

Jokikylän tärinä- ja runkomeluserelvitys

Asemakaavan muutos 5:17



| | |
|-----------------------|-----------------|
| Päiväys | 31.12.2021 |
| Tekijä | Vesa Vähäkuopus |
| Tarkastaja | Tiina Kumpula |
| Projektinumero | YKK66500 |

Sisällys

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Taustatiedot | 3 |
| 2 | Lähtötiedot | 3 |
| | 2.1 Pohjasuhteet | 3 |
| | 2.2 Liikennetiedot..... | 4 |
| 3 | Menetelmät ja laskentaperusteet | 5 |
| | 3.1 Tärinän synty | 5 |
| | 3.2 Tärinän arviointi asumismukavuuden kannalta | 5 |
| | 3.3 Tärinän arviointi rakenteiden vaurioitumisalttiuden kannalta | 6 |
| 4 | Tärinämittaukset ja runkomelun arviointi..... | 7 |
| | 4.1 Mittauspisteet..... | 7 |
| | 4.2 Tulokset asumismukavuuden kannalta | 7 |
| | 4.3 Tulokset rakenteiden kestävyuden kannalta | 10 |
| | 4.4 Runkomelun laskennallinen arviointi | 11 |
| 5 | Tulosten arviointi ja johtopäätökset | 13 |
| 6 | Yhteenveto | 14 |
| 7 | Kirjallisuus..... | 15 |

Kansilehden kuva: Riihimäen kaupunki, 2021.

1 Taustatiedot

Jokikylän kaupunginosassa on käynnissä asemakaavan muutos. Kaavoitustyötä koskeva alue sijaitsee noin 400 metrin etäisyydellä Riihimäen rautatieasemasta etelään. Alue on nykyisellään pääosin rakentamatonta. Nykytilanteessa Vantaanjoki kulkee alueen pohjois- ja länsireunalla ojamaisena uomana. Suunnittelualan omistaa Riihimäen kaupunki.

Muutostyön tavoitteita on kuvattu osallistumis- ja arviointisuunnitelmassa (20.12.2020) seuraavasti:

”Tavoitteena on luoda Jokikylän alueelle korkealaatuinen ja kaupunkikuvallisesti mielenkiintoinen asuinalue kävelymatkan päähän rautatieasemasta. Keskeisessä roolissa alueella tulee olemaan alueen keskelle sijoittuva Vantaanjoki ja jokiuoman ympärille muodostuva julkinen puistoalue.”

Tämä raportti on laadittu tukemaan alueen maankäytön suunnittelua tutkimalla ja kuvaamalla alueen tärinäolosuhteita perustuen tärinämittauksiin ja laskennalliseen arviointiin.

Työn on tilannut Riihimäen kaupunki, jossa yhteyshenkilönä on toiminut Jari Jokivuo. Sitowise Oy:ssä projektipäällikkönä on toiminut Ins. AMK Tiina Kumpula ja tärinäasian tuntijana Ins. AMK Vesa Vähäkuopus. Tärinämittaukset on suorittanut alikonsulttityönä Suomen Louhintakonsultit Oy.

2 Lähtötiedot

2.1 Pohjasuhteet

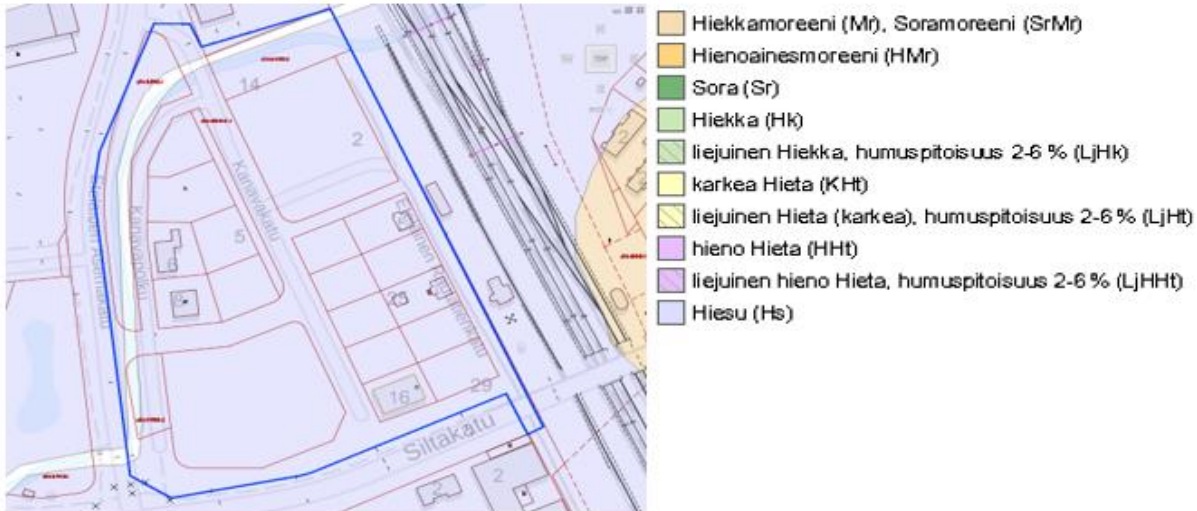
Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkarttojen mukaan suunnittelualan maaperä on hiesua (Hs).

Lisäksi Vantaanjoen siirron yleissuunnittelun (Sitowise, 2020) yhteydessä alueen maaperäolosuhteita on arvioitu siirtohankeeseen liittyvien maaperätutkimusten avulla. Tutkimukset keskittyvät Vantaanjoen siirron vaikutusalueelle, mutta niistä saadaan tarvittava yleisnäkemyks alueen maaperäolosuhteista myös värähtelyn leviämisen arviointiin.

Maaperätutkimusten mukaan alueella on 0,5...1,5m metrin paksuinen kuivakuorisavikerros, jonka alapuolella 5...8 metrin paksuinen savipatja, joka lepää 2...6 metrin paksuisen siltti/savikerroksen päällä. Tämän alapuolella on 2...7m metrin paksuinen moreenikerros peruskallion päällä. Kalliopinta todettiin porakonekairauksien perusteella olevan noin 20 syvyydellä.

Alueen voidaan maaperätietojen perusteella arvioida olevan otollista tärinän leviämiselle.

Kuvassa 1 on esitetty suunnittelualue (sininen murtoviiva) Geologian tutkimuskeskuk-
sen maaperäkartalla.



Kuva 1. Tarkastelualueen maaperäolosuhteet. GTK 2021.

Radan perustamistapaa tai pohjanvahvistusta suunnittelualueen kohdalla ei tutkittu, mistä syystä runkomelun laskennallisessa arvioissa ratarakenteen mahdollista vaimennusvaikutusta ei myöskään huomioitu.

2.2 Liikennetiedot

Kaavan suunnittelualue sijoittuu Helsinki-Tampere päärataosuuden välittömään läheisyyteen Jokikylän kaupunginosaan noin 400 metriä Riihimäen rautatieasemasta etelän suuntaan. Rautatieliikenne on samalla tarkastelualueen ainoa tiedossa oleva merkittävä tärinälähde.

Suunnittelualueen kohdalla nopeusrajoitukset ovat 100 km/h tavarajunaliikenteelle ja 170 km/h (tavanomainen) tai 200 km/h (kallistuvakorinen) matkustajaliikenteelle.

Koska Riihimäen asema-alueen nopeusrajoitus jokaiselle kalustotyypille tulee voimaan likimäärin suunnittelualueen pohjoispäässä, ovat mainittavimpia tuloksia aiheuttaneiden tavarajunien nopeudet välillä 30-40km/h ja henkilöliikenteen osalta 50-60 km/h. Alueen rautatieliikenteen nopeusrajoitukset selvitettiin Palopuro-Riihimäki välin nopeuskaaviosta (VR-Track, 2015). Toteutuneet nopeudet suunnittelualueen ohitusten osalta olivat nähtävissä juliadata.fi palvelussa. Runkomelun tarkastelussa käytettiin nopeutta 80 km/h.

Helsinki-Tampere päärataosuus on erittäin vilkkaasti liikennöity. Mittausjakson aikana tarkastelualueen ohitti useita kymmeniä tavara- ja henkilöjunia.

3 Menetelmät ja laskentaperusteet

3.1 Tärinän synty

Tärinänä koetun ilmiön aiheuttaa liikenneväylän epätasaisuus tai väylän pintaan kuluneuvosta aiheutuvat muodonmuutokset.

Liikennöintivälineen, liikennöintiväylän ja liikennöintiväylän alla olevan maaperän vuorovaikutuksessa maaperä joutuu värähtelytilaan, jonka ilmenemisen ihminen havaitsee liikennetärinä. Rakennuksien kohdalla värähtely siirtyy rakennuksen perustusten kautta runkoon ja lattiaihin, joissa vaimenemista ja voimistumista voi tapahtua.

Tärinähaitat ovat tyypillisiä pehmeikköalueiden ongelmia ja niitä voidaan tarkastella joko asumismukavuuden tai rakenteiden kestävyuden kannalta. Tyypillisesti liikennetärinän vaikutukset rajoittuvat asumismukavuuden heikentymiseen, joka muodostuu mitoitettavaksi tekijäksi. Tarkasteltavana suureena toimii maan heilahdusnopeuden huippu- tai tehollisarvo. Värähtelyn tapahtuessa korkeammalla taajuustasolla kykenee ihminen aistimaan värähtelyn myös rakennuksen sisäpinnoista säteilevänä runkomeluna.

3.2 Tärinän arviointi asumismukavuuden kannalta

Tärinän häiritsevyyden arviointiin käytetään VTT:n julkaisussa *”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa”* (VTT, 2006) esitettyä rakennusten värähtelyluokitusta. Uusia rakennuksia ja väyliä suunniteltaessa suositeltavana tavoitetasona värähtelyn suhteen käytetään yleisesti luokkaa C asuinrakennuksille. Ei-asumiskäytössä olevissa tiloissa suositeltava luokka on D. Luokitus on esitetty alapuolella taulukossa 1.

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksista, VTT 2006.

| Värähtelyluokka | Kuvaus värähtelyolosuhteista | $v_{w,95}$ (mm/s) |
|-----------------|---|-------------------|
| A | Hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä) | $\leq 0,10$ |
| B | Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset voivat havaita värähtelyitä, mutta ne eivät ole häiritseviä) | $\leq 0,15$ |
| C | Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa (Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä) | $\leq 0,30$ |
| D | Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla (Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä) | $\leq 0,60$ |

Rakennusten värähtelyluokituksessa rakennukset on jaettu luokkiin A-D tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ perusteella. Tunnusluku perustuu yksittäisten liikennetapahtumien suurimpiin värähtelyyn taajuuspainotettuihin tehollisarvoihin ja niiden perusteella laskettuun keskiarvoon ja hajontaan seuraavasti:

$v_{w,95} = 15$ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo + $1,8 \times 15$ suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta. Taulukoituja tunnuslukuja sovelletaan asuinrakennuksille.

Määrittelytavan mukaan tunnusluku on tilastollinen arvo, jonka alla 95 % tärinätapah-
tumista tapahtuu. Tästä johtuen tärinä voi olla havaittavaa ja jopa häiritsevää, vaikka
tärinän voimakkuus olisi uusien rakennusten osalta sovellettavan C-luokan rajan ta-
salla.

Julkaisussa *”Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius”*
(VTT, 2014) esitetään kolme eri tarkastelutasoa käytettäväksi eri olosuhteissa:

1. Alustava juna- ja maaperätietoihin perustuva rajausta perustuen puoliempiiri-
siin laskentakaavoihin.
2. Tarkennettu tärinämittauksiin perustuva rajausta, joka perustuu tunnetusta ju-
naliikenteestä mitattuun maaperän värähtelyyn.
3. Rakennuksessa esiintyvän värähtelyn arviointi, jolloin arvioidaan tarkat vai-
kutukset alueella olevaan tai suunniteltavaan rakennuskantaan.

Tämä selvitys on laadittu 2. tarkastelutason mukaisesti ja lisäksi on arvioitu rakennuk-
sissa esiintyvää värähtelyä VTT:n mahdollista resonanssia huomioivalla suurennusker-
roinmenetelmällä.

3.3 Tärinän arviointi rakenteiden vaurioitumisalttiuden kannalta

VTT:n tutkimusraportissa (VTT, 2014) esitetään taulukossa 2 esitetyt värähtelyrajat
maaperälle. Alueiden luokitusta voidaan hyödyntää arvioitaessa rakennusten vaurioitu-
misalttiutta. Tyypillisesti asumismukavuus häiriintyy huomattavasti ennen kuin raken-
teiden kestävyys vaarantuu.

Taulukko 2. Rakenteiden vaurioitumisalttius, VTT 2014.

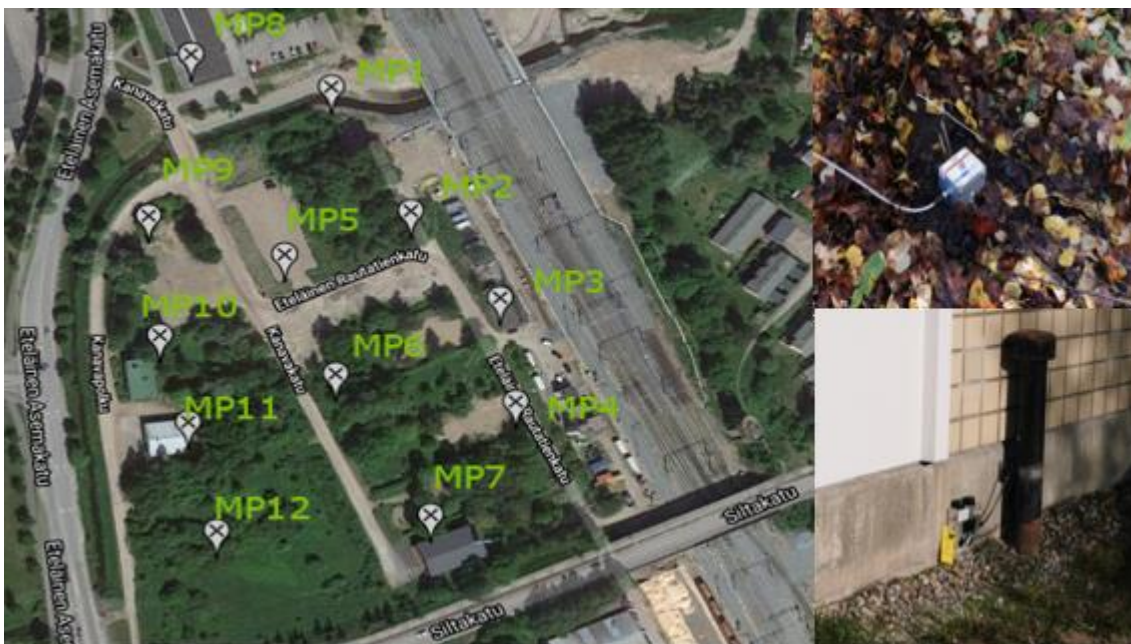
| Tärinä- alueet | Kuvaus | Hallitseva taajuus, Hz | Värähtely v_{max} mm/s |
|-------------------|--|---|--|
| V | Lähinnä rataa oleva alue, jolla maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille | alle 10 10...20 20...50 yli 50 | 3 4,2 6 7,2 |
| H | Hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin yleensä selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asuinmukavuutta. Vaurioitumisriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit | alle 10 10...20 20...50 yli 50 | 1-3 1,4-4,2 2-6 2,4-7,2 |
| E | Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta. | alle 10 10...20 20...50 yli 50 | alle 1 alle 1,4 alle 2 alle 2,4 |

4 Tärinämittaukset ja runkomelun arviointi

4.1 Mittauspisteet

Alueella toteutettiin tärinämittaukset aikavälillä 18.-27.10.2021. Mittaukset suoritti Sito-wise Oy:n alikonsulttina Suomen Louhintakonsultit Oy. Mittauspisteissä 3, 7, 8, 10 ja 11 mittaus suoritettiin olemassa olevan rakennuksen perusmuurista. Muissa pisteissä värähtelyanturi oli kiinnitettynä maapiikeillä maaperään.

Mittauspisteiden toteutunut sijainti on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Toteutuneet mittauspisteet Jokikylässä ja esimerkkikuvat antureiden kiinnityksistä. Ilmakuva, MML, 2021.

Raideliikennetapahtuman tunnistaminen alueen muista tärinää sisältävistä tapahtumista tehdään tärinän voimakkuuden, keston, taajuussisällön, muiden mittauspisteiden samanaikaisten tulosten sekä raideliikennetietojen perusteella.

4.2 Tulokset asumismukavuuden kannalta

Taulukossa 3 on esitetty tärinämittauksiin perustuvat alueen tunnusluvut suunta-akseleittain, värähtelyn hallitseva taajuus sekä tunnuslukuun perustuva asumismukavuusluokitus. Maaperästä ja perusmuureista mitatun värähtelyn perusteella alue on lähes kokonaisuudessaan luokitukseen C kuuluvaa. Alueen länsireunalla värähtely on selkeästi pienempää kuin alueen keskiosassa ja itäreunalla.

Mittausten mukaan huomattavin värähtelyrasitus aiheutui Kouvola-Hanko välin hiilijunien (Vok-kalusto) liikenteestä.

Suurimmat yksittäiset mittaustulokset tallennettiin tavarajunien T7306 (19.10., 25.10., 26.10.), T7502 (21.10.) ja T52070 (27.10.) liikenteestä. Värähtelyvasteet olivat selvästi havaittavissa mittauspisteissä.

Taulukko 3. Mittaustulosten yhteenveto

| Mittauspiste | Etäisyys raataan m | Pystysuunta (Vert) $v_{w, 95}$ (mm/s) | Vaakasuunta (Long) $v_{w, 95}$ (mm/s) | Vaakasuunta (Trans) $v_{w, 95}$ (mm/s) | Hallitseva taajuus V/L/T (Hz) | Luokitus, asumismukavuus |
|--------------|--------------------|--|--|---|-------------------------------|--------------------------|
| 1 | 45 | 0,13 | 0,23 | 0,17 | 9/7/7 | C |
| 2 | 40 | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 18/11/10 | C |
| 3* | 35 | 0,08 | 0,20 | 0,29 | 10/6/8 | C |
| 4 | 40 | 0,32 | 0,24 | 0,23 | 10/11/10 | D |
| 5 | 100 | 0,21 | 0,29 | 0,18 | 21/33/32 | C |
| 6 | 100 | 0,24 | 0,19 | 0,19 | 17/27/21 | C |
| 7* | 100 | 0,16 | 0,08 | 0,08 | 6/6/11 | C |
| 8* | 100 | 0,09 | 0,14 | 0,08 | 6/5/5 | B |
| 9 | 140 | 0,13 | 0,11 | 0,08 | 9/9/10 | B |
| 10* | 160 | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 7/5/5 | A |
| 11* | 160 | 0,12 | 0,12 | 0,10 | 6/5/6 | B |
| 12 | 180 | 0,22 | 0,20 | 0,23 | 5/6/6 | C |

*Mittauspiste perusmuuriin ankkuroitu.

Maaperästä mitattua tunnuslukua ei voida suoraan hyödyntää alueen maankäyttöä suunniteltaessa, sillä se ei ota huomioon värähtelyn mahdollista voimistumista rakennuksessa. Voimistumista voidaan arvioida kertomalla todennettu värähtelytaso suurenuskertoimella k_B , taulukko 4 (VTT, 2014) mukaisesti. Alhaisilla taajuustasoilla voidaan olettaa värähtelyn siirtyvän uuden rakennuksen perustukseen täysimääräisesti, jonka jälkeen vahvistuminen tapahtuu em. kertoimen mukaisesti. VTT:n mukaan vain harvoin värähtely voi voimistua tätä suuremmaksi.

Taulukko 4. Värähtelyn vahvistumiskertoimet.

| Rakennusosa | Värähtelyn suunta | Suurenuskertoimen k_B |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Perustus | Kaikki suunnat | 1,0 |
| Maanvarainen lattia, | Kaikki suunnat | 1,0 |
| Alapohja, paaluperustus | Vaakasuunta | 1,5 |
| Ala- ja välipohjat | Pystysuunta | 3,0 |
| Kattotaso, enintään 2 kerrosta | Vaakasuunta | 3,0 |
| Kattotaso, 3–4 kerrosta | Vaakasuunta | 2,0 |
| Kattotaso, yli 4 kerrosta | Vaakasuunta | 1,0 |

Värähtelyn mahdollisen voimistumisen huomioiminen suurennuskerroinmenetelmää hyödyntäen heikentää alueen värähtelyluokitusta.

Suurin heikennys tapahtuu mittauspisteissä 4, 5 ja 6, joissa luokitus tippuu asteikon ulkopuolelle (merkitty D+). Alueelle ei voi täten suositella asuinrakennusten, tai tärinän kannalta asuinrakennukseksi rinnastettavien rakennusten toteuttamista ilman tärinältä suojautumista ja tärinän torjunnan huomioimista rakennusten suunnittelussa.

Alapuolella olevissa taulukoissa 5 ja 6 on esitetty pysty- ja vaakasuuntaisten värähtelyjen voimistumisen jälkeen arvioitu asumislukitus.

Taulukko 5. Pystysuuntaisen värähtelyn voimistuminen ja vaikutus luokitukseen.

| Mittauspiste | $v_{w, 95}$ (mm/s) pystysuunta | Luokitus ilman voimistumista | $v_{w, 95}$ (mm/s), voimistuminen 3x, pystysuunta | Luokitus voimistumisen jälkeen |
|--------------|--------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | 0,13 | B | 0,39 | D |
| 2 | 0,17 | C | 0,51 | D |
| 3 | 0,08 | A | 0,24 | C |
| 4 | 0,32 | D | 0,96 | D+ |
| 5 | 0,21 | C | 0,63 | D+ |
| 6 | 0,24 | C | 0,72 | D+ |
| 7 | 0,16 | C | 0,48 | D |
| 8 | 0,09 | A | 0,27 | C |
| 9 | 0,13 | B | 0,39 | D |
| 10 | 0,11 | B | 0,33 | D |
| 11 | 0,12 | B | 0,36 | D |
| 12 | 0,22 | C | 0,66 | D+ |

Pystysuuntaisten värähtelyjen huomattavaa voimistumista voi tapahtua, kun rakennusten välipohjien ominaistajuudet sijoittuvat samalle taajuustasolle kuin rakennukseen maaperästä siirtyvä pystysuuntainen värähtely. Ilmiö aistitaan lattian voimistuneena tärinänä.

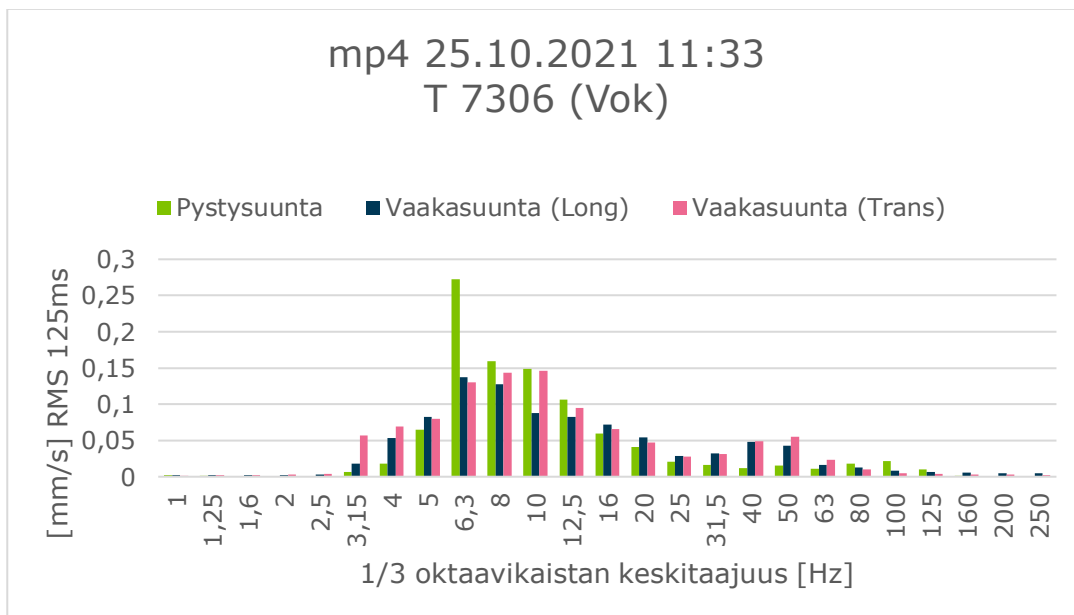
Taulukko 6. Vaakasuuntaisen värähtelyn voimistuminen ja vaikutus luokitukseen. Suurempi suuntakomponentti huomioitu.

| Mittauspiste | $v_w, 95$ (mm/s) horisontaalinen (Long) | $v_w, 95$ (mm/s) pystysuunta horisontaalinen (Trans) | Luokitus ilman voimistumista | $v_w, 95$ (mm/s), voimistuminen 2x, vaakasuunta | Luokitus voimistumisen jälkeen |
|--------------|---|--|------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | 0,23 | 0,17 | C | 0,46 | D |
| 2 | 0,20 | 0,23 | C | 0,46 | D |
| 3 | 0,20 | 0,29 | C | 0,58 | D |
| 4 | 0,24 | 0,23 | C | 0,48 | D |
| 5 | 0,29 | 0,18 | C | 0,58 | D |
| 6 | 0,19 | 0,19 | C | 0,38 | D |
| 7 | 0,08 | 0,08 | A | 0,16 | C |

| | | | | | |
|----|------|------|---|------|---|
| 8* | 0,14 | 0,08 | B | 0,28 | C |
| 9 | 0,11 | 0,08 | B | 0,22 | C |
| 10 | 0,09 | 0,09 | B | 0,18 | C |
| 11 | 0,12 | 0,10 | B | 0,24 | C |
| 12 | 0,20 | 0,23 | C | 0,46 | D |

Vaakasuuntaisten värähtelyjen huomattavaa voimistumista voi tapahtua, kun rakennuksen rungon ominaistaajuus sijoittuu samalle taajuustasolle kuin maaperästä siihen siirtyvä värähtely. Ilmiö aistitaan seinien, kaappien jne. voimistuneena tärinä.

Alueella mitattu maaperän värähtely on painottunut voimakkaasti matalille taajuuksille (<20 Hz). Tunnuslukujen laskennassa käytettyjen mittaustulosten hallitsevat taajuudet (keskiarvo 15 merkittävämmästä tuloksesta) on esitetty taulukossa 3. Kuvassa 3 on esimerkinomaisesti esitetty tavarajunan T7306 ohiajosta syntynyt värähtelyn taajuusspektri mittauspisteessä 4. Pystysuuntaisen värähtelyn voimakas piikki 6,3 Hz 1/3 oktaavikaistalla oli huomattavissa myös muissa junan ohituksissa. Em. tavarajuna oli yksi suurimmista mittausjakson värähtelylähteistä.



Kuva 3. T7306 värähtelyn taajuusspektri mittauspisteessä 4.

4.3 Tulokset rakenteiden kestävyyskannalta

Rakenteiden vaurioitumisen kannalta tilanne on suotuisampi. Rautatieliikenne aiheuttaa hyvin harvoin niin suuriamplitudista värähtelyä, että rakenteet menisivät rikki.

Heilahdusnopeuden huippuarvojen perusteella tarkasteltava alue sijoittuu joko luokkaan E jolloin *”Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta”* tai mahdollisesti mittauspisteessä 4 luokkaan H, jolloin *”Hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa.*

Tärinä on kuitenkin yleensä selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asuinmukavuutta. Vaurioitumisriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit”.

Taulukko 7. Luokitus vaurioitumisalttiuden mukaan.

| Mittauspiste | Heilahdusnopeuden huippuarvo (mm/s) | Hallitseva taajuus | Luokitus | Mittauspiste | Heilahdusnopeuden huippuarvo (mm/s) | Hallitseva taajuus | Luokitus |
|--------------|-------------------------------------|--------------------|----------|--------------|-------------------------------------|--------------------|----------|
| 1 | 0,73 (L) | 9/7/7 | E | 7 | 0,44 (V) | 6/6/11 | E |
| 2 | 0,81 (T) | 18/11/10 | E | 8 | 0,47 (L) | 6/5/5 | E |
| 3 | 0,91 (T) | 10/6/8 | E | 9 | 0,56 (V) | 9/9/10 | E |
| 4 | 1,00 (T) | 10/11/10 | E/H | 10 | 0,36 (V&T) | 7/5/5 | E |
| 5 | 1,45 (L) | 21/33/32 | E | 11 | 0,40 (L) | 6/5/6 | E |
| 6 | 0,81 (L) | 17/27/21 | E | 12 | 0,77 (T) | 5/6/6 | E |

4.4 Runkomelun laskennallinen arviointi

Selvitys on laadittu VTT:n julkaisussa ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” (VTT, 2009) esitetyn arviointitason 2 perusteella. Menetelmä perustuu arvioituun värähtelyn nopeustasoon, mutta se ei kuitenkaan edellytä tarkkaa tietoa värähtelyn taajuusspektristä eikä spektrin muuttumisesta värähtelyn siirtymisreitillä.

Julkaisun mukaan värähtelyn perustaso saadaan kaavasta 1,

$$L_v[dB] = 103 - 14 \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) - 0,8 \cdot \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad (1)$$

etäisyydellä d tarkasteltavan raiteen reunasta, d_0 on vertailuetäisyys 10 m.

Arvio sisätilojen runkomelutasosta (L_{prm}) saadaan kaavasta 2,

$$L_{prm}[dB] = L_v[dB] + \Sigma \Delta L_{v,i}[dB] \quad (2)$$

jossa värähtelyn perustasoon lisätään liikenteestä riippuvat korjaustekijät koskien:

- Liikennettä (junatyyppi, nopeus, ajoneuvon ominaisuudet)
- Väylän kuntoa
- Radan eristämiskäytös
- Väylän sijaintia (avorata, tunneli, ilmarata)
- Kohderakennusta (tyyppi, perustus, resonanssi)
- Syntyvää äänenpainetta (muunto äänenpainetasoksi, maaperän vaikutus)

Saatuja tuloksia verrataan julkaisussa esitettyyn suositukseen runkomelutason ohjearvoista.

Taulukko 8. Suositus runkomelutasojen ohjearvoiksi

| Rakennustyyppi | L_{prm} [dB] |
|--|--------------------|
| Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit | 25–30 |
| Asuinhuoneistot | 30/35 ² |
| Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat, potilashuoneet, majoitustilat päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet | 30/35 ² |
| Kokoontumis- ja opetustilat, luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä, muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot | 35 |
| Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot | 40/45 ² |
| ² Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa. | |

Tässä selvityksessä sovelletaan 35 dB runkomelun ohjearvoa asuinhuoneistoille ja majoitustiloille. 35 dB ohjearvo esitetään käytettäväksi myös Ympäristöministeriön ohjeessa rakennusten ääniympäristöstä. 45 dB ohjearvoa voidaan soveltaa mahdollisille myymälöille ja ravintolatoiloille.

Runkomelun arvioinnissa käytettiin seuraavia korjaustekijöitä ΔL_v :

Taulukko 9. Käytetyt korjaustekijät

| Korjaustekijä | Määrittely | korjaustekijä, [dB] |
|---|--|---------------------|
| Liikennetyyppi | Veturivetoiset junat | +11 dB |
| Ajonopeus | 80 km/h | -2 dB |
| Kaluston ominaisuudet | Normaali jousitus | + 0 dB |
| Väylän kunto | Kuluneet tai aaltomaiset kiskot | +10 dB |
| Radan eristämistapa | Ei eristystä | + 0 dB |
| Väylän sijainti | Avorata | + 0 dB |
| Rakennuksen tyyppi | Kerrostalo | -10 dB |
| Rakenneosien resonanssi | Vakiokorjaus | + 6 dB |
| Muutos äänenpainetasoksi | Vakiokorjaus | -28 dB |
| Muutos A-painotetuksi äänenpainetasoksi | Värähtelyn hallitseva taajuus alle 30 Hz | -50 dB |
| Varmuusmarginaali | Ohjeen mukainen vakiokorjaus | +6 dB |

Laskennallisen arvion perusteella runkomelutason 35 dB asumiskäytön ohjearvo alitetaan noin 35 m etäisyydellä radasta. Rakennuksessa ylöspäin liikuttaessa tippuu runkomelutaso VTT:n mukaan 2 dB per kerros ensimmäisten viiden kerroksen osalta. Mikäli ensimmäinen asuinhuoneisto on 2. kerroksessa ja alin kerros on muussa käytössä, alitetaan ohjearvo 35 dB noin 30 m etäisyydellä radasta.

Toimistoille, kaupoille ja näyttelytiloille sovellettava 45 dB ohjearvo alitetaan laskennallisesti jo noin 10 m etäisyydellä radasta.

Mikäli rakennuksia halutaan sijoittaa yllä esitettyjä etäisyyksiä lähemmäs rataa, tulee runkomelu ja sen torjunta huomioida rakennussuunnittelussa.

5 Tulosten arviointi ja johtopäätökset

Liikennetärinä (asumismukavuus ja vaurioitumisalttius)

Mittaustulosten perusteella alueen maaperän värähtelynjohtavuus on otollinen liikennetärinän leviämiseksi ja liikennöivä rautatiekalusto aiheuttaa tarpeeksi suuria herätteitä tärinän syntymiseksi. Maaperästä ja rakennusten perusmuurien mittaustuloksista määritellyt tunnusluvut asettavat alueen lähes kokonaisuudessaan luokkaan C.

Kun värähtelyn mahdollinen voimistuminen rakennuksissa huomioidaan, heikkenee alueen värähtelyluokitus tasolle D tai heikommaksi. Alueelta mitattu värähtely on lisäksi jokseenkin kapeakaistaista painottuen taajuusalueelle 4–20 Hz, joka mahdollisesti on vastaava kuin alueelle suunniteltavien rakennusten runkojen ja välipohjien ominaistajuusalue. Tästä johtuen voidaan värähtelyn voimistumista pitää tietyissä tilanteissa mahdollisena ja siten rakennusten tärinäriski arvioida olemassa olevaksi.

Mikäli arvion perusteena oleva rautatieliikenne ei muutu olennaisesti, eli massat tai läpiajonopeudet kasva merkittävästi, eikä rakenteina käytetä erityisen tärinäherkkiä ratkaisuja (esim. erityisen hauraat kalkkihiekkatiilirakenteet, lasiseinät jne.), rakenteiden kestävyys ei vaarannu suunnittelualueella.

Runkomelu

Laskennallisen arvion perusteella runkomelutason 35 dB asumiskäytön ohjearvo alitetaan 35 m etäisyydellä lähimmästä raiteesta. Vastaava etäisyys on 30 metriä jos rakennuksen alimmat asuinkäyttöön tulevat tilat ovat 2. kerroksessa. Toimistoille, kaupoille ja näyttelytiloille sovellettava 45 dB ohjearvo alitetaan jo noin 10 m etäisyydellä radasta.

Arvio on laskennallinen ja jokseenkin karkea, mutta runkomelu ei ole tyypillisesti pienirakeisten ja pehmeiden maalajialueiden ongelma, eikä toimi tällä alueella rakennusten värähtelysuunnittelun mitoittavana tekijänä.

Mittaustuloksissa värähtelyt todettiin huomattavan kapeakaistaiseksi ja painottuvaksi taajuusalueelle, jolla ihminen ei juurikaan kykene havaitsemaan ilmaääneksi muuttunutta värähtelyä.

6 Yhteenveto

Riihimäen kaupungin tilauksesta arvioitiin Jokikylän asemakaavamuutosalueen (5:17) tärinäolosuhteita. Läheisen pääradan vaikutuksesta alueen maaperästä ja perusmuurien mittaustuloksista johdetut tunnusluvut asettavat alueen lähes kokonaisuudessa asumismukavuuden osalta luokitukseen C, jota voidaan pitää uusien alueiden vähimmäisvaatimuksena. Kun mahdollinen värähtelyn voimistuminen rakennusten rungossa huomioidaan, tippuu luokitus tasolle D tai heikommaksi.

Värähtelylähteet olivat tunnistettavissa tavarajunaliikenteeksi ja suurimmat herätteet todettiin aikataulutietojen perusteella Kouvola-Hanko välin hiilijunaliikenteeksi. Mittaus-ten aikana hiilijunaliikenne oli lähes päivittäistä.

Rakenteiden vaurioitumisriskiä alueella ei nykyisten mittaustulosten perusteella ole, ellei rakennuksissa käytetä erityisen tärinälle herkkiä materiaaleja tai rakenteita, joissa värähtely pääsee voimistumaan.

Alueen runkomeluolosuhteet arvioitiin VTT:n laskennallisella menetelmällä. Arvion perusteella runkomelua ei tarvitse erikseen huomioida, ellei asuinkäyttöön tulevia rakennuksia sijoiteta alle 35m etäisyydelle radasta. Alueen värähtelyjen pääosa sijoittuu taajuusalueelle, joka ei ole runkomelun kannalta ongelmallista.

Koska alueen mittaustuloksien perusteella asumismukavuuteen liittyvät värähtelytasot ovat jo ilman mahdollista voimistumista vain hieman hyväksyttävän tason alapuolella tai sen tasalla (sekä ylitys mittauspisteessä 4), voi mahdollisen voimistumisen seurauksena syntyä tilanne, missä tärinäongelma on suuri ja laajaa aluetta koskeva.

Tähän perustuen ei alueelle voi suositella rakennettavaksi asuinkäyttöön sopivia rakennuksia ilman tärinän huomioimista rakennusten jatkosuunnittelussa. Kaavan suunnittelualueen sisällä tärinäongelmiin voidaan vaikuttaa esim. rakennusten rakenteiden ominaistajuuksien sijoittamisella eri taajuustasolle kuin maaperän värähtely, jäykistävillä perustamisvoilla ja erilaisilla rakennuskohtaisilla vaimentimilla tai laajemmin vaikuttavilla tärinäkatkoilla (esim. stabilointi tai ponttiseinän rakentaminen). Suojaetäisyys rataan ei tässä tapauksessa sovellu käytettäväksi, sillä alue on lähes kokonaisuudessaan tärinäaltista.

Vantaanjoki uudella suunnittelulla paikalla voi toimia paikallisena tärinäkatkona, mutta koska sen alle ja peruskallion väliin jää huomattavan etäisyyden verran värähtelyä hyvin johtavaa maata, tulee jokiuoman värähtelyä ja tärinää vaimentava vaikutus olemaan todennäköisesti pieni.

Joen törmien stabiliteetin parantamiseksi on alueelle suunniteltu siirron yleissuunnitelmassa runsaasti pilari- ja lamellistabilointia vakauttamaan jokiväylää. Stabiloidulle maalle tai maarakenteille ei ole olemassa virallisia tärinänkeston ohjearvoja, mistä syystä törmien tärinän kestoa ei ole tämän työn yhteydessä tarkemmin tarkasteltu. Tarvittaessa asiaa voidaan tutkia numeerisesti alueen geoteknisen jatkosuunnittelun yhteydessä.

7 Kirjallisuus

VTT (2005). *Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta.*

VTT (2006). *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa.*

VTT (2009). *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi.*

VTT (2014). *Liikennetärinä: Alueiden tärinäkarttoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius.*