

LIIKENNETÄRINÄMITTAUS

Rautatieliikenne

Pöllöntaival 1, Tampere

837-130-454-2

19.5.2022

Jyväskylä

SISÄLTÖ

LIIKENNETÄRINÄMITTAUS	1
1 JOHDANTO	3
1.1 Kohteen tiedot	3
1.2 Työn yleistiedot	3
1.3 Mittauskohteen kuvaus	3
2 MITTAUKSEN SUORITUS	4
2.2 Mittauslaitteiston tiedot	4
2.2 Junaliikenteen tiedot	5
3 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY	5
3.1 Tärinän vaikutus asumisviihtyvyyteen	5
3.2 Tärinän vaikutus rakenteisiin	6
4 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	7
5 YHTEENVETO	8

1 JOHDANTO

Forcit Consulting Oy on suorittanut raideliikennetärinämittauksen osoitteessa Pöllöntaival 1, 33100 Tampere. Selvitettävä tontti sijaitsee lähimmillään noin 20 m päässä lähimmästä raiteesta. Radalla kulkee henkilö- ja tavarajunia. Mittaukset suoritettiin kahdesta mittauslinjasta. Mittausten tarkoituksena oli määrittää tontin asumisviihtyvyyssuokitus, sekä raideliikenteestä aiheutuvan tärinän aiheuttama vaurioriski.

1.1 Kohteen tiedot

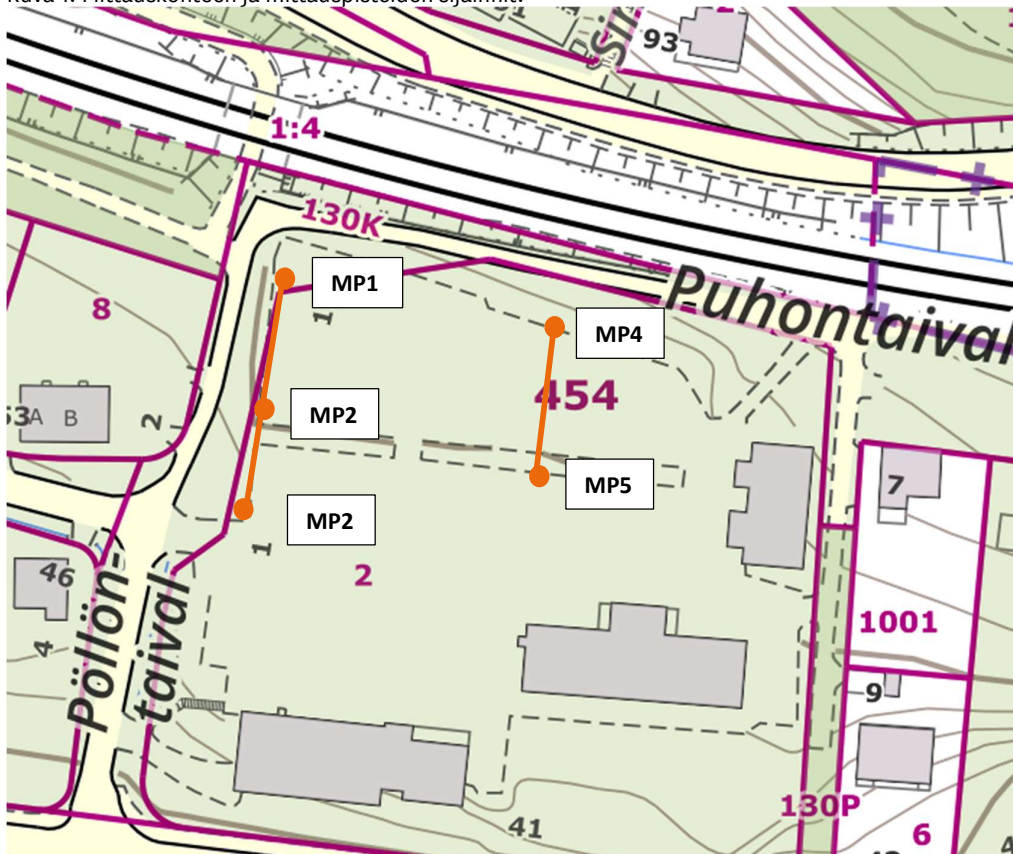
Osoite:	Pöllöntaival 1, 33100 Tampere
Kiinteistötunnus:	837-130-454-2
Maaperä:	Hiekka (GTK maankamara)
Etäisyys raiteesta:	20-60m

1.2 Työn yleistiedot

Työn tilaaja:	FCG Finnish Consulting Group Oy / Mauno Aho
Mittausajankohta:	6.5.2022–12.5.2022, 7 vrk.
Mittauksen suorittaja:	Forcit Consulting Oy / Veikko Sottinen
Tulosten raportointi:	Forcit Consulting Oy / Veikko Sottinen

1.3 Mittauskohteen kuvaus

Alla olevassa kuvassa 1 on havainnollistettu mittauskohteen sekä mittauspisteiden sijainnit. Kuva 1. Mittauskohteen ja mittauspisteiden sijainnit.



Kuva 2. Mittauskohteen ja mittauspisteiden sijainnit.



2 MITTAUKSEN SUORITUS

Mittauksessa käytettiin Sigicommin valmistamia kolmiaksaalisia (mittaussuunnat V, L, T) INFRA V12 tärinäantureita. Alla olevassa taulukossa 1 on lueteltu mittauksessa käytettyjen tärinämittareiden tunnistetiedot, sekä etäisyys lähimmästä raiteesta.

2.2 Mittauslaitteiston tiedot

Taulukko 1. Mittauspisteiden tiedot.

Mittauspiste	Etäisyys radasta	Sijainti	Tallennin	Anturi
MP1	20 m	Hiekkakenttä	IM-3993	V12 2210
MP2	40 m	Hiekkakenttä	IM-3993	V12 3480
MP3	60 m	Hiekkakenttä	IM-3993	V12 7910
MP4	20 m	Hiekkakenttä	IM-5758	V12 20600
MP5	45 m	Hiekkakenttä	IM-5877	V12 14140

Kaikki mittauspisteet asennettiin mitattavan tontin maaperään kiinni maapiikillä. Anturi kiinnitettiin maapiikkiin käyttäen pulttiliitosta. Antureiden päälle asetettiin hiekkasäkki mittauksen ajaksi. Hiekkasäkki suojaa anturia ulkoisilta iskuilta ja pitää maapiikin hieman kuivassa maaperässä kiinni. Mittausalueella sijaitsee tällä hetkellä peli- ja leikkikenttä, jolloin tärinämittausnaturit sijoitettiin kentän reunustalle, jolloin ne eivät estä kentän käyttöä.

Mittaustuloksien vastaava L-komponentti oli junaradan suuntainen, T-komponentti poikittain rataa nähden ja V-

komponentti oli pystykomponenttina.

Mittauksessa käytettiin SS4604861 mm/s RMS 1s standardia. Mitattavat suureet ovat kolmiaksisiaalisesti rekisteröidyn heilahdusnopeuden 1 sekunnin huippuarvoja ja yksikkö on mm/s. Mittauksessa otettiin myös näytekuvaajia, joista ilmenee 30 sekunnin jakson suurin heilahdusnopeus, kiihtyvyys, siirtymä ja taajuus aikatasossa. Näytekuvaajista tehdään tarkempi analyysi värähtelyn sisällöstä.

2.2 Junaliikenteen tiedot

Mittauskohteen ohitti mittausjakson aikana yli 130 tavarajunaa. Jakson aikana suurimman mittaustuloksen aiheutti tavarajuna T3503 6.5.2022 klo 21:49 nopeudella 58 km/h.

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 kolmiaksisiaalisesti 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-aksisiaalisesti rekisteröidyn heilahdusnopeuden, ISO2631-2 mukaan taajuuspainotettu, tehollisarvo (rms, 1s)
- värähtelyn tunnusluku v_{w95} : lasketaan 15 suurinta rekisteröintiä aiheuttaneen liikennevälineen otoksesta lisäämällä näiden pystysuuntaisten rekisteröintien aritmeettiseen keskiarvoon otoksen keskihajonta 1.8-kertaisena. Kaava 1.

Kaava 1. värähtelyjen tunnusluku

$$v_{w,95} = \overline{v_w} + 1,8 * \sigma$$

 $\overline{v_w}$ = tehollisarvon keskiarvo

 σ = 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 $v_{w,95}$ 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).

Värähtely- luokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$ mm/s RMS (1s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä.</i>	≤ 0.10
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet <i>Ihmiset voivat havaita värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä.</i>	≤ 0.15
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.</i>	≤ 0.30
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.</i>	≤ 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. Mittauspisteen ohjearvo määräytyy maaperän sekä hallitsevan taajuuden perusteella taulukon 4 mukaisesti. Mittauspisteen mitoittava tulos on anturin pystysuunnan tai anturin vaakasuuntien suurin heilahdusnopeus.

Taulukko 3. Vaurioriskiluokat V, H ja E (VTT-R-04703-14, 2014).

Vaurioriskiluokka	Kuvaus
V	Lähinnä rataa oleva alue, jossa maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille.
H	Hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asumismukavuutta. Vaurioriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit.
E	Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta. Vaikutus asumismukavuuteen on tarkistettava erikseen VTT tiedotteen 2569 mukaan.

Taulukko 4. Alueiden tärinäkartoituksessa käytettävät värähtelyrajat V, H ja E alueille ($V_{\max}$ mm/s), (VTT-R 04703-14, 2014).

Maalaji ja alue	Pehmeä savi, leikkauslujuus <25 kN/m ²	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka	Tiivis hiekka, sora, moreeni tai rikkonainen kallio	Kiinteä kallio
Värähtelyn hallitseva taajuus	< 10 Hz	10–20 Hz	20–50 Hz	50 Hz <
V-arue	3	4,2	6	7,2
H-arue	1–3	1,4–4,2	2–6	2,4–7,2
E-arue	alle 1	alle 1,4	alle 2	alle 2,4

4 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Junaliikenteen aiheuttamaa tärinää mitattavalla tontilla on analysoitu junien aiheuttamien suurimpien mittaustulosten perusteella. Junien aiheuttamat tulokset määritettiin värähtelyn aaltomuotokuvaajien, taajuussisällön ja juna-aikataulujen perusteella. Värähtelyolosuhteet sekä vaurioitumisalttius saadaan taulukossa 5 ja 6 esitettyjen tulosten perusteella. Taulukossa esitetyt luvut on laskettu ”VTT tiedotteita 2278, Espoo 2004” mukaisesti mittaussuunnittain. Mittauspisteen värähtelyluokitus määräytyy suurimman tuloksen perusteella.

Taulukko 5. Tunnusluvut mittauspisteille 1–3 mittaussuunnittain.

	MP1 V	MP1 T	MP1 L	MP2 V	MP2 T	MP2 L	MP3 V	MP3 T	MP3 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0,285	0,190	0,205	0,155	0,130	0,170	0,140	0,290	0,325
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w, 95}$	0,268	0,192	0,190	0,160	0,134	0,160	0,134	0,253	0,284
Värähtelyluokka	C	C	C	C	B	C	B	C	C
$V_{\max}$ mm/s	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,7
$V_{\max}$ taajuus Hz	8	8	8	8	8	8	8	10	12,5
Vaurioriskiluokka	E	E	E	E	E	E	E	E	E

Taulukko 6. Tunnusluvut mittauspisteille 4–5 mittaussuunnittain.

	MP4 V	MP4 T	MP4 L	MP5 V	MP5 T	MP5 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0,215	0,225	0,245	0,195	0,295	0,190
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w, 95}$	0,184	0,221	0,225	0,174	0,288	0,211
Värähtelyluokka	C	C	C	C	C	C
$V_{\max}$ mm/s	0,5	0,8	0,7	0,5	0,9	0,8
$V_{\max}$ taajuus Hz	8	8	8	8	31,5	16
Vaurioriskiluokka	E	E	E	E	E	E

5 YHTEENVETO

Forcit Consulting Oy on suorittanut raideliikennetärinämittauksen 6.5.2022 – 12.5.2022 välisenä aikana kiinteistöllä, 837-130-454-2, Pöllöntaival 1 33100. Mittauskohteen maaperä on hiekkaa. Jakson aikana suurimman mittaustuloksen aiheutti tavarajuna T3503 6.5.2022 klo 21:49 nopeudella 58 km/h. Junien aiheuttamat tärinät olivat selvästi erotettavissa tulosten aaltomuotokuvaajista.

Tulosten perusteella aleen värähtelyluokitus on C "Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa". Koko mitattava alue kuuluu vaurioriskiltään luokkaan E. Hiekkapohjaisella alueella vaurioluokan E raja-arvo on 2,0 mm/s. Kartoitettavalta alueelta (20m-60m raiteesta) korkein mitattu heilahdusnopeuden huippuarvo oli 0,9 mm/s. Varsinkin lähellä rataa tärinän hallitseva taajuus oli hyvin alhainen. Alhaisimman taajuuden < 10 Hz, pehmeä savi, vaurioriskiluokan raja-arvo on 1 mm/s. Mittaustulosten perusteella junaliikenteen aiheuttama tärinä ei aiheuta vaurioriskiä rakenteille.

Jyväskylässä 19.5.2022

Forcit Consulting Oy
Veikko Sottinen, Ins.(AMK)