4 ja 5) siltojen määrä kasvaa, kun jakaumaa verrataan nykyisen kuntoluokan tuottamaan jakaumaan (oikea ylänurkka). Lisäksi jakaumassa kuntoluokkien 2 ja 5 (huono, erittäin hyvä) välinen suuruusjärjestys vaihtuu. Koska uudistuksen yhtenä tavoitteena oli, että peruskorjaustarpeessa olevat sillat löytyisivät pääasiassa kuntoluokasta 2, oli tulos vastakkainen kuin mitä uudistuksella tavoiteltiin.



Kuva 16 Päärakenneosien kuntoarvioiden keskiarvoon perustuva kuntoluokitus ja sen tuottama kuntojakauma.

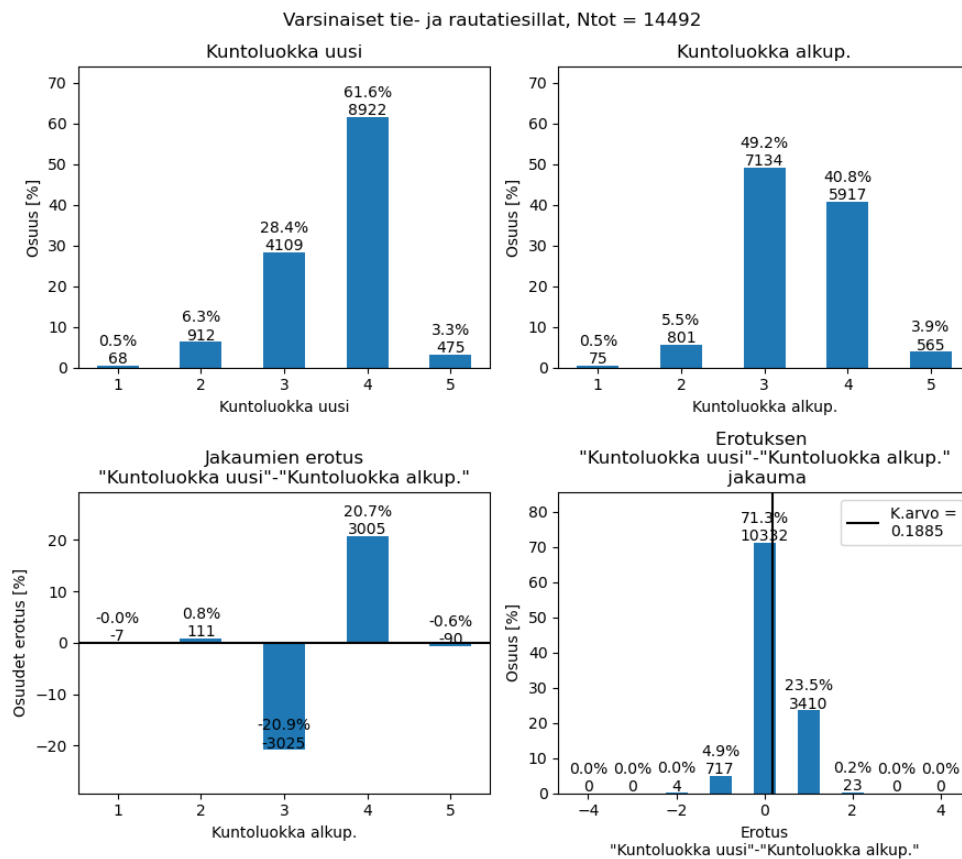


Kuva 17. Päärakenneosien kuntoarvioiden keskiarvoon perustuva kuntoluokitus LYK-rajoilla ja sen tuottama kuntojakauma.

Päärakenneosien kuntoarvioiden keskiarvoon perustuva uusi kuntoluokitus *LYK-rajoilla* muuttaa kuntoluokkien 2 ja 5 (huono ja erittäin hyvä) keskinäistä suuruusjärjestystä (kuva 17). Tässä mallissa kuntoluokkien 2 ja 3 (huono ja tyydyttävä) siltojen määrä vähenee, kuntoluokan 1 (erittäin huono) siltojen määrä kasvaa hieman ja kuntoluokkien 4 ja 5 (hyvä ja erittäin hyvä) määrä kasvaa selvästi. Vaikka jakauma oli etenkin tyydyttäväkuntoisten siltojen osalta jo enemmän halutun kaltainen, ei tämäkään laskentamalli osoittautunut toimivaksi ratkaisuksi peruskorjaustarpeen näkökulmasta, sillä huonokuntoisten siltojen määrä laski edelleen.

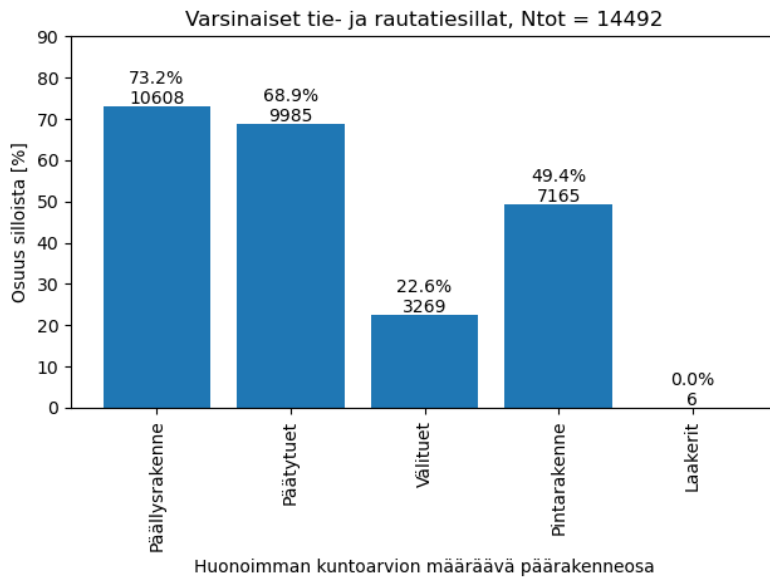
Huonokuntoisimman pää rakenneosan kuntoarvioon perustuva menetelmä antoi kuvan 18 mukaisen lopputuloksen. Tässä mallissa kuntoluokan 3 (tydyttävä) siltojen osuus vähenee selvästi (20,9 prosenttiyksikköä). Kuntoluokan 5 (erittäin hyvä) osuus vähenee hieman (0,6 prosenttiyksikköä) samoin kuin kuntoluokan 1 osuus (0,05 prosenttiyksikköä). Peruskorjaustarvetta kuvaavassa kuntoluokassa 2 (huono) olevien siltojen osuuksien määrä kasvoi hieman (0,8 prosenttiyksikköä) ja kuntoluokassa 4 (hyvä) osuuksien määrä kasvoi 20,7 prosenttiyksikköä. Jakauma ja sen kuvastama muutos osoittivat, että tämä laskentamalli vei kuntoluokitusta oikeaan suuntaan vähentäen tyydyttäväkuntoisten määrää ja lisäten hieman huonokuntoisten määrää.

*Kuva 18 Huonokuntoisimman pää rakenneosan kuntoarvioon perustuva kuntoluokitus ja*



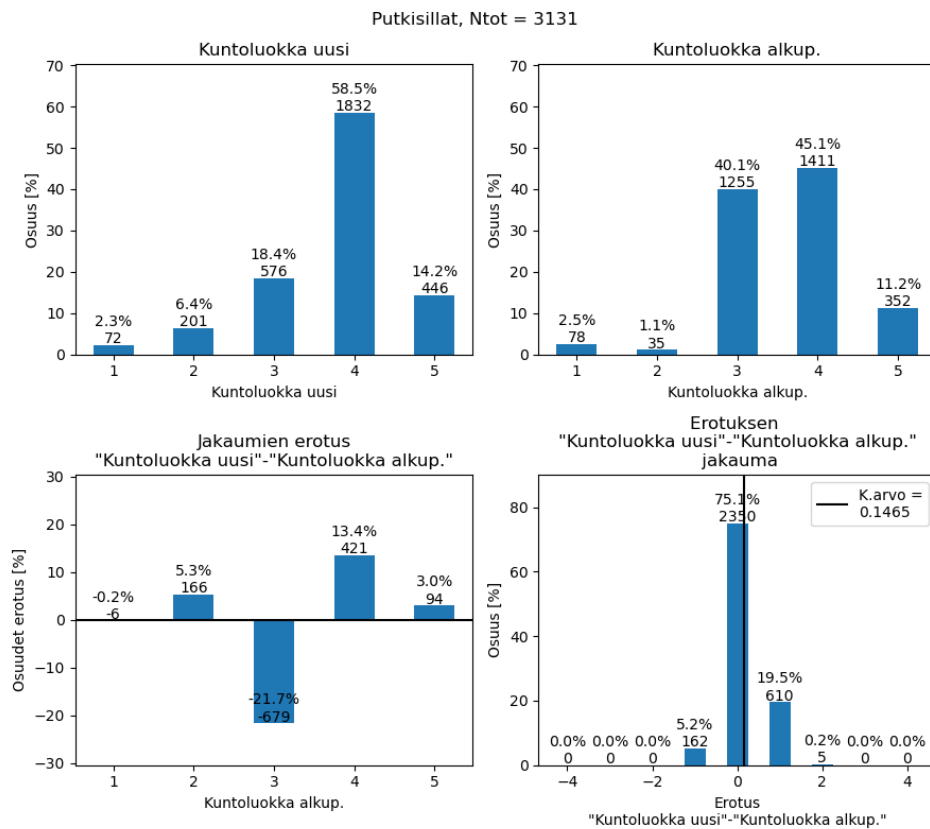
*sen kuntojakauma.*

Kuvasta 19 on nähtävissä huonoimman kuntoarvion saaneiden pää rakenneosien osuudet. Rakenteellisen kunnon näkökulmaan valituista pää rakenneosista huonokuntoisimpia olivat päällysrakenne sekä päätytuot eli niiden merkitys kuntoluokituksen määrääytymisessä oli suurin. Vähiten vaikuttivat laakerit. Huomioitavaa on, että osuudet summautuvat yli 100 %:n, sillä huonoimman kuntoarvion voi saada samaan aikaan useampi pää rakenneosa.



Kuva 19. Huonoimman kuntoarvion määräävä päärakenneosa.

Putkisiltojen kohdalla päärakenneosista huomioitiin vain päälysrakenne ja tämän laskennan tulokset näkyvät kuvassa 20. Tässä kuntoluokan 3 (tydyttävä) siltojen osuus vähenee huomattavasti, -22 prosenttiyksikköä, ja kuntoluokan 2 (huono) osuus lisääntyy noin 5 prosenttiyksikköä.

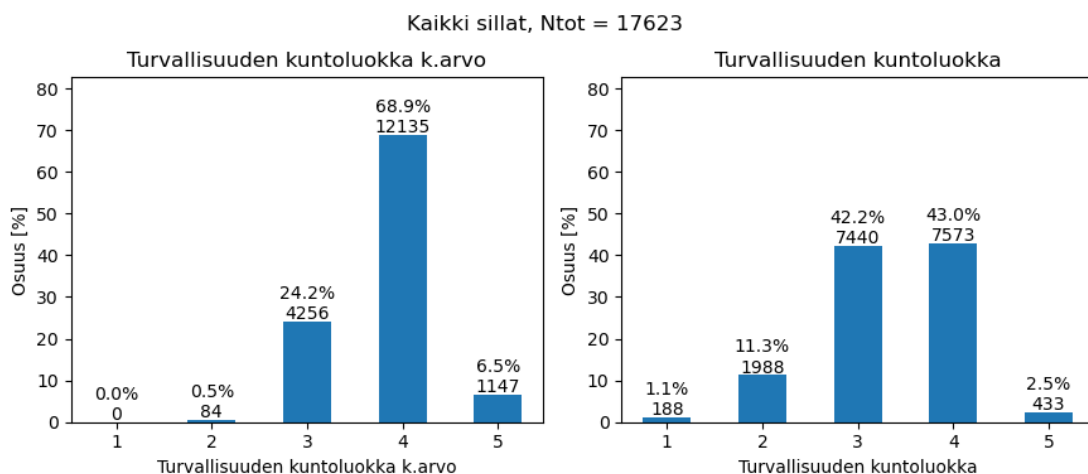


Kuva 20. Putkisiltojen päälysrakenteen kuntoarvioon perustuva kuntoluokitus ja sen kuntojakauma.

## Turvallisuuskäsitelmä

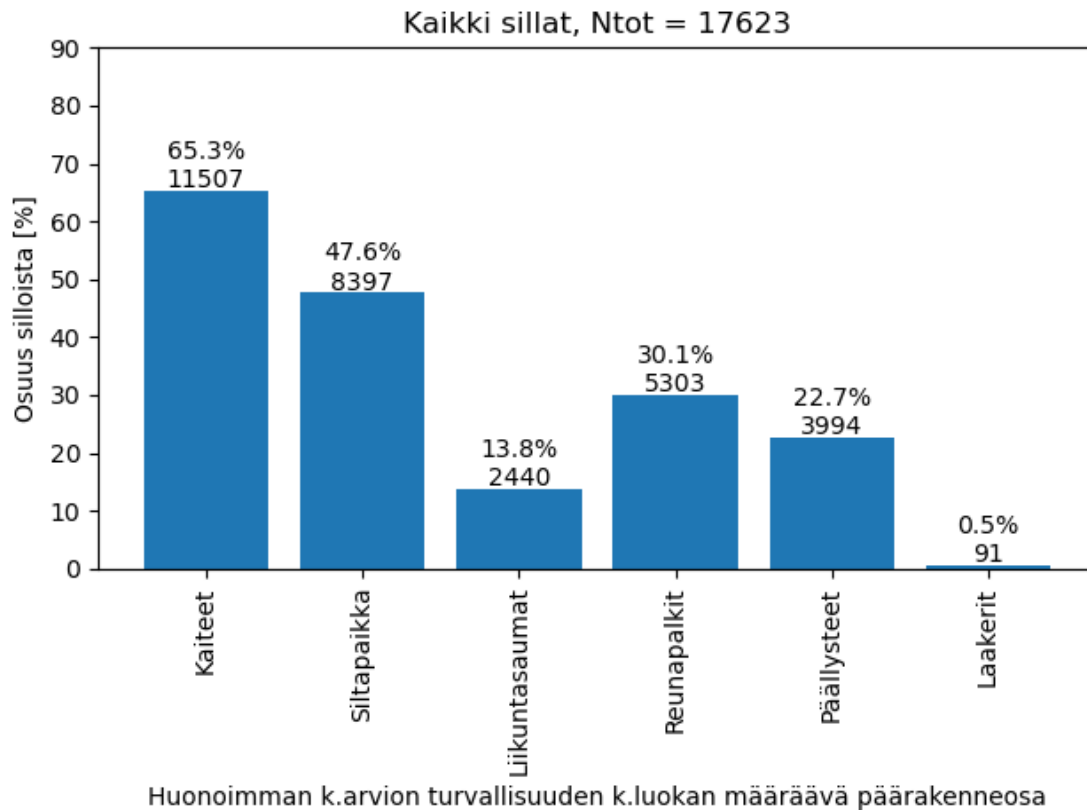
Siltojen uudesta turvallisuuden kuntoluokasta esitellään tässä raportissa vain päärakenneosien keskiarvoon ja huonoimman päärakenneosan arvoon perustuvat kuntojakaumat, sillä tunnusluku on uusi, eikä sitä näin ole voitu verrata aiempaan jakaumaan. Päärakennosien keskiarvoon perustuvassa luokittelussa kuntoluokka määräytyy lähimpään kokonaislukuun pyöristetyn keskiarvon perusteella "yleiskuntona". Huonoimpaan päärakennoosaan perustuvassa mallissa huonoimman päärakenneosan kuntoarvio määrittää sillan kuntoluokan. Myös siinä kuntoarvio pyöristetään lähimpään kokonaislukuun. Pyöristyssäännöt ovat nykyisen kuntoluokituksen mukaiset sillä erotuksella, että kaikki puolikkaat arvot (esim. 1,5) pyöristyvät alaspäin. Laskennan mukaiset jakaumat on esitelty kuvassa 21. Jakaumissa suurimmat erot näkyvät luokissa 2 (huono) ja 3 (tydyttävä), joiden osuus on selvästi pienempi keskiarvoon perustuvassa laskennassa. Luokissa 4 (hyvä) ja 5 (erittäin hyvä) muutos on vastakkainen.

Huonoimman päärakenneosan mallissa yleisin turvallisuuden kuntoluokan määräävä päärakennoosa on kaiteet, vähiten määräävät laakerit (kuva 22.).



Kuva 21. Keskeisten päärakenneosien kuntoarvioiden keskiarvoon ja huonokuntoisimman päärakenneosan kuntoarvioon perustuva turvallisuuden kuntoluokka ja niiden jakaumat.





Kuva 22. Huonoimman turvallisuuden kuntoluokan määräävä pää rakenneosa.

### 7.3.3 Johtopäätökset

Analyysit osoittivat, että pää rakenneosien kuntoarvioiden keskiarvoon perustuvat laskentamenetelmät eivät johtaneet toivottuun lopputulokseen. Keskiarvot ja kuntoluokkien määräytymisessä käytetyt pyöristyssäännöt ja raja-arvot muuttivat siltojen kuntoa keinoitekoisesti paremmaksi ja piilottivat pää rakenneosissa havaitut vakavatkin kuntopuutteet. Laskennan lopputuloksena saadut, kuntoa kuvaavat desimaaliluvut olivat myös hankalia ymmärtää. Mallin haasteet olivat siis hyvin samankaltaisia kuin nykyisen LYK-arvon ja siihen nojautuvan kuntoluokituksen kohdalla.

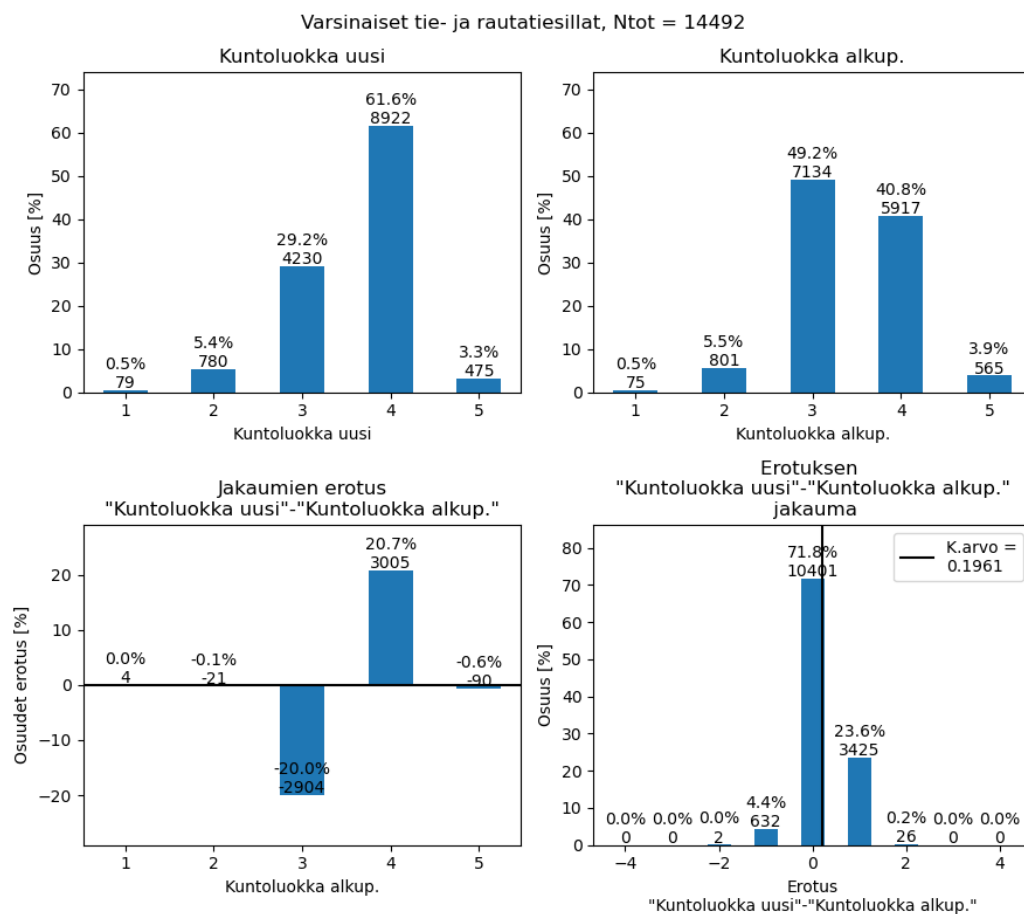
Huonokuntoisimman pää rakenneosan -mallissa muutos oli halutun kaltainen varsinaisten siltojen kohdalla, kun taas putkisilloilla huonokuntoisten siltojen määrä kasvoi liikaa. Varsinaisten siltojen kuntojakaman muutos nykyiseen oli maltillinen ja muutokset kohdistuivat juuri oikeisiin kuntoluokkiin (luokat 2 ja 3). Kunnan keskimääräinen paraneminen oli myös vähäisempää kuin keskiarvolaskentaan perustuvassa kuntoluokituksessa. Yksittäisen pää rakenneosan kuntoarvio voi tässä mallissa vaikuttaa kuitenkin varsin merkittävästi koko sillan kuntoon ja sitä kautta kuntoluokkaan, joten uuden määrittelyn aikaansaamia muutoksia tarkasteltiin vielä yksityiskohtaisemmin yhdessä tilaajan kanssa. Tässä yhteydessä tutkittiin muun muassa sitä, millaiset sillat olivat vaihtaneet kuntoluokkaa, oliko sillan uusi kuntoluokka linjassa tarkastustietojen kanssa ja millaisia olivat koko sillaston kuntotilanteen alueelliset jakaumat. Tarkastelujen pohjalta päädyttiin tekemään kuntoluokituksen määräytymiseen vielä seuraavat muutokset:

- Päällysrakenteen saadessa arvot 3,5 tai 4 sillan kunto on erittäin huono
- Pintarakenteen saadessa arvot 4 sillan kunto on huono

- Pintarakenteen arvo 3 osoittaa kuntoluokkaan 2 (huono) vain, jos päällysrakenne, välituet tai päätyrakenteet saa vähintään arvon 2,5. Jos tämä ehto ei toteudu, pintarakenteen arvo 3 osoittaa kuntoluokkaan 3 (tyydyttävä).
- Putkisilloille selvitetään vaihtoehtoista kuntoluokitusmallia

Turvallisuuden kuntoluokan kohdalla todettiin, että huonoimman päärakenneosan malli on selkeämpi ja yhtenevä uuden kuntoluokituksen kanssa, joten keskiarvomenetelmä hylättiin. Turvallisuuden kuntoluokkaan lisättiin mukaan vielä yksi päärakenneosa eli radan päällysrakenne.

Päällysrakenteen ja pintarakenteen määrittelyjen muutokset muuttivat varsinaisten siltojen kuntojakaumaa siten, että erittäin huonokuntoisten siltojen määrä nousi hieman ja huonokuntoisten siltojen (kuntoluokka 2) määrä laski vähän nykyisen kuntoluokituksen tason alapuolelle (kuva 23). Samalla kuitenkin todettiin, että näiden muutosten myötä siltojen saama kuntoluokka vastasi paremmin todellista kuntoa ja korjaustarvetta.



Kuva 23. Rakenteellisen kunnan kuntojakauma huonokuntoisimman päärakenneosan mukaan, kun päällys- ja pintarakenteiden sääntöjä oli päivitetty.

## 7.4 Suhteelliset kuntoluvut

Yksi uudelle kuntoluokitukselle asetettu tavoite oli kunnan ja sen kehityksen parempi ennustettavuus. Parempi ennustettavuus puolestaan mahdollistaisi korjaustarpeiden tunnistamisen nykyistä tarkemmin, toisi korjausohjelmointiin pitkäjänteisyyttä ja näin myös helpottaisi budjetointia.

Taitorakennerekisteriin toteutetut korjaus- ja uusimistarveluvut pyrkivät kuvaamaan sillan tulevia korjaustarpeita. Niissä huomioidaan sillan päärakenneosien kunto sekä päärakenneosien keskinäiset painotuserot. Korjaustarveluvussa huomioidaan sillan kaikki päärakenneosat, mutta laskennassa painotetaan päällysrakenteiden kuntoa. Luku pyrkii kuvaamaan rakenteen korjaustarvetta vertailukelpoisena lukuna. Korjaustarveluku kuvastaa siis sillan peruskorjaustarvetta. Uusimistarveluvussa kantavien rakenteiden merkitys on suuri eli siinä painotetaan kantavien rakenteiden kuntoa. Jos kantavat rakenteet ovat huonossa kunnossa, näkyy tämä sillan uusimistarveluvussa ja uusiminen on todennäköinen vaihtoehto sillan korjaustoimenpiteeksi.

Projektissa selvitettiin, voisiko korjaustarvelukua hyödyntää sillan kunnan ennustamisessa, jos laskentatapaa muutettaisiin nykyisestä. Luvusta haluttiin tehdä ymmärrettävämpi ja aidosti vertailukelpoinen luku. Työssä päädyttiin lähtemään liikkeelle samasta kaksijakoisesta näkökulmasta kuin kuntoluokituksessa; korjaustarveluku laskettaisiin rakenteellisen kunnan ja turvallisuuden näkökulmille erikseen. Samalla luvun peruseriaate päätettiin kääntää toisinpäin. Luku ei kuvaisikaan korjaustarvetta vaan sillan jäljellä olevaa kuntoa, kun nykyistä kuntoa verrataan täysin uuteen siltaan. Luvuista käytetään tässä yhteydessä työnimiä rakenteellisen kunnan suhteellinen kuntoluku ja turvallisuuden suhteellinen kuntoluku.

Jokaisen sillan suhteellinen kuntoluku laskettiin yksilöllisesti kyseisen sillan päärakenneosien mukaan. Rakenteellisen kunnan suhteellisessa kuntoluvussa olivat mukana päällysrakenne, päätyrakenteet, pintarakenne, välituet ja laakerit ja kaikkien päärakenneosien painoarvo pidettiin yhtä suurena. Turvallisuusnäkökulmassa olivat mukana kaiteet, reunapalkit, päällysteet, laakerit, liikuntasaumot, siltapaikka sekä radan päällysrakenne ja näistä kaiteiden, reunapalkkien sekä radan päällysrakenteen merkitystä korostettiin muita päärakenneosia enemmän.

Suhteellisen kuntoluvun laskennassa hyödynnettiin korjaustarveluvun laskentakaavaa. Sitä muokattiin kuitenkin siten, että mukaan otettavien päärakenneosien lukumäärää ja painotuksia muutettiin. Jokaiselle sillalle laskettiin sekä nykykuntoon perustuva korjaustarveluku että suurin mahdollinen korjaustarveluku, jonka silta voi saada. Tämän jälkeen lukujen perusteella laskettiin kullekin sillalle yksilöllinen suhteellinen kuntoluku kuvassa 24 näkyvän kaavan mukaisesti. Suhteellinen kuntoluku on prosenttiluku, joka voi saada arvon 0–100. Mitä enemmän sillan päärakenneosien kunto huononee, sitä alhaisempi suhteellinen kuntoluku on. Toisin sanoen täysin uusi silta saa arvon 100.

### SUhteellisen Kuntoluvun Laskentakaava

Päärakenneseosan kuntoarvio	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
KA -pisteet	0	1	3	6	10	16	23	32

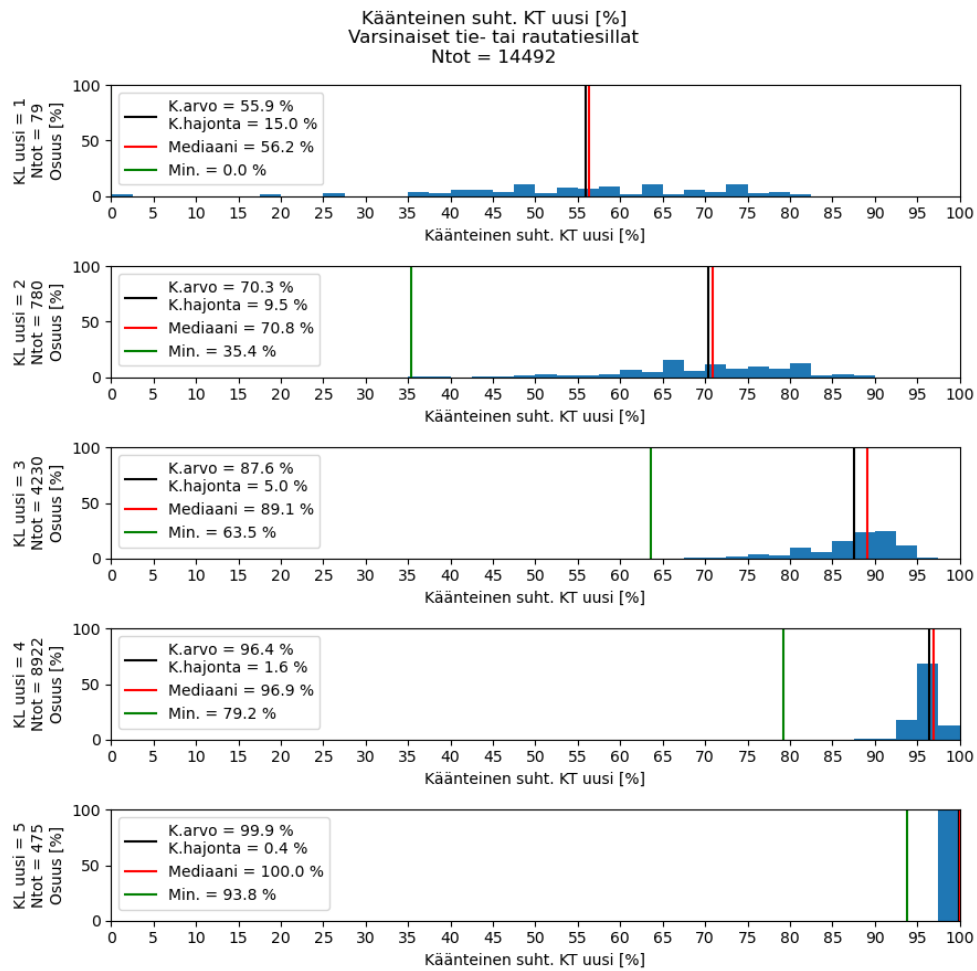
$$100 - \left[ \frac{\text{SUM (kerroin*KA)}}{\text{SUM}_{\text{max}} (\text{kerroin*KA}_{\text{max}})} * 100 \right]$$

Rakenteellinen kunto	kerroin	Turvallisuus	kerroin
Päällysrakenne	70	Kaiteet	70
Päätyrakenne	70	Reunapalkit	70
Pintarakenne	70	Päällysteet	25
Välituet	70	Laakerit	25
Laakerit	70	Liikuntasaumamat	25
		Siltapaikka	25
		Radan päällysrakenne	70

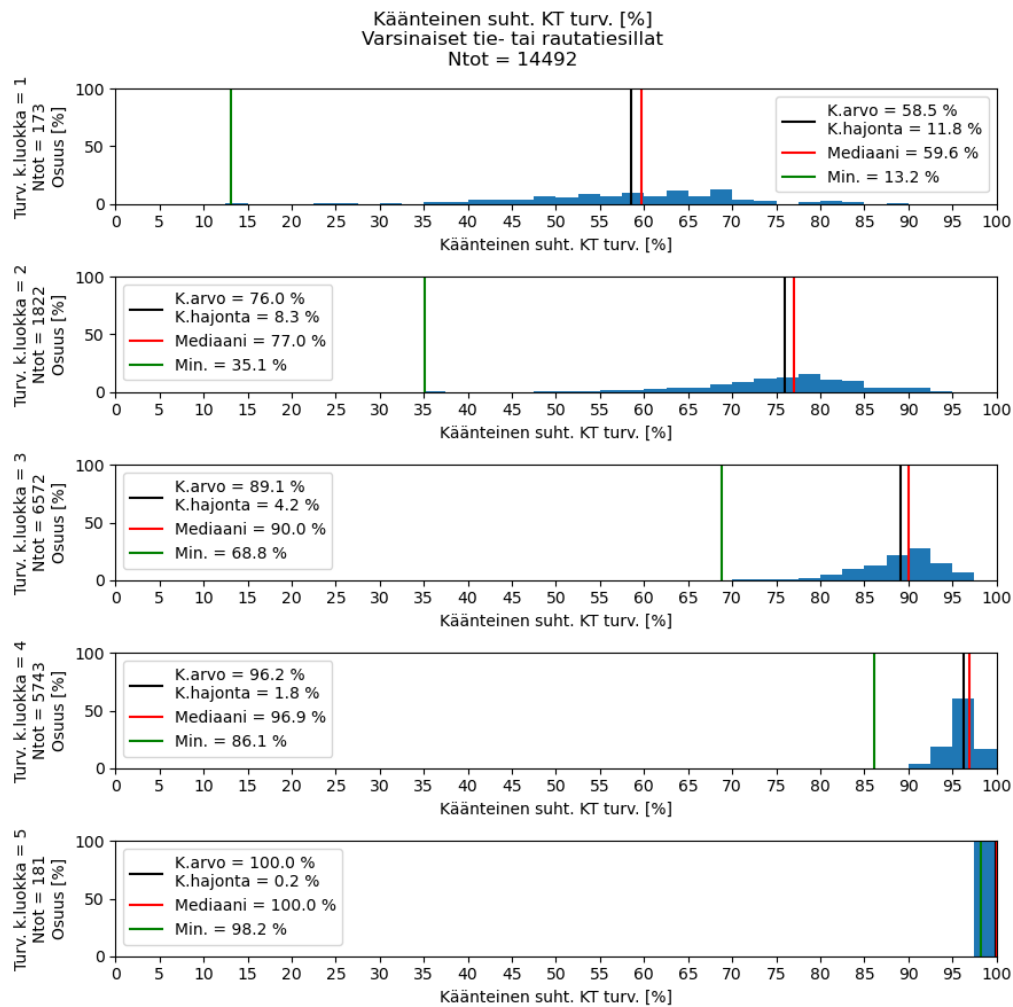
Kuva 24. Suhteellisen kuntoluvun laskentakaava.

Uusia suhteellisia kuntolukuja tarkasteltiin tämän jälkeen uuden kuntoluokituksen mukaisina jakaumina. Kullekin kuntoluokalle laskettiin suhteellisen kuntoluvun minimi- ja keskiarvo, keskihajonta ja mediaani. Rakenteellisen kunnan jakauma näkyy kuvassa 25 ja turvallisuusnäkökulman jakauma kuvassa 26. Jakaumista voidaan nähdä, että sillan kuntoluokan tai turvallisuuden kuntoluokan huonotessa suhteellisen kuntoluvun vaihteluvälit ja keskihajonnat kasvavat. Tuloksia voi hyödyntää siten, että kullekin kuntoluokalle lasketaan raja-arvo, jonka alapuolelle jäävät sillat ovat keskimääräistä huonommassa kunnossa kuin raja-arvon yläpuolella olevat sillat. Eli jos silta on esim. kuntoluokassa 3 ja sen suhteellinen kuntoluku on 80 %, voidaan sillan todeta olevan huonommassa kunnossa kuin sillan, jolla suhteellinen kuntoluku on 92 %. Tällöin sillan voi olettaa siirtyvän lähivuosina todennäköisemmin alempaan kuntoluokkaan.

Suhteellisesta kuntoluvusta voi päätellä myös, onko sillassa kunnan huononemista yhdessä vai useamassa päärakenneseosassa. Mikäli kunto on huonontunut vain yhdessä päärakenneseosassa, on suhteellinen kuntoluku suuri. Jos taas kunto on huonontunut useamassa päärakenneseosassa, luku on selvästi pienempi. Kun suhteellinen kuntoluku yhdistetään kuntoluokkatietoon, tuo se käyttäjälleen vertailukelpoista lisätietoa sillan kuntotilanteesta ja sen mahdollisesta kehittämisestä.



Kuva 25. Rakenteellisen kunnan suhteellisen kuntoluvun jakauma kuntoluokittain.



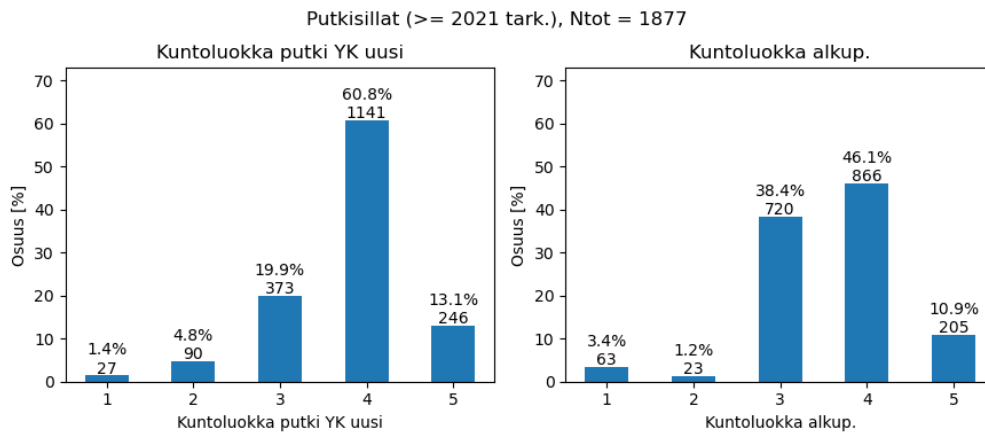
Kuva 26. Turvallisuuden suhteellisen kuntoluvun jakauma kuntoluokittain.

## 7.5 Putkisiltojen kuntoluokituksen täsmennys

Rakenteellisen kunnan ja turvallisuusnäkökulmaselvitysten yhteydessä todettiin, että putkisiltojen kohdalla pelkkä päällysrakenteen kunto ei ole hyvä kuntoluokituksen kriteeri. Tämä malli tuotti liian suuren määrän huonokuntoisia putkisiltoja. Vuonna 2020 julkaistussa Sillatarkastuskäsikirjassa päivitettiin putkisiltojen tarkastus- ja kuntoarviointiperiaatteita. Niissä täsmennettiin erityisesti vaurioluokkien 3 ja 4 vaikutusta teräspuutisillan päällysrakenteen kuntoarvioon ja sillan yleiskuntoon. Putkisiltoja on tarkastettu kyseisen päivityksen mukaisesti viimeistään vuoden 2021 alusta alkaen.

Projektissa selvitettiin, millaisen kuntojakautaman vuonna 2021 tai sen jälkeen tarkastetut putkisillat tuottavat, jos niiden kuntoluokituksen kriteerinä käytetään täsmennettyä yleiskuntoarviota. Yleiskuntoarvion tuottama jakauma on nähtävissä kuvassa 27. Verrattuna nykyiseen kuntoluokitukseen suurin muutos tapahtuu kuntoluokkien 3 ja 4 välillä. Tyydyttäväkuntoisten putkisiltojen määrä vähenee hyväkuntoisten määrän kasvaessa. Huonokuntoisten (kl 1–2) siltojen määrä kasvaa kohtalaisesti. Koska tarkastelussa oli vain 2–3 vuoden aikana tarkastetut putkisillat, aineisto ei sisällä kaikkia putkisiltoja (tarkastuskierto 5 vuotta). Tämän vuoksi tarkastusaineistoa on syytä kerätä vielä tulevilta

vuosilta, jotta kuntoluokituksen toimivuutta voidaan arvioida paremmin. Suunta näyttäisi tässä vaiheessa kuitenkin oikealta.



Kuva 27. Putkisiltojen nykyisen kuntoluokituksen ja yleiskuntoarvoon pohjautuvan kuntoluokituksen jakaumat.

## 7.6 Kehityslinjojen tarkastelujen johtopäätökset

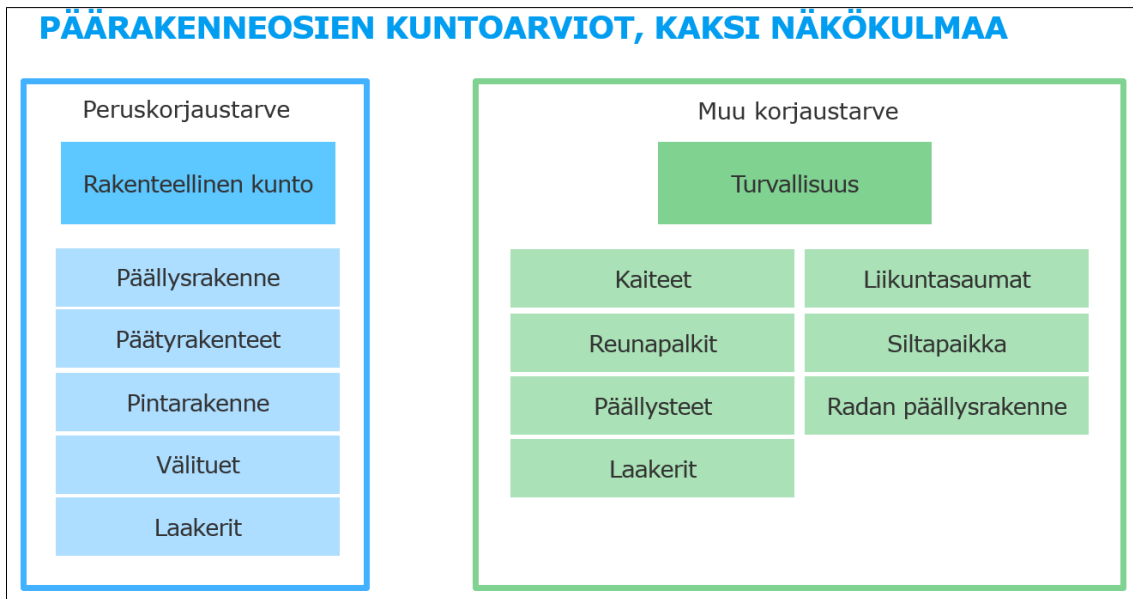
Vaihtoehtoisten kehityslinjojen tarkastelussa käytiin läpi eri tunnuslukujen laskentamalleja ja tutkittiin päärakenneosien kunnan vaikutusta sekä sillan rakenteelliseen kuntoon että turvallisuuteen. Lisäksi selvitettiin, kuinka tarkastus- ja kuntotietoja sekä näitä kuvaavia tunnuslukuja voitaisiin hyödyntää nykyistä paremmin siltojen kunnan ja korjaus-toimenpiteiden ennustamisessa.

Selvitysten pohjalta projektissa päädyttiin ehdottamaan varsinaisten siltojen uudeksi kuntoluokitusperiaatteeksi huonokuntoisimman päärakenneosan -mallia. Esiitetty kuntoluokituksen malli ja sen laskennan periaatteet ovat osittain samat kuin kirjallisuuskatsauksessa esitellyssä Saksassa käytössä olevassa kuntoluokituksessa. Malli poikkeaa edellä mainitusta mallista kuitenkin siten, että sillan kuntoa tarkastellaan eriytetysti kahdesta eri näkökulmasta; rakenteellisen kunnan ja turvallisuuden. Rakenteellisessa kunnossa painotetaan sillan laajamittaisia korjaustarpeita, kuten esimerkiksi peruskorjausta, ja sillan kuntoluokka määräytyy viiden, sillan käyttöiän kannalta keskeisimmän, päärakenneosan (päällys-, pääty- ja pintarakenteet, välituet sekä laakerit) kunnan mukaan. Näissä päärakenneosissa ilmenevät vauriot vaikuttavat keskeisesti sillan rakenteiden toimivuuden säilymiseen ja näin sillan koko elinkaareen. Turvallisuudessa pääpaino on sillan turvallisessa käytössä tienkäyttäjän näkökulmasta ja tämän varmistamiseen liittyvissä kohdennetuimmissa korjaustarpeissa. Tunnusluvussa huomioidaan seitsemän, turvallisuuden kannalta keskeisimmän, päärakenneosan (kaiteet, reunapalkit, päällysteet, laakerit, liikuntasaumot, siltapaikka, radan päällysrakenne) kunto. Kahden erillisen tunnusluvun käyttö antaa sillan kunnosta laajamittaisemman kokonaiskuvan, mahdollistaa korjaustarpeiden monipuolisemman arvioinnin ja poistaa näin Saksan mallissa tunnistettuja ongelmia.

Edellä mainittujen tunnuslukujen lisäksi, projektissa päädyttiin ehdottamaan uusien siltakohtaisten suhteellisten kuntolukujen laskemista ja käyttöönottoa. Näillä tunnusluvuilla on tarkoitus parantaa ennustettavuutta sekä tukea korjausohjelmointia uusien kuntoluokitusperiaatteiden sekä kuntoluokan ja turvallisuuden kuntoluokan rinnalla.

## 8 Ehdotus uudeksi kuntoluokitukseksi

Siltojen uudet kuntoluokitusperiaatteet on esitelty tiivistettynä seuraavissa kuvissa. Kuvassa 28 on nähtävillä rakenteellisen kunnon ja turvallisuuden näkökulmissa huomioitavat päärakenneosat. Kuvassa 29 on esitelty kuntoluokan määräytyminen varsinaisilla silloilla. Kuntoluokituksessa huomioidaan rakenteellisen kunnon näkökulmasta viiden keskeisen päärakenneosan kunto huonoimman kuntoarvion mukaan.



Kuva 28. Päärakenneosat rakenteellisen kunnon ja turvallisuuden näkökulmissa.



Kuva 29. Kuntoluokan (rakenteellinen kunto) määräytyminen varsinaisilla silloilla.



Putkisiltojen osalta kuntoluokitus määräytyy sillalle annetun yleiskuntoarvion perusteella (alustava), siten että yleiskuntoarvio on annettu vuonna 2020 päivitetyn Sillantarkastuskäsikirjan mukaisesti (kuva 30). Kuntoluokka määräytyy siten, että 0=erittäin hyvä (kl 5), 1-1,5= hyvä (kl 4), 2-2,5= tyydyttävä (kl 3), 3-3,5= huono (kl 2) ja 4=erittäin huono (kl 1).

Vaurio	Päällysrak. kuntoarvio (*)	Yleiskuntoarvio (*)	Kiireellisyysluokka	Seuraava tarkastus
• Putken ruostumisvaurion vaurioluokka on 3 ja muodonmuutoksen vaurioluokka korkeintaan 2. Putkessa ei ole vielä reikiä eikä piikki läpäise putkea mistään kohtaa.	2	2	PK	5-v
• Putken ruostumisvaurion vaurioluokka on 3 ja muodonmuutoksen vaurioluokka 3. Putkessa ei ole vielä reikiä eikä piikki läpäise putkea mistään kohtaa.	2.5	2.5	PK	5-v
• Putki on ruostunut päistä viisteosalta puhki, mutta ei ole vielä puhkaistavissa pistepuikolla maatäytteisellä osalla ja putkessa on korkeintaan vaurioluokan 2 muodonmuutos	3	2.5	PK	5-v
• Putki on ruostunut päistä viisteosalta puhki, mutta ei ole vielä puhkaistavissa pistepuikolla maatäytteisellä osalla ja putkessa on vaurioluokan 3 muodonmuutos	3	3	PK	3-v
• Putkessa ei ole reikiä ja piikkitesti läpäisee putken maatäytteisellä osalla korkeintaan neljäsosassa testauskohdista. Putkessa on korkeintaan vaurioluokan 2 muodonmuutos. <b>tai</b>	4	3.5	PK	2-v
• Putki liikkuu liikennekuorman vaikutuksesta				
• Putki on ruostunut puhki maatäytteisellä osalla tai piikkitesti läpäisee maatäytteisellä osalla yli neljäsosassa testauskohdista. <b>tai</b>	4	4	HETI	1-v
• Putkessa on taipumisesta aiheutuneita murtumia				

\*) Taulukossa esitetään vain päällysrakenteen rakenneosalle **putki** kirjattujen vaurioiden vaikutus kuntoarvioihin. Kuntoarvioon voi vaikuttaa myös muut kuin tässä käsitellyt vauriot.

Kuva 30. Putkisiltojen yleiskuntoarviot Sillantarkastuskäsikirjan mukaan (Väylävirasto 2020).

Turvallisuuden kuntoluokan määräytyminen on esitelty kuvassa 31. Sillan turvallisuuden kuntoluokka määräytyy huonokuntoisimman päärakenteosan mukaan muutamin poikkeuksin. Mukana on turvallisuusnäkökulmasta seitsemän keskeistä päärakenteosaa. Tämä määritelmä koskee kaikkia siltoja.

TURVALLISUUDEN KUNTOLUOKAN MÄÄRÄYTYMINEN, KAIKKI SILLAT	
Sillan turvallisuusluokka määräytyy <b>huonokuntoisimman päärakenteosan</b> mukaan siten, että, kuntoarvio 0= erittäin hyvä, 1-1,5=hyvä, 2-2,5=tyydyttävä, 3-3,5=huono ja 4=erittäin huono	
Poikkeukset	
Kaiteet	Liikuntasauamat
Reunapalkit	Siltapaikka
Päällysteet	Radan päällysrakenne
Laakerit	
Laakerit huomioidaan vain jos niiden kuntoarvio on 3-4. Arvoilla 3 tai 3,5 saa silta luokan huono. Arvolla 4 saa silta luokan erittäin huono.	

Kuva 31. Turvallisuuden kuntoluokan määräytyminen kaikille silloille.

Suhteellisten kuntolukujen laskentaperiaatteet on esitelty kuvassa 32. Sekä rakenteelliselle kunnolle että turvallisuudelle lasketaan omat luvut. Luku esitetään muodossa 88 %. Kullekin kuntoluokalle lasketaan myös raja-arvot, jotka auttavat tunnistamaan, mihin kohtaan kyseisen kuntoluokan jakaumassa suhteellinen kuntoluku sijoittuu. Raja-arvot päivitetään Taitorakennerekisteriin säännöllisesti esimerkiksi kerran vuodessa.

SUHTEELLISEN KUNTOLUVUN LASKENTAKAAVA									
Päärakenteen osan kuntoarvio	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	
KA -pisteet	0	1	3	6	10	16	23	32	
$100 - \left[ \frac{\text{SUM (kerroin*KA)}}{\text{SUM}_{\text{max}} (\text{kerroin*KA}_{\text{max}})} * 100 \right]$									
<b>Rakenteellinen kunto</b>	kerroin				<b>Turvallisuus</b>	kerroin			
Päällysrakenne	70				Kaiteet	70			
Päätyrakenne	70				Reunapalkit	70			
Pintarakenne	70				Päällysteet	25			
Välituet	70				Laakerit	25			
Laakerit	70				Liikuntasaumot	25			
					Siltapaikka	25			
					Radan päällysrakenne	70			

Kuva 32. Suhteellisen kuntoluvun laskentakaava rakenteellisen kunnon ja turvallisuuden näkökulmista.

## 9 Suosituksia jatkotoimenpiteiksi

Siltojen uudet kuntoluokitusperiaatteet ja kunnon seuranta varten tuotettavat uudet tunnusluvut on määritelty siten, että ne perustuvat Taitorakennerekisterissä jo oleviin tarkastustietoihin. Myös päättelysäännöt ja laskentakaavat ovat sellaisia, että niiden toteutus järjestelmään onnistunee ilman suuria järjestelmäkehitystarpeita. Muutokset on kuitenkin syytä toteuttaa vaiheittain ja siten, että nykyiset kuntoluokkatiedot ja tunnusluvut säilyvät uusien rinnalla. Myöskään siltojen kuntohistoriaa ei kannata muokata päällekirjoittaen, vaan historiatiedot on järkevää säilyttää ennallaan.

Uusien kuntoluokitusperiaatteiden käyttöönotto ja seuranta suositellaan toteutettavan vuosien 2022–2023 aikana. Uusien määrittelyjen mukaisia kuntojakauksia ja niiden muutoksia sekä ELY-kohtaisten esimerkkisiltojen kuntokehitystä suositellaan seurattavan vähintään vuosittain uusien tarkastustietojen tultua Taitorakennerekisteriin. Samassa yhteydessä suositellaan tekemään tarkastustiedoille laaduntarkastus, sillä puutteelliset tai virheelliset tarkastustiedot voivat vaikuttaa sillan kuntoluokan tai uusien kuntolukujen laskentaan (esimerkiksi kuntoarvio 9). Seurantajakson aikana on aiheellista myös selvittää kuntoluokkien 4 ja 5 (hyvä ja erittäin hyvä) mahdollinen yhdistäminen / tarkentaminen, eteenkin, jos luokkaan 5 päätyvien siltojen määrä alkaa selvästi vähetä.

Uuden määrittelyn mukaisesti huonokuntoisten siltojen määrä tulee tulevina vuosina hieman kasvamaan nykyisestä. Tämä vaikuttaa myös Väyläviraston ja ELY-keskusten tulostavoitteisiin, joissa yhtenä tavoitteena on huonokuntoisten siltojen lukumäärä. Uuden kuntoluokituksen aikaansaamat muutokset suositellaan huomioitavan tulostavoitteissa vasta käyttöönotto- ja seurantajakson jälkeen vuodesta 2024 alkaen.

Suhteellisten kuntolukujen kohdalla suositellaan käytettävän helposti luettavaa värikoodausta. Esimerkiksi suhteellisen kuntoluvun ollessa raja-arvon alapuolella, luku voi olla väriltään punainen. Myös raja-arvo kannattaa esittää kuntoluvun rinnalla, 81 % (88 %).

Projektin aikana tehdyissä selvityksissä nousi esiin myös muita kehitysideoita, jotka todettiin kiinnostaviksi ja joiden toteuttaminen voisi parantaa tietoon pohjautuvaa päätöksentekoa sekä tuoda omaisuudenhallintaan ja ohjelmointiin lisää ennakoitavuutta. Kyseiset kehitysideat rajattiin kuuluvan kuitenkin tämän projektin ulkopuolelle, joten ideat on listattu tähän raporttiin mahdollisia jatkoselvityksiä varten.

Ohjelmoinnin tueksi kehitettäviä tunnuslukuvaihtoehtoja tai Taitorakennerekisteriin tallennettavia tietoja tunnistettiin seuraavia:

1. **Liikenteellinen merkittävyys** esim. pääväylillä olevat sillat, ERIKU-verkko jne.
2. **Riski-indeksi**, jossa huomioidaan esimerkiksi liikennemäärä ja nopeus, siltatyyppi, rakenteen kunto ja sen vaikutukset sillan liikennöitävyyteen sekä painorajoitus
3. **Tieto, että siltaa ei korjata** vaan odottaa uusimista (ns. loppuun ajettavat sillat). Voi olla esimerkiksi "rasti ruutuun" -toteutus.
4. **Tieto sillan korjauksen perusteista**, kun silta korjataan tyydyttävä- tai hyväkuntoisena. Vaihtoehdot kannattaa määritellä ennakoon, jotta syötettävä tieto voidaan valita esim. alusvetovalikosta.
5. **Palvelutasoluokka** ja sen määrittely
6. **Kiertotien pituus / mahdollisuus**

Edellä mainituista kohdat 3 ja 4 parantaisivat uusien kuntolukujen rinnalla siltojen kunnonhallintaa ja tulostavoitteiden seurantaa ja näiden toteuttaminen nähtiin projektissa erittäin hyödylliseksi. Kohdat 1, 2, 5 ja 6 toimisivat korjausohjelmoinnin ja muiden omaisuudenhallintaa tukevien analyysien tukena.

## Lähdeluettelo

- /1/ Liikennevirasto (2015). Taitorakenteiden ylläpidon toimintalinjat, Taustaselvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 26/2015. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts\\_2015-26\\_taitorakenteiden\\_yllapidon\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-26_taitorakenteiden_yllapidon_web.pdf)
- /2/ Väylävirasto (2020). Sillantarkastuskäsikirja, Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjeistus. Väyläviraston ohjeita 33/2020. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo\\_2020-33\\_sillantarkastuskasikirja\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-33_sillantarkastuskasikirja_web.pdf)
- /3/ Väylävirasto (2021). Väyläviraston sillat 31.12.2020. Väyläviraston julkaisuja 38/2021. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj\\_2021-38\\_vaylaviraston\\_sillat\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2021-38_vaylaviraston_sillat_web.pdf)

## Liite 1 Sillan pää rakenneosat

Arvioitavat pää rakenneosat ovat:

<b><u>Päärakenneosan nimi</u></b>	<b><u>Lyhenne</u></b>	<b><u>Tunnus</u></b>
Päätyrakenteet	PT	(A1)
Välituet	VT	(A2)
Reunapalkit	RP	(B)
Päällysrakenne	PÄÄR	(C)
Päällysteet	PÄÄLL	(D)
Pintarakenne	PINR	(E)
Radan päällysrakenne	RPÄÄR	(F)
Kaiteet	KAIT	(G)
Liikuntasaumamat	LIKS	(H)
Laakerit	LAAK	(I)
Kuivatus	KUIV	(J)
Muut varusteet	MVAR	(K)
Siltapaikka	SIPA	(L)
Yleiskunto	YK	

Lähde: Sillantarkastuskäsikirja, Väylävirasto 2020.

## Liite 2 Kuntolukujen laskentakaavat

### Laskettu yleiskunto (LYK)

Laskettu yleiskunto lasketaan sillan kuntoarvioista seuraavasti:

- Tunnistetaan siltatyyppi, jonka mukaan päärakenneosien painokertoimet määrittyvät
- Lasketaan kunkin päärakenneosan pisteet kertomalla kuntoarvio painokertoimella

Päärakenneosa	Rautatiesilta	Putkisilta	Avattava silta	Vinoköysisilta	Riippusilta	TB-kaarisilta	JB-silta	Muut sillat
Päätyrakenteet (A1)	70	0	70	50	50	50	50	70
Välituet (A2)	70	0	70	50	50	50	50	70
Reunapalkit (B)	50	0	20	20	20	20	20	20
Päällysrakenne (C)	100	100	100	100	100	100	100	100
Päällysteet (D)	25	5	25	25	25	20	20	25
Pintarakenne (E)	40	0	50	40	40	50	50	50
Radan päällysrakenne (F)	50	5	25	25	25	20	20	25
Kaiteet (G)	20	10	20	15	15	20	20	20
Liikuntasamat (H)	10	0	10	20	20	20	20	20
Laakerit (I)	20	5	50	5	5	5	5	10
Kuivatus (J)	20	5	50	5	5	5	5	10
Muut varusteet (K)	20	5	50	5	5	5	5	10
Siltapaikka (L)	30	5	30	10	10	10	10	10

- Lopuksi lasketaan päärakenneosien pisteiden perusteella keskiarvo, joka on sillan laskettu yleiskunto (LYK)

### Korjaustarveluku (KT)

Korjaustarveluku lasketaan sillan kuntoarvioista seuraavasti:

- Laskennassa huomioidaan sillan kaikki päärakenneosat.
- Kuntoarvio korotetaan ensin potenssiin  $\sim 2,5$  alla olevan taulukon mukaisesti

Päärakenneosan kuntoarvio	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
KA -pisteet	0	1	3	6	10	16	23	32

- Vain huonompi kuntoarvio vaikuttaa seuraavissa rakenneosissa
  - Reunapalkit ja kaiteet
  - Päällyste ja pintarakenne
- Kunkin päärakenneosan kuntoarviopisteet kerrotaan tämän jälkeen painokertoimella, joka näkyy alla olevassa taulukossa.

PT	VT	RP	PÄÄR	PÄÄLL	PINR	RPÄÄR	KAIT	LIKS	LAAK	KUIV	MVAR	SIPA	RP + KAIT	PÄÄLL + PINR
70	70		100			80		20	50	30	20	30	60	80

- Lopuksi päärakenneosien kuntoarviopisteet lasketaan yhteen ja tämä on sillan korjaustarveluku (KT)

### Uusimistarveluku (UT)

Uusimistarveluku lasketaan sillan kuntoarvioista seuraavasti:

- Laskennassa huomioidaan kantavat rakenteet (päätyrakenteet, välituet, päällysrakenne)
- Kuntoarvio korotetaan ensin potenssiin  $\sim 2,5$  alla olevan taulukon mukaisesti

Päärakenneosan kuntoarvio	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
KA -pisteet	0	1	3	6	10	16	23	32

- Kuntoarviopisteet kerrotaan tämän jälkeen painokertoimilla siten, että päällysrakenteen kerroin on 300 ja alusrakenteen 150. Alusrakenteen kuntoarviopisteissä huomioidaan päätyrakenteista ja pintarakenteesta suurin arvo,
- Lopuksi päärakenneosien kuntoarviopisteet lasketaan yhteen ja tämä on sillan uusimistarveluku (UT).

### Kuntopisteet

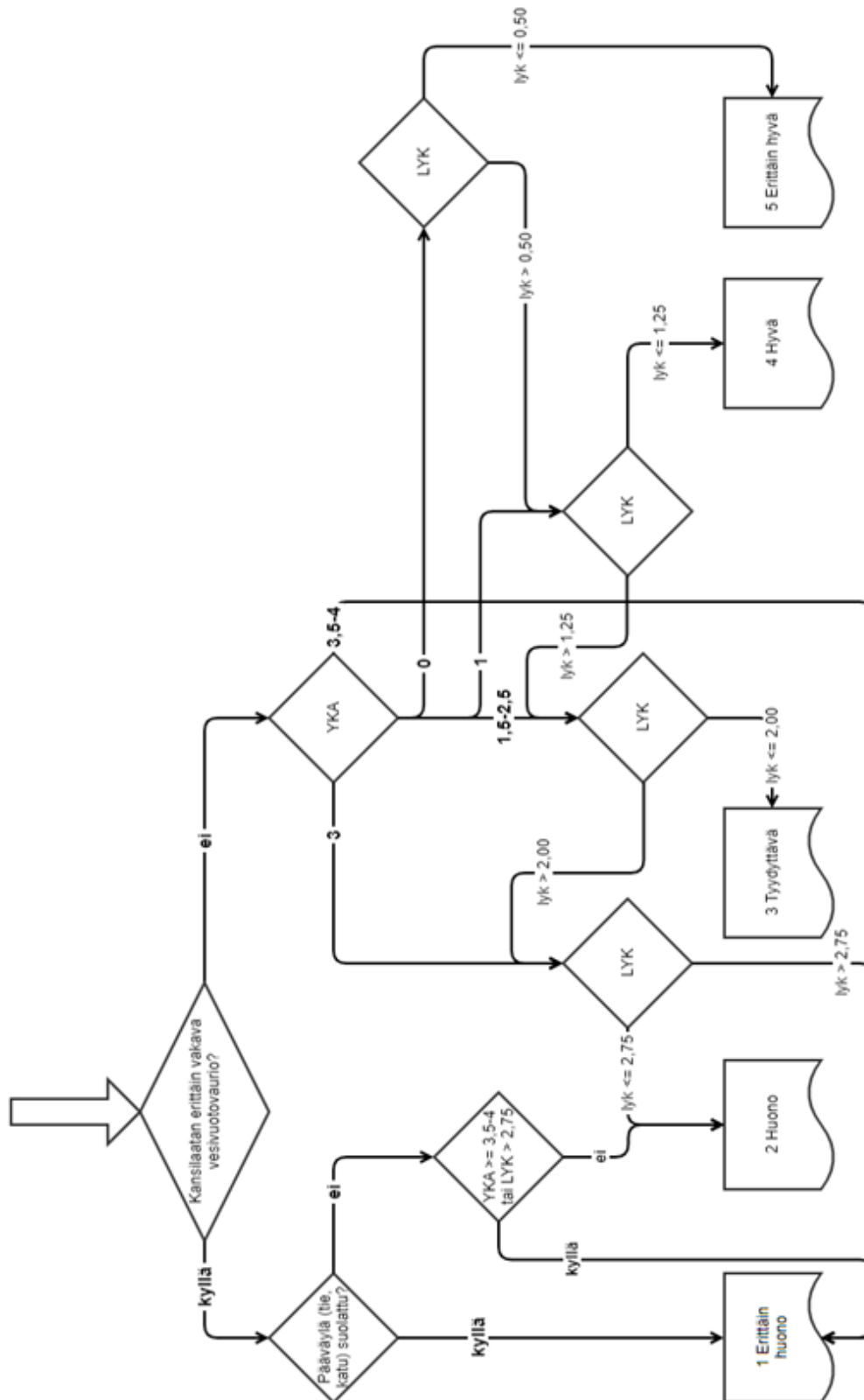
Kuntopisteet lasketaan korjaus- ja uusimistarveluvuista seuraavasti:

- Valitaan mukaan korjaus- ja uusimistarveluvuista suurempi ja kerrotaan se sillan suuruusluokkakertoimella. Tästä muodostuvat sillan kuntopisteet.
- Suuruusluokkakerroin lasketaan kaavalla  $3L*0,5A$ , jossa
  - $L$ =kokonaispituus
  - Jossa  $A=L*HL$  ,  $HL$ =hyödyllinen leveys
  - Minimiarvot  $L=20$  m  $HL=8$  m

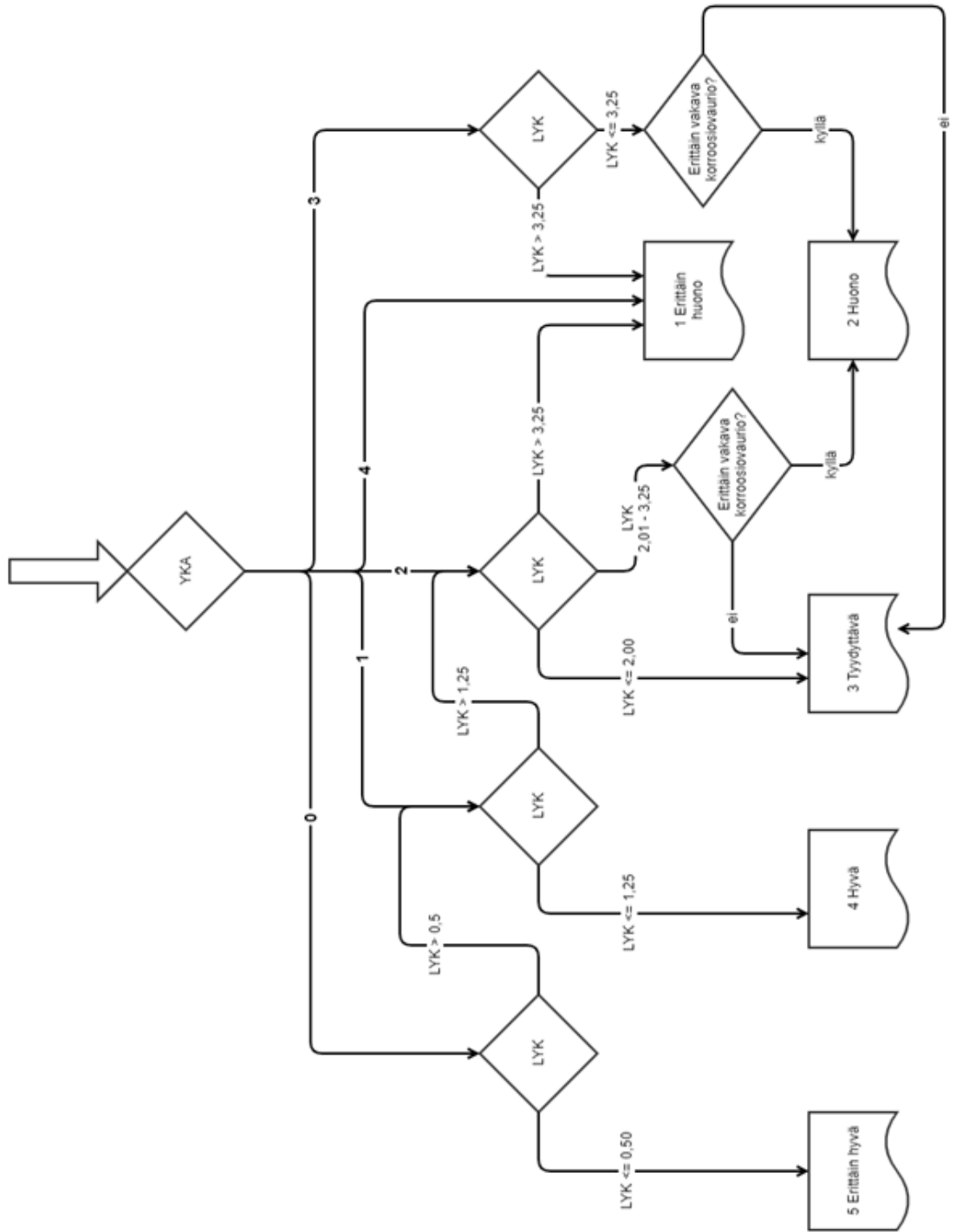
$3L+0,5A$ - arvo	sl-kerroin
	1
0-140	1
140-180	1,2
180-220	1,6
220-260	2
260-300	2,4
300-340	2,8
340-380	3,2
380-1000	3,6
1000-1500	4
1500-2000	4,5
2000-	5



## Liite 3 Kuntoluokan määräytyminen



Putkisillan kuntoluokka



## Liite 4 Nykytilahaastattelujen kysymykset ja kooste

### 1. Kuvastaako siltojen kuntoluokituksen mukaisesti laskettu kuntoluokaluuku mielestäsi hyvin sillan todellista kuntoa? Jos ei, niin miksi?

*"Kuntoluokka kuvaa ihan hyvin siltojen kuntotilannetta isossa kuvassa eli kun käsitellään koko sillastoa. Sen avulla voi seurata kuntotrendejä ja sen avulla haarukoidaan korjausohjelmaan valittavia kohteita."*

*"On hyvä ymmärtää, että tietyt vauriokirjaukset voivat vaikuttaa suuresti sillan kuntoluokkaan."*

*"Kussakin kuntoluokassa olevien siltojen lukumäärä antaa hyvän yleiskuvan siltojen kuntotilanteesta ja mahdollistaa seurannan, osittain myös ennustamisen."*

*"Kuntoluokka antaa kohtuu hyvin suunnan siitä mikä sillan kunto on, mutta paikoin huomaa, että sen laskentamenetelmät ovat kovin herkkiä."*

*"Huonon kuntoluokan sillat kuvastavat mielestäni aika hyvin todellista kuntoa, mutta luokkien 3-4 raja hämärtyy."*

*"Onko aina lopulta ihan selkeää, millainen on huonokuntoinen silta...?"*

### 2. Mikä tai mitkä Taitorakennerekisteriin toteutetuista tunnusluvuista kertovat parhaiten sillan nykykunnan sekä kunnan kehityksen? Mitä lukuja käytät työssäsi? Vastaavatko luvut mielestäsi todellisuutta?

*"Käytän pääasiassa kuntoluokkaa ja laskettua yleiskuntoa, muut luvut ehkä enemmän varmentavat edellisten antamaa mielikuvaa. Korjaustarveluku ei ole juurikaan käytössä."*

*"Käytän yleiskuntoa ja kuntoluokkaa ohjelmointiin. Hienosäätöön esim. tyydyttäväkuntoisten kohdalla käytän myös laskettua yleiskuntoa."*

*"En käytä muita lukuja, kuntoluokka riittää omaan seurantaan. Näissä eri tunnusluvuissa olisi tärkeää huomioida skaalat ja niiden yhteensovittaminen. Ehkä myös tehdä vähän näkyvämmäksi se, miten luvut muodostuvat ja miten niitä käytetään."*

*"Käytännössä tarkastajan yleiskuntoarvio, kuntopisteet ja kuntoluokka ovat ne mitä seurataan."*

*"Laskettu yleiskunto (LYK) lienee osittain historian painolastia ja vaikka se karkeasti kuvaa kuntoa, on se kuitenkin desimaaleineen hankalampi ymmärtää kuin kuntoluokkatieto."*

*"LYK on ehkä vähän tarkempi kuin kuntoluokka, mutta samalla herkempi ja abstraktimpi."*

*"Kun ei ole perillä noiden eri lukujen laskenta- ja syntymisperusteista, ei oikein synny sellaista luottoa niihin. Toisaalta pelkillä luvuilla ja indekseillä ei saa kuvattua kaikkea kuntoon ja päätöksiin liittyvää."*

### 3. Tukeeko nykyinen sillaston kuntoseuranta ylläpito/korjausohjelmoinnin tekemistä sekä esimerkiksi (tulos)tavoitteiden asettamista ja seuranta?

*"Ihan ok toimii. Pelkkä huonokuntoisten siltojen lukumäärä ei kuitenkaan kerro koko kuvaa. Huonokuntoisten kansineliöt myös tärkeitä (kansineliöt / siltojen lukumäärä), samoin jokin palvelutasoluokka tai vastaava."*

*"Ei ole järkevää seurata pelkästään huonokuntoisten siltojen lukumäärää. Loppuun ajettavat sillat olisi saatava selkeästi rajattua muista huonokuntoisista pois."*

*"Tulostavoitteissa pitäisi huomioida tyydyttäväkuntoisena korjatut sillat."*

*"Huonokuntoisten siltojen määrä on ihan hyvä tulostavoite, jos sitä saa vielä vähän jalostettua/täsmennettyä. Lukumäärä on konkreettinen."*

*"Osittain kyllä - tunnuslukuja on paljon, mutta tärkeimmät niistä on nimenomaan kuntoluokka, kuntopisteet ja sitten toissijaisina LYK, UT ja KT."*

*"Tilanne elää vielä muutaman vuoden ajan (eli siltojen kunto huonontuu), sillä Taitorakennerekisterin käyttöönotto muutti tiedon tarkkuustasoa ja uusia tarkastuksia on vielä tekemättä. Silloista tulee siis hieman huonokuntoisempia uuden järjestelmän ja tarkkuustason myötä."*

*"Huonokuntoisten siltojen määrä ei ole kovin hyvä tulostavoite. Siltatyypit ja koko olisi hyvä ottaa jotenkin mukaan. Ehkä yksi tavoite voisi olla, että erittäin huonokuntoisia ei saisi olla ollenkaan."*

### 4. Osa silloista peruskorjataan tyydyttäväkuntoisina. Mitkä asiat mielestäsi vaikuttavat tähän? Tulisiko näiden siltojen olla kuntoluokituksessa alemmassa luokassa?

*"Korjaamalla estetään (liian) huonokuntoiseksi joutuminen (kokonaistaloudellisesti kannattavampaa)."*

*"Korjataan (ennakkoon) omistajanvaihdon yhteydessä."*

*"Liikenneturvallisuus- tai liikennetekninen korjaus, jolloin sillan laajempi korjaaminen kannattavaa."*

*"Silta on lähellä muita korjauskohteita."*

*"Korjataan sillan iästä johtuvia vaurioita (vedeneristyksen käyttöikä, kaidetyypit vanhoja), vaikka kuntoluokka ei sitä vielä näyttäisi."*

*"Korjataan erikoistarkastuksen perusteella."*

*"Tärkeintä olisi saada selville se, kuinka paljon tällaisia siltoja korjataan ja miksi, jotta ymmärretään taustat paremmin ja toisaalta osataan huomioida esim. rappeutumismalleissa."*

*"Rautatiepuolella hankkeiden ja muiden katkojen mahdollistaessa niitä tyydyttäviäkin ja jopa hyviäkin siltoja uusitaan tai korjataan samalla, jotta lähitulevaisuudessa ei tule uusia katkoja rataosalle ja turvataan liikennöitävyys."*

*"Olisiko myös niin, että terminä huonokuntoinen silta kuulostaa "pahalta" ja pyritään toimimaan niin, että niitä ei ainakaan tulisi uusia lisää...?"*

## **5. Miten siltojen kunnon kehittämisen seuranta voisi mielestäsi parantaa siten, että sillaston kunnonhallinta olisi elinkaaren näkökulmasta tehokkaampaa?**

*"Vesivuotovaurion merkitys kuntoluokituksessa todella suuri. Ei välttämättä paras aloituskohta kuntoluokan muodostumiselle."*

*"Vaurioiden määrä pitäisi huomioida."*

*"Tiesilloille ja ratasilloille omat laskennat siltatyypin mukaan."*

*"Vesivuotovaurion merkitystä on korostettu paljon, mutta olisi hyvä huomioida myös siltatyypin erot ja ominaisuudet esim. alikulut ja reunavuodot, joissa reunoissa tapahtuvat vesivuodot ovat enemmän ominaisuus tietyille siltatyypille."*

*"Palvelutasoluokitus voisi olla hyvä lisä tunnusluvuiksi."*

*"Pitäisi saada näkyvyyttä ja pitkäjänteisyyttä tulevaisuuteen."*

*"Silloille tarvittavat tulevat toimenpiteet pitäisi saada paremmin näkyviin."*

*"Korjausvelkalaskennasta olisi hyvä saada nykyistä luotettavampi."*

*"Uusia tunnuslukuja: jäljellä oleva ikä, kiertotien pituus / mahdollisuus, sillan (liikenteellinen) merkittävyys, palvelutaso."*

## Liite 5 Kirjallisuuskatsauksen lähdeluettelo

- Chase, S. B., Adu-Gyamfi, Y., Aktan, A. E., & Minaie, E. (2016). Synthesis of national and international methodologies used for bridge health indices.
- Abu Dabous, S., & Al-Khayyat, G. (2018). A flexible bridge rating method based on analytical evidential reasoning and Monte Carlo simulation. *Advances in Civil Engineering*, 2018.
- Sun, J. W., Park, K. H., & Lee, M. J. (2017). A Multi-Level Asset Management Decision Method Considering the Risk and Value of Bridges. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 16(1), 163-170.
- Hsien-Ke, L., Jallow, M., Nie-Jia, Y., Ming-Yi, J., Jyun-Hao, H., Cheng-Wei, S., & Po-Yuan, C. (2017). Comparison of Bridge Inspection Methodologies and Evaluation Criteria in Taiwan and Foreign Practices. In ISARC. *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (Vol. 34)*. IAARC Publications.
- Allah Bukhsh, Z., Stipanovic, I., Klanker, G., O'Connor, A., & Doree, A. G. (2019). Network level bridges maintenance planning using Multi-Attribute Utility Theory. *Structure and infrastructure engineering*, 15(7), 872-885.
- Fereshtehnejad, E., Hur, J., Shafieezadeh, A., & Brokaw, M. (2017). A novel cost and condition-based index for assessment of bridges. In *Proceedings of 11th International Bridge & Structure Management Conference*.
- Dabous, S. A., Hamad, K., & Al-Ruzouq, R. (2011). Defect-based urgency index for bridge maintenance ranking and prioritization. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 10(5), 605-609.
- Hearn, G., Puckett, J., Friedland, I., Everett, T., Hurst, K., Romack, G., ... & Young, R. (2005). *Bridge preservation and maintenance in Europe and South Africa (No. FHWA-PL-04-007)*.
- Tserng, H. P., & Chung, C. L. (2007). Health assessment and maintenance strategy for bridge management systems: Lessons learned in Taiwan. *Journal of infrastructure systems*, 13(3), 235-246.
- Pushpakumara, B. J., Silva, S. D., & Silva, G. S. D. (2017). Visual inspection and non-destructive tests-based rating method for concrete bridges. *International Journal of Structural Engineering*, 8(1), 74-91.
- Suksuwan, N., & Hadikusumo, B. H. (2010). Condition rating system for Thailand's concrete bridges. *Journal of Construction in Developing Countries*, 15(1), 1-27.
- Darban, S., Tehrani, H. G., & Karballaezadeh, N. (2020). Presentation a new method for determining of bridge condition index by using analytical hierarchy process.
- Valenzuela, S., de Solminihac, H., & Echaveguren, T. (2010). Proposal of an integrated index for prioritization of bridge maintenance. *Journal of Bridge Engineering*, 15(3), 337-343.



Väylävirasto  
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745  
ISBN 978-952-405-151-4  
[www.vayla.fi](http://www.vayla.fi)