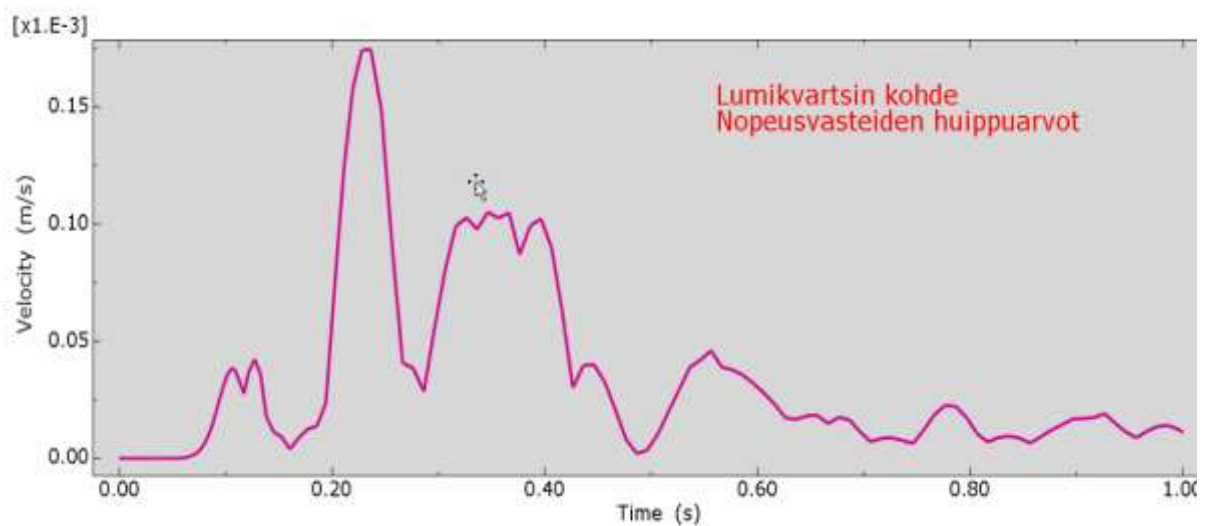


VANTAAN KAUPUNKI

LUMIKVARTSIN ASEMAKAAVA-ALUEEN TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

30.10.2021



316137

Sisällysluettelo

1.	Johdanto	3
2.	Tärinän ja runkomelun vertailuarvot	3
2.1.	Tärinälle suositellut ohjearvot	3
2.2.	Runkomelulle suositellut ohjearvot	4
3.	Tärinäselvitys.....	5
3.1.	Tärinälaskennan tarkastelupoikkileikkaus.....	5
3.2.	Tärinän laskennallinen arviointi	6
3.3.	Arvioidut tärinän heilahdusnopeudet.....	7
4.	Runkomeluselvitys	8
4.1.	Runkomelun arviointimenetelmä	8
4.2.	Arvioinnissa käytetyt muut lähtöarvot.....	9
4.3.	Runkomelulle arvioidut tasot	9
5.	Johtopäätökset	10
6.	Kirjallisuutta.....	11

1. Johdanto

Tässä raportissa esitetään arviot junaliikenteen aiheuttamista värähtely- ja runkomeluvaiikutuksista Lumikvartsin asemakaava-alueelle.

Rataliikenteen aiheuttamia värähtelytasoja on arvioitu yhteen poikkileikkaukseen numeerista 2D FEM laskentaa käyttäen. Poikkileikkausten laskennallinen tarkastelu on tehty suunnittelutilanteessa, jossa rakennusten massoittelu on pääosin selvillä.

Alueelle laadittava värähtelyselvitys on laadittu seuraavasti:

- poikkileikkaustarkastelu on tehty kuvan 1 kohtaan
- tämän katsotaan edustavan tarkasteltavaa aluetta kokonaisuudessaan

Tässä arviointiraportissa esitetään laaditun poikkileikkaustarkastelun tulokset ja johtopäätökset sen osalta. Laskennallisessa värähtelytarkastelussa on otettu huomioon junaliikenteen raidekohtaiset tiedot sekä radan ja tarkastelukohteen välinen etäisyys sekä maaperäolosuhteet.

Junaliikenteen aiheuttamaa runkomelutasoa on tarkastelu määrittämällä laskennalliset runkomelutasot lähimpänä raidetta sijaitseviin rakennuksiin. Tarkastelussa on otettu huomioon myös Kehäradan suunnitteluvaiheessa tehdyn runkomeluselvityksen tulokset.

Tkt Mauri Koskinen on tehnyt värähtelyn laskennallisen arvioinnin. FM Ilkka Niskanen on laatinut raportin runkomelua koskevan osuuden.

2. Värähtelyn ja runkomelun vertailuarvot

2.1. Värähtelylle suositellut ohjearvot

VTT:n julkaisussa (Talja ja Törnqvist 2006) on esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksista, jota käytetään yleisesti ohjearvona maankäytön suunnittelussa. Suosituksissa uusille rakennuksille ja väylille on annettu matalampi suositusarvo kuin vanhoille asuinalueille (taulukko 1). Taulukossa esitetty luokitus perustuu ihmisen kokeman värähtelyn häiritsevyysasteeseen. Kun kyseessä on muu kuin asumistarkoitus, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen.

Oppaassa esitetyt värähtelyn ohjearvot perustuvat värähtelyn heilahdusnopeuden maksimiarvojen perusteella tilastollisesti määritettyyn taajuuspainotettuun tunnuslukuun $v_{v,95}$ [mm/s] (taulukko 1).

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksista (Talja ja Törnqvist 2006).

Värähtelyluokka	Kuvaus olosuhteista	$v_{v,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyä.	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. Ihmiset voivat havaita värähtelyn, mutta se ei yleensä ole häiritsevää.	$\leq 0,15$

C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista pitää tärinää häiritseväenä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista pitää tärinää häiritseväenä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,60$

Tärinän mahdollisesti aiheuttamien rakenteellisten vaurioiden arviointiin sovelletaan eri vertailuarvoja kuin asumisviihtyisyyden kohdistuvien haittojen arvioitiin. Rakennusten perustusten vaurioalttiutta kuvataan taulukon 2 mukaisella luokituksella. Esitettyjä raja-arvoja pienempien värähtelytasojen ei katsota aiheuttavan rakennuksen käyttöarvoa pienentäviä vaurioita.

Taulukko 2. Rakennusten perustusten vaurioalttiuden rajaamisessa käytettävät kriteerit (VTT 2001).

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	Heilahdusnopeuden huippuarvo V_{max} [mm/s]	Tunnusluku $V_{rms,95}$ [mm/s]
V	Kohonneen tärinäalttiuden alue <i>Rakenteiden vauriot mahdollisia</i>	$\geq 3,0$	$\geq 5,0$
H	Vähäisen tärinäalttiuden alue <i>Rakenteiden haitat mahdollisia</i>	$\leq 3,0$	$\leq 5,0$
E	Rakenteiden vaurioriski epätodennäköinen	$\leq 1,0$	$\leq 1,6$

2.2. Runkomelulle suositellut ohjearvot

Runkomelulle ei ole asetettu varsinaisia ohje- tai raja-arvoja, mutta VTT:n esiselvityksessä (Talja ja Saarinen 2009) on esitetty suositus maaperäisen runkomelun ohjearvoiksi (taulukko 3). Tässä selvityksessä on käytetty maaperäisen runkomelun ohjearvoina VTT:n suosituksia.

Taulukko 3. VTT:n suositus runkomelun ohjearvoiksi (Talja ja Saarinen 2009).

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{prm} [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttisalit	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 huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä	35

• muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot	
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45 ²

² Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmääneneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

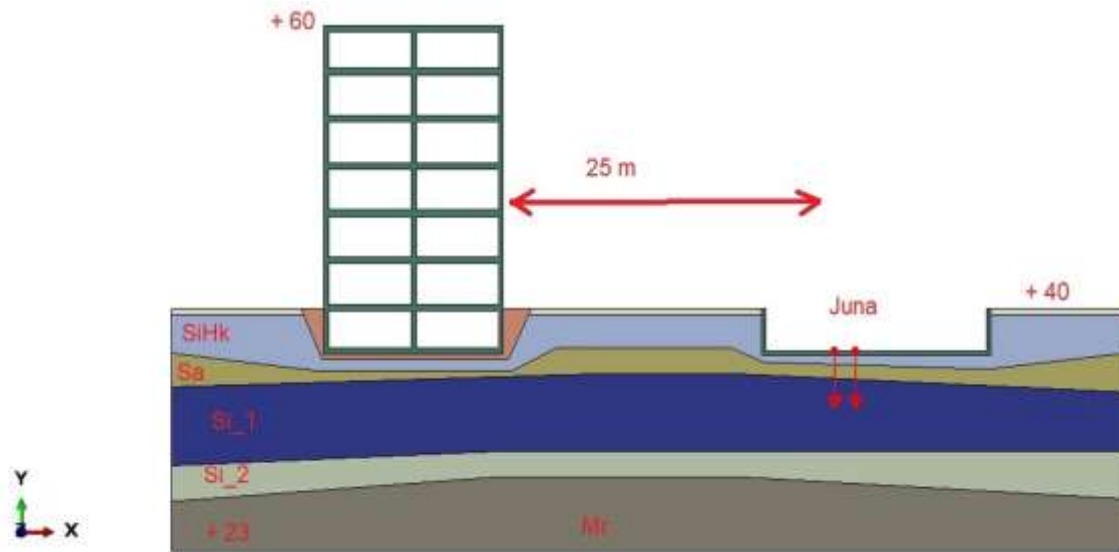
3. Tärinäselvitys

3.1. Tärinälaskennan tarkastelupoikkileikkaus

Tärinälaskentaan on valittu yksi poikkileikkaus. Se sijaitsee alueella kuvan 1 mukaisesti. Poikkileikkauksen kohdalla alueen maakerrokset ovat kuvan 2 mukaiset.



Kuva 1. Tärinälaskennan leikkauksen sijainti (km 19+050).



Kuva 2. Laskentapoikkileikkaus mallinnuksessa.

3.2. Tärinän laskennallinen arviointi

Suunnittelualueeseen kohdistuvaa tärinää on tarkasteltu FEM-laskennan tulosten perusteella. Laskennallisessa tarkastelussa tärinän herätteen (lähtötaso) värähtelytaso on arvioitu raiteilla liikennöivän junavaunun akselipainon ja nopeuden perusteella.

Värähtelyn etenemisen laskennassa on otettu huomioon alueen maaperäolosuhteet, rakennusten perustamistapa, mallinnetun rakennuksen ominaisuudet ja tarkasteltavan pisteen korkeusasema (kerros) suunnitellussa rakennuksessa. Lisäksi laskennassa on huomioitu kaluston ns. lovipyöräheräte, joka aiheuttaa normaalia voimakkaampia tärinän lähtötasoja, jolloin niiden vaikutus voi olla 5...10-kertainen normaalin kaluston aiheuttamaan herätteen verrattuna.

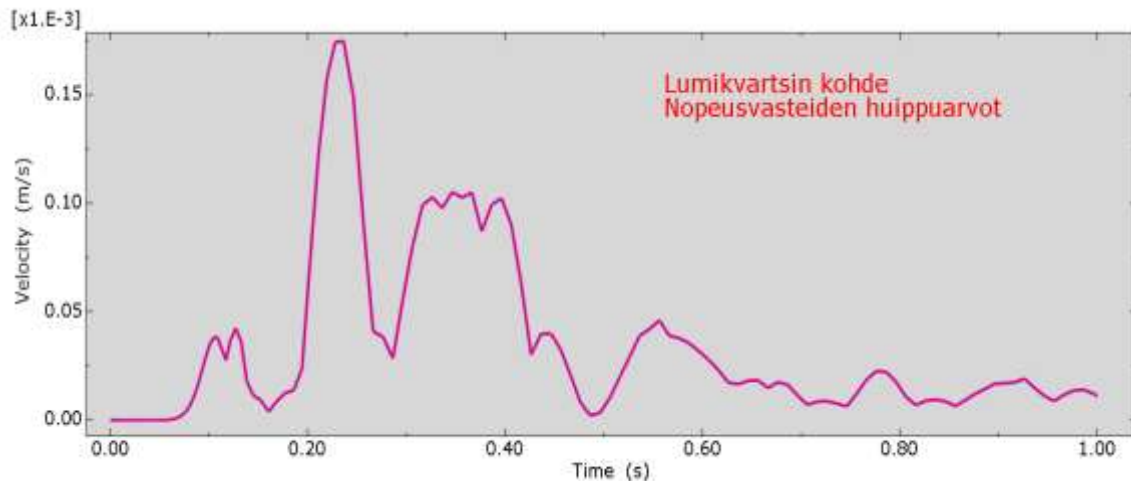
Pohjasuhteiden arvioinnissa on käytetty alueen maaperätietojen perusteella muodostettua geoteknistä poikkileikkausta.

Tarkastelun laskennat olivat luonteeltaan dynaamisia "pakkovärähtelyanalyysinä". Mallissa materiaalikäyttäytyminen on lineaarista ilman myötöehtoa. Laskentaelementin koko valittu siten, että jokaisen elementin dimensiot vastaavat suurinta muodostuvaa tärinän aallonpituutta. Tärinän vasteita on havainnointi rakennuksen eri kerroksissa.

Dynaamisissa analyyseissä raitiotien kiskoja kuvaaviin solmuihin kytkettiin arvioidun tärinäimpulssin mukainen kuorma-amplitudi. Laskennassa käytetyn kuorman amplitudi on saatu empiirisen mittaustiedon perusteella, jossa on otettu huomioon akselipaino ja lovipyöräefekti. Laskennan aikajaksoksi valittiin 1 s, koska vasteen suppeneminen on tällöin jo havaittavissa. Nopeutena käytettiin 80 km/h ja akselipainoa 20 tonnia.

Laskennan mallipoikkileikkaus (yksinkertaistettu runkojäykkyys) on kuvattu elementtimenetelmällä käyttäen 2D-solid -tyyppisiä lineaarisia tasomuodonmuutostilaelementtejä, joiden DOF-luku on 2 kpl solmua kohden (translaatiovapausasteet). Mallin koko oli DOF = 24500. Mallin reunat ja pohja ovat reunaehdoiltaan energiaa absorboivat. Rakennuksen jäykisty-

sen oletetaan tapahtuvan hissikuilun ja osittaisen runkojäykistämisen kautta. Rakennus perustetaan kovaan pohjaan ulottuvilla betonipaaluilla. Mallin tukipaaluperustus pehmeiköistä johtuen on toteutettu muodostamalla elementaariset sidosityhtälöt rakennuksen alapinnan (vastaavien kohtien) ja alimman maakerroksen välille (kuva 2).



Kuva 3. Dynaaminen nopeusvaste, vastekäyrästä huippuarvokuvaaja. Tehollinen vertailuarvo ($v_{w,95}$) on puolet laskennallisesta huippuarvosta.

3.3. Arvioidut värinän heilahdusnopeudet

Laskennallisen tarkastelun tuloksena on esitetty rakennukseen kohdistuvien värähtelyn vaaka- ja pystysuuntaisten nopeuskomponenttien (kuva 3) kehittyminen tarkkailupisteissä, joita ovat (kuva 2) kunkin kerroksen tasalla edustavissa pisteissä. Näiden perusteella voidaan todeta seuraavaa:

Värähtelylaskennan tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava seuraavat seikat:

- lasketut tulokset edustavat heilahdusnopeuden maksimiarvoja (V_{max}). Ohjearvoon verrannollinen värähtelyn nopeuden vertailuarvo $v_{w,95}$ on noin 50 % värähtelyn maksimiarvosta.
- nykyisen suunnitelman mukaisen massoitelman lyhin etäisyys värinää mitoittavaan raiteeseen on noin 25 metriä, rakennuksen leveys oli 14 m ja korkeus 17 m. Nopeutena on käytetty 80 km/h ja akselipainona 20 tonnia.
- laskennallisen tarkastelun perusteella värähtelyn maksimitasot laskentapisteissä ovat suurimmillaan noin 0,175 mm/s (kuva 3). Tarkastelujakson (1 s) aikana on nähtävissä värähtelyn vaimentuminen. Suositeltuun ohjearvoon (0,3 mm/s) verrannollinen tulos ($v_{w,95}$) on 0,087 mm/s ja alittaa uusille asuinkehteille esitetyn suositusarvon 0,3 mm/s.

4. Runkomeluselvitys

4.1. Runkomelun arviointimenetelmä

Raitiotieliikenteen aiheuttamaa runkomelua on arvioitu arvioitu VTT:n ohjeen "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi – Esiselvitys" arviointitason 2 mukaisella menetelmällä, värähtelyn siirtotiehen perustuva arviointi (VTT 2009).

Menetelmässä arvioinnin lähtökohtana on peruskäyrältä saatu maaperän värähtelyn nopeustaso (L_v), jota korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakennuksesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä (ΔL_v) siten, että lopputuloksena saadaan runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso (L_{pA}).

Arvioinnin korjaustekijöinä on käytetty seuraavia arvoja:

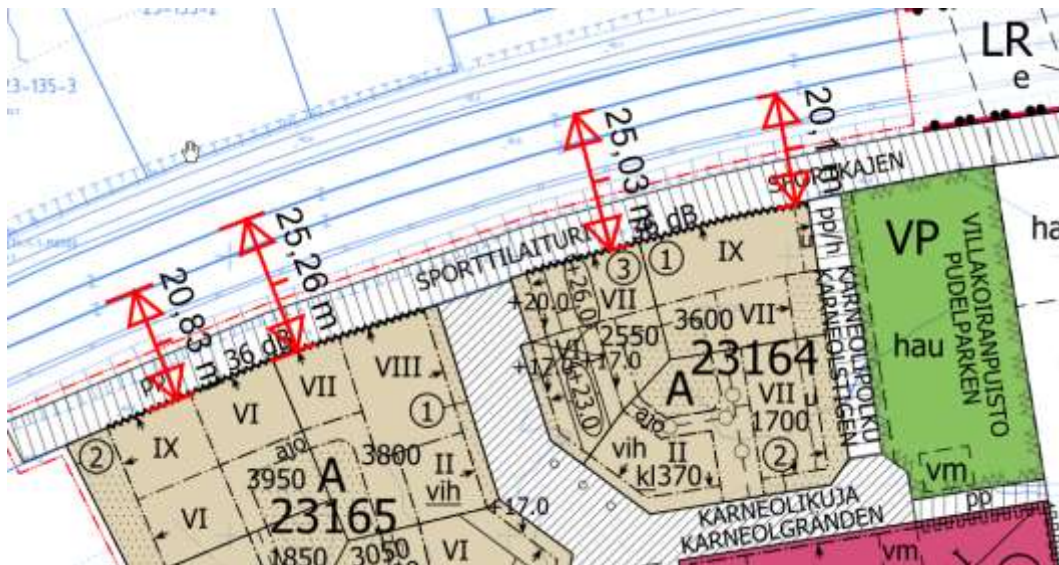
- liikennetyyppi, raitiovaunu,
 - korjausarvo 0 dB,
- ajoneuvon nopeuden vaikutus on huomioitu seuraavan kaavan mukaisesti, $\Delta L = 20 \times \log(v_s/v_{s,0})$, jossa $v_{s,0} = 100$ km/h,
 - korjauksen arvo on määritetty kaava-alueen ohittavan liikenteen keskimääräisen nopeuden (102 km/h) perusteella sekä rataosuuden nopeakorjauksen perusteella (129 km/h),
- ajoneuvon ominaisuuksista riippuva tekijä, pääjousituksen ominaistajuus. Ohjeen vaihtoehdot 0 dB (normaali jousitus, jossa pääjousituksen ominaistajuus on alle 15 Hz) tai 8 dB (jäykkä jousitus, jossa pääjousituksen ominaistajuus on yli 15 Hz),
 - korjauksen arvo 0 dB,
- hyväkuntoinen rata,
 - korjauksen arvo 0 dB suorilla osuuksilla,
 - radan epäjatkuvuuskohtia (vaihteet, raiteiden ristiäminen, jyrkät kaarteet) ei ole otettu tarkasteluissa huomioon, tarvittaessa näille kohdille tulee asettaa korjaus +10 dB,
- radan eristämiskorjaus,
 - ei eristystä, korjauksen arvo 0 dB,
- väylän sijainti,
 - avorata, korjauksen arvo 0 dB,
- rakennuksen tyyppi,
 - perustuksen ja kallion välillä oletetaan olevan maa-ainesta vähintään 3 m
 - korjauksen arvo kerrostalolle -10 dB,
- tarkasteltava asuinkerros, toinen kerros,
 - korjauksen arvo -2 dB
- rakenneosien resonanssin vaikutus,
 - korjauksen arvo 6 dB

- muunto äänenpainetasoksi,
 - korjauksen vakio arvo -28 dB
- muunto A-painotetuksi äänenpainetasoksi, maaperästä riippuva korjaus
 - keskitaajuusalue, 30 Hz – 60 Hz, tyypillinen taajuusalue kovalle savi, siltti ja moreenimaille ($200 \text{ m/s} < v_s < 500 \text{ m/s}$), korjaus -35 dB
- arviointimenetelmälle annettu varmuusmarginaali,
 - korjauksen arvo +6 dB

4.2. Arvioinnissa käytetyt muut lähtöarvot

Lähijunien nopeudet olivat Julia-junaliikenteen palvelun live-seurannan perusteella kaava-alueen kohdalla noin 102 km/h (12 ohituksen keskiarvo, havaintojen vaihteluväli 94 – 110 km/h). Kyseisellä rataosuudella nopeusrajoitus on 120 km/h. Laskennallisessa tarkastelussa nopeudella 120 km/h saadaan noin 1,4 dB suurempia runkomelutasoja kuin nopeudella 102 km/h.

Asemakaavakartan perusteella asuinrakennusten julkisivut tulevat sijoittumaan lähimmillään noin 20 metrin etäisyydellä lähimmästä kiskosta (kuva 4).



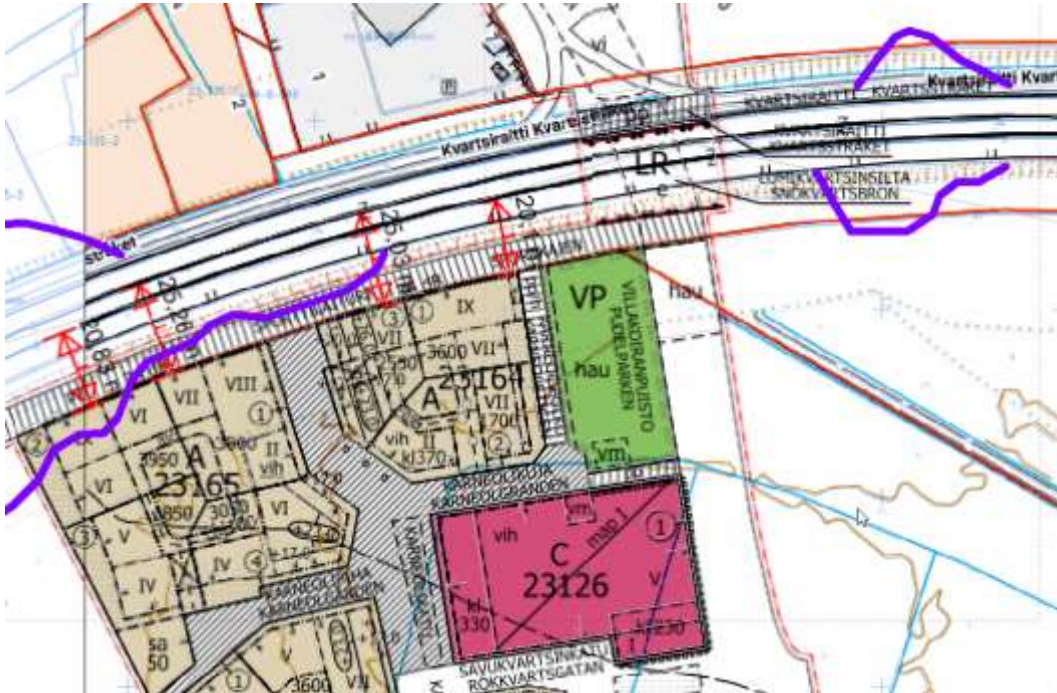
Kuva 4. Asuinrakennusten julkisivujen etäisyydet raiteista. Taustakuvana kaavakartta.

Suunnittelukohteen pintamaa on silttiä ja hiekkaa, syvemmällä savea ja silttiä ennen moreenikerrosta (kuva 2). Runkomelulaskennassa kohteelle on käytetty kovalle savi, siltti ja moreenimaille ($200 \text{ m/s} < v_s < 500 \text{ m/s}$) annettu maaperästä johtuvaa korjausta, -35 dB.

4.3. Runkomelulle arvioidut tasot

VTT:n arviointitasen 2 mukaisella menetelmällä nopeudella 102 km/h ohittavan junan arvioidaan aiheuttavan 20 metrin etäisyydellä noin 35 dB runkomelutason. Rataosuuden nopeusrajoituksen mukaisella nopeudella, 120 km/h, runkomelutasoksi saadaan 36 dB.

Kehäradan aiheuttamia runkomelutasoja on arvioitu laskennallisesti radan suunnitteluvaiheessa (Akukon 2010). Lumikvartsin asemakaava-alueen kohdalle arvioidut 35 dB runkomeluvyöhykkeet on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Kehäradan liikenteen aiheuttamat 35 dB runkomeluvyöhykkeet eristämättömälle radalle. Runkomeluvyöhykkeet on piirretty raportin Akukon (2010) liitekarttojen perusteella.

5. Johtopäätökset

- Poikkileikkaukseen tehdyn tärinälaskennan tulokset (vaaka- ja pystysuuntainen) alittavat kohteessa tärinälle suositellun ohjearvon mukaisen tason. Siten myöskään vaurioitumisalttiutta ei ole.
- Junaliikenteen aiheuttaman tärinän heilahdusnopeuden arvioidaan olevan kohteessa asuinrakentamiseen tarkoitetun suositusarvon (0,3 mm/s) alapuolella.
- Laskennan tulosten suhteen tulee huomioida, että alueellisia pohjanvahvistuksia suunniteltaessa ei tehtyjen arvioiden mukaan tarvitse huomioida raideliikenteen tärinän vaikutuksia. Tehdyt laskennat ovat koko linjauksen suhteen edustavia poikkileikkauksia.
- Laskennallisen arvioinnin perusteella runkomelutasot suunniteltujen lähimpien rakennusten etäisyydellä saattavat ylittää runkomelulle asetetun 35 dB suositustason.
- Tässä selvityksessä laskettu runkomelutaso on samaa tasoa kuin kehäradan suunnitteluvaiheessa laaditussa selvityksessä.

30.10.2021

- Kohteen jatkosuunnittelussa mahdollinen riski runkomelutason 35 dB ylittymiseen on syytä ottaa huomioon tarkentamalla runkomelutarkastelua tai varautua lähimpien rakennusten runkomeluvaimennukseen.
- Laskennalliseen tarkasteluun sisältyy varmuusmarginaali (+6 dB) sekä arviointiin liittyviä epävarmuuksia (esim. maaperän luokittelu). Mahdollista runkomeluriskiä voidaan arvioida tarkemmin kohteen maaperässä tehtävillä värähtelymittauksilla, joiden tuloksia voidaan käyttää hyväksi arvioitaessa rakennukseen siirtyvää värähtelyä.

Mauri Koskinen

Mauri Koskinen, Tkt
WSP Finland Oy

Ilkka Niskanen

Ilkka Niskanen
WSP Finland Oy

6. Kirjallisuutta

1. Akukon 2010: Kehärata, avorataosuuden rakentamissuunnitelma. Runkomelun tarkennettu selvitys. Raportti 073061- 08. Helsinki 3 / 2010.
2. VTT 2006, Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. Espoo. 46 s. Liitteitä 33 s. (VTT Working papers 50). ISBN 951 – 38 – 660 – 5. ISSN 1459 – 7683.
3. VTT 2005, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. Espoo. 50 s. Liitteitä 15 s. (VTT tiedotteita 2278). ISBN 951 – 38 – 6523 – 1. ISSN 1235 – 0605.
4. VTT 2001, Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen. Luonnos 47 s.
5. VTT 2011, Ohjeita liikennetärinän arviointiin. Espoo 35 s. Liitteitä 9 s. (VTT tiedotteita 2569). ISBN 978 – 951 – 38 – 7685 – 2. ISSN 1455 – 0865.
6. Talja, A. & Saarinen, A. 2009: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi - VTT:n tiedotteita - Research notes 2468.