

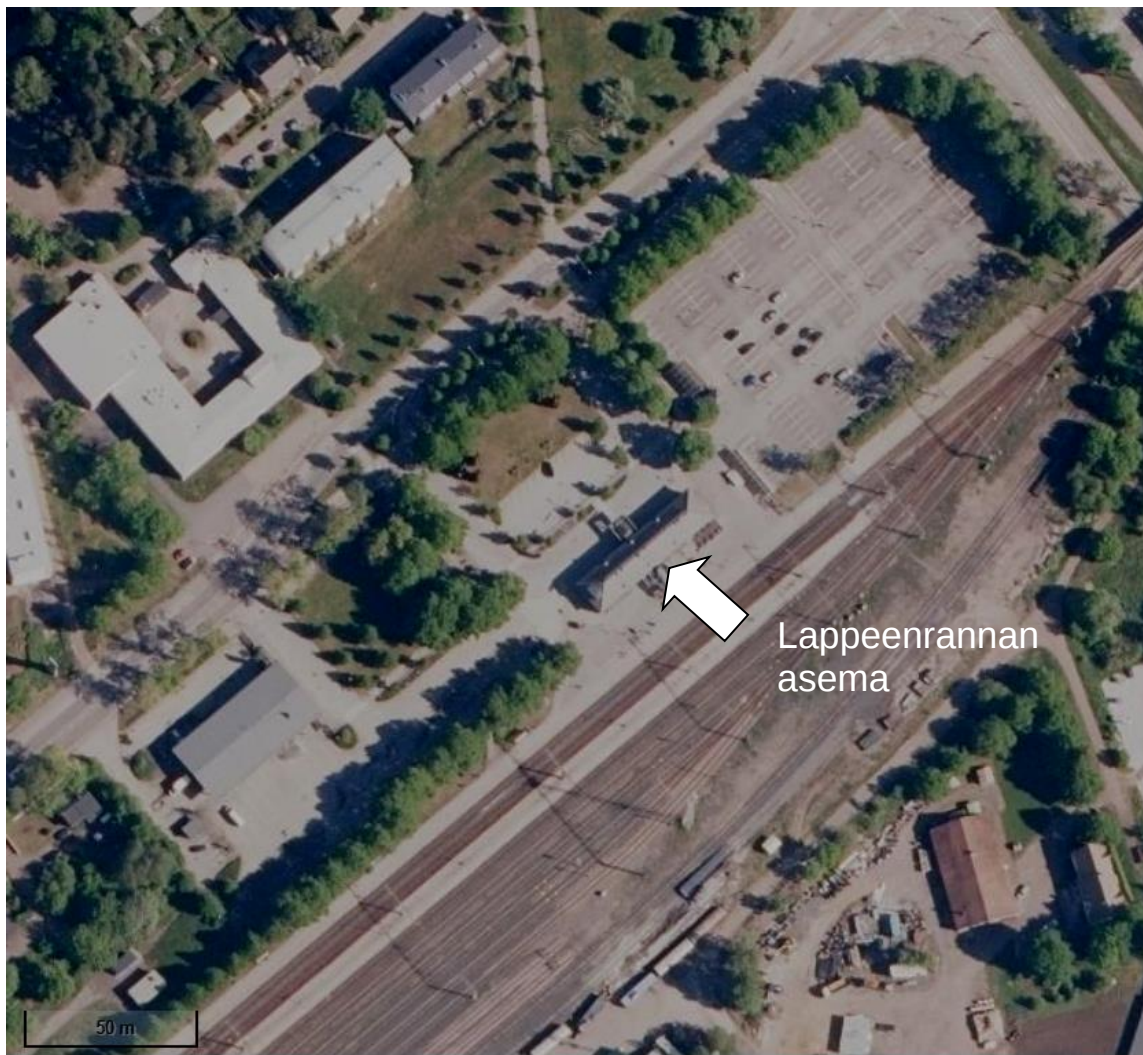
"Senaatin Asema-alueet Oy"

Lappeenrannan aseman (radan pohjoispuolisen) ympäristön tärinäselvitys

Tärinäselvitys

31.8.2022

Geomatti Oy, työ 424



Lappeenrannan asema ympäristöineen (Maanmittauslaitos).

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	3
2. TÄRINÄSELVITYKSEN PERUSTEET	4
3. TÄRINÄMITTAUKSET	4
4. VÄRÄHTELY RAKENNUKSISSA.....	10
6. RUNKOMELU	12
7. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET	14

LIITTEET

1. TÄRINÄN KUVAAMISEN KÄSITTEITÄ
2. JUNATIEDOT

1. JOHDANTO

Tärinäselvityksessä selvitettiin mittauksiin ja laskennallisiin tarkasteluihin perustuen Lappeenrannan aseman ympäristön soveltuvuutta kerrostaloasumis- ja toimitilarakentamiseen. Alueet on määritetty sähköpostissa (Eljas Rainio 18.2.2022). Selvityksessä esitetään suositellut rakennusten etäisyydet pohjoisimmasta raiteesta. Suosituksessa huomioidaan kustannustehokkuus, ratatärinä ja runkomelu.

Tarkastelun lähtökohtana on VTT:n julkaisussa: **Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa (Jouko Törnqvist ja Asko Talja, 2006, VTT, Working Papers 50, 2006)** esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Taulukko 1). Luokitus lähtökohtana on ihmisen kokemaa tärinähäiriötä. Uusien asuinrakennusten suositeltu värähtelyluokka on C.

Tärinän suositusarvot perustuvat tärinän heilahdusnopeuden taajuuspainotetun tehollisarvon mittaamisen perusteella tilastollisesti määritettyyn värähtelyn tunnuslukuun $v_{w,95}$ (taulukko 1 ja liite 1).

Taulukkoa ei sovelleta sellaisenaan rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä (esim. toimistot, kahvilat, ostoskeskukset, liikuntatilat). Näiden rakennusten suositusarvot ovat yleensä luokkaa korkeammat ja suositeltu värähtelyluokka on D.

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (VTT, Working Papers 50, 2006).

Luokka	Värähtelyolosuhteet	$v_{w,95}$,(mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. Tärinää ei yleensä havaita.	< 0,10
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. Tärinä voidaan havaita, mutta se ei ole yleensä häiritsevää.	< 0,15
C	Suositus uusien rakennusten suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista kokee tärinän häiriönä.	< 0,30
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista kokee tärinän häiriönä.	< 0,60

Tärinän aiheuttamien rakenteiden vaurioitumisriskien tarkastelu pohjautuu julkaisuun: **Tutkimusraportti VTT-R-04703-14, Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius 2014.**

Rataosan tavaraliikenteen määrä oli vuonna 2019 aseman kohdalla noin 5 miljoonaa tonnia (Tavaraliikenteen kuljetusvirrat 2019, Väylä). Mittauksen aikana raskain tavarajuna oli 16.8 klo 00.16. liikennöinyt juna T4778, jonka pituus oli 578 metriä ja kokonaispaino 2539 tonnia. Kokonaispainoltaan yli 1000 tonnin junia oli kaikkiaan 13 kappaletta. Suurin ajonopeus mittauksen aikana oli 50 km/h. Pysyvä nopeusrajoitus paikalla on 60 km/h.

Matkustajaliikenteessä Lappeenrannan asemalta länteen matkasi ennen koronaa vuonna 1,2 miljoonaa ja itään vastaavasti 0,8 miljoonaa matkustajaa (Kaukoliikenteen matkat vuonna 2019, Väylä).

Tarkasteltava alue on Ensimmäisen Salpausselän rinteiden lievealueella. Sen maapohja on GTK:n maaperäkartan mukaan mannerjään sulamisvesien kerrostamaa hiekkaa. Tarkempia maapohjatietoja ei ollut käytössä tärinäselvitystä laadittaessa. Vaikka tärinätaustat ovat usein alhaisempia kiinteillä maapohjilla kuin pehmeiköillä, voi tärinä olla korkeataajuisempaa kuin hienorakeisilla alueilla. Tällöin rakennusten välipohjien resonanssi- ja runkomeluriski kasvavat.

2. TÄRINÄSELVITYKSEN PERUSTEET

VTT:n ohjeiden mukaan *maankäytön suunnittelussa* tärinän arviointi jaetaan kolmeen tasoon (**VTT 2006, Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, Working Papers 50**).

Arviointitaso 1 perustuu turvaetäisyyksiin. Arviointitaso 1 mukaan on suositeltava turvaetäisyys raskaasti liikennöityjen ratojen ympäristössä kiinteällä maapohjalla noin 100 metriä. Arviointitasoa 1 käytetään maakuntakaavan tai yleiskaavan tärinäriskitarkasteluissa.

Arviointitaso 2 käyttö perustuu turvaetäisyyksien lisäksi laskennallisiin tarkasteluihin ja paikan päällä tehtäviin tarkentaviin mittauksiin. Arviointitasoa 2 voidaan käyttää, kun yleiskaavassa tai asemakaavassa rakentamista ohjataan yksityiskohdaisesti ja arviointitaso 1 perusteella alue on riskialuetta. Arviointitasoon 2 laskennallisiin menetelmiin sisältyy usein niin suuria epävarmuuksia, että tärinämittauksiin perustuva arviointitaso 3 on usein perusteltua.

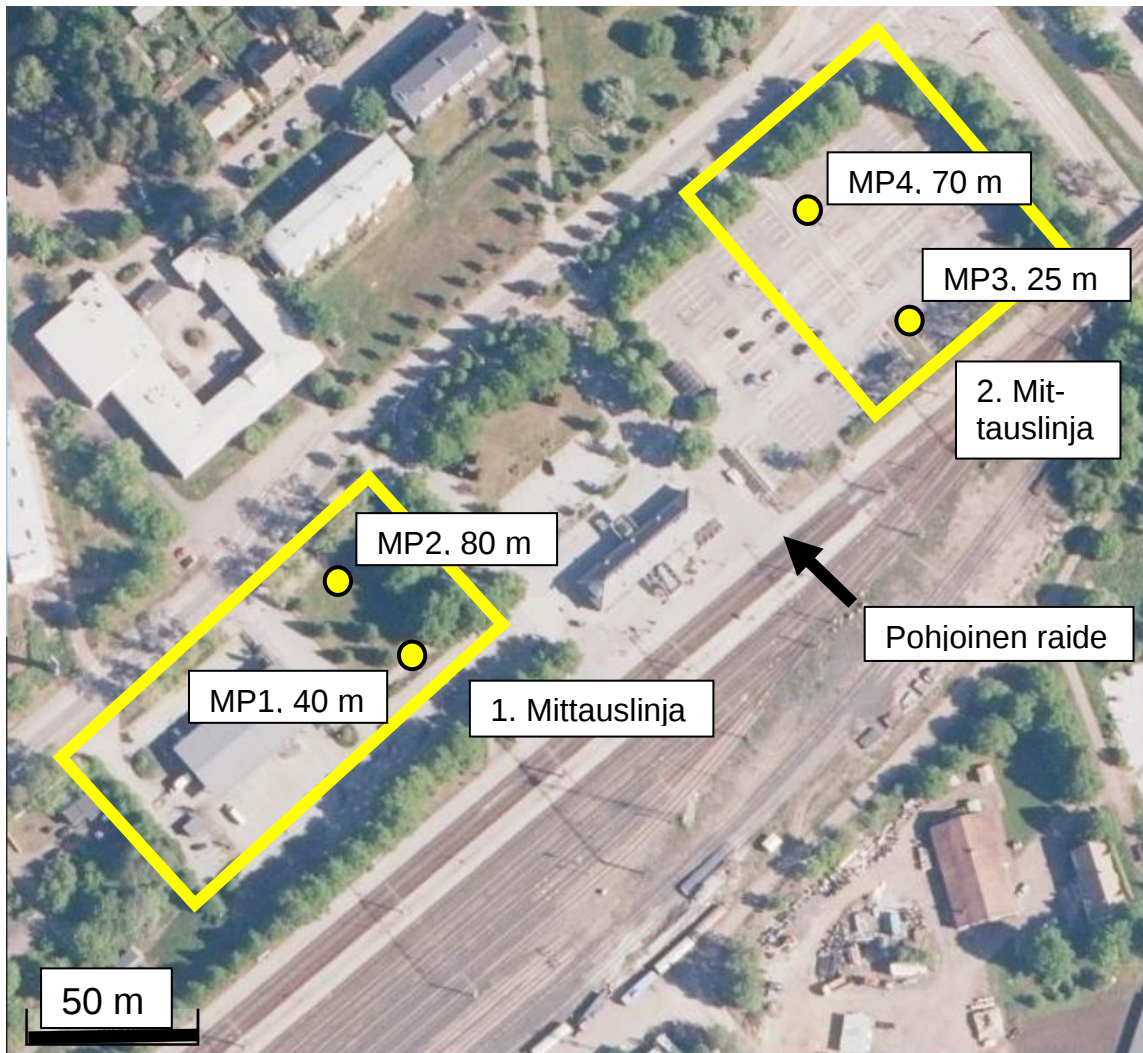
Arviointitasoa 3 käytetään erityisesti silloin, kun tärinän arvioidaan vahvistuvan merkittävästi rakennuksissa. Arviointitaso 3 perustuu tarkempiin rakennuspaikka-kohtaisiin tärinämittauksiin ja rakennusten värähtelytarkasteluihin.

Tämän tarkastelun lähtökohtana on suosituksen lähinnä arviointitaso 3.

3. TÄRINÄMITTAUKSET

Tärinäselvityksen maastomittaukset tehtiin **VTT:n tiedotteessa 2278, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta (Asko Talja, 2004)** mukaan luokien ottamatta mittausaikaa, joka oli noin kaksi vuorokautta. Mittaukset tehtiin 15.8.2022 klo 14.00 -17.8. 2022 klo 19.40 välisenä aikana.

Tärinämittausten kenttätyöt teki Tärinämittaus Valtonen Oy. Tärinää mitattiin neljässä mittauspisteessä. Mittauspisteet asennettiin kiinteästi maahan kahteen mitauslinjaan. Alue ja mittauspisteiden sijainti on esitetty kuvassa 1. Mittarien suojaustapa on esitetty kuvassa 2, mittauspisteen MP4 kiinnitys.



Kuva 1. Mittauspisteet ja keltaisilla viivoilla rajatut tarkasteltavat alueet.



Kuva 2. Mittauspiste MP4. Anturi suojaus renkaalla ja kannella.

Mittauslinjan 1 mittauspisteen MP1 etäisyys pohjoisesta raiteesta oli 40 metriä ja mittauspisteen MP2 etäisyys vastaavasti 80 metriä. Mittauslinjan 2 mittauspisteen MP3 vastaava etäisyys oli 25 metriä ja mittauspisteen MP4 etäisyys 70 metriä.

Tärinästä mitattiin heilahdusnopeudet (mm/s) ja taajuudet (Hz) Instantel MiniMate Plus mittareilla kolmessa toisiaan kohtisuorassa suunnassa kolmikomponenttigeofonilla, pysty- (vert), pitkittäis- (long) ja poikittaissuunnissa (tran). Pitkittäissuunta (long) on radan suuntainen ja poikittaissuunta (tran) kohtisuoraan rataa vasten. Mittaukset oli suunniteltu käynnistyväksi värinän ylitettyä kynnysarvon, joka oli hei-

lahdusnopeuden huippuarvona ilmaistuna 0,3 mm/s. Junan aiheuttamat värinät tunnistettiin muista värinälähteistä värinäsignaalin ja tapahtuma-aikojen perusteella.

1. Mittauslinja, tulokset

Taulukossa 2 on esitetty mitattujen tapahtumien värähtelyn tehollisarvot, tunnusluvut $v_{w,95}$ ja värähtelyluokat 1. mittauslinjan mittauspisteessä MP1 (vrt. taulukko 1).

Taulukko 2. Mitatut värinätapahtumien tehollisarvot ja värähtelyn tunnusluvut 1. mittauslinjan mittauspisteessä MP1.

MP1	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,21	0,11	0,1	15.8. klo 15.51
2	0,33	0,18	0,13	15.8. klo 17.27
3	0,16	0,07	0,05	15.8.klo 17.54
4	0,18	0,09	0,08	15.8.klo 19.15
5	0,32	0,15	0,11	15.8.klo 20.29
6	0,30	0,16	0,13	15.8.klo 20.42
7	0,18	0,08	0,06	15.8.klo 21.43
8	0,22	0,1	0,06	15.8.klo 23.02
9	0,29	0,13	0,1	15.8.klo 23.17
10	0,29	0,13	0,08	15.8.klo 23.39
11	0,25	0,12	0,11	16.8. klo 8.55
12	0,23	0,15	0,15	16.8. klo 18.17
13	0,30	0,18	0,18	16.8. klo 21.03
14	0,27	0,16	0,1	17.8. klo 00.09
15	0,21	0,15	0,18	17.8. klo 02.32
Keskiarvo	0,25	0,13	0,11	mm/s
Hajonta	0,05	0,035	0,040	
Tunnusluku	0,35	0,19	0,18	mm/s
Luokka	D	C	C	

Maassa 1.mittauslinjan rataa lähimmässä mittauspisteessä MP1 värähtelyluokka oli rataa vastaan poikittaisessa suunnassa (tran) D ja muissa suunnissa C.

Suurimman värinän aiheutti 16.8. klo 21.03 liikennöinyt tavarajuna T55760, jonka kokonaispaino oli 617 tonnia. Erot eri junien välillä olivat yleensä vähäisiä.

Taulukossa 3 on esitetty mitattujen tapahtumien värähtelyn tehollisarvot, tunnusluvut $v_{w,95}$ ja värähtelyluokat 1 mittauslinjan mittauspisteessä MP2 (vrt. taulukko 1).

Taulukko 3. Mitatut tärinätapahtumien tehollisarvot ja värähtelyn tunnusluvut 1. mittauslinjan mittauspisteessä MP2.

MP2	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,11	0,08	0,08	15.8. klo 15.50
2	0,09	0,08	0,07	15.8. klo 17.27
3	0,1	0,09	0,1	15.8. klo 20.42
4	0,14	0,1	0,12	15.8. klo 23.16
5	0,08	0,08	0,08	16.8. klo 08.55
6	0,12	0,1	0,12	16.8. klo 09.05
7	0,15	0,08	0,15	16.8. klo 18.17
8	0,12	0,09	0,12	16.8. klo 21.03
9	0,12	0,1	0,11	17.8. klo 02.32
10	0,09	0,07	0,1	17.8. klo 04.35
11	0,08	0,07	0,08	17.8. klo 07.21
12	0,1	0,07	0,08	17.8. klo 07.29
13	0,1	0,08	0,1	17.8. klo 08.50
14	0,08	0,06	0,08	17.8. klo 18.10
15	0,13	0,09	0,14	17.8. klo 19.27
Keskiarvo	0,11	0,08	0,10	mm/s
Hajonta	0,02	0,012	0,024	
Tunnusluku	0,15	0,10	0,15	mm/s
Luokka	B	B	B	

Maassa 1. mittauslinjan kauimmaisessa mittauspisteessä MP2 radasta värähtelyluokka oli kaikissa suunnissa B.

Suurimman tärinän aiheutti 15.8. klo 23.16 liikennöinyt tavarajuna T55582, jonka kokonaispaino oli 617 tonnia. Erot eri junien välillä olivat yleensä vähäisiä.

2. Mittauslinja, tulokset

Taulukossa 4 on esitetty mitattujen tapahtumien värähtelyn tehollisarvot, tunnusluvut $v_{w,95}$ ja värähtelyluokat 2. mittauslinjan mittauspisteessä MP3 (vrt. taulukko 1).

Taulukko 4. Mitatut värähtelytapahtumien tehollisarvot ja värähtelyn tunnusluvut mittauspisteessä MP3.

MP3	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,21	0,2	0,19	15.8. klo 15.51
2	0,26	0,18	0,19	15.8. klo 17.27
3	0,15	0,28	0,13	15.8.klo 17.54
4	0,09	0,19	0,11	15.8.klo 19.15
5	0,14	0,21	0,12	15.8.klo 20.29
6	0,31	0,26	0,17	15.8.klo 20.42
7	0,15	0,28	0,16	15.8.klo 21.43
8	0,26	0,28	0,22	15.8.klo 23.02
9	0,18	0,27	0,16	15.8.klo 23.17
10	0,14	0,23	0,12	15.8.klo 23.39
11	0,13	0,22	0,12	16.8. klo 8.55
12	0,19	0,26	0,2	16.8. klo 18.17
13	0,17	0,23	0,21	16.8. klo 21.03
14	0,15	0,28	0,14	17.8. klo 00.09
15	0,26	0,27	0,23	17.8. klo 02.32
Keskiarvo	0,19	0,24	0,16	mm/s
Hajonta	0,06	0,036	0,040	
Tunnusluku	0,30	0,31	0,24	mm/s
Luokka	C	D	C	

Maassa 2. mittauslinjan rataa lähimmässä mittauspisteessä MP3 värähtelyluokka oli poikittais- ja pitkittäissuunnissa C ja pystysuunnassa D.

Suurimman värähtelyn aiheutti 15.8. klo 23.02 liikennöinyt tavarajuna T2652, jonka kokonaispaino oli 2404 tonnia. Erot eri junien välillä olivat yleensä vähäisiä.

Taulukossa 5 on esitetty mitattujen tapahtumien värähtelyn tehollisarvot, tunnusluvut $v_{w,95}$ ja värähtelyluokat 2. mittauslinjan mittauspisteessä MP4 (vrt. taulukko 1).

Taulukko 5. Mitatut värähtelytapahtumien tehollisarvot ja värähtelyn tunnusluvut mittauspisteessä MP4.

MP4	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,04	0,08	0,04	15.8. klo 15.50
2	0,05	0,1	0,03	15.8. klo 17.27
3	0,04	0,09	0,04	15.8. klo 20.42
4	0,04	0,11	0,03	16.8. klo 01.55
5	0,04	0,08	0,03	16.8. klo 05.55
6	0,05	0,14	0,04	16.8. klo 19.01
7	0,03	0,08	0,03	17.8. klo 00.30
8	0,06	0,15	0,03	17.8. klo 04.34
9	0,04	0,11	0,03	17.8. klo 04.54
10	0,05	0,11	0,04	17.8. klo 07.29
11	0,04	0,08	0,04	17.8. klo 08.50
12	0,03	0,12	0,03	17.8. klo 17.03
13	0,05	0,13	0,04	17.8. klo 17.51
14	0,04	0,09	0,03	17.8. klo 19.18
15	0,03	0,08	0	17.8. klo 19.27
Keskiarvo	0,04	0,10	0,03	mm/s
Hajonta	0,01	0,024	0,010	
Tunnusluku	0,06	0,15	0,05	mm/s
Luokka	A	B	A	

Maassa 2. mittauslinjan radasta kauimmaisessa mittauspisteessä MP4 värähtelyluokka oli poikittais- ja pitkittäissuunnissa A ja pystysuunnassa B.

Suurimman värähtelyn aiheutti 17.8. klo 04.34 liikennöinyt tavarajuna T2652, jonka kokonaispaino oli 719 tonnia. Erot eri junien välillä olivat yleensä vähäisiä.

Värähtelyn hallitseva taajuus oli mittauksissa kaikissa pisteissä ja suunnissa laajakaistaista lähinnä alueella 8 – 80 Hz. Voimakkainta värähtelyä oli yleensä taajuuksialueella 30 – 50 Hz. Lähimmissä mittauspisteissä korkeimmat taajuudet korostuivat.

Korkea taajuus kasvattaa runkomeluriskiä ja alentaa rakenteiden värähtelyriskiä.

Alueen taajuudeltaan laajakaistaisessa värähtelyssä ei yksittäistä hallitsevaa taajuutta voi osoittaa. Tämä vähentää värähtelyn siirtymistä maasta rakenteisiin.

4. VÄRÄHTELY RAKENNUKSISSA

Tärinä voi siirtyä maasta rakennuksiin vaaka- tai pystysuunnassa. Tärinän siirtyminen maasta rakennukseen ja välipohjiin on laskennallisesti arvioitu mittausten perusteella käyttäen **VTT:n tiedotteen: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi (Asko Talja ym. 2008)** suosituksia. Laskennallisissa arvioissa on otettava huomioon, että tarkasteluihin liittyy yleensä noin 20 – 30 % epävarmuus.

Vaakasuuntainen rakennuksen rungon värähtely

Vaakasuuntainen värähtely voi aiheuttaa koko rakennuksen rungon resonanssivärähtelyn.

Rakennuksen alinta vaakasuuntaisen värähtelyn ominaistajuuutta f_n voidaan arvioida yhtälöllä.

$$f_n = 10/n \quad (\text{Hz})$$

n kerrosluku

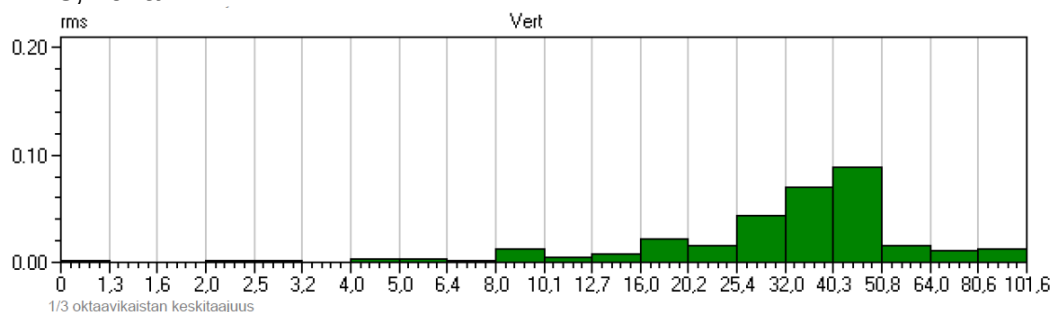
Tämän mukaan yksikerroksisen rakennuksen alin vaakasuuntainen ominaistajuuus f_n olisi 10 Hz ja kaksikerroksisen vastaavasti 5 Hz jne. Koska värähtelyn hallitseva taajuus oli mittauksissa kaikissa pisteissä ja suunnissa laajakaistaista lähinnä alueella 8 – 80 Hz, kuten aiemmin on kerrottu, ei rakennuksen rungon vaakasuuntaista resonanssivaaraa ole.

Välipohjien ja maanvaraisen lattian pystysuuntainen värähtely

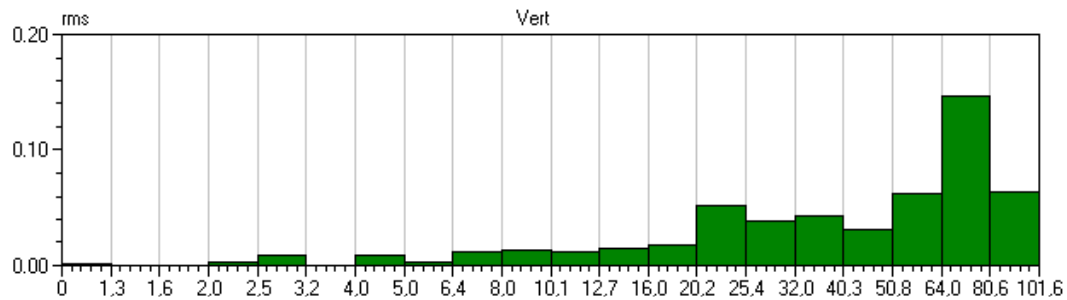
Pystysuunnassa tärinä voi aiheuttaa häiritsevää värähtelyä, kun pystysuuntaiset kantavat rakenteet (seinät) välittävät maapohjan värähtelyn välipohjille.

Tärinäselvityksen välipohjien värähtelyarvioinnissa tarkasteltiin mahdollisia resonanssitajuuksia. Kantaville seinille värähtely siirtyy maasta. Tässä on otettu huomioon, että varsinkin korkeataajuinen värähtely vähenee sen siirtyessä maasta perustuksien kautta kantaville seinille (VTT tiedote 2008). Välipohjien resonanssivärähtelyssä oletetaan kantavien seinien pystyvärähtelyn kuusinkertaistuvan välipohjissa

Selvityksessä tehtiin arviointi kahden suurimman pystytärinän aiheuttaneen junan perusteella. Tarkastelut tehtiin rataa lähimmässä mittauspisteessä MP1, kuva 3 ja MP3, kuva 4.



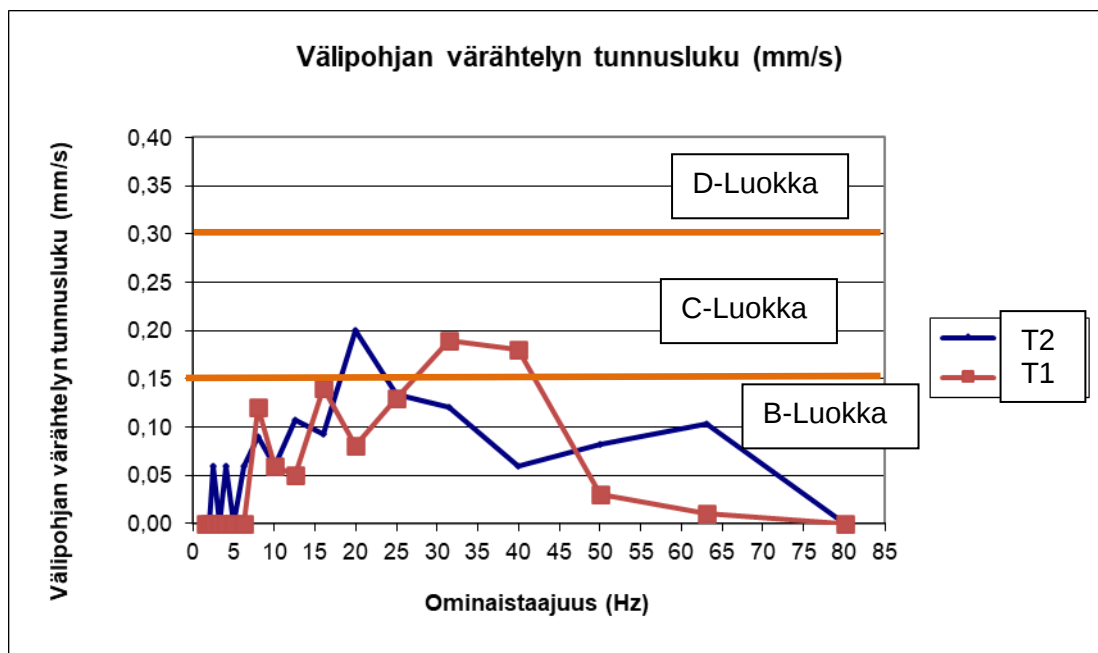
Kuva 3. Mittauspiste MP1 pystyvärähtelyn tehollisarvojen taajuuskomponentit, 16.8.2022, klo 21.03. Tarkastelu 1 (T1).



Kuva 4. Mittauspiste MP3 pystyvärähtelyn tehollisarvojen taajuuskomponentit, 15.8.2022, klo 23.02. Tarkastelu 2 (T2).

Kuvassa 5 on esitetty mitatun pystysuuntaisen värähtelyn (vert.) tulosten perusteella laskennallisesti arvioitu rakennuksen välipohjien värähtely niiden ominaistaajuuden suhteen. Vaaka-akselin taajuus vastaa rakennuksen välipohjan ominaistaajuutta, joiden suuruus on yleensä välillä 20 - 80 Hz

Kuvan 5 arvioidut välipohjien värähtelyt toteutuvat silloin, kun välipohjien ominaistaajuus on tarkasteltavan taajuuden kohdalla. Esimerkiksi huippuvärähtely 0,20 mm/s tarkastelussa T2 edellyttää, että välipohjan ominaistaajuus olisi 20 Hz. Mikäli se olisi esimerkiksi 30 Hz, värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ olisi selvästi alhaisempi noin 0,12 mm/s.



Kuva 5. Lähimpien mittauspisteiden MP1 ja MP3 mittaustulosten perusteella tehtyjen rakennuksen välipohjien laskennallisten värähtelytarkasteluiden tulokset tarkasteluissa T1 ja T2 (kuvat 3 ja 4). Kuvassa on myös värähtelyluokkien C ja D raja 0,30 mm/s ja värähtelyluokkien C ja B raja 0,15 mm/s.

Laskennallisten tarkasteluiden perusteella voidaan arvioida, että välipohjien värähtely ei laskennallisten tarkasteluiden perusteella ylitä suositusarvoa, C-luokkaa (vrt. taulukko 1), kun rakennuksen etäisyys lähimmästä raiteesta on yli 25 metriä.

Maanvastaisten lattioiden värähtely

Värähtelyn pystysuorat tunnusluvut maassa olivat: MP1 0,19 mm/s, MP2 0,10 mm/s, MP3 0,31 mm/s, MP4 0,15 mm/s.

Aiempien kokemusten perusteella voidaan arvioida, että maan värähtely siirtyy lähes sellaisenaan pystysuunnassa maasta maanvastaisiin alapohjiin. Mittaustulosten perusteella voidaan ennakoida, että suositusarvo 0,30 mm/s (C-luokka) ylittyy niukasti vain mittauspisteessä MP3 (0,31 mm/s).

Rakenteiden vaurioitumisherkyys

Rakenteiden värähtelyn vaurioitumisalttiutta arvioidaan värähtelyn huippuarvojen perusteella.

VTT:n ohjeen mukaan tarkastettava kaava-alue rajataan ja luokitellaan normaalikuntoisten rakennusten värähtämisarvojen perusteella kolmeen vyöhykkeeseen: V-, H- ja E-alueeseen. (Tutkimusraportti VTT-R-04703-14, Liikennetärinä: Alueiden värähtäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius 2014). Tarkastettava alue on maapohjaltaan E-aluetta (tiivis hiekka, sora, moreeni). Tällöin rakenteiden vaurioitumisherkyys värähtelyn heilahdusnopeuden huippuarvon ohjearvo on 2 mm/s.

Mittauspisteessä MP1 mitattiin suurimmat värähtelyn huippuarvot. Yksittäiset huippuarvot olivat tran 1,05 mm/s, vert 0,57 mm/s ja long 0,49 mm/s.

Mitatun suuruinen junaliikennetärinä, heilahdusnopeuden korkein huippuarvo 1,05 mm/s, ei vaurioita hyväkuntoisia rakennuksia tai rakenteita tarkasteltavalla alueella. Se on selvästi alhaisempi kuin vastaava ohjearvo 2 mm/s. Vaurioitumisriskiä ei ole, vaikka rakennus ulottuisikin mittauspistettä MP1 (40 m) lähemmäksi rataa. Vaurioitumisriskiä pienentää ratatärinän korkea taajuus.

6. RUNKOMELU

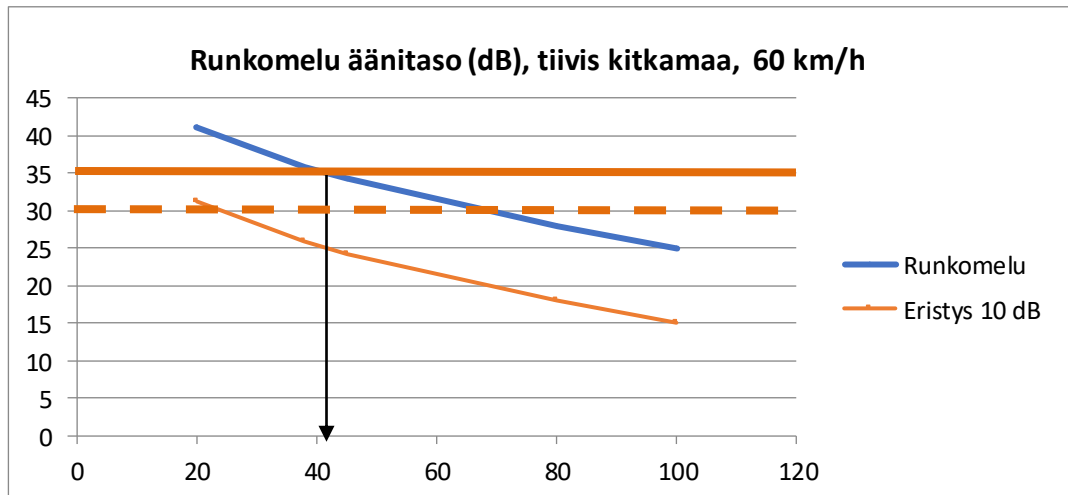
Maassa liikkuva värähtely voi siirtyttyään rakenteisiin heijastua kuultavaksi runkomeluksi taajuualueella 16 – 250 Hz. Asuinrakennuksissa avoratojen ympäristössä runkomelun tunnusluvun L_{pASmax} arvon suositellaan olevan pienempi kuin 35 dB. Tällöinkin melu on vielä aistittavissa ja sillä voi olla vähäinen häiriövaikutus (**VTT Tiedotteita 2468, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, 2009**). Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmastointieristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutasoa tiukempaa arvoa 30 dB. Toimistojen ja liiketilojen vastaavat arvot ovat 45/40 dB.

Runkomelun arviointi voidaan tehdä kolmella menetelmällä. Ensimmäinen perustuu turvaetäisyyksien käyttöön, toinen taso perustuu laskennalliseen tarkasteluun ja kolmas mittauksiin.

VTT Tiedotteita 2468, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, 2009, julkaisun perusteella turvaetäisyys melutasolle 35 dB tarkastelupaikan maaperä-

olosuhteissa olisi raskaalle tavaraliikenteelle (nopeus 100 km/h) noin 160 metriä. Tarkastelupaikan nopeusrajoitus on 60 km/h ja se pienentää turvaetäisyyttä joilla-kin kymmenillä metrillä. Tästä huolimatta turvaetäisyys on niin suuri, että tässä selvityksessä runkomelua arvioitiin tarkemmin laskennallisten tarkasteluiden perusteella.

Kuvassa 6 on esitetty laskennallisen tarkastelun tulokset.



Kuva 6. Laskennallisesti radan läheisyydessä arvioitu runkomelutaso rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa, sininen käyräviiva. Ylemmissä kerroksissa runkomelu vaimenee noin 2 dB kerrosta kohden. Pystyakselilla on äänitaso (dB) ja vaak akselilla etäisyys tavaraliikenteen käyttämästä raiteesta (m). Ruskea vaakaviiva esittää asuinrakennusten yleistä suositusarvoa 35 dB ja ruskea katkoviiva suositusarvoa 30 dB. Alempi ruskea käyrä kuvaa likimain runkomelueristyksen (10 dB) vaikutusta runkomelutasoon.

Laskennallisten tarkastelujen perusteella on runkomelu noin 40 metrin etäisyydellä radasta asuinrakennuksissa suositusarvojen alapuolella. Etäisyyden kasvaessa runkomelu vaimenee. Mikäli kaavamääräykset edellyttävät tiukempaa 30 dB arvoa vastaava etäisyys on noin 70 metriä.

Vastaavat arvot toimisto- ja liikerakennuksissa ovat 10 ja 25 metriä (40/45 dB).

Runkomelua voidaan vähentää radan alle tehtävillä eristyksillä. Tavanomaisilla eristyksillä voidaan runkomelua vähentää noin 10 – 15 dB. Eristys ulotetaan eristettävistä rakennuksista riittävän kauaksi radan suunnassa. Runkomelueritys suunnitellaan mm. tarkempien rakennus- ja täydentävien maapohjatietojen perusteella.

Radan runkomelueristyksellä (10 dB) asuinrakennusten suositusarvoa 35 dB vastaava etäisyys tavaraliikenteen raiteesta on noin 10 - 15 metriä ja 30 dB vaatimuksen perusteella noin 25 metriä.

7. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

Tärinäselvityksessä selvitettiin mittauksiin ja laskennallisiin tarkasteluihin perustuen alueen soveltuvuutta kerrostaloasumis- ja toimitilarakentamiseen. Alueet määritettiin sähköpostissa (Eljas Rainio 18.2.2022). Selvityksessä esitetään suositellut rakennusten etäisyydet pohjoisimmasta raiteesta. Suosituksessa huomioidaan kustannustehokkuus, ratatärinä ja runkomelu.

Värähtelyn hallitseva taajuus oli mittauksissa laajakaistaista alueella 8 – 80 Hz, voimakainta taajuusalueella 30 – 50 Hz. Korkea taajuus kasvattaa runkomeluriskiä ja alentaa rakenteiden värähtelyriskiä.

Tarkasteltavalla alueella asuinrakennusten etäisyys lähimmästä raiteesta määräytyy runkomeluriskin perusteella. Runkomelua tarkasteltiin julkaisun **VTT Tiedotteita 2468, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, 2009, perusteella.**

Laskennallisten tarkastelujen perusteella alittaa runkomelu yli 40 metrin etäisyydellä radasta asuinrakennuksissa suositusarvon (35 dB). Tiukempaa 30 dB:n arvoa suositellaan, kun kaavamääräyksissä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, tällöin vastaava etäisyys on noin 70 metriä. Vastaavat arvot toimisto- ja liikerakennuksissa ovat 10 ja 25 metriä (40/45 dB).

Runkomelua voidaan vähentää radan alle tehtävillä eristyksillä tai rakennuksissa rakenteellisin ratkaisuin. Tavanomaisilla eristyksillä voidaan runkomelua vähentää noin 10 – 15 dB. Radan alle tehtävä runkomelueristys vähentää myös muuta rakennusten värähtelyä. Runkomelueristys suunnitellaan mm. tarkempien rakennus- ja täydentävien maapohjatietojen perusteella. Radan tavanomaisella runkomelueristyksellä (10 dB) asuinrakennusten suositusarvoa 35 dB vastaava etäisyys tavaraliikenteen raiteesta on noin 10 -15 metriä ja 30 dB suositusarvolla on vastaavasti noin 25 metriä.

Tärinätarkasteluiden lähtökohtana oli VTT:n julkaisussa: **Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa (Jouko Törnqvist ja Asko Talja, 2006, VTT, Working Papers 50, 2006)** esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksista (Taulukko 1). Uusien asuinrakennusten suositeltu värähtelyluokka on korkeintaan C. Tärinäselvityksessä tarkasteltiin sekä rungon kokonaisvärähtelyä vaaka-suunnissa että välipohjien värähtelyä.

Laskennallisten tarkasteluiden perusteella välipohjien värähtelyt eivät ylitä suositusarvoja, kun rakennusten etäisyys lähimmästä raiteesta on vähintään 25 metriä. Rakennuksen rungon vaakasuuntaista resonanssivaara ei tarkasteltavalla alueella ole.

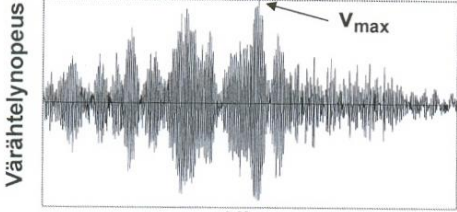
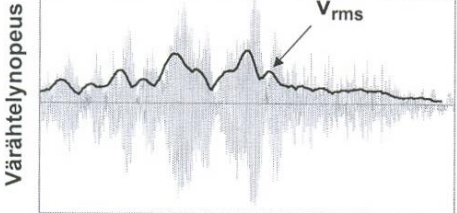
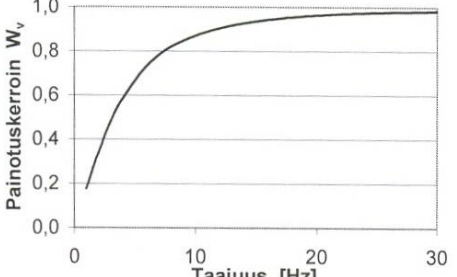
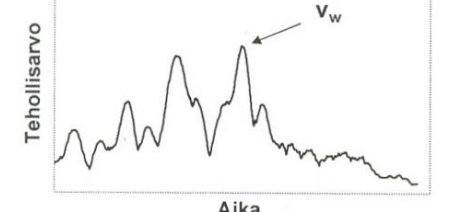
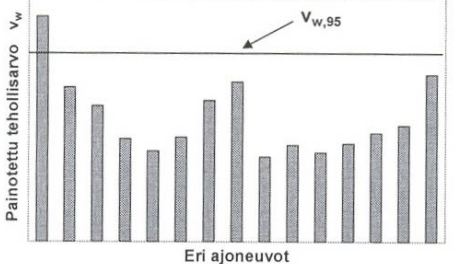
Mittaustulosten perusteella ei maanvastaisten lattioiden värähtelyn suositusarvo 0,30 mm/s (C-luokka) ylity laskennallisesti vain suppealla alueella (MP3). Junaliikennetärinä, mitattu heilahdusnopeuden huippuarvo 1,05 mm/s (ohjearvo 2 mm/s), ei vauriota hyväkuntoisia rakennuksia tai rakenteita tarkasteltavalla alueella.

Tärinämittaukset tehtiin **VTT:n tiedotteessa 2278, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista (Asko Talja, 2004)** mukaan lukuun ottamatta mittausaikaa, joka oli kaksi vuorokautta. VTT:n käytännön mukaan mittausajan pitäisi olla viikko. Mitatuista tärinätaapahtumista valittiin 15 suurimman tärinän aiheuttamaa arvoa. Tärinän siirtyminen maasta rakennuksiin arvioitiin käyttäen **VTT:n tiedotteen: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi (Asko Talja ym. 2008)** suosituksia.

Matti Hakulinen

Matti Hakulinen, TkL

LIITE 1, TÄRINÄN KUVAAMISEN KÄSITTEITÄ

	Värähtelyn huippuarvo $v_{\max}$ [mm/s] Mitatun värähtelysignaalin itseisarvoltaan suurin arvo. Vakioamplitudisella värähtelyllä huippuarvo on sama kuin värähtelyn amplitudi.
	Värähtelyn tehollisarvo v_{rms} [mm/s] Mitatun värähtelysignaalin $v(t)$ tehollisarvo ajanhetkellä t_0 on $v_{\text{rms}}(t_0) = \left\{ \frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [v(t)]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}},$ jossa aikaikkunan pituus τ on 1 sekunti.
	Värähtelyn taajuuspainotus $W_v(f)$ [-] Mitatun signaalin eri värähtelykomponentit tehdään ihmisen herkkyyden suhteen samanarvoiseksi painottamalla värähtelykomponentteja taajuudesta riippuvalla painotuskertoimella.
	Painotettu värähtelyn tehollisarvo v_w [mm/s] Taajuuspainotetusta värähtelysignaalista $v_w(t)$ määritetty suurin tehollisarvo.
	Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s] Painotetun värähtelyn v_w tilastollinen maksimi. Arvo perustuu yhden viikon ajalta 15 merkittävimmistä ajoneuvosta mitattuun värähtelyyn.

Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95} = v_{w,ka} + 1,8 \sigma$

$v_{w,ka}$
 σ

on 15 suurimman värähtelyn keskiarvo
on 15 suurimman värähtelyn keskihajonta

LIITE 2, JUNATIEDOT

Pvm	klo	Juna	Pituus	Paino
15.8	15.52.00	T2366	516	592
15.8	17.29.00	T2726	289	1270
15.8	17.55.00	T2987	195	353
15.8	19.17.00	T2642	105	510
15.8	20.29.00	T2725	530	813
15.8	20.44.00	T2042	511	618
15.8	21.44.00	T58760	512	620
15.8	23.04.00	T2652	559	2404
15.8	23.19.00	T55582	511	617
15.8	23.29.00	T58156	506	1781
15.8	23.41.00	T2868	516	618
16.8	0.16.00	T4778	578	2539
16.8	1.56.00	T2358	516	616
16.8	3.10.00	T54772	588	1687
16.8	8.57.00	T2362	495	595
16.8	9.07.00	T50340	286	1308
16.8	18.19.00	T55850	350	1232
16.8	19.02.00	T2123	582	819
16.8	21.05.00	T55760	516	617
16.8	23.12.00	T2652	541	2327
17.8	0.10.00	T52723	617	794
17.8	0.33.00	T2654	422	1881
17.8	2.34.00	T2344	516	618
17.8	4.37.00	T2122	186	719
17.8	4.54.00	VET11357	13	90
17.8	7.23.00	T52681	433	666
17.8	7.29.00	T52681	433	666
17.8	8.01.00	T2801	535	1763
17.8	8.52.00	T2362	516	617
17.8	17.05.00	T52256	516	1817
17.8	17.51.00	T2987	218	376
17.8	19.18.00	T2346	684	2011
17.8	18.12.00	T52958	433	1863
17.8	19.29.00	T2642	146	660

Lappeenrannan kaupunki
Kaupunkikehitys
Elinvoima ja kaupunkisuunnittelu

Lappeenrannan asemanseudun asemakaavan ja tonttijaon muutos

Tärinälausunto
20.5.2024



Ote Asemakaavaluonnoksesta.

SISÄLLYS

1. Johdanto.....	3
2. Tärinä.....	3
3. Runkomelu	4
4. SUOSITUKSET	5

1. Johdanto

Tärinälausunnossa arvioidaan Lappeenrannan asemanseudun asemakaavamuutoksessa (18.4.2024) esitettyjen rakennusten tärinä- ja runkomeluvaikutuksia. Lisäksi esitetään suosituksia erityisesti runkomelun hallitsemiseksi. Lausunto korvaa aikaisemman lausunnon (Geomatti Oy 23.12.2022).

Lausunto perustuu kaavaluonnoksen lisäksi erityisesti tärinämittausten osalta tehtyyn Tärinäselvitykseen: ”Senaatin Asema-alueet Oy”, Lappeenrannan aseman (radan pohjoispuolisen) ympäristön tärinäselvitys, 31.8.2022, Geomatti Oy. Tärinäselvityksessä selvitettiin mittauksiin ja laskennallisiin tarkasteluihin perustuen alueen soveltuvuutta kerrostaloasumis- ja toimitilarakentamiseen. Selvityksessä esitetään suositellut rakennusten etäisyydet pohjoisimmasta raiteesta. Suosituksessa huomioitiin kustannustehokkuus, ratatärinä ja runkomelu.

Tässä täydennetyssä lausunnossa tarkasteluiden perustana on junanopeus 80 km/h. Aikaisemmassa tärinäselvityksessä nopeus oli 60 km/h (Geomatti Oy 31.8.2022). Kasvaneen nopeuden vaikutus tärinäarvoihin arvioitiin julkaisun VTT 2006 **Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa (Jouko Törnqvist ja Asko Talja, 2006, VTT, Working Papers 50, 2006)** liitteen C mukaisesti, ks. kohta 1.

Suurempi nopeus kasvattaa jonkin verran tärinä- ja runkomeluarvoja.

2. Tärinä

Tärinätarkasteluiden lähtökohtana oli VTT:n julkaisussa: **Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa (Jouko Törnqvist ja Asko Talja, 2006, VTT, Working Papers 50, 2006)** esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Taulukko 1). Uusien asuinrakennusten suositeltu värähtelyluokka on korkeintaan C. Tärinäselvityksessä tarkasteltiin sekä rungon kokonaisvärähtelyä vaakasuunnissa että välipohjien värähtelyä.

Tärinämittaukset tehtiin **VTT:n tiedotteessa 2278, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta (Asko Talja, 2004)** mukaan lukuun ottamatta mittausaikaa, joka oli kaksi vuorokautta. VTT:n käytännön mukaan mittausajan pitäisi olla viikko. Tärinän siirtyminen maasta rakennuksiin arvioitiin käyttäen **VTT:n tiedotteen: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi (Asko Talja ym. 2008)** suosituksia.

Värähtelyn hallitseva taajuus oli mittauksissa laajakaistaista alueella 8 – 80 Hz. Tärinä oli voimakkainta taajuuksialueella 30 – 50 Hz.

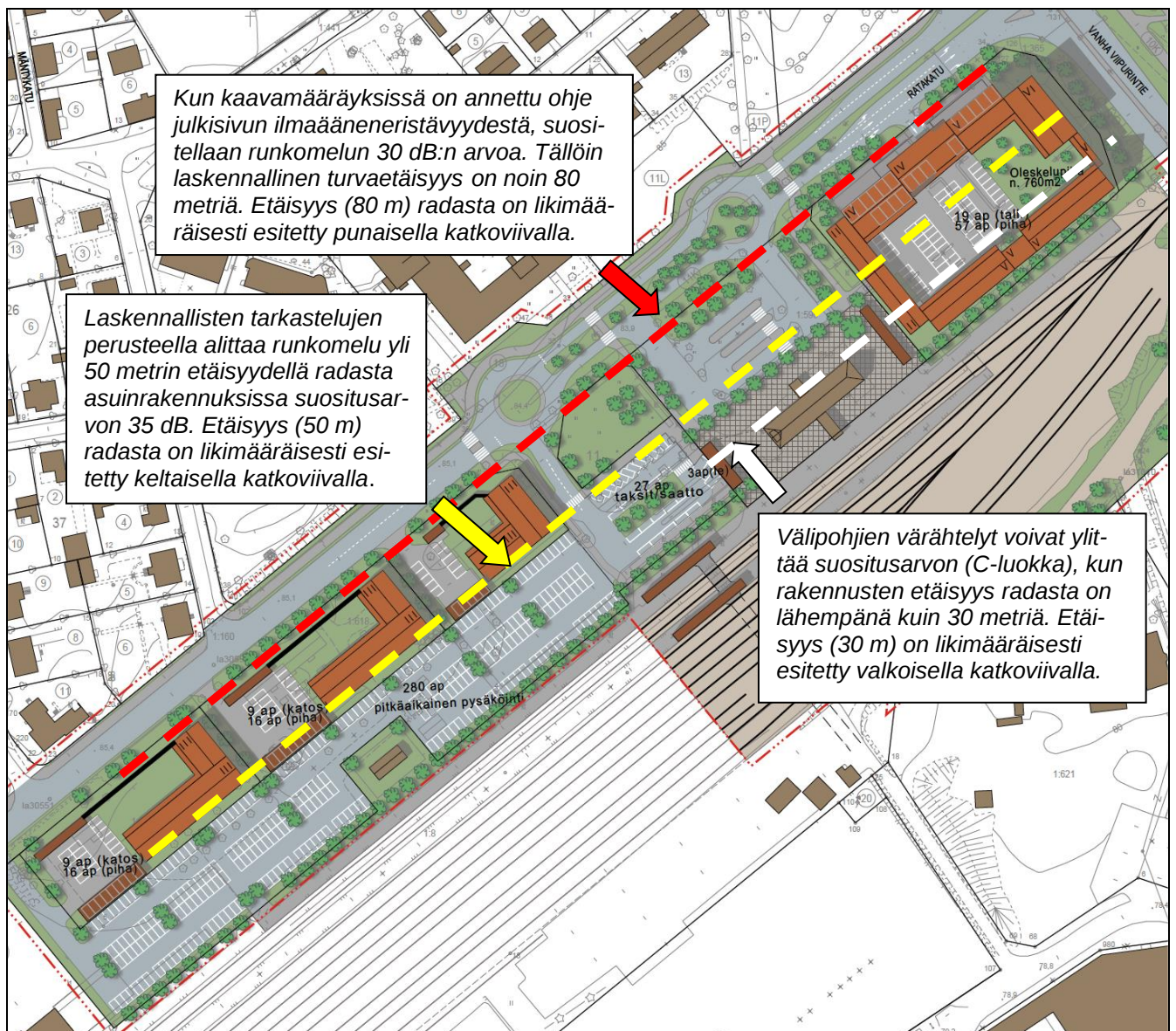
Laskennallisten tarkasteluiden perusteella välipohjien värähtelyt eivät ylitä suositusarvoja, kun rakennusten etäisyys radasta on vähintään 20 metriä. Rakennuksen rungon vaakasuuntaista resonanssivaara ei tarkasteltavalla alueella ole.

Mittaustulosten perusteella maanvastaisten lattioiden värähtelyn suositusarvo 0,30 mm/s (C-luokka) ylittyy laskennallisesti vain suppealla alueella (MP3).

Tärinän suurin mitattu heilahdusnopeuden huippuarvo oli 1,05 mm/s. Juna nopeuden nousu 60 km/h -> 80 km/h kasvattaa laskennallisesti huippuarvoa tasolle 1,20 mm/s. Tämä on selvästi pienempi kuin Tutkimusraportissa **VTT-R-04703-14, Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius 2014** esitetty ohjearvo 2 mm/s. Näin ollen hyväkuntoisten rakennusten ja rakenteiden tärinävaurioriski tarkasteltavalla alueella on vähäinen.

3. Runkomelu

Alueen mitatut korkeat taajuudet kasvattavat runkomeluriskiä, mutta alentavat puolestaan rakenteiden värähtelyriskiä. Runkomelua tarkasteltiin julkaisun **VTT Tiedotteita 2468, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, 2009, perusteella.**



Runkomelua voidaan vähentää radan alle tehtävillä eristyksillä tai rakennuksissa rakenteellisin ratkaisuin. Tavanomaisilla eristyksillä voidaan runkomelua vähentää noin 10 – 15 dB. Radan alle tehtävä runkomelueristys vähentää myös muuta rakennusten värähtelyä. Runkomelueristys suunnitellaan mm. tarkempien rakennus- ja täydentävien maapohjatietojen perusteella. Radan

tavanomaisella runkomelueristyksellä (10 dB) asuinrakennusten suositusarvoa 35 dB vastaava etäisyys tavaraliikenteen raiteesta on noin 10 -15 metriä ja 30 dB suositusarvolla on vastaavasti noin 25 metriä.

4. SUOSITUKSET

Runkomelu

Erityisesti silloin, jos alueella on tiukempi, tekstissä lähemmin kuvattu, runkomelusuositus 30 dB, on erillisen tarkemman runkomeluserelvityksen ja mahdollisen eristämisen suunnittelun tarve ilmeinen.

Runkomelueristyksellä voidaan vaikuttaa asukkaiden kokemaan viihtyisyyteen erityisesti yöaikana, jolloin runkomelua eniten aiheuttavat tavara-junat kulkevat. Runkomelun vaikutusta voidaan vähentää suunnittelemalla lähimpien rakennusten alakerrosten toiminnot liike- ja toimistotiloiksi. Laskennallisesti runkomelu vaimenee noin 2 dB kerrosta kohden siirryttäessä alempaa ylempiin kerroksiin.

Laskennallisten tarkastelujen perusteella alittaa runkomelu yli 50 metrin etäisyydellä radasta asuinrakennuksissa suositusarvon 35 dB. Vastaava arvo toimisto- ja liikerakennuksissa on 15 metriä (45 dB).

Etäisyys (50 m) radasta on likimääräisesti esitetty yllä kuvassa keltaisella katkoviivalla.

Kun kaavamääräyksissä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, suositellaan tiukempaa 30 dB:n arvoa. Tällöin laskennallinen turvaetäisyys on noin 80 metriä. Vastaava arvo toimisto- ja liikerakennuksissa on 30 metriä (40 dB).

Etäisyys (80 m) radasta on likimääräisesti esitetty yllä kuvassa punaisella katkoviivalla.

Runkomelun eristys radan alla

Runkomelua voidaan vähentää radan alle tehtävillä eristyksillä tai rakennuksissa rakenteellisin ratkaisuin. Tavanomaisilla eristyksillä voidaan runkomelua vähentää noin 10 – 15 dB. Radan alle tehtävä runkomelueristys vähentää myös muuta rakennusten värähtelyä. Runkomelueristys suunnitellaan mm. tarkempien rakennus- ja täydentävien maapohjatietojen perusteella.

Radan tavanomaisella runkomelueristyksellä (10 dB) asuinrakennusten suositusarvoa 35 dB vastaava etäisyys tavaraliikenteen raiteesta on noin 15 -20 metriä ja 30 dB suositusarvolla on vastaavasti noin 30 metriä.

Runkomelun eristys rakennuksessa

Runkomelun eristimet ovat usein joustavia materiaalikerroksia, joilla katkaistaan perustuksista ylärakenteille siirtyvää runkomelua. Ne asennetaan kanta-

vien rakenteen koko pinnalle, pisteittäin tai kaistoittain. Eristiminä on käytetty myös teräsjoista. Eristys voidaan tehdä joissakin tapauksissa perustusten alapuolelle.

Ratkaisuiden suunnittelu perustuu taajuuskaistaisiin mittaustuloksiin. Jo tehtyjä mittauksia tarkennetaan tarvittaessa.

Eristyksen suunnittelussa otetaan huomioon rakennuksen ja rakenteiden dynaaminen mitoitus myös vaakasuunnissa ja vältetään sitä, ettei resonanssikohtissa värinän aiheuttama värähtely kasva suosituksia suuremmaksi.

Eristysrakenteiden lisäksi on yksityiskohtaisessa suunnittelussa varmistettava, ettei eristyksen läpi ole äänisilloja. Tämä koskee erityisesti LVIS-laitteita ja maanpaineeseiniä.

Tärinä

Laskennallisten tarkasteluiden perusteella välipohjien värähtelyt voivat ylittää ajoittain suositusarvon (C-luokka), kun rakennusten etäisyys lähimmästä raiteesta on enintään 30 metriä. Etäisyys (30 m) radasta on likimääräisesti esitetty kuvassa valkoisella katkoviivalla.

Välipohjien rakenteellisella mitoituksella voidaan suositusarvojen täyttyminen varmistaa. Mitoituksessa vältetään tällöin välipohjien ominaistajuuksia 15 – 45 Hz. Yleensä tälle alueelle asettuvat useimpien välipohjien ominaistajuuDET ja täydellisesti suositusarvojen alitusta on vaikea varmistaa.

Matti Hakulinen

Matti Hakulinen, TkL