

MAANMITTAUSLAITOS

# LUUMÄKI-IMATRA/TAVARA –RADANPARAN- NUSHANKKEEN MELU- JA TÄRINÄSELVITYS RATATOIMITUSTA VARTEN RAPORTTI

2.12.2018



310268

## Sisällysluettelo

<b>1.</b>	<b>Selvityksen lähtökohdat ja tavoite .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Aineisto ja menetelmät .....</b>	<b>3</b>
2.1.	Selvityksen sisältö ja tekijät .....	3
2.2.	Melun laskentamalli .....	3
<b>3.</b>	<b>Mittausmenetelmät .....</b>	<b>4</b>
3.1.	Melumittaukset .....	4
3.1.1.	Melumittausten tulosten analysointi .....	4
3.2.	Tärinämittaukset .....	4
3.2.1.	Tärinämittausten tulosten analysointi .....	5
3.3.	Arvio menetelmien mittausepävarmuudesta .....	5
3.3.1.	Melumittausten epävarmuus .....	5
3.3.2.	Tärinämittausten epävarmuus .....	6
<b>4.</b>	<b>Tulokset .....</b>	<b>6</b>
4.1.	Melumittaukset .....	6
4.2.	Melutasojen laskennallinen tarkastelu .....	8
4.2.1.	Laskennallinen tarkastelu, kun junamäärät on korjattu mittausten mukaisiksi	10
4.3.	Tärinämittaukset .....	11
4.3.1.	Poikittaislinja 1; P3, P4 ja P42 .....	13
4.3.2.	Poikittaislinja 2; P11, P12 ja P43 .....	14
4.3.3.	Poikittaislinja 3; P15, P44 ja P45 .....	15
4.3.4.	Poikittaislinja 4; P24, P47 ja P48 .....	16
4.3.5.	Poikittaislinja 5; P33, P49 ja P50 .....	17
4.3.6.	Poikittaislinja 6; P35 ja P41 .....	18
4.3.7.	Vertailu maapiste / rakenne .....	19
<b>5.</b>	<b>Johtopäätökset .....</b>	<b>20</b>
	<b>Viitteet .....</b>	<b>21</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>21</b>

## 1. Selvityksen lähtökohdat ja tavoite

Rataosuudelle Luumäki - Imatra tavara on laadittu ratasuunnitelma, jonka perusteella rataa tullaan parantamaan mm. rakentamalla osalle osuutta toinen raide nykyisen raiteen viereen. Ratatoimituksen melu- ja tärinäselvitys on laadittu rataosuuden Luumäki – Imatra tavara nykyisten melu- ja tärinävaikutusten arvioimiseksi.

Tavoitteena oli suorittaa mittaukset ja niiden raportointi niin tarkasti, että mittaukset voidaan toistaa rataosuudella tehtävien parannustoimenpiteiden valmistuttua ja sitä kautta saada tietoa radan parantamisen vaikutuksista melu- ja tärinätasoihin. Rataan tehtävien muutosten meluvaikutuksia on tarkasteltu myös laskennallisesti.

## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1. Selvityksen sisältö ja tekijät

WSP Finland Oy on laatinut raideliikennemelun laskennalliset tarkastelut Luumäki-Imatra radanparannushankkeeseen sekä suunnitellut myös meluntorjuntarakenteet parannettavalle rataosuudelle. WSP on laatinut myös ratasuunnitelman muut osa-alueet, sisältäen rata- ja geotekniset suunnitelmat. Näiden aikaisemmin laadittujen toimeksiantojen kautta WSP:llä on käytettävissä melua ja tärinää koskevat aineistot suunnitteluvaiheesta.

Ratatoimituksen melu- ja tärinäselvitys sisälsi ympäristömelumittausten toteutuksen 54 kohteeseen ja tärinämittausten toteutuksen 50 kohteeseen toukokuun – heinäkuun 2018 välisenä aikana. Mittaustuloksia tullaan käyttämään vertailuarviona radanparannushanke valmistumisen jälkeen tehtäville mittauksille.

Valituille melun mittauspaikeille määritettiin lisäksi laskennallisesti arvioidut raideliikenteen aiheuttamat melutasot nykytilanteessa ja ennustetilanteessa, jossa rataosuuden parannustyöt on toteutettu.

Selvityksen mittaustyöt tehtiin WSP Finland Oy:n ja Taratest Oy:n yhteistyönä WSP:n toimiessa hankkeen vastuullisena konsulttina. WSP vastasi meluselvityksen osuudesta ja hankkeen kokonaisuudesta, Taratest Oy teki tärinää koskevat mittaukset alihankkijana WSP Finland Oy:lle.

### 2.2. Melun laskentamalli

Luumäki – Imatra tavara -rataosuuden ratasuunnitelman yhteydessä tehtyä melun laskentamallia sekä melulaskennan tuloksia käytettiin tässä työssä melun mittauspaikeiden valinnassa. Ratasuunnitelman melulaskentamallilla myös määritettiin melun mittauspaikeiden laskennalliset keskiäänitasot ( $L_{Aeq7-22}$  ja  $L_{Aeq22-7}$ ) ja enimmäisäänitasot ( $L_{Amax}$ ) nyky- ja ennustetilanteessa. Ennustetilanteen tarkastelussa huomioitiin rataosuudelle suunnitellut uudet meluesteet.

### 3. Mittausmenetelmät

#### 3.1. Melumittaukset

Melumittausten tarkoituksena oli selvittää raideliikenteen aiheuttamat melutasot 54 kohteessa, siten että mittaustuloksia voidaan vertailla myöhemmin tehtävien mittausten tuloksiin. Mittauspaikat valittiin alueilta, joilla melutasojen arvioitiin kasvavan radan parannuksen jälkeen nykyisestä tasosta ja joilla melutasojen ohjearvotasot tulevat todennäköisesti ylittymään radan parantamisen jälkeen. Mittauspaikkojen valinnassa käytettiin apuna rata-suunnitelman yhteydessä tehtyjä laskennallisia melutarkasteluja.

Mittauspaikkojen sijainnit esitetään liitteessä 1.

Mittaukset suoritettiin touko- heinäkuussa 2018. Jokaisella mittauspaikalla mittausjakson pituus oli 24 tuntia. Mittaustulokset tallennettiin mittalaitteiden muistiin 1 sekunnin jaksoissa. Tallennettavat tunnusluvut olivat keskiäänitaso ( $L_{Aeq}$ ) ja hetkellinen maksimitaso ( $L_{AFmax}$ ). Mittalaitteet kalibroitiin ennen ja jälkeen mittauksen ulkoisella kalibraattorilla. Mittaukset suoritettiin standardien SFS 2877 / IEC651 ja IEC 804 vaatimukset täyttävillä laatuolosuhteiden 1 mittareilla.

Mittausten aikana Saimaan kanavan ratasillalla sekä Mansikkakosken sillalla oli alennettu nopeusrajoitus Rautateiden 2/2017 väylätietojen perusteella (Liikennevirasto: Rautateiden verkkoselostus 2018). Saimaan kanavan ratasillalla ja Mansikkakosken ratasillalla henkilö- sekä tavarajunien nopeusrajoitus on 40 km/h. Molemmilla silloilla nopeusrajoituksen syy on siltojen huono kunto. Tietojemme mukaan välillä Luumäki-Imatra/Tavara ei melumittausten aikaan ollut muita pistemäisiä nopeusrajoituksia.

Mittaukset pyrittiin tekemään ympäristömelun mittausohjeen mukaisesti (Ympäristöministeriö 1995).

##### 3.1.1. Melumittausten tulosten analysointi

Mittaustuloksista poistettiin junien ohitusten aikaiset selvät häiriöäänne ennen junakohtaisen tulosten käsittelyä. Muita mittausjaksojen aikana tapahtuneita häiriöäänne ei ole poistettu. VR Track Oy:ltä saatujen junaliikennetietojen ja tehtyjen äänitallenteiden perusteella tunnistettiin mittaustuloksista junien ohitusten aiheuttamat äänitasot. Liitteessä 2 esitetään jokaisesta mittauspaikasta erikseen laaditut mittauskortit, joissa esitetään mittauspaikan tiedot sekä junien ohitusten aiheuttamat päivä- ja yöajan keskiäänitasot. Junien ohitusten aiheuttamat keskiäänitasot esitetään myös junakohtaisesti yhdessä junan tietojen kanssa. Näitä tietoja voidaan käyttää vertailtaessa mittaustuloksia parannustoimenpiteiden suorittamisen jälkeen tehtyihin mittaustuloksiin.

Kaikkien junien ohituksia ei pystytty taustamelun vuoksi tunnistamaan mittaustuloksista. Tunnistamatta jääneiden junien lukumäärä esitetään mittauskorteissa (liite 2).

Mittaukset on tehty ajankohtana vallinneissa olosuhteissa, minkä vuoksi kaikki mittaukset eivät ole olosuhteiltaan mittausohjeen mukaisia.

#### 3.2. Tärinämittaukset

Junaliikenteen aiheuttamia tärinätasoja mitattiin laaditun mittaussuunnitelman mukaisesti 40 mittauskohteessa sekä 10 lisämittauskohteessa. Mittauspaikkojen sijainnit esitetään liitteessä 3.

Tärinämittaukset suoritettiin White Industrial Seismology, Inc valmistamilla Mini Seis – tärinämittareilla. Tärinämittarit rekisteröivät ja tallentavat heilahdusnopeudelle asennetun kynnysarvon ylittävät tärinä tapahtumat 6 sekunnin jaksoin x, y, z –suunnissa. Kynnysarvo oli pienimmillään 0,064 mm/s. Mittauksen näytteenottotaajuus oli 1024 kpl/s, jolloin mittauksen taajuusalue 2 – 250 Hz kattaa junien aiheuttaman tärinän taajuudet.

Mittausjaksojen pituus kullakin paikalla oli 7 vrk. Mittaukset suoritettiin rakenteista mittamalla, jolloin saatiin rakenteisiin kohdistuvat todelliset tärinät mitattua ja mahdollistettiin parempi mittausten toistettavuus tulevien mittausten yhteydessä. Lisäpisteistä oli 10 kpl, joista kaksi oli maassa pintamaakerroksen alapuolelle noin 0,5 metrin syvyydessä ja loput 8 lisäpistettä rakenteissa.

Mittauksilla kartoitettiin mittausjakson aikana 15 merkittävintä tärinä tapahtumaa, joiden perusteella laskettiin VTT:n ohjeen mukaisesti tärinän tunnusluvut,  $V_{w,95}$  (VTT 2004: Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta). Kullekin mittauspaikalle esitetään 15 merkittävimmän tärinä tapahtuman suurin mitattu heilahdusnopeus ( $V_{max}$ ) sekä 15 tärinä tapahtuman perusteella laskettu taajuuspainotettuihin tehollisarvoihin perustuva tunnusluku  $V_{w,95}$ . Edellä mainittu tunnusluku ( $V_{w,95}$ ) on esitetty niille mittauspaikoille, joissa on ollut riittävästi havaintoja tunnusluvun laskemiseen.

Junatiedot (tyyppi, pituus ja paino) hankittiin VR Track Oy:ltä jälkikäteen niiden junien osalta, jotka aiheuttivat suurimmat tärinät.

Mittauspaikkojen tiedot dokumentoitiin sellaisella tarkkuudella, että seuraavat mittaukset voidaan toteuttaa samoilla paikoilla.

### 3.2.1. Tärinämittausten tulosten analysointi

Mittauspisteiden data käsiteltiin siten, että 7-8 vrk:n mittausdatasta poistettiin ensin selvät häiriötärinät. Sitten yksittäisen junan mahdollisesti aiheuttamista useista 6 sekunnin jaksoista poistettiin heilahdusnopeuden maksimiarvoltaan pienimmät, ja vain yksi jakso (6 sekuntia) juna kohden jätettiin jäljelle. Näistä eroteltiin mittauspistekohtaisesti 15 suurimman heilahdusnopeuden huipun sisältävät junat. Liitteessä 4 esitetään mittauskortit, joihin on liitetty pisteen sijainti- ym. tiedot ja mittauks tulokset 15 suurimmat tärinä tapahtumasta.

## 3.3. Arvio menetelmien mittausepävarmuudesta

### 3.3.1. Melumittausten epävarmuus

Mittauks tulosten epävarmuus lisääntyy mittauks etäisyyden kasvaessa. Ympäristöministeriön mittauks ohjeessa (Ympäristöministeriö 1995) 100 metrin mittauks etäisyydelle annettu mittauks epävarmuus on 4 dB ja 500 metrin etäisyydellä epävarmuus on 7 dB. Melumittauspaikkojen mittauks etäisyydet rataan vaihtelevat noin välillä 100 – 300 metriä. Siten mittauks etäisyyden aiheuttama yksittäisen mittauks en mittauks epävarmuus on noin 5 dB.

Melumittausten tuloksiin vaikuttavat merkittävästi sääolosuhteet. Mittaukset pyrittiin tekemään olosuhteissa, joissa tuulen suunta ja nopeus olivat ympäristöministeriön mittauks ohjeen mukaisia. Ohjeen mukaan tuulen suunnan pitäisi olla  $\pm 45$  asteen sektorissa melulähteestä mittauks paikalle päin ja tuulen nopeuden korkeintaan 5 m/s. Mittauspaikkakohtaisissa mittauks korteissa on esitetty mittauks jakson aikaiset tuulen suunnat (liite 2).

Mittaustulosten epävarmuutta voidaan vähentää tekemällä useita mittauksia. Vuorokauden mittausjakson aikana on mitattu useiden junien ohituksia, jonka voidaan katsoa pienentävän mittausepävarmuutta. Siten mittausolosuhteiden täyttäessä mittausohjeen vaatimukset, voidaan mittausepävarmuuden katsoa olevan päivä- ja yöaikaisen keskiäänitason osalta 2 – 3 dB 100 – 300 metrin etäisyyksillä radasta. Mikäli tuulen suunta ei ole ollut mittausohjeen mukainen, on mittausepävarmuus kyseisen mittauksen osalta 10 dB.

### 3.3.2. Tärinämittausten epävarmuus

Tärinämittaukset eivät ole niin alttiita olosuhteiden vaihtelun aiheuttamille vaikutuksille kuin melumittaukset. Mittaukset ovat olosuhteiden osalta hyvin vertailukelpoisia, kun ne toteutetaan samaan vuoden aikaan maaperän ollessa sula.

Tässä selvityksessä mittausjakson pituus kussakin kohteessa on ollut 7 vuorokautta, mikä on VTT:n laatiman selvityksen (VTT 2004) mukainen mittausaika. Yksittäisten tärinätapah- tumien 15 suurimmasta havainnosta on laskettu edellä mainitun ohjeistuksen mukaisesti tilastollinen tunnusluku, joka edustaa 95 % todennäköisyydellä liikennevälineiden aiheut- tamia tärinätasoja.

## 4. Tulokset

### 4.1. Melumittaukset

Mittauspaikoilla mitattuihin äänenpainetason kokonaistasoihin vaikuttavat junaliikenteen lisäksi monet muut tekijät. Näitä muita melun aiheuttajia voidaan pitää häiriöäänien aiheut- tajina, kun tavoitteena on todentaa vain raideliikenteen aiheuttamia melutasoja. Mittaustu- loksista on pyritty erottamaan ainoastaan junaliikenteen aiheuttamat melutasot, minkä vuoksi mittausjakson kokonaismelutasot ovat useilla mittauspaikoilla merkittävästi suu- rempina kuin junien aiheuttamat melutasot (liite 2). Mittauspaikkojen kokonaismelutasot poikkeavat pelkästään raideliikenteen aiheuttamista tasoista mittauspaikoilla 0 dB ... 24 dB.

Taulukossa 1 esitetään melun mittausdatasta tunnistettujen junien aiheuttamat päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq7-22}$  ja  $L_{Aeq22-7}$ ). Näitä tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että mittaustulokset edustavat kullakin mittauspaikalla kyseisenä ajanjaksona tapahtunutta junaliikennettä ja jakson aikana vallinneita sääolosuhteita.

Taulukko 1. Mitatut junien ohitusten aiheuttamat keskiäänitasot.

Mittauspaikka, nro	Osoite	Mittausaika	Junien aiheuttama	
			LAeq 7-22 (dB)	LAeq 22-7 (dB)
1	Toikkalantie 107	9.7.2018 klo 14:35 - 10.7.2018 klo 14:40	42	45
2	Ylikkälänraitti 292	9.7.2018 klo 15:25 - 10.7.2018 klo 15:15	39	46
3	Mäntyläntie 2 A	9.7.2018 klo 16:00 - 10.7.2018 klo 16:45	57	61
4	Paraistentie 3	9.7.2018 klo 16:40 - 10.7.2018 klo 17:00	40	43
5	Ratakatu 34	9.7.2018 klo 17:30 - 10.7.2018 klo 17:15	41	46
6	Reunakatu 79	30.5.2018 klo 12:45 - 31.5.2018 klo 13:15	43	48
7	Reunakatu 52 B	30.5.2018 klo 12:15 - 31.5.2018 klo 12:10	48	51
8	Karjalantie 23	9.7.2018 klo 18:45 - 10.7.2018 klo 19:25	37	44
9	Harjukatu 31	29.5.2018 klo 13:10 - 30.5.2018 klo 13:50	49	53
10	Pehtoorintie 32	29.5.2018 klo 12:40 - 30.5.2018 klo 14:00	46	48
11	Haartmaninkatu 19	29.5.2018 klo 12:00 - 30.5.2018 klo 11:40	44	47
12	Kanttärinkatu 12	29.5.2018 klo 11:30 - 30.5.2018 klo 11:25	35	38
13	Kanavansuunranta 12	29.5.2018 klo 10:50 - 30.5.2018 klo 10:50	46	49
14	Mastokatu 4	29.5.2018 klo 10:15 - 30.5.2018 klo 10:40	43	47
15	Mastokatu 18	29.5.2018 klo 9:40 - 30.5.2018 klo 9:40	40	43
16	Laihianrannantie 16	30.5.2018 klo 10:30 - 31.5.2018 klo 13:30	38	45
17	Nurmentie 15	30.5.2018 klo 14:30 - 31.5.2018 klo 14:15	55	59
18	Karjalaisentie 1	9.7.2018 klo 19:10 - 10.7.2018 klo 19:05	46	47
19	Hanuritie 1	30.5.2018 klo 16:00 - 31.5.2018 klo 15:30	37	43
20	Kelotie 12	30.5.2018 klo 16:45 - 31.5.2018 klo 10:15	44	48
21	Puusementintie 22	9.7.2018 klo 19:40 - 10.7.2018 klo 19:45	51	54
22	Jäkälätie 5	30.5.2018 klo 16:25 - 31.5.2018 klo 15:30	32	35
23	Vanhatie 8	10.7.2018 klo 15:50 - 11.7.2018 klo 15:55	51	54
24	Saimaantie 15	10.7.2018 klo 16:20 - 11.7.2018 klo 16:25	45	48
25	Kesolantie 24	14.7.2018 klo 12:20 - 15.7.2018 klo 13:00	46	45
26	Pöyhiäntie 3	10.7.2018 klo 18:05 - 11.7.2018 klo 18:10	38	43
27	Vanha Myllytie 10	10.7.2018 klo 18:30 - 11.7.2018 klo 18:25	43	47
28	Vanha Myllytie 16	10.7.2018 klo 2:15 - 11.7.2018 klo 20:50	41	39
29	Vanha Myllytie 18	14.7.2018 klo 12:40 - 15.7.2018 klo 12:45	39	41
30	Putkinotkontie 112	10.7.2018 klo 21:05 - 11.7.2018 klo 21:00	52	54
31	Vesikkolantie 1	10.7.2018 klo 20:35 - 11.7.2018 klo 20:45	42	44
32	Vesikkolantie 56	14.7.2018 klo 12:55 - 15.7.2018 klo 12:50	43	42
33	Kiviharjuntie 67	11.7.2018 klo 19:15 - 12.7.2018 klo 19:15	39	45
34	Veromalamenttie 54	11.7.2018 klo 17:25 - 12.7.2018 klo 17:20	45	48
35	Villentie 16	11.7.2018 klo 20:10 - 12.7.2018 klo 20:05	53	55
36	Rajakuja 3	11.7.2018 klo 20:25 - 12.7.2018 klo 20:25	52	53
37	Rauhantie 40	12.7.2018 klo 9:50 - 13.7.2018 klo 10:20	31	42
38	Rauhantie 33	12.7.2018 klo 9:30 - 13.7.2018 klo 10:15	35	42
39	Rauhantie 76	12.7.2018 klo 9:10 - 13.7.2018 klo 10:05	37	47
40	Revonhäntä 25	12.7.2018 klo 17:05 - 13.7.2018 klo 16:50	36	47
41	Mustikkapolku 13	12.7.2018 klo 18:05 - 13.7.2018 klo 17:55	45	52
42	Mannerintie 32	12.7.2018 klo 19:55 - 13.7.2018 klo 19:50	57	61
43	Joutsenonkatu 100	12.7.2018 klo 21:05 - 13.7.2018 klo 21:05	51	54
44	Saarankatu 33	14.7.2018 klo 18:30 - 15.7.2018 klo 18:10	51	47
45	Viitatieaisenuja 1	14.7.2018 klo 17:30 - 15.7.2018 klo 17:30	44	41
46	Ruokokerttusenkatu 11	13.7.2018 klo 10:45 - 14.7.2018 klo 10:45	44	49
47	Asemäentie 18	12.7.2018 klo 21:30 - 13.7.2018 klo 21:30	43	46
48	Mansikkakuja 4	13.7.2018 klo 11:30 - 14.7.2018 klo 11:30	42	44
49	Siitolanranta 5	13.7.2018 klo 11:50 - 14.7.2018 klo 11:50	52	54
50	Lossituvanranta 4	13.7.2018 klo 17:15 - 14.7.2018 klo 17:15	46	49
51	Rönberginkuja 5	13.7.2018 klo 18:35 - 14.7.2018 klo 18:20	30	40
52	Jauhosienuja 13	13.7.2018 klo 21:50 - 14.7.2018 klo 21:45	43	45
53	Rouskunkatu 19	13.7.2018 klo 22:10 - 14.7.2018 klo 22:05	33	37
54	Topparoikka 2	13.7.2018 klo 20:10 - 14.7.2018 klo 21:35	40	38

## 4.2. Melutasojen laskennallinen tarkastelu

Melun mittauspaikoille toteutettiin myös mittauspaikkojen melutasojen laskennallinen arviointi. Laskentapisteen sijoitettiin melun laskentamallissa samoille paikoille kuin mittauspaikat. Laskennallisesti määritettiin mittauspaikkojen keskiäänitasot ( $L_{Aeq7-22}$  ja  $L_{Aeq22-7}$ ) ja enimmäistasot ( $L_{Amax}$ ) nyky- ja ennustetilanteessa. Ennustetilanteessa huomioitiin rata-suunnitelmassa toteutettavaksi esitetyt uudet melusteet. Laskennalliset melutasot esitetään taulukossa 2.

Melutasojen laskennallisen tarkastelun tulokset edustavat teoreettista tilannetta, jossa olosuhteiden vaikutukset äänen etenemiseen ovat vakiot tarkastelluissa olosuhteissa. Tässä suhteessa ennen / jälkeen tilanteiden tarkastelu on vertailukelpoinen keskenään. Ennustetilanteen laskennallinen tarkastelu sisältää myös raideliikenteen määrissä ja nopeuksissa tapahtuvat muutokset sekä radan sijainnissa ja korkeusasemassa tapahtuvat muutokset. Nämä kaikki tekijät vaikuttavat myös raideliikenteen aiheuttamiin melutasoihin.

Taulukon värityksestä voi päätellä, että useimmissa tarkastelukohteissa raideliikenteen arvioidaan aiheuttavan melutasojen lievää kasvua keskiäänitasojen kasvun ollessa 0 dB ... 2 dB. Laskennallisen arvioinnin perusteella mittauspaikkojen joukossa on myös kohteita, joissa melutasojen arvioidaan pienentyvät nykyisestä tasosta radan läheisyyteen toteutettavien melusteiden vaikutuksesta.



**Taulukko 2. Laskennallisesti määritetyt keskiääni- ja enimmäistasot mittauspaikoilla nyky- sekä ennustetilanteessa. Melutasojen muutosten osalta melutason pieneneminen merkitty vihreällä ja suureneminen punaisella värillä.**

Mittaus- paikka	Keskiäänitaso, LAeq (dB)						Enimmäistaso, LAmax (dB)		
	Päivämelu (LAeq7-22)			Yömelu (LAeq22-7)			Päivä- ja yömelu		
	Nyky- tilanne	Ennuste- tilanne melun- torjunnalla	Melutason muutos	Nyky- tilanne	Ennuste- tilanne melun- torjunnalla	Melutason muutos	Nyky- tilanne	Ennuste- tilanne melun- torjunnalla	Melutason muutos
1	51,4	52,5	1,1	51,4	51,4	0	72,1	73,7	1,6
2	55,5	56,7	1,2	55,4	55,5	0,1	77,7	81,3	3,6
3	63,3	65,2	1,9	63,2	64,2	1	85,7	91,2	5,5
4	54,6	55,7	1,1	54,6	54,6	0	76,6	78,7	2,1
5	52,5	54,3	1,8	53,5	55,1	1,6	76,7	77,7	1
6	61,9	56,5	-5,4	62,9	57,3	-5,6	85,3	79,2	-6,1
7	58,4	60,1	1,7	59,3	61	1,7	81,8	86,7	4,9
8	60,6	61,9	1,3	61,2	62,2	1	83,3	87,3	4
9	61,8	58,1	-3,7	62,4	58,5	-3,9	84,8	82,5	-2,3
10	58,5	51,8	-6,7	59,1	52,3	-6,8	81,4	75,1	-6,3
11	59,6	59,7	0,1	60,2	59,7	-0,5	82,7	82,1	-0,6
12	50,2	50,4	0,2	50,8	50,6	-0,2	71,9	75,3	3,4
13	56	52,6	-3,4	56,6	53	-3,6	80	78,3	-1,7
14	53,5	50	-3,5	54,1	50,4	-3,7	76,3	73,6	-2,7
15	55,1	54,4	-0,7	55,7	54,5	-1,2	77,3	80,7	3,4
16	56,4	57,3	0,9	57	57,4	0,4	79,1	80	0,9
17	63	63,8	0,8	63,6	64	0,4	86,1	89,8	3,7
18	56,7	57,1	0,4	57,3	57,3	0	79,3	84,4	5,1
19	54,8	55,4	0,6	55,5	55,9	0,4	77,1	79,8	2,7
20	53,4	54,7	1,3	53,9	54,8	0,9	76,3	80,1	3,8
21	60,5	61,5	1	61,1	61,6	0,5	83,6	83,9	0,3
22	54,1	54,8	0,7	54,7	54,7	0	75,6	76,5	0,9
23	63,4	65,6	2,2	61,6	63,5	1,9	86,4	90,1	3,7
24	59,3	61	1,7	57,6	58,8	1,2	82,6	84,1	1,5
25	58	61,8	3,8	56,3	59,5	3,2	81	85	4
26	57,8	59,9	2,1	56	57,5	1,5	80,3	82,1	1,8
27	61,7	63	1,3	59,9	60,7	0,8	84,7	86,7	2
28	58,9	61,2	2,3	57	58,8	1,8	81,9	84,1	2,2
29	59,5	61,4	1,9	57,7	59	1,3	82,7	84,4	1,7
30	58,7	60,2	1,5	56,9	58	1,1	81,5	83,3	1,8
31	54,6	56,2	1,6	52,8	53,8	1	76,8	78,5	1,7
32	55,3	57,8	2,5	53,5	55,4	1,9	78,5	81	2,5
33	51,9	53	1,1	50,1	50,6	0,5	74,1	74,3	0,2
34	57,2	58,2	1	55,4	55,8	0,4	79,7	80,9	1,2
35	63	56,8	-6,2	61,2	54,4	-6,8	85,9	79	-6,9
36	59,4	60,8	1,4	57,6	58,5	0,9	82,3	84	1,7
37	51,4	53,3	1,9	49,6	51,3	1,7	72,2	74,6	2,4
38	51,8	54,2	2,4	50	52,3	2,3	74	79,3	5,3
39	56	57,7	1,7	54,1	55,9	1,8	78,5	80,8	2,3
40	52,8	54,4	1,6	51	52,5	1,5	74,9	78,3	3,4
41	55,6	57	1,4	53,8	55,3	1,5	77,7	79,2	1,5
42	65,5	58,1	-7,4	63,8	56,5	-7,3	88,7	80,9	-7,8
43	61	61,2	0,2	59,2	59,5	0,3	84,3	84,3	0
44	61,5	61,3	-0,2	59,7	59,6	-0,1	84,5	84,4	-0,1
45	59,2	59,2	0	57,3	57,5	0,2	82,1	82,1	0
46	55,3	56,2	0,9	53,5	54,6	1,1	78,3	81,9	3,6
47	61,8	61,7	-0,1	60	60,1	0,1	84,8	85,2	0,4
48	53,9	54,7	0,8	52,1	53,1	1	76,7	81,5	4,8
49	59,7	59,4	-0,3	57,9	58,2	0,3	83,1	88,2	5,1
50	51,1	50,9	-0,2	49,3	49,6	0,3	73,2	80,5	7,3
51	51,3	51,4	0,1	49,4	50,2	0,8	73,5	78,2	4,7
52	57,8	57,6	-0,2	56	56,3	0,3	80,5	81,6	1,1
53	52,4	53,4	1	49,8	51,1	1,3	73,8	74,5	0,7
54	57	58,3	1,3	55,1	56,3	1,2	81,7	83,2	1,5

Laskennallisten tulosten perusteella lähes kaikilla mittauspaikoilla melun keskiäänitaso ylittää jo nykyisin päiväajan keskiäänitasolle annetun ohjearvotason 55 dB ja yöajan ohjearvotason 50 dB. Junaliikenteen aiheuttamat enimmäistason nykytilanteessa ovat laskennan mukaan pienimmillään 72 dB (mittauspaikat 1 ja 12) ja suurimmillaan 89 dB (mittauspaikka 42). Enimmäistaso ylittää 80 dB noin puolella mittauspaikoista.

Yleisesti melun keskiäänitasot kasvavat ennustetilanteessa noin 0 – 2 dB nykytilanteeseen verrattuna. Myös enimmäisäänitasojen osalta muutokset ovat tätä luokkaa.

Mittauspaikkojen 6, 9, 10, 13, 14, 35 ja 42 kohdalle on suunnitelmien mukaisessa ennustetilanteessa rakennettu uutta meluntorjuntaa, joten näillä paikoilla keskiäänitasot alenevat 3 – 7 dB. Enimmäisäänitasojen kohdalla muutokset ovat samaa luokkaa.

Mittauspaikat 48, 49, 50 ja 51 sijaitsevat Mansikkakosken sillan läheisyydessä. Uusi rata siirtyy lähemmäksi näitä paikkoja nykytilanteeseen verrattuna. Toisaalta junien nopeudet pienenevät, joten keskiäänitasoissa ei tapahdu suurta muutosta. Sen sijaan enimmäistason kasvavat selvästi, koska junat siirtyvät lähemmäksi mittauspaikkoja.

#### 4.2.1. Laskennallinen tarkastelu, kun junamäärät on korjattu mittauksen mukaisiksi

Kuuden melun mittauspaikan osalta (MP 3, 6, 7, 42 ja 50) tarkasteltiin myös laskentamallilla päivä- ja yöajan keskiäänitasot niin, että melulaskennassa on käytetty samaa junien lukumäärää kuin kunkin mittauspaikan äänitallenteesta on tunnistettu. Tulokset on esitetty taulukossa 3. Lukuun ottamatta mittauspistettä 3, kaikissa mittauspisteissä ”korjatun” laskentamallin tulokset lähestyivät mitattua tulosta päivä- sekä yöaikana verrattuna aiempaan laskennalliseen tulokseen. Tämän tarkastelun tuloksena mitatut ja lasketut melutasot mittauspisteissä poikkesivat toisistaan 0 dB ... 5 dB.

Mittauspisteen 3 yöajan mitattu junien aiheuttama keskiäänitaso on 61 dB, kun päivitetyn laskentamallin vastaava taso on 64 dB. Mittauspisteen 50 yöajan keskiäänitaso pysyi samana laskentamallin junamäärän päivittämisen jälkeenkin ja on sama kuin mitattu yöajan junien aiheuttama keskiäänitaso (49 dB).

Laskentamallin junamäärien päivittämisestä huolimatta erot mitattujen ja lasketujen tasojen välillä ovat edelleen joillakin paikoilla merkittäviä. Arvioimme, että erot lasketuissa ja mitatuissa melutasoissa johtuvat erityisesti junien nopeuksista, toisin sanoen todellisten nopeuksien ja laskentamallissa käytettyjen nopeuksien eroista.

Euraston (2009) selvityksen mukaan laskentatuloksen tarkkuus on  $\pm 4$  dB, mikäli junien nopeuksien määrittämisessä käytetään nopeutena rataosuuden suurinta nopeutta. Mittauspaikan 17 osalta suoritettiin laskentamallilla kokeilu, jossa kaikkien junien nopeutta pudotettiin 20 km/h ja tämän seurauksena päivä- sekä yöaikainen keskiäänitaso pienentyivät noin 3 dB.

**Taulukko 3. Mittausten, laskentamallin ja liikennemäärien osalta päivitetyn laskentamallin päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot**

Mittauspiste	Mittaus, dB		Laskentamalli, dB		Laskentamalli, junnien määrä muutettu, dB		Tuulen suunta mitausohjeen mukainen (% ajasta)
	Päivä	Yö	Päivä	Yö	Päivä	Yö	
3	57	61	63	63	60	64	40 %
7	48	51	58	59	53	55	100 %
17	55	59	63	64	60	62	100 %
42	66	64	57	61	62	65	50 %
50	46	49	51	49	48	49	100 %

### 4.3. Tärinämittaukset

Mittaustuloksissa on laaja hajonta johtuen erilaisista maasto-olosuhteista. Suurin heilahdusnopeus mitattiin pisteessä P17 (Parkkarilankatu 5) pientalon sokkelissa etäisyydellä 29m. Vaakasuntainen heilahdusnopeus poikittain radan/sokkelin suuntaan oli 3,24 mm/s @ 46,5 Hz. Tärinää ei rekisteröitynyt pisteissä P14 (etäisyys 78 m), P38 (etäisyys 87 m), P45 (etäisyys 86 m) ja P40 (etäisyys 104 m). Vähäistä tärinää oli viidessä pisteessä, joissa mitattiin alle 15 tapahtumaa; Pisteet P3 (etäisyys 57 m), P4 (etäisyys 56 m), P6 (etäisyys 89 m), P42 (etäisyys 109 m) ja P45 (etäisyys 62 m).

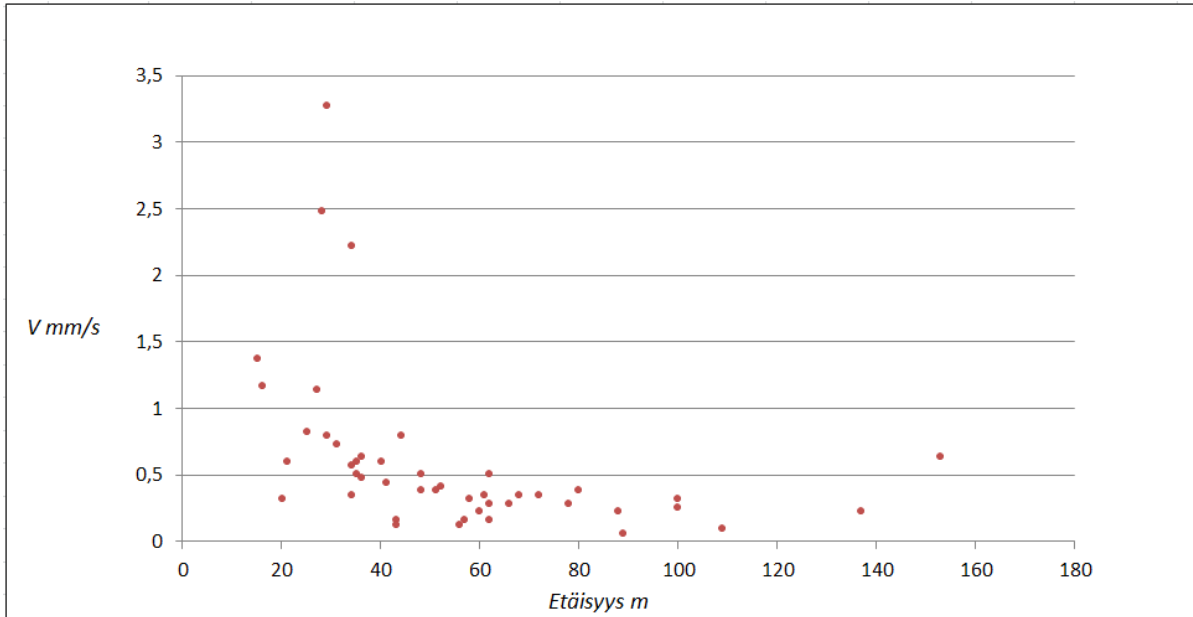
Muista poikkeava tulos saatiin myös 153 metrin etäisyydellä radasta pisteessä P2, jossa suurin heilahdusnopeus oli 0,635 mm/s. Pisteeseen toiseksi suurin heilahdusnopeus oli tosin selvästi pienempi 0,38 mm/s.

**Taulukko 4. Tärinän mittauspaikkojen sijainnit, hetkelliset heilahdusnopeuden maksimitasot (Vmax) ja mitaustuloksista määritetty värähtelyn nopeuden tunnusluku (Vv95) sekä mittausjakson ajankohta.**

Piste	Katuosoite	Kunta	Paalu	etäisyys	Vmax (mm/s) /Vv95 (mm/s)	mittausjakso 2018
1	Mandinpolku 5	Lappeenranta	316 + 400	60 m oik	0,222 / 0,081	17.7 - 23.7
2	Toikkalantie 67	Lappeenranta	265 + 460	153 m vas	0,635 / 0,161	26.7 - 5.7
3	Rinnetie 37	Lappeenranta	274 + 155	57 m oik	0,159 / -	15.6 - 26.6
4	Mäntyläntie 20	Lappeenranta	274 + 175	56 m vas	0,127 / -	15.6 - 26.6
5	Rinnetie 11	Lappeenranta	274 + 545	35 m oik	0,508 / 0,178	15.6 - 26.6
6	Soivarinraitti 72	Luumäki	255 + 810	89 m vas	0,0635 / -	19.6 - 26.6
7	Evakkotie 10	Lappeenranta	306 + 370	36 m vas	0,635 / 0,19	27.6 - 5.7
8	Mäntyläntie 2A	Lappeenranta	274 + 700	43 m vas	0,159 / 0,052	28.6 - 30.6 ja 2.7 - 5.7.
9	Mikontie 3	Lappeenranta	275 + 90	20 m vas	0,318 / 0,119	18.6-20.6 ja 6.7.- 17.7
10	Kangastuvankatu 8	Lappeenranta	288 + 315	88 m oik	0,222 / 0,107	8.6 - 14.6
11	Toukolankatu 11	Lappeenranta	287 + 950	58 m vas	0,381 / 0,148	7.6 - 14.6
12	Harapaisentie 41	Lappeenranta	289 + 55	34 m oik	0,349 / 0,155	7.6 - 14.6
13	Saarankatu 31	Imatra	321 + 880	28 m oik	2,48 / 0,739	16.7 - 23.7
14	Harapaisentie 61	Lappeenranta	289 + 650	78 m oik	< 0,095 / -	7.6 - 14.6
15	Annikintie 5 as.1	Lappeenranta	290 + 75	34 m oik	0,572 / 0,2	14.6 - 27.6
16	Reunakatu 51	Lappeenranta	290 + 440	48 m oik	0,508 / 0,152	7.6 - 14.6

Taulukko 2 jatkuu

Piste	Katuosoite	Kunta	Paalu	etäisyys	Vmax (mm/s) /Vv95 (mm/s)	mittausjakso 2018
17	Parkkarilankatu 53	Lappeenranta	290 + 520	29 m vas	3,24 / 0,777	21.6. - 28.6
18	Reunakatu 75	Lappeenranta	290 + 895	51 m oik	0,381 / 0,119	8.6 - 14.6
19	Muukonkankaantie 68	Lappeenranta	298 + 605	27 m oik	1,14 / 0,3	8.6 - 14.6
20	Harjukatu 29	Lappeenranta	292 + 365	72 m oik	0,349 / 0,101	7.6. - 14.6.
21	Muukontie 8	Lappeenranta	292 + 830	35 m vas	0,603 / 0,179	1.6 - 7.6.
22	Maijankatu 16	Lappeenranta	292 + 865	25 m oik	0,826 / 0,121	7.6. - 14.6.
23	Hakalinkatu 2	Lappeenranta	293 + 250	41 m oik	0,445 / 0,119	29.5. - 8.6.
24	Rantaharjuntie 12	Lappeenranta	295 + 375	21 m vas	0,603 / 0,189	1.6 - 4.6 ja 17. - 24.7
25	Kaskikatu 12	Lappeenranta	295 + 900	62 m oik	0,508 / 0,2	6.7 - 9.7 ja 11.7 - 16.7
26	Kiiskimäenkatu 48	Lappeenranta	296 + 230	66 m oik	0,286 / 0,116	17.7 - 18.7 ja 24.7 - 29.7
27	Laihianrannantie 21	Lappeenranta	296 + 380	137 m vas	0,222 / 0,08	1.6 - 7.6
28	Muukontie 64	Lappeenranta	296 + 740	36 m oik	0,476 / 0,145	7.6 - 14.6
29	Nurmentie 15	Lappeenranta	297 + 960	40 m oik	0,603 / 0,194	9.7 - 15.7
30	Mäntykuja 12	Lappeenranta	305 + 500	100 m vas	0,254 / 0,084	27.6 - 4.7
31	Kaaritie 5	Lappeenranta	306 + 950	29 m vas	0,794 / 0,274	28.6 - 6.7
32	Vesakkolantie 38	Lappeenranta	307 + 750	80 m oik	0,381 / 0,091	28.6 - 4.7.
33	Villentie 20	Lappeenranta	316 + 800	68 m oik	0,349 / 0,136	23.7 - 29.7
34	Rastastie 12	Lappeenranta	317 + 625	61 m oik	0,349 / 0,081	28.6 - 5.7.
35	Mannerintie 10 saunarak	Lappeenranta	319 + 510	31 m oik	0,73 / 0,236	27.6 - 5.7
36	Mannerintie 46	Lappeenranta	320 + 150	52 m oik	0,413 / 0,146	5.7 - 11.7
37	Joutsenonkatu 105	Imatra	321 + 180	16 m oik	1,17 / 0,436	7.7 - 13.7
38	Asemäentie 37	Imatra	323 + 270	87 m vas	< 0,095 / -	16.7 - 23.7
39	Mansikankuja 6	Imatra	323 + 890	43 m vas	0,127 / 0,045	7.7 - 13.7
40	Korvasienenkatu 37	Imatra	325 + 20	104 m vas	< 0,095 / -	6.7 - 13.7
41	Mannerintie 10	Lappeenranta	319 + 510	48 m oik	0,381 / 0,164	27.6 - 6.7.
42	Mäntyläntie 23	Lappeenranta	274 + 150	109 m vas	0,0953 / -	15.6 - 26.6
43	Viljalankatu 4	Lappeenranta	289 + 55	78 m oik	0,286 / 0,138	7.6 - 14.6
44	Annikintie 5 as.5	Lappeenranta	290 + 75	62 m oik	0,159 / -	14.6 - 27.6
45	Annikintie 4 A2	Lappeenranta	290 + 450	86 m oik	< 0,064 / -	14.6 - 27.6
46	Parkkarilankatu 57	Lappeenranta	290 + 555	34 m vas	2,22 / 0,605	27.6 - 4.7
47	Rantaharjuntie 14 ulkorak	Lappeenranta	295 + 400	44 m vas	0,794 / 0,235	17.7. - 23.7
48	Rantaharjuntie 14	Lappeenranta	295 + 400	62 m vas	0,286 / 0,098	1.6 - 7.6
49	Villentie 22	Lappeenranta	316 + 800	100 m oik	0,318 / 0,115	23.7. - 29.7
50	Villentie 20 maa	Lappeenranta	316 + 800	15 m oik	1,37 / 0,384	23.7. - 29.7



Kuva 1: Kaikkien mittauspisteiden suurimmat heilahdusnopeudet mittausetäisyyden suhteen.

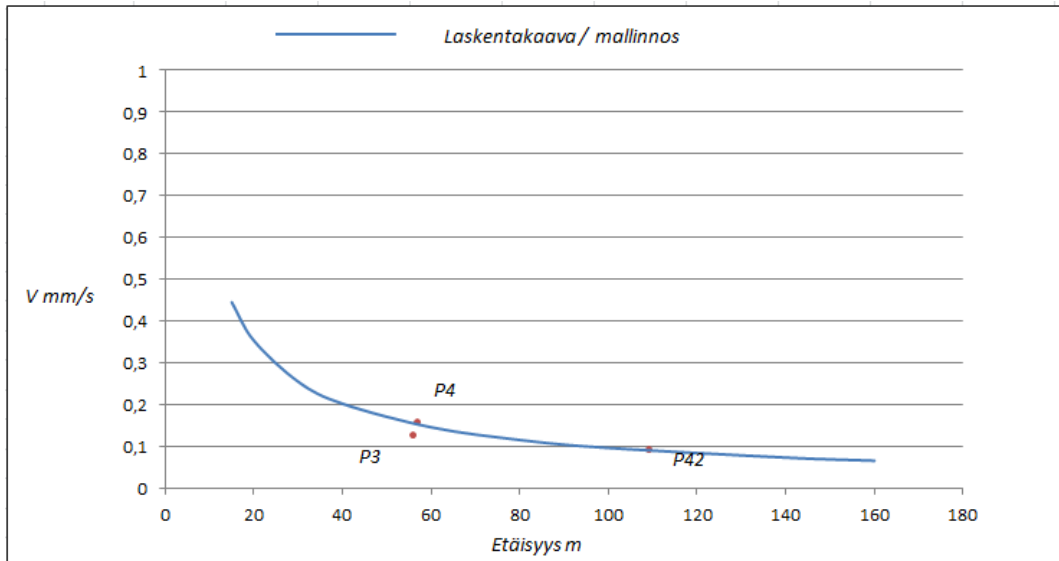
Pistekohtaiset mittaustulokset on esitetty laajemmin liitteessä 4.

Lisäpisteiden avulla oli tarkoitus mitata muutama värinän poikkileikkaus (mallinnuksen avuksi), sekä maapisteiden avulla mallintaa värinän vaimeneminen rakennukseen siirtyessä. Näitä oli yhteensä 7 kpl.

#### 4.3.1. Poikittaislinja 1; P3, P4 ja P42

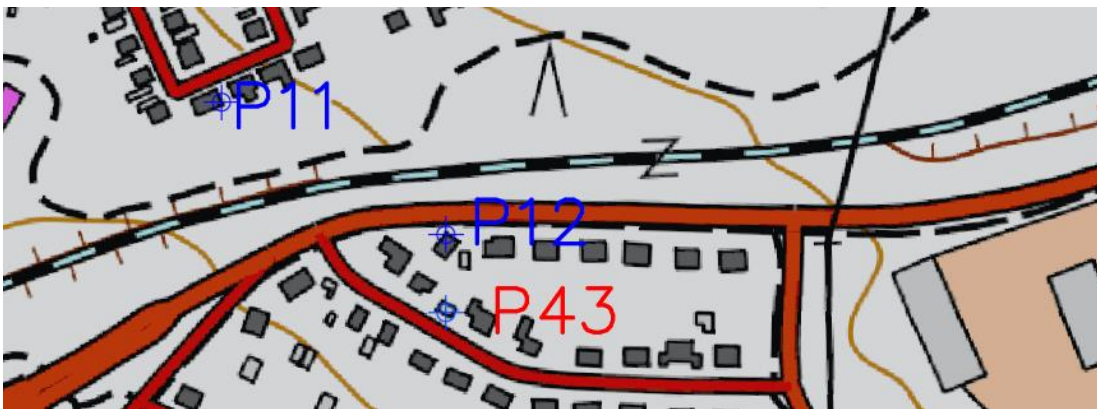


Kuva 2; Pisteet sijainti / Linja 1, Lappeenranta paalulla 274 + 175. (P3 = Rinnetie 37, P4= Mäntyläntie 20, P42 = Mäntyläntie 23

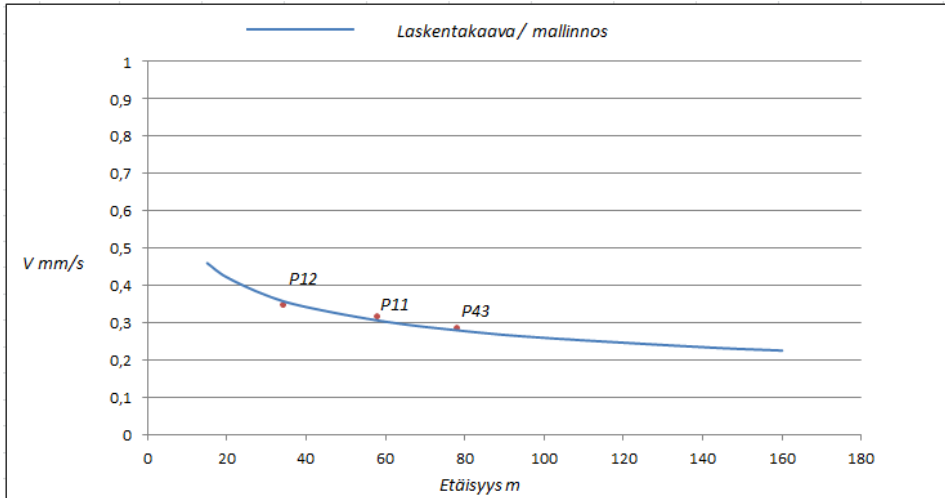


Kuva 3: Linja 1 kuvaaja / Vmax sekä mallinnus. Linjalla tärinä oli vähäistä, ja vain muutamasta junasta saatiin tulos. Mittausjakso pisteissä oli sama.

#### 4.3.2. Poikittaislinja 2; P11, P12 ja P43

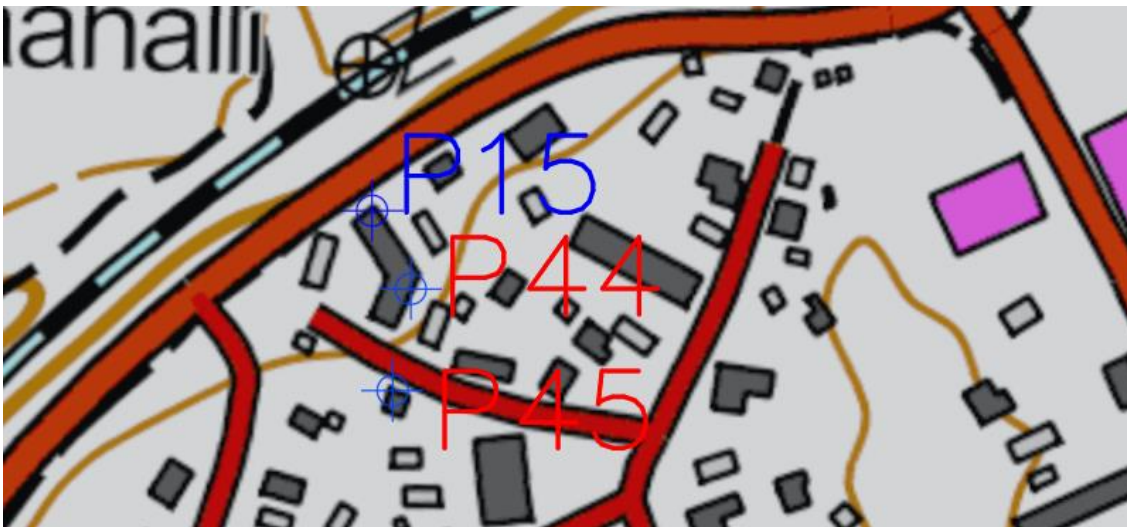


Kuva 4: Pisteet sijainti / Linja 2, Lappeenranta paalulla 289 + 55. (P11 = Toukolankatu 11, P12 = Harapaisentie 41 , P43 = Viljalankatu 4)

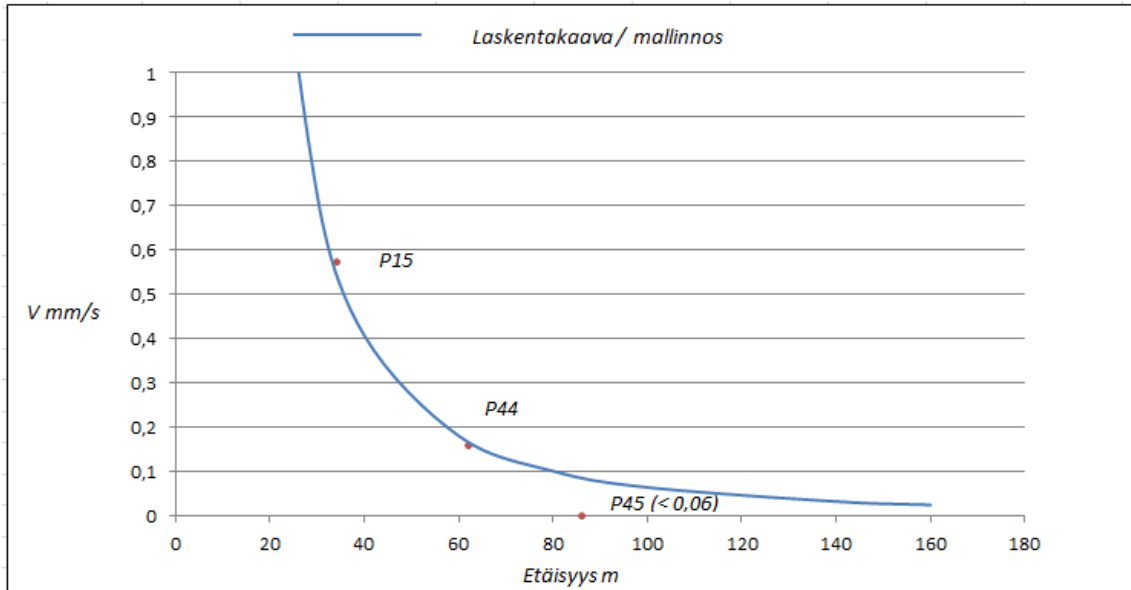


Kuva 5: Linja 2 kuvaaja / Vmax sekä mallinnos. Mittaukset suoritettiin samanaikaisesti, tärinän vaimeneminen tasaista.

#### 4.3.3. Poikittaislinja 3; P15, P44 ja P45



Kuva 6: Pisteet sijainti / Linja 3, Lappeenranta paalulla 290 + 75 (P15= Annikintie 5 as.1; P44 = Annikintie 5 as.5, P45 = Annikintie 4 A2)



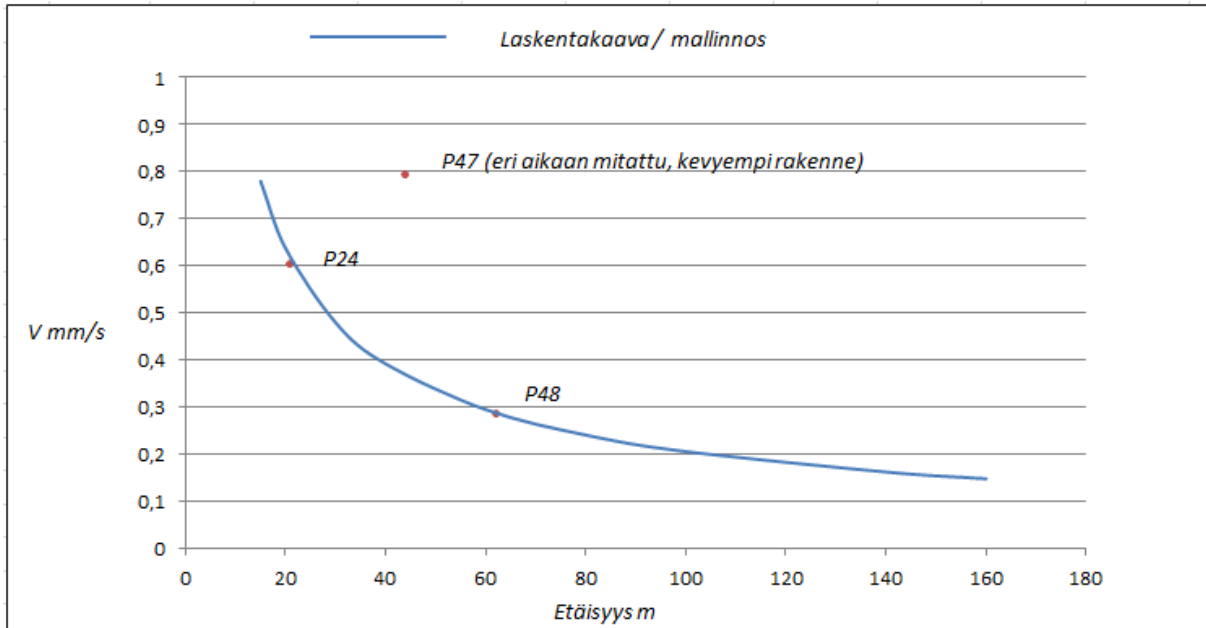
Kuva 7: Linja 3 kuvaaja / Vmax sekä mallinnus. Mittaukset suoritettiin samanaikaisesti, tärinän vaimeneminen tasaista, jyrkempi kuin linjoilla 1 ja 2.

#### 4.3.4. Poikittaislinja 4; P24, P47ja P48



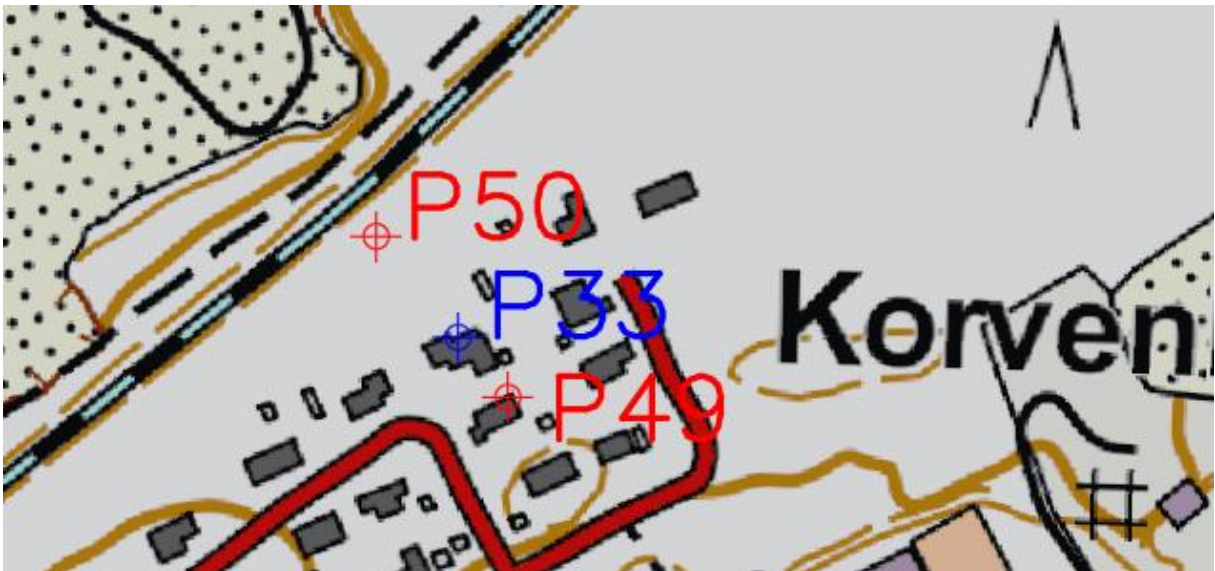
Kuva 8: Pisteet sijainti / Linja 4, Lappeenranta paalulla 295 + 375 (P24 = Rantaharjuntie 12, P47 = Rantaharjuntie 14 ulkorakennus, P48 = Rantaharjuntie 14)



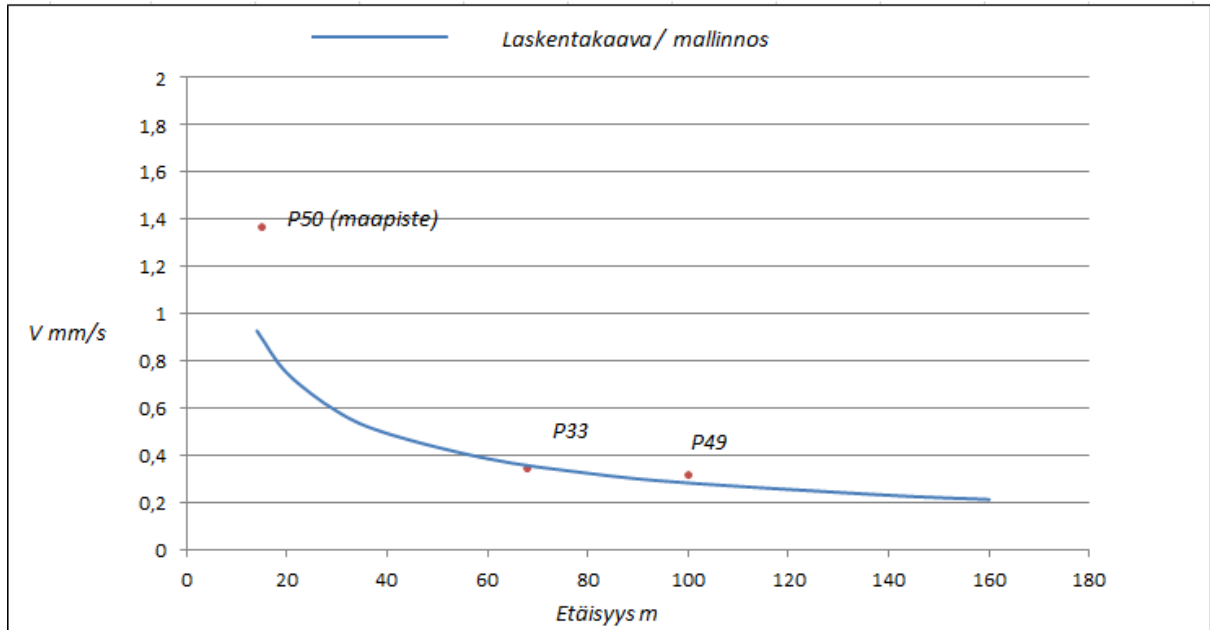


Kuva 9: Linja 4 kuvaaja / Vmax sekä mallinnus. Mittaukset suoritettiin samanaikaisesti P24 ja 48, piste 47 myöhemmin. Piste 47 kevyempi rakenne.

#### 4.3.5. Poikittaislinja 5; P33, P49 ja P50

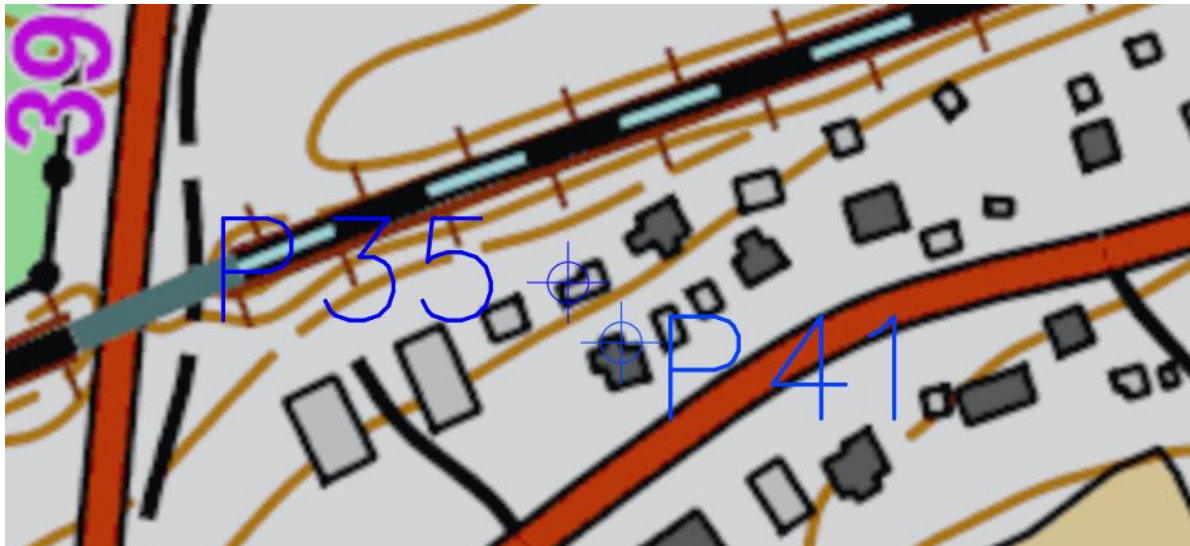


Kuva 10: Pisteet sijainti / Linja 5, Lappeenranta paalulla 316 + 800 (P50 = Villentie 20 maassa, P33 = Villentie 20, P49 = Villentie 22)

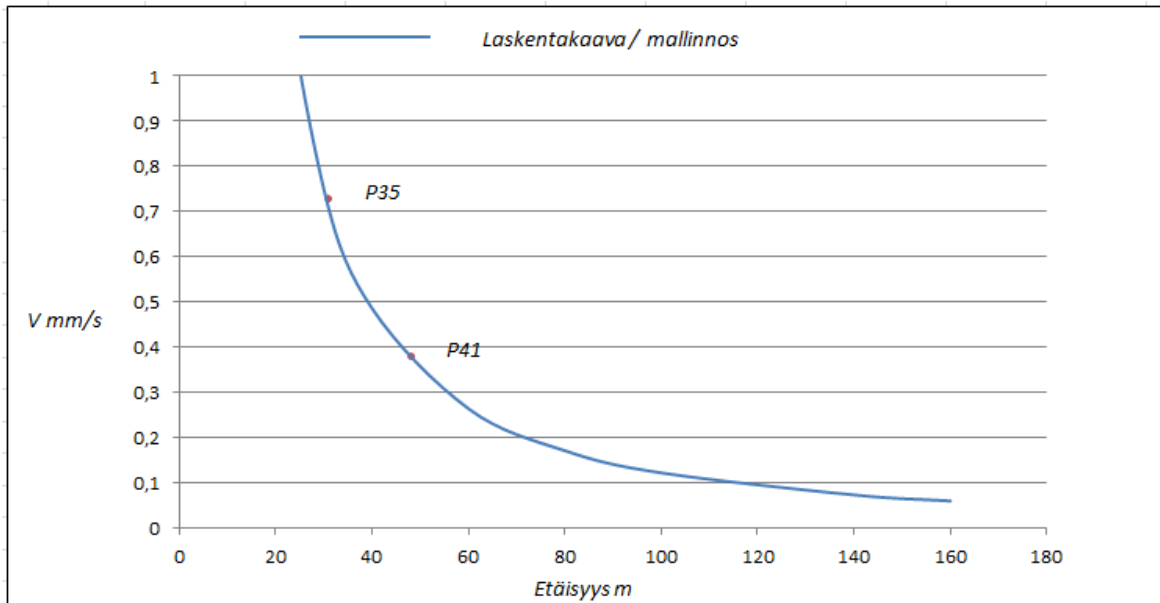


Kuva 11: Linja 4 kuvaaja / Vmax sekä mallinnus. Mittaukset suoritettiin samanaikaisesti. Piste 50 on maapiste.

#### 4.3.6. Poikittaislinja 6; P35 ja P41

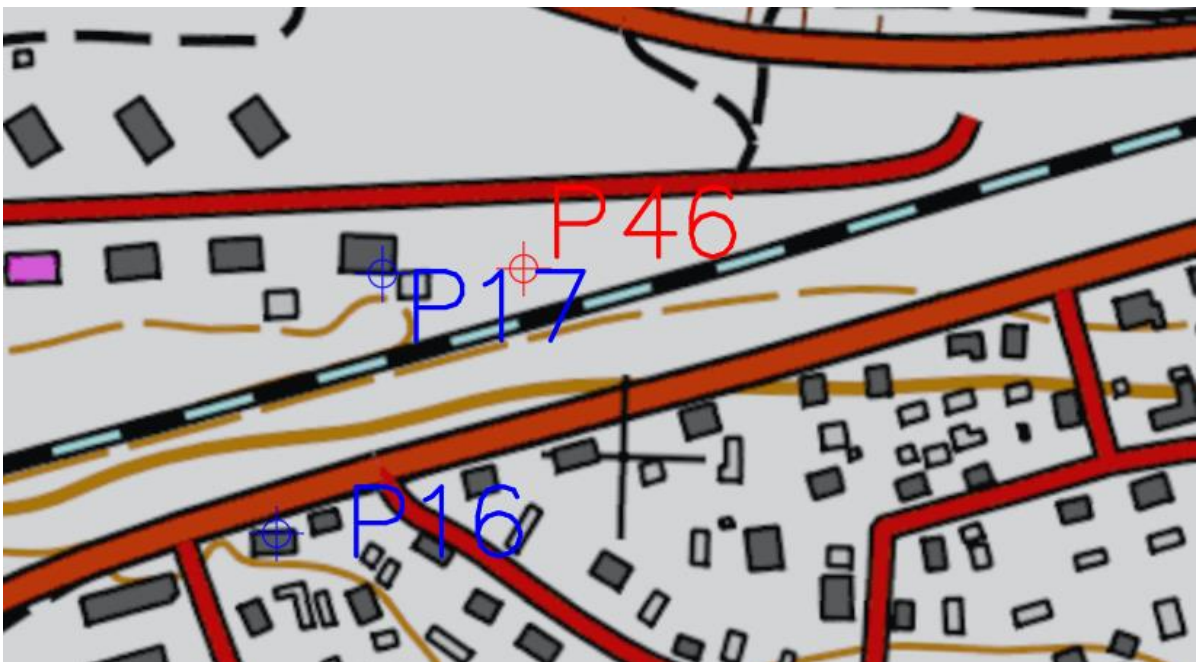


Kuva 12: Pisteet sijainti / Linja 6, Lappeenranta paalulla 319 + 510 (P35 = Mannerintie 10 saunarakennus, P41 = Mannerintie 10)



Kuva 13: Linja 6 kuvaaja / Vmax sekä mallinnus. Mittaukset suoritettiin samanaikaisesti.

#### 4.3.7. Vertailu maapiste / rakenne



Kuva 14: Pisteiden sijainti P17 ja P46, Lappeenranta paalulla 290 + 520. (P17 = Parkkarilan-  
katu 53)

Pisteen P17 vieressä mitattiin tärinää maapisteessä P46, joka oli noin 17 metrin etäisyydellä radasta, P17 oli 27 metrin etäisyydellä. Pisteiden välillä oli etäisyyttä 50 metriä.

Sokkelipisteessä P17 mitattiin kaikista pisteistä suurin heilahdusnopeus vaakasuunnassa  $V_{tran} = 3,24$  mm/s. Pystysuuntainen  $V_{vert} = 1,91$  mm/s ja  $V_{rad} = 0,826$  mm/s. Pisteessä P17 oli vaakasuuntainen (tran) tärinä selvästi ja poikkeavasti suurempi kuin muut suunnat. Samanaikaisesti maapisteen P46 heilahdusnopeuden arvot jakautuivat tasaisemmin eri suunnille:  $V_{tran} = 2,06$  mm/s,  $V_{vert} = 2,73$  mm/s ja  $V_{rad} = 2,22$  mm/s. Mahdollisesti P17 sokkelissa esiintyy sokkelin poikkisuunnassa eli jäykkyydeltään heikoimmassa suunnassa tärinän voimistuminen tai resonanssi. Pystysuuntaisen ja pituussuuntaisen tärinät ovat loogiset pisteiden välillä.

Pisteistä koottiin myös 2,5 vrk ajalta, missä mittarit toimivat yhtäaikaaisesti, 15 suurinta tärinää vertailuun pistekorttitaulukon P17 -pisteen kohdalle. P17 suurimpien tapahtumien yhtäaikainen tärinä P46:ssa otettiin vertailuun ja verrattiin pystysuuntaista tärinää.

## 5. Johtopäätökset

Melumittauksissa suurin raideliikenteen aiheuttama päiväaikainen keskiäänitaso ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ) oli 57 dB ja yöaikainen keskiäänitaso ( $L_{Aeq\ 22-7}$ ) 61 dB. Molemmat edellä mainitut melutasot mitattiin mittauspaikalla 42 (Mannerintie 32 Imatra). Junaliikenteestä aiheutuvia ohjearvotasojen ylityksiä mittauksissa todettiin yhteensä 13 mittauspaikalla. Suurin osa ylityksistä oli yöaikaisen keskiäänitason 50 dB ylityksiä (13 kpl) ja vain 2 kohteessa ylittyi päiväaikainen keskiäänitaso 55 dB.

Mittauskohteisiin lasketut ovat pääsääntöisesti mitattuja melutasoja suurempia, mikä johtuu mittauksiin liittyvistä epävarmuustekijöistä. Laskennallisen melutarkastelun perusteella mittauspaikoilla päiväaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ) ylittyvät kohteessa 34 ja yöaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 22-7}$ ) kohteessa 48. Melulaskentojen perusteella tarkasteltujen kohteiden melutasojen ennustetaan kehittyvän siten, että ohjearvotasojen ylityksiä tulee ennustetilanteessa olemaan nykyistä enemmän: päiväaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ) ylittyvät kohteessa 36 ja yöaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 22-7}$ ) kohteessa 51. Yksittäisillä kohteissa muutokset raideliikenteen aiheuttamisessa keskiäänitasoissa vaihtelevat välillä -8 dB ... +4dB.

Tarkasteltuihin kohteisiin arvioidut raideliikenteen aiheuttamat laskennalliset melutasot ja mitatut melutasot poikkeavat useimmissa kohteissa merkittävästi toisistaan. Nämä erot voivat johtua seuraavista syistä: melumittausten aikainen junaliikenne ei vastaa melulaskennassa käytettyä liikennemäärää, mittausten aikaiset olosuhteet eivät vastaa melulaskennassa käytettyjä olosuhteita, häiriöäänet vaikeuttavat junaliikenteen aiheuttamien melutapahtumien tunnistamista. Erot mittaustulosten ja laskettujen tulosten välillä eivät siis johdu itse mittaamisen epävarmuudesta vaan raideliikenteen ja sääolosuhteiden aiheuttamista vaikutuksista melutasoihin. Nämä vaikutukset voivat aiheuttaa  $\pm 10$  dB ... 20 dB eroja mitattuihin melutasoihin. Tämän vuoksi ennen / jälkeen tilanteen todentaminen melumittauksilla on erittäin vaikeaa, kun odotettavissa olevien melutasojen muutosten arvioidaan laskennallisesti olevan luokkaa  $\pm 0$  dB ...  $\pm 5$  dB. Edellä esitettyjen seikkojen vuoksi pidämme laskennallisten tarkastelujen tuloksia mittaamista parempana vertailukohtana arvioitaessa ratahankkeen vaikutuksia yksittäisten kohteiden melutasoihin.

Tärinämittaustulokset vaihtelevat luonnollisesti paljon erilaisten maasto-olosuhteiden johdosta näin laajalla alueella. Neljässä mittauspisteessä junatärinä oli hyvin vähäistä ja jäi alle 0,064 – 0,095 mm/s etäisyydellä 78 – 104 metriä. Viidessä mittauspisteessä etäisyyksillä 56 – 109 m tärinä oli myös pientä, vain alle 15 tärinätapahtumaa. 41 pisteestä on mitaustuloksia enemmän kuin 15 kpl.

Tärinämittausten tuloksista lasketut tunnusluvut ( $V_{v95}$ ) ylittivät kolmessa kohteessa VTT:n suosituksen mukaisen värähtelyluokan D tason ( $\leq 0,60$  mm/s). Tämän värähtelyluokan taso ylittää selvästi uusille ja rakennuksille ja väylien suunnittelulle asetetun suosituksen ( $\leq 0,30$  m/s) ja kyseisessä värähtelytasossa keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyä häiritseväenä. Alemman värähtelyluokan C ( $V_{v95} \leq 0,30$  m/s) ylittyi yhteensä 5 mittauspaikassa. Värähtelyluokka C:n tasoa käytetään suosituksen uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa.

WSP Finland Oy



Sirpa Lappalainen  
Meluasiantuntija  
WSP  
Akustiikka ja ympäristömelu



Ilkka Niskanen  
Yksikönpäällikkö  
WSP  
Akustiikka ja ympäristömelu



Joel Lindholm  
Suunnittelija  
WSP  
Akustiikka ja ympäristömelu

## Viitteet

Eurasto 2009: Meluselvityksen tarkkuuden parantaminen – Suomen ympäristö 26 / 2009

Liikennevirasto 2018: Rautateiden verkkoselostus 2018.

VTT 2004: Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. ISBN 951-38-6523-1.

Ympäristöministeriö 1995: Ympäristömelun mittaaminen, Ohje 1 / 1995.

## Liitteet

- 1) Melu- ja tärinämittauspaikkojen sijainnit, pdf-raportin sivut 22 - 25
- 2) Melumittausten tuloksista laaditut mittauskortit, pdf-raportin sivut 26 - 133
- 3) Tärinämittausten tuloksista laaditut mittauskortit, pdf-raportin sivut 134 - 233