



afterklang:

PART OF AFRY

RAPORTTI

TAMPEREEN RAITIOTIE OY – KAARREKIRSKUNTASELVITYS 2024

101025406-001

Projektireferenssi:	101025406-001
PVM:	Marraskuu 5, 2024
Asiakas:	Antti Uotila Ratapäällikkö Tampereen Raitiotie Oy antti.uotila@tampereenraitiotie.fi
Yhteyshenkilö:	Tapio Lukkari Vanhempi akustiikkakonsultti, Efterklang Finland AFRY Finland Oy Hatanpääkatu 1, 33900 Tampere tapio.lukkari@afry.com

SISÄLTÖ

1	YHTEENVETO	4
2	JOHDANTO	4
3	KAARREKISKUNTA YLEISESTI	5
4	MELUMITTAUSTEN TOTEUTUS	6
4.1	KIRSKUNTASIJAJINTIEN KARTOITUS	6
4.2	KIRSKUTAMELUN VAIKUTUKSET	6
5	MITTAUKSIEN TULOKSET	6
5.1	KIRSKUNTASIJAJINTIEN KARTOITUS	6
5.2	KIRSKUTAMELUN VAIKUTUKSET	8
6	POHDINTA - KAARREKIRSKUNTAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	8
6.1	KAARRESÄDE JA NOPEUS	9
6.2	SORVAUKSESTA KULUNUT KILOMETRIMÄÄRÄ	10
6.3	VOITELU	11
6.4	CASE- RUSKONKEHÄN ALIKULKU	11

LIITE 1 RAITIOVAUNUN LIIKENNÖINNIN KIRSKUNTAHAVAINNOT, TRO04, 27.8.2024

LIITE 2 RAITIOVAUNUN LIIKENNÖINNIN KIRSKUNTAHAVAINNOT, TRO05, 28.8.2024

LIITE 3 KIRSKUTAMELUN VAIKUTUS - MITTAUKSET 7,5M ETÄISYYDELLÄ 6:SSA ERI KAARTEESSA

1 YHTEENVETO

Tampereen Raitiotie Oy:n toimeksiannosta Efterklang (part of AFRY) on laatinut mittauksiin pohjautuvan kaarrekirskuntaselvityksen, jonka tavoitteena oli paikantaa kirskuntakohteet ja todentaa kirskunnan aiheuttamia vaikutuksia lähiympäristössä. Tässä raportissa esitetyt tulokset pohjautuvat kahden päivän mittauksiin kahdelle eri raitiovaunulle sekä rajatuille määrälle mittaustuloksia yksittäisistä kaarteista. Kaarrekirskunta ilmiönä on monimutkainen ja riippuvainen monesta eri tekijästä, joita kaikkia ei voida kenttämittauksissa poissulkea tai vakioda (sääolosuhteet, kuljettajan ajotapa, yksittäisen kiskopyörän kuluminen). Tuloksia tarkasteltaessa ja niistä tehtävien johtopäätöksien tekemisessä on huomioitava tuloksiin pohjautuvan tiedon rajallisuus.

Kaarrekirskuntakartoitus

Kaarrekirskunnan kartoittamista varten valitut raitiovaunut varustettiin äänitasomittarilla. Mittaukset toteutettiin raitiovaunulle TRO04 27.8.2024 ja vaunulle TRO05 28.8.2024.

Kaarrekirskuntakartoituksen mukaan raitiovaunulinjoilla on selkeitä sijainteja, joissa kirskuntaa voidaan havaita. Kaarresäteeltään alle 300 m kaarteita tai kaarreyhdistelmiä on linjoilla yhteensä 23. Näistä kaarteista kahdeksassa voidaan havaita kirskuntaa toistuvasti tai runsaasti. Runsaasti kirskuntaa havaitaan Hervantajärvellä Ruskonkehän alikulussa sekä sen eteläpuoleisessa kaarteessa. Näissä sijainnissa myös kirskunnan melutaso on havaittu korkeammaksi kuin muissa kirskuntakohteissa.

Toistuvasti kirskuntaa havaitaan Hallilassa pysäkin molemmiin puoliin, Rieväkadun pitkässä kaarteessa, TAYS:n pysäkin itäpuolella sekä Santalahdessa Paasikivenkadun pitkässä kaarteessa ja Tikkutehtaan pysäkin itäpuolisessa kaarteessa. Toistuvasti kirskuntaa aiheuttaneet kaarteet ovat pääosin nopeavauhtisia, mutta loivia kaarteita. Kaarresäteeltään linjojen pienimmät kaarteet eivät aiheuttaneet kirskuntaa.

Kirskuntamelun vaikutus

Kirskuntamelun ominaisuuksia selvitettiin mittaamalla kirskuntaa aiheuttavien kaarteiden melua ulkona ohituksittain. Kirskuntatapahtumat mitattiin kaikista sillä hetkellä kyseisellä rataosuudella kulkevista raitiovaunuista, jolloin tulokset mahdollistavat myös kaluston eroavaisuuksien vaikutukset kirskunnan toteutumiseen ja melun ominaisuuksiin.

Tulosten perusteella merkittävin melutaso (7,5m etäisyydellä) toteutui ruskonkehän alikulkutunnelin eteläpuolella, jossa selkeää kirskuntaa aiheuttavien ohitusten enimmäisäänitaso LAFmax oli 100 dB (ohitusten mediaaniarvo). Tässä kaarteessa kirskunnan esiintyvyys oli 67 % kaikista ohituksista. Muissa kaarteissa, joissa esiintyi selkeää kirskuntaa enimmäismelutasot olivat 85 - 89 dB ja kirskunnan esiintyvyys 5 - 40 % kaikista ohituksista.

2 JOHDANTO

Tampereen raitiovaunujen liikennöinti alkoi elokuussa 2021 Kaupin kampuksen ja Pyynikintorin välillä (linja 1) sekä Sorin aukion ja Hervannan välillä (linja 3). Elokussa 2023 linjan 1 liikennöinti laajentui Santalahteen asti. Liikennöintiä on toteutettu pääosin 20 raitiovaunun voimin.

Raitiovaunuliikenteelle suoritettiin mittauksiin perustuva meluselvitys keväällä 2021 koeajoliikenteen aikana, jossa selvitettiin raitiovaunun aiheuttamia meluvaikutuksia eri käyttötilanteissa. Mittauksissa selvitettiin muun muassa eri nopeuksien sekä jarrutus- ja kiihdytystilanteiden aiheuttamia meluvaikutuksia. Lisäksi tutustuttiin raitiovaunun aiheuttamaan kaarrekirskuntaan, jota mittausten aikana havaittiin linjaston yhdessä kaarteessa satunnaisesti.

Kolmen käyttövuoden aikana raitioliikenteestä ja -kalustosta saatujen käytännön havaintojen perusteella raitiovaunujen kirskuntaa voidaan havaita lähtötilannetta laajemmin. Tampereen Raitiotie Oy:n toimeksiannosta Efterklang Finland (part of AFRY Finland Oy) on laatinut mittauksiin pohjautuvan kaarrekirskuntaselvityksen, jonka tavoitteena oli paikantaa kirskunkahteet ja todentaa kirskunnan aiheuttamia vaikutuksia lähiympäristössä. Työn toteutus ja tulokset esitetään tässä raportissa.

3 KAARREKISKUNTA YLEISESTI

Kaarrekirskuntaa havaitaan tavallisesti kaarresäteeltään pienemmissä kaarteissa ja aiheutunut melu koetaan usein epämiellyttävänä. Tässä kappaleessa on referoitu raporttia *Raitiovaunukaluston kaarremelu Tampereella* (Palosara 2023) ja siinä käytettyjä lähteitä. Kirskuntaa aiheutuu kiskon ja vaununpyörän kontaktissa ainakin kahdesta eri syystä: pyörän laipan värähtelyn tai vierintäpinnan värähtelyn takia. Molemmissa tapauksissa värähtelyä aiheutuu metallisen pyörän ja kiskon välisestä kitkasta.

Raitiovaunun pyörissä on laipat, jotka pitävät raitiovaunun kiskoillaan, kun laippa ohjaa akselin ulointa pyörää kaarteiden mukaisesti. Laippa osuu kaarteissa kiskoon, jolloin laippa alkaa värähtelemään, joka joissakin tilanteissa havaitaan kirskuntana. Kirjallisuuden perusteella laipasta johtuvien äänien taajuus havaitaan yleensä taajuuksilla 5000 - 10 000 Hz.

Vierintäpinnan värähtely johtuu kiinteän pyöräakselin käyttäytymisestä jyrkemmissä mutkissa. Yksinkertaistettuna kaarteissa ulompi pyörä kulkisi pidemmän matkan sisäpyörään verrattuna, mutta kiinteän akselin takia pyörät kulkevat samaa nopeutta. Tällöin tilanne on altis pyöräpinnan hetkittäiselle liukumiselle kiskoa vasten. Ilmiötä hallitaan kartion muotoisella pyöräprofiililla, joka mahdollistaa sisä- ja ulkokiskojen kohdalla eri pyöränopeudet. Kuitenkin jyrkemmissä kaarteissa sekä kuluneella tai epäsopivalla pyöräprofiililla vierintäpintojen aiheuttamaa kirskuntaa voidaan havaita. Vierintäpinnan kirskunta on havaittavissa yleensä taajuuksialueella 1000-5000 Hz.

Yleisiä keinoja raitiovaunukaluston kirskunnan vähentämiseksi on kiskon tai vaununpyörän voitelu tai kiskon hiominen optimaaliseksi. Osaan Tampereen raitiovaunuja on asennettu laipan ja vierintäpinnan voitelulaitteet, jotka voitelevat valittuja kaarteita GPS-dataan perustuen. Voitelua tehdään kulumisen minimoimiseksi ja myös melun hallitsemiseksi. Järjestelmää pystytään kehittämään meluvaikutusten perusteella voitelusijantien, -määrän ja -laadun kannalta jatkuvasti. Radan kunnossapito suorittaa myös kiskojen hiontaa hiontavaunulla kiskojen elinkaaren pidentämiseksi sekä myös meluhaittojen vähentämiseksi.

4 MELUMITTAUSTEN TOTEUTUS

4.1 KIRSKUNTASIJAJINTIEN KARTOITUS

Kaarrekirskunnan kartoittamista varten valitut raitiovaunut varustettiin äänitasomittarilla. Mittaukset toteutettiin raitiovaunulle TRO04 27.8.2024 ja vaunulle TRO05 28.8.2024. Mittauslaitteena oli kalibroitu 1. luokan äänitasomittari B&K 2250L, joka tallensi yhden sekunnin välein keskiäänitason LAeq ja enimmäisäänitason LAFmax kokonaisarvot sekä taajuudet terssikaistoittain väliltä 12,5 Hz – 16 kHz. Mittari sijoitettiin raitiovaunun alarunkoon keskimmäisten telien kohdalle.

Molemmat mittausvaunut ajoivat samalla aikataululla peräkkäisinä päivinä ja raitiovaunut liikennöivät molemmilla linjoilla. Ajot toteutuivat linjalla 1 aikavälillä klo 5:00-11:00 linjalla 1 ja linjalla 3 aikavälillä klo 11:30-19:00. Mittausvaunuiksi valittiin raitiovaunut TRO04 ja TRO05. Kaikki Tampereella liikennöivät vaunut ovat teknisesti samanlaisia, mutta kirskunnan toteutumisen kannalta mahdollinen eroavaisuus vaunujen välillä on vaunupyörien sorvauksesta kulunut matka. Sorvauksessa pyörän pinta tasoitetaan takaisin lievään kartiomuotoon ja tämä tehdään kaikille vaunuille noin 50 tkm välein. Edellisestä sorvauksesta kulunut matka TRO04 vaunulla oli noin 15 tkm ja vaunulla TRO05 noin 34 tkm (kilometritiedot 26.8.2024). Sorvauksesta kuluneen matkan osalta valitut mittausvaunut kuvaavat keskimääräistä raitiolinjoilla liikennöivää vaunua.

Kirskuntasijainteja kartoitettiin myös meluasiantuntijan kuulohavainnoin mittausvaunun liikennöidessä. Havainnot kirjattiin ja tuloksia käytettiin hyödyksi vaunussa tehdyn mittauksen analysoinnissa. Analysoinnissa kirskuntahetkien erotus muista äänistä perustui kirskuntamelun ominaispiirteisiin. Kirskuntahetket erotettiin mittaus tuloksista taajuussisällön perusteella. Raitiovaunun liikkeistä tallentui myös paikka- ja nopeustieto, jota hyödynnettiin kirskuntatapahtumien paikantamiseen.

4.2 KIRSKUTAMELUN VAIKUTUKSET

Kirskuntamelun ominaisuuksia selvitettiin mittaamalla kirskuntaa aiheuttavien kaarteiden melua ulkona ohituksittain. Kirskuntatapahtumat mitattiin kaikista sillä hetkellä kyseisellä rataosuudella kulkevista raitiovaunuista, jolloin tulokset mahdollistavat myös kaluston eroavaisuuksien vaikutukset kirskunnan toteutumiseen ja melun ominaisuuksiin.

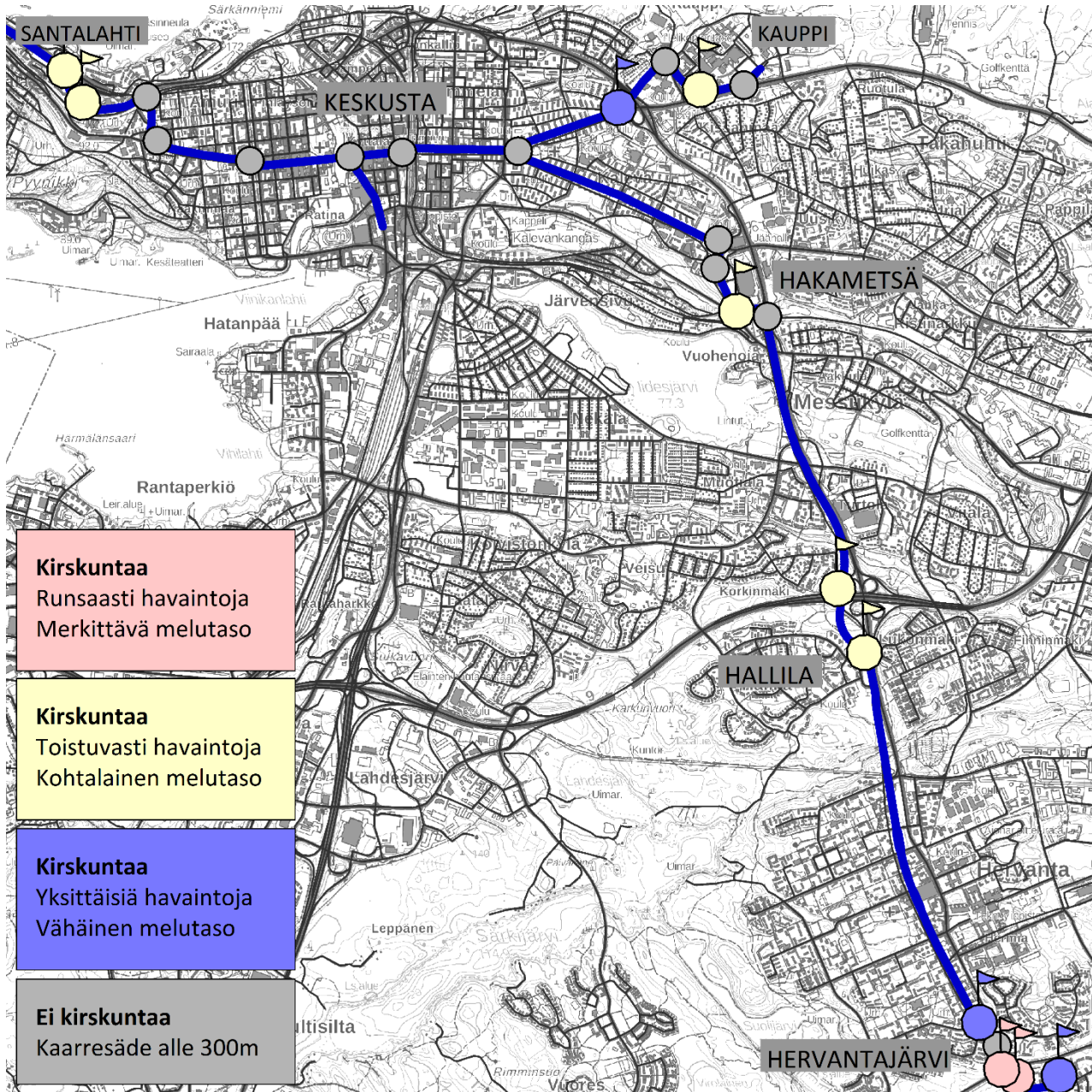
Mittauslaitteena oli kalibroitu 1. luokan äänitasomittari Norsonic 145, joka tallensi yhden sekunnin välein keskiäänitason LAeq ja enimmäisäänitason LAFmax kokonaisarvot sekä taajuudet terssikaistoittain väliltä 12,5 Hz – 20 kHz. Mittausetäisyys raidelinjan keskikohtaan oli 7,5 m.

5 MITTAUKSIEN TULOKSET

5.1 KIRSKUNTASIJAJINTIEN KARTOITUS

Kuvassa 1 on esitetty kaarrekirskunkartoituksen tulokset. Tulokset on esitetty kaikille kaarresäteeltään alle 300 m kaarteille ja kuvaan on yhdistetty molempien mittauspäivien (TRO04 ja TRO05) mittauksiin perustuvat havainnot. Liitteisiin 1 ja 2 on koottu molemmilta päiviltä erikseen yksityiskohtaisemmat tulokset. Liitteissä on esitetty kaarteittain mittausvaunun nopeus ja kaarresäde sekä kirskunnan kesto ja taajuusalue.

Kuvan ja liitteiden tuloksissa on esitetty havaitut selkeät kirkkuntatapahtumat. Raitiovaunun liikkuminen kiskoilla aiheuttaa myös muita erilaisia ääniä, jotka voidaan havaita esimerkiksi vingahduksina, jyrinä tai rohinana. Näitä ääniä ei ole esitetty tuloksissa, koska äänet ovat melutasoltaan selkeästi kirkkuntaa pienempiä eivätkä yleensä aiheuta häiritsevää melua raitiovaunun ulkopuolelle.



KUVA 1. RAITIOVAUNUJEN TRO04 JA TRO05 KAARREKIRSKUNTAHAVAINNOT PÄIVILTÄ 27.-28.8.2024

Kaarrekirkkuntakartoituksen mukaan raitiovaunulinjoilla on selkeitä sijainteja, joissa kirkkuntaa voidaan havaita. Kaarresäteeltään alle 300 m kaarteita tai kaarreyhdistelmiä on linjoilla yhteensä 23. Näistä kaarteista kahdeksassa kaarteessa voidaan havaita kirkkuntaa toistuvasti tai runsaasti.

Runsaasti kirkkuntaa havaitaan Hervantajärvellä Ruskonkehän alikulussa sekä sen eteläpuoleisessa kaarteessa. Näissä sijainnissa myös kirkkunnan melutaso on havaittu korkeammaksi kuin muissa kirkkuntakohteissa.

Toistuvasti kirs kuntaa havaitaan Hallilassa pysäkin molemmin puolin, Rieväkadun pitkässä kaarteessa, TAYS:n pysäkin itäpuolella sekä Santalahdessa Paasikivenkadun pitkässä kaarteessa ja kohdalla Tikkutehtaan pysäkin itäpuolella. Toistuvasti kirs kuntaa aiheuttaneet kaarteet ovat pääosin nopeavauhtisia, mutta loivia kaarteita. Vastoin odotuksia kaarresäteeltään linjojen pienimmät kaarteet eivät aiheuttaneet kirs kuntaa.

5.2 KIRSKUTAMELUN VAIKUTUKSET

Kirskuntamelua mitattiin ulkona 7,5 metrin etäisyydellä kaarteesta kuudessa eri kohteessa. Mittaukset suoritettiin samoina päivinä kuin mittausvaunujen kirs kunnan kartoitusmittaukset. Mitattaviksi kaarteiksi valittiin erilaisia kohteita, jossa kaarresäteet ja nopeudet vaihtelevat. Taulukkoon 1 on koottu mitattujen kaarteiden tietoja sekä mitattu hetkellinen enimmäistaso LAF_{max}. Esitetty enimmäistaso on selkeästi kirs kuntaa aiheuttaneiden ohitusten mediaaniarvo. Lisäksi taulukossa on esitetty kirs kunnan esiintyvyys prosentteina. Lieväksi kirs kunnaksi on laskettu melutasoltaan matalat ja lyhyet vingahdukset tai muut äänet, jotka eivät ole selkeästi kirs kuntaa (jyrinää, rohinaa). Mittauksien nopeustieto perustuu TRO04 nopeuksiin 27.8.2024 vastaavissa kaarteissa. Tiedot perustuvat kaarteittain 10 – 24 ohituksen mittaukseen. Ohituskohtainen tieto on koottuna liitteeseen 3.

TAULUKKO 1. KIRSKUTAMELUMITTAUSTEN TULOKSET

KAARRE	Kaarresäde [m]	Nopeus [Km/h]	Enimmäisää- nitaso LAF _{max} [dB]	Kirs kunnan esiintyvyys		
				Kirs kunta	Lievä kirs kunta	Ei ääntä
RUSKONKEHÄN ALIKULKU ETELÄPUOLI	73	28-30	100	67 %	13 %	21 %
ARKKITEHDINKATU SSA-ASEMA	95	20-38	75*	0 %	20 %	80 %
HALLILA PYSÄKIN POHJOISPUOLI	251	57-66	85	40 %	60 %	0 %
RIEVÄKATU – HERVANNAN VALTAVÄYLÄ	37	22-29	88	25 %	63 %	13 %
PAASIKIVENKATU PITKÄ KAARRE	170	51-60	88	25 %	63 %	13 %
TAYS PYSÄKIN ITÄPUOLI	80	22-30	89	5 %	38 %	57 %

*Tulos kuvaa lievien kirs kausten äänitasoa

Tulosten perusteella merkittävin melutaso toteutui ruskonkehän alikulkutunnelin eteläpuolella, jossa selkeää kirs kuntaa aiheuttavien ohitusten enimmäisäänitaso oli 100 dB (ohitusten mediaaniarvo). Tässä kaarteessa kirs kunnan esiintyvyys oli 67 % kaikista ohituksista. Muissa kaarteissa, joissa esiintyi selkeää kirs kuntaa, enimmäismelutasot olivat 85 - 89 dB ja kirs kunnan esiintyvyys 5 - 40 % kaikista ohituksista.

6 POHDINTA - KAARREKIRSKUNTAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tässä kappaleessa esitetyt asiat pohjautuvat kahden päivän mittauksiin kahdelle eri raitiovaunulle sekä rajatuille määrälle mittauksia yksittäisistä kaarteista. Kaarrekirs kunta ilmiönä on monimutkainen ja riippuvainen monesta eri tekijästä, joita kaikkia ei voida kenttämittauksissa poissulkea tai vakiodia

(sääolosuhteet, kuljettajan ajotapa, yksittäisen kiskopyörän kuluminen). Tässä kappaleessa on esitetty mittausanalyysissä esiin tulleita huomioita ja niiden jatkokäytössä on huomioitava tuloksiin pohjautuvan tiedon rajallisuus.

6.1 KAARRESÄDE JA NOPEUS

Kaarresäde on kirkunnan toteutumista ennakoitaessa yksi merkittävin vaikuttava tekijä. Kaarrekirkuntakartoitusten tulosten mukaan on kuitenkin havaittavissa, että pelkästään lyhyt kaarresäde ei yksistään aiheuta kirkuntaa. Tuloksien mukaan raitiovaunun nopeudella on merkitystä kirkunnan toteutumiseen. Taulukkoon 2 on koottu kaarresäteen ja nopeuksien tiedot kaikista nykyisen raitiotielinjaston kaarteista tai kaarreyhdistelmistä. Kaarreyhdistelmien osalta taulukkoon on laitettu pienimmän kaarresäteen arvo ja nopeuden osalta on käytetty suurinta mitattua (TRO04 27.8.2024) nopeutta. Tulokset on jaettu nopeuden mukaan pienimmästä suurimpaan.

TAULUKKO 2. KAARRESÄTEEN JA NOPEUDEN VAIKUTUKSET KIRSKUNNAN ESIINTYMISEEN.

KAARTEEN SIJAINTI	Kaarresäde [m]	Nopeus [km/h]	Kirkuntahavainnot
HÄMEENKATU - HATANPÄÄN VALTATIE	25	15	Ei havaintoja
SAMMONKATU - RIEVÄKATU	30	16	Ei havaintoja
HÄMEENKATU - PIRKANKATU RISTEYSALUE	35	20	Ei havaintoja
RAUTATIENKADUN YLITYKSEN RISTEYSALUE	40	20	Ei havaintoja
TAYS PYSÄKIN POHJOISPUOLI	45	25	Ei havaintoja
KAMPIN KAMPUS PYSÄKIN LÄNSIPUOLI	70	25	Ei havaintoja
SEPÄNKATU PYSÄKIN POHJOISPUOLI	26	26	Ei havaintoja
RIEVÄKATU - HERVANNAN VALTAVÄYLÄ	37	29	Ei havaintoja
RUSKONKEHÄN ALIKULKU ETELÄPUOLI	73	30	Runsaasti havaintoja
TAYS PYSÄKIN ETELÄPUOLI	80	30	Toistuvia havaintoja
SEPÄNKADUN PYSÄKIN ETELÄPUOLI	50	31	Ei havaintoja
RIEVÄKATU PYSÄKIN ETELÄPUOLI	45	32	Ei havaintoja
SAMMONKATU TEISKONTIE RISTEYSALUE	50	32	Ei havaintoja
RUSKONKEHÄN ALIKULKU	73	37	Runsaasti havaintoja
HIPPOS PYSÄKIN ITÄPUOLI	100	37	Yksittäisiä havaintoja
ARKKITEHDINKATU SSA-ASEMA	95	38	Yksittäisiä havaintoja
TIKKUTEHDAS PYSÄKIN ITÄPUOLI	120	40	Toistuvia havaintoja
HERVANNAN VALTAVÄYLÄ PITKÄ KAARRE	200	40	Ei havaintoja
MAKKARAJÄRVENKATU	238	41	Yksittäisiä havaintoja
RIEVÄKATU PITKÄ KAARRE	180	48	Toistuvia havaintoja
HALLILA PYSÄKIN ETELÄPUOLI	200	50	Toistuvia havaintoja
PAASIKIVENKATU PITKÄ KAARRE	170	60	Toistuvia havaintoja
HALLILA PYSÄKIN POHJOISPUOLI	251	66	Toistuvia havaintoja

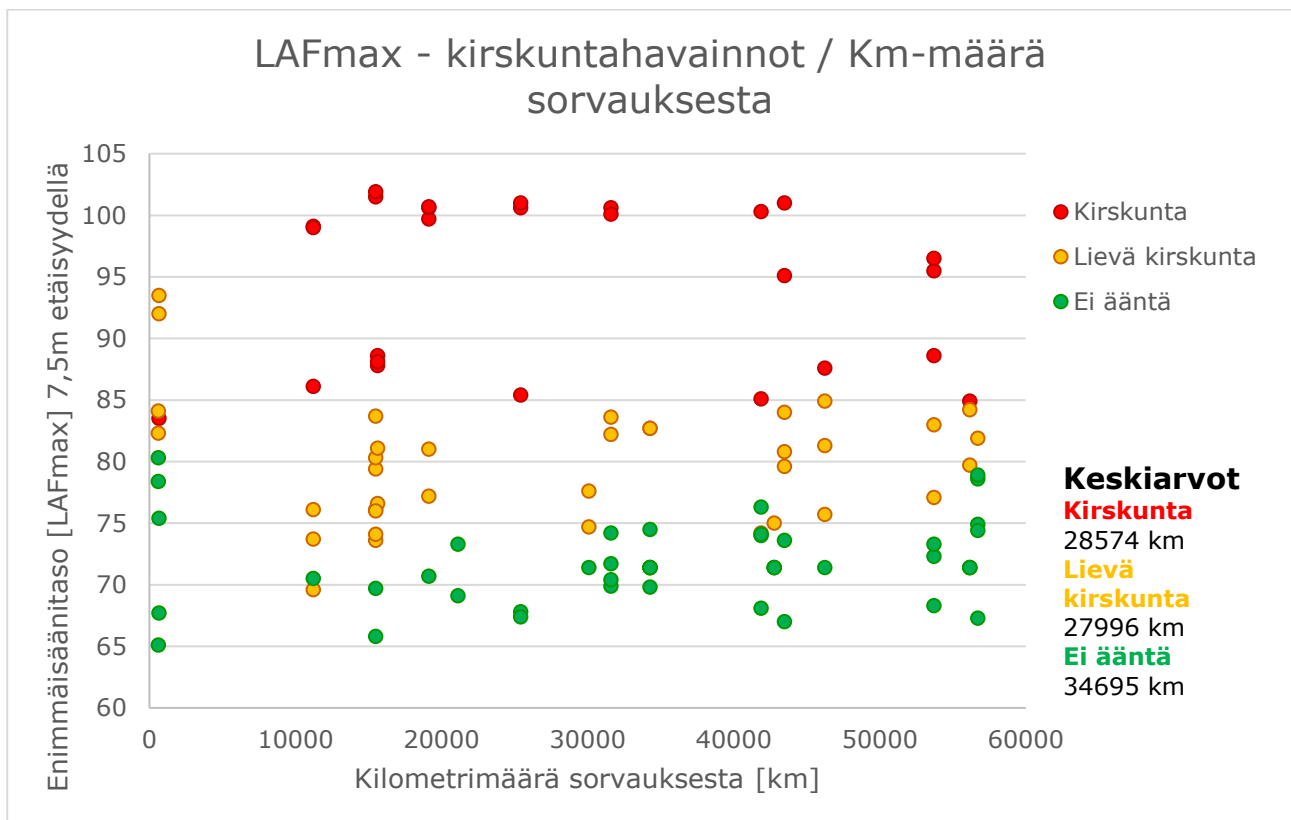
Tulosten perusteella nopeuksien ollessa alle 25 km/h voidaan olettaa, että kaarre ei aiheuta kirkuntaa kaarresäteestä riippumatta. Nopeuden ollessa yli 50 km/h kaarre aiheuttaa hyvin todennäköisesti kirkuntaa,

jos kaarresäde on alle 300 metriä. Nopeusvälillä 25 – 50 km/h kirkunnan toteutumiseen ei voida tehdä suoria päätelmiä nopeuden ja kaarresäteen perusteella. Esimerkiksi merkittävin kirkuntakohde on Ruskonkehän alikulku, jossa nopeus on maltillinen 30-37 km/h mutta silti linjoilla on useita ei-kirskuvia kaarteita, jossa nopeudet ovat suurempia ja kaarresäteet pienempiä.

Kirkunnan voimakkuuteen ei kaarresäteellä tai nopeudella ole selkeää riippuvuutta. (yksittäiset kirkuntatulokset, liite 3). Kirkuntaa voidaan ajatella on/off tyyliseksi ilmiöksi, joka tuottaa tietyn melutason ympäristöön silloin kun kirkuntailmiö toteutuu. Tästä poikkeuksen muodostaa Ruskonkehän alikulun aiheuttamat melutasot, jotka ovat muita kaarteita selkeästi suurempia.

6.2 SORVAUKSESTA KULUNUT KILOMETRIMÄÄRÄ

Raitiovaunun pyörä kuluu kilomerien kertyessä ja sorvauksen tarkoitus on tasoittaa ja palauttaa raitiovaunun pyörä lievään kartiomuotoon. Raitiovaunut ovat teknisesti samanlaisia, mutta sorvauksesta kulunut kilometrimäärä yksi erottava tekijä. Kuvaan 2 on kerätty kaikista eri raitiovaunujen ohitustilanteista tehdyt enimmäisäänitasot LAFmax ja kirkuntahavainnot (liite 3) sekä niitä vastaavat raitiovaunujen kilometrimäärät sorvauksesta. Kuvassa on myös eri kirkuntahavaintojen keskimääräiset kilometrimäärät.



KUVA 2. OHITUSTILANTEIDEN MITTAUKSIEN MELUTASOT JA KIRSKUNTAHAVAINNOT SEKÄ VASTAAVIEN OHITUSTEN RAITIOVAUNUJEN KILOMETRIMÄÄRÄ SORVAUKSESTA.

Sorvauksesta kuluneella kilometrimäärällä ei ole kriittistä vaikutusta kirkunnan toteutumiseen. On kuitenkin havaittavissa, että raitiovaunujen kilometrimäärän kasvaessa kasvaa myös ohitusten määrä, joissa ei synny häiritsevää ääntä. Havaintoa tukee myös ”Ei ääntä” tapahtumien korkeampi kilometrimäärien keskiarvo.

Tietojen perusteella myös juuri sorvatut pyörät eivät aiheuta usein kirskuntaa, mutta jo 10000 kilometrin ajon jälkeen kirskuntaa tapahtuu.

6.3 VOITELU

Raitiovaunuihin on asennettuna pyörän laipan ja kulkupinnan voitelujärjestelmä. Järjestelmä pystyy lisäämään voiteluainetta vaunun sijainnin perusteella ja se on asetettu lisäämään voiteluainetta lähes jokaiseen jyrkempään kaarteeseen. Levitettävät voiteluainemäärät ovat pienet yksittäisen kaarteiden ajon aikana, mutta ainetta levitetään useamman raitiovaunun (ei kaikkien) toimesta ja ajot yksittäisten kaarteiden osalta toistuvat useaan kertaan. Voitelu voi osaltaan selittävä tekijä, miksi pienimpien kaarresäteiden kaarteet eivät aiheuttaneet merkittävää kirskuntaa. Tosin myös nopeudet ovat pieniä näissä kaarteissa.

6.4 PITUUSKALTEVUUS, CASE - RUSKONKEHÄN ALIKULKU

Ruskonkehän alikulun kaarreyhdistelmä erottuu kirskuntatuloksissa selkeästi kirskuntatapahtumien esiintyvyyden kuin melun voimakkuuden osalta. Kaarresäteet eivät ole erityisen lyhyitä ja ajonopeuskin on melko maltillinen. Ero muihin kaarteisiin on rataosan pituuskaltevuudessa. Ruskonkehän alikulun eteläpuolella pituuskaltevuus muuttuu noin 6 % lyhyellä matkalla ja rata on pystysuunnassa kaareva (kovera). Kun raitiovaunu ajaa alikulun alitse ja alkaa nousemaan vastarinnettä, niin takaosa on vielä alamäessä (sama toiseen suuntaan). Pystysuuntaisten muutoksien ja vaakasuuntaisten kaarteiden yhdistelmä tekee ratakohdasta muihin linjojen kaarteisiin verrattuna erityisen, joka voi selittää myös kirskunnan aiheutumisen.

VIITTEET

Palosara 2023. Raitiovaunukaluston kaarremelu Tampereella. Iiro Palosara. Kandidaatintyö. Tampereen yliopisto. Joulukuu 2023

Tikkutehdas pys. itäpuoli (alikulku)
Toistuvia havaintoja
Kohtalainen melutaso, 1-4s
Nopeus: 35-40 km/h
Kaarresäde: 120 m
Taajuudet: 2,5-3,15 kHz

Paasikivenkatu pitkä kaarre
Toistuvia havaintoja
Kohtalainen melutaso, 1-4s
Nopeus: 51-60 km/h
Kaarresäde: 170 m
Taajuudet: 500-600 Hz, 2,5-3,15 kHz

Sepänkatu pysäkin pohjoispuoli
Nopeus: 14-26 km/h
Kaarresäde: 26-30 m

Sepänkatu pysäkin eteläpuoli
Nopeus: 20-31 km/h
Kaarresäde: 50-88 m

Hämeenkatu - Hatanpään valtatie
Nopeus: 13-15 km/h
Kaarresäde: 25-50 m

Sammonkatu - Teiskontie risteysalue
Nopeus: 13-32 km/h
Kaarresäde: 50-100 m

Sammonkatu - Rieväkatu
Nopeus: 12-16 km/h
Kaarresäde: 30 m

Rieväkatu pysäkin eteläpuoli
Nopeus: 16-32 km/h
Kaarresäde: 45 m

Rieväkatu pitkä kaarre
Toistuvia havaintoja
Kohtalainen melutaso, 1-6s
Nopeus: 34-48 km/h
Kaarresäde: 180 m
Taajuudet: 2,5-3,15 kHz

Arkkitiedinkatu SSA-asema
Yksittäisiä havaintoja
Vähäinen melutaso, 2s
Nopeus: 20-38 km/h
Kaarresäde: 95 m
Taajuudet: 500-600 Hz

Hervannan valtaväylä pitkä kaarre
Nopeus: 34-40 km/h
Kaarresäde: 200 m

Ruskonkehän alikulku
Runsaasti havaintoja
Merkittävä melutaso, 1-5s
Nopeus: 30-37 km/h
Kaarresäde: 73-155 m yhdistelmä
Taajuudet: 500-600 Hz, 2,5-3,15 kHz

Hippos pysäkin itäpuoli
Nopeus: 16-37 km/h
Kaarresäde: 100 m

TAYS pysäkin pohjoispuoli
Nopeus: 17-25 km/h
Kaarresäde: 45-80 m

Kampin kampus pysäkin länsipuoli
Nopeus: 19-25 km/h
Kaarresäde: 70 m

TAYS pysäkin eteläpuoli
Toistuvia havaintoja
Kohtalainen melutaso, 1-3s
Nopeus: 22-30 km/h
Kaarresäde: 80 m
Taajuudet: 500-600 Hz, 2,5-3,15 kHz

Rieväkatu - Hervannan valtaväylä
Nopeus: 22-29 km/h
Kaarresäde: 37 m

Hallilan pysäkin pohjoispuoli
Toistuvia havaintoja
Kohtalainen melutaso, 1-7s
Nopeus: 57-66 km/h
Kaarresäde: 251 m
Taajuudet: 4 kHz

Hallilan pysäkin eteläpuoli
Toistuvia havaintoja
Kohtalainen melutaso, 2-4s
Nopeus: 41-50 km/h
Kaarresäde: 200 m
Taajuudet: 2,5-3,15 kHz

Ruskonkehän alikulun eteläpuoli
Runsaasti havaintoja
Merkittävä melutaso, 5-9s
Nopeus: 28-30 km/h
Kaarresäde: 73 m
Taajuudet: 500-600 Hz

Makkarajärvenkatu
Yksittäisiä havaintoja
Vähäinen melutaso, 3s
Nopeus: 31-41 km/h
Kaarresäde: 238 m
Taajuudet: 500-600 Hz

Liite 1, Raitiovaunun liikennöinnin kirsuntahavainnot, TRO04, 27.8.2024

Tulokset esitetty kaarresäteeltään alle 300 m kaarteille
Raitiovaunu klo 5:00 - 11:00 linjalla 1 ja klo 11:30-19:00 linjalla 3
Sää: lämpötila 15-17c, paine 1017-1020 hPa, kosteus 64-92%, ei sadetta

Tikkutehdas pys. itäpuoli (alikulku)
Yksittäisiä havaintoja
Vähäinen melutaso, 1-2s
Nopeus: 35-40 km/h
Kaarresäde: 120 m
Taajuudet: 2,5-3,15 kHz

Paasikivenkatu pitkä kaarre
Toistuvia havaintoja
Kohtalainen melutaso, 1-4s
Nopeus: 51-60 km/h
Kaarresäde: 170 m
Taajuudet: 2,5-3,15 kHz, 4 kHz

Sepänkatu pysäkin pohjoispuoli
Nopeus: 14-26 km/h
Kaarresäde: 26-30 m

Sepänkatu pysäkin eteläpuoli
Nopeus: 20-31 km/h
Kaarresäde: 50-88 m

Hämeenkatu - Hatanpään valtatie
Nopeus: 13-15 km/h
Kaarresäde: 25-50 m

Sammonkatu - Teiskontie risteysalue
Nopeus: 13-32 km/h
Kaarresäde: 50-100 m

Sammonkatu - Rieväkatu
Nopeus: 12-16 km/h
Kaarresäde: 30 m

Rieväkatu pysäkin eteläpuoli
Nopeus: 16-32 km/h
Kaarresäde: 45 m

Rieväkatu pitkä kaarre
Runsasti havaintoja
Kohtalainen melutaso, 1-8s
Nopeus: 34-48 km/h
Kaarresäde: 180 m
Taajuudet: 2,5-3,15 kHz, 4 kHz

Rautatienkadun ylityksen risteysalue
Nopeus: 15-20 km/h
Kaarresäde: 40 m

Hippos pysäkin itäpuoli
Yksittäisiä havaintoja
Vähäinen melutaso, 1-2s
Nopeus: 16-37 km/h
Kaarresäde: 100 m

TAYS pysäkin pohjoispuoli
Nopeus: 17-25 km/h
Kaarresäde: 45-80 m

Kampin kampus pysäkin länsipuoli
Nopeus: 19-25 km/h
Kaarresäde: 70 m

TAYS pysäkin eteläpuoli
Nopeus: 22-30 km/h
Kaarresäde: 80 m

Rieväkatu - Hervannan valtaväylä
Nopeus: 22-29 km/h
Kaarresäde: 37 m

Hallilan pysäkin pohjoispuoli
Toistuvia havaintoja
Kohtalainen melutaso, 1-2s
Nopeus: 59-69 km/h
Kaarresäde: 251 m
Taajuudet: 4 kHz

Hallilan pysäkin eteläpuoli
Nopeus: 41-50 km/h
Kaarresäde: 200 m

Ruskonkehän alikulun eteläpuoli
Runsaasti havaintoja
Merkittävä melutaso, 5-7s
Nopeus: 28-30 km/h
Kaarresäde: 73 m
Taajuudet: 500-600 Hz

Hervantajärvi pysäkki, vaihde
Yksittäisiä havaintoja
Vähäinen melutaso, 1s
Nopeus: 14 km/h
Kaarresäde: 50 m
Taajuudet: 500-600 Hz

Arkkitiedinkatu SSA-asema
Nopeus: 20-38 km/h
Kaarresäde: 95 m

Hervannan valtaväylä pitkä kaarre
Nopeus: 34-40 km/h
Kaarresäde: 200 m

Ruskonkehän alikulku
Toistuvia havaintoja
Merkittävä melutaso, 1-7s
Nopeus: 29-34 km/h
Kaarresäde: 73-155 m yhdistelmä
Taajuudet: 500-600 Hz

Kirskuntaa - Merkittävä melutaso

Kirskuntaa - Kohtalainen melutaso

Kirskuntaa - Vähäinen melutaso

Ei kirskuntaa (kaarresäde alle 300m)

Liite 2, Raitiovaunun liikennöinnin kirskuntahavainnot, TRO05, 28.8.2024

Tulokset esitetty kaarresäteeltään alle 300 m kaarteille
Raitiovaunu klo 5:00 - 11:00 linjalla 1 ja klo 11:30-19:00 linjalla 3
Sää: lämpötila 14-20c, paine 1022-1024 hPa, kosteus 63-88%, ei sadetta

Liite 3. Kirskuntamelun vaikutus - mittaukset 7,5m etäisyydellä 6:ssa eri kaarteessa
27.8.2024

Kaarre	Aika	Vaunu	Km- sorvauks esta [km]	Kaarre säde [m]	No- peus [km/ h]*	Enimmäis- äänitaso 7,5m etäisyydellä LAFmax [dB]	Havainnot
TAYS pys. itäpuoli, itään	9:32:42	TRO18	42760	75	28	75	Lievä kirkkunta
TAYS pys. itäpuoli, itään	9:41:15	TRO04	15487	75	28	79,4	Rahina, lievä kirkkunta
TAYS pys. itäpuoli, länteen	9:46:53	TRO04	15487	80	25	76,1	Rahina
TAYS pys. itäpuoli, itään	9:56:03	TRO20	46224	75	28	75,7	Lievä kirkkunta
TAYS pys. itäpuoli, itään	10:04:35	TRO11	15608	75	28	76,6	Jurnutus, ajojohdin
TAYS pys. itäpuoli, länteen	10:10:18	TRO11	15608	80	25	88,6	Kirkkunta
TAYS pys. itäpuoli, itään	10:10:40	TRO08	30063	75	28	77,6	Lievä kirkkunta
TAYS pys. itäpuoli, itään	10:33:14	TRO04	15487	75	28	80,3	Rahina, lievä kirkkunta
TAYS pys. itäpuoli, länteen	10:39:52	TRO04	15487	80	25	76	Rahina, lievä kirkkunta
TAYS pys. itäpuoli, itään	10:42:05	TRO12	56149	75	28	71,4	Ei ääntä
TAYS pys. itäpuoli, itään		TRO05	34248	75	28		Ei ääntä
TAYS pys. itäpuoli, länteen		TRO05	34248	80	25		Ei ääntä
TAYS pys. itäpuoli, länteen		TRO18	42760	80	25	Ei	Ei ääntä
TAYS pys. itäpuoli, länteen		TRO12	56149	80	25	mittaustulok	Ei ääntä
TAYS pys. itäpuoli, itään		TRO12	56149	75	28	sia.	Ei ääntä
TAYS pys. itäpuoli, länteen		TRO20	46224	80	25	Ohitukset	Ei ääntä
TAYS pys. itäpuoli, länteen		TRO08	30063	80	25	eivät	Ei ääntä
TAYS pys. itäpuoli, itään		TRO05	34248	75	28	tuottaneet	Ei ääntä
TAYS pys. itäpuoli, itään		TRO18	42760	75	28	kirkkuntaa.	Ei ääntä
TAYS pys. itäpuoli, länteen		TRO05	34248	80	25		Ei ääntä
TAYS pys. itäpuoli, länteen		TRO18	42760	80	25		Ei ääntä
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	14:12:40	TRO14	19109	73	30	99,7	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	14:18:47	TRO06	53699	73	30	95,5	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, etelään	14:20:27	TRO17	43468	73	30	95,1	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	14:24:42	TRO04	15487	73	30	101,5	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, etelään	14:26:51	TRO15	11211	73	30	99,1	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	14:30:40	TRO17	43468	73	30	101	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, etelään	14:32:49	TRO19	31593	73	30	100,6	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	14:36:42	TRO15	11211	73	30	99	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, etelään	14:39:15	TRO01	25395	73	30	100,6	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	14:42:40	TRO19	31593	73	30	100,1	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	14:48:43	TRO01	25395	73	30	101	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, etelään	14:49:31	TRO02	636	73	30	93,5	Lievä kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, etelään	14:53:58	TRO09	56703	73	30	74,9	Ei ääntä
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	14:54:45	TRO02	636	73	30	92	Lievä kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, etelään	14:58:08	TRO10	41871	73	30	76,3	Ei ääntä
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	15:00:43	TRO09	56703	73	30	78,6	Ei ääntä
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	15:06:40	TRO10	41871	73	30	100,3	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, etelään	15:08:08	TRO21	600	73	30	78,4	Ei ääntä
Ruskonkehä alikulku, etelään	15:11:18	TRO14	19109	73	30	100,6	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	15:12:49	TRO21	600	73	30	84,1	Lievä kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, etelään	15:16:16	TRO06	53699	73	30	76,6	Ei ääntä
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	15:18:42	TRO14	19109	73	30	100,7	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, etelään	15:23:48	TRO04	15487	73	30	101,9	Kirkkunta
Ruskonkehä alikulku, pohjoiseen	15:24:41	TRO06	53699	73	30	96,5	Kirkkunta
Arkkitehdinkatu SSA-asema, etelään	16:22:49	TRO06	53699	95	24	68,3	Ei ääntä
Arkkitehdinkatu SSA-asema, pohjoiseen	16:25:25	TRO14	19109	95	24	81	Rahina, lievä kirkkunta
Arkkitehdinkatu SSA-asema, etelään	16:30:19	TRO04	15487	95	24	65,8	Ei ääntä
Arkkitehdinkatu SSA-asema, pohjoiseen	16:32:22	TRO06	53699	95	24	72,3	Ei ääntä
Arkkitehdinkatu SSA-asema, etelään	16:38:31	TRO17	43468	95	24	67	Ei ääntä
Arkkitehdinkatu SSA-asema, pohjoiseen	16:39:26	TRO04	15487	95	24	73,6	Lievä kirkkunta
Arkkitehdinkatu SSA-asema, etelään	16:43:14	TRO15	11211	95	24	69,6	Lievä kirkkunta
Arkkitehdinkatu SSA-asema, pohjoiseen	16:45:20	TRO17	43468	95	24	73,6	Paineilman sihaus
Arkkitehdinkatu SSA-asema, etelään	16:46:12	TRO19	31593	95	24	69,9	Ei ääntä
Arkkitehdinkatu SSA-asema, pohjoiseen	16:52:20	TRO15	11211	95	24	76,1	Lievä kirkkunta
Arkkitehdinkatu SSA-asema, etelään	16:53:52	TRO01	25395	95	24	67,8	Ei ääntä
Arkkitehdinkatu SSA-asema, pohjoiseen	16:58:26	TRO19	31593	95	24	74,2	Ajojohtimen kolaus
Arkkitehdinkatu SSA-asema, etelään	17:00:33	TRO02	636	95	24	67,7	Ei ääntä
Arkkitehdinkatu SSA-asema, pohjoiseen	17:04:25	TRO01	25395	95	24	67,4	Ei ääntä
Arkkitehdinkatu SSA-asema, etelään	17:06:27	TRO09	56703	95	24	67,3	Ei ääntä

Arkkitehdinkatu SSA-asema, pohjoiseen	17:10:22	TRO02	636	95	24	75,4	Ajojohtimen kolaus
Arkkitehdinkatu SSA-asema, etelään	17:12:12	TRO10	41871	95	24	68,1	Ei ääntä
Arkkitehdinkatu SSA-asema, pohjoiseen	17:16:23	TRO09	56703	95	24	74,4	Ajojohtimen kolaus
Arkkitehdinkatu SSA-asema, pohjoiseen	17:22:21	TRO10	41871	95	24	74	Ajojohtimen kolaus
Arkkitehdinkatu SSA-asema, etelään	17:23:08	TRO21	600	95	24	65,1	Ei ääntä
Hallila pys. pohjoisp., pohjoiseen	17:49:09	TRO06	53699	250	68	83	Lievä kirkkunta
Hallila pys. pohjoisp., etelään	17:52:36	TRO01	25395	251	40	85,4	Kirkkunta
Hallila pys. pohjoisp., pohjoiseen	17:55:58	TRO04	15487	250	68	83,7	Lievä kirkkunta
Hallila pys. pohjoisp., etelään	17:58:35	TRO02	636	251	40	83,5	Kirkkunta
Hallila pys. pohjoisp., pohjoiseen	18:02:05	TRO17	43468	250	68	84	Lievä kirkkunta
Hallila pys. pohjoisp., etelään	18:04:23	TRO19	31593	251	40	82,2	Lievä kirkkunta
Hallila pys. pohjoisp., pohjoiseen	18:07:51	TRO15	11211	250	68	86,1	Kirkkunta
Hallila pys. pohjoisp., etelään	18:11:06	TRO10	41871	251	40	85,1	Kirkkunta
Hallila pys. pohjoisp., pohjoiseen	18:16:26	TRO19	31593	250	68	83,6	Lievä kirkkunta
Hallila pys. pohjoisp., etelään	18:17:56	TRO21	600	251	40	82,3	Lievä kirkkunta

28.8.2024

Kaarre	Aika	Vaunu	Km-sorvauks esta [km]	Kaarre säde [m]	No- peus [km/ h]*	Enimmäis- äänitaso 7,5m etäisyydellä LAFmax [dB]	Havainnot
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, länteen	9:44:14	TRO20	46224	170	59	87,6	Kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, itään	9:46:01	TRO11	15608	173	59	87,8	Kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, länteen	9:49:51	TRO12	56149	170	59	84,9	Kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, itään	9:52:47	TRO20	46224	173	59	81,3	Lievä kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, länteen	9:59:43	TRO09	56703	170	59	78,9	Ei ääntä
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, itään	10:00:51	TRO12	56149	173	59	84,2	Lievä kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, länteen	10:04:55	TRO05	34248	170	59	82,7	Lievä kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, itään	10:07:53	TRO09	56703	173	59	81,9	Lievä kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, itään	10:16:00	TRO05	34248	173	59	82,7	Lievä kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, länteen	10:20:24	TRO17	43468	170	59	79,6	Lievä kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, itään	10:23:02	TRO21	600	173	59	80,3	Ei ääntä
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, länteen	10:29:29	TRO11	15608	170	59	81,1	Lievä kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, itään	10:30:54	TRO17	43468	173	59	80,8	Lievä kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, länteen	10:34:21	TRO20	46224	170	59	84,9	Lievä kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, itään	10:38:04	TRO11	15608	173	59	88,1	Kirkkunta
Paasikivenkatu pitkä kaarre SSA, länteen	10:42:48	TRO12	56149	170	59	79,7	Lievä kirkkunta
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, etelään	12:09:12	TRO06	53699	36	25	88,6	Kirkkunta
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, pohjoiseen	12:11:56	TRO19	31593	37	25	70,4	Ei ääntä
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, etelään	12:16:16	TRO15	11211	36	25	73,7	Lievä kirkkunta
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, pohjoiseen	12:19:27	TRO05	34248	37	25	69,8	Ei ääntä
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, etelään	12:24:49	TRO07	21101	36	25	73,3	Ei ääntä
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, etelään	12:30:37	TRO14	19109	36	25	77,2	Lievä kirkkunta
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, pohjoiseen	12:34:35	TRO10	41871	37	25	74,2	Lievä kirkkunta
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, etelään	12:39:52	TRO04	15487	36	25	74,1	Lievä kirkkunta
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, pohjoiseen	12:41:14	TRO06	53699	37	25	77,1	Lievä kirkkunta
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, etelään	12:45:58	TRO19	31593	36	25	71,7	Ei ääntä
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, pohjoiseen	12:48:35	TRO15	11211	37	25	70,5	Ei ääntä
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, pohjoiseen	12:56:14	TRO07	21101	37	25	69,1	Ei ääntä
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, etelään	12:57:36	TRO05	34248	36	25	74,5	Ei ääntä
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, etelään	13:01:23	TRO08	30063	36	25	74,7	Lievä kirkkunta
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, pohjoiseen	13:03:56	TRO14	19109	37	25	70,7	Ei ääntä
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, etelään	13:09:04	TRO10	41871	36	25	74,1	Ei ääntä
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, pohjoiseen	13:11:30	TRO04	15487	37	25	69,7	Ei ääntä
Rieväkatu - Herv. valtavyylä, etelään	13:16:11	TRO06	53699	36	25	73,3	Ei ääntä

*Nopeudet määritetty TRO04 27.8.2024 saadun mittaustiedon perusteella, keskimääräinen arvo