

Lahden kaupunki
Kaupunkiympäristön palvelualue

TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

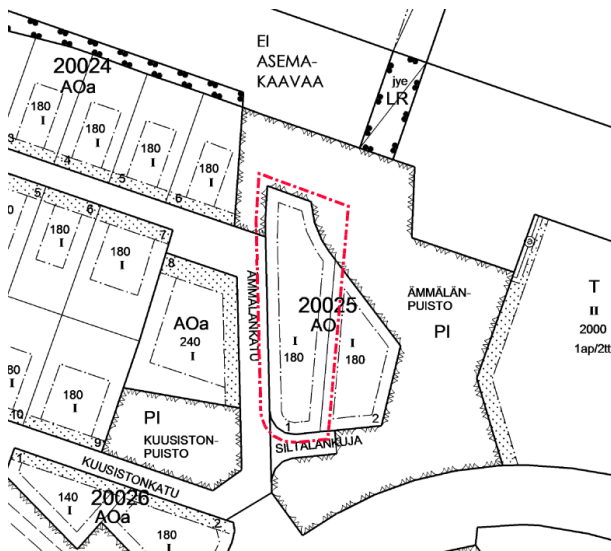
Ämmälänkatu 12, Lahti



Tilaaaja:
Lahden kaupunki
Kaupunkiympäristön palvelualue
Kimmo Sutinen

Tärinä- ja runkomeluserelvitys

Kohde:
Ämmälänkatu 12, Lahti



Suunnittelualue

Raportin numero:
PR10724-TÄR02

Raportin päiväys:
6.10.2022

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

Tarkastanut:
Jani Kankare, 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	Maasta mitatun tärinän heilahdusnopeuden resultantit v_{res}	7
5.3	Maasta mitatun tärinän tunnusluvun arvot $v_{w,95}$	7
5.4	Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi $v_{w,95}$	8
5.5	Arvio runkomelutasoista L_{prm}	8
6	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	9
7	Lisätietoa	10
8	Kirjallisuus.....	11

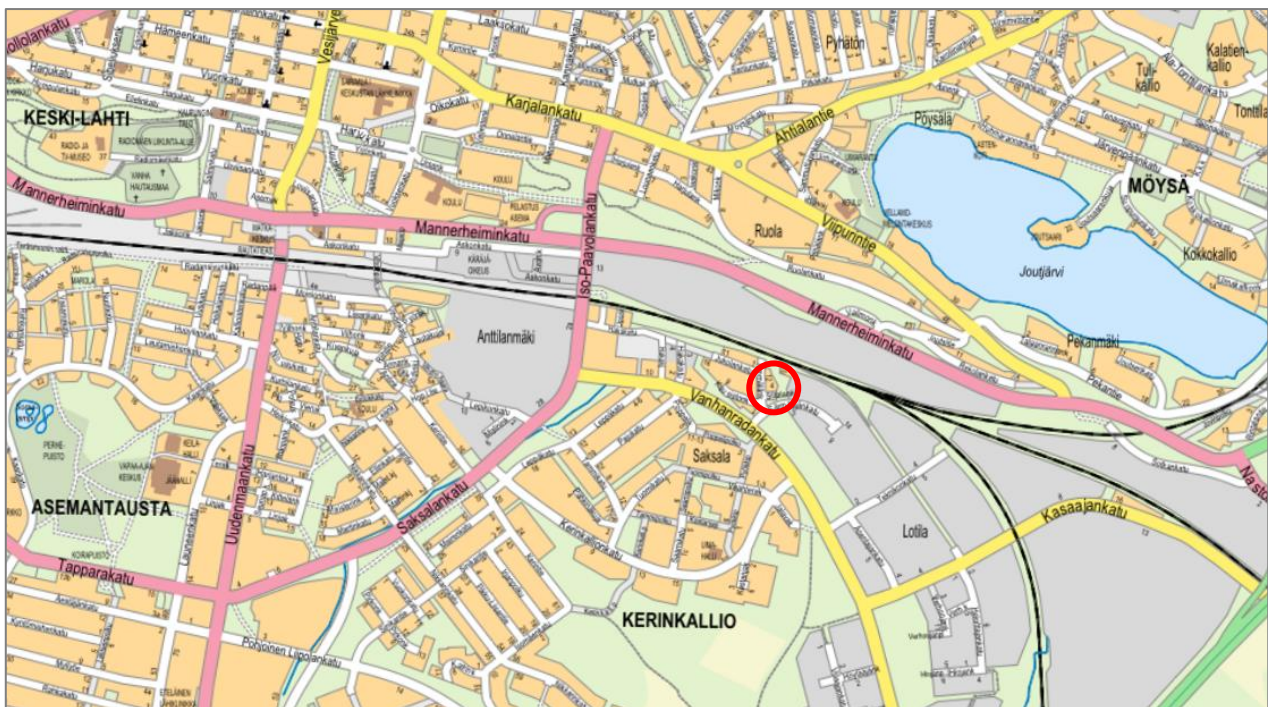
Liitteet:

- Liite 1. Mittauspistesivut, tärinä.
- Liite 2. Mittauspistesivut, runkomelu.
- Liite 3. Mittauspistesivut, resonanssitarkastelu.
- Liite 4. Tärinän ja runkomelun vertailuarvot.

1 YLEISTÄ

Promethor Oy mittasi 14.–22.9.2022 raideliikenteen aiheuttamaa värähtelyä Lahdessa osoitteessa Ämmälänkatu 12. Kohteen sijainti kartalla on esitetty kuvassa 1. Lahden kaupunki on laatimassa suunnittelualueelle maanomistajan hakemuksesta asemakaavan muutosta. Kaavamuutoksella jaettaisiin erillispientalojen korttelialueella sijaitseva tontti kahdeksi erilliseksi tontiksi. Samassa kohteessa samoissa mittauspisteissä on mitattu aikaisemmin raideliikenteen aiheuttamaa tärinää 2.–13.5.2022. Toukokuussa tehdyn mittauksen jälkeen tarkastelukohteen ohi kulkevien tavarajunien määrä on mahdollisesti muuttunut. Tämän takia mittaus uusittiin alueen nykyisten tärinätasojen selvittämiseksi.

Tärinää tarkastellaan sen aiheuttaman viihtyvyyshaitan, rakenteiden vaurioriskin sekä runkomelun kannalta. Mittaukset ja tulosten tarkastelu tehdään VTT:n ohjeiden mukaisesti ja VTT:n esittämiin suositusarvoihin verraten.



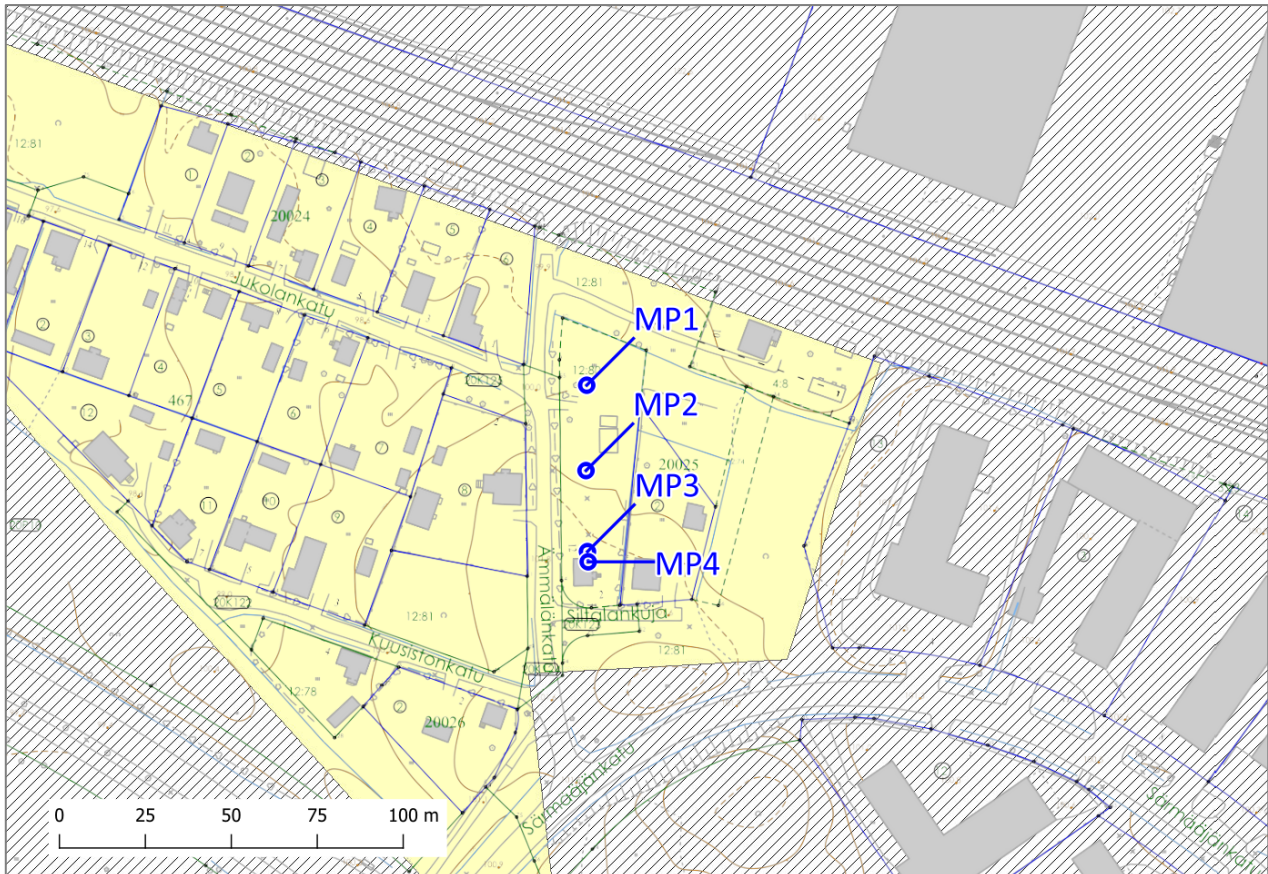
Kuva 1. Sijaintikartta. Kohteen sijainti on merkitty punaisella ympyrällä.

2 KOHTEEN YMPÄRISTÖ JA MITTAUSPISTEET

Kuvaan 2 on merkitty mittauspisteiden sijoittuminen tarkastelualueella. Merkittävin tärinälähde on raide liikenne. Rataosuudella kulkee tavarajunien ja henkilöliikennettä. Kohteen etäisyys lähimmästä raiteesta on lyhimmillään noin 33 metriä. Rataosuudella on kohteen kohdalla vaihte, joskaan ei lähimmillä neljällä raiteella.

Tärinää mitattiin neljässä mittauspisteessä. Mittauspisteet olivat samat kuin toukokuun mittauksissa. Kaikissa mittauspisteissä tärinää mitattiin kolmiaksaalisesti. Kolmessa mittauspisteessä (MP1-MP3) tärinää mitattiin maaperästä. Neljännessä mittauspisteessä (MP4), joka sijaitsi lähellä mittauspistettä MP3, tärinää mitattiin alueella olemassa olevan rakennuksen sokkelista.

Geologian tutkimuskeskuksen avoimen aineiston perusteella pohjamaa alue on karkeaa hietamaata. Radan kohdalla maaperä on täyttömaata (kuva 2).



Kuva 2. Mittauspisteiden sijainnit Lahden kantakartta-aineistoon (lähde: kartta.lahti.fi) ja maaperäkartaan merkittynä (lähde: gtkdata.gtk.fi). Keltainen alue on karkeaa hietamaa-aluetta. Vinoviivoitettu alue on täyttömaata.

3 MITTAUS- JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Tärinän mittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta” mukaisesti maasta ja olemassa olevan rakennuksen perustuksesta mittaamalla. Mittausjakson pituus oli 8 vuorokautta.

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

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 mukaan¹. Värähtelyjen

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 pysty akselin mukaan valituista signaaleista laskettu. Pystysuunnan mukaan määritetyistä signaaleista lasketut vaakasuuntaiset tunnusluvut saattavat olla todellista pienempiä, erityisesti kun vaakasuuntaisen tärinän on merkittävä.

tunnusluvulla $v_{w,95}$ tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä 15 suurimman tärinätaapahtuman 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. Rakennuksen ominaisuuksien mukaan maaperästä ja 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 ensin maasta perustukseen siirtyvän ja tämän jälkeen 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 lattiasa (ns. varmuustarkastelu). Resonanssitarkastelu kuvaa rakennuksen rungon tai lattian ominaistajuuden ”syttymistä”, jolloin värähtely saattaa voimistua moninkertaiseksi. Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistajuudelle. Resonanssitarkastelussa mahdollisesti ilmeviä riskejä voidaan välttää rakennusten värähtelyteknisellä suunnittelulla mm. välttämällä tiettyjä jännevälejä ja talon korkeuksia.

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$. Mahdollinen ylityksen aiheuttava taajuus tai taajuudet tulee ottaa huomioon rakennuksen välipohjien tai rakennuksen rungon mitoituksessa.

Suomessa ei ole standardoituja menetelmiä 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 runkomelutasoksi VTT:n tiedotteen mukaisia lisätekijöitä käyttäen. Lisäksi runkomelun arvioinnissa käytetään hyödyksi Promethor Oy:n aikaisemmista Lahden radan varren selvityskohteista saatua tietoa.

4 TÄRINÄN JA RUNKOMELUN SUOSITUSARVOT

Tarkasteltavassa kohteessa sovellettavat suositusarvot vaurioriskin, asumisviihtyvyyden ja runkomelun osalta ovat maaperän ja rakennusten asuinkäyttötarkoituksen perusteella seuraavat:

- Rakenteiden **vaurioriskiä** arvioitaessa sovelletaan enimmäisarvoa **4,0 mm/s** (taajuuspainotetun värähtelyn nopeuden resultantin suurin arvo v_{res}).
- **Asumisviihtyvyyttä** arvioitaessa sovelletaan enimmäisarvoa **0,30 mm/s** (taajuuspainotetun värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$).
- **Runkomelua** arvioitaessa sovelletaan enimmäisarvoa **35 dB** (runkomelutaso L_{prm}).

Suositusarvot on esitetty laajemmin liitteessä 4.

5 MITTAUSTULOKSET

5.1 Värähtelyn taajuussisältö

Tärinän taajuuspainotetut taajuusjakaumat on esitetty liitteessä 1 terssikaistoittain VTT:n suosituksen mukaisesti. Tärinän taajuussisältö on laajakaistaista ulottuen alle 10 Hz taajuuksille.

5.2 Maasta mitatun tärinän heilahdusnopeuden resultantit v_{res}

Rakennusten vaurioitumisriskiä arvioidaan painottamattoman värähtelyn nopeuden resultantin suurimman arvon avulla. Taulukossa 1 on esitetty suurimmat maasta mitatut resultanttien arvot. Liitteessä 1 on esitetty 15 suurimman resultantin arvot kussakin mittauspisteessä.

Taulukko 1. Suurimmat mitatut heilahdusnopeuden resultantin arvot v_{res} . Sulkeissa esitetty arvo on toukokuun 2022 mittauksen tulos.

Mittauspiste	Etäisyys rautatiestä [m]	Kiinnitys	Resultantti [mm/s]
MP 1	47	Maa	1,5 (2,1)
MP 2	72	Maa	1,0 (1,2)
MP 3	95	Maa	0,8 (1,1)
MP 4	97	Sokkeli	0,8 (0,8)

5.3 Maasta mitatun tärinän tunnusluvun arvot $v_{w,95}$

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). Taulukossa 2 on esitetty mittaustuloksista lasketut tärinän tunnusluvut. Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot on esitetty liitteessä 1. Maaperästä tai sokkelista mitattuja tuloksia ei voi kuitenkaan verrata rakennuksen asuintiloissa sallittaviin suositusarvoihin. Rakennukseen välittyvän/aiheutuvan tärinän tunnusluvun arvoja on arvioitu luvussa 5.4.

Taulukko 2. Mittaustuloksista lasketut tärinän tunnusluvut $v_{w,95}$. Sulkeissa esitetty arvo on toukokuun 2022 mittauksen tulos.

Mittauspiste	Etäisyys rautatiestä [m]	Kiinnitys	Tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]		
			<i>pystysuunta</i>	<i>kohtisuora</i>	<i>radan suuntainen</i>
MP 1	47	Maa	0,39 (0,43)	0,44 (0,55)	0,52 (0,69)
MP 2	72	Maa	0,36 (0,40)	0,18 (0,23)	0,18 (0,27)
MP 3	95	Maa	0,31 (0,31)	0,18 (0,39)	0,16 (0,35)
MP 4	97	Sokkeli	0,31 (0,32)	0,14 (0,18)	0,13 (0,20)

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

Yleinen voimistuminen

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaaka- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttäen voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$. Arviointitulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. VTT:n menetelmillä tärinäsignaaleista arvioidun perustuksen värähtelyn perusteella arvioitu värähtelyn yleinen voimistuminen rakennuksen rungossa ja lattiassa.

Mittauspiste	Kiinnitys	Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,runko}$ [mm/s]	Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,lattia}$ [mm/s]
MP 1	Maa	0,20 (0,47)	0,57 (0,64)
MP 2	Maa	0,26 (0,38)	0,53 (0,60)
MP 3	Maa	0,25 (0,30)	0,46 (0,46)
MP 4	Sokkeli	0,21 (0,30)	0,47 (0,48)

Resonanssitarkastelu

Resonanssitarkastelun arviointitulokset taajuuskaistoittain on esitetty liitteessä 3.

Nyt saatujen mittaustulosten resonanssitarkastelun perusteella vaakasuuntainen värähtely ei aseta reunaehtoja rakennusten korkeudelle.

Pystysuuntaisen värähtelyn resonanssitarkastelun perusteella välipohjan ominaistajuuden osuessa taajuusalueelle $f = 5...10$ Hz lattian värähtely ylittää suositusarvon 0,30 mm/s.

5.5 Arvio runkomelutasoista L_{prm}

Taulukossa 4 on esitetty värähtelymittauksista VTT:n arviointimenetelmällä määritetyt runkomelutasot mittauspisteittäin ja akselisuunnittain.

Taulukko 4. VTT:n menetelmällä tärinäsignaaleista arvioidut runkomelutasot L_{prm} .

Mittauspiste	Etäisyys rautatiestä [m]	Kiinnitys	A-painotettu runkomelutaso L_{prm} [dB]		
			<i>pystysuunta</i>	<i>kohtisuora</i>	<i>radan suuntainen</i>
MP 1	47	Maa	48 (48)	61 (59)	63 (61)
MP 2	72	Maa	41 (39)	54 (54)	52 (51)
MP 3	95	Maa	36 (39)	48 (56)	50 (54)
MP 4	97	Sokkeli	30 (30)	28 (26)	24 (25)

Lainaus VTT:n tiedotteesta 2468, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arvioiminen, I Esiselvytys. ”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

Nyt syyskuussa mitatut värähtelyarvot ovat lähes kauttaaltaan noin 10...20 % pienempiä verrattuna toukokuun 2022 mittaustuloksiin.

Vaurioriski

Mittaustulosten perusteella raideliikenteen tärinä ei aiheuta selvitysalueella rakennuksille rakenteiden vaurioriskiä.

Viihtyvyyshaitta

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella suunnittelualue on tärinän riskialuetta. Mitattu tärinän tunnusluku $v_{w,95}$ ylitti uusille asuinrakennuksille sovellettavan VTT:n tärinäluokan C suositusarvon 0,30 mm/s rataa lähimmissä mittauspisteissä hieman. Rataa kauimmissa pisteessä tulos on määritystarkkuuden rajoissa suositusarvon suuruinen.

Tarkastelualueen maaperän kaltaisilla alueilla pientaloissa kantavissa rakenteissa pystysuuntaisen tärinän tunnusluvun arvo vastaa tyypillisesti maaperästä mitattua tunnusluvun arvoa, kuten nyt nähdään mitauspisteiden MP3 ja MP4 tuloksista. Pystysuuntaisen tärinän tunnusluvun arvot olivat 0,31...0,39 mm/s. Yleinen voimistuminen -arvioinnin perusteella asuintilojen lattian värähtely tulisi olemaan 0,46...0,57 mm/s. Voimistumista voidaan minimoida käyttämällä maanvaraisia lattiarakenteita tai mitoittamalla lattian ominaistaajuus selvästi resonanssitarkestelussa esitettyä vältettävää taajuusaluetta korkeammaksi. Tämä edellyttää lyhyitä jännevälejä ja jäykkää lattiarakennetta. Käytännössä lattioiden ominaistaajuutta ei pystytä mitoittamaan vältettävää taajuusaluetta pienemmäksi, joten vaimennuksen aikaansaaminen on käytännössä mahdotonta ja parhaimmillaan lattioiden tärinätaaso tulee todennäköisesti vastaamaan pystysuunnassa nyt määritettyjä tärinän tunnuslukuja.

Mittaustuloksissa havaitaan vaakasuunnassa korkeataajuista värähtelyä. Tämä vaimenee merkittävästi maasta perustuksiin siirtyessä, kuten nähdään mittauspisteiden MP3 ja MP4 tuloksista. Uusien mittaustulosten perusteella vaakasuuntaisen tärinän voimakkuus ei estä yleisen voimistumisen eikä resonanssitarkestelun perusteella puolitoista tai kaksikerroksisten rakennusten sijoittamista alueelle.

Pienitaajuuden tärinän vaimentamiseksi käytettävissä olevat keinot ovat hyvin rajallisia ja erityisesti pientalokohteissa kalliita suhteessa rakennusneliöihin. Rakennukseen tehtävänä toimenpiteenä asuinrakennukset tulisi perustaa jousien varaan, mitä voidaan pientalokohteissa pitää epärealistisena vaihtoehtona. Maaperään tehtävistä toimenpiteistä tehokkain olisi radan ja rakennusten väliselle alueelle toteutettava syvästabilointi esimerkiksi radan suuntaisen tien alueelta. Stabiloinnissa haasteena on se, että sen vaikutusta ei tarkasti pystytä etukäteen laskemaan ja stabiloitavan alueen tulisi olla suunnittelualueen leveyttä pidempi, jotta vaikutusta ylipäättään saadaan.

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella suunnittelualueelle toteutettavissa rakennuksissa värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ mahdollisesti vähäisesti ylittyy ja radasta kauimmalla osalla sivuaa uusille asuinrakennuksille sovellettavaa tärinän tunnusluvun enimmäisarvoa 0,30 mm/s. Asiassa lieventävinä tekijöinä voitaneen kuitenkin pitää sitä, että voimakkainta - asumisviihtyvyyden suositusarvon ylittävää - tärinää aiheutuu viikon aikana vain muutamasta junasta ja tällöinkin pystysuuntaisen värähtelyn mittaustulos ylittää 0,30 mm/s korkeintaan vähän. Mittauspisteestä riippuen mittaustiikon aikana ylitys tapahtui 1–3 junasta. Oleellista tärinää aiheuttavien junien vähäisyydestä huolimatta asuinrakennuksia ei tule sijoittaa tontin pohjoisosaan, vaan mahdollisimman kauas junaradasta sijoittuen tontin keski- ja eteläosaan.

Asuinrakennusten suunnittelussa ala- ja välipohjat tulee mitoittaa siten, että niiden ominaistaajuus ei osu taajuusalueelle $f = 5...10$ Hz. Vaihtoehtoisesti tulee käyttää maanvaraista betonilaattaa ja mitoittaa väli-

pohjat siten, että niiden ominaistajuus ei osu taajuusalueelle $f = 5 \dots 10$ Hz. Resonanssitaajuuden välttämistä huolimatta on mahdollista, että värähtelyn tunnusluvun arvo valmiissa asuinrakennuksessa ylittää vähäisesti suositusarvon 0,30 mm/s.

Runkomelu

Runkomelu on kovien maaperien haaste. Nyt tarkasteltava alue on runkomelun näkökulmasta pehmeää maaperää, jolloin värähtelynä havaittava tärinä on runkomelua merkittävämpi tekijä. Maasta mitatuista värähtelysignaaleista arvioidut runkomelutasot ylittävät selvästi uusiin asuinrakennuksiin sovellettavan runkomelun enimmäistason ohjearvon 35 dB, mutta mittauspisteiden MP3 ja MP4 tuloksista voidaan jälleen havaita, että pehmeästä maaperästä mitattu runkomelu vaimenee merkittävästi rakennukseen siirtyessä. Runkomelutasojen voidaan lähtökohtaisesti arvioida jäävän rakennuksissa alle 35 dB:n, kun rakennuksiin ei tehdä runkomelulle herkkiä osittain tai kokonaan maanalaisia tiloja.

Muita huomioita

Mittaustulokset edustavat mittauskohteen tärinää vain niissä olosuhteissa, joissa mittaukset suoritettiin. Muun muassa liikenneväylän kunnan, kaluston tai ajonopeuksien poiketessa oleellisesti mittausajankohdasta on tärinäarvojen muuttuminen mahdollista. Huomioitavaa on, että venäläisten tavarajunien määrä mittausjakson aikana on saattanut Ukrainan sodan vuoksi olla aikaisempia vuosia vähäisempi.

7 LISÄTIETOA

Olli Laivoranta
Promethor Oy
041 506 3418
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: Kolmiakselialinen mittaus maaperästä
Mittausjakso: 14.-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	11.18	1,5	0,24	1,04	1,29
20.9.2022	12.18	1,4	0,26	0,90	1,37
20.9.2022	09.15	1,4	0,25	0,88	1,28
19.9.2022	21.33	1,3	0,53	1,17	1,02
17.9.2022	19.32	1,2	0,24	1,01	0,85
17.9.2022	20.23	1,2	0,28	0,94	0,95
18.9.2022	21.17	1,2	0,22	0,71	1,13
19.9.2022	18.16	1,2	0,21	0,87	1,07
19.9.2022	07.24	1,1	0,54	0,92	0,96
20.9.2022	20.18	1,1	0,18	1,02	0,73
16.9.2022	20.22	1,1	0,22	0,78	0,97
15.9.2022	11.23	1,1	1,04	0,54	0,45
19.9.2022	17.16	1,1	0,15	0,86	0,66
15.9.2022	18.16	1,1	0,21	0,67	0,88
18.9.2022	14.21	1,1	0,20	0,79	0,89

MP 1

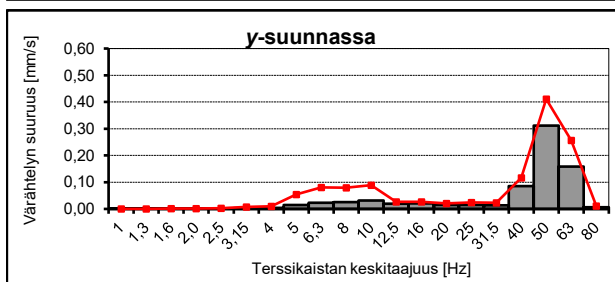
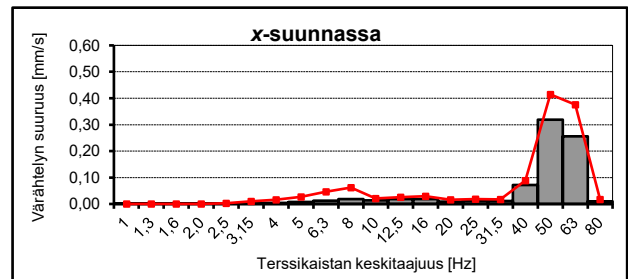
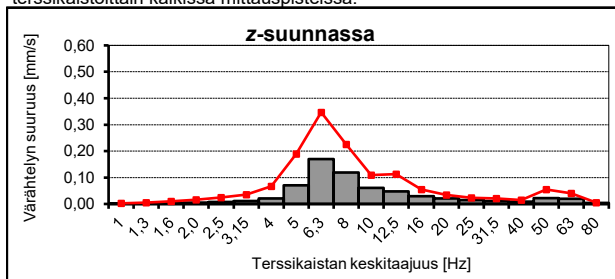
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
20.9.2022	3:52	0,35	19.9.2022	11:18	0,44	20.9.2022	9:15	0,52
16.9.2022	9:26	0,31	17.9.2022	19:32	0,42	19.9.2022	11:18	0,47
16.9.2022	21:30	0,30	19.9.2022	21:33	0,40	17.9.2022	20:23	0,45
21.9.2022	15:20	0,27	17.9.2022	20:23	0,39	18.9.2022	21:17	0,44
17.9.2022	3:11	0,22	19.9.2022	17:16	0,36	19.9.2022	18:16	0,43
19.9.2022	7:24	0,21	16.9.2022	20:22	0,35	16.9.2022	20:22	0,43
19.9.2022	21:32	0,20	20.9.2022	9:15	0,34	17.9.2022	19:32	0,42
20.9.2022	10:40	0,19	20.9.2022	12:18	0,34	18.9.2022	14:21	0,39
19.9.2022	20:39	0,16	21.9.2022	11:15	0,34	20.9.2022	21:15	0,38
14.9.2022	22:26	0,15	19.9.2022	9:47	0,33	19.9.2022	19:27	0,38
20.9.2022	10:38	0,14	19.9.2022	18:16	0,33	15.9.2022	20:15	0,36
16.9.2022	12:27	0,14	18.9.2022	14:21	0,32	15.9.2022	18:16	0,34
21.9.2022	21:13	0,13	18.9.2022	21:17	0,32	19.9.2022	21:33	0,34
20.9.2022	20:42	0,13	20.9.2022	3:52	0,32	21.9.2022	9:16	0,34
		$v_{w,95} = 0,39$			$v_{w,95} = 0,44$			$v_{w,95} = 0,52$

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 maaperästä
Mittausjakso: 14.-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
15.9.2022	11.23	1,0	1,00	0,38	0,42
20.9.2022	03.52	0,9	0,81	0,49	0,48
16.9.2022	21.30	0,8	0,78	0,40	0,49
21.9.2022	15.20	0,7	0,62	0,53	0,40
19.9.2022	07.24	0,7	0,69	0,45	0,41
19.9.2022	21.32	0,6	0,62	0,45	0,50
17.9.2022	03.11	0,6	0,47	0,55	0,41
16.9.2022	09.26	0,6	0,61	0,42	0,37
20.9.2022	10.40	0,6	0,54	0,34	0,29
19.9.2022	07.24	0,6	0,43	0,43	0,39
21.9.2022	08.27	0,5	0,52	0,28	0,39
14.9.2022	22.26	0,5	0,48	0,39	0,31
16.9.2022	12.27	0,5	0,33	0,37	0,40
19.9.2022	20.40	0,5	0,47	0,27	0,19
21.9.2022	21.13	0,5	0,47	0,21	0,17

MP 2

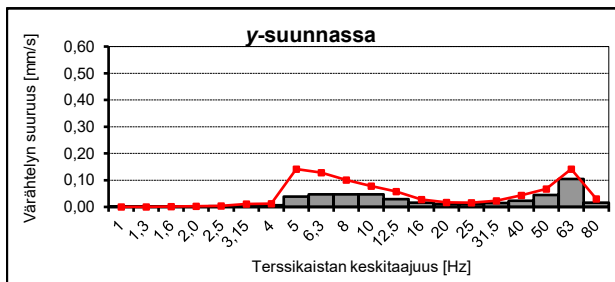
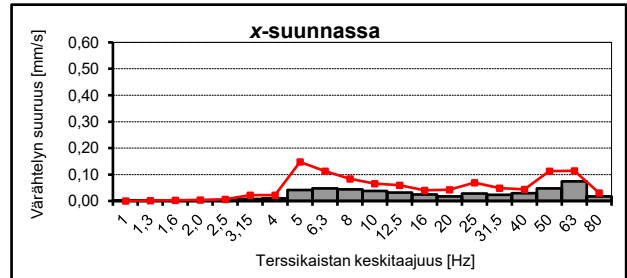
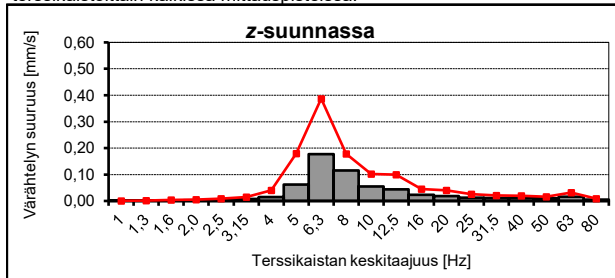
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
20.9.2022	3:52	0,31	17.9.2022	3:11	0,18	20.9.2022	3:52	0,17
16.9.2022	21:30	0,28	20.9.2022	3:52	0,17	19.9.2022	21:32	0,16
21.9.2022	15:20	0,25	19.9.2022	21:32	0,16	15.9.2022	11:23	0,16
19.9.2022	7:24	0,22	16.9.2022	9:26	0,16	14.9.2022	20:17	0,14
16.9.2022	9:26	0,22	16.9.2022	14:53	0,16	19.9.2022	7:24	0,14
14.9.2022	22:26	0,21	17.9.2022	21:18	0,15	21.9.2022	15:20	0,14
19.9.2022	21:32	0,21	15.9.2022	11:23	0,15	17.9.2022	3:11	0,13
17.9.2022	3:11	0,20	21.9.2022	15:20	0,14	14.9.2022	21:20	0,13
19.9.2022	20:40	0,19	19.9.2022	7:24	0,14	16.9.2022	9:26	0,13
20.9.2022	10:38	0,19	17.9.2022	15:19	0,14	21.9.2022	8:27	0,13
20.9.2022	10:40	0,18	18.9.2022	16:19	0,14	16.9.2022	12:27	0,12
21.9.2022	21:13	0,17	17.9.2022	17:21	0,14	18.9.2022	19:46	0,11
21.9.2022	8:27	0,16	21.9.2022	17:27	0,13	21.9.2022	16:29	0,11
18.9.2022	15:45	0,14	18.9.2022	19:46	0,13	21.9.2022	16:34	0,11
		$v_{w,95} =$ 0,36			$v_{w,95} =$ 0,18			$v_{w,95} =$ 0,18

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 maaperästä
Mittausjakso: 14.-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	09.26	0,8	0,70	0,47	0,46
16.9.2022	21.30	0,8	0,74	0,34	0,34
15.9.2022	11.23	0,7	0,67	0,22	0,31
21.9.2022	15.21	0,6	0,58	0,30	0,33
20.9.2022	03.52	0,6	0,51	0,34	0,36
19.9.2022	07.24	0,4	0,36	0,39	0,32
21.9.2022	19.17	0,4	0,15	0,31	0,35
17.9.2022	03.11	0,4	0,35	0,29	0,29
19.9.2022	21.32	0,4	0,32	0,31	0,28
14.9.2022	22.26	0,4	0,37	0,27	0,21
16.9.2022	12.27	0,3	0,29	0,25	0,24
19.9.2022	20.39	0,3	0,30	0,19	0,18
16.9.2022	12.27	0,3	0,29	0,22	0,22
20.9.2022	20.42	0,3	0,16	0,20	0,28
21.9.2022	21.13	0,3	0,29	0,19	0,15

MP 3

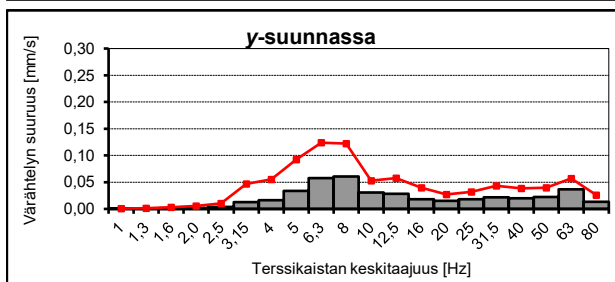
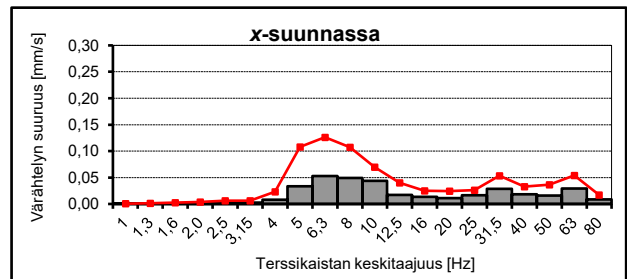
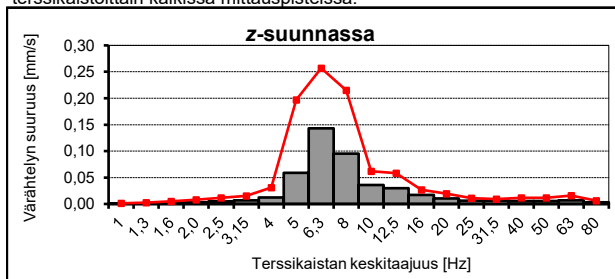
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
15.9.2022	11:23	0,28	20.9.2022	3:52	0,17	20.9.2022	3:52	0,13
16.9.2022	21:30	0,26	16.9.2022	21:30	0,13	16.9.2022	21:30	0,13
21.9.2022	15:21	0,24	21.9.2022	15:20	0,12	19.9.2022	7:24	0,12
20.9.2022	3:52	0,22	15.9.2022	11:23	0,12	21.9.2022	15:21	0,12
19.9.2022	7:24	0,18	19.9.2022	7:24	0,11	15.9.2022	11:23	0,11
17.9.2022	3:11	0,14	17.9.2022	3:11	0,11	19.9.2022	21:33	0,11
15.9.2022	15:04	0,13	19.9.2022	21:32	0,11	17.9.2022	3:11	0,10
14.9.2022	22:26	0,13	21.9.2022	19:17	0,10	20.9.2022	20:42	0,09
17.9.2022	2:04	0,12	14.9.2022	22:26	0,10	15.9.2022	1:15	0,08
19.9.2022	21:33	0,12	16.9.2022	0:48	0,09	17.9.2022	15:42	0,08
17.9.2022	15:42	0,12	16.9.2022	12:27	0,08	16.9.2022	12:27	0,07
19.9.2022	20:39	0,12	20.9.2022	10:38	0,08	14.9.2022	22:26	0,07
20.9.2022	10:38	0,12	19.9.2022	20:39	0,08	15.9.2022	16:24	0,07
21.9.2022	21:13	0,12	21.9.2022	21:13	0,07	17.9.2022	7:28	0,06
		$v_{w,95} = 0,31$			$v_{w,95} = 0,18$			$v_{w,95} = 0,16$

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 maaperästä
Mittausjakso: 14.-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	09.27	0,8	0,79	0,37	0,35
15.9.2022	11.24	0,8	0,74	0,24	0,22
16.9.2022	21.31	0,7	0,72	0,35	0,37
21.9.2022	15.21	0,6	0,59	0,24	0,22
20.9.2022	03.53	0,5	0,52	0,33	0,27
19.9.2022	07.25	0,4	0,43	0,32	0,15
17.9.2022	03.12	0,4	0,38	0,23	0,18
14.9.2022	22.27	0,4	0,37	0,18	0,13
16.9.2022	09.27	0,4	0,35	0,27	0,21
19.9.2022	21.34	0,3	0,33	0,24	0,24
15.9.2022	11.24	0,3	0,34	0,15	0,14
19.9.2022	20.40	0,3	0,32	0,12	0,11
16.9.2022	12.28	0,3	0,28	0,20	0,16
17.9.2022	02.05	0,3	0,31	0,13	0,13
17.9.2022	07.29	0,3	0,30	0,11	0,12

MP 4

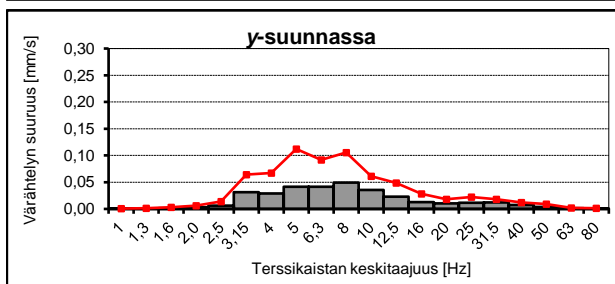
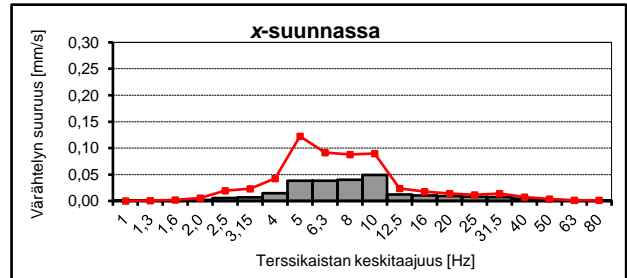
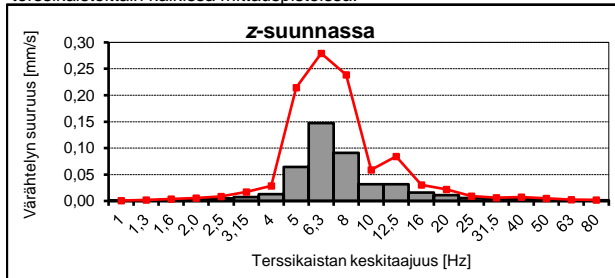
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
15.9.2022	11:24	0,26	20.9.2022	3:53	0,14	16.9.2022	21:31	0,14
16.9.2022	21:31	0,25	16.9.2022	21:31	0,13	20.9.2022	3:53	0,11
21.9.2022	15:21	0,23	19.9.2022	21:33	0,11	19.9.2022	7:25	0,09
20.9.2022	3:53	0,22	19.9.2022	7:25	0,10	19.9.2022	21:33	0,09
19.9.2022	7:25	0,17	16.9.2022	0:49	0,10	21.9.2022	15:21	0,09
17.9.2022	3:12	0,15	15.9.2022	11:24	0,10	15.9.2022	11:24	0,09
19.9.2022	20:40	0,15	17.9.2022	3:12	0,09	20.9.2022	20:43	0,07
17.9.2022	2:05	0,14	18.9.2022	17:13	0,09	17.9.2022	3:12	0,07
14.9.2022	22:27	0,13	20.9.2022	20:43	0,09	16.9.2022	12:28	0,07
22.9.2022	9:35	0,13	21.9.2022	15:21	0,08	15.9.2022	1:16	0,07
15.9.2022	15:05	0,13	16.9.2022	12:28	0,08	17.9.2022	0:35	0,06
21.9.2022	21:14	0,12	17.9.2022	0:35	0,08	18.9.2022	19:47	0,06
17.9.2022	7:29	0,12	22.9.2022	1:37	0,08	22.9.2022	1:13	0,06
20.9.2022	10:40	0,11	15.9.2022	10:49	0,07	17.9.2022	15:43	0,06
		$v_{w,95} = 0,31$			$v_{w,95} = 0,14$			$v_{w,95} = 0,13$

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: Kolmiakksiaalinen mittaus maaperästä
Mittausjakso: 14.-22.9.2022

MP 1

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinätahtumista 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	12:18	48	20.9.2022	20:18	61	20.9.2022	12:18	63
20.9.2022	9:15	48	17.9.2022	19:32	61	20.9.2022	9:15	62
17.9.2022	20:23	48	17.9.2022	20:23	60	17.9.2022	20:23	62
17.9.2022	19:32	47	19.9.2022	11:18	60	19.9.2022	11:18	62
19.9.2022	11:18	47	16.9.2022	20:22	59	17.9.2022	19:32	61
18.9.2022	21:17	46	18.9.2022	14:21	59	16.9.2022	20:22	61
16.9.2022	20:22	46	21.9.2022	11:15	59	18.9.2022	21:17	61
19.9.2022	18:16	46	19.9.2022	21:33	58	18.9.2022	14:21	61
18.9.2022	14:21	46	20.9.2022	12:18	58	19.9.2022	18:16	61
20.9.2022	21:15	45	19.9.2022	17:16	58	20.9.2022	21:15	60
15.9.2022	20:15	45	18.9.2022	21:17	58	15.9.2022	20:15	59
15.9.2022	18:16	45	19.9.2022	18:16	58	15.9.2022	18:16	59
14.9.2022	22:26	45	20.9.2022	9:15	58	21.9.2022	9:16	59
21.9.2022	9:16	45	19.9.2022	16:16	58	18.9.2022	11:17	59
18.9.2022	11:17	44	18.9.2022	11:17	57	21.9.2022	12:18	58
		$L_{pA} = 48$			$L_{pA} = 61$			$L_{pA} = 63$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input 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 maaperästä
Mittausjakso: 14.-22.9.2022

MP 2

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]
19.9.2022	21:33	43	17.9.2022	21:18	54	19.9.2022	21:33	53
17.9.2022	3:11	40	16.9.2022	14:53	54	17.9.2022	3:11	51
21.9.2022	17:27	40	19.9.2022	21:33	54	21.9.2022	16:29	51
21.9.2022	16:29	40	17.9.2022	15:19	53	21.9.2022	17:27	51
14.9.2022	20:17	39	18.9.2022	16:19	53	16.9.2022	21:30	50
14.9.2022	21:20	39	21.9.2022	17:27	53	20.9.2022	3:52	50
19.9.2022	13:31	39	17.9.2022	3:11	53	19.9.2022	7:24	50
16.9.2022	21:30	39	17.9.2022	17:21	52	18.9.2022	19:46	50
18.9.2022	14:21	39	18.9.2022	15:19	52	14.9.2022	20:17	50
18.9.2022	19:46	39	16.9.2022	20:22	51	18.9.2022	14:21	50
19.9.2022	7:24	38	16.9.2022	15:22	51	19.9.2022	13:31	50
20.9.2022	3:52	38	19.9.2022	0:28	51	17.9.2022	15:19	50
17.9.2022	15:19	38	16.9.2022	21:30	51	16.9.2022	12:27	49
14.9.2022	22:26	38	19.9.2022	7:24	51	14.9.2022	21:20	49
18.9.2022	11:17	38	18.9.2022	14:21	51	17.9.2022	2:04	49
		$L_{pA} = 41$			$L_{pA} = 54$			$L_{pA} = 52$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input 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 maaperästä
Mittausjakso: 14.-22.9.2022

MP 3

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]
21.9.2022	19:17	36	19.9.2022	21:33	49	21.9.2022	19:17	50
19.9.2022	21:33	36	21.9.2022	19:17	48	19.9.2022	21:33	50
16.9.2022	21:30	33	16.9.2022	21:30	45	16.9.2022	21:30	45
14.9.2022	22:26	32	17.9.2022	3:11	45	16.9.2022	12:27	45
17.9.2022	3:11	32	16.9.2022	12:27	45	17.9.2022	3:11	44
16.9.2022	12:27	31	20.9.2022	3:52	44	20.9.2022	20:42	43
20.9.2022	20:42	31	14.9.2022	22:26	43	14.9.2022	22:26	43
20.9.2022	3:52	30	17.9.2022	2:04	42	20.9.2022	3:52	42
19.9.2022	7:24	30	19.9.2022	7:24	42	19.9.2022	7:24	42
17.9.2022	2:04	29	17.9.2022	7:28	42	17.9.2022	7:28	41
16.9.2022	9:26	29	16.9.2022	9:26	41	17.9.2022	2:04	41
21.9.2022	15:20	29	20.9.2022	20:42	41	21.9.2022	15:20	41
21.9.2022	21:13	29	21.9.2022	15:21	41	16.9.2022	9:26	40
16.9.2022	0:48	28	21.9.2022	21:13	40	19.9.2022	20:39	40
19.9.2022	20:40	28	19.9.2022	20:40	40	21.9.2022	21:13	40
		$L_{pA} = 36$			$L_{pA} = 48$			$L_{pA} = 50$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input 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 maaperästä
Mittausjakso: 14.-22.9.2022

MP 4

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinätapauhtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
15.9.2022	11:24	30	17.9.2022	3:12	30	20.9.2022	3:53	24
19.9.2022	21:34	30	19.9.2022	21:34	26	19.9.2022	21:34	24
14.9.2022	22:27	28	20.9.2022	3:53	25	17.9.2022	3:12	23
16.9.2022	21:31	27	16.9.2022	9:27	24	21.9.2022	16:30	22
21.9.2022	16:30	27	21.9.2022	15:21	24	16.9.2022	9:27	21
16.9.2022	12:28	27	19.9.2022	7:25	24	14.9.2022	22:27	21
17.9.2022	0:35	26	21.9.2022	16:30	24	16.9.2022	21:31	21
17.9.2022	3:12	26	14.9.2022	22:27	24	19.9.2022	7:25	21
21.9.2022	21:14	26	17.9.2022	7:29	24	15.9.2022	10:49	20
20.9.2022	3:53	25	15.9.2022	10:49	23	20.9.2022	20:43	20
20.9.2022	20:43	25	20.9.2022	20:43	23	21.9.2022	15:21	20
19.9.2022	16:30	25	19.9.2022	16:30	22	16.9.2022	12:28	20
22.9.2022	9:25	24	16.9.2022	21:31	22	21.9.2022	21:14	20
15.9.2022	10:49	24	22.9.2022	9:25	22	17.9.2022	7:29	19
19.9.2022	7:25	24	16.9.2022	12:28	22	17.9.2022	0:35	19
		$L_{pA} = 30$			$L_{pA} = 28$			$L_{pA} = 24$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input 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:
 Mittausjakso:

Kolmiaksaalinen mittaus maaperästä
 14.-22.9.2022

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,39 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,44 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,52 \text{ mm/s}$$

MP 1

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,38 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,14 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,11 \text{ mm/s}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,57 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,2 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

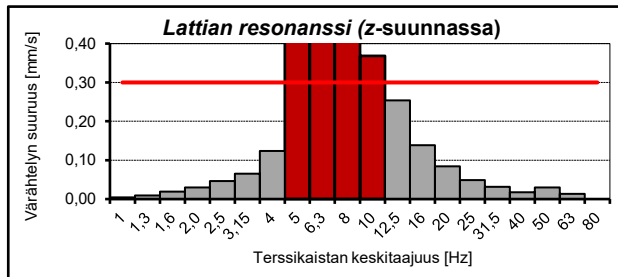
Resonanssitarkastelu

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

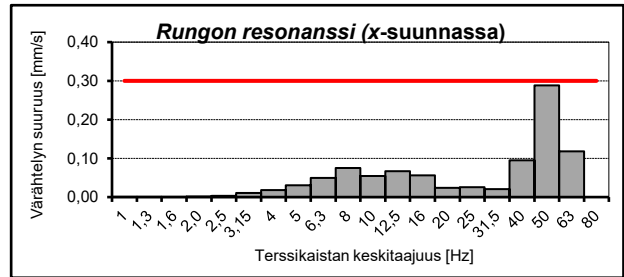
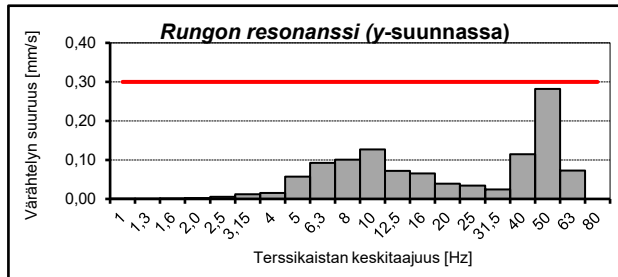
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 1,02 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,29 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

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



Vaakasuurtaisten (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 maaperästä
 14.-22.9.2022

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,36 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,18 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,18 \text{ mm/s}$$



Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,35 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,18 \text{ mm/s}$$

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

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,53 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

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

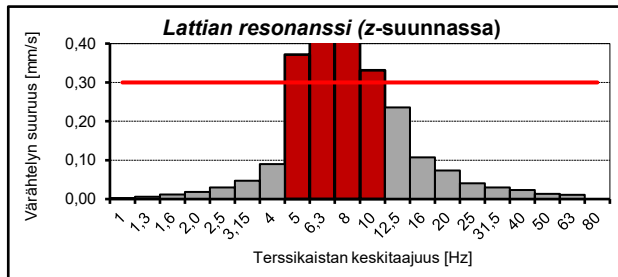
Resonanssitarkastelu

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

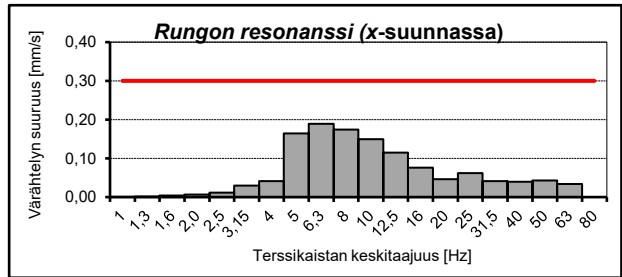
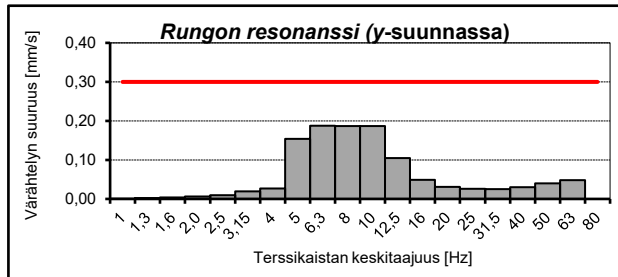
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 1,06 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,19 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

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



Vaakasuurtaisten (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 maaperästä
 14.-22.9.2022

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,31 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,18 \text{ mm/s}$$

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



Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,31 \text{ mm/s}$$

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

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

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,46 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,25 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

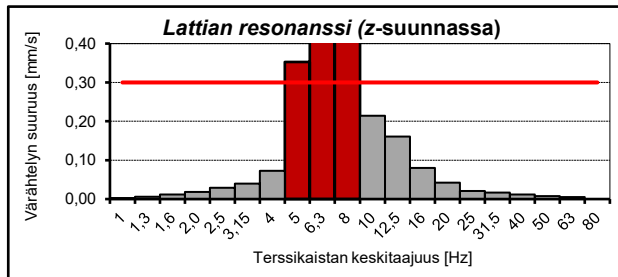
Resonanssitarkastelu

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

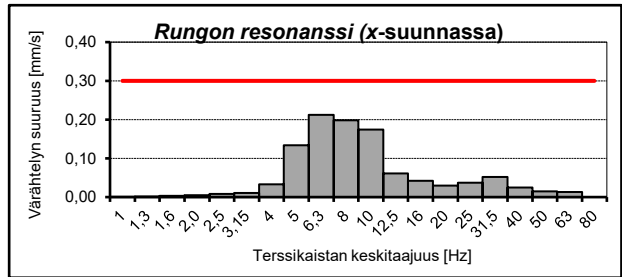
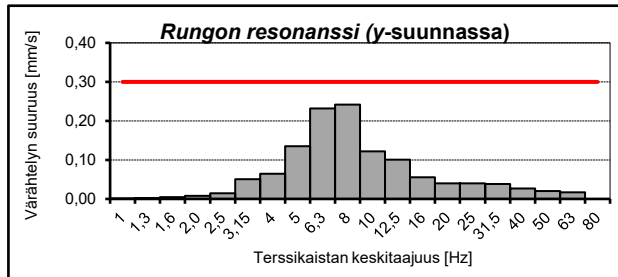
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 0,86 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

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

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



Vaakasuurtaisten (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 maaperästä
 14.-22.9.2022

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,31 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,14 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,13 \text{ mm/s}$$

MP 4

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,31 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,14 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,13 \text{ mm/s}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,47 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,21 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

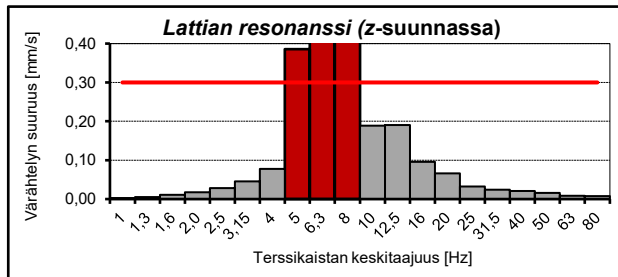
Resonanssitarkastelu

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

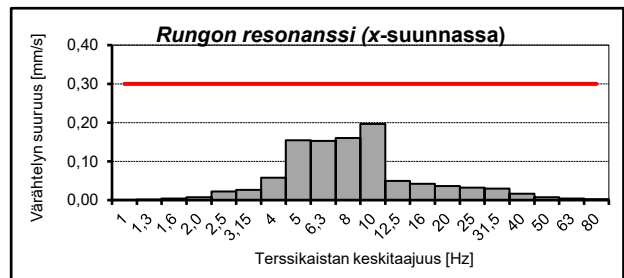
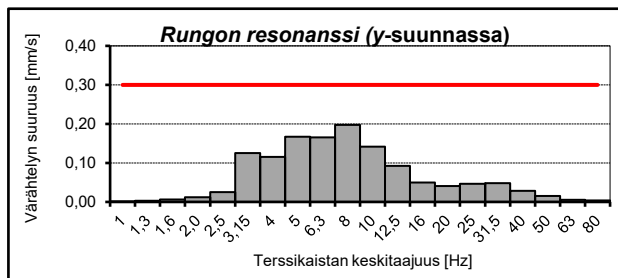
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 0,89 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

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

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



Vaakasuurtaisten (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 herkät 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 värähtelyluokituksista tunnuslukuun $v_{w,95}$ perustuen tiedotteessaan 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista”. Tämä ohjeellinen värähtelyluokitus on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. VTT:n tiedotteessa 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista” annettu suositus normaalien asuinrakennusten värähtelyluokituksista.

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 ilmääneneristävydestä, on VTT:n ohjeen mukaan suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.