

Raitiovaunun laiturikorkeuden selvitys



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Liikenneala, insinööri (AMK)

Kevät, 2023

Marko Ojansuu

Työn aiheena oli selvittää nyt suunniteltujen raitiovaunun laiturikorkeuksien toimivuutta ja esteettömyyden toteutumista Kruunusillat -raitiotiehankeissa. Monien uusien raitiotiehankeiden johdosta kalusto uusiutuu ja sitä kautta muuttuu. Tässä työssä vertaillaan kahden eri kaluston toimivuutta kahteen eri laiturikorkeuteen. Tämä asia on noussut esille Pääkaupunkiseudun Kaupunkiliikenne Oy:n sekä Kruunusillat -raitiotiehankeissa. Kruunusillat -raitiotiehanke on ensimmäinen Helsingissä, missä liikennöidään sekä vanhalla että uudella kalustolla. Nykyisillä matalammilla sekä uusilla korkeammiksi suunnitelluilla pysäkeillä.

Kruunusillat -raitiotiehankeissa, sen valmistuessa, käytetään uusia pikaraitiotievaunuja Artic X54 mallia. Kyseistä vaunua ei ole käytetty nykyisellä raitiotieradalla, paitsi lyhyellä koeajo jaksolla. Hankkeen valmistuessa vanhempi raitiotievaunu Artic X34 käyttää neljää samaa pysäkkiä kuin uusi vaunu Artic X54.

Samanlaiset pikaraitiotievaunut tulevat käyttöön Raide -Jokeri hankeissa kuten myös korkeammat, nyt myös Kruunusillat -raitiotielle suunnitellut pysäkit. Raide -Jokeri on ihan oma linjansa, missä ei aja muuta kalustoa eikä laiturikorkeudet vaihtele.

Taustatietoja on kerätty Raide -Jokerilta, Pääkaupunkiseudun Kaupunkiliikenne Oy:tä, Kruunusillat -raitiotiehankeelta ja vaunun valmistajalta Skoda Transtechilta.

Tehtyjen vertailujen sekä laskelmien ansiosta saadaan hyvä kuva siitä, kumpi laiturikorkeus soveltuu paremmin ja esteettömyys toteutuu vaatimusten mukaisesti. Nyt suunniteltu korkeampi laiturikorkeus Kruunusillat -raitiotielle on toimivampi ja siinä saadaan täytettyä hankeissa määrätty esteettömyysperiaatteet. Työssä saatiin myös tuotua esille muutamia riskejä.

Tuloksia voivat hyödyntää tulevat raitiotiehankeet, jos niissä käytetään samanlaista kalustoa tai samoilla teknisillä ominaisuuksilla olevia. Myös nykyisten pysäkkien mahdollisissa muutostöissä tästä työstä voidaan saada apua.

The aim of this thesis was to examine the functionality of the tram platform heights and the realization of accessibility in the Crown Bridges tramway project currently under planning. As a result of many new tramway projects, the tramcars are under renewal and replacement. This thesis compares the functionality of two different fleets at two different platform heights. This issue has been raised in the Metropolitan Area Transport Ltd and the Crown Bridges tramway project. The Crown Bridges tramway project is the first in Helsinki, where traffic is operated with both old and new tramcars, at the existing lower and new higher planned stops.

New express tramcars, Artic X54 model, will be used when the Crown Bridges tramway project is completed. The tramcar in question has not been used on the current tram line, except for a short test run period. When the project is completed, the older tramcar Artic X34 will use the same four stops as the new tramcar ArticX54.

Similar express tramcars will be used in the Jokeri Light Rail project, as will the higher stops, now also planned for the Crown Bridges tramway. Jokeri Light Rail is its own line, where no other railcars is used, and platform height do not vary.

Background information has been collected from Jokeri Light Rail, Metropolitan Area Transport Ltd, Crown Bridges tramway project and the trolley manufacturer Skoda Transtech.

Through the comparisons and calculations, we get a good picture of which platform height is more suitable and accessibility is realized in accordance with the requirements. The currently planned higher platform height for the Crown Bridges tramway is more functional and fulfills the accessibility principles stipulated in the project. This thesis also provides some risk assessments.

The results can be used by future tramway project, if they use similar equipment or those with the same technical characteristics. This thesis can also provide aid in possible changes to existing stops.

Keywords Accessibility, platform height, light rail, tram

Pages 24 pages and appendices 1 pages

Sisälllys

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 1.1 | Työn tausta ja tavoitteet | 1 |
| 1.2 | Raitiotierata | 1 |
| 1.3 | Pysäkit | 2 |
| 2 | Pysäkkien vaatimukset | 3 |
| 2.1 | Raitiotiepysäkki..... | 3 |
| 2.1.1 | Periaateratkaisu ja mitoitus | 3 |
| 2.1.2 | Raitiotiepysäkki ajoradalla | 3 |
| 2.1.3 | Raitiotiepysäkki ajoradan reunassa | 4 |
| 2.1.4 | Pysäkkien varusteet ja sijoittelu..... | 4 |
| 2.1.5 | Pinnoitteet..... | 4 |
| 2.1.6 | Kiveykset, varoitusalueet ja niihin liittyvät ohjaavat raidat..... | 5 |
| 3 | Raitiotiehankeet..... | 5 |
| 3.1 | Kruunusillat -raitiotie | 6 |
| 3.2 | Raide-Jokeri | 8 |
| 4 | Kalusto..... | 10 |
| 5 | Esteettömyys | 12 |
| 6 | Lähtötilanne..... | 13 |
| 6.1 | Tekniset lähtökohdat | 13 |
| 6.2 | Artic X54 | 14 |
| 6.3 | Artic X34 | 17 |
| 6.4 | Matkustajamäärät..... | 19 |
| 6.5 | Havaintoja..... | 21 |
| 7 | Mahdolliset riskit | 22 |
| 8 | Johtopäätökset | 23 |
| | Lähdeluettelo..... | 24 |

Kuvat, taulukot ja kaavat

| | |
|---|----|
| Kuva 1 Kruunusillat -raitiotie reitti (Kruunusillat, 2023). | 7 |
| Kuva 2 Ennusteet sekä raitiovaunun kapasiteetti (Raide -Jokeri, n.d.-b.). | 8 |
| Kuva 3 Raide -Jokeri linja ja sen pysäkit (Raide -Jokeri, n.d.-a.)..... | 9 |
| Kuva 4 Artic X34 raitiovaunu (Kaupunkiliikenne Oy, 2023a)..... | 10 |
| Kuva 5 Artic X54 raitiovaunu (Kaupunkiliikenne Oy, 2023a)..... | 11 |
| Kuva 6 Pysäkin poikkileikkaus (Raide-Jokeri, n.d.)..... | 13 |
| Kuva 7 Artic X54 34 metriä poikkileikkaus (Raide -Jokeri, n.d.). | 15 |
| Kuva 8 Artic X54 44 metriä poikkileikkaus (Raide -Jokeri, n.d.). | 15 |
| Kuva 9 poikkileikkaus (Raide -Jokeri, n.d.). | 16 |
| Kuva 10 laskelmat Artic X54 vaunulla. | 17 |
| Kuva 11 Artic X34 poikkileikkaus (Kruunusillat, n.d.)..... | 18 |
| Kuva 12 Laskelmat Artic X34 vaunulla. | 19 |
| Kuva 13 taarakuorma (Raide -Jokeri, n.d.). | 20 |
| Kuva 14 kynnyksallistus (Raide -Jokeri, n.d.)..... | 20 |
| Kuva 15 AW3 kuorma (Raide -Jokeri, n.d. muokattu). | 21 |

Liitteet

Liite 1. Raitiotiepysäkki

1 Johdanto

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää Helsingin raitiovaunupysäkkien toimivinta laiturikorkeutta kahden eri raitiovaunukaluston osalta. Kalustona on nykyisen kantaverkon käyttämä Artic X34 (MLNRV III) sekä uudelle linjalle tuleva uusi Artic X54 (MLNRV IV). Tämä siksi, että Helsinkiin on rakenteilla useita uusia raidehankkeita ja lisäksi niitä suunnitellaan rakennettavan tulevaisuudessa lisää. ”Uudella linjalla”, tässä työssä tarkoitetaan rakenteilla olevaa Kruunusillat -raitiotiehankeita. Laiturikorkeuden selvitys auttaa tulevaisuudessa myös uusia hankkeita. Miten vanhoja pysäkkejä uusitaan ja miten toimii liikennöinti vanhemmalla sekä tulevilla uudella kalustolla. Tässä työssä on tarkoitus selvittää, onko Kruunusillat -raitiotiehankeessa suunniteltu 300 mm pysäkkikorkeus toimivin ratkaisu. Tämän hankkeen on tarkoitus olla valmis vuonna 2027. Kruunusillat -raitiotiehankeiden rakentaminen on aloitettu syksyllä 2021. Valmistumisaikataulu kertoo kyseessä olevan iso infrahanke.

1.2 Raitiotierata

Helsingissä on tällä hetkellä raitioliikenteen linjapituutta yhteen suuntaan noin 56 km. Raitiovaunuilla on kokonaan omaa kaistaa Helsingissä noin 30 km. Luonnonmukaisempaa nurmirataa on noin 3,5 km, mikä sitoo pölyä ja antaa vihreyttä kaupunkiin. Rataa on myös lisäksi varayhteyksinä sekä raitiotievarikoilla. (Kaupunkiliikenne Oy, 2023b)

Helsingin ja Espoon raitiovaunuratoja sekä niiden pysäkkejä pitää yllä Pääkaupunkiseudun Kaupunkiliikenne Oy, joka myös tekee osan niiden peruskorjauksista. (Kaupunkiliikenne Oy, 2023b)

Pääkaupunkiseudun Kaupunkiliikenne Oy:n vastuulla on myös esimerkiksi raitiovaunuratojen ajojohtimien ja muun ratasähkötekniikan asennukset sekä huollot. Vastuulleen kuuluvat myös pysäkkien kunnossa pitäminen ja tarvittaessa raide -elementtien valmistus, kuten ristikkojen, vaihteiden ja kaarteiden. (Kaupunkiliikenne Oy, 2023b)

Helsingissä raitiovaunurata on vaihtelevaa, esimerkiksi joissain paikoissa vaunut pääsevät ajamaan omaa kaistaansa ja taas kantakaupungissa ajetaan ahtailla kaduilla muun liikenteen seassa. Rataprofiili Helsingissä on mutkainen ja mäkinen, joten rata on varsin vaativa. Ajonopeudet tämän johdosta ovat maltillisia. (Kaupunkiliikenne Oy, 2023b)

1.3 Pysäkit

Suurin osa pysäkeistä on korotettuja, jolloin pysäkkien pinta ja matalalattiivaunun kynnyksen on lähes samalla tasolla. Tämän johdosta pysäkit ovat esteettömiä käyttää. Suurin osa pysäkeistä on katoksellisia, joten ne suojaavat odottavia matkustajia säämuutoksilta. Raitiovaunupysäkkejä hallinnoi Kaupunkiliikenne Oy ja pysäkkikatoksista vastaa JCDecaux Finland Oy. (kaupunkiliikenne Oy, 2023b)

Raitiovaunupysäkkien kunnossapitäjä vaihtelee pysäkin sijainnin mukaan. (Kaupunkiliikenne Oy, 2023b) ”Ajouradan keskellä olevista erillisistä pysäkeistä huolehtii Kaupunkiliikenne Oy ja puistoalueisiin sekä kaupungin kiinteistöihin rajautuvista pysäkeistä Helsingin kaupunkiympäristön toimiala. Kiinteistöjen edustalla olevista raitiotiepysäkeistä huolehtivat asianosaiset kiinteistöt”. (Kaupunkiliikenne Oy, 2023b)

”Turvallinen etäisyys pysäkin reunasta on merkitty pysäkillä valkoisella reunuksella. Se toimii lisäksi huomioraitana korkean reunakiven vieressä”. (Kaupunkiliikenne Oy, 2023b)

Helsingissä raitiovaunupysäkkejä on yli 300 kappaletta. Raitiovaunuliikenteen linjapituus on tällä hetkellä noin 56 km. (Kaupunkiliikenne Oy, 2023b) Tulevaisuudessa tuo määrä lisääntyy huomattavasti nyt käynnissä olevien suurten raitiotiehankeiden valmistuessa. Näitä ovat esimerkiksi Raide -Jokeri (25 km), Pasilasta Kalasatamaan (5 km) sekä Kruunusillat -raitiotie (10 km). Sama koskee myös pysäkkien määrän huomattavaan kasvuun.

2 Pysäkkien vaatimukset

Tässä kappaleessa käydään läpi, mitä vaatimuksia Helsingin kaupunki on pysäkeille laatinut ja miten ne pitäisi rakennusvaiheessa toteuttaa. Vaatimukset ovat erilaiset raitiovaunupysäkeille kuin linja -autolle tarkoitetuille pysäkeille. Tässä työssä käsitellään raitiovaunupysäkkejä.

2.1 Raitiotiepysäkki

Raitiovaunupysäkit tulee sijoittaa keskeisille paikoille siten, että ne ovat helposti saavutettavissa. Pysäkkien mitoituksien lisäksi suunnittelussa tulee huomioida kulkuyhteydet pysäkeille. Raitiovaunupysäkkejä on sekä ajoradalla että sen reunalla. Helsingin kaupunki on määrittänyt pysäkkien vaatimukset omassa tilaohjeoppaassa. (Helsingin kaupunki, 2023) Alle on kasattu ohjeistus Helsingin kaupungin internet sivuston tilaohjekortista miten pysäkin toteutus pitäisi rakentaessa tehdä.

2.1.1 Periaateratkaisu ja mitoitus

- Pysäkkien suurin suositeltava etäisyys on 500 metriä.
- Raitiovaunujen tilantarve on linjaosuudella 6,4 metriä.
- Pysäkkilaiturin korkeus raitiovaunupysäkillä on normaalisti 270 mm, ja jos bussit ja raitiovaunut käyttävät samaa laituria, korkeus on 230 mm.
- Pysäkkien yhteydessä olevat suojatiet rakennetaan esteettömyyden erikoistason ratkaisun mukaan.

2.1.2 Raitiotiepysäkki ajoradalla

- Yksiajorataisella kaksisuuntaisella kadulla raitiovaunukiskot sijoitetaan ajoradan keskelle.
- Kaksikaistaisella kadulla ajorataa kavennetaan pysäkin kohdalla siten, että odotustilalta nousee suoraan raitiovaunuun. Nelikaistaisilla yksiajorataisilla kaduilla

kiskot ovat usein ajokaistoilla. Kiskojen sijoittaminen ajoradan keskelle edellyttää pysäkkisaarekkeiden rakentamista. Pysäkkisaarekkeen tulee olla vähintään 2,2 metriä leveä (ilman katosta). Pysäkki aiheuttaa saarekkeiden vuoksi katutilan jaossa muutoksen, eli pysäkillä on löydettävä lisätilaa noin 4,5 metriä.

2.1.3 Raitiotiepysäkki ajoradan reunassa

- Nelikaistaisilla kaduilla raitiovaunukiskot sijoitetaan joko ajoradan keskelle tai ajoradan reunaan. Kun kiskot sijoitetaan ajoradan reunaan, pysäkkijärjestelyt eivät edellytä suuria järjestelyjä katutilassa.

2.1.4 Pysäkkien varusteet ja sijoittelu

- Pysäkkialueet tulee varustaa sadekatoksella, opasteilla, kahdella korkeudella olevilla istuimilla ja roska-astialla.
- Vilkkaimmat raitiovaunupysäkit varustetaan Helmi- pysäkinäyttöillä (Helsingin liikennevaloetus- ja matkustajainformaatiojärjestelmä).
- Pysäkin takaosaan asennetaan viistereunatuki V 300 x 500 mm, johon kiinnitetään suojakaide.

2.1.5 Pinnoitteet

- Pysäkkialueella on suositeltavaa käyttää eri pintamateriaalia ja väriä kuin jalkakäytävällä ja pyörätiellä.
- Kulkupinnan tulee olla kova ja luistamaton.
- Poikkeamat tasaisuudessa saavat olla enintään 5 mm ja laattojen saumat enintään 5 mm leveitä.
- Pysäkkialuilla saa olla sivukaltevuutta enintään 2 % ja pituuskaltevuutta enintään 3 %.

- Jos odotusalue on jouduttu rakentamaan jalkakäytävää ylemmäksi, tulee korotuksen kohtaan sijoittaa kaide.

2.1.6 Kiveykset, varoitusalueet ja niihin liittyvät ohjaavat raidat

- Pysäkkialueen pinnoite mustaa betonikiveä 138 x 138 x 80 mm, ladonta poikkisuuntaan reunakiveä vasten. Kiveys sidotaan juoksukivellä.
- Katosalue pinnoitetaan harmaalla betonikivellä. Se toteutetaan yhtenäisenä alueena kattamaan kaikki palvelualueella olevat katokset, roska-astiat sekä mahdollinen lippuautomaatin alue.
- Palvelualueen oven paikan osittava noppakiviraita, 3 x (90 x 90 x 90 mm), harmaa.
- Varoittava raita (kontrastiraita) pysäkin puolella, reunakiven vieressä.
 - Palvelualueen kohdalla kaksi valkoista betonikiviriviä, 2 x (138 x 138 x 80 mm).
 - Muualla pysäkin puolelle yksi valkoinen betonikivirivi.
- Valkoisen varoitusalueen kohdalla suorareunatuki S 300 x 500 mm.
- Pysäkkien yhteydessä olevat suojatiet rakennetaan esteettömyyden erikoistason ratkaisun mukaan.

(Helsingin kaupunki, 2023)

3 Raitiotiehankeet

Tällä hetkellä Helsingissä on käynnissä useita isoja raitiotiehankeita. Näitä ovat Raide - Jokeri, Kruunusillat-raitiotie sekä Kalasatamasta Pasilaan -hanke. Lisäksi on jo suunnitteilla Länsi -Helsingin raitiotiehanke. Tampereelle on valmistunut raitiotie, Vantaalle sekä Turkuun kaavaillaan myös omaa raitiotietä. Vaikuttaa, että kysyntää, tarvetta ja halua on saada

parannettua julkisen liikenteen toimivuutta, luotettavuutta sekä saavuttavuutta. Raitiovaunu on ympäristöystävällinen sekä luotettava ratkaisu.

3.1 Kruunusillat -raitiotie

Kruunusillat -raitiotie yhdistää tulevaisuudessa Laajasalon, Korkeasaaren ja Kalasataman Hakaniemeen vuonna 2027. Samalla rakentuu uusi merellinen reitti myös jalankulkijoille sekä pyöräilijöille. (Kruunusillat, 2023) Kuvassa 1 näkyy toteutettava raitiotiereitti.

Alku suunnittelun mukaan myös Laajasalossa ns. Yliskylän lenkki piti myös toteuttaa. Se jätettiin kuitenkin pois alkuperäisestä hankelaajuudesta. Eikä siitä ole tehty rakentamispäätöstä. Helsingin kaupunki on kuitenkin varautunut siellä tapahtuvassa katurakentamisessa siihen, että raitiotierata on mahdollista toteuttaa myöhemmin myös näille kaduille. (Kruunusillat, 2023)

”Kruunusillat -raitiotie toteutetaan kahdella eri urakkamuodon yhdistelmällä: Kalasataman eteläkärjen eli Nihdin ja Kruunuvuorenrannan väliset kaksi siltaa; Finkensilta ja Kruunuvuorensilta. Korkeasaaren maarakennus osuus toteutetaan kokonaisurakkana”. Kruunuvuorensillasta tulee Suomen pisin silta, noin 1200 metriä. Sillalle ei tule autoliikennettä vaan se toimii raitiotiesiltana sekä jalankulkijoille ja pyöräilijöille. (Kruunusillat, 2023)

”Yhteyden muu” rakentaminen, mukaan lukien Nihdin ja Hakaniemen välinen Merihaansilta, tehdään puolestaan allianssimallilla. ”Allianssiin sisällytetään myös yhteyden varrella olevia muita maarakennus-, kadunrakennus- ja kunnallisteknisiä töitä. Yksi tällainen työ on uuden Hakaniemensillan rakentaminen ja vanhan purkaminen. Nämä työt eivät kuitenkaan kuulu itse raitiotiehankeeseen”. (Kruunusillat, 2023)

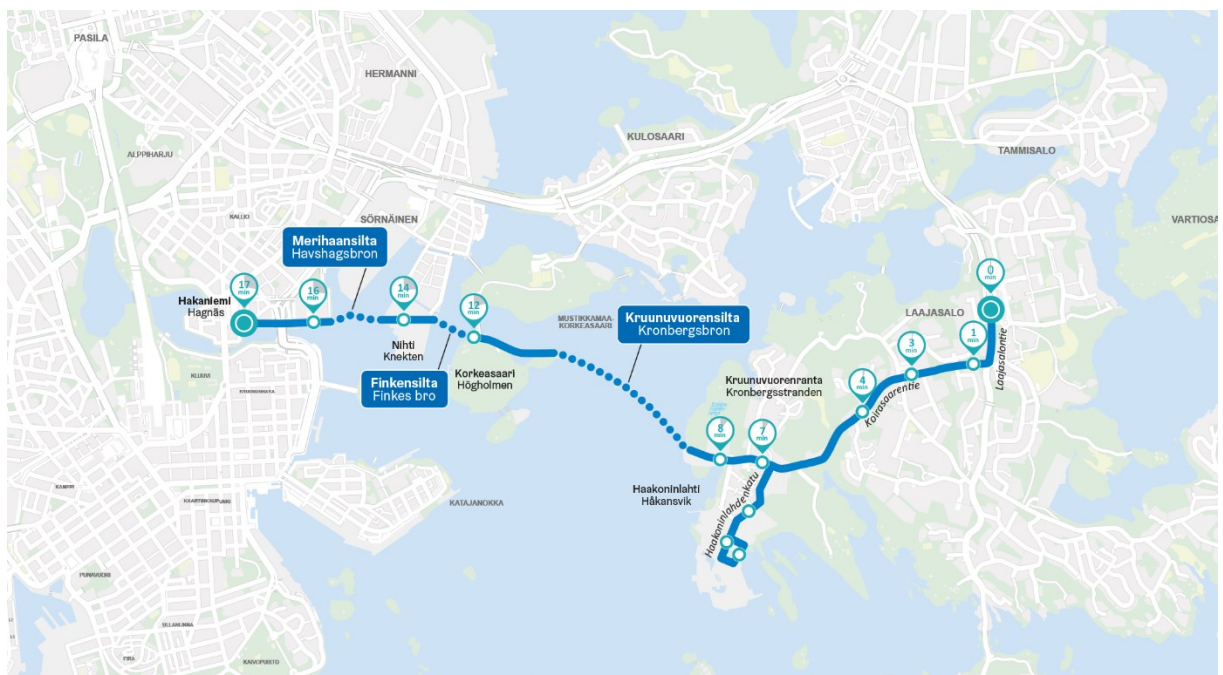
Kruunusillat -raitiotien tärkeimpinä tavoitteina on tarjota kasvavalle Laajasalolle sujuva ja luotettava joukkoliikenneyhteys keskustaan. Kruunusillat -yhteys varmistaa, että Laajasalon julkinen liikenne toimii, vaikka asukasmäärän on arvioitu kasvavan noin kaksinkertaisesti.

"Suora raitiovaunuyhteys keskustan ja Laajasalon välillä vähentää itäsuunnan metrolle ennustettua ylikuormitusta". (Kruunusillat, 2023)

"Raitiovaunuyhteyden lisäksi Kruunusillat tuo Kalasataman, Korkeasaaren, Mustikkamaan ja Laajasalon kävely- ja pyöräilyetäisyydelle kantakaupungista, sillä raitiotien yhteyteen rakennetaan korkeatasoinen pyöräily- ja kävelytie". Nykyinen 11 kilometrin etäisyys Kruunuvuorenrannasta Itäväylän kautta Rautatieasemalle lyhenee noin puolella. (Kruunusillat, 2023)

"Helsingin kaupungin tavoitteena on lisätä kestävien kulkumuotojen osuutta liikenteestä. Kruunusillat -raitiotiehanke edistää kestävästä liikkumisesta lisäämällä kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen osuutta Helsingin kokonaisliikenteessä". (Kruunusillat, 2023)

Kuva 1 Kruunusillat -raitiotie reitti (Kruunusillat, 2023).



KRUUNUSILLAT-RAITOTIE 2027 / SPÄRVÄG KRONBROARNA 2027 / CROWN BRIDGES LIGHTRAIL 2027



3.2 Raide-Jokeri

Raide -Jokeri on Helsingin Itäkeskuksen ja Espoon Keilaniemen välille rakennettu lähes valmis pikaraitiolinja. Hankkeessa tehdään tällä hetkellä jo koeajoja ja linja tulee käyttöön jo ehkä elokuussa eli selvästi suunniteltua aiemmin. Radan kokonaispituus on noin 25 kilometriä, joista noin 9 kilometriä sijoittuu Espooseen ja loput 16 kilometriä Helsinkiin. Raitiovaunu korvaa bussilinjan 550:n, joka on Helsingin seudun vilkkaimmin liikennöity bussilinja. Sen kapasiteetti ei pysty vastaamaan jatkossa enää kasvavaa matkustajamäärää. (Raide -Jokeri, n.d.-b.)

Ennusteen mukaan Raide -Jokerilla tehdään vuonna 2030 noin 91000 matkaa arkivuorokaudessa. Vuonna 2050 matkoja on ennustettu kasvavan jo 125000 arkivuorokaudessa. Bussilinjalla 550 matkustaa nykyisin jo 40000 henkeä vuorokaudessa. (Raide -Jokeri, n.d.-b.) Kuvassa 2 nähdään ennusteet sekä raitiovaunun kapasiteetti.

Kuva 2 Ennusteet sekä raitiovaunun kapasiteetti (Raide -Jokeri, n.d.-b.).

LUOTETTAVUUTTA JA LISÄÄ KAPASITEETTIA

- Runkolinjalla 550 tehdään arkisin yli **40 000** matkaa
- Ennuste vuodelle 2030 on **90 000** matkaa arkipäivänä
- Bussien kapasiteetti ei riitä ja luotettavuus kärsii

210

henkilöä

170

henkilöäautoa

3

telibussia



Raide-Jokeri-vaunuun mahtuu bussiin verrattuna yli kaksinkertainen määrä matkustajia!

Helsingin seudulla on vuonna 2050 ennustettu olevan noin 2 miljoonaa asukasta ja yli miljoona työpaikkaa. Tavoite on saada väestön suuresta kasvusta johtuvan liikkumisen

lisääntyminen suuntautumaan kestäviin liikkumismuotoihin eli joukkoliikenteeseen, kävelyyn sekä pyöräilyyn. (Raide -Jokeri, n.d.-b.)

Pääosin Raide -Jokeri kulkee omalla kaistallaan, millä saadaan varmistettua vaunun nopea, sujuva ja luotettava kulku. Keskimääräisen matkanopeuden on tarkoitus olla noin 25 km/h. Vauhti nousee jopa 70 km/h nopeimmilla linjaosuuksilla. (Raide -Jokeri, n.d.-b.)

Rataa tullaan liikennöimään uusilla laadukkailla Artic X54 vaunuilla, kahteen suuntaan ajettavilla pikaraitiovaunuilla. Raitiovaunuihin mahtuu jopa 2–3 kertaa enemmän matkustajia kuin busseihin. (Raide Jokeri, n.d.-b.)

Uusia pysäkkejä tulee Raide -Jokeri linjalle 34 pysäkkiparia. Pysäkit on sijoitettu paikoille, jotka ovat nyt tai tulevaisuudessa kasvavan asutuksen, työpaikkojen tai palvelujen keskittymä alueita. (Raide -Jokeri, n.d.-b.) Kuvassa 3 nähdään Raide -Jokerin linja sekä tulevat pysäkit.

Kuva 3 Raide -Jokeri linja ja sen pysäkit (Raide -Jokeri, n.d.-a.).



4 Kalusto

Nykyistä kalustoa edustaa Artic X34 (kuva 4), joita käytetään nykyisellä rataverkostolla. Tätä vaunumallia on Helsingissä käytössä 70 kappaletta ja se on yleisin raitiovaunu. Nämä vaunut on tulleet käyttöön vuonna 2016. Testikäyttöön kyseisiä vaunuja tuli kaksi kappaletta vuonna 2013. (Kaupunkiliikenne Oy, 2023a)

Kuva 4 Artic X34 raitiovaunu (Kaupunkiliikenne Oy, 2023a).



Helsinkiin ei haluttu alun perin hankkia valmista raitiovaunumallia, vaan siihen haluttiin lisätä monia eri ominaisuuksia. Näitä olivat esimerkiksi kääntyvät telit, kiinteät akselit, pehmeät pyöränkumit, jarrusatulan kiinnittäminen telirunkoon ja pitkät jouset. Nämä ominaisuudet olivat kaikki semmoisia, jotka oli aikaisemmalla kokemuksella havaittu tarpeellisiksi. Vaunu on varta vasten suunniteltu Helsingin haastavalle raitiotieverkolle. Erityispiirteitä näissä on matalalattiaiseen rakenteeseen asennetut kääntyvät telit, jotka pehmentävät kulkua jyrkissä kaarteissa ja vaihteissa sekä vähentävät kulumista ja häiritsevää melua. Valaistus on vaunuissa toteutettu ledeillä. Normaaleja taustapeilejä ei ole, vaan ne on korvattu kameroin

ja ohjaajan mittaristo on toteutettu nestekidenäyttöillä. Vaunut pystyvät käyttämään jarrutusenergian lämmitykseen, mutta vaunut voidaan myös varustaa energian talteen ottavin järjestelmin. (Kaupunkiliikenne Oy, 2023a)

Uutta kalustoa edustaa aivan uudet Artic X54 vaunut, jotka ovat tilattu juuri elokuussa käyttöönotettavalle Raide -Jokerilinjalle. Samanlaisia vaunuja tulee myös Kruunusillat-raitiotie linjalle liikennöimään. Ensimmäinen Artic X54 vaunu nähtiin koekäytössä 2021 kantakaupungin liikenteessä. Artic X54 on ensimmäinen pääkaupunkiseudulle tuleva pikaraitiotievaunu, vaunun tarkempi malli on ForCity Smart Artic X54. Kuva 5 havainnekuva Artic X54 pikaraitiotievaunusta. (Kaupunkiliikenne Oy, 2023a)

Kuva 5 Artic X54 raitiovaunu (Kaupunkiliikenne Oy, 2023a)



Pikaraitiotievaunu on suunniteltu niin, että ne sopivat hyvin Helsingin paikoin haastavaan rataverkkoon. Vaunut ovat liikennöinnin ja kunnossapidon näkökulmasta myös mahdollisimman hyvin yhteensopivia nykyisen kantakaupungin Artic X34 vaunujen kanssa. Vaunut ovat energiatehokkaita, esteettömiä, ympäristöystävällisiä ja

ylläpitokustannuksiltaan mahdollisimman edullisia. Kaikista suurimmat erot vanhempiin Artic X34 raitiovaunuihin verrattuna on, kahteen suuntaan ajettavuus, eli niissä on ohjaamot molemmissa päissä sekä ovet ovat molemmilla puolilla vaunua. Pikaraitiotievaunun lattia on samalla tasolla pysäkkilaiturien kanssa, eikä vaunussa ole sisällä ollenkaan portaita. Vaunuja on myös mahdollista pidentää jälkikäteen noin kymmenen metrin lisäpalalla.

(Kaupunkiliikenne Oy, 2023a)

5 Esteettömyys

Mitä esteettömyys yksinkertaisuudessa sitten on? Sillä tarkoitetaan kaikenlaisten ihmisten huomioon ottamista varsinkin fyysisessä ympäristössä. Esteettömyys tulee huomioida rakennetussa ympäristössä, julkisissa liikennevälineissä sekä ulkoalueilla. Esteettömyys ei koske pelkästään fyysistä rakentamista vaan myös aisteihin ja hahmottamiseen liittyviä haasteita jokapäiväisessä liikkumisessa. (Autismiliitto, 2022)

Esteettömyyden saavuttamiseksi on huomioitava suunnittelussa, rakentamisessa ja kunnossapidossa sen toteutuminen. Esteetön toteuttaminen mahdollistaa ihmisten asumisen haluamassaan paikassa sekä mahdollistaa normaalin osallistumisen niin työntekoon kuin harrastuksiinkin. (Invalidiliitto, n.d.-b)

”Esteettömyys on yhdenvertaisuutta ja osa kestävästä kehitystä”. (Invalidiliitto, n.d.-b)
Esteettömyydessä otetaan huomioon myös kuuleminen, näkeminen, ymmärtäminen ja kommunikointi asiat. Se merkitsee myös turvallisuutta ja laatua. ”Esteetön ympäristö ei erottele ihmisiä heidän toimintakykynsä perusteella”. (Invalidiliitto n.d.-b)

Esteettömyyden toteuttaminen ei yleensä maksa rakennusvaiheessa ”normaalialla” enempää. Kyse on vain hyvästä suunnittelusta ja rakentamisesta. Esteetön ympäristö on osalle välttämättömyys, mutta siitä hyödyimme me kaikki. Tavaroiden kuljettaminen, tilojen huolto ja siivous helpottuvat, kun ei ole kynnyksiä, jyrkkiä luiskia tai portaita. (Invalidiliitto, n.d.-b)

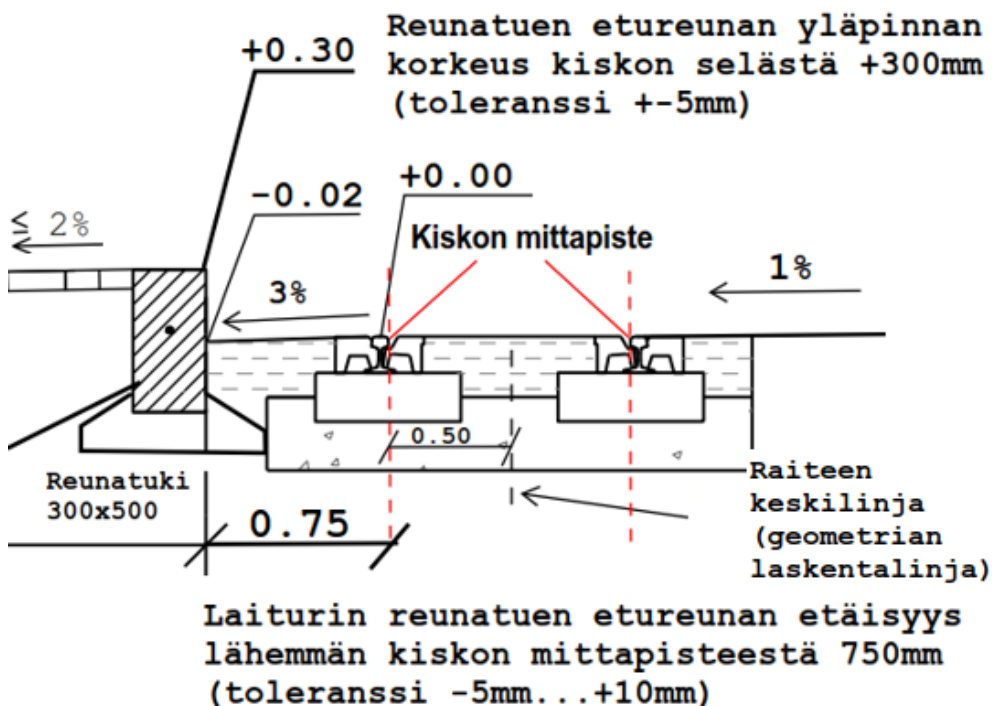
Esteetön joukkoliikenne koostuu kaikkien käytettävissä olevista liikennevälineistä ja niitä palvelevista pysäkeistä, laitureista sekä asemista. Saavutettavuus on sitä, että tarjotaan

välttämätön tieto, vaikkapa joukkoliikenteen aikatauluista kaikille. Se mahdollistaa kaikille liikkua ja matkustaa paikasta toiseen ja sitä kautta lisää mahdollisuuksia viettää täysipainoista arkea ja osallistua työelämään. (Invalidiliitto, n.d.-a)

6 Lähtötilanne

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, onko Kruunusillat -raitiotiehankeelle valittu 300 mm pysäkkikorkeus toimivin. Sama pysäkkikorkeus on valittu myös Raide - Jokerille. Suurena erona Raide -Jokeriin on kuitenkin kalusto, sillä Kruunusilloilla liikennöidään myös vanhemmalla kalustolla. Huolena on ollut etenkin ovien avautuminen sekä esteettömyyden toteutuminen tilanteessa, joissa kalusto on painunut laiturin reunan alapuolelle. Kuva 6 poikkileikkauskuva ja pysäkin mitoituksia.

Kuva 6 Pysäkin poikkileikkaus (Raide-Jokeri, n.d.).



6.1 Tekniset lähtökohdat

Raitiovaunuliikenteen toteutumiseen ja ylläpitämiseen liittyvät tekniset edellytykset.

- Raitiovaunun pyörän halkaisija vaihtelee välillä 620–680 mm.
 - Suurin kuluminen tapahtuu pyörän profiloinnin yhteydessä.
- Pyörän elinikä on noin 300 000 km.
- Pyörän profilointia tehdään noin 30 000 km välein.
 - Pyörän profiloiteja tehdään noin 9–10 kertaa elinkaaren aikana.
 - Pyöränhalkaisija pienenee noin 6 mm per profilointi.
 - Urakiskon (60R1) syvyys on 47 mm.
 - Kunnossapitoraja on 23 mm.
 - Raide -Jokerilla rajaa on päätetty tiukentaa 15 millimetriin pysäkkialueilla, tämmöistä päätöstä ei ole tehty ainakaan vielä Kruunusillat - raitiotiehankeella.

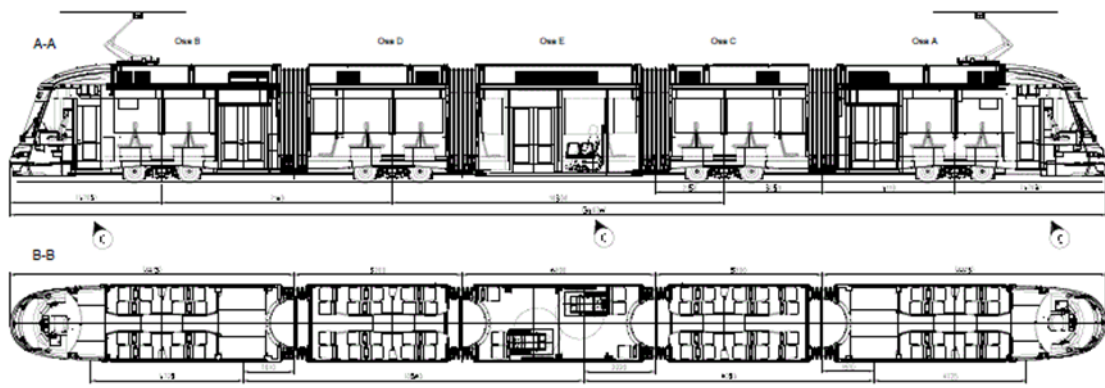
6.2 Artic X54

Tulevan raitiovaunun, Artic X54 keskeisimmät tekniset tiedot vertailun kannalta ovat seuraavanlaiset.

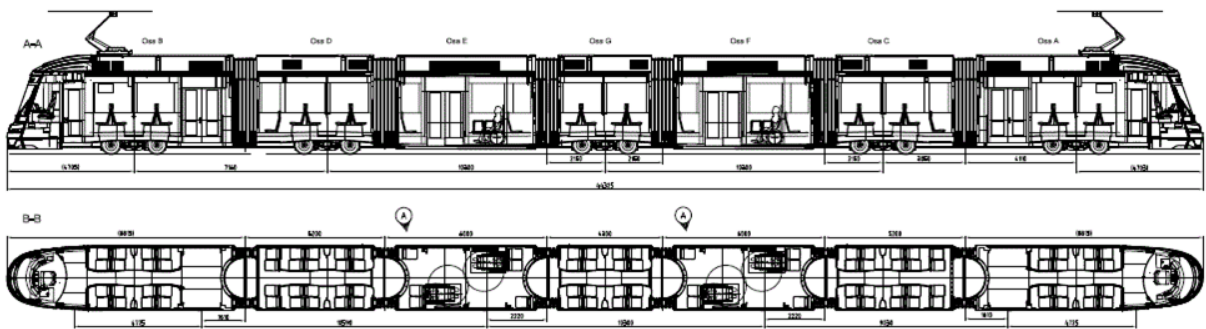
- Pituus 34 m ja lisäpalalla 44 m.
- Matkustajakapasiteetti on 78 + 136 / 100 + 187 (AW1).
- Kynnyksen nimelliskorkeus on 360 mm.
- Liikkumisesteetön moduuli raitiovaunun keskellä. Moduuleissa niaaus -ominaisuus.
- Nimellisestä kynnystasosta + 100 mm.
- Raide -Jokerilla on sovittu, että sorvauksesta johtuvaa madaltumista kompensoidaan asettamalla sorvauksen yhteydessä kääntörenkaan korotuslevyjä (eli shimmaamalla).

Seuraavassa kuvassa 7 34 metrisen version ja kuvassa 8 44 metrisen raitiovaunu Artic X54 poikkileikkaus kuvat.

Kuva 7 Artic X54 34 metriä poikkileikkaus (Raide -Jokeri, n.d.).

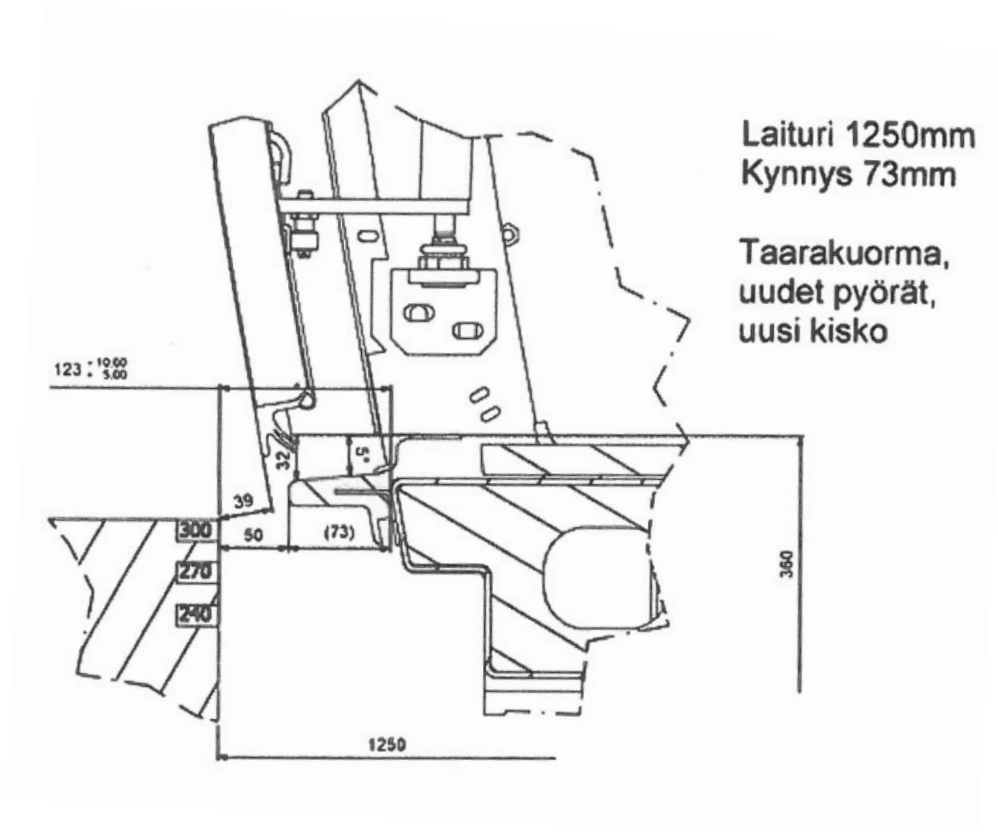


Kuva 8 Artic X54 44 metriä poikkileikkaus (Raide -Jokeri, n.d.).



Vaunun ovikynnyksen korkeus vaihtelee välillä 360–266 mm kiskonselästä. Kuvassa 9 nähdään pysäkkikanne suunniteltu korkeus 300 mm kiskonselästä. Pysäkkikanne suunniteltu etäisyys on kiskon mittapisteestä 1250 mm, jolloin vaunun ja pysäkkikannen väliin jää 123 mm suuruisen väli. Esteettömyyden takaamiseksi kalustoon asennetaan astinlautakumit, joiden leveys on 73 mm. Näin saadaan väli kapenemaan 50 mm.

Kuva 9 poikkileikkaus (Raide -Jokeri, n.d.).



Seuraavassa (kuvassa 10) tuodaan esille tässä työssä käytetyt laskelmat, matkustajakuorman, ensiöjousituksen, viruman, jousituksen toleranssien, pyörien sorvauksen ja radan kunnossapidon vaikutuksia Artic X54 -raitiovaunun osalta.

Kuva 10 laskelmat Artic X54 vaunulla.

| Riippuvuus | Lähde | Vaihtelu (mm) * | Kokonaisvaihtelu (mm) |
|-------------------------------------|--|-----------------|-----------------------|
| Matkustajakuorma | Ensiöjousituksen kasaan puristuminen | Taara | 0 |
| | | AW0 | 1 – 2 |
| | | AW1 | 2 – 4 |
| | | AW2 | 3 – 4 |
| | | AW3 | 3-5 |
| | Toisiojousituksen kasaan puristuminen | Taara | -1 – 0 |
| | | AW0 | 4 – 6 |
| | | AW1 | 10 – 17 |
| | | AW2 | 12 – 19 |
| | | AW3 | 13 – 22 |
| Ensiöjousituksen viruma (kuluminen) | 6kk (mitattu) | 0,5 – (-0,5) | -0,5 – 6,5 |
| | 12kk (mitattu) | 2,5 – 4,5 | |
| | Oletettu maksimi (12kk+2mm) | 4,5 – 6,5 | |
| Jousituksen toleranssit | Molemmat jousitukset (asennustoleranssi) | | ± 3 |
| | Ensiöjousituksen puristustoleranssi (hystereesi) | | 1,4 |
| | Primary suspension creep standard deviation | 0,6-1 | |
| Pyörien sorvaus | Pyörien kuluminen | | 0 – 30 |
| Radan kunnossapito | Kiskon kuluminen | | 0 – 23 |
| Teoreettinen maksimi | Yhteensä | | -1 – 90,2 ** |

*Sarakeessa esitetyt luvut (min / max) vaihtelevat teleittäin.

**Yksittäisen telin suurin painuma + pyörien kuluminen + kiskon kuluminen + toleranssit.

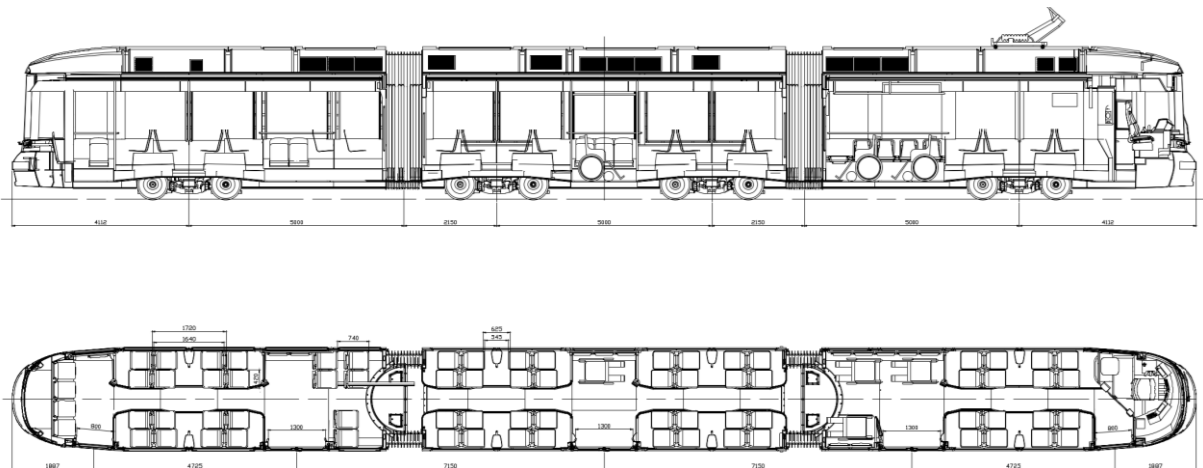
6.3 Artic X34

Nykyisen raitiovaunun, Artic X34 tekniset tiedot ovat seuraavanlaiset.

- Pituus on 27,5 m.
- Matkustajakapasiteetti on 74 + 125.
- Tekninen mitoitus, joka vastaa AW.
- Kynnyksen nimelliskorkeus on 360 mm.
- Pyöränkulumisen kompensointi ei onnistu tälle mallille.

Seuraavassa kuvassa 11 Artic X34 raitiovaunun poikkileikkaus piirros sivusta ja päältä.

Kuva 11 Artic X34 poikkileikkaus (Kruunusillat, n.d.).



Vaunun ovikynnyksen korkeus vaihtelee 360–257 mm välillä kiskonselästä.

- Pysäkkikannen suunniteltu korkeus 300 mm kiskonselästä.
- Pysäkkikannen suunniteltu etäisyys kiskon mittapisteestä 1250 mm, jolloin vaunun ja pysäkkikannen väliin jää 123 mm suuruinen väli.
 - Artic X54 kalustoa vastaavat astinlautakumit eivät mahdu kaikille kantaverkon pysäkeille.

Seuraavassa (kuvassa 12) tuodaan esille tässä työssä käytetyt laskelmat, matkustajakuorman, ensiöjousituksen, viruman, jousituksen toleranssien, pyörien sorvauksen ja radan kunnossapidon vaikutuksia Artic X34 -raitiovaunun osalta.

Kuva 12 Laskelmat Artic X34 vaunulla.

| Riippuvuus | Lähde | Vaihtelu (mm) ** | Kokonaisvaihtelu (mm) | |
|--------------------------------------|---|------------------|-----------------------|---------|
| Matkustajakuorma | Ensiöjousituksen kasaan puristuminen* (maksimi otettu 8 vuoden käytön perusteella) | Taara | 0 | 0 – 9 |
| | | AW0 | 2 – 3 | |
| | | AW1 | 6 – 7 | |
| | | AW2 | 7 – 8 | |
| | | AW3 | 8 – 9 | |
| | Toisiojousituksen kasaan puristuminen | Taara | 13 – 17 | 13 – 37 |
| | | AW0 | 9 – 24 | |
| | | AW1 | 22 – 33 | |
| | | AW2 | 25 – 35 | |
| | | AW3 | 28 – 37 | |
| Ensiöjousituksen viruma (kuluminen)* | Uusi vaunu | 0 | 0 – 5 | |
| | 6kk (mitattu) | 2,5 – 4,5 | | |
| | Maksimi 8 vuoden jälkeen | 5 | | |
| Jousituksen toleranssit | Molemmat jousitukset (asennustoleranssi) | | ± 3,5 | |
| | Ensiöjousituksen puristustoleranssi (hystereesi) | | ± 2,5 | |
| Pyörien sorvaus | Pyörien kuluminen | | 0 – 30 | |
| Radan kunnossapito | Kiskon kuluminen | | 0 – 23 | |
| Teoreettinen maksimi | Yhteensä | | 0 – 103 *** | |

*Ensiöjousituksen tiedot sisältävät enemmän epävarmuuksia kuin Artic X54 vaunun tiedot

**Sarakkeessa esitetyt luvut (min / max) vaihtelevat teleittäin

***Yksittäisen telin suurin painuma + pyörien kuluminen + kiskon kuluminen + viruma

6.4 Matkustajamäärät

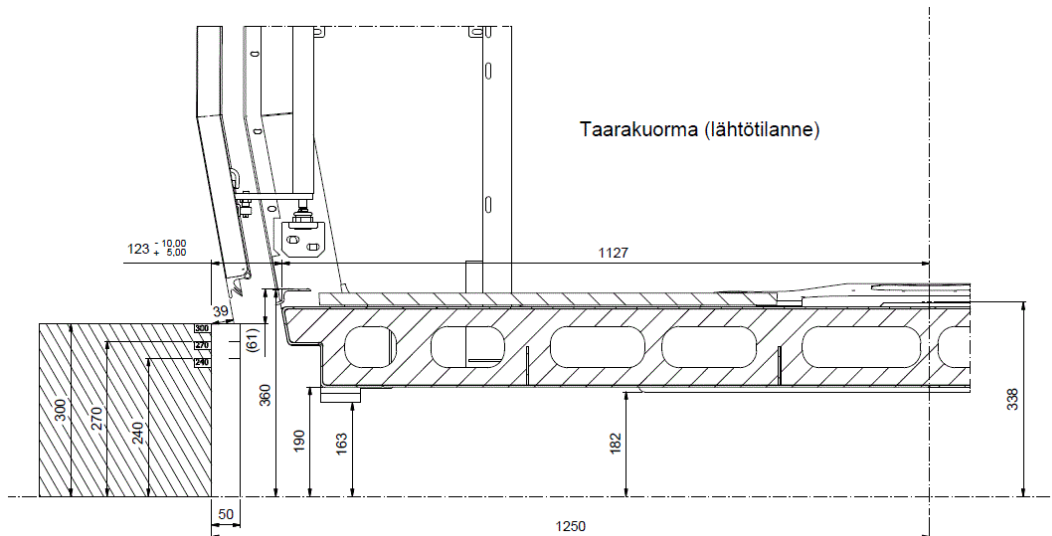
Arviontien mukaan matkustajamäärät ovat tulevaisuudessa seuraavanlaisia Kruunusillat -raitiotieosuudella.

- Vuonna 2030 Kruunusilltojen linjan 12 matkustajamääräksi on arvioitu noin 23000 matkustajaa päivässä.
- Suurin kuormitus on arkipäivien sekä aamun, että illan huipputuntien aikana (6.30–9.00 ja 15.00–18.00).
- Aamun huipputunnille (AHT) matkustajamäärät arvioitu 2340 matkustajaa Hakaniemen suuntaan.
 - 30 vuoroa / suunta (5min vuoroväli).
 - Noin 78 matkustajaa per vaunu (keskiarvo).
- Kalasatamasta Pasilaan linjan matkustajamääriä ei ole otettu laskelmissa huomioon.
 - Koskee lähinnä vanhempaa Artic X34 vaunua.

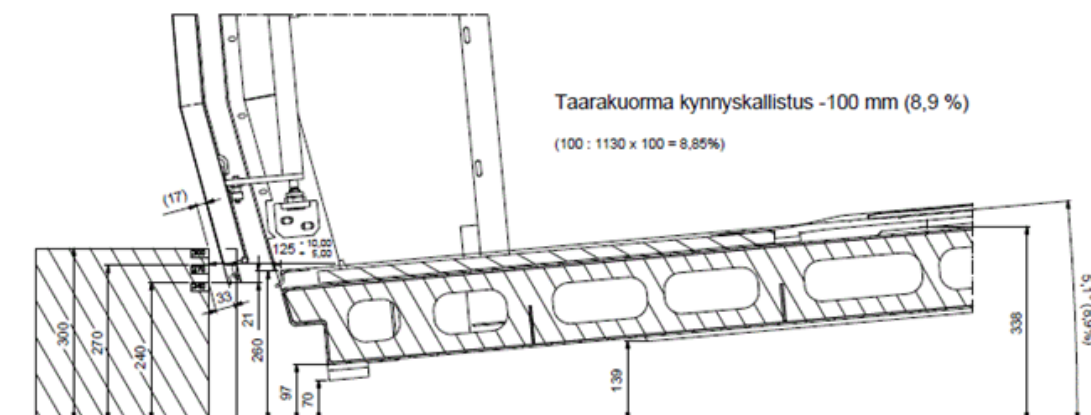
- Kaupunkiliikenne Oy on laskenut vaunun matkustajakapasiteetin AW1 -tilanteen mukaan (4hlö / m²) (Artic X54).

Etäisyyksiä laiturin reunasta (Artic X54) vaunulla. Seuraavassa havainnekuvia laiturin reunasta sekä mitoituksista, kuvat 13,14 sekä 15.

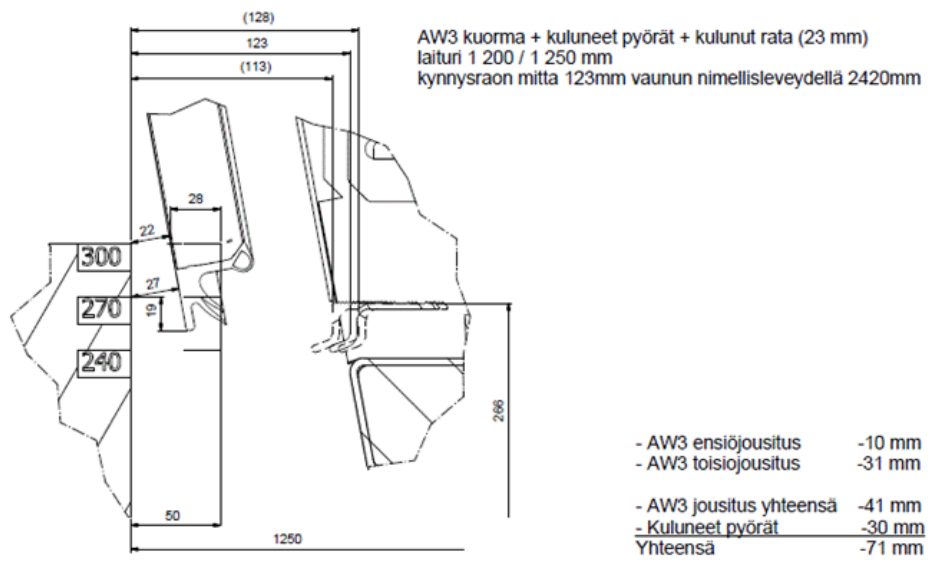
Kuva 13 taarakuorma (Raide -Jokeri, n.d.).



Kuva 14 kynnyskallistus (Raide -Jokeri, n.d.).



Kuva 15 AW3 kuorma (Raide -Jokeri, n.d. muokattu).



Koska korkeusvaihtelu on maksimissaan 90,2 mm, mitoittavaksi laiturin etäisyydelle koituu ulosaukeava ovi (ellei laituria lasketa).

6.5 Havainnot

Havainnoissa nousi esille seuraavia tuloksia vertailtaessa laiturin korkeuksia. Lisäksi tässä työssä on otettu huomioon, mitä on määritelty Kruunusillat hankkeen esteettömyysperiaatteiksi Artic X54- kalustolle.

- Kaikilla pariovilla kynnyks on max 50 mm.
- Rako raitiovaunun ja pysäkkikorokkeen välissä max 70 mm.
 - Kantaverkolla raja-arvot ovat 100 mm / 100 mm.
- Ovien kohdille lisätään astinlautakumit, joilla kompensoidaan vaunun ja laiturin etäisyyttä (123 mm).
 - Kumien lisääminen ei ole mahdollista vanhemmalle Artic X34 vaunulle.
- Esteettömyyden näkökulmasta 300 mm on parempi vaihtoehto.
 - Kynnyksen painuminen pysäkkikannan alapuolelle on harvinainen tilanne.

- Valtaosa nousuista ja poistumisista toteutuisi esteettömyysperiaatteiden mukaisesti.
- Pysäkkikorkeuden laskeminen kantaverkon 270 mm aiheuttaa pahimmillaan 90 mm kynnyksen vaunuun noustessa.
 - Esteettömyysperiaatteista poikkeava tilanne olisi silloin lähtökohta eikä poikkeus.

7 Mahdolliset riskit

Tässä on listattu esiin tulleita mahdollisia riskejä, mitä on havaittu laskelmien, suunnitelmien ja tutkimusten perusteella. Seuraavassa nostetaan esille tässä työssä havaittuja riskejä.

- Vanhemman Artic X34 pyörän kulumista ei voida kompensoida shimmaamalla.
 - Lisää mahdollisesti tarvetta tihentää pyörän vaihto / profilointiväliä.
 - Myös ensiöjousituksen virumalla on tällöin suurempi merkitys.
- Astinlautojen asentaminen vanhempaan kalustoon ei välttämättä ole mahdollista ilman merkittäviä muutoksia kantaverkon pysäkeille.
 - Vaihtoehtoisesti esteettömyys kärsisi liian suuren pysäkkikorokkeen ja kaluston välisen raon takia.
- Kiskon kulumisen aiheuttama painumisen yleisyys, tarvitaanko tehostettua seurantaa pysäkeille?
 - Ei ole vielä päätetty Kruunusillat -raitotie hankkeella 15 mm kulumistoleranssista. Tämmöinen on päätetty Raide -Jokeri hankkeessa.

8 Johtopäätökset

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää kahden eri laiturikorkeuden toimivuutta ja esteettömyyden toteutumista kahden erilaisen raitiovaunukaluston välillä; vanhempi Artic X34 ja uudempi Artic X54.

Työn tuloksena saatiin, että suunniteltu 300 mm laiturikorkeus on riskit huomioiden toimivin. Uudella Artic X54 vaunulle potentiaalinen vaihteluväli kynnyksen korkeudella on noin 90 mm. Korkeimmillaan kynnyks on 60 mm laiturin tasoa ylempänä, alimmillaan 30 mm laiturin tason alapuolella. Shimmauksella pyörän kulumisen kompensoiminen laskee kuitenkin vaihteluväliä. Vanhemmalla Artic X34 vaunulla vaihteluväli on noin 103 mm. Ovien aukeamisen suhteen ongelmia voi muodostua ainoastaan ääriolosuhteissa ja kaikkien mahdollisten riskien toteutuessa, kuten esimerkiksi runsaan lumisateen, täyden vaunun, kuluneen pyörän sekä kuluneen kiskon sattuessa kohdalle. Vanhemmalla Artic X34 vaunulla todennäköisyys on hieman suurempi suuremmasta teoreettisesta painaumasta johtuen. Kantaverkolta löytyy nykyisellään muutamia pysäkkejä, jotka vastaavat mitoitukseltaan Kruunusillat -raitiotien suunniteltuja ja rakennettavia laitureita. Esimerkiksi Auroran sairaalan pysäkki, Helsingissä, on keskimäärin korkeampi (308 mm) ja lähempänä kiskon mittapistettä (745 mm). Esteettömyyden toteutuminen esteettömyysperiaatteiden mukaan on 300 mm pysäkkikorkeudella huomattavasti parempi vaihtoehto kuin 270 mm pysäkkikorkeus.

Korkeammalla laiturikorkeudella esteettömyys toteutuu paremmin, mikä mahdollistaa helpomman liikkumisen niin liikuntarajoiteisille kuin terveille henkilöille. Kynnystä jää vähemmän mikä sujuvoittaa myös liikkumista sekä estää kompastumisvaarat. Laituri on lähes samalla tasolla raitiovaunun lattian kanssa. Tämä tuo selkeää käyttäjämukavuutta raitiovaunun käyttäjille.

Tulevaisuudessa olisi hyvä selvittää vielä erilaisten laiturikorkeuksien soveltuvuutta uusissa raitiotiehankeissa eri korkeuksien välillä, jotta löydetään optimaalinen korkeus jokaiselle raitiovaunukalustolle. Tämä sen takia, koska raitiovaunujen uusimisen yhteydessä on varmistettava, että kalusto ja pysäkit ja niiden korkeudet sopivat yhteen.

Lähdeluettelo

Autismiliitto. (2022). Esteettömyys.

<https://autismiliitto.fi/materiaalia/esteettomyys/>

Helsingin kaupunki. (2023). Pysäkit.

<https://kaupunkitilaohje.hel.fi/kortti/pysakki/>

Invalidiliitto. (n.d.-a). Esteettömyys joukkoliikenne.

<https://www.invalidiliitto.fi/esteettomyys/joukkoliikenne>

Invalidiliitto. (n.d.-b). Esteettömyys.

<https://www.invalidiliitto.fi/esteettomyys>

Kaupunkiliikenne Oy. (2023a). Raitiovaunukalusto.

<https://kaupunkiliikenne.fi/liikennointi/raitiovaunulla/raitiovaunukalusto/>

Kaupunkiliikenne Oy. (2023b). Raitiovaunupysäkit ja rata.

<https://kaupunkiliikenne.fi/liikennointi/raitiovaunulla/raitiovaunupysakit/>

Kruunusillat. (2023). Hanketietoa.

<https://kruunusillat.fi/hanketietoa/>

Kruunusillat. (n.d.). Hankkeen tietokanta.

Raide -Jokeri. (n.d.). Hankkeen tietokanta.

Raide -Jokeri. (n.d.-a). Info.

<https://raidejokeri.info/>

Raide -Jokeri. (n.d.-b). Mikä Raide -Jokeri?

<https://raidejokeri.info/mika-raide-jokeri/>

Liite 1 Raitiotiepysäkki

