

# LIIKENNETÄRINÄMITTAUS

Raideliikenne

Peltolammi , Tampere

837-586-2-0

27.5.2021

Jyväskylä

SISÄLLYS

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>3</b>
1.1 KOHTEEN TIEDOT	3
1.2 TYÖN YLEISTIEDOT	3
1.3 MITTAUSKOHTEEN KUVAUS	3
<b>2 MITTAUKSEN SUORITUS</b>	<b>4</b>
<b>3 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY</b>	<b>6</b>
3.1 TÄRINÄN VAIKUTUS ASUMISVIIHTYVYYTEEN	6
3.2 TÄRINÄN VAIKUTUS RAKENTEISIIN	7
<b>4 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU</b>	<b>8</b>
<b>5 YHTEENVETO</b>	<b>9</b>

## 1 JOHDANTO

Forcit Consulting Oy on suorittanut raideliikennetärinämittauksen osoitteessa Peltolampi (Rukkamäentie), Tampere. Mittauspisteet sijaitsivat lähimmillään noin 30 metrin päässä lähimmästä raiteesta. Radalla kulkee sekä henkilö- että tavarajunia. Mittaukset suoritettiin yhteensä kahdesta tärinämittauslinjasta, joissa molemmissa oli tärinämittauspisteet 30 metrin, 70 metrin ja 110 metrin etäisyydellä raiteista. Mittausten tarkoituksena oli määrittää raideliikenteen aiheuttama tärinätaaso maaperässä. Tulosten perusteella määritettiin suuntaa antava asumisviihtyvyyssluokitus sekä raideliikenteestä aiheutuvan tärinän enimmäistaso.

### 1.1 KOHTEEN TIEDOT

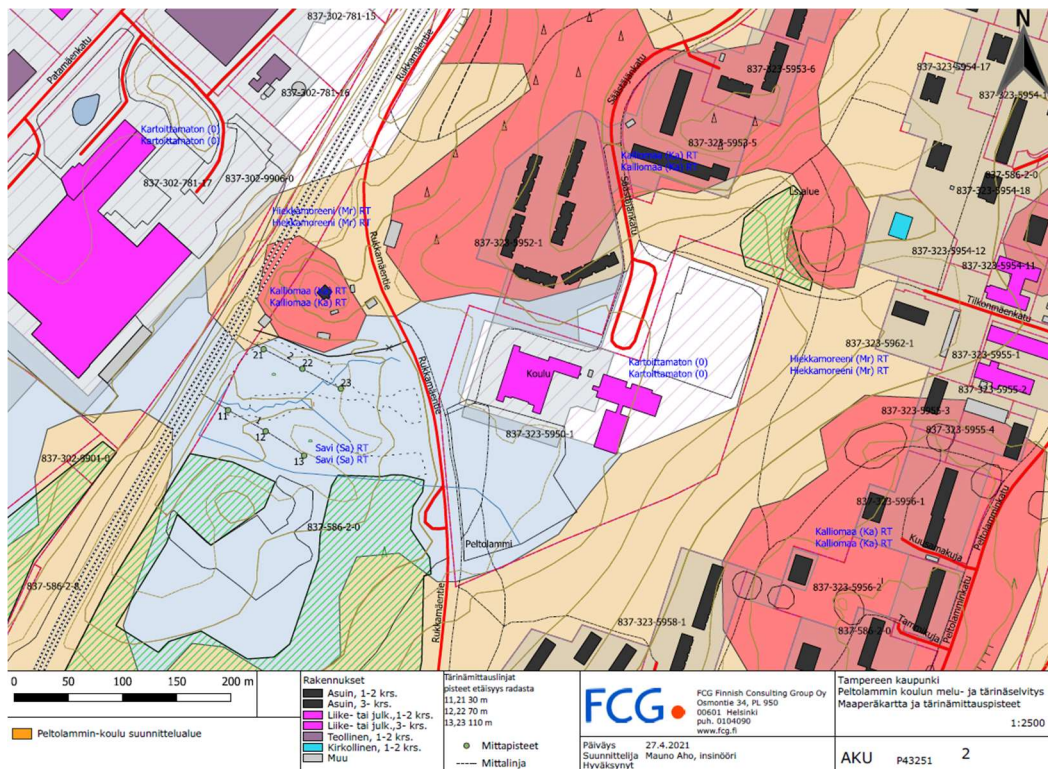
Osoite: Peltolampi, Rukkamäentie, 33840 Tampere  
 Kiinteistönummus: 837-586-2-0  
 Maaperä: Savi  
 Mittauslinjojen määrä: 2 linjaa  
 Etäisyys raiteesta: 30, 70 ja 110 metriä

### 1.2 TYÖN YLEISTIEDOT

Työn tilaaja: Mauno Aho  
 Mittausajankohhta: 7.5.2021–14.5.2021, 8 vuorokautta.  
 Mittauksen suorittaja: Forcit Consulting Oy / Timo Järvinen  
 Tulosten raportointi: Forcit Consulting Oy / Veikko Sottinen

### 1.3 MITTAUSKOHTEEN KUVAUS

Alla olevassa kuvassa 1 on havainnollistettu mittauskohteen ja mittauspisteiden sijainnit, sekä alueen maaperän tiedot.



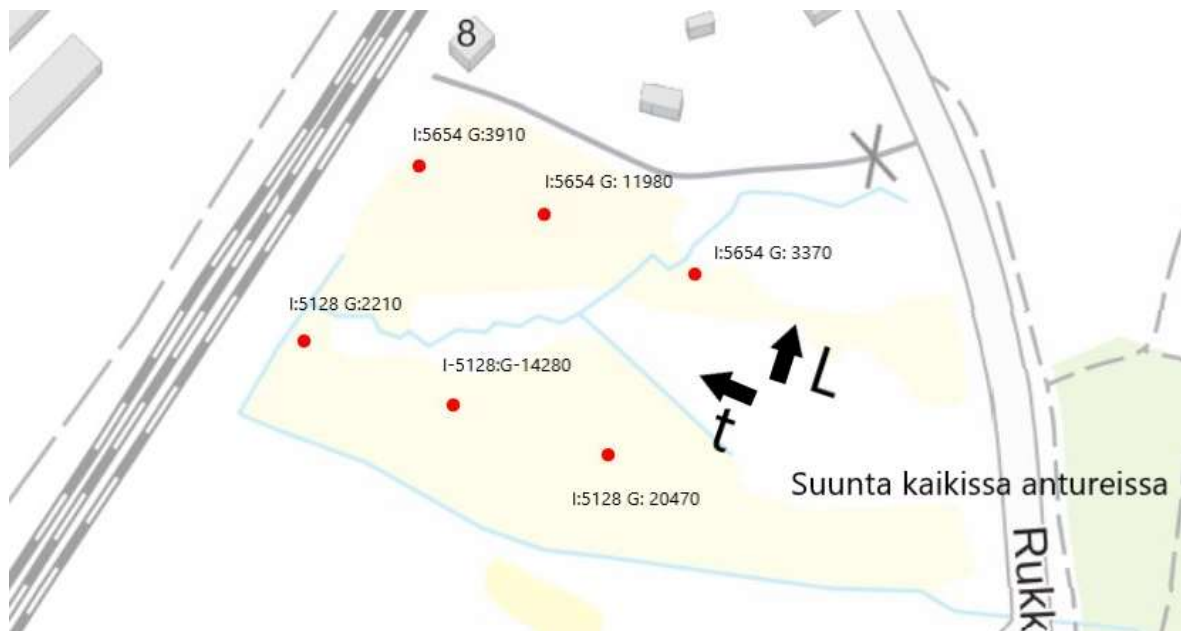
Kuva 1. Mittauskohteen ja mittauspisteiden sijainnit, sekä alueen maaperätiedot.

## 2 MITTAUKSEN SUORITUS

Mittauksessa käytettiin Sigicomien valmistamia kolmiaksaalisia (mittaussuunnat V, L, T) INFRA V12 tärinäantureita. Anturit on kalibroitu viimeisen vuoden aikana laitevalmistajan toimesta. Alla olevassa taulukossa 1 on lueteltu mittauksessa käytettyjen tärinämittareiden tunnistetiedot sekä etäisyys ajotiestä.

**Taulukko 1.** Mittauspisteiden tiedot.

Mittauspiste	Etäisyys	Sijainti	Tallennin	Anturi
MP11	30 metriä	Maa	IM-5128	V12 2210
MP12	70 metriä	Maa	IM-5128	V12 14280
MP13	110 metriä	Maa	IM-5128	V12 20470
MP21	30 metriä	Maa	IM-5654	V12 3910
MP22	70 metriä	Maa	IM-5654	V12 11980
MP23	110 metriä	Maa	IM-5654	V12 3370



**Kuva 2.** Mittauspisteiden sarjanumerot ja antureiden suunta raiteeseen nähden

Mittauspisteet 1-6 asennettiin maaperään käyttäen maapiikkiä. Mittauspistelinjan kaikki anturit olivat yhteydessä toisiinsa, jolla saatiin varmistettu tärinätaapahtumien tallentuminen kaikkiin linjan mittauspisteisiin. Mittausantureiden päällä käytettiin punnuspainoa, jonka avulla pyrittiin estämään maapiikin löystyminen ja siitä aiheutuva ylimääräinen liike.

Mittauksien vastaava L-komponentti oli raiteen suuntainen, T-komponentti poikittain raiteeseen nähden ja V-komponentti oli pystykomponenttina.

Mittauksessa käytettiin SS4604861 mm/s RMS 1s standardia. Mitattavat suureet ovat kolmiaksaalisesti rekisteröidyn heilahdusnopeuden 1 minuutin huippuarvoja ja yksikkö on mm/s. Mittauksessa otettiin myös näytekuvaajia, joista ilmenee 40 sekunnin jakson suurin heilahdusnopeus, kiihtyvyys, siirtymä ja taajuus aikatasossa. Näytekuvaajista tehdään tarkempi analyysi värähtelyn sisällöstä.





**Kuva 3.** Mittauspisteiden asennus. Mittalinja 1 radalle päin kuvattuna.



**Kuva 4.** Mittauspisteiden asennus. Mittalinja 2 radalla päin kuvattuna.

### 3 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY

Suomessa ei ole virallisia standardeja tai normeja liikenteen aiheuttamalle tärinälle, minkä vuoksi liikennetärinämittauksissa sovelletaan pääasiassa VTT:n suosituksia ja tiedotteita. VTT:n suositukset ja tiedotteet voidaan jakaa kahteen kategoriaan, joista ensimmäinen ottaa kantaa asumisviihtyvyyteen ja toinen liikennetärinän vaikutukseen rakenteisiin.

Seuraavissa kappaleissa on lyhyesti selostettu näiden suositusten ja standardien pääseikkoja. Tämä tarkoittaa, että kaikkiin esitettyihin suosituksiin ja standardeihin liittyy mittausjärjestelyjä, tulkintoja ym. asioita, jotka voivat poiketa alla esitetyistä asioista.

#### 3.1 TÄRINÄN VAIKUTUS ASUMISVIIHTYVYYTEEN

Asumisviihtyvyyteen ja sen mittaamiseen liittyvien tärinöiden analysoinnissa käytetään VTT:n ohjetta 2278, 2004 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta”. Mittaukset tehdään ohjeen mukaisesti kolmiaksaalisesti viikon mittaisella mittausjaksolla. Värähtelyn tunnusluvun määrittämiseen käytetään 15 merkittävintä pystysuuntaista tulosta. Merkittävillä tuloksilla tarkoitetaan tuloksia, jotka tiedetään tuloksen tarkemman analyysin tai jonkin muun seikan perusteella varmuudella johtuvan mitattavista kulkuneuvoista.

VTT tiedotteita 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta” julkaisussa esitetty rakennusten värähtelyluokittelu perustuu Norjalaiseen standardiin NS8176(1999), jossa määritellyn värähtelyn tunnusluvun tulee 95 % todennäköisyydellä edustaa kaikkia ko. kohteeseen värähtelyitä aiheuttavia liikennevälineitä. Käytännön värähtelyluokittelu perustuu seuraavaan mittaus- ja arviointikäytäntöön:

- mittausjakso on yleensä vähintään yksi viikko
- mittaus tehdään asuintiloista
- mittaus tehdään joko maaperästä, yläkerran lattiasta tai muusta edustavasta kohteesta sekä rakennuksen kantavasta rakenteesta kuten sokkelista
- mitattava suure on 3-aksaalisesti rekisteröidyn heilahdusnopeuden, ISO2631-2 mukaan taajuuspainotettu, tehollisarvo (rms, 1s)
- värähtelyn tunnusluku  $v_{w95}$ : lasketaan 15 suurinta rekisteröintiä aiheuttaneen liikennevälineen otoksesta lisäämällä näiden pystysuuntaisten rekisteröintiä aritmeettiseen keskiarvoon otoksen keskihajonta 1.8-kertaisena. Kaava 1.

**Kaava 1.** värähtelyjen tunnusluku

$$v_{w95} = v_w + 1,8 * \sigma, \text{ missä}$$

$v_w$  = tehollisarvon keskiarvo

$\sigma$  = tehollisarvon keskihajonta

Mitattavan kohteen värähtelyluokka määräytyy suurimman saadun värähtelyn tunnusluvun perusteella taulukon 2. mukaisesti. VTT:n suosituksen mukaan maankäytön suunnittelussa tavoitteena tulisi olla, että uusissa asunnoissa värähtelyn tunnusluku  $v_{w95}$  ei ylitä arvoa 0.3 mm/s (luokka C) ja olemassa olevilla asuinalueilla arvoa 0.6 mm/s (luokka D).



**Taulukko 2.** VTT:n värähtelyluokitus asumisviihtyvyyden kannalta (VTT tiedotteita 2278, Espoo 2004).

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$V_{w,95}$ mm/s RMS (1s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä.</i>	$\leq 0.10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet <i>Ihmiset voivat havaita värähtelyitä, mutta ne eivät ole häiritseviä.</i>	$\leq 0.15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.</i>	$\leq 0.30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.</i>	$\leq 0.60$

### 3.2 TÄRINÄN VAIKUTUS RAKENTEISIIN

Liikennetärinän vaikutusta rakenteisiin tarkastellaan Suomessa yleensä VTT:n raportin VTT-R-04703-14, 2014 ”Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius” mukaisesti. Ohjeen mukaan mitattava suure on heilahdusnopeuden huippuarvo. Ohjeessa huomioidaan myös värähtelyspektrin hallitseva taajuus. Rakennuksen ohjearvo määräytyy maaperän sekä hallitsevan taajuuden perusteella taulukon 3 mukaisesti. Rakennustyyppi ja -materiaali otetaan huomioon taulukon 4 mukaan rakennustapakertoimella  $F_k$ .

Liikennetärinän voidaan katsoa olevan pääsyynä rakenteellisiin vaurioihin vain poikkeustapauksissa, vaikka usein kehon tuntemusten perusteella tärinän pelätäänkin vaurioittavan rakenteita. Yleensä liikennetärinän haitat rajoittuvat asumisen häiriintymiseen. Asuminen häiriintyy yleensä jo, kun värähtelyssä nopeuden huippuarvo on 0,5–1,0 mm/s, mutta rakenteelliset vauriot edellyttävät yleensä tähän nähden moninkertaista värähtelyä.

**Taulukko 3.** Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius (VTT-R-04703-14, 2014).

Maalaji	Pehmeä savi, <25 kN/m <sup>2</sup>	Sitkeä savi, siltti. löyhä hiekka	Tiivis hiekka, sora, moreeni tai rikkonainen kallio	Kiinteä kallio
Värähtelyn perusarvo $V_0$	5 mm/s	7 mm/s	10 mm/s	12 mm/s
Värähtelyn hallitseva taajuus	< 10 Hz	10-20 Hz	20-50 Hz	50 Hz <

**Taulukko 4.** Rakennustapakertoimet eri rakennustyypeille ja -materiaaleille (VTT-R-04703-14, 2014).

Rakenneluokka	Rakennustapakeroitin $F_k$
Pilariperustuksille rakennetut elementtirakenteiset teräsbetonirakenteet, teräs- ja puurakenteiset asuinrakennukset, muut puu- ja teräsrakennukset.	1,20
Massiiviseinäiset tiili-, kevytsoraharkko- ja teräsbetonirunkoiset asuinrakennukset, lasiseinäiset teräsrunkoiset sekä tiiliverhotut puurunkoiset rakennukset.	1,00
Rakennukset, joissa on kevytbetoni- tai kalkkihiekkatiilirakenteita, tai muuta vaurioherkkää materiaalia.	0,65

## 4 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Junaliikenteen aiheuttamaa tärinää rakennuksessa on analysoitu junien aiheuttamien suurimpien mittaustulosten perusteella. Junien aiheuttamat tulokset määritettiin värähtelyn aaltomuotokuvaajien ja taajuussisällön perusteella. Värähtelyolosuhteet sekä vaurioitumisalttius saadaan taulukossa 5 esitettyjen tulosten perusteella. Taulukossa esitetyt luvut on laskettu ”VTT tiedotteita 2278, Espoo 2004” mukaisesti mittaussuunnittain. Mittauspisteen värähtelyluokitus määräytyy suurimman tuloksen perusteella.

### Mittauslinjojen tulokset

<p><b>Mittauslinja 1</b>          Määrittävä tulos, <math>v_{w,95}</math> <b>0.211 mm/s</b> (C); Hallitseva taajuus 12 Hz  <math>v_{max}</math>: 1,8 mm/s; (ohjearvo 7 mm/s.)</p> <p><b>Mittauslinja 2</b>          Määrittävä tulos, <math>v_{w,95}</math> <b>0.347 mm/s</b> (D); Hallitseva taajuus 22 Hz  <math>v_{max}</math>: 0,7 mm/s; (ohjearvo 10 mm/s)</p>
---

**Taulukko 5.** Tunnusluvut linjan 1 mittauspisteille mittaussuunnittain.

	MP11 V	MP11 T	MP11 L	MP12 V	MP12 T	MP12 L	MP13 V	MP13 T	MP13 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0.040	0.250	0.230	0.010	0.030	0.020	0.010	0.030	0.030
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	0.040	0.211	0.189	0.010	0.029	0.025	0.010	0.026	0.026
Värähtelyluokituksen tunnus	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
$v_{max}$ mm/s	0.2	1.8	1.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
$v_{max}$ taajuus Hz	< 10	12	14	> 50	13	> 50	< 10	< 10	< 10

**Taulukko 6.** Tunnusluvut linjan 2 mittauspisteille mittaussuunnittain.

	MP21 V	MP21 T	MP21 L	MP22 V	MP22 T	MP22 L	MP23 V	MP23 T	MP23 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0.060	0.350	0.370	0.020	0.080	0.130	0.010	0.020	0.020
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	0.055	0.312	0.347	0.019	0.069	0.104	0.010	0.015	0.019
Värähtelyluokituksen tunnus	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
$v_{max}$ mm/s	< 0.1	0.7	0.7	0,1	0.2	0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1
$v_{max}$ taajuus Hz	22	22	22	> 50	20	19	> 50	20	17



## 5 YHTEENVETO

Forcit Consulting Oy on suorittanut raideliikennetärinämittauksen tontilla 837-586-2-0, Peltolampi, Rukkamäentie, 33840 Tampere. Mittauskohteen maaperä on savea. Suurimman tuloksen aiheutti henkilöjuna IC54 10.5.2020 klo 19.04. Kyseisen juna nopeus mittauspisteen kohdalla oli noin 130 km/h.

Tulosten perusteella alue jakaantuu värähtelyluokkaan A, B, C ja D riippuen etäisyydestä raiteeseen. Mittaustulosten perusteella liikenteen aiheuttama tärinä ei aiheuta vaurioriskiä rakenteille.

Jyväskylässä 27.5.2021

Forcit Consulting Oy  
Veikko Sottinen, Ins.(AMK)

