Taratest
Smart consulting for hard work - www.taratest.fi

TYÖ: 21913
2.9.2024

LIIKENNETÄRINÄSELVITYS

AHOPELLONKATU, ASEMAKAAVA 1138
ITÄ-SIITOLA, IMATRA

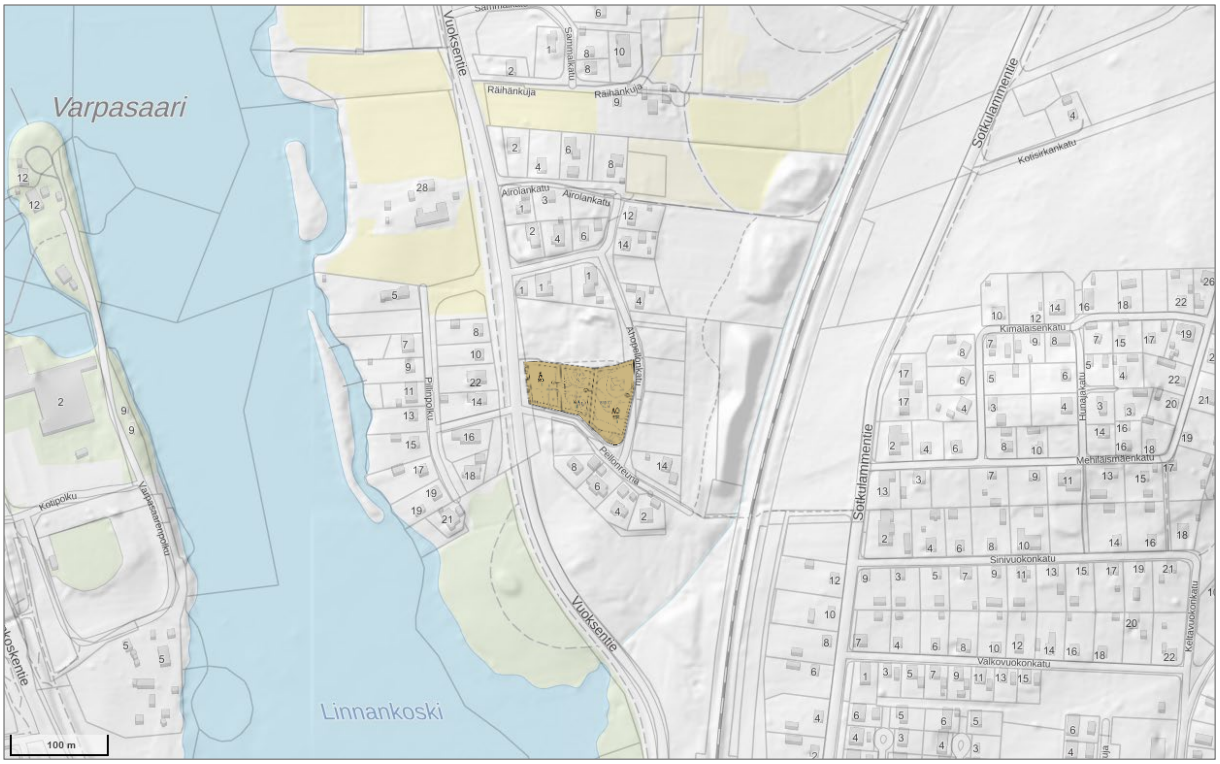
TARATEST OY
Turkkirata 9 A
33960 Pirkkala
p. 03-368 3322
www.taratest.fi

1 Johdanto 3
2 Lähtötiedot 3
3 Tärinäselvitys 4
3.1. Tärinän arvioinnin menetelmät 4
3.2. Asumis- ja oleskelumukavuus 5
3.3. Rakenteiden vaurioitumisalttius 6
3.4. Tärinätason laskennallinen arviointi 6
4 Runkomeluselvitys 7
4.1. Runkomelun arviointimenetelmä 7
4.2. Runkomelulle suositellut raja-arvot 8
4.3. Runkomelulaskennan tulokset 9
5 Johtopäätökset ja suositukset 9
6 Lähteet ja viitteet 11

1 Johdanto

Taratest Oy on laatinut Imatran kaupungin toimeksiannosta laskentaan pohjautuvan raideliikenteen tärinäselvityksen Ahopellonkadun asemakaava-alueelle. Tärinäselvityksen tarkoituksena on tarkastella laskennallisesti kohteen läheisyydessä sijaitsevan junaliikenteen aiheuttamia tärinä- ja runkomelutasoja sekä niiden vaikutuksia uuden asuinalueen rakenteisiin. Tarkasteltava asemakaava-alue 1138 rajautuu lännessä Vuoksentiehen ja idässä Ahopellonkatuun ja sen etäisyys rata-alueeseen on lähimmillään noin 150 m. Suunnittelualueen pinta-ala on noin 0,69 ha. Asemakaavamuutoksen tavoitteena on mahdollistaa monipuolinen asuinrakentaminen suunnittelualueella sekä päivittää alueen asemakaavaa siten, että kiinteistö 153-50-30-7 osoitetaan asumiseen ja sille osoitetaan rakennusoikeutta 550 k-m^2 nykyisen 300 k-m^2 sijaan. Samalla kaavoitetaan asuinrakentamistakaupungin omistuksessa oleville tonttijaon mukaisille tonteille.

Tärinälle ja runkomelulle arvioituja laskennallisia tärinän heilahdusnopeuksia ja runkomelutasoja on verrattu annettuihin suositusarvioihin.



Kuva 1. *Selvityskohteen sijainti esitettynä kartalla, aineisto © MML 9/2024.*

2 Lähtötiedot

Selvityksen lähtötietoina käytettiin GTK:n Maankamarakarttapalvelusta saatavilla olevia maaperätietoja [1]. Maaperätietojen perusteella suunnitellun asemakaava-alueella on ohut kerros silttiä ja tämän alla pääasiallisesti hiekkamoreenia tai silttistä hiekkamoreenia. Kovan pohjan arvioidaan olevan noin 2 m syvyydessä. Selvityksen laadinnan aikaan ei ole tiedossa tulevien asuinrakennusten perustamistasoa tai -tapaa.

Läheisyydessä, noin 150 m etäisyydellä kulkevan junan massan on arvioitu olevan enimmillään noin 5000 tonnia. Junan painotiedot läheiselle raideosuudelle on saatu Väylävirastolta vuonna 2021, jolloin rataosuudella vielä liikennöi venäläistä kalustoa.

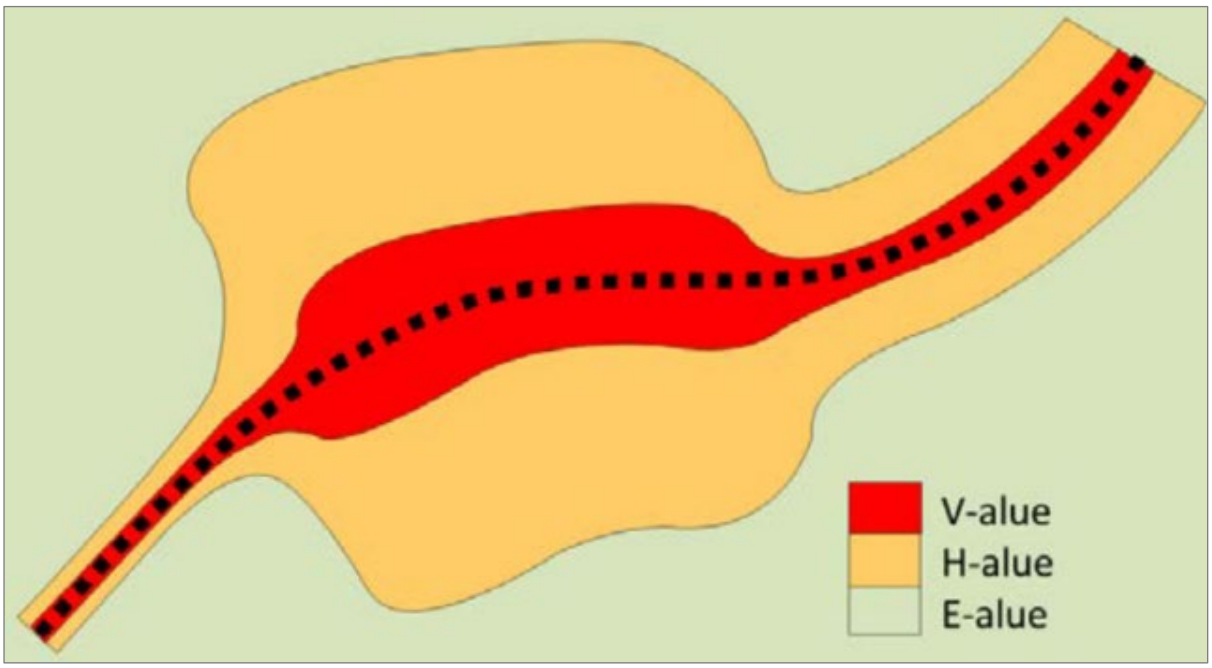
3 Tärinäselvitys

3.1. Tärinän arvioinnin menetelmät

Tärinäselvitys keskittyy junaradan läheisyydessä sijaitsevan asemakaava-alueen ympäristöön. Tärinän arviointiin käytetään seuraavia VTT:n julkaisuja: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT 2009 [2], Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT 2011 [3] ja Liikennetärinä - Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius, VTT 2014 [4].

Rakenteisiin ja asumismukavuuteen vaikuttava tärinä tarkastellaan eri värähtelynopeuden arvoa käyttäen. Rakenteisiin vaikuttavassa tärinässä tarkastellaan tärinän huippuarvoa ja asumismukavuuteen vaikuttavassa tärinässä tärinän tunnuslukua, joka lasketaan mitatun tehollisarvon kautta tai arvioidaan laskennallisesta tärinän huippuarvosta.

Asumismukavuuteen vaikuttavaa tärinää ei voida arvioida laskennallisesti kovinkaan tarkasti, mutta tärinän huippuarvon voi arvioida laskennallisesti lähteessä VTT 2014 [4] esitetyllä arviointitasolla 1. Tärinäalueiden rajaus kaavoituksessa perustuu maaperän värähtelyyn, jonka perusteella voidaan arvioida alueen soveltuvuutta erilaisiin käyttötarkoituksiin. Kartoituksen pohjalta alue rajataan ja luokitellaan normaalikuntoisten rakennusten tärinänsietokyvyn perustella kolmeen vyöhykkeeseen, jotka esitetään ed. mainitussa tutkimusraportista [4].



Kuva 2. *Havainnekuva radan ympäristön tärinävyöhykkeistä, kun alueen maaperäolosuhteet vaihtelevat [4].*

V-alueella tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille. H-alueella hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä kuitenkin yleensä haittaa asumismukavuutta. E-alueella, joka on yleensä tavoitteena uusilla asuinalueilla, tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta.

Alueiden rajaus vyöhykkeisiin perustuu värähtelyn huippuarvoon v_{max}. Eri alueiden värähtelyrajat on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 1).

Taulukko 1. *Tärinäalueiden rajauksessa käytettävät värähtelyrajat v_{max} (mm/s) maaperän värähtelylle.*

Maalaji	Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kNm^2	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka	Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
Värähtelyssä hallitseva taajuus	alle 10 Hz	10-20 Hz	20-50 Hz	yli 50 Hz
V-alue	3,0	4,2	6,0	7,2
H-alue	1,0-3,0	1,4-4,2	2,0-6,0	2,4-,2
E-alue	alle 1,0	alle 1,4	alle 2,0	alle 2,4

Yleensä asumismukavuuden haitta-alue on huomattavasti laajempi kuin mahdollisia vaurioita aiheuttavan tärinän alue, koska asumismukavuudelle asetetut tärinän ohjearvot ovat merkittävästi pienemmät kuin rakenteiden vaurioitumiselle asetetut ohjearvot. Kovaksi luokitetulla maaperällä vaurioita aiheuttavan värähtelyn todennäköisyys on pieni muilla alueilla kuin aivan lähteen välittömässä läheisyydessä.

3.2. Asumis- ja oleskelumukavuus

Asumismukavuutta tarkastellaan Suomessa neljässä eri värähtelyluokassa. Värähtelyluokat on esitetty taulukossa 2. Tarkasteltavan kohteena on asemakaavoitettava uusi asuinalue, joka sijaitsee vanha rataosuuden läheisyydessä. Käyttötarkoituksen perusteella kohteen tarkastelussa sovelletaan uusien asuinalueiden värähtelyluokkaa C. Värähtelyluokituksen suositukset on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 2). Luokituskriteerin on toteuduttava pystyvärähtelyn osalta rakennuksen kaikissa lattioissa ja vaakavärähtelyn osalta rakennuksen jokaisessa kerroksessa.

Taulukko 2. *Suositukset normaalien rakennusten värähtelyluokituksesta (VTT 2278).*

Värähtely-luokka	Olosuhteet	Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet. *Ihmiset eivät yleensä havaitse tärinää.*	≤ 0,10
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. *Ihmiset voivat havaita tärinän, mutta se ei ole häiritsevää.*	≤ 0,15
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. *Keskimäärin 15 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.*	≤ 0,30
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. *Keskimäärin 25 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.*	≤ 0,60

VTT tutkimusraportissa [4] esitetyllä kaavalla saadaan arvioitua heilahdusnopeuden maksimin odotusarvo v_{max} (v_G). Heilahdusnopeuden laskennan jälkeen arvo on muutettu vastaamaan arvioitavaa arvoa eli värähtelyn tunnuslukua $v_{w,95}$. Tavanomaisesti tehollisarvo v_w on noin 0,4...0,6 kertainen verrattuna laskettuun heilahdusnopeuden maksimiin. Tehollisarvon v_w ja $v_{w,95}$ välinen yhteys oletetaan tässä selvityksessä likimäärin samaksi, sillä liikennöivän kaluston (pituus, nopeus ja paino) oletetaan olevan

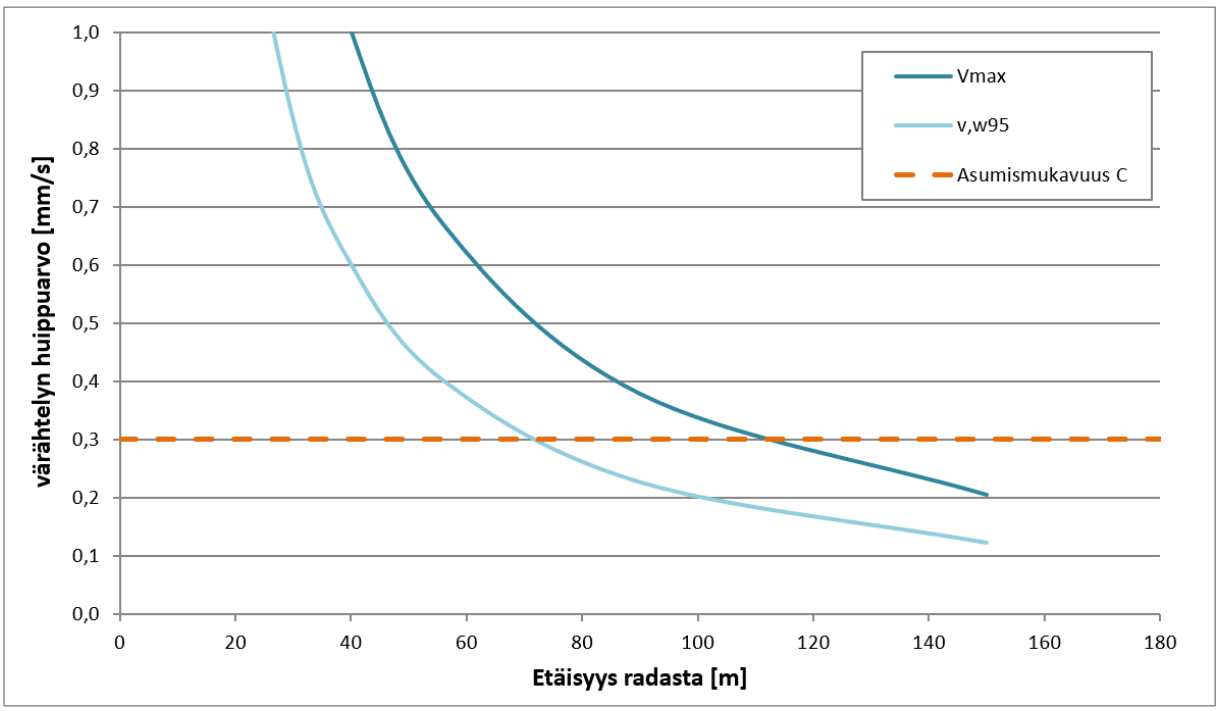
vakioita riittävän pitkällä ajanjaksolla. Tässä arvioinnissa $v_{w,95}$ on arvioitu olevan 0,6-kertainen v_{max} -arvoon verrattuna.

3.3. Rakenteiden vaurioitumisalttius

Rakenteiden vaurioitumisalttiuden tärinäselvitys tehdään tässä toimeksiannossa tarkastelutasolla 1 eli laskennallisena tärinätason arviona [4]. Laskennalla voidaan arvioida erilaisen kaluston aiheuttamaa tärinän suuruutta eri etäisyyksillä tärinälähteestä. Laskenta on vain arvio tärinän suuruudesta alueella ja antaa käsityksen onko kohteessa tarvetta käyttää tarkempaa arviointitasoa. Laskennassa muuttujia ovat junan kokonaismassa, maaperä ja sen ominaisuudet, radan kunto sekä junan nopeus. Laskenta tehdään pahimmasta tilanteesta, eli raskaimman junan ajaessa radalla sallittua suurinta nopeutta. Maaperästä riippuvat arvot on määritelty junaradan läheisyydessä suoritettujen pohjatutkimusten perusteella sekä Geologian tutkimuskeskuksen maaperäaineisto [1] hyödyntäen.

3.4. Tärinätason laskennallinen arviointi

Raideliikenteen aiheuttama tärinätasoa arvioitiin laskennallisesti. Vaunun kokonaiskuormana käytettiin 5000 tn. Junan nopeutena käytettiin 70 km/h, mikä on tavanomainen tavaraliikenteen ajonopeus taajama-alueella. Määräävä tärinää johtava maalaji kohteessa on hiekkamoreeni tai silttinen hiekkamoreeni, joka johtaa tärinää kohtuullisesti. Maaperän parametrit on valittu VTT:n ohjeen mukaisesti. Oheisessa kuvassa (Kuva 3) esitetään junaliikenteen aiheuttaman maaperän värähtelyn huippuarvon arvio etäisyyden funktiona radasta.



Kuva 3. *Laskennallinen arviointi tärinän huippuarvosta eri etäisyyksillä radasta.*

Kuten aiemmin todettiin, asumismukavuuteen vaikuttavan tärinän riski on hyvin vähäinen. Noin 150 metrin etäisyydellä junaradasta tärinän huippuarvo on noin 0,21 mm/s. Laskennallisen tarkastelun perusteella tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ suositusarvo alitetaan noin 70 metrin etäisyydellä junaradasta. Noin 150 m etäisyydellä tärinän tunnusluku $v_{w,95}$ on noin 0,12 mm/s. Molemmat arvot alittavat suositellut ohje- ja raja-arvot.

Laskennallisen tärinäarvion tulosten perusteella suunnittelualueen rakennuskannalle vaurioitumisalttius ei ole laskennallisten arvioiden perusteella ongelma. Vaikka pienin etäisyys, jota laskentakaavalla voidaan tutkia on 15 metriä, ovat määritetyt heilahdusnopeuden maksimiarvot v_{max} huomattavasti värähtelyrajoja pienempiä 15 metrin etäisyydellä radasta. Laskennallisen tärinäarvioinnin perusteella tärinä ei asumismukavuuden perusteella myöskään rajoita suunnittelualueen maankäyttöä.

Laskennan tuloksesta tulee ottaa huomioon, että maaperästä ja junan painosta riippuen tärinä voi olla voimakkaampaa tai heikompaa. Koska tarkasteltavalla alueella ei ole suoritettu tärinämittauksia, on laskennassa myös otettu huomioon varmuuskerroin F=2, joka kasvattaa tärinäkäyrän arvoja kaksinkertaiseksi. Tärinän arviota etäisyyden funktiona voidaan tarkentaa maaperästä tehtävillä tärinämittauksilla, jolloin laskennallinen arviointi voidaan tehdä junan kokonaismassan ja nopeuden perusteella tarkemmin.

Taratest Oy on vuonna 2021 suorittanut tärinämittauksia tarkasteltavan alueen eteläpuolella, noin 350 m etäisyydellä. Mittaustulokset sekä vastaavalla etäisyydellä laskennallisesti määritetty tärinätasot esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 3). Laskennallinen arvio antaa mitatuista tuloksista selvästi suuremmat tärinätason arvot.

Taulukko 3. *Mittaustulosten vertailu laskennalliseen arviointiin.*

Arviointitapa	**Heilahdusnopeus V_{max}** [mm/s]	**Tunnusluku $v_{w,95}$** [mm/s]
Mitattu, n. 68 m tärinälähteestä	0,06	0,02
Laskennallinen arvio, n. 68 m tärinälähteestä	0,53	0,32

4 Runkomeluselvitys

4.1. Runkomelun arviointimenetelmä

Raideliikenteen aiheuttamaa runkomelua on arvioitu VTT:n ohjeen ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi -esiselvitys” arviointitason 2 mukaisella menetelmällä, värähtelyn siirtotiehen perustuva arviointi [2]. Menetelmässä arvioinnin lähtökohtana on peruskäyrältä saatu maaperän värähtelyn nopeustaso L_v, jota korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakenteesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä ΔL_v siten, että lopputuloksena saadaan runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso L_{pA}.

$$L_{pA}[dB] = L_v + \sum \Delta L_{v,i}$$

Peruskäyrä voidaan esittää lausekkeella:

$$L_v[dB] = A - B \cdot \log_{10}(d/d_0) - C \cdot (d/d_0),$$

A on vakio 103 dB, B on vakio 14 dB, C on vakio 0,8 dB, d_0 on vakio 10 m ja d on tarkasteltavan kohteen etäisyys väylän reunasta.

Taulukko 4. *Liikenteestä, radan rakenteesta ja rakennuksen ominaisuuksista riippuvat korjaustekijät L_v.*

Korjaustekijään vaikuttavat ominaisuudet	Kohteen ominaisuudet	Korjauskerroin
Liikennetyyppi	Veturivetoiset junat	11,0 dB
Ajoneuvon nopeuden vaikutus		-3,1 dB
Ajoneuvon ominaisuuksista riippuvat tekijät	Kuluneet pyörät tai lovipyörät	10,0 dB
Väylän kunto	Hyväkuntoinen rata	0,0 dB
Radan eristämistapa	Ei eristystä	0,0 dB
Väylän sijainti	Avorata	0,0 dB
Rakennuksen tyyppi	Puutalo, maapohja > 3 m	-5,0 dB
Muunto äänenpainetasoksi		-28,0 dB
Muunto A-painotetuksi äänenpainetasoksi	30-60 Hz (keskitaajuusalue)	-35,0 dB
Varmuusmarginaali		6,0 dB

4.2. Runkomelulle suositellut raja-arvot

Raideliikenteen aiheuttamalla runkomelulla tarkoitetaan maaperän kautta leviävän värähtelyn aikaan saamaa sisätiloissa havaittavaa ääntä, joka syntyy raitiovaunun pyörän ja kiskon kosketuksen aiheuttamasta värähtelystä. Runkomelu kuullaan tyypillisesti sisätiloissa matalataajuisena jyrinän tyyppisenä äänenä, joka on kuultavissa junan ohituksen aikaan.

Raideliikenteen aiheuttama runkomelun jyrinä on viihtyisyys- ja mahdollisesti myös terveydellinen haitta. VTT:n julkaisussa [2] on esitetty runkomelulle suositellut raja-arvot. Suositukset raja-arvoista on annettu laskentasuureena L_{prm}, joka ottaa huomioon yksittäisten runkomelutapahtumien hetkellisten melutasojen L_{pASmax} vaihtelun (Taulukko 5). Runkomelun ohjearvot on annettu erikseen avorata- ja umpirataosuuksille. Umpirataosuuksille tulisi soveltaa runkomelutason tiukempaa raja-arvoa. VTT:n julkaisussa suositellaan tiukemman ohjearvon käyttämistä myös kohteissa, joille on annettu kaavamääräyksiä julkisivun ääneneristävyydestä.

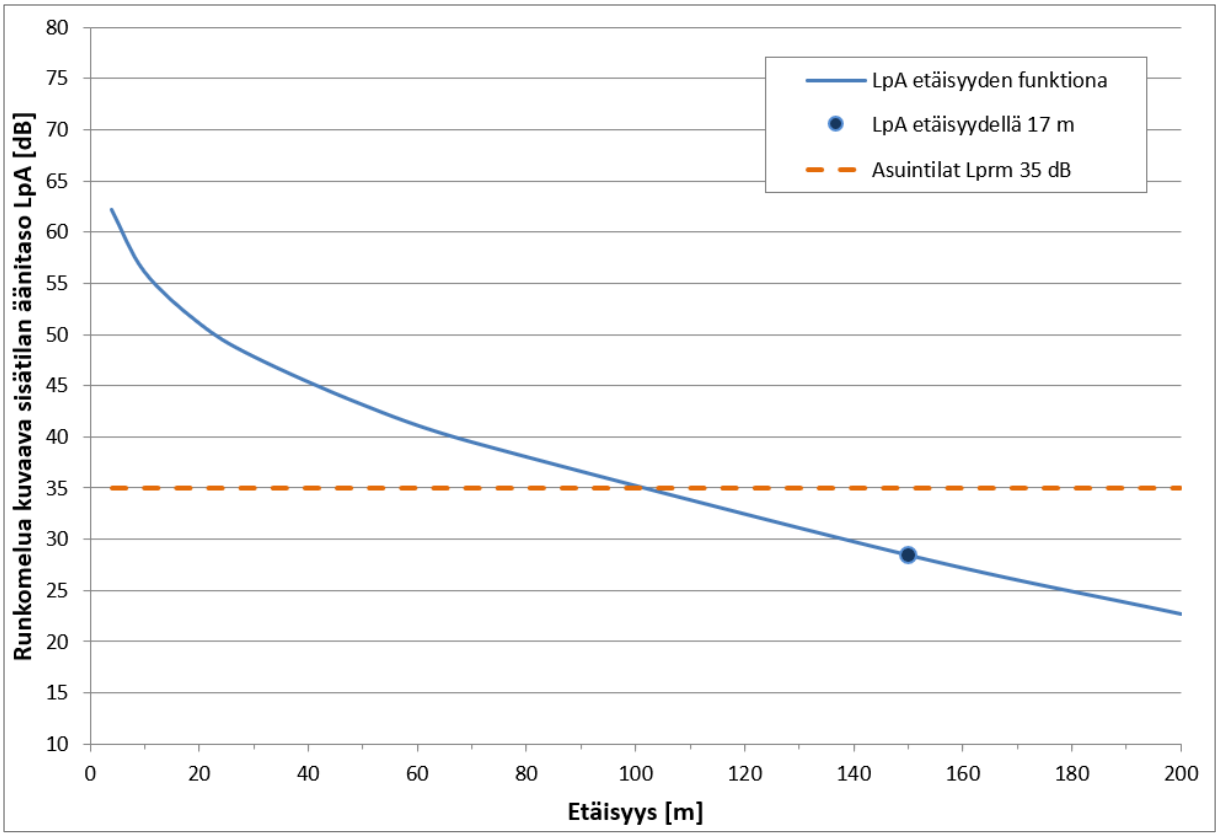
Taulukko 5. *Suositukset runkomelutasojen raja-arvioiksi (VTT 2009).*

Rakennustyyppi	Runkomelutaso, L_{prm} [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudio, konserttisalit	25 - 30
Asuinhuoneistot	30 / 35 [2]
Hoito- ja sosiaalihuollon laitoksen, majoitustilat – potilashuoneet ja majoitustilat – päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut 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.

4.3. Runkomelulaskennan tulokset

Laskennallisen tarkastelun perusteella raideliikenteen aiheuttama 35 dB runkomeluvyöhyke ulottuu rata-alueesta noin 95 m etäisyydelle. Tarkasteltavalla alueella, noin 150 m etäisyydellä laskennallisen tarkastelun mukainen runkomelutaso on L_{pA} on noin 28,4 dB, mikä alittaa selvästi asuintiloille määritellyn raja-arvon 35 dB.



Kuva 4. *Runkomelutason laskennallinen arvio etäisyyden funktiona rautatiestä, maapohja, nopeus 70 km/h.*

5 Johtopäätökset ja suositukset

Taratest Oy on laatinut Imatran kaupungin toimeksiannosta laskentaan pohjautuvan raideliikenteen tärinäselvityksen Ahopellonkadun asemakaava-alueelle. Tärinäselvityksen tarkoituksena on tarkastella laskennallisesti kohteen läheisyydessä sijaitsevan junaliikenteen aiheuttamia tärinä- ja runkomelutasoja sekä niiden vaikutuksia uuden asuinalueen rakenteisiin. Tarkasteltava asemakaava-alue 1138 rajautuu lännessä Vuoksentiehen ja idässä Ahopellonkatuun ja sen etäisyys rata-alueeseen on lähimmillään noin 150 m. Tärinälle ja runkomelulle arvioituja laskennallisia tärinän heilahdusnopeuksia ja runkomelutasoja on verrattu annettuihin suositusarvioihin.

Maaperätietojen perusteella suunnitellun asemakaava-alueella on ohut kerros silttiä ja tämän alla pääasiallisesti hiekkamoreenia tai silttistä hiekkamoreenia. Kovan pohjan arvioidaan olevan noin 2 m syvyydessä. Selvityksen laadinnan aikaan ei ole tiedossa tulevien asuinrakennusten perustamistasoa tai -tapaa. Läheisyydessä, noin 150 m etäisyydellä kulkevan junan massan on arvioitu olevan enimmillään noin 5000 tonnia.

Tarkasteltavana kohteena on asemakaavoitettava uusi asuinalue, joka sijaitsee vanha rataosuuden läheisyydessä. Käyttötarkoituksen perusteella kohteen tarkastelussa sovelletaan uusien asuinalueiden värähtelyluokkaa C, jolloin värähtelyn tunnusluvun suositusarvo $v_{w,95} \leq 0{,}3$ mm/s. Asumis- tai oleskelumukavuuteen vaikuttava tärinäriski on hyvin vähäinen. Laskennallisen arvion mukaan tärinän huippuarvo ei ylitä tärinän raja-arvoja yli 30 m etäisyydellä radasta. Noin 150 m etäisyydellä rata-alueesta tärinän huippuarvo on noin 0,21 mm/s ja tunnusluku $v_{w,95}$ noin 0,12 mm/s, jotka alittavat selvästi suositellut arvot.

Runkomelun ohjearvot määritellään tulevien rakennusten käyttötarkoituksen mukaan. Asuin- ja oleskelutilojen huoneistojen runkomelutason L_{prm} ohjearvona käytetään 35 dB. Tarkasteltavalla alueella, noin 150 m etäisyydellä laskennallisen tarkastelun mukainen runkomelutaso L_{pA} on noin 28,4 dB, mikä alittaa määritellyn ohjearvon.

Laskennallisen arvion perusteella läheinen junaliikenne ei aiheuta huomioitavia tärinä- tai runkomelutasoja suunnitelmien mukaiselle, uudelle asemakaava-alueelle, eikä raideliikenteen huomioiminen rakenteiden suunnittelussa ole tarpeellista.

Pirkkalassa 2.9.2024

TARATEST OY

Laatinut

Mira Alakoski, insinööri (AMK)
aa-luokan tärinäasiantuntija (FISE)

Hyväksynyt

Erkki Huotari, RI
aa-luokan tärinäasiantuntija (FISE)

6 Lähteet ja viitteet

[1] Maaperätiedot, GTK, pohjatutkimukset, https://gtkdata.gtk.fi/Pohjatutkimukset/index.html
[2] VTT, 2009, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT Tiedotteita 2468, A. Talja, A. Saarinen. ISBN: 978-951-38-7270-0
[3] VTT, 2011, Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT Tiedotteita 2569, A. Talja. ISBN:978-951-38-7685-2
[4] VTT, 2014, Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius, VTT Tutkimusraportti VTT-R-04703-14, A. Talja, J. Törnqvist.
[5] VTT, 2008, Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT Tiedotteita 2425, A. Talja, A. Vepsä, J. Kurkela, M. Halonen. ISBN: 978-951-38-7097-0
[6] Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT Tiedotteita-2278, Espoo, 2004
[7] VTT, 2006, Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. J. Törnqvist, A. Talja. VTT Working papers 50. ISBN 951-38-6602-5