

Turun kaupunki
Kaupunkiympäristö, kaavoitus

TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

Arkeologinkatu, Turku

Suunnittelualueen pohjoisosa



Tilaaaja:
Turun kaupunki
Kaupunkiympäristö, kaavoitus
Jani Eteläkoski

Tärinä- ja runkomeluserveys

Kohde:
Arkeologinkatu, Turku
Maarian vanhan kuntakeskuksen alueen asemakaava ja asemakaavamuutostyö

Suunnittelualueen pohjoisosa

Uudet tärinämittaukset 9/2022

Raportin numero:
PR10562-TÄR02

Raportin päiväys:
30.9.2022

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

Tarkastanut:
Jani Kankare
Fyysikko, FM
040 574 0028
jani.kankare@promethor.fi

Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	4
2	Kohteen ympäristö ja mittauspisteet	4
3	Mittaus- ja arviointimenetelmät	5
4	Tärinän ja runkomelun suositusarvot.....	6
5	Mittau tulokset	7
5.1	Värähtelyn taajuussisältö	7
5.2	Tärinän heilahdusnopeuden resultantti v_{res}	7
5.3	Tärinän tunnusluvun arvo $v_{w,95}$	7
5.4	Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi $v_{w,95}$	7
5.5	Arvio runkomelutasoista L_{prm}	8
6	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	9
7	Lisätietoa	9
8	Kirjallisuus.....	10

Liitteet:

- Liite 1. Mittauspistesivut, tärinä.
- Liite 2. Mittauspistesivut, runkomelu.
- Liite 3. Tärinän siirtyminen maasta rakennukseen.
- Liite 4. Tärinän ja runkomelun vertailuarvot.

1 YLEISTÄ

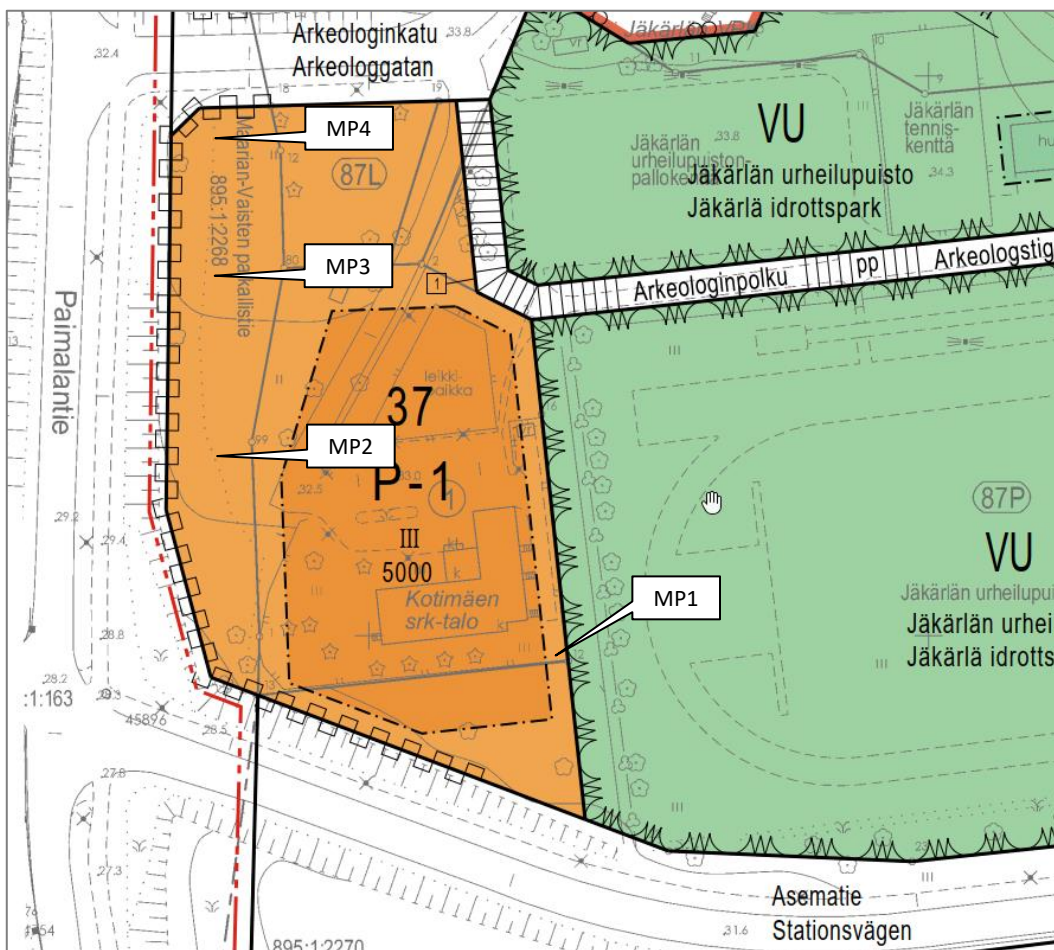
Turun Jäkärlässä Maarian vanhan kuntakeskuksen alueella on vireillä asemakaavan ja asemakaavanmuutoksen laadinta. Seurakuntayhtymän omistaman Kotimäen seurakuntatalon kohdalle ollaan visioimassa yhteisrakennusta kaupungin ja seurakuntayhtymän käyttöön. Alueen eteläpuolella kulkee Turku–Tampere-rautatie.

Promethor Oy mittasi ensimmäisen kerran alueella raideliikenteen aiheuttamaa tärinää 22.12.2021–5.1.2022. Mittaus laajennettiin nyt alueen luoteisosaan. Uudet tärinämittaukset tehtiin 15.–22.9.2022. Yksi tärinämittauspisteistä oli molemmilla mittauskerroilla sama (rataa lähin mittauspiste). Näin saatiin tietoa myös tärinätilanteen muutoksesta mittauskertojen välillä. Mittausten tarkoitus oli varmistaa paikan soveltuvuus rakentamiseen ja selvittää tärinän mahdollisia vaikutuksia rakennusten suunnitteluun. Tärinää tarkastellaan sen aiheuttaman viihtyvyyshaitan, runkomelun ja rakenteiden vaurioriskin kannalta.

Mittaukset ja tulosten tarkastelu tehdään VTT:n ohjeiden mukaisesti ja VTT:n esittämiin suositusravoihin verraten.

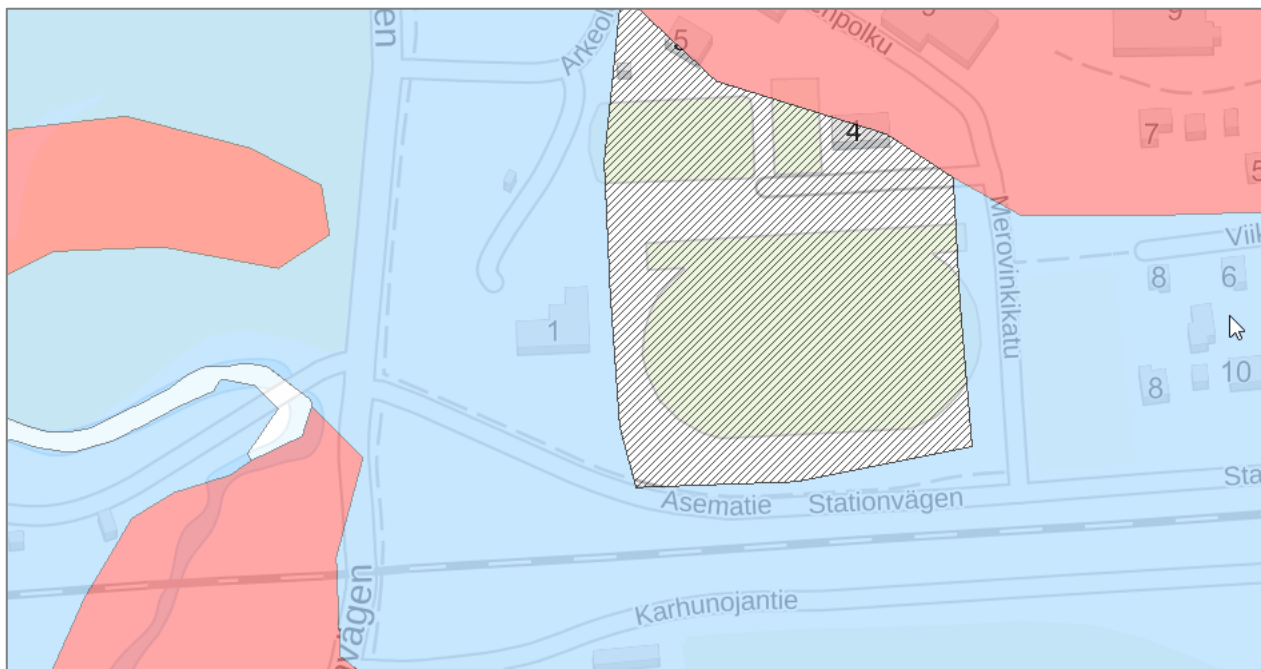
2 KOHTEEN YMPÄRISTÖ JA MITTAUSPISTEET

Kuvaan 1 on merkitty mittauspisteiden sijainnit kaavaehdotuskartalla. Värähtelymittaus tehtiin samanaikaisesti neljästä pisteestä maaperästä eri etäisyyksillä rataa. Tärinää mitattiin kaikissa mittauspisteissä 3-aksaalisesti. Mittauspiste 1 oli ns. referenssipisteenä aikaisempaan mittaukseen ja vastaa aiemman mittauksen mittauspistettä MP2.



Kuva 1. Mittauspisteiden sijainnit kaavaehdotuskartalla. P-1 on palvelurakennusten korttelialue.

Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartan (gtkdata.gtk.fi) perusteella maaperä tarkastelualueella ja tarkastelualueen kohdalla radan alla on savimaata (kuva 2).



Kuva 2. Ote GTK:n maaperäkartasta. Kartassa sininen alue on savimaata, punaiset alueet ovat kalliomaata ja vinoviivoitettu alue täytemaata.

3 MITTAUS- JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Raideliikenteen aiheuttaman tärinän mittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta” mukaisesti. Mittaukset suoritettiin miehittämättömänä. Mittausjakson pituus oli yksi viikko. Mittausjakson aikana maa ei ollut roudassa, toisin kuin ensimmäisellä mittauskerralla.

Värähtelyä mitattiin Rion DA-20 -datatallentimilla sekä Metra KS-48B/C -kiihtyvyyssantureilla.

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.

Rakennukseen siirtyvää tärinää arvioitiin VTT:n tiedotteen ”Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi” ja VTT:n tiedotteen ”Ohjeita liikennetärinän arviointiin” mukaisesti, sekä olemassa olevasta rakennuksesta saatujen mittaustulosten avulla. Rakennuksen ominaisuuksien mukaan perustuksesta rakennukseen siirtyvän tärinän tietyt taajuiset värähtelykomponentit voimistuvat ja tietyt vaimenevat. Ominaisuuksien mukaan rakennuksessa havaittavan tärinän voimakkuus on pienempää, yhtä suurta tai suurempaa kuin maaperästä tai perustuksesta mitattu tärinä. Arviointimenetelmällä arvioidaan perustuksesta runkoon ja lattiaan siirtyvän värähtelyn vahvistumista käyttämällä yleisen voimistumisen ja resonanssitarkastelun kertoimia. Yleinen voimistuminen kuvaa nimensä mukaisesti värähtelyn mahdollista yleistä voimistumista rakennuksen rungossa tai lattiassa (ns. varmuustarkastelu). Resonanssitarkastelu kuvaa rakennuksen rungon tai lattian ominaistaajuuden ”syttymistä”, jolloin värähtely saattaa voimistua 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.

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k = 6$. Mahdollinen ylityksen aiheuttava taajuus tai taajuudet tulee ottaa huomioon rakennuksen välipohjien tai rakennuksen rungon mitoituksessa.

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 mukaan¹. Värähtelyjen tunnusluvulla $v_{w,95}$ tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä 15 suurimman tärinätaapahtuman taajuuspainotetut tehollisarvot pysyvät 95 prosentin tilastollisella todennäköisyydellä.

Suomessa ei ole standardoitua menetelmää runkomelun arviointiin. Tässä raportissa liikenteen aiheuttamaa runkomelua arvioidaan VTT:n tiedotteen ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” mukaisesti värähtelymittausten perusteella. Värähtelysignaaleista laskettu arvio määritetään slow-aikavakiolla määritetyistä A-painotetuista nopeussignaaleista käyttämällä referenssinopeutena 1 nm/s ja muuttamalla saatu tulos runkomelutasoksi VTT:n tiedotteen mukaisia lisätekiöitä käyttäen.

4 TÄRINÄN JA RUNKOMELUN SUOSITUSARVOT

Tarkasteltavassa kohteessa käytettävät suositusarvot ovat maaperän ja rakennusten käyttötarkoituksen perusteella seuraavat:

- Rakenteiden **vaurioriskiä arvioitaessa** sovelletaan enimmäisarvoa **4,0 mm/s** (painottoman värähtelyn nopeuden resultantin suurin arvo v_{res}).
- Ihmisten kokemaa **viihtyvyyshaittaa arvioitaessa** uudessa rakennuksessa voidaan soveltaa VTT:n värähtelyluokituksen
 - värähtelyluokan C mukaista enimmäisarvoa **0,30 mm/s** (tärinän tunnusluku $v_{w,95}$), **mikäli rakennuksessa asutaan tai majoitutaan**
 - värähtelyluokan D mukaista enimmäisarvoa **0,60 mm/s** (tärinän tunnusluku $v_{w,95}$), **mikäli rakennuksessa ei asuta tai majoituta.**
- **Runkomelua arvioitaessa** asuinrakennuksessa sovelletaan tyypillisesti enimmäistasoa **35 dB** ja toimistorakennuksessa sovelletaan tyypillisesti enimmäistasoa **45 dB** (runkomelutaso L_{prm}).

Tärinän ja runkomelun suositusarvot on esitetty laajemmin liitteessä 4.

¹ 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 pystyakselin mukaan valituista signaaleista laskettu. Pystysuunnan mukaan määritetyistä signaaleista lasketut vaakasuuntaiset tunnusluvut saattavat olla todellista pienempiä, erityisesti kun vaakasuuntainen tärinä on merkittävää.

5 MITTAUSTULOKSET

5.1 Värähtelyn taajuussisältö

Tärinän taajuuspainotetut taajuusjakaumat on esitetty liitteessä 1 terssikaistoittain VTT:n suosituksen mukaisesti. Tärinä oli pehmeälle savimaalle tyypilliseen tapaan pienitaajuisia. Tärinän merkittävimpien terssikaistojen keskitajuudet f olivat pystysuunnassa 6,3 ja 8 Hz ja vaakasuunnassa 4 ja 6,3 Hz.

5.2 Tärinän heilahdusnopeuden resultantti v_{res}

Rakennusten vaurioitumisriskiä arvioidaan painottamattoman värähtelyn nopeuden resultantin suurimman arvon avulla. Liitteessä 1 on esitetty 15 suurimman resultantin arvot.

Suurimmat maasta mittauspisteissä MP2, MP3 ja MP4 mitatut resultantin arvot 0,6...0,7 mm/s ovat suositeltavaa enimmäistasoa 4,0 mm/s pienempiä. Referenssipisteessä MP1 mitattu suurin resultantin arvo 2,5 mm/s on käytännössä sama verrattuna edelliseen mittaukseen (MP2, 2,6 mm/s). Erona on, että tällä kerralla tärinä oli voimakkaampaa myös vaakasuunnassa. Muutos vaakasuuntaisessa tärinässä ei kuitenkaan merkittävästi vaikuta resultantin arvoon.

5.3 Tärinän tunnusluvun arvo $v_{w,95}$

Ihmisten kokemaa tärinähaittaa arvioidaan tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ avulla. Mittaustuloksista lasketut tärinän tunnusluvun arvot on esitetty taulukossa 1. Tunnuslukujen laskennassa käytetyt mittaustulokset on esitetty liitteessä 1. Maaperästä mitattuja tuloksia ei voi kuitenkaan suoraan verrata rakennuksessa sallittaviin suositusarvoihin. Rakennukseen välittyvän/aiheutuvan tärinän tunnusluvun arvoja on arvioitu luvussa 5.4.

Taulukko 1. Mittaustuloksista lasketut tärinän tunnusluvut $v_{w,95}$. Sulkeissa on esitetty edellisellä mitauskerralla pisteessä MP1 mitattu tulos.

Mittauspiste	Etäisyys radasta	Tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]		
		<i>pystysuunta</i>	<i>rataa vasten kohtisuora vaakasuunta</i>	<i>radan suuntainen vaakasuunta</i>
MP1, maasta (REF)	70	0,80 (1,13)	0,78 (0,31)	0,57 (0,18)
MP2, maasta	110	0,16	0,15	0,17
MP3, maasta	145	0,19	0,15	0,19
MP4, maasta	175	0,21	0,19	0,23

5.4 Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi $v_{w,95}$

Aikaisemmissa mittauksissa vastaavalla etäisyydellä radasta rakennuksen kellarikerroksen kantavassa rakenteessa ja maaperässä rakennuksen vieressä saatuja mittaustuloksia vertailemalla havaittiin, että tärinän voimakkuus vaakasuunnassa ei juurikaan muutu, mutta pystysuunnassa tärinätaso lähes puolittui. Nyt referenssipisteessä mitatut tärinätasot pystysuunnassa ovat edellistä mittaukseen pienempiä ja vaakasuunnassa selvästi suurempia, joten vastaavaa arviota ei voi tehdä. Toisaalta liitteessä 3 esitettyjen VTT:n menetelmällä laskettujen arviointitulosten perusteella rakennukseen aiheutuva värähtely on yleisen voimistumisen perusteella suurimmillaankin uusille normaaleille asuinrakennuksille sovellettavan enimmäisarvon (tärinäluokan C suositusarvo) 0,30 mm/s suuruusluokkaa.

Oletettavasti maanperän kerrospaksuuksista ja muista ominaisuuksista johtuen tärinä voimistuu hieman mittauspisteeltä MP2 kauemmas rataa mentäessä.

Lattian resonanssitarkastelun perusteella uudisrakennuksen lattioilta mitattava tärinän tunnusluku ei ylitä värähtelyluokan D vaatimusta (0,60 mm/s) missään tilanteessa. Värähtelyluokan C vaatimus (0,30 mm/s) täyttyy, mikäli rakennuksen ala- tai välipohjan ominaistaajuus mitoitetaan siten, että rakenteen ominaistaajuus ei osu taajuusalueelle $f = 6,3$ tai 8 Hz.

Rungon resonanssitarkastelun perusteella uudisrakennuksen kerrosmäärälle ei ole rajoituksia.

Resonanssitarkastelun arviointitulokset taajuuskaistoittain on esitetty liitteessä 3. Pylväskuvaajien tulokset kuvaavat arvioitua pahinta tärinätasoa, mikäli lattian tai rungon ominaistaajuus osuisi kyseisen pylvään taajuuskaistalle.

5.5 Arvio runkomelutasoista L_{prM}

Taulukossa 2 on esitetty värähtelymittauksista VTT:n arviointimenetelmällä määritetyt runkomelutasot akselisuunnittain. Runkomelutasojen laskenta on esitetty liitteessä 2. Selvitysalueen ja radan alueen pehmeän maaperän vuoksi alue ei lähtökohtaisesti ole runkomelun riskialuetta. Runkomelu on kovien maaperien haaste.

Taulukko 2. VTT:n menetelmällä tärinäsignaaleista arvioidut runkomelutasot L_{prM} .

Mittauspiste	Etäisyys radasta	A-painotettu runkomelutaso L_{prM} [dB]		
		pystysuunta	rataa vasten kohtisuora vaakasuunta	radan suuntainen vaakasuunta
MP1, maasta	70	43	60	58
MP2, maasta	110	23	26	30
MP3, maasta	145	23	38	45
MP4, maasta	175	23	32	30

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.”

6 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Mittaustulosten perusteella raideliikenteen tärinä ei aiheuta suunnittelualueella rakenteiden vaurioriskiä.

Tärinän aiheuttaman viihtyvyyshaitan kannalta mittaus- ja arviointitulosten perusteella alueen pohjoisosassa uudisrakennuksessa:

- VTT:n tärinäluokan D ohjearvo 0,60 mm/s täyttyy (alittuu) ilman erillisiä vaimennustoimenpiteitä.
- VTT:n tärinäluokan C ohjearvo 0,30 mm/s (uudet normaalit asuinrakennukset ja vastaavat tärinäherkät toiminnot) voidaan saavuttaa mitoittamalla rakennuksen ala- ja välipohjien ominaistajuudet siten, että niiden ominaistajuus ei osu taajuusalueelle (terssikaistat) $f = 6,3...8$ Hz.
- Rungon resonanssitarkastelun tulosten perusteella alueelle ei suositella korkeaa rakentamista, mahdollisen huojuntariskin vuoksi. Mahdolliset tärinälle herkät toiminnot, kuten asuminen, tulisi alueella lähtökohtaisesti sijoittaa alle kolmikerroksisiin rakennuksiin.
- Suojaetäisyydeksi tärinäherkälle toiminnalle suositellaan 100 m radasta.

Mittaus- ja arviointitulosten sekä muista vastaavista kohteista saadun kokemuksen perusteella voidaan arvioida, että erillisiä runkomelun vaimennustoimenpiteitä ei tarvita. Runkomelun voimakkuus valmiissa maanpäälisissä tiloissa on alle 35 dB.

Suosittellemme lisäämään kaavamääräyksiin kohdan, jossa edellytetään raideliikenteen aiheuttaman tärinän huomioiminen. Kaavamääräys voi olla esimerkiksi seuraavanlainen:

- Rakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida raideliikenteen aiheuttama tärinä rakennusten käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla.

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
041 506 3418
olli.laivoranta@promethor.fi

8 KIRJALLISUUS

1. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta, 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 Esiselvytys, 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: Kolmiakselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 15.-22.9.2022

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
19.9.2022	04.36	2,5	2,45	1,36	1,11
21.9.2022	04.11	2,3	1,88	2,03	1,16
20.9.2022	17.18	2,1	1,27	1,68	1,65
16.9.2022	04.03	1,7	1,40	1,24	1,05
16.9.2022	17.20	1,6	0,88	1,47	0,82
20.9.2022	10.33	1,5	0,12	0,93	1,33
20.9.2022	10.31	1,3	0,16	1,10	1,12
22.9.2022	03.02	1,3	0,66	1,22	0,95
19.9.2022	02.12	1,1	0,38	0,95	0,70
22.9.2022	02.38	1,1	0,64	1,06	0,73
21.9.2022	18.27	1,1	0,60	1,04	0,56
21.9.2022	21.13	1,0	0,29	0,97	0,86
19.9.2022	21.11	1,0	0,21	0,87	1,02
16.9.2022	02.10	1,0	0,34	0,82	0,66
18.9.2022	02.43	1,0	0,93	0,61	0,29

MP 1

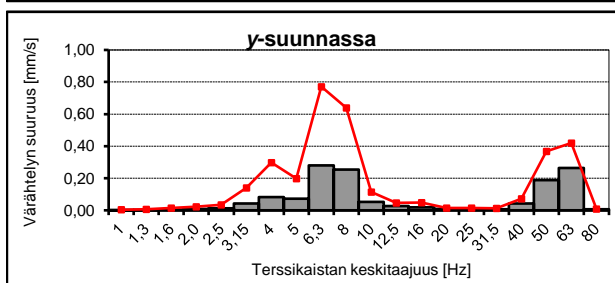
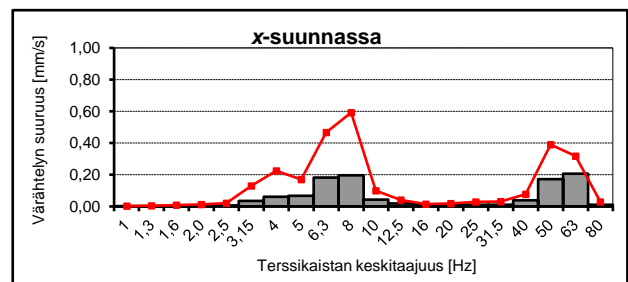
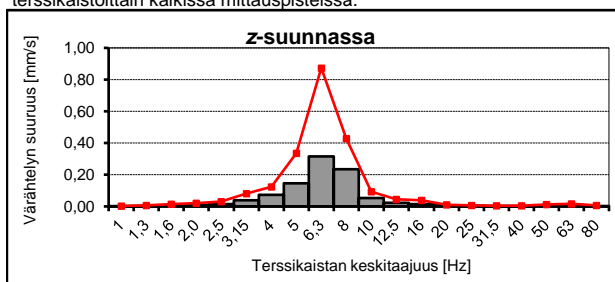
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
21.9.2022	4:11	0,80	20.9.2022	17:18	0,74	19.9.2022	4:36	0,51
20.9.2022	17:18	0,52	19.9.2022	4:36	0,63	19.9.2022	21:11	0,50
16.9.2022	4:03	0,51	16.9.2022	4:03	0,57	21.9.2022	4:11	0,49
16.9.2022	17:20	0,36	16.9.2022	17:20	0,51	21.9.2022	21:13	0,37
18.9.2022	2:43	0,35	21.9.2022	21:13	0,47	17.9.2022	9:17	0,35
22.9.2022	3:01	0,26	19.9.2022	21:11	0,47	16.9.2022	17:20	0,35
20.9.2022	18:26	0,26	17.9.2022	9:17	0,46	22.9.2022	3:01	0,34
22.9.2022	2:38	0,24	18.9.2022	9:15	0,43	16.9.2022	4:03	0,34
19.9.2022	2:12	0,21	15.9.2022	13:47	0,39	20.9.2022	10:33	0,34
16.9.2022	16:44	0,21	16.9.2022	18:15	0,38	16.9.2022	18:15	0,32
17.9.2022	2:02	0,20	15.9.2022	22:46	0,38	18.9.2022	9:15	0,32
21.9.2022	2:53	0,19	21.9.2022	18:27	0,37	20.9.2022	10:31	0,30
20.9.2022	1:24	0,18	17.9.2022	16:16	0,37	20.9.2022	7:26	0,30
21.9.2022	18:27	0,18	16.9.2022	7:25	0,36	17.9.2022	16:16	0,29
$v_{w,95} =$		0,80	$v_{w,95} =$		0,78	$v_{w,95} =$		0,57

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: Kolmiakselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 15.-22.9.2022

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
22.9.2022	03.01	0,6	0,09	0,42	0,60
22.9.2022	02.38	0,5	0,09	0,47	0,45
16.9.2022	02.10	0,4	0,11	0,29	0,36
19.9.2022	02.12	0,4	0,08	0,36	0,28
21.9.2022	04.11	0,4	0,34	0,27	0,28
19.9.2022	04.36	0,4	0,39	0,21	0,23
21.9.2022	02.53	0,4	0,11	0,26	0,38
20.9.2022	17.18	0,4	0,36	0,12	0,19
16.9.2022	17.20	0,3	0,31	0,15	0,13
21.9.2022	18.27	0,3	0,09	0,33	0,27
16.9.2022	04.03	0,3	0,02	0,02	0,31
17.9.2022	18.31	0,3	0,09	0,28	0,23
18.9.2022	18.29	0,2	0,10	0,21	0,13
18.9.2022	02.43	0,2	0,10	0,18	0,19
19.9.2022	18.25	0,2	0,11	0,17	0,16

MP 2

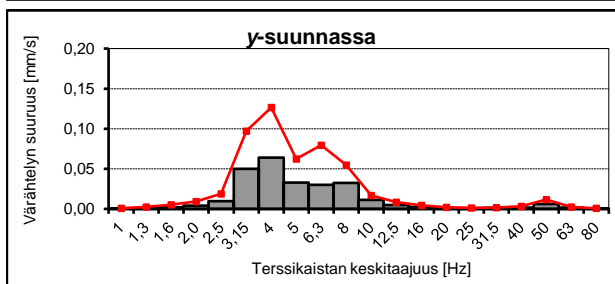
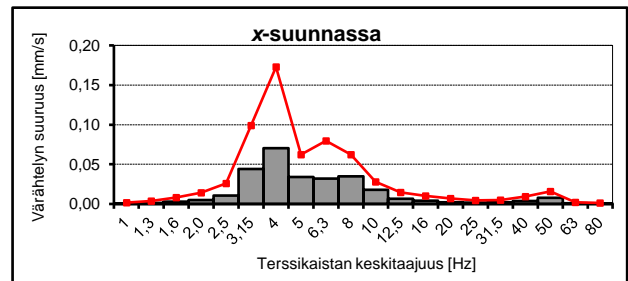
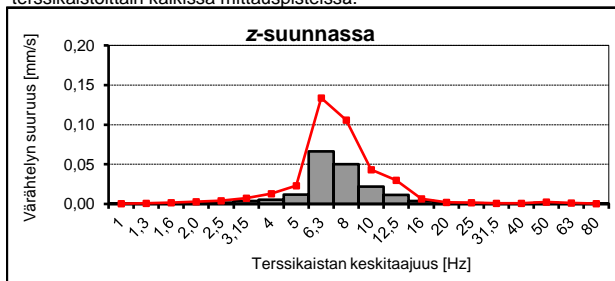
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
19.9.2022	4:36	0,14	22.9.2022	3:01	0,14	22.9.2022	2:38	0,16
16.9.2022	17:20	0,14	21.9.2022	18:27	0,12	21.9.2022	2:53	0,13
16.9.2022	4:03	0,12	19.9.2022	2:12	0,12	16.9.2022	2:10	0,12
21.9.2022	4:11	0,12	16.9.2022	2:10	0,12	21.9.2022	4:11	0,11
20.9.2022	18:26	0,06	19.9.2022	4:36	0,10	19.9.2022	2:12	0,09
18.9.2022	9:16	0,06	17.9.2022	18:31	0,09	21.9.2022	18:27	0,09
17.9.2022	2:02	0,05	21.9.2022	2:53	0,09	19.9.2022	4:36	0,09
19.9.2022	2:12	0,05	21.9.2022	4:11	0,09	17.9.2022	18:31	0,08
19.9.2022	18:25	0,05	16.9.2022	4:03	0,08	16.9.2022	4:03	0,08
22.9.2022	3:02	0,04	18.9.2022	18:29	0,07	18.9.2022	2:43	0,07
16.9.2022	2:10	0,04	18.9.2022	2:43	0,06	20.9.2022	17:18	0,06
21.9.2022	2:53	0,04	16.9.2022	17:20	0,06	16.9.2022	16:44	0,06
18.9.2022	18:29	0,04	20.9.2022	17:18	0,06	19.9.2022	18:25	0,06
22.9.2022	2:38	0,04	19.9.2022	18:25	0,06	16.9.2022	17:20	0,05
		$v_{w,95} =$ 0,16			$v_{w,95} =$ 0,15			$v_{w,95} =$ 0,17

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: Kolmiakselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 15.-22.9.2022

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
19.9.2022	03.36	0,6	0,50	0,26	0,52
21.9.2022	03.11	0,5	0,49	0,30	0,02
22.9.2022	01.38	0,5	0,09	0,46	0,03
16.9.2022	01.10	0,4	0,10	0,31	0,37
18.9.2022	17.29	0,4	0,08	0,28	0,38
16.9.2022	17.47	0,4	0,08	0,19	0,37
19.9.2022	01.12	0,4	0,11	0,29	0,33
16.9.2022	03.03	0,4	0,20	0,21	0,30
15.9.2022	17.51	0,4	0,08	0,27	0,33
16.9.2022	16.20	0,3	0,31	0,23	0,17
21.9.2022	01.53	0,3	0,08	0,32	0,02
17.9.2022	17.31	0,3	0,08	0,20	0,27
20.9.2022	16.18	0,3	0,19	0,22	0,04
18.9.2022	01.43	0,2	0,14	0,20	0,16
19.9.2022	06.06	0,2	0,06	0,16	0,10

MP 3

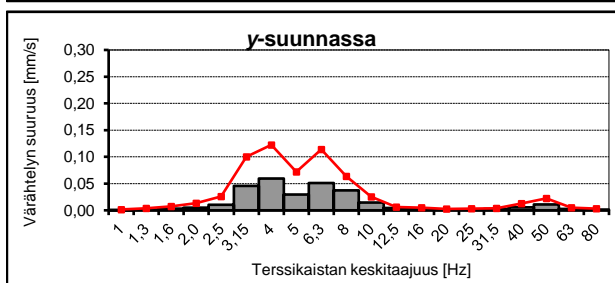
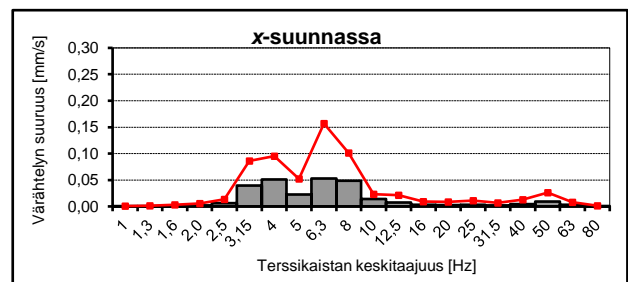
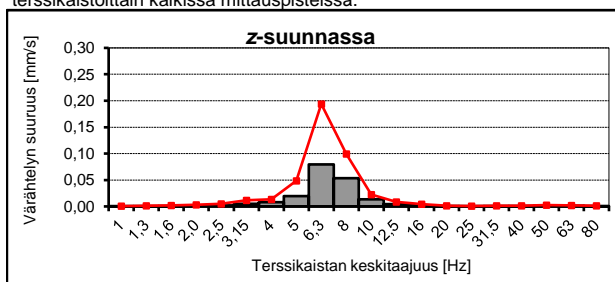
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
21.9.2022	3:11	0,19	16.9.2022	1:10	0,14	18.9.2022	17:29	0,14
16.9.2022	16:20	0,15	21.9.2022	3:11	0,13	16.9.2022	1:10	0,13
20.9.2022	16:18	0,15	21.9.2022	1:53	0,11	16.9.2022	16:20	0,12
16.9.2022	3:03	0,08	16.9.2022	3:03	0,11	16.9.2022	3:03	0,12
18.9.2022	1:43	0,06	19.9.2022	3:36	0,10	15.9.2022	17:51	0,12
20.9.2022	0:24	0,05	19.9.2022	1:12	0,10	16.9.2022	17:47	0,12
20.9.2022	17:26	0,05	20.9.2022	16:18	0,10	19.9.2022	1:12	0,10
22.9.2022	1:38	0,04	18.9.2022	17:29	0,10	17.9.2022	17:31	0,09
15.9.2022	17:51	0,04	15.9.2022	17:51	0,09	18.9.2022	1:43	0,06
16.9.2022	17:47	0,04	16.9.2022	16:20	0,09	19.9.2022	6:06	0,04
21.9.2022	1:53	0,04	19.9.2022	17:25	0,08	20.9.2022	17:26	0,01
19.9.2022	1:12	0,04	16.9.2022	17:47	0,07	20.9.2022	16:18	0,01
16.9.2022	1:10	0,03	17.9.2022	17:31	0,07	22.9.2022	1:38	0,01
18.9.2022	17:29	0,03	18.9.2022	1:43	0,07	20.9.2022	0:24	0,01
$v_{w,95} =$		0,19	$v_{w,95} =$		0,15	$v_{w,95} =$		0,19

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: Kolmiakselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 15.-22.9.2022

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
16.9.2022	16.18	0,7	0,47	0,19	0,63
22.9.2022	03.02	0,7	0,19	0,60	0,61
16.9.2022	02.10	0,6	0,14	0,47	0,41
19.9.2022	04.36	0,5	0,52	0,33	0,34
21.9.2022	04.11	0,5	0,51	0,38	0,42
19.9.2022	02.12	0,5	0,15	0,42	0,41
21.9.2022	18.27	0,5	0,16	0,37	0,45
15.9.2022	18.51	0,5	0,13	0,40	0,34
22.9.2022	02.38	0,5	0,15	0,24	0,44
21.9.2022	02.53	0,5	0,19	0,35	0,45
18.9.2022	18.29	0,4	0,15	0,36	0,35
16.9.2022	04.03	0,4	0,31	0,25	0,25
20.9.2022	17.18	0,3	0,29	0,24	0,33
17.9.2022	18.31	0,3	0,12	0,26	0,15
18.9.2022	02.43	0,3	0,21	0,20	0,16

MP 4

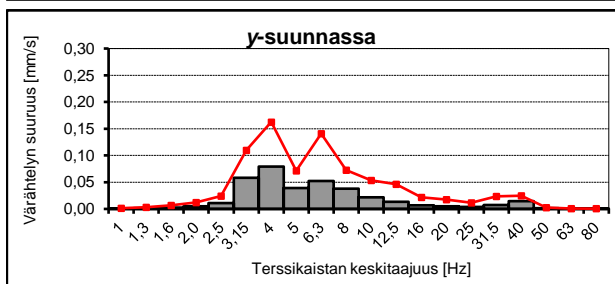
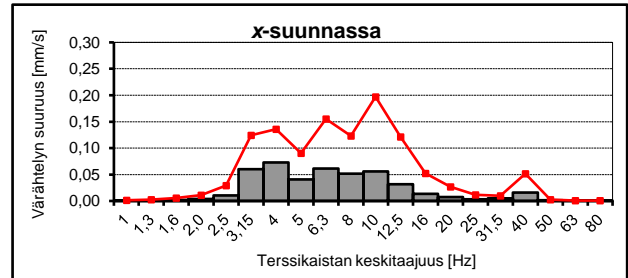
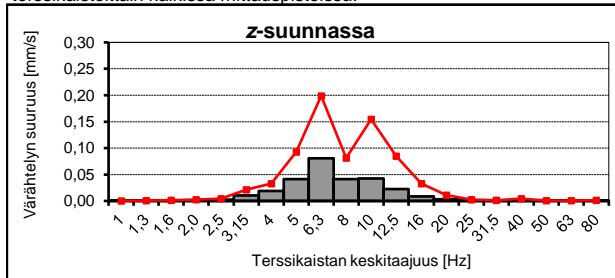
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
21.9.2022	4:11	0,21	19.9.2022	4:36	0,17	21.9.2022	4:11	0,20
16.9.2022	16:18	0,18	16.9.2022	2:10	0,16	22.9.2022	3:02	0,20
16.9.2022	4:03	0,12	19.9.2022	2:12	0,15	21.9.2022	18:27	0,16
20.9.2022	17:18	0,12	15.9.2022	18:51	0,14	22.9.2022	2:38	0,15
18.9.2022	2:43	0,09	21.9.2022	4:11	0,13	19.9.2022	2:12	0,14
22.9.2022	3:02	0,07	18.9.2022	18:29	0,12	20.9.2022	17:18	0,14
21.9.2022	2:53	0,06	21.9.2022	18:27	0,12	16.9.2022	2:10	0,14
22.9.2022	2:38	0,06	21.9.2022	2:53	0,11	19.9.2022	4:36	0,13
19.9.2022	2:12	0,06	22.9.2022	2:38	0,11	21.9.2022	2:53	0,13
21.9.2022	18:27	0,05	20.9.2022	17:18	0,10	18.9.2022	18:29	0,13
16.9.2022	2:10	0,05	16.9.2022	4:03	0,10	15.9.2022	18:51	0,12
18.9.2022	18:29	0,05	16.9.2022	16:18	0,09	16.9.2022	4:03	0,10
15.9.2022	18:51	0,04	18.9.2022	2:43	0,08	18.9.2022	2:43	0,06
17.9.2022	18:31	0,04	17.9.2022	18:31	0,08	17.9.2022	18:31	0,05
		$v_{w,95} =$ 0,21			$v_{w,95} =$ 0,19			$v_{w,95} =$ 0,23

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: Kolmiaksaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 15.-22.9.2022

MP 1

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
20.9.2022	10:31	45	17.9.2022	9:17	60	19.9.2022	21:11	59
17.9.2022	9:17	42	21.9.2022	21:13	60	21.9.2022	21:13	58
16.9.2022	18:15	42	18.9.2022	9:15	59	17.9.2022	9:17	58
20.9.2022	10:33	41	19.9.2022	21:11	59	16.9.2022	18:15	57
19.9.2022	21:11	41	16.9.2022	18:15	59	18.9.2022	9:15	57
21.9.2022	21:13	40	15.9.2022	13:47	58	20.9.2022	10:33	56
18.9.2022	9:15	40	15.9.2022	22:46	58	18.9.2022	19:45	56
15.9.2022	13:47	40	17.9.2022	16:16	58	17.9.2022	16:16	56
17.9.2022	16:16	40	16.9.2022	7:25	57	22.9.2022	7:25	56
16.9.2022	21:22	39	22.9.2022	7:25	57	22.9.2022	13:16	56
15.9.2022	22:46	39	15.9.2022	21:19	57	20.9.2022	7:26	55
15.9.2022	21:19	39	20.9.2022	7:26	57	15.9.2022	13:47	55
16.9.2022	7:25	39	18.9.2022	19:45	57	21.9.2022	13:47	55
18.9.2022	19:45	38	16.9.2022	21:22	57	20.9.2022	10:31	55
22.9.2022	7:25	38	17.9.2022	13:49	57	16.9.2022	21:22	55
		$L_{pA} = 43$			$L_{pA} = 60$			$L_{pA} = 58$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekiöt:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
Tarkasteltava asuinkerros			
		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Varmuusvara			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 15.-22.9.2022

MP 2

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinäpöhtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
19.9.2022	2:12	22	20.9.2022	18:26	25	17.9.2022	18:31	32
18.9.2022	2:43	22	17.9.2022	18:31	25	16.9.2022	17:20	23
19.9.2022	4:36	22	16.9.2022	16:44	24	16.9.2022	16:44	23
22.9.2022	2:38	22	16.9.2022	17:20	24	16.9.2022	2:10	21
16.9.2022	2:10	21	19.9.2022	18:25	23	20.9.2022	17:18	21
20.9.2022	1:24	21	20.9.2022	17:18	23	16.9.2022	4:03	20
22.9.2022	3:02	21	16.9.2022	4:03	22	22.9.2022	2:38	19
17.9.2022	2:02	20	18.9.2022	18:29	21	22.9.2022	3:02	19
20.9.2022	17:18	20	21.9.2022	18:27	20	20.9.2022	18:26	19
16.9.2022	4:03	20	21.9.2022	4:11	20	17.9.2022	2:02	19
21.9.2022	4:11	19	20.9.2022	1:24	20	19.9.2022	4:36	18
16.9.2022	17:20	18	22.9.2022	3:01	19	21.9.2022	4:11	18
21.9.2022	2:53	18	16.9.2022	2:10	19	19.9.2022	2:12	17
20.9.2022	18:26	17	22.9.2022	2:38	19	19.9.2022	18:25	17
18.9.2022	18:29	17	19.9.2022	4:36	19	20.9.2022	1:24	17
		$L_{pA} = 23$			$L_{pA} = 26$			$L_{pA} = 30$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Varmuusvara			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

- Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta
- Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta
- Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 15.-22.9.2022

MP 3

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinätapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
21.9.2022	3:11	25	19.9.2022	6:06	38	19.9.2022	6:06	32
17.9.2022	17:31	21	19.9.2022	17:25	32	16.9.2022	16:20	28
19.9.2022	6:06	21	16.9.2022	16:20	30	19.9.2022	1:12	25
16.9.2022	3:03	20	19.9.2022	1:12	28	16.9.2022	17:47	23
16.9.2022	16:20	19	16.9.2022	17:47	27	16.9.2022	3:03	23
16.9.2022	1:10	19	16.9.2022	3:03	26	16.9.2022	1:10	22
20.9.2022	16:18	19	20.9.2022	16:18	26	17.9.2022	17:31	22
19.9.2022	1:12	18	21.9.2022	3:11	26	19.9.2022	3:36	20
20.9.2022	0:24	18	22.9.2022	1:38	24	18.9.2022	1:43	20
19.9.2022	17:25	18	16.9.2022	1:10	23	15.9.2022	17:51	19
19.9.2022	3:36	18	20.9.2022	0:24	23	18.9.2022	17:29	12
22.9.2022	1:38	18	18.9.2022	1:43	23	22.9.2022	1:38	4
18.9.2022	1:43	17	21.9.2022	1:53	23	20.9.2022	17:26	0
20.9.2022	17:26	17	17.9.2022	17:31	23	21.9.2022	1:53	0
16.9.2022	17:47	15	19.9.2022	3:36	22	21.9.2022	3:11	0
		$L_{pA} = 23$			$L_{pA} = 38$			$L_{pA} = 45$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekiöt:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Varmuusvara			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiakksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 15.-22.9.2022

MP 4

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
17.9.2022	18:31	24	22.9.2022	3:02	32	22.9.2022	3:02	27
16.9.2022	4:03	17	16.9.2022	16:18	26	15.9.2022	18:51	24
20.9.2022	17:18	16	15.9.2022	18:51	25	16.9.2022	16:18	23
16.9.2022	16:18	15	21.9.2022	2:53	25	17.9.2022	18:31	22
16.9.2022	2:10	14	16.9.2022	2:10	24	21.9.2022	2:53	20
18.9.2022	2:43	14	17.9.2022	18:31	23	20.9.2022	17:18	18
22.9.2022	3:02	13	19.9.2022	18:25	22	19.9.2022	4:36	18
19.9.2022	2:12	13	22.9.2022	2:38	21	22.9.2022	2:38	17
22.9.2022	2:38	13	19.9.2022	2:12	21	16.9.2022	18:47	17
21.9.2022	2:53	13	19.9.2022	4:36	20	19.9.2022	18:25	16
21.9.2022	4:11	12	16.9.2022	18:47	18	16.9.2022	2:10	13
19.9.2022	4:36	12	20.9.2022	17:18	18	21.9.2022	4:11	12
19.9.2022	18:25	11	21.9.2022	4:11	18	16.9.2022	4:03	12
16.9.2022	18:47	9	16.9.2022	4:03	16	19.9.2022	2:12	11
15.9.2022	18:51	7	18.9.2022	2:43	15	21.9.2022	18:27	10
		$L_{pA} = 23$			$L_{pA} = 32$			$L_{pA} = 30$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Varmuusvara			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

- Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta
- Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta
- Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus:

Kolmiaksaalinen mittaus maasta

Mittausjakso:

15.-22.9.2022

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,8 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,78 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,57 \text{ mm/s}$$

MP 1

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,8 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,82 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,58 \text{ mm/s}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$.

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 1,2 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 1,22 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

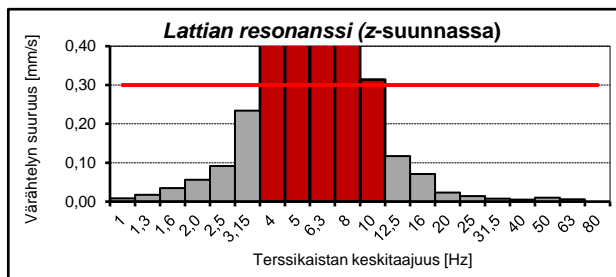
Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$.

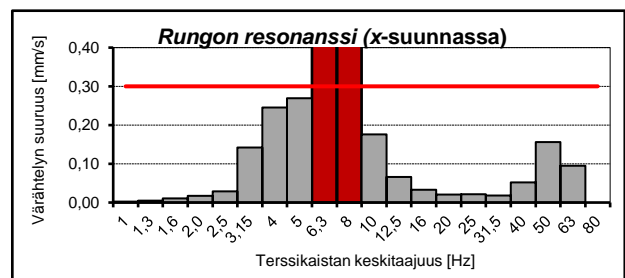
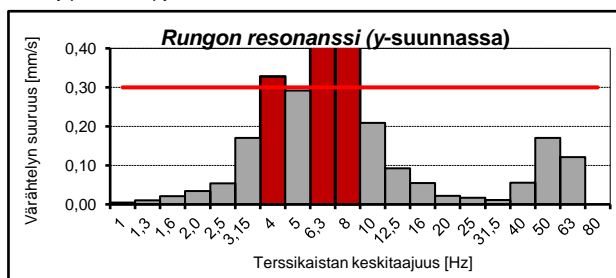
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 1,89 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 1,12 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) **lattian resonanssin** (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssin** (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

Mittauspisteen kuvaus:
 Mittausjakso:

Kolmiaksaalinen mittaus maasta
 15.-22.9.2022

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,16 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,15 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,17 \text{ mm/s}$$



Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,16 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,15 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,17 \text{ mm/s}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$.

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,24 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,26 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

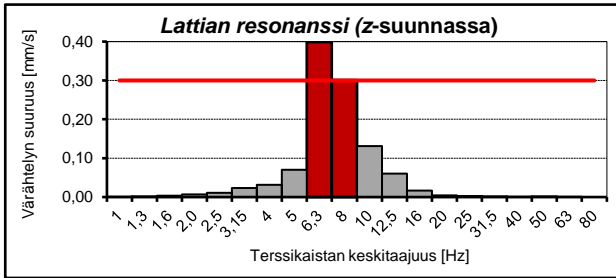
Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$.

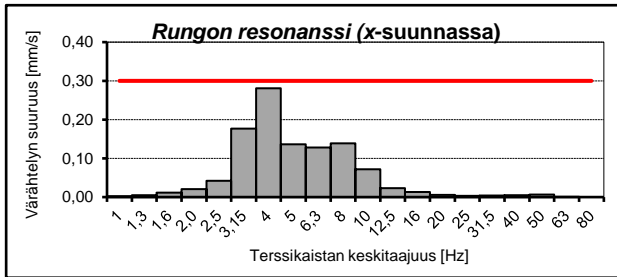
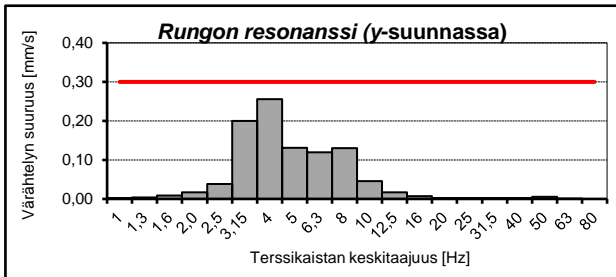
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 0,4 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,28 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) **lattian resonanssin** (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssin** (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

Mittauspisteen kuvaus:
 Mittausjakso:

Kolmiaksaalinen mittaus maasta
 15.-22.9.2022

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,19 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,15 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,19 \text{ mm/s}$$



Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,19 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,15 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,19 \text{ mm/s}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$.

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,29 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,28 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

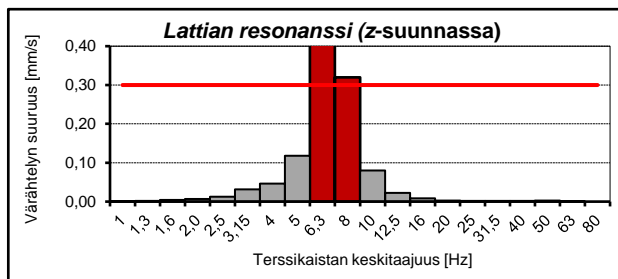
Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$.

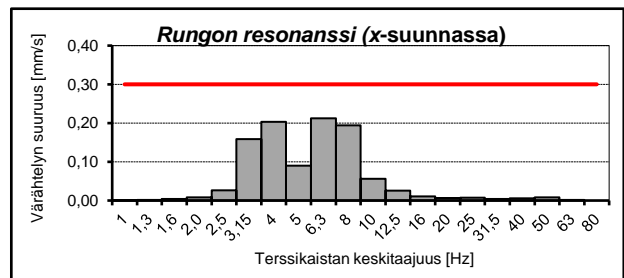
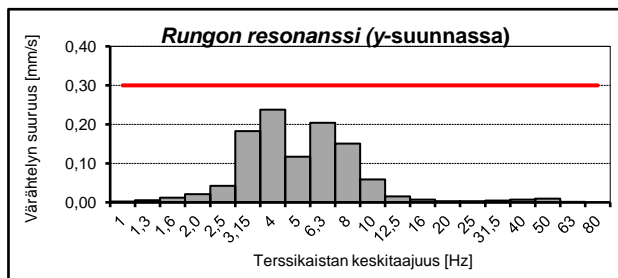
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 0,48 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,24 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) **lattian resonanssin** (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssin** (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaalinen mittaus maasta
 Mittausjakso: 15.-22.9.2022

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,21 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,19 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,23 \text{ mm/s}$$



Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,21 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,19 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,22 \text{ mm/s}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$.

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,31 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,34 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

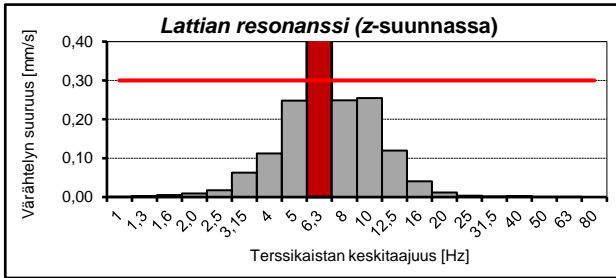
Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$.

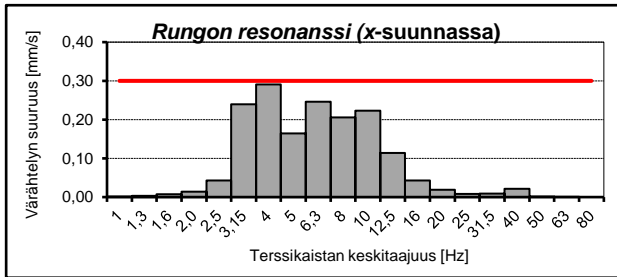
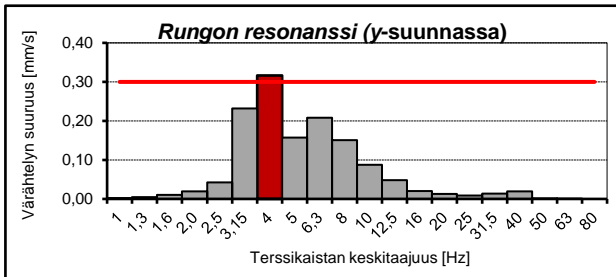
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 0,48 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,32 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) lattian resonanssin (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuuuntaisten (y- ja x-akseli) rungon resonanssin (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

TÄRINÄN JA RUNKOMELUN VERTAILUARVOT

VAURIORISKI

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 herkätk rakennukset tai rakenteet ja kulttuurihistoriallisesti tai yhteiskunnallisesti merkittävät rakennukset.	< 10	2
	10...30	3
	> 30	4

ASUMISVIIHTYVYYS

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen ääniympäristöstä annetun ympäristöministeriön asetuksen 5 ja 6 §:n muuttamisesta (360/2019) on kirjoitettu: ”Rakennuksen, jossa on asuntoja tai majoitus- tai potilashuoneita, runkoääni- ja tärinäeristys sekä opetus-, kokous-, ruokailu-, hoito-, harrastus-, liikunta- ja toimistotilojen melun- ja tärinäntorjunta on suunniteltava ja toteutettava tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen.”

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 värähtelyä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	≤ 0,30
D	Olosuhteet, joilla pyritään vanhoilla asuinalueilla <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	≤ 0,60

RUNKOMELU

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">potilashuoneet, majoitustilatpäiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet	30/35*
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none">luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvää ilman äänentoistolaitteiden käyttöämuut kokoontumistilat, kuten teatterit ja kirjastot	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45*

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