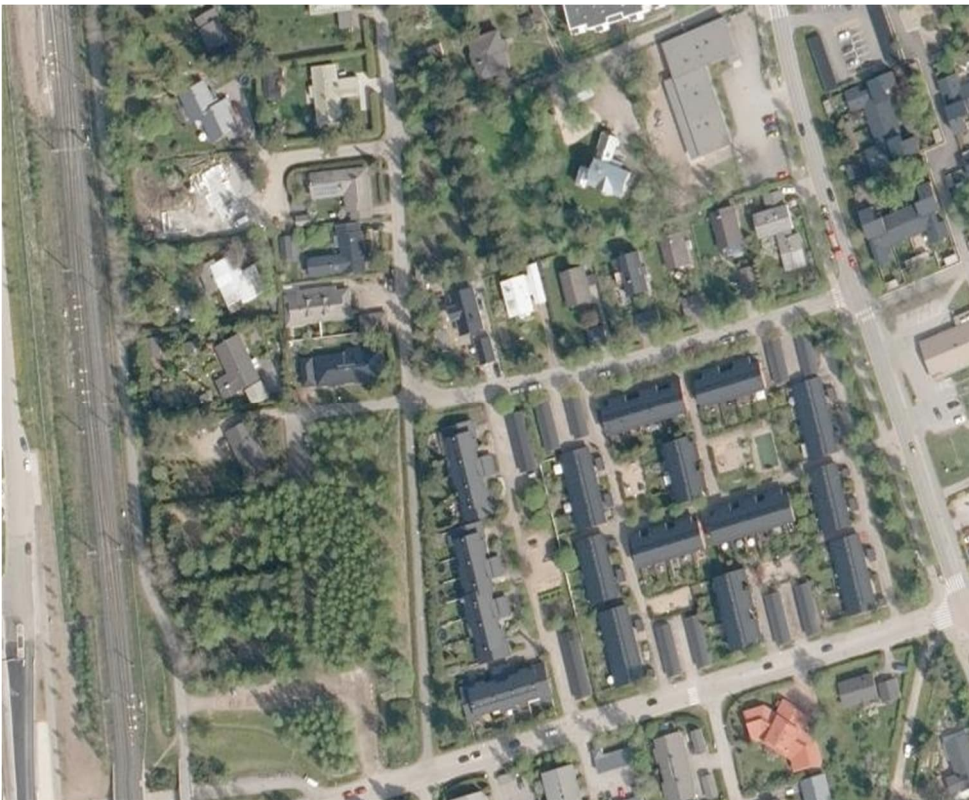


Stenbackan ja Tanhumäenpolun asema- kaavamuutos

Tärinä- ja runkomeluselvitys



Päiväys	27.5.2022
Tekijä	Vesa Vähäkuopus
Tarkastaja	Tiina Kumpula
Projektinnumero	YKK67063

Sisällys

1	Lähtökohdat.....	1
1.1	Johdanto	1
1.2	Suunnittelualue.....	1
1.3	Pohjasuhteet	2
1.4	Värähtelyn lähteet.....	3
2	Laskentaperusteet ja ohjearvot	3
2.1	Liikennetärinän ja runkomelun synty	3
2.2	Tärinä ja asumismukavuus	4
2.3	Rakenteiden vaurioitumisalttius	5
2.4	Runkomelu.....	5
3	Tärinämittaukset	6
4	Tulokset ja niiden käsittely	8
4.1	Asumismukavuus	8
4.2	Rakenteiden vaurioitumisalttius	9
4.3	Värähtelyn siirtyminen rakennukseen ja voimistuminen.....	10
4.4	Runkomelu.....	12
5	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	14
5.1	Liikennetärinä.....	14
5.2	Runkomelu.....	14
5.3	Suositukset kaavamääräyksiksi ja ohjeita jatkosuunnitteluun	15
6	Lähteet ja kirjallisuus	15

Kansikuva: Ilmakuva Ainolasta (Järvenpää), maanmittauslaitos. 2022.



1 Lähtökohdat

1.1 Johdanto

Kyrölän (4.) kaupunginosan alueella Järvenpäässä on meneillään asemakaava-hanke nimeltään Stenbacka ja Tanhumäenpolku. Osallistumis- ja arviointisuunnitelman (2022) mukaan asemakaavan muutos koskee kiinteistöjä 186-4-403-32, 186-4-403-33, 186-401-1-2666, 186-401-1-3, 186-401-1-6 sekä katualuetta 186-4-9901-0.

Ensimmäisellä osalla sijaitsee Stenbackan puisto, Folkhälsanin ruotsinkielinen päiväkotiki ja ns. Seppälän kiinteistö. Toinen osa muodostuu Ainolan junaseisakkeen liityntäpysäköintialueesta ja sen pohjoispuolisesta rakentumattomasta metsästä. Suunnittelualue on Järvenpään kaupungin omistuksessa lukuun ottamatta päiväkotikäytössä olevaa kiinteistöä 186-4-403-33.

Tämän tärinä- ja runkomeluserivityksen tilaajana on Järvenpään kaupunki, jossa yhteyshenkilönä on toiminut projektipäällikkö Juho Mattila. Selvityksen on laatinut Sitowise Oy, jossa vastuusuunnittelijana on toiminut Ins. AMK Vesa Vähäkuopus ja laadunvarmistajana B. Env. Man, Ins. AMK, FISE t-luokan akustiikka-suunnittelija Tiina Kumpula.

1.2 Suunnittelualue

Suunnittelualue sijaitsee Järvenpään kaupungin Kyrölän (4.) kaupunginosassa ja sijoittuu pääradan itäpuolelle sen välittömään läheisyyteen. Selvityksen tutkimusalue määrittyy kaavamuutosalueen mukaisesti ja rajautuu päärataan, Kyröläntiehen, Puistotien sekä olemassa olevaan pientaloasutukseen. Suunnittelualue on kooltaan noin 2,2 ha. Se on yhtenäinen rajattu alue, mutta rakenteellisesti kaava jakautuu kahteen pienempään osa-alueeseen, joita yhdistää kaavassa katualue.

Suunnittelualueen likimääräinen rajaus on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Suunnittelualueen likimääräinen sijainti. OAS. Järvenpään kaupunki. 2022.

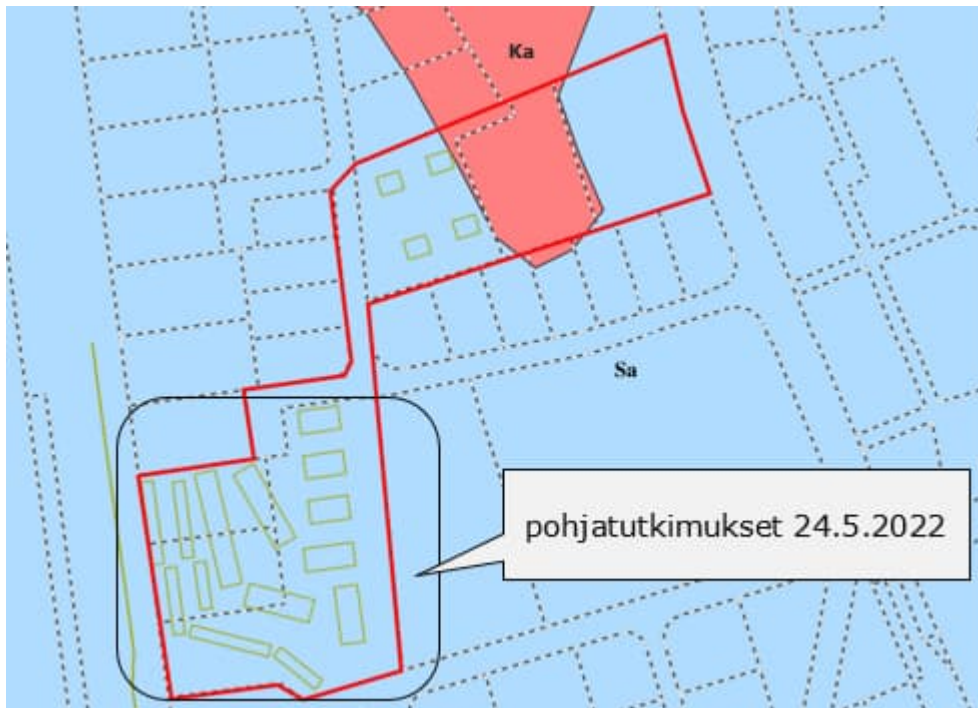


1.3 Pohjasuhteet

Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkarttojen mukaan tarkasteltavan alueen maaperä on lähes kokonaan savea. Pohjoisesta Stenbackan puistoalueelle ulottuva kalliomaa sijoittuu hahmotellun (03.05.2022) rakennusmassoittelun itäpuolelle.

Kaavan suunnittelualueella on tämän selvityksen yhteydessä toteutettu pohjatutkimuksia Kyrölän LP-alueella. Pohjatutkimusten ohjelmoinnin suoritti Sitowise Oy ja varsinaiset tutkimukset toteutti alikonsulttityönä Geopalvelu Oy toukokuussa 2022. Tutkimus sisälsi 7 painokairausta, 2 siipikairausta sekä maanäytesarjan. Kokonaisuuden perusteella voidaan muodostaa kattava näkemys alueen maaperän olosuhteista myös tärinän- ja runkomelunhallinnan näkökulmasta. Pohjatutkimusraportti on esitetty liitteessä 2.

Kuvassa 2 on esitetty alueen maaperäkartta (GTK), tuleva rakennusmassoittelu (ruskealla) ja toukokuussa suoritettujen uusien maaperätutkimusten sijainti.



Kuva 2. Alueen maaperä 2 m syvyydellä (pohjamaalaji). Geologian tutkimuskeskus.

Nyt suoritettujen pohjatutkimusten tutkimuspisteiden mukaan maanpinta viettää tutkimusalueella lievästi etelään ja maanpinta on noin tasolla +46.6...+47.6. Kasvukerroksen alapuolella todettiin 2,0...5,8m paksuinen koheesiomaakerros, jonka tiiveys vaihtelee erittäin löyhästä löyhään. Koheesiomaakerroksen alla on siltistä ja hiekasta koostuva 0,7...2,9 m paksu kerros, jonka alapuolella moreenia noin 2,8...7.2 m syvyydestä maanpinnasta.



Kairaukset ovat päättyneet tasovälille +38,3...+44,1 m eli noin 3,5...8,2 m syvyydelle maanpinnasta kiveen, lohkareeseen tai kallioon. Alueella oleva luonnollinen perusmaa todettiin routivaksi.

Suunnitteilla oleva rakennusmassa sijoittuu kokonaisuudessaan savipatjan päälle, jonka tiiveys vaihtelee. Aluetta voidaan kuvata otolliseksi tärinän leviämiseksi.

1.4 Värähtelyn lähteet

Suunnittelualueelle vaikuttava suurin tunnistettu maaliikenteen värähtelyn lähde on Helsinki-Tampere päärata. Pääradan liikenne on erittäin vilkasta ja monimuotoista. Junien ohituksia tapahtuu suunnittelualueen kodalla vähintään useita kymmeniä vuorokaudessa.

Nopeuskaavioiden mukaan suunnittelualueen kohdalla on 100 km/h nopeusrajoitus tavarajunille akselipainojen 200-250 kN välillä. < 200 kN akselipainoisille tavarajunille rajoitus on 120 km/h. Kallistuvakorille henkilöjunakalustolle rajoitus on 200 km/h ja tavanomaiselle kalustolle 170 km/h.

Pasila-Riihimäki välityskyvyn nostaminen vaihe 2. ratasuunnitelmassa suunnittelualueen kohdalle esitetään kahta uutta lisäraidetta nykyisten raiteiden länsi- ja itäpuolelle. Ratasuunnitelman suunnitteluperusteissa välille Kerava-Jokela kaikkien raiteiden tavoitenoiteudeksi on esitetty 200 km/h paitsi reunimmaisten raiteiden tavoitenoiteutena on 160 km/h.

Uusille raiteille on esitetty ratasuunnitelmassa pohjanvahvistamisratkaisuja, joilla oletettavasti on tärinäongelmaa vähentävä vaikutus ainakin uusien raiteiden osalta.

Toisin sanoen, vaikka pääradan itäpuolelle sijoittuva uusi raide tulee lähemmäs suunnittelualueutta, voidaan sen perustamisratkaisun vähentävän raiteelta tulevaa tärinää niin paljon, että nykyiset raiteet tuottavat suurimman tärinärasituksen alueelle myös tulevaisuudessa. Toisaalta mahdollinen nopeudennosto (170 → 200 km/h) olemassa olevilla raiteilla voi lisätä lievästi tärinärasitusta.

2 Laskentaperusteet ja ohjearvot

2.1 Liikennetärinän ja runkomelun synty

Liikennetärinä koetun ilmiön aiheuttaa liikenneväylän epätasaisuus tai väylän pintaan kulkuneuvosta aiheutuvat muodonmuutokset. Liikennöintivälineen, liikennöintiväylän ja liikennöintiväylän alla olevan maaperän vuorovaikutuksessa maaperä joutuu värähtelytilaan, jonka ilmenemisen ihminen havaitsee tarkastelupisteessä liikennetärinä tai runkomeluna. Liikennetärinästä puhutaan, kun tärinää aiheuttavan värähtelyn taajuustaso sijoittuu pääosin ihmisen kuulokynnyksen alapuolelle. Tällöin ihminen aistii ilmiön joko rakennuksen tai rakenteiden pienenä epämiellyttävänä liikkeenä eli liikennetärinä.



Liikennetärinähaitat ovat tyypillisiä pehmeikköalueiden ongelmia ja niitä voidaan tarkastella joko asumismukavuuden tai rakenteiden kestävyuden kannalta. Tyypillisesti liikennetärinän vaikutukset rajoittuvat asumismukavuuden heikentymiseen. Tarkasteltavana suurena toimii asumismukavuuden osalta värähtelyn tehollisarvo ja sen tilastollinen esitys $v_{w,95}$.

Runkomelulla puolestaan tarkoitetaan suuremmilla taajuuksilla, yleensä jäykemmässä maaperässä, etenevää värähtelyä, joka rakennukseen siirryttyään säteilee huoneiden pinnoista ihmisen kuultavissa olevana meluna. Kummankin ilmiön syntytyyppi ja siirtyminen maaperässä on siis samankaltainen. Runkomelun osalta tarkasteltava suure L_{ASmax} on A-painotettu enimmäisäänitaso slow-aikavakiolla tai sen tilastollinen arvo L_{prm} .

Liikennetärinän ja runkomelun arviointiin hyödynnetään ja vaatimuksien ja ohjearvojen perusteena käytetään yleisesti VTT:n ohjeistuksia, jotka ovat yhdenmukaisia "Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä, 2018" ohjeen kanssa. Ohje perustuu Ympäristöministeriön asetukseen 796/2017 rakennuksen ääniympäristöstä.

2.2 Tärinä ja asumismukavuus

Julkaisussa *Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius* esitetään kolme eri tarkastelutasoa käytettäväksi eri olosuhteissa:

1. Alustava juna- ja maaperätietoihin perustuva rajausta perustuen puoliempiiriin laskentakaavoihin.
2. Tarkennettu tärinämittauksiin perustuva rajausta, joka perustuu tunnetusta junaliikenteestä mitattuun maaperän värähtelyyn
3. Rakennuksessa esiintyvän värähtelyn arviointi, jolloin arvioidaan tarkat vaikutukset alueella olevaan tai suunniteltavaan rakennuskantaan.

Asumismukavuuden osalta tämä tärinäselvitys on laadittu 2. tarkastelutason mukaisesti. Lisäksi värähtelyn siirtymistä rakennuksiin ja vahvistumista on yleisen voimistumisen periaatteen perusteella.

Tärinän asumismukavuuden häiritsevyyden arviointiin käytetään VTT:n julkaisussa "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" esitettyä rakennusten värähtelyluokitusta, mikä on esitetty taulukossa 1. Ympäristöministeriön ohjeessa rakennuksen ääniympäristöstä esitetyt asuntojen, majoitus- ja potilashuoneiden tärinän ohjearvot vastaavat VTT esittämää luokkaa C.

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksista.

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 värähtelyt, 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 värähtelyn taajuuspainotettuihin tehollisarvoihin ja niiden perusteella laskettuun keskiarvoon ja hajontaan seuraavasti:

$V_{w, 95} = 15$ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo + $1,8 \times$ tapahtumien keskihajonta.

Taulukoituja tunnuslukuja sovelletaan asuinrakennuksille.

2.3 Rakenteiden vaurioitumisalttius

Tärinän vaikutusta suunnittelualueen rakenteeseen ja niiden kestävyden voidaan arvioida VTT:n tutkimusraportin "Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius" mukaisesti. Tutkimusraportin mukaiset tärinäalueiden rajat ja kuvaukset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tärinäalttiusluokat rakenteiden tärinän arvioinnin kannalta.

Tärinä-alueet	Kuvaus	Hallitseva taajuus, Hz	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

Vaurioitumisalttiuden tarkastelusuurena on suurimman värähtelytapahtuman aiheuttaman tärinäaallon heilahdusnopeuden huippuarvo V_{max} .

2.4 Runkomelu

Suunnittelualueen tulevien rakennuksien mahdollisesti havaittavia runkomelutasoja on arvioitu VTT:n tiedotteessa "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" esitettyllä laskennallisella menetelmällä.



Taulukossa 3 on esitetty VTT esiselvityksessä *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* annetut ohjearvot runkomelusta eri tapauksissa. Ympäristöministeriön ohjeessa rakennuksen ääniympäristöstä esitetyt asuntojen, majoitus- ja potilashuoneiden runkomelun ohjearvot vastaavat VTT esittämiä arvoja. Tässä selvityksessä käytetään A-painotettua ohjearvoa $L_{pr,m} \leq 35$ dB.

Taulukko 3. Runkomelulle sallitut tilastolliset enimmäisäänitasot.

Rakennustyyppi	$L_{pr,m}$ [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25-30
Asuinhuoneistot	30/35 ²
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat, potilashuoneet, majoitustilat päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet	30/35 ²
Kokoontumis- ja opetustilat, luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huoneet, 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.

3 Tärinämittaukset

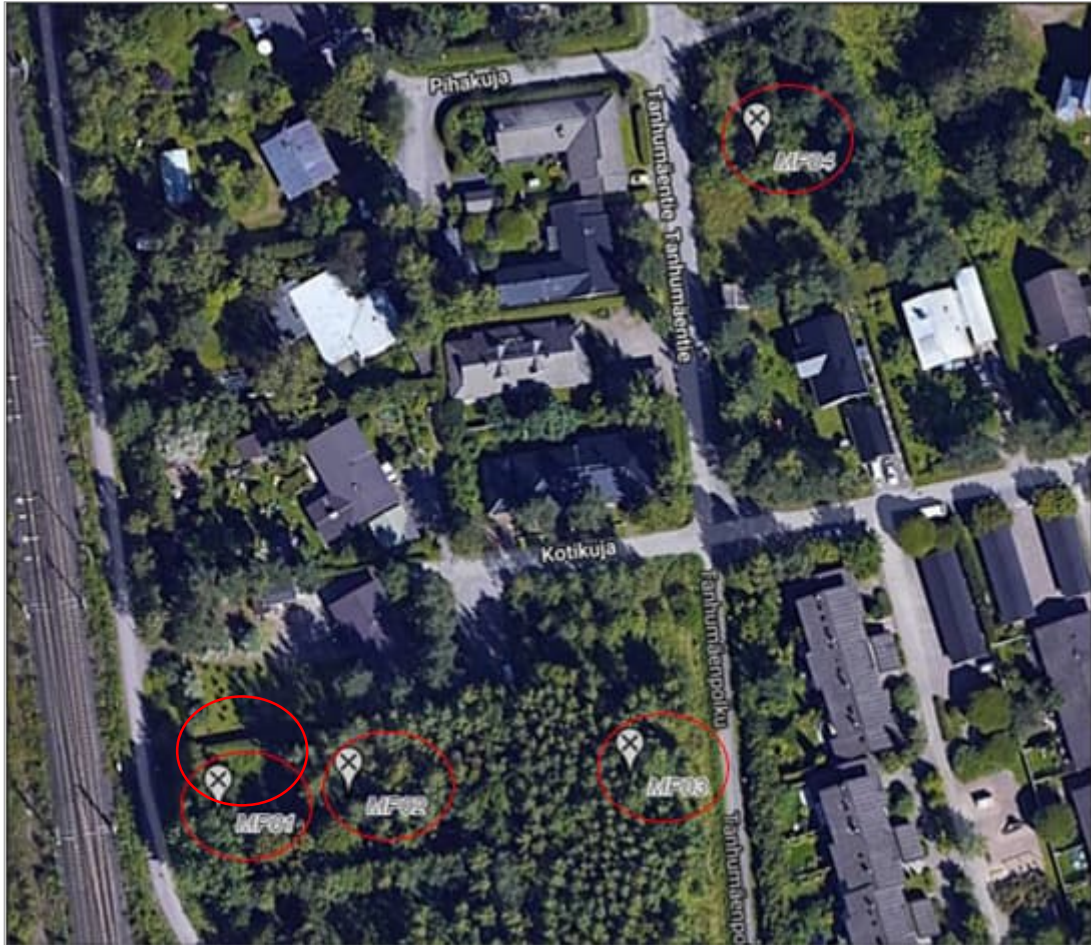
Alueella toteutettiin tärinämittaukset neljässä pisteessä aikavälillä 14.04.2022-22.04.2022. Tärinämittauksen toteutti Sitowise Oy:n alikonsulttina Suomen Louhintakonsultit Oy. Kolme mittauspistettä (mp1-mp3) sijoitettiin radan läheisyyteen, Kyrölän LP-alueelle, ja yksi mittauspiste (mp4) kauemmaksi Stenbackan puiston alueelle.

Radalla on tällä hetkellä voimassa väliaikainen 80 km/h nopeusrajoitus välillä 34+0-35+600 sähköratapylväiden perustusten ja paalutusten takia. Suunnitelualue sijoittuu väliaikaisen nopeusrajoituksen kohdalle, minkä takia raideliikenne ei edusta normaalitilannetta.

”Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius, VTT 2014” raportissa nopeudella on laskennallisessa arviossa suuri merkitys värähtelyn suuruudessa. Tähän perustuen nyt mitattu tärinän taso voi olla huomattavasti pienempi kuin mikä tilanne on alueella nopeusrajoituksen poistuttua.



Mittareiden sijoittelu tarkastelualueelle toteutettiin kuvassa 3 esitetyllä tavalla.



Kuva 3. Mittauspisteet alueella.

Mittaukset toteutettiin miehittämättömänä mittauksena VTT:n ohjeen "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista, VTT, 2005" mukaisesti. Tärinämittareiden tyyppinä olivat kolmiaksaalisesti mittaavat geofonit, jotka kiinnitettiin kaavan suunnittelualan maaperään maapiikeillä.

Lyhyin etäisyys suunnittelualan länsireunasta rautatieväylään on tulevaisuudessa 15-20 metriä riippuen toteuttavan lisäraiteen (Pasila-Riihimäki liikenteellisen välityskyvyn nostaminen vaihe 2.) täsmällisestä sijainnista. Tanhummäenpolun alueelta mittauspisteiden etäisyydet rataa olivat 25, 50 ja 100 metriä. Stenbackan puistoalueelta etäisyys oli 140 m.

Mittareiden rekisteröintikyky on 0,04 mm/s tehollisarvo ISO 2631-2 standardin mukaisesti taajuuspainotettuna. Maaperä oli mittausajankohdan alussa roudassa, mutta routa sulii mittausjakson aikana lähes kokonaan. Mittauskonsultti valitsi tuloksista 15 merkittävintä raideliikenteestä aiheutuvaa tapahtumaa mittauspistekohtaisesti ja suoritti tunnuslukujen määrittämisen.



Mittareiden asennus ja purkuhetkellä alueella ei huomattu mittaustulosten luotettavuuteen vaikuttavia tapahtumia. Muuten mittausta ei mittausaikavälillä valvottu tai tarkkailtu tuloksia aiheuttavaa liikennettä.

Suurimmat värähtelyvasteet aiheutuivat tasaisesti eri junatyypeistä. Huomattavimmat vasteet aiheuivat mittauspisteissä mp1-mp3 junista T3493 (19.4), IC29 (20.4), T3764 (16.4), T3188 (17.4) ja IC273 (22.4). Mittauspisteessä mp4 värähtelyvasteita nauhoitettiin vain tavarajunista. Suurimmat tulokset aiheutuivat junista T3764 (16.4), T3495 (21.4) ja T3766 (22.4).

4 Tulokset ja niiden käsittely

4.1 Asumismukavuus

Tunnuslukulaskentaan liittyvät laskentaparametrit ja värähtelyluokitus on esitetty taulukossa 4. Hallitseva taajuus on keskiarvo merkitsevimmistä mitatuista tuloksista.

Mittaustuloksista valittiin tyypillistä liikennettä edustamaan 15 suurinta tapahtumaa, joiden jokainen komponentti arvioitiin erikseen. Mittauspisteen luokitus on suurimman tilastollisen arvon antaneen (lihavoitu taulukossa) suuntakomponentin luokitus.

Taulukko 4. Asumismukavuuden tunnusluvut ja värähtelyluokka.

mp	etäisyys rautatiehen [m]	suurin tapahtuma (mm/s) $V_{w,rms,max}$	$V_{w,95}$ (mm/s)	hallitseva taajuus (Hz)	luokitus
1V	25	0,15	0,14	28	B
1L	25	0,53	0,45	42	D
1T	25	0,20	0,21	36	C
2V	50	0,13	0,12	24	B
2L	50	0,17	0,17	14	C
2T	50	0,19	0,22	15	C
3V	100	0,04	0,03	39	A
3L	100	0,08	0,07	32	A
3T	100	0,13	0,12	34	B
4V	140	0,06	0,05	11	A
4L	140	0,13	0,13	9	B
4T	140	0,13	0,13	9	B
V = pystysuunta T = kohtisuoraan väylästä L = väylän suuntaisesti					

Suunnittelualueen luokitus on Lepolan LP-alueen kohdalla välillä B-D. Luokitus D on voimassa mittauspisteessä mp1, joka on sijoitettu lähimmäksi rataa eikä



sen kohdalle olla sijoittamassa rakennusmassoitteluluonnoksen (Järvenpään kaupunki, 3.5.2022) asuinrakennuksia.

Asuinrakennuksien kohdalla luokitus on B (mp3) *"Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset voivat havaita värähtelyt, mutta ne eivät ole häiritseviä)"* tai C (mp2) *"Suositus uusien rakennusten ja väyläsuunnittelussa (Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)"*.

Stenbackan puiston mittauspisteessä (mp4) luokitus on B.

4.2 Rakenteiden vaurioitumisalttius

Rakenteiden vaurioitumisen mahdollisuutta ei suunnittelualueella ole käytännössä olemassa värähtelyn pienen tason takia. Vaurioitumiseen vaaditaan huomattavasti suurempaa värähtelytasoa kuin asumismukavuuden merkittävään heikentymiseen.

Taulukossa 5 on esitetty mittausten perusteella arvioidut tärinäalueen luokitukset, joita voidaan käyttää arvioitaessa rakennuksen vaurioitumisalttiutta.

Taulukko 5. Tärinäalueen luokitus mittauspisteittäin, vaurioitumisalttius.

mp	etäisyys rautatiehen [m]	suurin tapahtuma (mm/s) V_{max}	hallitseva taajuus (Hz)	luokitus
1V	25	0,51	28	E
1L	25	1,85	42	E
1T	25	0,96	36	E
2V	50	0,40	24	E
2L	50	0,50	14	E
2T	50	0,49	15	E
3V	100	0,12	39	E
3L	100	0,28	32	E
3T	100	0,37	34	E
4V	140	0,24	11	E
4L	140	0,31	9	E
4T	140	0,32	9	E
V = pystysuunta T = kohtisuoraan väylästä L = väylän suuntaisesti				

Tarkastelusuureena on suurimman mitatun värähtelytapahtuman heilahdusnopeuden huippuarvo. Luokitus on vaurioitumisalttiuden osalta koko alueen osalta paras mahdollinen E, jolloin *"Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta"*.



4.3 Värähtelyn siirtyminen rakennukseen ja voimistuminen

Tärinän arviointi suunnitteluvaiheessa olevassa rakennuksessa perustuu maaperän värähtelyn perustukseen siirtymisen tehokkuuden arviointiin sekä värähtelyn voimistumiseen rungossa ja välipohjissa. Tässä tapauksessa mittauspisteet olivat suorassa yhteydessä maaperään maapiikeillä kiinnitettynä. Värähtelyn oletetaan siirtyvän maaperästä täydellä vaikutuksella rakennuksen perustukseen. Todennäköisesti vaimenemista tapahtuu siirtymisessä, joten arvio on varmalla puolella. Tarkasteltavaksi jää siis mahdollinen voimistuminen rungossa ja välipohjissa.

Rungon ja välipohjien ominaisuuksien takia perustuksesta runkoon ja lattioihin siirtyvä värähtely voimistuu ja vaimenee taajuuskaistoittain. Värähtelyn ja tärinän voimistumista voidaan arvioida esimerkiksi VTT:n julkaisussa "Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius" esitetyn menetelmän avulla. Julkaisussa värähtelyn voimistumista rakennuksessa voidaan arvioida suurennuskertoimella. Menetelmä sopii käytettäväksi erityisesti silloin rakenteiden värähtelyä ei ole mahdollista mitata tai värähtelyn taajuussisältöä ei tarkemmin tarkastella.

VTT:n tutkimusten mukaan vain harvoin värähtely voi voimistua tällä menetelmällä saatua arvoa suuremmaksi. Taulukossa 7 on esitetty VTT:n mukaiset värähtelyn vahvistumiskertoimet.

Taulukko 6. Värähtelyn vahvistumiskertoimet.

Rakennusosa	Värähtelyn suunta	Suurennuskerroin 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

Taulukoissa 8 ja 9 on esitetty tarkasteltavien mittauspisteiden tunnusluvut ja luokitukset voimistumisen jälkeen. Pystysuuntaisen värähtelyn suurennuskertoimenä on aina k_B 3 perustuen välipohjien resonanssin mahdollisuuteen. Tässä selvityksessä vaakasuuntaisen värähtelyn suurennuskerroin on myös 3 koska suunniteltavien rakennusten kattotaso on enintään kahden kerroksen korkeudessa.



Taulukko 7. Värähtelyn vahvistuminen pystysuunnassa.

mittauspiste	$v_{w,95}$ (mm/s) pystysuunta	luokitus ilman voimistumista	$v_{w,95}$ (mm/s), voimistuminen 3x, pystysuunta	luokitus voimistumisen jälkeen
mp1	0,14	B	0,42	D
mp2	0,12	B	0,36	D
mp3	0,03	A	0,09	A
mp4	0,05	A	0,15	B

Taulukko 8. Värähtelyn vahvistuminen vaakasuunnassa.

mittauspiste	$v_w, 95$ (mm/s) kohtisuoraan	$v_w, 95$ (mm/s) radan suuntaan	luokitus ilman voimistumista	$v_{w,95}$ (mm/s), voimistuminen 3x, vaakasuunta	luokitus voimistumisen jälkeen
mp1	0,21	0,45	D	1,35	D+
mp2	0,22	0,17	C	0,66	D+
mp3	0,12	0,07	B	0,36	D
mp4	0,13	0,13	B	0,39	D

Värähtelyn voimistumisen arvioinnin jälkeen tilanne luonnollisesti heikkenee. Alapuolella on esitetty tilanne vahvistumisen arvioinnin jälkeen.

mp1

pystysuunta: Mahdollisen voimistumisen jälkeen värähtelyn taso ylittää C-luokan ylärajan arvon 0,30 mm/s ja luokitus on D. Mittauspisteen mp1 etäisyydelle radasta ei olla rakennusmassoittelun mukaan sijoittamassa asuinkäyttöön tulevia rakennuksia, joten luokitus D on käytökelpoinen.

vaakasuunnat: Mahdollisen voimistumisen jälkeen värähtelyn taso ylittää D-luokan ylärajan arvon 0,6 mm/s ja luokitus on D+. Mittauspisteen mp1 etäisyydelle radasta ei olla rakennusmassoittelun mukaan sijoittamassa asuinkäyttöön tulevia rakennuksia, joten luokitus D+ on käytökelpoinen.

mp2

pystysuunta: Mahdollisen voimistumisen arvioinnin jälkeen värähtelyn taso ylittää C-luokan ylärajan arvon 0,30 mm/s ja luokitus on D, mitä ei voi suositella uudelle asuinalueelle. Voimistumisen mahdollisuutta voidaan vähentää valitsemalle välipohjiin rakenteita, joiden ominaistajuudet poikkeavat mittauspisteen värähtelyjen hallitsevasta 24 Hz taajuudesta. Asia suositellaan huomioimaan rakennesuunnittelun yhteydessä.

vaakasuunnat: Mahdollisen voimistumisen arvioinnin jälkeen värähtelyn taso on yli 0,60 mm/s ja luokitus on D+, mitä ei voi suositella uudelle asuinalueelle. VTT



mukaan 1-2 kerroksisten rakennusten runkojen ominaistaajuudet ovat tyypillisesti välillä 6,3 Hz – 10 Hz. Mittauspisteessä mp2 vaakasuuntien hallitsevat taajuudet olivat välillä 14 Hz – 15 Hz, joten laskennallisesti tarkasteluna voimistumisen mahdollisuutta ei voida pitää suurena. Asia suositellaan huomioimaan rakennesuunnittelun yhteydessä.

mp3

pystysuunta: Mahdollisen voimistumisen arvioinnin jälkeen värähtelyn taso on alle 0,10 mm/s ja luokitus on edelleen paras mahdollinen A. Pystysuuntaista maaperän värähtelyä ei näiden mittausten perusteella ole tarpeellista huomioida mittauspisteeseen mp3 läheisyydessä.

vaakasuunnat: Mahdollisen voimistumisen arvioinnin jälkeen värähtelyn taso on yli 0,3 mm/s ja luokitus on D, mitä ei voi suositella uudelle asuinalueelle. VTT mukaan 1-2 kerroksisten rakennusten runkojen ominaistaajuudet ovat tyypillisesti välillä 6,3 Hz – 10 Hz. Mittauspisteessä mp2 vaakasuuntien hallitsevat taajuudet olivat välillä 32-34 Hz, joten laskennallisesti tarkasteltuna voimistumisen mahdollisuutta ei voida pitää suurena. Asia suositellaan huomioimaan rakennesuunnittelun yhteydessä.

mp4

pystysuunta: Mahdollisen voimistumisen arvioinnin jälkeen värähtelyn tunnusluku on 0,15 mm/s ja luokitus B. Pystysuuntaista maaperän värähtelyä ei näiden mittausten perusteella ole tarpeellista huomioida mittauspisteeseen mp4 läheisyydessä.

vaakasuunnat: Mahdollisen voimistumisen arvioinnin jälkeen värähtelyn tunnusluku on 0,39 mm/s ja luokitus D, mitä ei voi suositella uudella asuinalueella. VTT mukaan 1-2 kerroksisten rakennusten runkojen ominaistaajuudet ovat tyypillisesti välillä 6,3 Hz – 10 Hz. Mittauspisteessä mp4 vaakasuuntien hallitsevat taajuudet olivat 9 Hz, joten laskennallisesti tarkasteltuna voimistumisen mahdollisuus on olemassa. Asia suositellaan huomioimaan rakennesuunnittelun yhteydessä.

4.4 Runkomelu

Runkomelutarkastelu suoritetaan 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 taulukossa 9 käytetyt korjaustekijät.

Laskennallisesti suurimman runkomelurasituksen tuottaa IC-junatyypin nopeudeksi asetettiin 160 km/h, jota on käytetty myös ratasuunnitelman meluservelytystä varten hankituissa nopeustiedoissa.

Taulukko 9. Käytetyt korjaustekijät.

Korjaustekijä	Määrittely	Korjaustekijä, [dB]
Liikennetyyppi	Veturivetoiset junat	+ 11 dB
Ajonepeus	160 km/h (IC-juna)	+ 4 dB
Jousitus	Normaali jousitus	0 dB
Väylän kunto	Hyväkuntoinen rata	0 dB
Radan eristämistapa	Ei eristystä	0 dB
Väylän sijainti	Avorata	0 dB
Rakennuksen tyyppi	1-2 krs. asuinrakennus	-5 dB
Resonanssi	vakiokorjaus	+ 6 dB
Muunto äänenpainetasoksi	vakiokorjaus	-28 dB
Muunto A-painotetuksi äänenpainetasoksi	Alle 30 Hz (matala taajuusalue)	- 50 dB
Varmuusmarginaali	vakiokorjaus	+ 6 dB
$\Sigma\Delta L_{v,i}$		-56 dB

Tässä selvityksessä sovelletaan 35 dB runkomelun ohjearvoa majoitustiloille ja asuinhuoneistoille. Pääradan aiheuttama runkomelu vaimenee laskennallisen tarkastelun mukaan tasolle 35 dB noin 45 metrin etäisyydellä pääradasta. Koska ehdotettu rakennusmassoittelu sijoittuu lähimmilleen samalle etäisyydelle voidaan runkomelua pitää mahdollisena ongelmana.

Laskennallisessa arvioissa siirtoreitin maaperänä käytettiin savea. Riippuen suunnitteilla olevien rakennusten perustamistavoista, voi maaperän värähtelynjohtokyky myös parantua runkomelun taajuusalueilla. Tämä aiheuttaa laskennalliseen tarkasteluun epävarmuutta.



5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Järvenpään kaupungin tilauksesta arvioitiin Stenbackan ja Tanhumäenpolun asemakaavan suunnittelualueen tärinäolosuhteita. Selvitys käsitti valvomattomana toteutetun liikennetärinämittauksen aikavälillä 14.04.2022-22.04.2022 ja lisäksi laskennallisen runkomeluarvion kaavan suunnittelualueelle.

5.1 Liikennetärinä

Alueella on voimassa 80 km/h väliaikainen nopeusrajoitus kesäkuun 2022 loppuun, mistä johtuen nykyinen raideliikenne ja toteutettu tärinämittaus eivät edustaneet normaalia tilannetta. Tavaraliikenteen osalta tilanne oli jokseenkin normaali, mutta henkilöliikenne liikkui huomattavasti normaalitilannetta hitaammin, millä on todennäköisesti vaikutusta mitattuihin tuloksiin.

Mittaustuloksista johdettujen tunnuslukujen perusteella suunnittelualue kuuluu mittauspisteiden mp2-mp4 osalta heikoimmillaan värähtelyluokkaan C *"Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa"*. Mittauspisteessä mp1, joka sijoitettiin lähelle rataa ja jonka kohdalle ei olla sijoittamassa asuinrakennuksia, luokitus on D *"Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla"*.

Näin ollen suositusarvo $v_{w,95} < 0,3$ mm/s; luokka-C raja-arvo) ei ylity kaavan suunnittelualueella missään kohdassa, johon on suunnitteilla rakennuksia ja tärinän voimistumista ei huomioida.

Mikäli suunnitteilla olevissa rakennuksissa mahdollisesti tapahtuva tärinän voimistuminen huomioidaan, ylitetään luokan D raja-arvo 0,6 mm/s mittauspisteissä mp1 ja mp2. Luokitus on tällöin D+, joka on heikompi kuin D. Mittauspisteissä mp3 ja mp4 luokan C raja-arvo ylitetään niukasti ja luokitus on voimistumisen jälkeen D.

Luvussa 4.3 on kuvattu yksityiskohtaisemmin värähtelyn voimistumista rakennuksissa ja miten siihen voidaan vaikuttaa.

Rakenteiden vaurioitumisen osalta riski on lähes olematon ja suunnittelualue kuuluu kokonaisuudessaan luokkaan E *"Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista"*.

5.2 Runkomelu

Runkomelun osuus kaavan suunnittelualueen värähtelyolosuhteisiin tarkasteltiin laskennallisesti pääradan osalta. Pääradan liikenteestä aiheutuva runkomelu vaimenee laskennallisesti ohjearvon 35 dB alle noin 40-45 m etäisyydellä radasta.

Lähimmät rakennukset ovat likimain samalla etäisyydellä radasta, joten runkomelu on huomioitava rakennusten ja alueen jatkosuunnittelussa.



5.3 Suositukset kaavamääräyksiksi ja ohjeita jatkosuunnitteluun

Pääradan läheisyyden vuoksi suositellaan kaavan suunnittelualueelle antamaan kaavamääräykset, joissa rakennukset velvoitetaan toteuttamaan tärinä ja runkomelu huomioiden. Määräys olisi hyvä ulottaa koskemaan myös Stenbackan puiston aluetta, missä todennäköisyys tärinäongelmalle on pieni, mutta ongelma voi ilmetä värähtelyn mahdollisesti voimistuessa rakennuksessa.

Kaavamääräykset ja ohjeet jatkosuunnitteluun voivat olla esimerkiksi seuraavia:

Rautatieliikenteen aiheuttama tärinä tulee huomioida siten, että liikennetärinän tunnusluku $v_{w,95}$ ei ylitä luokan C raja-arvoa 0,3 mm/s asuinrakennuksissa.

Rautatieliikenteen aiheuttama tärinä tulee huomioida siten, että runkomelun L_{prm} tunnusluku ei ylitä A-painotettua raja-arvoa 35 dB asuinrakennuksissa.

Alueen suunnittelun edetessä tärinämittaukset suositellaan uusimaan nopeusrajoituksen poistuttua. Paras tarkkuus mittauksissa saavutetaan, kun mittausantureilla voidaan mitata värähtely esimerkiksi koepaalusta tai perustuksen alle tulevan massanvaihdon päälle sijoitetusta anturaa simuloivasta rakenteesta.

Tarvittaessa tärinää voidaan torjua rakennusten perustuksiin sijoittuvilla vaimennusratkaisuilla tai maaperään sijoitettavilla erilaisilla tärinäseinillä, jotka voidaan toteuttaa ainakin ponttiseinänä tai pilaristabiloimalla maaperää tärinälähteen ja rakennusten välillä.

Runkomelun osalta jatkosuunnittelussa on huomioitava lähinnä siirtoreitin mahdollinen jäykistyminen rakennusten perustamistapojen täsmentyessä, jolloin runkomelua aiheuttava värähtely etenee pidemmälle suunnittelualueella.

Tärinän ja runkomelun torjunta vaimennusratkaisuilla tai tärinäkatkoilla on tyyppillisesti rakennuskustannuksia huomattavasti lisäävä toimenpide, eikä siihen pitäisi ryhtyä ilman vankkoja perusteita ja tarkempaan mittaustietoon perustuvaa arviota.

6 Lähteet ja kirjallisuus

Törnqvist & Talja, A. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT.

Asko Talja. (2005). Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista. VTT.

Talja & Saarinen, A. 2009. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. VTT.

Talja & Törnqvist, J. 2014. Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisaltuus. VTT.

Talja & muut. 2008. Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi. VTT.

Ympäristöministeriö. 2018 Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä.



Liite 1: Mittauspisteet, tulokset ja runkomeluvyöhyke

Liite 2: Pohjatutkimusraportti

