Sitowise Oy / Vesa Vähäkuopus

Pohjoinen Puistoraitti 1 asemakaavamuutos, Iisalmi

Tärinä- ja runkomeluselvitys

Päiväys	4.9.2026, ver 3
Tekijä	Vesa Vähäkuopus
Tarkastaja	Vesa Vähäkuopus
Projektinumero	12034408

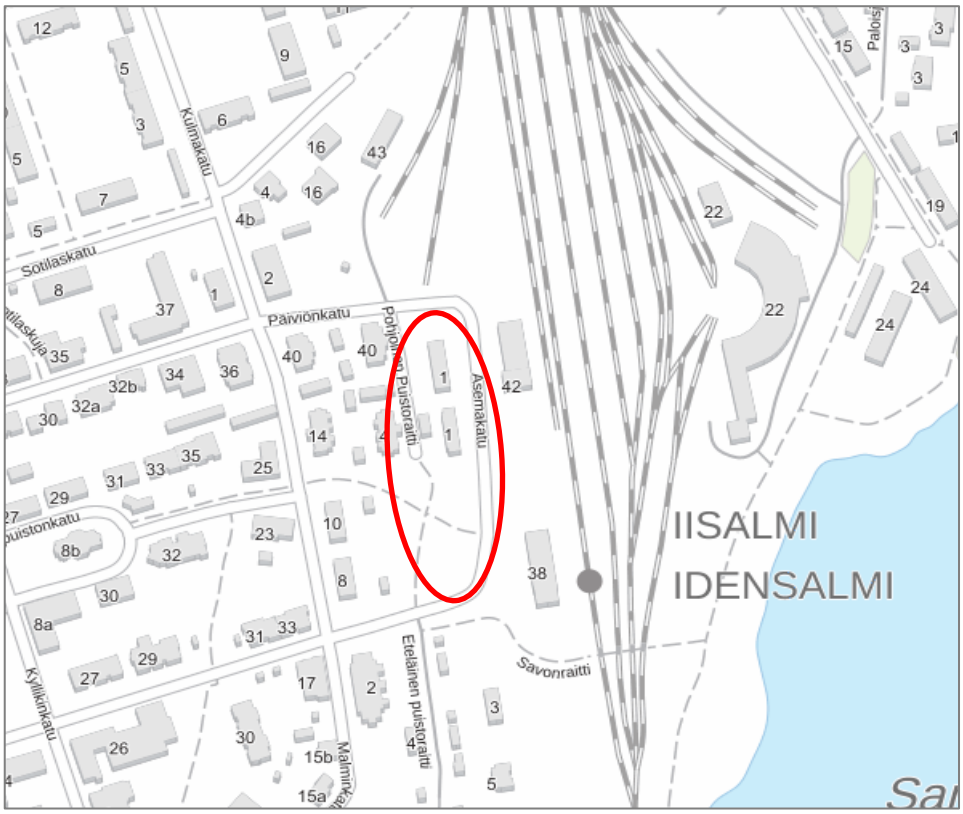
Sisällys

1 Taustatiedot 2
1.1 Kohde 2
1.2 Työn tavoite 2
1.3 Laatinut 2
2 Lähtötiedot 3
2.1 Pohjasuhteet 3
2.2 Liikennetiedot 3
3 Menetelmät ja laskentaperusteet 3
3.1 Tärinän synty 3
3.2 Tärinän häiritsevyys 4
3.3 Tärinän arviointi rakenteiden vaurioitumisriskin kannalta 5
4 Liikennetärinämittaukset 5
4.1 Mittausjärjestelyt 5
4.2 Liikennetärinän tulokset ja niiden käsittely 7
5 Runkomelu 8
5.1 Laskennallinen arviointi 8
5.2 Runkomelun laskennallisen arvion tulokset 10
6 Tulosten tulkinta ja johtopäätökset 10
7 Lähteet 11

1 Taustatiedot

1.1 Kohde

Iisalmen 1. kaupunginosan korttelin 81 sekä puisto- ja katualueella on käynnissä asemakaavan muutostyö (AK 389). Suunnittelualue sijaitsee Iisalmen rautatieaseman läheisyydessä, keskustan itäpuolella. Kaavamuutoksen tavoitteena on muun muassa mahdollistaa vanhojen kasarmirakennusten käyttötarkoituksen muuttaminen asuinkäyttöön sekä selvittää mahdollisen uuden asuinrakennuksen toteutusmahdollisuus toisen kasarmirakennuksen tilalle. Kohteen katuosoite on Pohjoinen Puistoraitti 1.



Kuva 1. Kaavan suunnittelualueen likimääräinen sijainti.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on tarkastella alueen tärinä- ja runkomelutasoja asemakaavatyön tueksi.

1.3 Laatinut

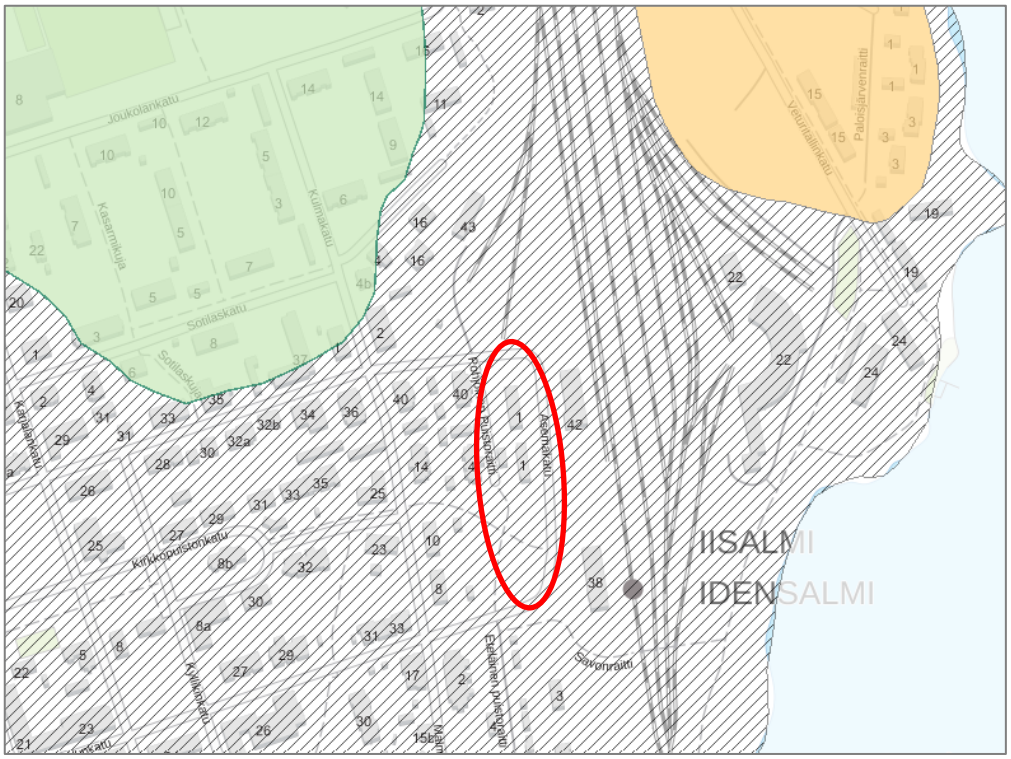
Sitowise Oy
Helsinginkatu 15, 20500 Turku
+358 20 747 6000 | vaihde

Ellinoora Kuusela	Ins. AMK, tärinäasiantuntija
puh	+358 44 427 9606
email	ellinoora.kuusela@sitowise.com
Vesa Vähäkuopus	DI, laaduntarkastaja
puh	+358 44 427 9590
email	vesa.vahakuopus@sitowise.com

2 Lähtötiedot

2.1 Pohjasuhteet

Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartoissa alue on kartoittamatonta pintamaata. Lähimpien tiedossa olevien maaperätietojen mukaan alueen maaperä on hiekkaa ja hiekkamoreenia ja maakerroksen paksuus on 1–2 metriä.



Kuva 2. Tarkastelualueen maaperäolosuhteet.

2.2 Liikennetiedot

Alueen merkittävin tiedossa oleva värähtelylähde on tarkastelualueen itäpuolella kulkevat Iisalmen teollisuusraiteet sekä viereisen rautatieaseman muu junaliikenne. Rautatien etäisyys suunnittelualueen rakennuksista on noin 65 metriä.

3 Menetelmät ja laskentaperusteet

3.1 Tärinän synty

Tärinänä 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 liikennetärinänä. Rakennusten kohdalla värähtely siirtyy rakennuksen perustusten kautta runkoon ja lattioihin, joissa vaimenemista ja voimistumista voi tapahtua.

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

3.2 Tärinän häiritsevyys

Tärinän häiritsevyyden arviointiin käytetään VTT:n julkaisussa *"Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT Working Papers 50, Espoo 2006"* esitettyä rakennusten värähtelyluokitusta (Taulukko 1):

Taulukko 1 Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta, VTT 2006.

Värähtely-luokka	**Kuvaus värähtelyolosuhteista**	vw,95 (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä)	≤ 0,10
B	Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset voivat havaita värähtelyt, mutta ne eivät ole häiritseviä)	≤ 0,15
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa (Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	≤ 0,30
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla (Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	≤ 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 x 15 suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta.

Taulukoituja tunnuslukuja sovelletaan asuinrakennuksille.

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

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

Tämä selvitys on laadittu 2. tarkastelutason mukaisesti, mutta epävarmuuden vähentämiseksi mittaukset on suoritettu vertailurakennusten perusmuureista eikä maaperästä.

3.3 Tärinän arviointi rakenteiden vaurioitumisriskin kannalta

VTT:n tutkimusraportissa ”*Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius”* esitetään taulukossa 2 esitetyt värähtelyrajat maaperälle.

Taulukko 2 Tärinäalttiusluokat rakenteiden tärinän arvioinnin kannalta.

Tärinäalueet	**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	3
		10…20	4,2
		20…50	6
		yli 50	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	1-3
		10…20	1,4–4,2
		20…50	2-6
		yli 50	2,4–7,2
E	Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta.	alle 10	alle 1
		10…20	alle 1,4
		20…50	alle 2
		yli 50	alle 2,4

Yllä olevan taulukon perusteella voidaan todeta, että rakenteiden vaurioituminen tapahtuu huomattavasti suuremmilla värähtelytasoilla, kuin millä asumismukavuus häiriintyy. Toisin sanoen, mikäli asumismukavuus sijoittuu värähtelyluokitusten A-D välille, ei myöskään rakenteiden vaurioitumisen mahdollisuutta ole käytännössä olemassa.

4 Liikennetärinämittaukset

4.1 Mittausjärjestelyt

Alueella toteutettiin liikennetärinämittaukset viidessä mittauspisteessä aikavälillä 5.6.-15.6.2026. Tärinämittauksen toteutti Sitowise Oy:n alikonsulttina Forcit Consulting Oy.

Mittaukset toteutettiin miehittämättömänä mittauksena VTT:n ohjeen ”*Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT, 2005*” mukaisesti. Tärinämittareiden tyyppinä olivat kolmiaksiaalisesti mittaavat geofonit, jotka sijoitettiin olemassa olevien kahden rakennuksen perusmuureihin ja lattiapintoihin sekä maaperään. Tuloksista valittiin edustaviksi 15 merkittävintä tapahtumaa mittauspistekohtaisesti. Tämän jälkeen suoritettiin tunnuslukujen määrittäminen.

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

Mittareiden sijoittelu tarkastelualueelle toteutettiin seuraavasti:

Mp1	Savonkatu 39 sokkeli	[509900, 7048105] TM35
Mp2	Savonkatu 39 lattia	[509899, 7048114] TM35
Mp3	Pohjoinen Puistoraitti 1 sokkeli	[509892, 7048177] TM35
Mp4	Pohjoinen Puistoraitti 1 lattia	[509889, 7048174] TM35
Mp5	Pohjoinen Puistoraitti 1 maaperä	[509878, 7048136] TM35

Kuva 3. Mittauspisteet VE0 kaavaluonnoskartalla.

Etäisyyttä rautatieväylään Mp1-Mp4 pisteistä on noin 62…64 metriä, ja Mp5 osalta noin 85 metriä. Mikäli Savonkatu 39 rakennuksen tilalle päätetään rakentaa uudisrakennus VE1 ja VE2 vaihtoehtojen mukaisesti, tulee rakennuksen etäisyys lähimpään raiteeseen olemaan likimäärin sama kuin nykyisen rakennuksen. Näin ollen mittaustuloksia voidaan käyttää myös mahdollisia VE1 ja VE2 tilanteita arvioitaessa.

4.2 Liikennetärinän tulokset ja niiden käsittely

Mittaustuloksista valittiin tyypillistä liikennettä edustamaan 15 tapahtumaa, joiden jokainen komponentti arvioitiin erikseen. Tapahtumat todettiin junista aiheutuneiksi mittaussignaalien muodon ja Digitraffic-rajapintapalvelun aikataulutietojen perusteella.

Asumismukavuutta tarkasteltiin värähtelyn taajuuspainotetulla (ISO2631-2) tehollisarvolla. Mittaustuloksista valittiin tyypillistä liikennettä edustamaan 15 suurinta tapahtumaa, jotka ylittivät mittausanturin rekisteröintikynnyksen 0,04 mm/s.

Mittauspisteen suurimman tunnusluvun omaava komponentti on määräävä ja määrittää mittauspisteen luokituksen. Mittauspisteen hallitseva taajuus on suurimman mittaustuloksista todennetun junan ohituksen hallitseva taajuus.

Tunnuslukulaskentaan liittyvät laskentaparametrit ja asumismukavuusluokitus on esitetty oheisessa taulukossa (taulukko 3).

Taulukko 3 Asumismukavuuden tunnusluvut ja mittaustulokset mittauspisteittäin.

Mittauspiste	Etäisyys rautatiehen	Suurin tapahtuma (mm/s)	Keskiarvo (mm/s)	Keskihajonta (mm/s)	vw,95 (mm/s)	Hallitseva taajuus (Hz)	Luokitus
1V	64	0,12	0,10	0,01	**0,12**	8	**B**
1L	64	0,12	0,06	0,02	0,09	5	A
1T	64	0,09	0,07	0,01	0,08	5	A
2V	66	0,24	0,22	0,02	**0,24**	20	**C**
2L	66	0,17	0,07	0,03	0,12	5	B
2T	66	0,13	0,07	0,02	0,11	5	B
3V	64	0,13	0,09	0,01	**0,11**	10	**B**
3L	64	0,07	0,05	0,008	0,07	10	A
3T	64	0,07	0,05	0,007	0,07	10	A
4V	66	0,36	0,27	0,04	**0,34**	16	**D**
4L	66	0,07	0,05	0,01	0,07	25	A
4T	66	0,07	0,05	0,01	0,07	12,5	A
5V	84	0,09	0,07	0,007	**0,08**	6,3	**A**
5L	84	0,08	0,06	0,008	0,08	10	A
5T	84	0,09	0,07	0,009	0,08	12,5	A

V = pystysuunta

L = väylän suuntaisesti

T = kohtisuoraan väylästä

Savonkatu 39 rakennuksen osalta on lattiasta (mp2) mitattu asumismukavuuden värähtelyluokitus C, joka täyttää uudisrakentamisen asuinrakennuksille tavoiteltavan vaatimuksen liikennetärinän osalta. Perusmuurin (mp1) värähtelyluokitus on B.

Pohjoinen Puistoraitti 1 rakennuksen osalta uudisrakentamisen asuinrakennusten tavoitetaso ylittyy lattian mittauspisteessä hieman (mp4), värähtelyluokituksen ollessa D. Perusmuurissa (mp3) värähtelyluokitus on B.

Kummankin rakennuksen osalta pystysuuntainen värähtely näyttäisi voimistuvan selvästi siirryttäessä perustuksesta lattiarakenteeseen. Muissa suunnissa voimistuminen on vähäisempää.

Maaperän mittauspisteen osalta värähtelyluokitus on A.

5 Runkomelu

5.1 Laskennallinen arviointi

Runkomelun arviointi on laadittu VTT:n julkaisussa *"Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi"* 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 2:

$$L_v[dB] = 103 - 14 \cdot log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) - 0{,}8 \cdot \left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (2)$$

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

Arvio sisätilojen runkomelutasosta (L_{prm}) saadaan kaavasta 3:

$$L_{prm}[dB] = L_v[dB] + \Sigma\Delta L_{v,i}[dB] \quad (3)$$

jossa värähtelyn perustasoon lisätään liikenteestä riippuvat korjaustekijät koskien

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

Runkomelun arvioinnissa käytettiin seuraavia korjaustekijöitä ΔLv:

Taulukko 4 Käytetyt korjaustekijät runkomelun arvioinnissa.

Korjaustekijä	**Määrittely**	**Korjaustekijä, [dB]**
Liikennetyyppi	Veturivetoiset junat	+11 dB
Ajonopeus	40 km/h	- 8 dB
Kaluston ominaisuudet	Normaali jousitus	+ 0 dB
Väylän kunto	Hyväkuntoinen rata	+ 0 dB
Radan eristämistapa	Ei eristystä	+ 0 dB
Väylän sijainti	Avorata	+ 0 dB
Rakennuksen tyyppi	Puutalo 1-2 krs	- 5 dB
Rakenneosien resonanssi	Vakiokorjaus	+ 6 dB
Muutos äänenpainetasoksi	Vakiokorjaus	- 28 dB
Muutos A-painotetuksi äänenpainetasoksi	Värähtelyn hallitseva taajuus alle 30 Hz (perustuen tärinämittauksiin)	- 50 dB
Varmuusmarginaali	Ohjeen mukainen vakiokorjaus	+ 6 dB
∑ΔLv		- 68 dB

Saatua tulosta (kuva 4) verrataan julkaisussa "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT, 2009" esitettyihin suosituksiin runkomelutason ohjearvoista, jotka on esitetty alapuolen taulukossa 5.

Taulukko 5 Suositus runkomelutasojen ohjearvoiksi.

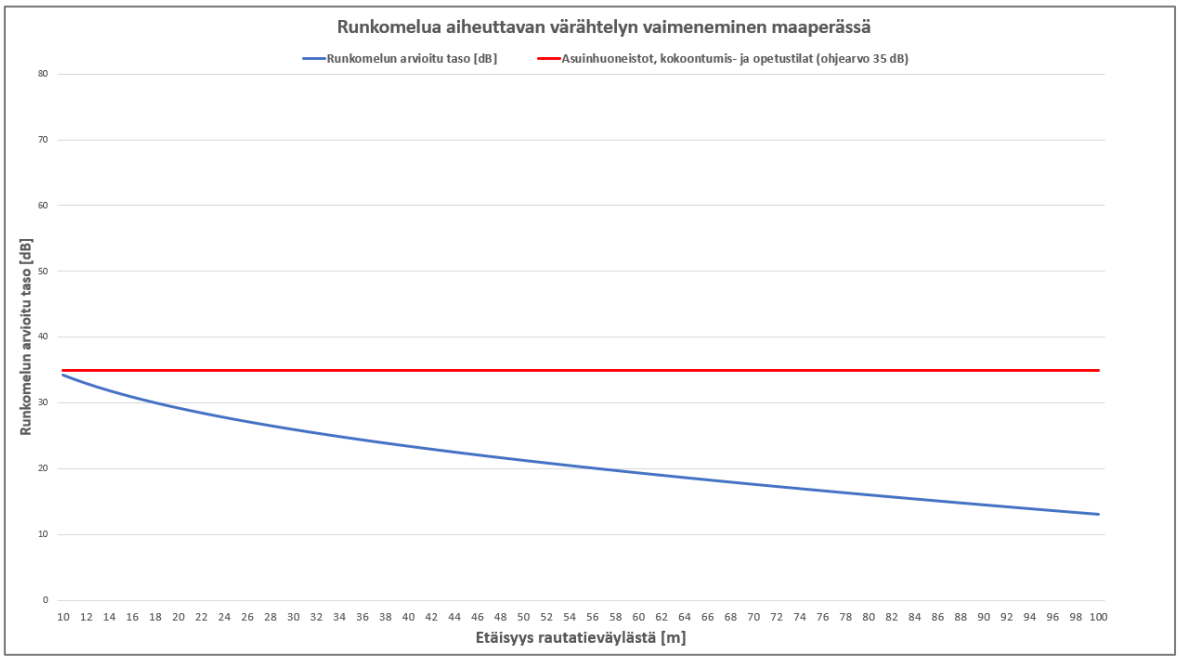
Rakennustyyppi	**Lprm [dB]**
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttisalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat, potilashuoneet, majoitustilat	30/35
päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet	
Kokoontumis- ja opetustilat, luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä,	35

muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot	
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45

Tässä selvityksessä sovelletaan 35 dB runkomelun ohjearvoa majoitustiloille ja asuinhuoneistoille. Samaa arvoa suositellaan käytettäväksi myös Ympäristöministeriön ohjeessa rakennuksen ääniympäristöstä.

5.2 Runkomelun laskennallisen arvion tulokset

Yllä esitetyn laskennallisen arvion mukaan runkomelun riskialueen leveys rautatieväylästä on noin 10 metriä. Riskialue kuvaa aluetta, jolla käytettävä ohjearvo voi mahdollisesti ylittyä. Asemakaavan muutosalueelle suunniteltavien rakennusten etäisyydellä radasta (~65 metriä) runkomelu arvioidaan laskennallisesti tasolle 18…20 dB, joka alittaa asuintilojen ohjearvon 35 dB selvästi. Runkomelun vaimeneminen maaperässä etäisyyden suhteen on esitetty alapuolen kuvassa 4. Laskennassa käytettiin 40 km/h ajonopeutta, perustuen havaintohistorian mukaisiin ajonopeuksiin.



Kuva 4. Runkomelun vaimeneminen maaperässä etäisyyden suhteen.

6 Tulosten tulkinta ja johtopäätökset

Kaavan suunnittelualueen liikennetärinätasoja selvitettiin suorittamalla liikennetärinämittaus suunnittelualueen rakennusten perusmuureista ja lattiatasolta sekä maaperästä. Mittauksen tarkoituksena oli selvittää alueen olemassa olevien rakennusten värähtelyolosuhteet sekä arvioida mahdollisen uudisrakennuksen värähtelyolosuhteita. Mikäli alueelle päätetään suunnitella uudisrakennus VE1 ja VE2 vaihtoehtojen mukaisesti, tulee rakennuksen etäisyys lähimpään raiteeseen olemaan likimäärin sama kuin nykyisen rakennuksen. Näin ollen voidaan arvioida, että nyt todetut tärinätasot vastaavat mahdolliseen uudisrakennukseen kohdistuvaa tärinätasoa.

Rakennusten värähtelyluokitus on Savonkatu 39 lattian mittauspisteen osalta C ($v_{w,95} \leq 0{,}30$ mm/s) ja Pohjoinen Puistoraitti 1 lattian mittauspisteen osalta D ($v_{w,95} \leq 0{,}60$ mm/s). Molempien rakennusten sokkelien mittauspisteissä värähtelyluokitus on B ($v_{w,95} \leq 0{,}15$ mm/s) ja maaperästä mitatussa mittauspisteessä luokitus on A ($v_{w,95} \leq 0{,}10$ mm/s).

Savonkatu 39 rakennuksessa pystysuuntainen tärinä kaksinkertaistuu sokkelista lattiaan siirtyessään ja Pohjoinen Puistoraitti 1 rakennuksessa tärinä kolminkertaistuu sokkelista lattiaan siirtyessään. Pohjoinen Puistoraitti 1 rakennuksen lattiassa oli havaittavissa selvää pystysuuntaisen tärinän voimistumista 16 Hz taajuusalueella.

Mitattujen värähtelymittausten perusteella suunnitteilla olevien rakennusten käyttötarkoitusten muutosten tai mahdollisen uudisrakennuksen suunnittelussa on liikennetärinä otettava huomioon, etenkin Pohjoinen Puistoraitti 1 rakennuksen osalta. Savonkatu 39 rakennuksen värähtelyluokitus täytti tavoitetason, mutta tason ollessa kohtalaisen lähellä tavoitetason ylärajaa, on liikennetärinä hyvä tämänkin rakennuksen osalta huomioida käyttötarkoituksen muutoksen tai mahdollisen tilalle tulevan uudisrakennuksen suunnitteluvaiheessa.

Tärinän voimistumisongelmaa lattioissa voidaan todennäköisesti merkittävästi vähentää peruspa-rannuksen yhteydessä lattioita jäykistämällä. Lisäksi olisi hyvä huomioida, että uuden lattiarakenteen ominaistaajuudet eivät sijoitu samalle taajuusalueelle kuin nyt mitattujen ohitusten aiheuttamat värähtelytasot.

Tärinä ei mittausten perusteella voimistumisen jälkeenkään aiheuta rakenteiden vaurioitumisriskiä suunnittelualueen rakennuksille ja perusmuureista (mp1, mp3) ja maaperästä (mp5) mitatut tärinätasot ovat hyvin soveltuvia asuin- tai niitä vastaaville rakennuksille.

Runkomelun osalta nyt tarkastellut rakennukset sekä alueelle mahdollisesti suunniteltava uudisrakennus sijoittuvat laskennallisella arviolla muodostetun 10 metrin (etäisyys radasta) levyisen riskialueen ulkopuolelle. Tarkasteltujen rakennusten etäisyydellä radasta (~65 metriä) laskennallisesti arvioitu runkomelutaso on luokkaa 18…20 dB, joka alittaa asuintilojen ohjearvon vaatimuksen 35 dB.

Mikäli asemakaavaan halutaan antaa määräyksiä tärinän ja runkomelun osalta, voidaan ne asettaa esimerkiksi seuraavasti:

Rakennukset on toteutettava siten, että liikennetärinän osalta värähtelyn tunnusluku alittaa tason 0,3 mm/s (luokka C) asuintiloissa. Runkomelun osalta asuintiloissa tai niihin verrattavissa tiloissa runkomelun tilastollinen arvo Lprm ei saa ylittää tasoa 35 dB.

Nämä vaatimukset täyttyvät tavanomaisella rakentamisella, mikäli toteutettavat rakennukset ovat kerrosmääriltään ja perustamistavoiltaan likimäärin samanlaisia kuin mitatut rakennukset ja mikäli tärinän taajuusalueet otetaan huomioon rakenteiden suunnittelussa. Mikäli olemassa olevia rakennuksia perusparannetaan, täytyy tärinän voimistumisongelma huomioida lattioiden suunnittelussa.

7 Lähteet

Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT, 2006.
Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius, VTT, 2014.
Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT, 2004.
Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT, 2008.
Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä, Ympäristöministeriö, 2018.