

Asiakas:  
Kokemäen kaupunki  
Mikko Eskola

Muistion tunnus:  
PR4526-TÄR02  
Päiväys:  
14.4.2022

## RAIDELIIKENTEEN TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYKSEN PÄIVITYS

**Kohde:** Katilan asemakaava, Kokemäki

Promethor Oy on laatinut Katilan asemakaava-alueelle raideliikenteen tärinä- ja runkomeluselvityksen PR4526-TÄR01 vuonna 2018. Väylävirasto on lausunut asemakaavan muutosluonnoksesta (285-AK2122) 7.3.2022 lausunnossaan VÄYLÄ/1218/03.01.02/2022 raideliikenteen aiheuttamaan runkomeluun ja tärinään liittyen seuraavaa:

*”Väylävirasto huomauttaa, että tärinäselvityksen valmistumisen jälkeen Tampere – Pori -rataosan tavara-junaliikenne on muuttunut, erityisesti transitoliikenteen osalta, eikä tärinäselvitys enää täysin vastaa valitsevaa tilannetta. Vuonna 2018 laaditun tärinäselvityksen ajankohtana rataosan painavimmat junat ovat olleet painoltaan hieman alle 2000 t. Nykyisin rataosalla kulkee painoltaan yli 3000 t hiilijunia. Muuttunut tärinätilanne on hyvä tiedostaa ja huomioida radan läheisten rakennusten jatkosuunnittelussa.”*

Promethor Oy mittasi 23.–31.3.2022 raideliikenteen aiheuttamaa tärinää kaavamuutosalueella yhdessä mittauspisteissä nykytilanteen selvittämiseksi (2018 selvityksen mittauspiste MP2). Mittaukset tehtiin Kirkkokallion alueen asemakaavoitukseen liittyvän tärinä- ja runkomeluselvityksen tärinämittausten yhteydessä. Mittaustulosten perusteella raideliikenteen aiheuttaman tärinän taajuussisällössä ei ole tapahtunut olennaisia muutoksia. Tärinävoimakkuus oli vuoden 2018 tuloksiin verrattuna voimakkaampaa, minkä perusteella tärinäherkkien tilojen suojaetäisyysuusitus junarataan on muutettu aiemmasta 60 metristä 100 metriin.

Asemakaavaehdotuksessa kaava-alue on käytännössä kokonaan teollisuus- ja varastorakennusten korttelialueita. Alueen keskellä on lisäksi yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten alue (kuva 1). Raideliikenteestä aiheutuva tärinä ei estä alueen suunniteltua maankäyttöä.

Vuoden 2018 tärinä- ja runkomeluselvityksen, uusien mittaustulosten, sekä uuden asemakaavasunnitelman perusteella päivitettyt ja tiivistetyt johtopäätökset on esitetty alla.

### ***Tärinän aiheuttama vaurioitumisriski***

Mittaustulosten perusteella raideliikenteen aiheuttama tärinä ei aiheuta tarkasteltavan kohteen rakennuksille rakenteiden vaurioriskiä.

### ***Tärinän aiheuttama viihtyvyyshaitta***

Kaavaehdotuksen mukaisten teollisuus- ja varastorakennusten korttelialueiden (T & T/kem) tuotantotilojen ei tavallisesti arvioida olevan tiloja, joissa raideliikennetärinä aiheuttaisi viihtyvyyshaittaa.

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella tärinälle herkkiä tiloja ei tulisi rakentaa alle 100 metrin etäisyydelle rautatiestä tai niiden suunnittelussa tulee huomioida raideliikenteen aiheuttama tärinä rakennuksen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla.

## Runkomelu

Kaavaehdotuksen mukaisten teollisuus- ja varastorakennusten korttelialueiden (T & T/kem) tuotantotilojen ei tavallisesti arvioida olevan tiloja, joissa runkomelu aiheuttaisi viihtyvyyshaittaa.

## Kaavamääräykset

Kaavaehdotuksessa tärinään ja runkomeluun liittyen on esitetty seuraavat määräykset:

*"Alueella tulee huomioida raideliikenteen aiheuttama tärinä rakennusten käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla.*

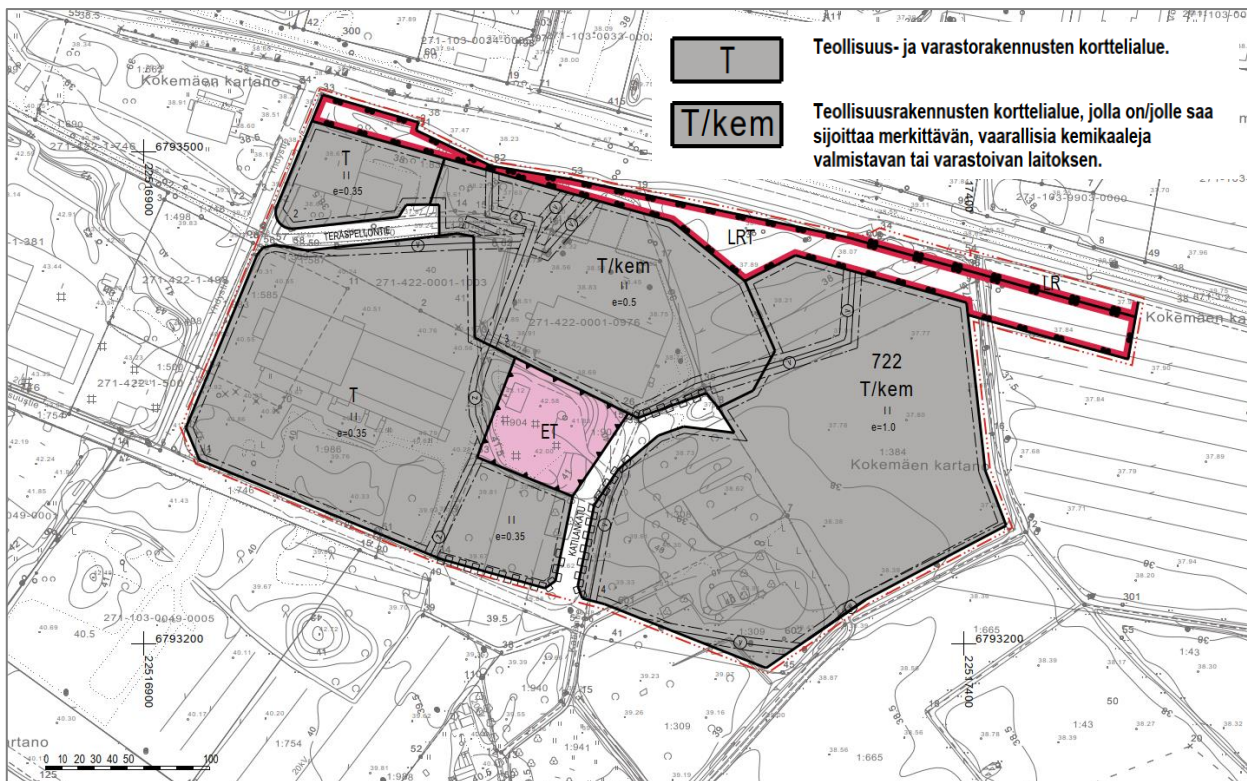
*Rautatieliikenteestä aiheutuva tärinä tulee huomioida rakennusten rakenteissa siten, että toimistorakennuksissa liikennetärinän osalta ei ylitetä VTT:n laatiman ohjeen värähtelyluokan D arvoa 0,60 mm/s tai voimassa olevaa määräysarvoa.*

*Rautatieliikenteestä aiheutuva tärinä tulee huomioida rakennusten rakenteissa siten, että toimistorakennuksissa liikennetärinän aiheuttaman runkomelun Lprm voimakkuus ei ylitä A-painotettua suositusarvoa 45 dB tai voimassa olevaa määräysarvoa."*

Suosittelme esittämään asemakaavassa kaavaehdotuksessa esitetyt tärinään ja runkomeluun liittyvät määräykset sellaisenaan. Määräysten muutokselle ei ole tarvetta.

## Muita huomioita

Mittaustulokset edustavat mittauskohteen tärinää vain niissä olosuhteissa, joissa mittaukset suoritettiin. Muun muassa liikenneväylän kunnon, kaluston tai ajonopeuksien poiketessa oleellisesti mittausajankohdasta on tärinäarvojen muuttuminen mahdollista.



**Kuva 1.** Ote asemakaavaehdotuksesta (24.3.2022).

**Lisätietoja:**

Olli Laivoranta  
Promethor Oy  
puh. 041 506 3418  
olli.laivoranta@promethor.fi

Jani Kankare  
Promethor Oy  
puh. 040 574 0028  
jani.kankare@promethor.fi

**HELSINKI**

Viikinportti 4 B 18  
00790 Helsinki  
puh. 050 377 6565

**TURKU**

Rautakatu 5 A  
20520 Turku  
puh. 050 570 3476

etu.sukunimi@promethor.fi  
www.promethor.fi

Y-tunnus: 0996539-4  
Kotipaikka: Turku

Nosto Consulting Oy  
Pasi Lappalainen

# RAIDELIIKENTEEN TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

Katilan asemakaava, Kokemäki



Tilaaaja:  
Nosto Consulting Oy  
Pasi Lappalainen  
Brahenkatu 7  
20100 Turku

## Raideliikenteen tärinä- ja runkomeluserveys

Kohde:  
Katilan asemakaava, Kokemäki

Raportin numero:  
PR4526-TÄR01

Raportin päiväys:  
31.5.2018

Kirjoittaja(t):  
Olli Laivoranta  
Suunnittelija, DI  
puh. 041 506 3418  
sp. olli.laivoranta@promethor.fi

Tarkastanut:  
Jani Kankare  
Toimitusjohtaja, FM  
puh. 040 574 0028  
sp. jani.kankare@promethor.fi

## Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	4
2	Kohteen sijainti, ympäristö ja mittauspisteet.....	4
3	Mittaus- ja arviointimenetelmät .....	6
4	Tärinän suositusarvot .....	7
4.1	Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta .....	7
4.2	Tärinän suositusarvot viihtyvyyden kannalta.....	7
4.3	Runkomelun suositusarvot.....	8
5	Mittaustulokset .....	9
5.1	Värähtelyn taajuussisältö .....	9
5.2	Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti $v_{res}$ .....	9
5.3	Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$ .....	10
5.4	Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi.....	10
5.5	Arvio runkomelun enimmäistasosta .....	12
6	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	13
6.1	Tärinän aiheuttama vaurioitumisriski .....	13
6.2	Tärinän aiheuttama viihtyvyyshaitta.....	13
6.3	Runkomelu .....	13
6.4	Suositukset kaavamääräyksistä.....	14
6.5	Muita huomioita.....	14
7	Lisätietoa .....	14
8	Kirjallisuus.....	15

### Liitteet:

Liite 1. Mittauspistesivut, tärinä.



## 1 YLEISTÄ

Promethor Oy mittasi 16.–23.5.2018 raideliikenteen aiheuttamaa tärinää Kokemäellä Katilan alueella asemakaavan muutosta varten. Mittauksilla selvitettiin tärinän voimakkuus alueelle suunniteltavien rakennusten rakenteiden vaurioitumisriskin, tilojen käyttöviihtyvyyden sekä runkomelun kannalta. Alueelle ei ole suunnitteilla asuinrakentamista.

Selvityksen laadintaan ovat osallistuneet Olli Laivoranta, Tero Puranen ja Jani Kankare.

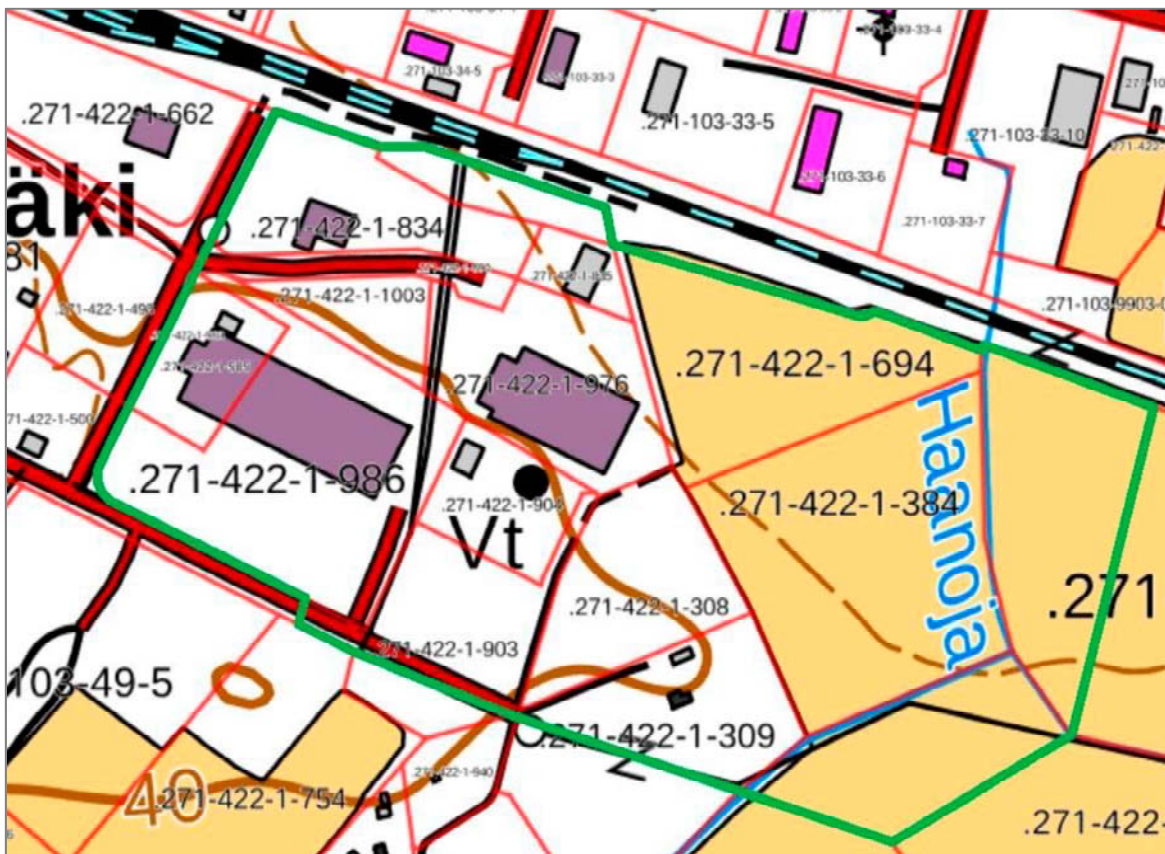
## 2 KOHTEEN SIJAINTI, YMPÄRISTÖ JA MITTAUSPISTEET

Tutkittava kohde sijaitsee Kokemäen Peipohjan kaupunginosassa Haanmäellä (kuva 1). Kaavoitettava alue on haja-asutusaluetta. Alueella on teollisuus- ja varastorakennuksia sekä Kokemäen Vesihuolto Oy:n vesitorni. Kaava-alueella on myös purkukuntoinen asuintalo piharakennuksineen. Muilta osin suunnittelualue on rakentamatonta.

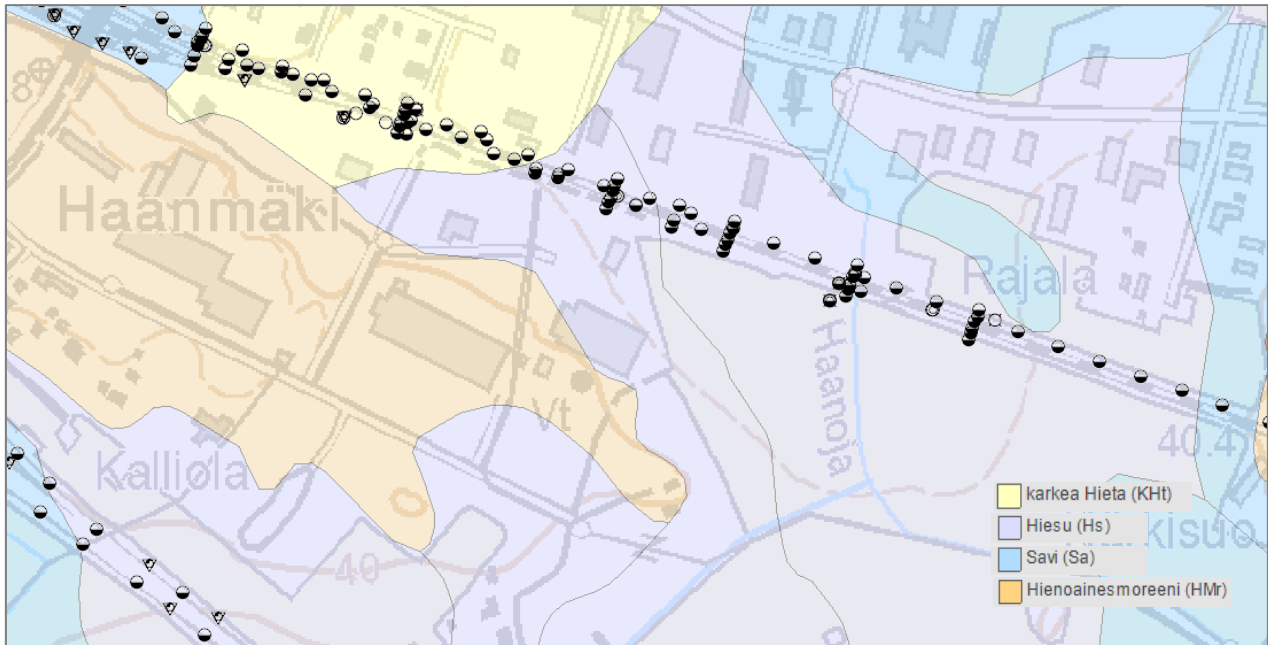
Kaava-alue rajautuu koillisessa rautatiehen, mikä on kaava-alueelle merkittävin tärinälähde.

GTK:n maaperätietojen mukaan alueen maaperä on pääosin hiesua (kuva 2). Alueen länsiosassa maaperä on kovempaa ja pehmenee idän suuntaan mentäessä.

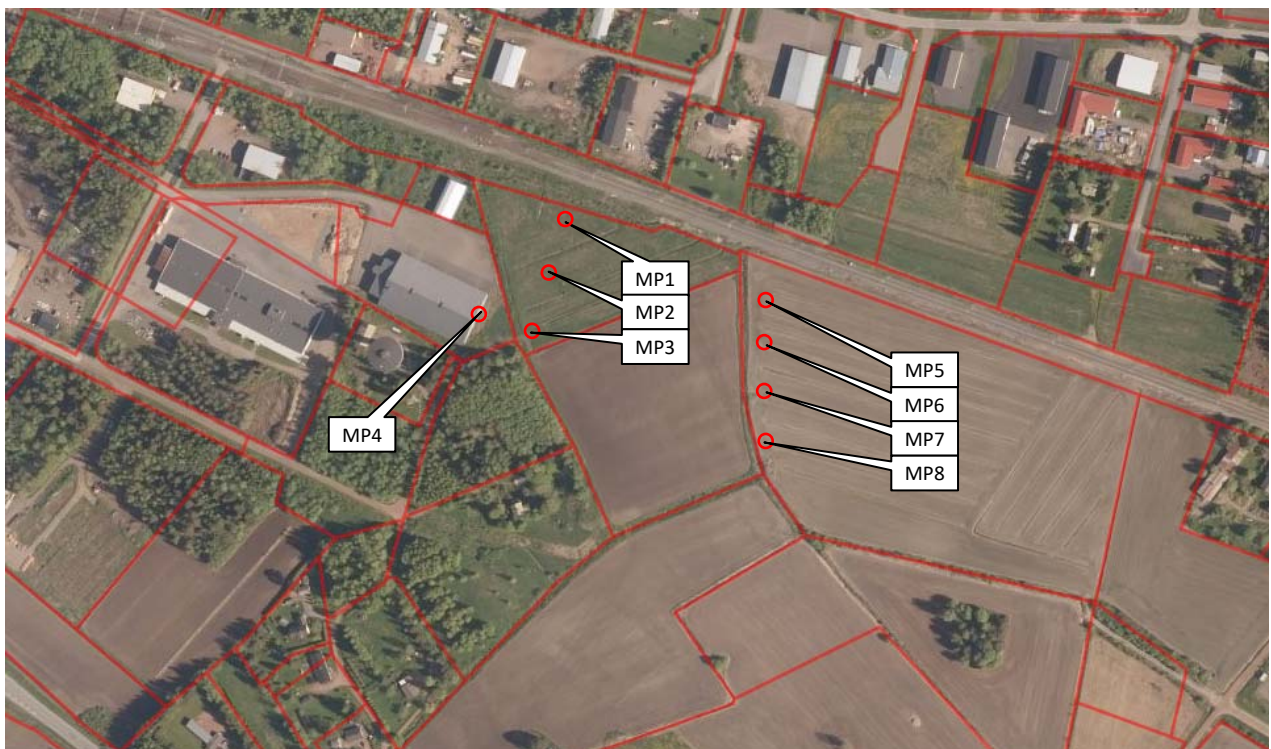
Raideliikenteen tärinämittausta suoritettiin samanaikaisesti kahdeksassa pisteessä (kuva 3). Mittauspisteet muodostivat kaksi rataa vastaan kohtisuoraa mittaussuoraa ja lisäksi yksi mittauspiste oli alueella olemassa olevan rakennuksen perustuksessa. Mittauspisteiden etäisyydet rautatiestä olivat 30–90 metriä.



**Kuva 1.** Kaava-alueen ohjeellinen rajaus maastokartalla on merkitty vihreällä (lähde: tarjouspyyntöaineisto).



Kuva 2. Maaperäkartta (lähde: gtkdata-gtk.fi)



Kuva 3. Tärinämittauspisteet.



### 3 MITTAUS- JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Raideliikenteen aiheuttaman tärinän mittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta” mukaisesti maaperästä mittaamalla. Tarkasteltavalla tontilla ei ole ennestään rakennuksia. Mittaukset suoritettiin pääosin valvottuna mittauksena, jonka aikana kirjattiin ylös ohi ajavien junien aikataulut ja kulkusuunnat. Mittausjakson aikana alueen ohi kulki yhteensä 15 junaa.

Mittaustulosten analysointi ja tulkinta rakenteiden vaurioitumisriskin kannalta tehtiin VTT:n ohjeen ”Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – Vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen” mukaan. Rakenteiden vaurioriskiä arvioitiin värähtelyn taajuuspainottamattoman heilahdusnopeuden resultantin maksimiarvon  $v_{res}$  avulla.

Mittaustulosten analysointi ja tulkinta ihmisen kokeman tärinähaitan kannalta tehtiin VTT:n ohjeiden ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta”, ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” ja ”Ohjeita liikennetärinän arviointiin” mukaan. Ihmisen kokeman häiriön kuvaamiseksi tärinäsignaaleista laskettiin tunnusluku  $v_{w,95}$  VTT:n suositusten mukaan<sup>1</sup>. Mitatut tärinäsignaalit taajuuspainotettiin standardin ISO 2631-2 mukaisella kokokehontärinän painotusfunktiolla, minkä jälkeen niistä laskettiin liukuvan tehollisarvon maksimit  $v_{w,max}$ . Näistä valittiin 15 suurinta tapahtumaa, joiden perusteella laskettiin tunnusluku  $v_{w,95}$ . Värähtelyjen tunnusluvulla  $v_{w,95}$  tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä 15 suurimman tärinä tapahtuman taajuuspainotetut tehollisarvot pysyvät 95 prosentin tilastollisella todennäköisyydellä.

Maasta rakennukseen siirtyvää tärinää arvioitiin VTT:n tiedotteen ”Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi” ja VTT:n tiedotteen ”Ohjeita liikennetärinän arviointiin” mukaisesti.

Suomessa ei ole standardoitua menetelmää runkomelun arviointiin. Tässä raportissa raideliikenteen aiheuttamaa runkomelua arvioidaan VTT:n tiedotteen ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” mukaisesti. Arvio määritetään slow-aikavakiolla määritetyistä A-painotetuista maasta mitatuista nopeussignaaleista käyttämällä referenssinopeutena 1 nm/s ja muuttamalla saatu tulos runkomelutasoksi VTT:n tiedotteen mukaisia lisätekijöitä käyttäen.

<sup>1</sup> VTT:n suosituksesta poiketen tunnuslukujen laskennassa 15 suurinta signaalia valitaan kustakin akselisuunnasta erikseen. VTT:n suosituksessa suurimmat signaalit valitaan pystysuuntaisten signaalien mukaan kaikille akselisuunnille. Kun käytetyt signaalit valitaan kustakin akselisuunnasta erikseen, laskettu tunnusluku on aina yhtä suuri tai suurempi kuin pysty akselin mukaan valituista signaaleista laskettu. Pystysuunnan mukaan määritetyistä signaaleista lasketut vaakasuuntaiset tunnusluvut saattavat olla todellista pienempiä, erityisesti kun vaakasuuntainen tärinä on merkittävää.

## 4 TÄRINÄN SUOSITUSARVOT

### 4.1 Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta

Suomessa rakennusten rakenteiden vaurioriskille ei ole toistaiseksi annettu virallisia raja-arvoja. VTT:n tiedotteen ”Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin, 2002” mukaan rakennusten vaurioriskiä voidaan arvioida värähtelyn heilahdusnopeuden resultantin suurimman arvon  $v_{res}$  ja hallitsevan taajuuden avulla. Tiedotteessa on annettu taulukon 1 mukaiset suositusarvot rakennusten vaurioitumisalttiuden arvioimiseksi.

**Taulukko 1.** VTT:n tiedotteessa ”Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin, 2002” annetut suositusarvot tärinän aiheuttamalle rakennusten vaurioriskille.

Tärinäalttiusluokka	Hallitseva taajuus [Hz]	Resultantin maksimi $v_{res}$ [mm/s]
I. Normaalkuntoiset hyvin jäykistetyt rakennukset. Teräs- ja betoniset teollisuusrakennukset, muut teräsrakenteet, sillat ja muut niihin rinnastettavat rakenteet	< 10	8
	10...30	10
	> 30	12
II. Perinteisesti rakennetut betoni- tiili- tai puurakenteiset asuin- ja liikerakennukset tai muut niihin rinnastettavat rakennukset ja rakenteet. Luokan I rakennukset, joissa on muurattuja kellariseiniä tai tiiliverhoilu.	< 10	4
	10...30	5
	> 30	6
III. Erityisen herkätkä rakennukset tai rakenteet ja kulttuurihistoriallisesti tai yhteiskunnallisesti merkittävät rakennukset.	< 10	2
	10...30	3
	> 30	4

### 4.2 Tärinän suositusarvot viihtyvyyden kannalta

Ympäristönsuojelulaissa (nro 86/2000) ja Suomen rakentamismääräyskokoelmassa (osa B3, 2004) veloitetaan ottamaan liikennetärinän vaikutukset huomioon muun muassa kaavoituksessa. Suomessa ei kuitenkaan ole virallisia raja-arvoja liikenteen aiheuttamalle kokokehon tärinälle, joka kohdistuu ihmisiin rakennuksissa. VTT on antanut suosituksen normaalien asuinrakennusten värähtelyluokitukselta tunnuslukuun  $v_{w,95}$  perustuen tiedotteessaan 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta”. Tämä ohjeellinen värähtelyluokitus on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** VTT:n tiedotteessa 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta” annettu suositus normaalien asuinrakennusten värähtelyluokitukselta.

Värähtelyluokka	Olosuhteet	Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyä.</i>	≤ 0,10
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet <i>Ihmiset voivat havaita värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä.</i>	≤ 0,15
C	Suositus uusien asuinrakennusten ja väylien suunnittelussa <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	≤ 0,30
D	Olosuhteet, joilla pyritään vanhoilla asuinalueilla <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	≤ 0,60

Teollisuusrakennuksille ei ole käyttöviihtyvyyden arviointiin soveltuvaa suositusarvoa. Toimistorakennuksille suositusarvona voidaan pitää luokan D arvoa 0,60 mm/s.

### 4.3 Runkomelun suositusarvot

Suomessa ei ole virallisia raja-arvoja runkomelun enimmäistasolle. VTT:n tiedotteessa 2468 ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi”, 2009, on esitetty suositus runkomelutasojen raja-arvoiksi. Suositusarvot on esitetty taulukossa 3.

**Taulukko 3.** VTT:n tiedotteessa 2468 ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, 2009” esitetty suositus runkomelutasojen raja-arvoiksi.

Rakennustyyppi	Runkomelutaso $L_{prm}$ [dB(A)]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35*
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> <li>• potilashuoneet, majoitustilat</li> <li>• päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet</li> </ul>	30/35*
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none"> <li>• luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvää ilman äänentoistolaitteiden käyttöä</li> <li>• muut kokoontumistilat, kuten teatterit ja kirjastot</li> </ul>	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45*

\* Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmastoineristävyydestä, on VTT:n ohjeen mukaan suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

## 5 MITTAUSTULOKSET

### 5.1 Värähtelyn taajuussisältö

Maaperästä mitatun värähtelyn taajuusalue painottui alle 10 Hz taajuuksille. Tärinän taajuuspainotetut taajuusjakaumat on esitetty liitteessä 1 terssikaistoittain VTT:n suosituksen mukaisesti.

### 5.2 Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti $v_{res}$

Rakennusten vaurioitumisriskiä arvioidaan painottamattoman värähtelynopeuden resultantin suurimman arvon avulla. Taulukossa 4 on esitetty suurimmat mitatut resultanttien arvot. Suositeltavana enimmäisarvona voidaan tarkasteltavassa kohteessa pitää vähintään 4 mm/s (vrt. taulukko 1). Liitteessä 1 on esitetty mitatuista resultanteista 15 suurinta kussakin mittauspisteessä.

**Taulukko 4.** Suurimmat mitatut heilahdusnopeuden resultantin arvot  $v_{res}$ .

Mittauspiste	Etäisyys radasta [m]	Resultantti [mm/s]
mp1	35	1,6
mp2	75	0,7
mp3	125	0,7
mp4 (hallin perustus)	125	0,2
mp5	35	1,8
mp6	65	1,2
mp7	95	1,2
mp8	125	0,8

### 5.3 Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$

Ihmisten kokemaa tärinähaittaa arvioidaan tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  avulla. VTT:n suosituksen mukaan uusissa normaaleissa **asuinrakennuksissa** tärinän tunnusluku  $v_{w,95}$  ei saisi ylittää arvoa 0,30 mm/s (luokka C). **Teollisuusrakennuksille** ei ole käyttöihtiyyden arviointiin soveltuvaa suositusarvoa. **Toimistorakennuksille** suositusarvona voidaan pitää luokan D arvoa 0,60 mm/s. Taulukossa 5 on esitetty mittaustuloksista lasketut tärinän tunnuslukujen arvot. Laskuissa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot on esitetty liitteessä 1. Taulukon 5 arvoja ei voi suoraan verrata suositusarvoon, koska tärinän voimakkuus muuttuu rakennukseen siirtymisen yhteydessä. Valmiissa rakennuksessa havaittavan tärinän arviointi on esitetty luvussa 5.4.

**Taulukko 5.** Mittaustuloksista lasketut tärinän tunnusluvut  $v_{w,95}$ .

Mittauspiste	Etäisyys radasta [m]	pystysuunta	Tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]	
			rataa vasten kohtisuora vaakasuunta	radan suuntainen vaakasuunta
mp1	35	0,24	0,52	0,53
mp2	75	0,05	0,18	0,20
mp3	125	0,14	0,18	0,22
mp4	125	0,05	0,02	0,02
mp5	35	0,66	0,45	0,41
mp6	65	0,39	0,36	0,35
mp7	95	0,18	0,30	0,32
mp8	125	0,21	0,24	0,23

### 5.4 Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi

Rakennuksen ominaisuuksista riippuen maaperästä rakennukseen siirtyvän tärinän tietyn taajuiset värähtelykomponentit voimistuvat ja tietyt vaimenevat. Ominaisuuksista riippuen rakennuksessa havaittavan tärinän voimakkuus on pienempää, yhtä suurta tai suurempaa kuin maaperästä mitattu tärinä.

Maasta mitatusta tärinästä rakennukseen siirtyvää tärinää arvioidaan VTT:n tiedotteen 2425 "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi", 2008 mukaisesti. Arviointimenetelmässä arvioidaan ensiksi maasta perustukseen siirtyvän värähtelyn vaimenemista käyttämällä taajuuskaistakohtaista kerrointa. Tämän jälkeen perustuksesta runkoon ja lattiaan siirtyvän värähtelyn vahvistumista arvioidaan käyttämällä yleisen voimistumisen ja resonanssitarkastelun kertoimia.

Yleinen voimistuminen kuvaa nimensä mukaisesti värähtelyn mahdollista yleistä voimistumista rakennuksen rungossa tai lattiasa (ns. varmuustarkastelu). Resonanssitarkastelu kuvaa rakennuksen rungon tai lattian ominaistaajuuden "syttymistä", jolloin värähtely voimistuu moninkertaiseksi. Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Resonanssitarkastelussa mahdollisesti ilmeneviä riskejä voidaan välttää rakennusten värähtelyteknisellä suunnittelulla mm. välttämällä tiettyjä jännevälejä ja talon korkeuksia.



## ***Yleinen voimistuminen***

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaaka- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella, käyttämällä voimistumiskerrointa  $k_1 = 1,5$ . Arviointitulokset on esitetty taulukossa 6.

**Taulukko 6.** VTT:n menetelmillä tärinäsignaaleista arvioidun perustuksen värähtelyn perusteella arvioitu värähtelyn yleinen voimistuminen rakennuksen rungossa ja lattiassa.

Mittauspiste	Etäisyys radasta [m]	Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,runko}$ [mm/s]	Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,lattia}$ [mm/s]
mp1	35	0,78	0,35
mp2	75	0,31	0,07
mp3	125	0,33	0,21
mp5	35	0,99	0,62
mp6	65	0,54	0,58
mp7	95	0,48	0,27
mp8	125	0,37	0,32

Yleisen voimistumisen perusteella arvioituna:

- Uusien **toimistorakennusten** vähimmäisetäisyys radasta tulisi olla noin 60 m. Määrävänä tekijänä on lattian värähtelyn yleinen voimistuminen.

Teollisuusrakennuksessa olevalle toimistotilalle voidaan kokemuksemme perusteella soveltaa selvästi suurempaa suositusarvoa, jolloin näihin tiloihin ei kohdistu yleisen voimistumisen perusteella etäisyysrajoitetta.

## ***Rungon resonanssitarkastelu***

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 4$ .

Rungon resonanssitarkastelun perusteella:

- Alle 70 metrin etäisyydellä rautatiestä **toimistorakennusten** tulisi olla yksikerroksisia. Tätä kauempana radasta rungon resonanssitarkastelu ei aseta erityisvaatimuksia rakentamiselle.

Teollisuusrakennuksessa olevalle toimistotilalle voidaan kokemuksemme perusteella soveltaa selvästi suurempaa suositusarvoa, jolloin näihin tiloihin ei kohdistu rungon resonanssitarkastelun perusteella etäisyysrajoitetta.

## ***Lattian resonanssitarkastelu***

Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 6$ . Välipohjien (ja alapohjan) ominaistaajuus ei saa osua sellaiselle taajuusalueelle, jonka tunnusluvun arvo lattian resonanssitarkastelussa ylittää sovellettavan suositusarvon.

Lattian resonanssitarkastelun perusteella:

- Alle 100 metrin etäisyydellä rautatiestä **toimistorakennusten** ala- ja välipohjat tulee suunnitella ja mitoittaa siten, että niiden ominaistajuus  $f_0$  on suurempi kuin 10 Hz. Tätä kauempana radasta lattian resonanssitarkastelu ei aseta erityisvaatimuksia rakentamiselle. Alle 100 m etäisyydellä suositellaan toimistorakennuksissa käytettävän maanvaraista laattaa tai erikseen mitoitettavaa lattiarakennetta haitallisen resonanssin välttämiseksi.

Teollisuusrakennuksessa olevalle toimistotilalle voidaan kokemuksemme perusteella soveltaa selvästi suurempaa suositusarvoa, jolloin näihin tiloihin ei kohdistu lattian resonanssitarkastelun perusteella etäisyysrajoitetta.

## 5.5 Arvio runkomelun enimmäistasosta

Taulukossa 7 on esitetty runkomelun arviointitulokset mittauspisteittäin. Pystysuuntainen tärinä (z-suunta) säteilee runkoääntä vaakasuorista pinnoista eli mm. latioista ja vaakasuuntainen tärinä (y- ja x-suunnat) pystysuorista pinnoista eli seinistä.

**Taulukko 7.** VTT:n menetelmällä tärinäsignaaleista arvioidut runkomelutasot  $L_{prm}$ .

Mittauspiste	Etäisyys radasta [m]	A-painotettu runkomelutaso $L_{prm}$ [dB]		
		z	y	x
mp1	35	34	42	42
mp2	75	25	35	33
mp3	125	24	33	35
mp4	125	21	25	23
mp5	35	42	51	50
mp6	65	34	36	35
mp7	95	28	35	36
mp8	125	23	29	28

Lainaus VTT:n tiedotteesta 2468, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arvioiminen, I Esiselvitys. ”Julkaisussa esitetyt kriteerit, raja-arvot ja arviointiohjeet perustuvat pääasiassa kirjallisuuskatsaukseen ja niiden soveltuvuus tulisi varmistaa mittauksin, jotta Suomen liikennettä, väylää, maaperää ja rakentamistapaa koskevat erityispiirteet tulevat otetuksi oikein huomioon,... Koska värähtelyn syntymiseen ja leviämiseen vaikuttaa monia epävarmuustekijöitä, esitettyä arviointia voidaan pitää toistaiseksi vain suuntaa-antavana.”

Runkomelun arviointitulosten perusteella:

- Runkomelutaso **toimistorakennuksissa** jää alle (täyttää) suositusarvon 45 dB alueen **länsiosassa** noin 35 m etäisyydellä rautatiestä.
- Runkomelutaso **toimistorakennuksissa** jää alle (täyttää) suositusarvon 45 dB alueen **itäosassa** noin 50 m etäisyydellä rautatiestä.

Teollisuusrakennuksessa olevalle toimistotilalle voidaan kokemuksemme perusteella soveltaa selvästi suurempaa suositusarvoa, jolloin näihin tiloihin ei kohdistu runkomelun osalta etäisyysrajoitetta.

## 6 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 6.1 Tärinän aiheuttama vaurioitumisriski

Kaikki maasta mitatut tärinän heilahdusnopeuden resultantin arvot 0,2...1,8 mm/s ovat selvästi suositusarvoja 4 mm/s (alttiusluokka II, perinteisesti rakennetut betoni- tiili- tai puurakenteiset asuin- ja liikerakennukset tai muut niihin rinnastettavat rakennukset ja rakenteet) ja 8 mm/s (alttiusluokka I, normaalikuntoiset hyvin jäykistetyt rakennukset. Teräs- ja betoniset teollisuusrakennukset, muut teräsrakenteet) pienempiä. Näin ollen voidaan arvioida, että tärinä ei aiheuta tarkasteltavan kohteen rakennuksille rakenteiden vaurioriskiä.

### 6.2 Tärinän aiheuttama viihtyvyyshaitta

Mittaustulokset tukevat käsitystä maaperän pehmenemisestä idän puolella aluetta. Idän puoleisessa mittauslinjassa mitattiin suurempia arvoja kuin länsipuolella.

#### *Teollisuus- ja varastorakennusten tuotantotilat*

Teollisuus- ja varastorakennuksien tuotantotilojen ei tavallisesti arvioida olevan tiloja, joihin raideliikenteetärinä aiheuttaa viihtyvyyshaittaa.

#### *Teollisuusrakennuksissa sijaitsevat toimistotilat*

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella tärinän tunnusluku  $v_{w,95}$  on suurimmillaan noin 1,0 mm/s. Kokeuksemme perusteella arvioimme, että tämän suuruinen tärinä ei aiheuta merkittävää käyttöviihtyvyyshaittaa ko. toimistotiloissa.

#### *Toimistorakennukset*

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella tarkasteltavalla alueella:

- Toimistorakennusten etäisyys rautatiestä tulee olla vähintään 60 m.
- Alle 70 m etäisyydellä toimistorakennusten tulee olla yksikerroksisia.
- Alle 100 metrin etäisyydellä rautatiestä toimistorakennusten ala- ja välipohjat tulee suunnitella ja mitoittaa siten, että niiden ominaistaajuus  $f_0$  on suurempi kuin 10 Hz. Alle 100 m etäisyydellä suositellaan käytettävän maanvaraista laattaa tai erikseen mitoitettavaa lattiarakennetta haitallisen resonanssin välttämiseksi.

### 6.3 Runkomelu

Mitatuista värähtelysignaaleista arvioitujen runkomelutasojen perusteella runkomelutaso täyttää (alittaa) toimistorakennuksissa suositusarvon 45 dB alueen länsiosassa noin 35 m etäisyydellä rautatiestä ja itäosassa noin 50 m etäisyydellä rautatiestä. Runkomelu ei näin ollen muuta edellä esitettyjä suoja-alueita.

## 6.4 Suositukset kaavamääräyksistä

Suosittellemme lisäämään kaavamääräyksiin kohdan, jossa edellytetään tärinän huomioon ottaminen. Kaavamääräys voi olla esimerkiksi seuraava:

- Alueella tulee huomioida raideliikenteen aiheuttama tärinä rakennusten käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla.

Kaavoitettaessa työpaikka-alueita, annetaan tavallisesti seuraavat kaavamääräykset:

- Rautatieliikenteestä aiheutuva tärinä tulee huomioida rakennusten rakenteissa siten, että toimistorakennuksissa liikennetärinän osalta ei ylitetä VTT:n laatiman ohjeen värähtelyluokan D arvoa 0,60 mm/s tai voimassa olevaa määräysarvoa.
- Rautatieliikenteestä aiheutuva tärinä tulee huomioida rakennusten rakenteissa siten, että toimistorakennuksissa liikennetärinän aiheuttaman runkomelun  $L_{prm}$  voimakkuus ei ylitä A-painotettua suositusarvoa 45 dB tai voimassa olevaa määräysarvoa.

Käsityksemme mukaan nyt tarkasteltavalle Katilan yritysalueelle ei sijoitu tai ole suunnitteilla sellaisia toimistorakennuksia, joille edellisen kaltaisia määräyksiä tulisi ehdottomasti sellaisenaan asettaa.

## 6.5 Muita huomioita

Mittaustulokset edustavat mittauskohteen tärinää vain niissä olosuhteissa, joissa mittaukset suoritettiin. Muun muassa liikenneväylän kunnon, kaluston tai ajonopeuksien poiketessa oleellisesti mittausajankohdasta on tärinäarvojen muuttuminen mahdollista.

## 7 LISÄTIETOA

Olli Laivoranta  
Promethor Oy  
puh. 041 506 3418  
sp. olli.laivoranta@promethor.fi

## 8 KIRJALLISUUS

1. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT:n tiedotteita 2278, A. Talja, Otamedia Oy, Espoo 2005
2. Rautatieliikenteen vaikutus rakenteisiin, J. Törnqvist ja O. Nuutilainen, Luonnos, Otamedia Oy, Espoo 2002
3. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT working papers 50, J. Törnqvist ja A. Talja, Espoo 2006
4. Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT:n tiedotteita 2569, A. Talja, Espoo 2011
5. Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi, VTT:n tiedotteita 2425, A. Talja et. al, Espoo 2008
6. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, I Esiselvitys, VTT:n tiedotteita 2468, A. Talja ja A. Saarinen, Valtion Tekninen Tutkimuskeskus, Espoo 2009
7. Standardi NS8176.E, Vibration and Shock, Measurement Of Vibration In Buildings From Landbased Transport And Guidance To Evaluation Its Effect On Human Beings, Norjan standardisoimisvirasto, Norja 1999
8. Standardi ISO 2631, Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure To Whole-body Vibration, Osat 1 ja 2, International Organization of Standardization, Sveitsi 1997



Mittauspisteen kuvaus: 3-akσιαallinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 16.-23.5.2018

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
21.5.2018	04.45	1,6	0,35	1,40	1,50
21.5.2018	05.16	1,6	0,58	1,07	1,54
22.5.2018	04.40	1,3	0,65	1,19	1,04
16.5.2018	14.22	1,2	0,52	1,02	0,97
18.5.2018	13.00	1,0	0,26	1,00	0,92
21.5.2018	23.58	1,0	0,23	0,94	0,78
17.5.2018	09.11	1,0	0,53	0,70	0,98
22.5.2018	00.47	0,9	0,22	0,87	0,51
16.5.2018	13.14	0,9	0,20	0,81	0,60
18.5.2018	03.21	0,9	0,38	0,76	0,60
20.5.2018	11.35	0,9	0,34	0,55	0,70
22.5.2018	13.01	0,9	0,26	0,77	0,84
18.5.2018	23.55	0,8	0,14	0,82	0,54
17.5.2018	12.56	0,8	0,26	0,82	0,65
20.5.2018	23.38	0,8	0,15	0,80	0,49

MP1

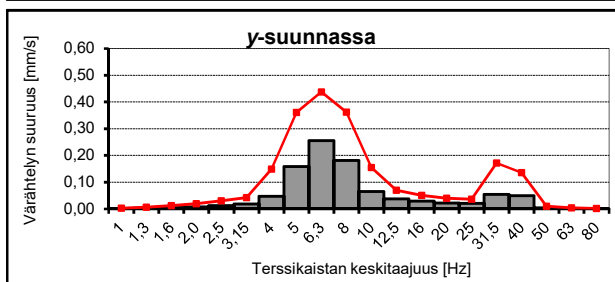
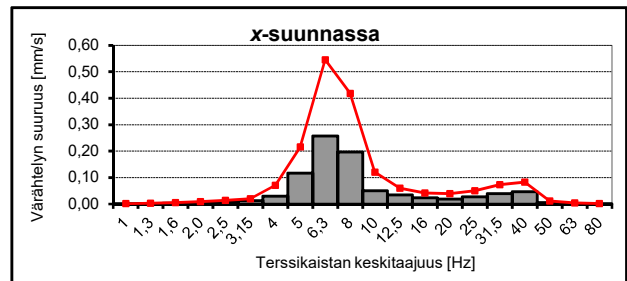
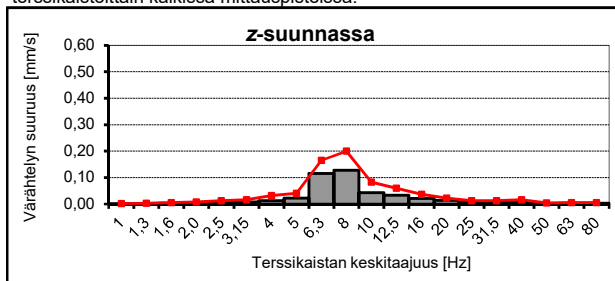
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
21.5.2018	5:16	0,23	22.5.2018	4:40	0,49	21.5.2018	5:16	0,48
22.5.2018	4:40	0,22	18.5.2018	13:00	0,41	17.5.2018	9:11	0,46
16.5.2018	14:22	0,21	21.5.2018	5:16	0,41	18.5.2018	13:00	0,37
17.5.2018	19:55	0,21	16.5.2018	14:22	0,38	16.5.2018	14:22	0,37
22.5.2018	8:35	0,18	21.5.2018	23:58	0,35	22.5.2018	4:40	0,36
23.5.2018	3:29	0,18	22.5.2018	0:47	0,35	22.5.2018	13:01	0,31
20.5.2018	12:52	0,18	17.5.2018	12:56	0,33	22.5.2018	14:29	0,29
19.5.2018	8:23	0,17	18.5.2018	3:21	0,32	21.5.2018	23:58	0,28
18.5.2018	3:21	0,16	17.5.2018	9:11	0,32	20.5.2018	12:52	0,28
23.5.2018	8:44	0,16	16.5.2018	13:14	0,31	22.5.2018	8:35	0,28
19.5.2018	3:11	0,16	22.5.2018	13:01	0,31	17.5.2018	19:55	0,28
21.5.2018	4:45	0,15	22.5.2018	8:35	0,30	18.5.2018	3:21	0,28
22.5.2018	21:26	0,15	18.5.2018	23:55	0,29	23.5.2018	3:29	0,26
20.5.2018	11:35	0,15	17.5.2018	19:55	0,28	17.5.2018	3:23	0,26
		$v_{w,95} =$ 0,24			$v_{w,95} =$ 0,52			$v_{w,95} =$ 0,53

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: 3-akselialinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 16.-25.5.2018

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
21.5.2018	05.16	0,7	0,13	0,49	0,52
16.5.2018	14.22	0,5	0,10	0,20	0,47
22.5.2018	04.40	0,4	0,13	0,34	0,39
22.5.2018	03.36	0,3	0,07	0,31	0,26
20.5.2018	12.52	0,3	0,08	0,31	0,24
21.5.2018	04.45	0,3	0,07	0,26	0,24
20.5.2018	11.35	0,2	0,07	0,25	0,20
21.5.2018	18.55	0,2	0,06	0,19	0,20
22.5.2018	13.01	0,2	0,05	0,20	0,17
21.5.2018	15.44	0,2	0,06	0,15	0,18
18.5.2018	13.00	0,2	0,04	0,17	0,12
22.5.2018	14.29	0,2	0,06	0,18	0,10
16.5.2018	17.34	0,2	0,05	0,15	0,15
18.5.2018	13.27	0,2	0,05	0,14	0,14
19.5.2018	17.31	0,2	0,05	0,11	0,17

MP2

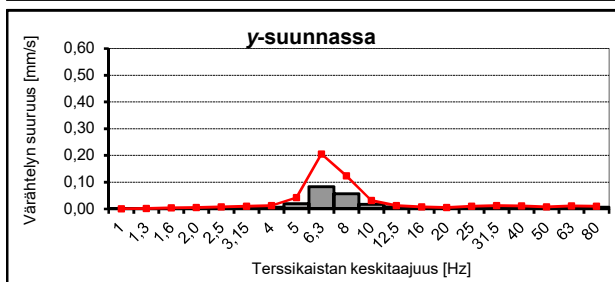
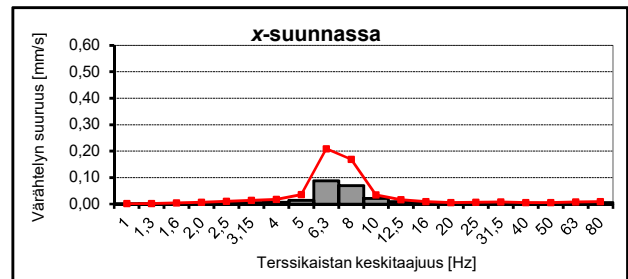
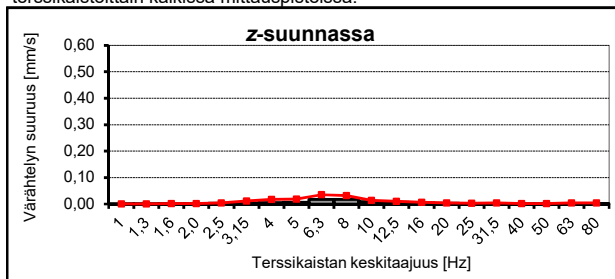
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
21.5.2018	5:16	0,05	22.5.2018	4:40	0,15	16.5.2018	14:22	0,21
21.5.2018	12:52	0,04	22.5.2018	3:36	0,13	22.5.2018	4:40	0,18
16.5.2018	14:22	0,04	20.5.2018	12:52	0,13	22.5.2018	3:36	0,11
22.5.2018	3:36	0,03	21.5.2018	4:45	0,10	20.5.2018	12:52	0,11
20.5.2018	12:52	0,03	20.5.2018	11:35	0,09	21.5.2018	4:45	0,10
20.5.2018	11:35	0,03	22.5.2018	13:01	0,08	21.5.2018	18:55	0,10
21.5.2018	4:45	0,03	16.5.2018	14:22	0,08	20.5.2018	11:35	0,08
21.5.2018	18:55	0,02	21.5.2018	18:55	0,08	19.5.2018	17:31	0,07
18.5.2018	17:03	0,02	21.5.2018	15:44	0,07	22.5.2018	13:01	0,07
22.5.2018	12:01	0,02	18.5.2018	13:00	0,06	21.5.2018	15:44	0,07
22.5.2018	16:43	0,02	22.5.2018	14:29	0,06	16.5.2018	17:34	0,07
18.5.2018	13:27	0,02	17.5.2018	12:56	0,06	18.5.2018	13:27	0,06
21.5.2018	16:42	0,02	18.5.2018	13:27	0,05	22.5.2018	16:43	0,05
16.5.2018	15:51	0,02	16.5.2018	17:34	0,05	16.5.2018	13:14	0,05
$v_{w,95} =$		<b>0,05</b>	$v_{w,95} =$		<b>0,18</b>	$v_{w,95} =$		<b>0,20</b>

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: 3-akselialinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 16.-23.5.2018

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
16.5.2018	17.34	<b>0,7</b>	0,11	0,41	0,65
21.5.2018	05.16	0,6	0,37	0,39	0,53
22.5.2018	04.40	0,5	0,29	0,35	0,48
21.5.2018	04.45	0,4	0,17	0,42	0,39
17.5.2018	19.55	0,4	0,32	0,28	0,33
16.5.2018	14.22	0,4	0,29	0,37	0,27
20.5.2018	11.35	0,4	0,17	0,35	0,17
22.5.2018	03.37	0,3	0,19	0,24	0,24
21.5.2018	03.21	0,3	0,17	0,20	0,28
23.5.2018	08.45	0,3	0,22	0,18	0,25
18.5.2018	21.33	0,3	0,29	0,13	0,12
17.5.2018	09.11	0,3	0,20	0,28	0,21
18.5.2018	03.21	0,3	0,13	0,23	0,26
22.5.2018	08.35	0,3	0,23	0,22	0,22
18.5.2018	13.00	0,3	0,12	0,26	0,22

MP3

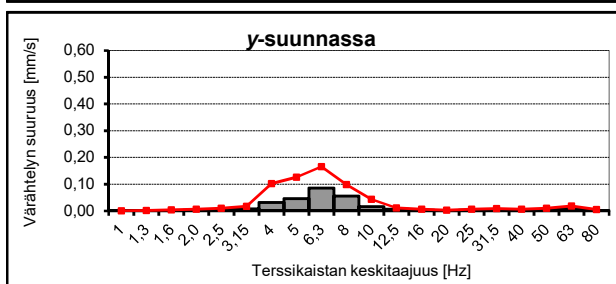
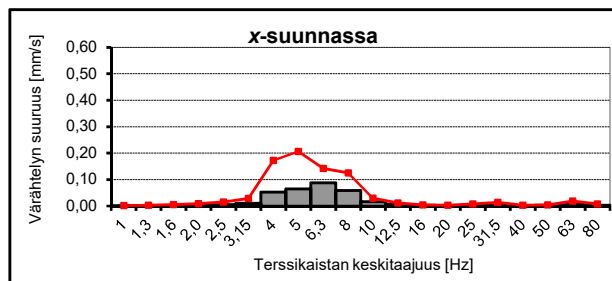
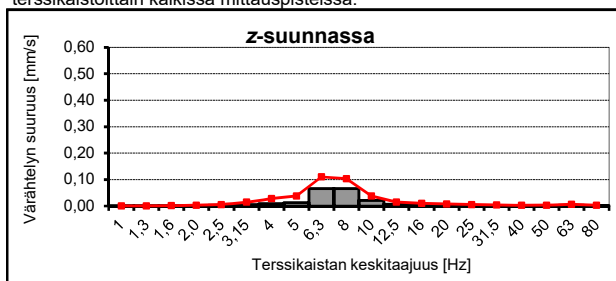
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
17.5.2018	19:55	0,14	21.5.2018	4:45	0,17	21.5.2018	5:16	0,19
16.5.2018	14:22	0,12	16.5.2018	17:34	0,17	22.5.2018	4:40	0,18
22.5.2018	4:40	0,11	20.5.2018	11:35	0,13	21.5.2018	4:45	0,15
23.5.2018	8:45	0,10	16.5.2018	14:22	0,12	17.5.2018	19:55	0,14
22.5.2018	8:35	0,09	22.5.2018	4:40	0,12	16.5.2018	14:22	0,11
22.5.2018	21:26	0,09	17.5.2018	19:55	0,12	18.5.2018	3:21	0,10
22.5.2018	3:37	0,08	17.5.2018	9:11	0,11	23.5.2018	8:45	0,10
20.5.2018	12:52	0,08	18.5.2018	13:00	0,09	21.5.2018	3:21	0,10
17.5.2018	9:11	0,08	16.5.2018	21:55	0,09	22.5.2018	3:37	0,09
21.5.2018	3:21	0,07	18.5.2018	3:21	0,09	20.5.2018	12:52	0,09
20.5.2018	11:35	0,07	20.5.2018	12:52	0,08	22.5.2018	21:26	0,09
18.5.2018	21:33	0,07	16.5.2018	21:30	0,08	16.5.2018	21:30	0,09
23.5.2018	3:29	0,07	22.5.2018	21:26	0,08	16.5.2018	21:55	0,09
19.5.2018	3:11	0,07	21.5.2018	3:21	0,08	18.5.2018	8:33	0,09
		<b><math>v_{w,95} = 0,14</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,18</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,22</math></b>

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: 3-akseliallinen mittaus hallin sokkelista  
Mittausjakso: 16.-23.5.2018

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
20.5.2018	11.22	<b>0,2</b>	0,19	0,02	0,01
19.5.2018	09.40	0,2	0,17	0,02	0,02
21.5.2018	09.32	0,2	0,16	0,02	0,03
19.5.2018	04.53	0,2	0,16	0,01	0,01
18.5.2018	22.26	0,1	0,15	0,00	0,00
21.5.2018	10.05	0,1	0,15	0,02	0,02
16.5.2018	12.47	0,1	0,13	0,03	0,03
16.5.2018	12.18	0,1	0,04	0,03	0,10
21.5.2018	13.43	0,1	0,07	0,06	0,06
23.5.2018	09.13	0,1	0,06	0,04	0,06
21.5.2018	12.33	0,1	0,02	0,06	0,05
22.5.2018	09.52	0,1	0,06	0,03	0,04
21.5.2018	14.28	0,1	0,03	0,05	0,04
21.5.2018	13.19	0,1	0,04	0,04	0,03
22.5.2018	14.40	0,1	0,03	0,04	0,03

MP4

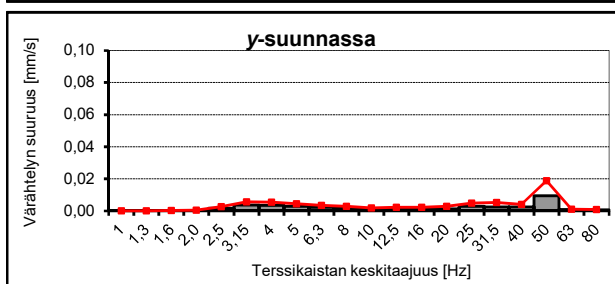
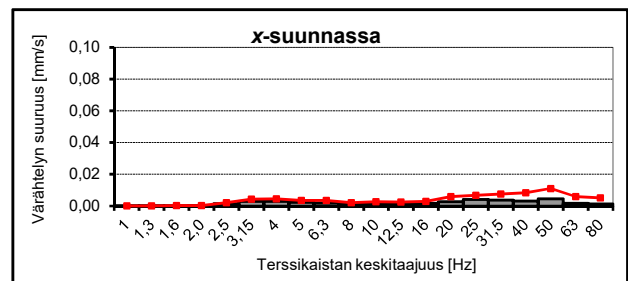
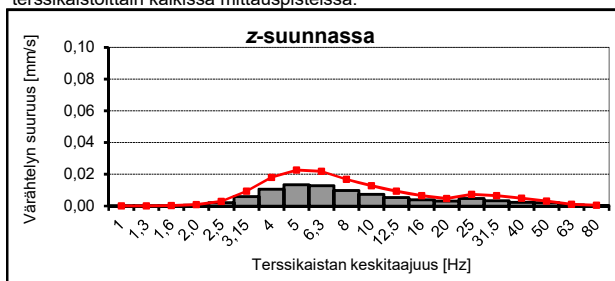
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s]
		z			y			x
20.5.2018	11:22	0,05	22.5.2018	7:22	0,02	16.5.2018	12:18	0,02
19.5.2018	9:40	0,04	21.5.2018	13:43	0,01	21.5.2018	13:43	0,01
21.5.2018	9:32	0,04	21.5.2018	12:33	0,01	23.5.2018	9:13	0,01
21.5.2018	10:05	0,04	16.5.2018	12:18	0,01	21.5.2018	12:33	0,01
19.5.2018	4:53	0,04	21.5.2018	14:28	0,01	22.5.2018	14:13	0,01
18.5.2018	22:26	0,04	16.5.2018	12:18	0,01	22.5.2018	9:52	0,01
16.5.2018	12:47	0,03	16.5.2018	12:19	0,01	16.5.2018	12:18	0,01
21.5.2018	13:43	0,01	16.5.2018	12:20	0,01	21.5.2018	14:28	0,01
23.5.2018	9:13	0,01	16.5.2018	12:20	0,01	16.5.2018	12:20	0,01
22.5.2018	9:52	0,01	22.5.2018	14:40	0,01	21.5.2018	14:39	0,01
21.5.2018	13:19	0,01	21.5.2018	13:19	0,01	16.5.2018	12:19	0,01
16.5.2018	12:18	0,01	23.5.2018	9:13	0,01	16.5.2018	12:47	0,01
21.5.2018	14:39	0,01	22.5.2018	9:52	0,01	22.5.2018	14:40	0,01
21.5.2018	14:28	0,01	20.5.2018	11:13	0,01	20.5.2018	14:25	0,01
16.5.2018	12:18	0,01	20.5.2018	14:29	0,01	21.5.2018	14:36	0,01
		<b><math>v_{w,95} = 0,05</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,02</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,02</math></b>

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: 3-akselialinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 16.-23.5.2018

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
21.5.2018	05.17	<b>1,8</b>	1,67	1,13	1,06
16.5.2018	14.23	1,8	1,00	1,80	0,68
22.5.2018	04.41	1,7	1,57	0,97	0,72
21.5.2018	04.46	1,4	1,24	1,01	0,82
16.5.2018	17.35	1,2	0,74	0,73	1,22
17.5.2018	19.56	1,2	1,07	0,56	0,40
22.5.2018	03.37	0,9	0,84	0,44	0,41
22.5.2018	08.36	0,8	0,78	0,42	0,27
20.5.2018	12.53	0,8	0,76	0,43	0,43
17.5.2018	09.11	0,7	0,72	0,47	0,26
21.5.2018	03.22	0,7	0,62	0,37	0,37
18.5.2018	03.22	0,7	0,63	0,29	0,26
19.5.2018	01.28	0,7	0,57	0,44	0,26
21.5.2018	18.56	0,7	0,62	0,43	0,46
16.5.2018	21.31	0,7	0,61	0,38	0,35

MP5

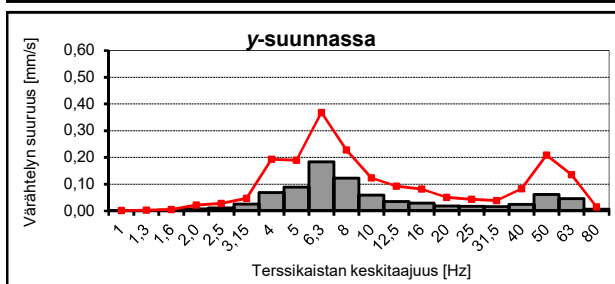
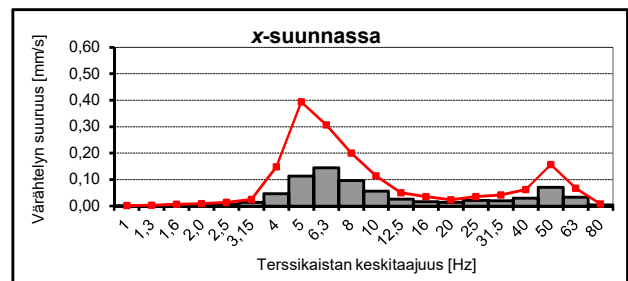
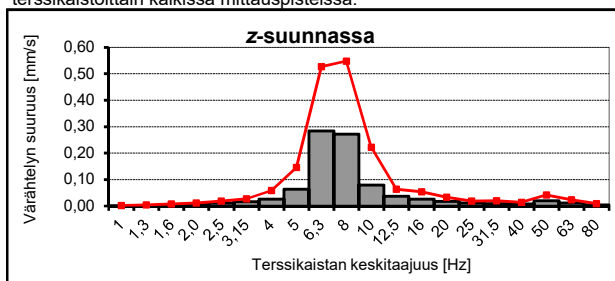
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
22.5.2018	4:41	0,65	21.5.2018	4:46	0,42	21.5.2018	5:17	0,40
21.5.2018	4:46	0,49	21.5.2018	5:17	0,41	21.5.2018	4:46	0,32
17.5.2018	19:56	0,47	22.5.2018	4:41	0,30	22.5.2018	4:41	0,26
16.5.2018	14:23	0,42	16.5.2018	17:35	0,27	16.5.2018	14:23	0,23
22.5.2018	3:37	0,38	17.5.2018	19:56	0,25	18.5.2018	8:34	0,21
22.5.2018	8:36	0,33	18.5.2018	8:34	0,23	20.5.2018	12:53	0,17
17.5.2018	9:11	0,30	17.5.2018	9:11	0,20	22.5.2018	19:27	0,16
16.5.2018	17:35	0,30	17.5.2018	12:57	0,19	17.5.2018	19:56	0,16
16.5.2018	21:31	0,29	21.5.2018	23:45	0,18	21.5.2018	18:56	0,15
23.5.2018	5:20	0,29	18.5.2018	13:00	0,17	19.5.2018	3:12	0,15
20.5.2018	12:53	0,29	16.5.2018	21:31	0,17	22.5.2018	3:37	0,14
21.5.2018	1:23	0,27	22.5.2018	3:37	0,17	17.5.2018	12:57	0,14
18.5.2018	3:22	0,26	19.5.2018	1:28	0,16	18.5.2018	13:00	0,14
21.5.2018	18:56	0,25	19.5.2018	3:12	0,16	16.5.2018	21:31	0,13
		<b><math>v_{w,95} = 0,66</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,45</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,41</math></b>

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
x-suunta: radan suuntainen



Mittauspisteen kuvaus: 3-akselialinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 16.-23.5.2018

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
22.5.2018	04.40	1,2	0,96	0,99	0,84
21.5.2018	05.16	1,1	0,97	0,79	0,93
16.5.2018	17.34	1,1	0,57	0,96	0,98
16.5.2018	14.22	0,9	0,90	0,69	0,47
17.5.2018	19.55	0,6	0,56	0,50	0,35
22.5.2018	08.35	0,5	0,43	0,28	0,33
21.5.2018	21.27	0,5	0,31	0,47	0,26
22.5.2018	03.36	0,5	0,30	0,47	0,29
22.5.2018	21.26	0,5	0,41	0,40	0,28
23.5.2018	08.44	0,5	0,30	0,28	0,28
20.5.2018	11.35	0,4	0,26	0,26	0,38
17.5.2018	09.11	0,4	0,41	0,42	0,32
22.5.2018	03.09	0,4	0,43	0,30	0,20
23.5.2018	03.29	0,4	0,33	0,40	0,32
21.5.2018	23.44	0,4	0,28	0,35	0,31

MP6

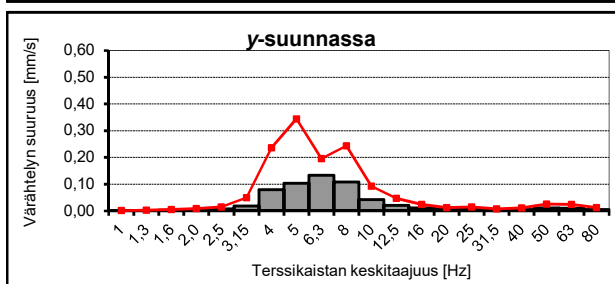
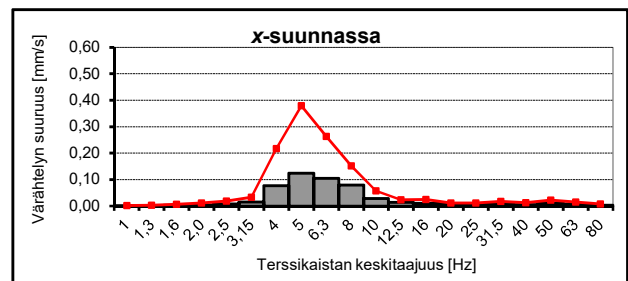
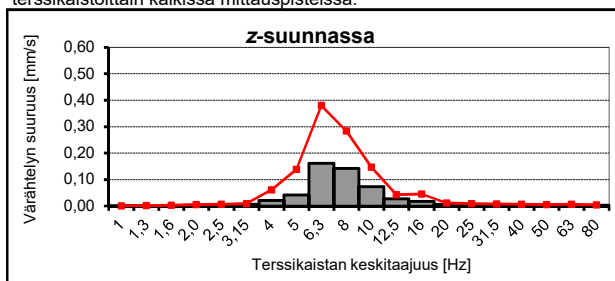
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
16.5.2018	14:22	0,39	22.5.2018	4:40	0,37	22.5.2018	4:40	0,33
22.5.2018	4:40	0,34	21.5.2018	5:16	0,33	21.5.2018	5:16	0,33
17.5.2018	19:55	0,23	16.5.2018	14:22	0,25	16.5.2018	14:22	0,19
16.5.2018	17:34	0,23	17.5.2018	19:55	0,20	17.5.2018	19:55	0,16
22.5.2018	3:09	0,18	21.5.2018	21:27	0,19	20.5.2018	12:52	0,15
22.5.2018	8:35	0,18	22.5.2018	13:01	0,17	22.5.2018	13:32	0,15
17.5.2018	9:11	0,17	22.5.2018	3:36	0,17	22.5.2018	8:35	0,13
22.5.2018	21:26	0,17	23.5.2018	3:29	0,16	23.5.2018	3:29	0,12
19.5.2018	1:27	0,15	17.5.2018	9:11	0,15	17.5.2018	9:11	0,12
18.5.2018	3:21	0,15	18.5.2018	3:21	0,15	23.5.2018	8:44	0,11
21.5.2018	18:55	0,15	22.5.2018	21:26	0,15	20.5.2018	11:35	0,11
21.5.2018	3:21	0,15	21.5.2018	23:44	0,14	22.5.2018	0:47	0,11
23.5.2018	3:29	0,14	22.5.2018	23:38	0,14	18.5.2018	12:59	0,11
19.5.2018	3:11	0,14	21.5.2018	18:55	0,14	18.5.2018	3:21	0,11
		$v_{w,95} =$ 0,39			$v_{w,95} =$ 0,36			$v_{w,95} =$ 0,35

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: 3-akselialinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 16.-23.5.2018

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
22.5.2018	04.40	1,2	0,35	0,63	0,99
17.5.2018	19.55	0,8	0,37	0,43	0,65
16.5.2018	17.34	0,8	0,17	0,76	0,57
21.5.2018	05.16	0,7	0,45	0,71	0,49
21.5.2018	04.45	0,6	0,22	0,55	0,46
16.5.2018	14.22	0,5	0,40	0,40	0,44
20.5.2018	12.52	0,4	0,18	0,38	0,24
21.5.2018	03.21	0,4	0,20	0,36	0,30
17.5.2018	12.56	0,4	0,15	0,30	0,37
18.5.2018	03.21	0,4	0,19	0,25	0,34
22.5.2018	03.36	0,4	0,19	0,26	0,36
20.5.2018	11.35	0,4	0,17	0,35	0,22
21.5.2018	23.44	0,4	0,17	0,24	0,28
22.5.2018	13.01	0,3	0,12	0,27	0,28
18.5.2018	12.59	0,3	0,16	0,29	0,28

MP7

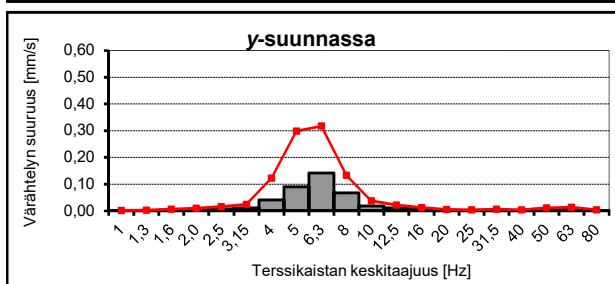
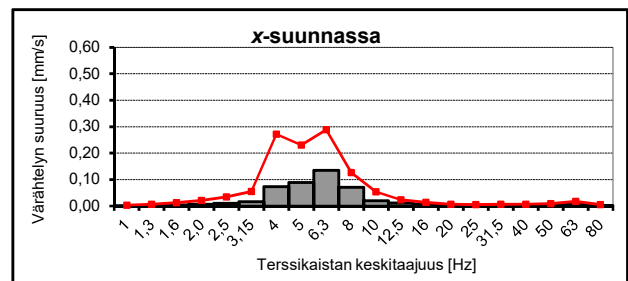
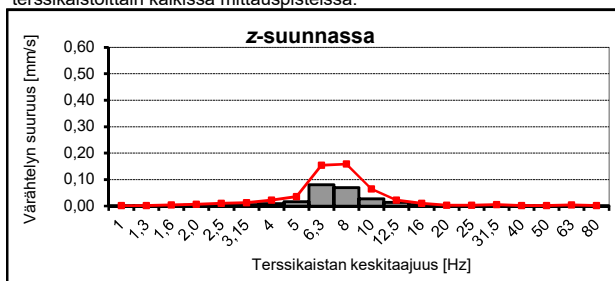
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
21.5.2018	5:16	0,17	16.5.2018	17:34	0,32	17.5.2018	19:55	0,30
17.5.2018	19:55	0,16	22.5.2018	4:40	0,24	16.5.2018	17:34	0,23
22.5.2018	4:40	0,14	21.5.2018	4:45	0,21	21.5.2018	5:16	0,22
22.5.2018	21:26	0,09	16.5.2018	14:22	0,19	21.5.2018	4:45	0,18
21.5.2018	4:45	0,09	17.5.2018	19:55	0,18	16.5.2018	14:22	0,17
19.5.2018	1:27	0,09	20.5.2018	11:35	0,14	17.5.2018	12:56	0,15
21.5.2018	3:21	0,09	18.5.2018	13:00	0,14	22.5.2018	3:36	0,14
18.5.2018	3:21	0,08	21.5.2018	3:21	0,13	18.5.2018	3:21	0,14
21.5.2018	23:44	0,08	21.5.2018	18:55	0,13	21.5.2018	3:21	0,13
22.5.2018	3:36	0,08	20.5.2018	12:52	0,12	21.5.2018	21:27	0,13
18.5.2018	20:04	0,08	17.5.2018	9:11	0,12	19.5.2018	20:37	0,13
16.5.2018	21:30	0,07	18.5.2018	12:59	0,12	18.5.2018	8:33	0,13
17.5.2018	9:11	0,07	18.5.2018	3:21	0,12	22.5.2018	13:01	0,12
21.5.2018	18:55	0,07	21.5.2018	23:44	0,11	18.5.2018	12:59	0,12
$v_{w,95} =$		<b>0,18</b>	$v_{w,95} =$		<b>0,30</b>	$v_{w,95} =$		<b>0,32</b>

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: 3-akselialinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 16.-23.5.2018

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
22.5.2018	04.40	<b>0,8</b>	0,30	0,71	0,64
17.5.2018	19.55	0,7	0,55	0,29	0,62
21.5.2018	05.16	0,6	0,50	0,50	0,37
16.5.2018	17.34	0,6	0,14	0,57	0,33
16.5.2018	14.22	0,4	0,35	0,32	0,24
21.5.2018	04.45	0,4	0,28	0,34	0,25
21.5.2018	23.44	0,3	0,27	0,13	0,23
22.5.2018	03.36	0,3	0,23	0,26	0,22
18.5.2018	12.59	0,3	0,26	0,17	0,20
21.5.2018	21.27	0,3	0,19	0,12	0,27
17.5.2018	12.56	0,3	0,20	0,13	0,21
17.5.2018	09.10	0,3	0,23	0,20	0,17
20.5.2018	12.52	0,3	0,15	0,20	0,18
23.5.2018	10.04	0,3	0,13	0,24	0,17
16.5.2018	21.30	0,3	0,19	0,18	0,22

MP8

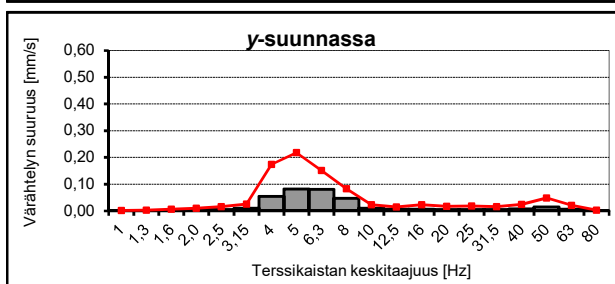
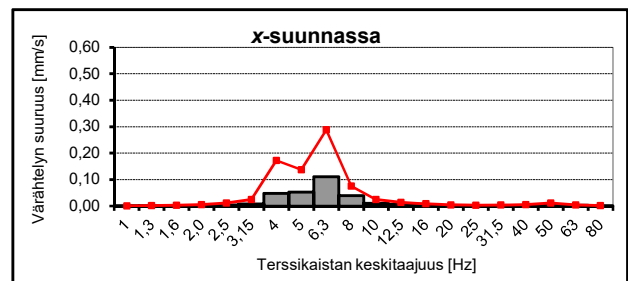
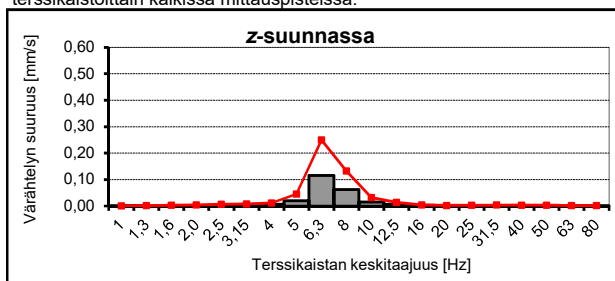
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
21.5.2018	5:16	0,21	16.5.2018	17:34	0,24	22.5.2018	4:40	0,24
16.5.2018	14:22	0,16	21.5.2018	5:16	0,18	21.5.2018	5:16	0,14
22.5.2018	4:40	0,14	17.5.2018	19:55	0,14	16.5.2018	17:34	0,13
21.5.2018	4:45	0,12	21.5.2018	4:45	0,13	21.5.2018	21:27	0,12
18.5.2018	12:59	0,12	16.5.2018	14:22	0,13	21.5.2018	4:45	0,11
21.5.2018	23:44	0,11	22.5.2018	3:36	0,11	16.5.2018	14:22	0,11
17.5.2018	9:10	0,10	20.5.2018	11:35	0,08	21.5.2018	23:44	0,10
19.5.2018	3:10	0,10	17.5.2018	9:10	0,08	21.5.2018	18:55	0,10
18.5.2018	3:21	0,09	18.5.2018	12:59	0,08	17.5.2018	12:56	0,09
17.5.2018	12:56	0,09	22.5.2018	8:35	0,07	16.5.2018	21:30	0,09
20.5.2018	11:35	0,09	18.5.2018	8:33	0,07	18.5.2018	12:59	0,09
22.5.2018	13:00	0,09	20.5.2018	12:52	0,07	21.5.2018	3:21	0,09
21.5.2018	18:55	0,09	23.5.2018	3:29	0,07	17.5.2018	3:23	0,08
16.5.2018	21:30	0,09	23.5.2018	10:04	0,07	22.5.2018	3:36	0,08
		<b><math>v_{w,95} = 0,21</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,24</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,23</math></b>

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
x-suunta: radan suuntainen