

---

# MELU-, TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

---

TYÖNUMERO: 23702165

PYHÄJÄRVEN KAUPUNKI

SAIRAALAN KORTTELIN 1321 ASEMAKAAVANMUUTOS MELU-,  
RUNKOMELU- JA TÄRINÄSELVITYS



2021-06-15

**SWECO INFRA & RAIL OY**

## Muutoslista

	15.6.2021	FIMIKM	FILAHD	FIALIR FILAHD	VALMIS
	31.5.2021	FIMIKM	FILAHD	FIALIR FILAHD	LUONNOS
MUUTOS	PÄIVÄYS	HYVÄKSYNYT	TARKASTANUT	LAATINUT	HUOMAUTUS

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Hankkeen kuvaus</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Meluselvitys</b>	<b>2</b>
2.1	Melun matemaattinen mallintaminen	2
2.1.1	Yleistä tietoa melusta	2
2.1.2	CadnaA -ohjelmisto	2
2.1.3	Lähtötiedot	2
2.1.4	Junaliikenteen melumallinnus	3
2.1.5	Ajoneuvoliikenteen melumallinnus	3
2.2	Melukarttojen ominaisuudet	4
2.3	Sallitut äänitasot	4
2.4	Melumallinnuksen tulokset ja päätelmät	4
2.4.1	Melutilanne nykytilanteessa	5
2.4.2	Melutilanne tulevassa tilanteessa	5
2.4.3	Päätelmät	5
<b>3</b>	<b>Tärinä- ja runkomeluselvitys</b>	<b>5</b>
3.1	Maaperä suunnittelualueella	6
3.2	Tärinä ja runkomelu	7
3.2.1	Rakenteiden vaurioitumisalttiuteen vaikuttava tärinä	7
3.2.2	Asumismukavuuteen vaikuttava tärinä	9
3.2.3	Tärinän aiheuttama runkomelu	11
3.3	Tulokset	12
3.3.1	Rakennusten vaurioitumisalttiuteen vaikuttava tärinä	13
3.3.2	Asuimukavuuteen vaikuttava tärinä	14
3.3.3	Runkomelu	17
3.4	Yhteenveto ja jatkotutkimuksien tarve	19
<b>4</b>	<b>Lähteet</b>	<b>21</b>

## Liitteet

Liite 1	Melumallinnus, nykyinen liikennemäärä, päiväaikaan klo 07-22	
Liite 2	Melumallinnus, nykyinen liikennemäärä, yöaikaan klo 22-07	
Liite 3	Melumallinnus, tuleva liikennemäärä, päiväaikaan klo 07-22	
Liite 4	Melumallinnus, tuleva liikennemäärä, yöaikaan klo 22-07	
Liite 5	Tärinä – suojaetäisyydet	G01
Liite 6	Runkomelu – suojaetäisyydet	G02

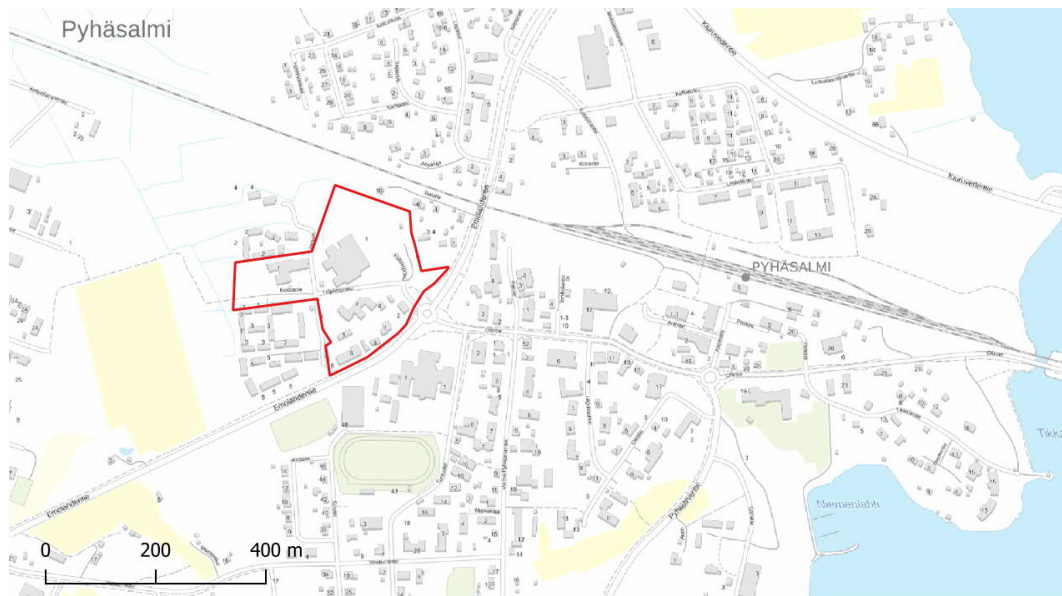


## 1 HANKKEEN KUVAUS

Melu-, värinä- ja runkomeluserelvitys on laadittu Pyhäjärven sairaalan korttelin 1321 asemakaavan muutosta varten raideliikenteen osalta tarvittavien kaavamääräysten selvittämiseksi.

Suunnittelualue sijaitsee Pyhäjärven keskustan länsiosassa Emolahdentien länsipuolella. Suunnittelualue rajautuu pohjoisessa Lähdetien varren asuinkortteleihin, rautatietä reunustavaan puistoalueeseen ja Ratatien varren asuinkortteleihin, etelässä ja idässä Emolahdentiehen ja lännessä viheralueeseen ja asuinalueisiin. Suunnittelualueen pohjoispuolella sijaitsee Iisalmi–Ylivieska-ratayhteys. Ratayhteyttä käyttävät sekä tavara- että henkilöliikenteen junat.

Suunnittelualueen rajaus on esitetty likimääräisesti seuraavassa kuvassa (Kuva 1).



Kuva 1 Suunnittelualueen suuntaa antava sijainti (esitetty punaisella).

Kaavamuutoksen tarkoituksena on mahdollistaa palveluasuntorakentaminen Keidastien pohjoispuolella olevalle nykyiselle VP-alueelle sekä tarkistaa uuden sairaalan tontti vastaamaan toteutunutta tilannetta. Lisäksi nykyisessä kaavassa osoitettu LP-alue muutetaan VP-alueeksi.

## 2 MELUSELVITYS

### 2.1 Melun matemaattinen mallintaminen

#### 2.1.1 Yleistä tietoa melusta

Melu on ääntä, jonka ihminen kokee häiritseväksi. Se heikentää elinympäristön laatua ja viihtyisyyttä, sekä vaikuttaa ihmisen viestintäkykyyn ja uneen. Melun kokeminen on yksilöllistä ja ihmisten meluherkkyydessä on eroja (Tiehallinto, 2006).

Tien tai katuosan melu muodostuu useiden ajoneuvojen yhteisvaikutuksesta, mutta myös yksittäisen ajoneuvon melua joudutaan tarkastelemaan varsinkin yöaikana. Tieliikenteen melu riippuu nopeudesta, liikenteen määrästä ja koostumuksesta, ajo-olosuhteista, tien pituuskaltevuudesta, tien pinnasta, renkaista, säästä, tarkastelupaikasta jne. Alhaisilla nopeuksilla (alle 50 km/h) moottorin ja pakoputken ääni on vallitseva, kun taas suuremmilla nopeuksilla on vallitsevana renkaiden ja korin ilmanvastuksen aiheuttama ääni. Sillan epätasaiset liikuntasaumot, epätasossa olevat kaivot ja tien kuopat aiheuttavat voimakkaita meluhuippuja (Suomen kuntatekniikan yhdistys, 1997).

#### 2.1.2 CadnaA -ohjelmisto

Rata- ja ajoneuvoliikenteen aiheuttamia äänitasoja on arvioitu ympäristömelulaskentaohjelmalla CadnaA 2021, joka sisältää tie- ja raideliikennemelun sekä teollisuusmelun pohjoismaiset laskentamallit.

Melun leviämisen ympäristöön ohjelma laskee kolmiulotteisen maastomallin perusteella. Ohjelma ottaa huomioon mm. maastomuodot, liikenneväylien liikennemäärät, rakennusten sijainnin ja korkeuden sekä heijastukset rakenteista ja maasta niille määritettyjen absorptio-ominaisuuksien perusteella. Mallinnuksen laskenta-asetukset on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 2.1).

Taulukko 2.1 Laskenta-asetukset.

Parametri	Käytetty arvo
Laskentaruudukon koko	2 m x 2 m
Laskentakorkeus	2 m
Melutason laskentaetäisyys	2 000 m
Maanpinnan akustinen kovuus	0,5
Rakennusten heijastus	0 (täysin heijastava)
Heijastusten lukumäärä	2

#### 2.1.3 Lähtötiedot

Pohjakartta, jossa on alueen tie- ja raideverkko, rakennukset sekä mallinnuksessa käytetyt korkeuskäyrät, on MML:n aineistosta. Kaavaluonnoksessa keskustaan on suunniteltu liike- ja asuinrakennuksia. Rakennusten korkeus kaava-alueella määritettiin kerrosluvun

mukaan. Kaava-alueen ulkopuolisten rakennusten korkeudesta ei ollut tarkempaa tietoa ja ne asetettiin vakiokorkeuteen 5 m

#### 2.1.4 Junaliikenteen melumallinnus

Kaava-alue rajoittuu pohjoispuolella itä-länsi-suuntaiseen junarataan, jossa kulkevien junien tiedot on saatu NRC Group Oy:stä. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 2.2 Taulukko 2.2) on esitetty melumallinnuksessa käytetyt lähtötiedot.

Taulukko 2.2 Raideliikennemelumallinnuksessa käytetyt lähtötiedot.

Tyyppi	Nykytilanne		Ennuste 2050		Pituus [m]	Nopeus- rajoitus [km/h]	Todelli- nen nopeus [km/h]
	Päivä klo 7-22 [kpl]	Yö klo 22-7 [kpl]	Päivä klo 7-22 [kpl]	Yö klo 22-7 [kpl]			
Dm12 <sup>1)</sup>	4	0	0	0	26	120	80
IC2 <sup>2)</sup>	0	0	4	0	26	120	80
TaJu <sup>3)</sup>	4	4	4	4	388	100	80

<sup>1)</sup> Kiskobussi

<sup>2)</sup> Sr2-veturin vetämät kaksikerroksisista IC-vaunuista koostuvat junat

<sup>3)</sup> Tavarajuna

#### 2.1.5 Ajoneuvoliikenteen melumallinnus

Nopeusrajoitus mallinnusalueella on 40-50 km/h. Mallinnuksessa on käytetty lähtöoletusta, että liikenteestä 90 % tapahtuu päiväaikaan (klo 7-22) ja loput 10 % yöaikaan (klo 22-7). Seuraavassa taulukossa (Taulukko 2.3) on esitetty mallinnuksessa käytetyt liikennemäärät nykytilanteessa sekä ennustetilanteessa vuodelle 2050. Liikennemäärät perustuvat kaavoituksen yhteydessä tehtyyn liikenneselvitykseen. ?

Taulukko 2.3 Liikennemelumallinnuksessa käytetyt tieliikenteen (nykytilanne/2050) lähtötiedot.

	KVL nykytilanne (ajoneuvoa/vrk)	Raskas liikenne osuus (%)	KVL 2050 (ajoneuvoa/vrk)	Raskas liikenne osuus (%)
Emolahdentie (p)	4 571	4	6 235	3
Emolahdentie (k)	3 772	4	4 801	3
Emolahdentie (e)	2 184	5	2 979	5
Ollintie (l)	4 808	2	6 555	2
Ollintie (i)	2 151	3	2 934	3
Asematie (uusi tie)	3 237	2	4 168	2
Pyhäjärventie	1 546	2	2 109	2

## 2.2 Melukarttojen ominaisuudet

Meluvyöhykkeet on merkitty liitteen melukartoille seuraavasti:

- vaalean vihreä osoittaa alueen, jolla keskiäänitaso ylittää 40 dB
- vihreä osoittaa alueen, jolla keskiäänitaso ylittää 45 dB
- tumman vihreä osoittaa alueen, jolla keskiäänitaso ylittää 50 dB
- keltainen osoittaa alueen, jolla keskiäänitaso ylittää valtioneuvoston päätöksen mukaisen pihan oleskelualueen ohjearvon 55 dB
- tumma oranssi osoittaa alueen, jolla keskiäänitaso ylittää 60 dB
- punainen osoittaa alueen, jolla keskiäänitaso ylittää 65 dB
- tumman punainen osoittaa alueen, jolla keskiäänitaso ylittää 70 dB

Meluvyöhykkeet on merkitty melukartoille 5 dB:n portain em. värein eroteltuna.

## 2.3 Sallitut äänitasot

Keskiäänitasojen merkittävyyden arviointi perustuu Valtioneuvoston päätökseen melutason ohjearvoista (993/1992) seuraavan taulukon (Taulukko 2.4) mukaisesti.

Taulukko 2.4 Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista (993/1992).

<b>Keskiäänitaso <math>L_{Aeq}</math> enintään</b>		
<b>Ohjearvot ulkona</b>	<b>Päivällä</b>	<b>Yöllä</b>
Asumiseen käytettävät alueet	55 dB	50 dB (uudet alueet 45 dB)
Virkistysalueet taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä	55 dB	50 dB (uudet alueet 45 dB)
Hoitolaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB (uudet alueet 45 dB)
Oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	-
Loma-asumiseen käytettävät alueet ja leirintäalueet	45 dB	40 dB
Virkistysalueet taajamien ulkopuolella ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB
<b>Ohjearvot sisällä</b>	<b>Päivällä</b>	<b>Yöllä</b>
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneistot	45 dB	-

## 2.4 Melumallinnuksen tulokset ja päätelmät

Melumallinnuksen tulokset on esitetty liitteissä 1 - 4. Liitteissä 1 – 2 on esitetty nykytilanteen liikennemäärillä liikennemelumallinnus päivä- ja yöajalle. Liitteissä 3 – 4 on esitetty vuoden 2050 ennustetilanteen liikennemäärillä liikennemelumallinnus päivä- ja yöajalle.



Liitteen kartoissa vakituiset asuinrakennukset on merkitty punaisella ja muut rakennukset harmaalla. Sairaalarakennukset on merkitty kuviin tumman sinisellä ja liikehuoneistot vaalean sinisellä. Tarkastelualueella ei ole loma-asumiseen käytettäviä rakennuksia. Kaava-alueen raja, joka toimii myös mallinnusalueen rajana, on merkitty punaisella. Karttapohjassa on myös kaavamerkintöjä, joiden avulla voi hahmottaa mille alueille melu leviää.

#### 2.4.1 Melutilanne nykytilanteessa

Nykytilanteessa melun päivä- ja yöajan ohjearvot ylittyvät Emolahdentien varrella olevien kahden asuinrakennuksen kohdalla. Korkeimmillaan päiväaikaan asuinrakennuksen julkisivuun kohdistuu 59 dB ja yöaikaan 51 dB. Sairaalarakennusten kohdalla melutasot jäävät alle ohjearvojen.

#### 2.4.2 Melutilanne tulevassa tilanteessa

Tulevassa tilanteessa melutasot nousevat hiukan alueella kasvavan ajoneuvoliikenteen takia. Melun päivä- ja yöajan ohjearvot ylittyvät edelleen Emolahdentien varrella olevien kahden asuinrakennuksen kohdalla. Korkeimmillaan päiväaikaan asuinrakennuksen julkisivuun kohdistuu 60 dB ja yöaikaan 53 dB. Sairaalarakennusten kohdalla melutasot jäävät edelleen alle ohjearvojen.

#### 2.4.3 Päätelmät

Päivä- ja yöajan melun ohjearvot ylittyvät nykytilanteen ja ennustetilanteen liikennemäärillä kahden asuinrakennuksen kohdalla. Ylitys ei ole merkittävä, eikä uutta asuinrakentamista ole osoitettu melualueille. Merkittävä tekijä alueella on ajoneuvoliikenteestä aiheutuva melu. Erityisiä määräyksiä melun suhteen ei kaavaan katsota melumallinnuksen perusteella tarpeelliseksi.

### 3 TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

Tärinäselvityksessä on tutkittu rautatieliikenteen aiheuttaman tärinän vaikutusta rakenteisiin ja asumismukavuuteen. Tärinän ja runkomelun arviointiin on käytetty seuraavia VTT:n julkaisuja: *Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta* (2004), *Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi* (2008), *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* (2009), *Ohjeita liikennetärinän arviointiin* (2011) ja *Liikennetärinä – Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius* (2014).

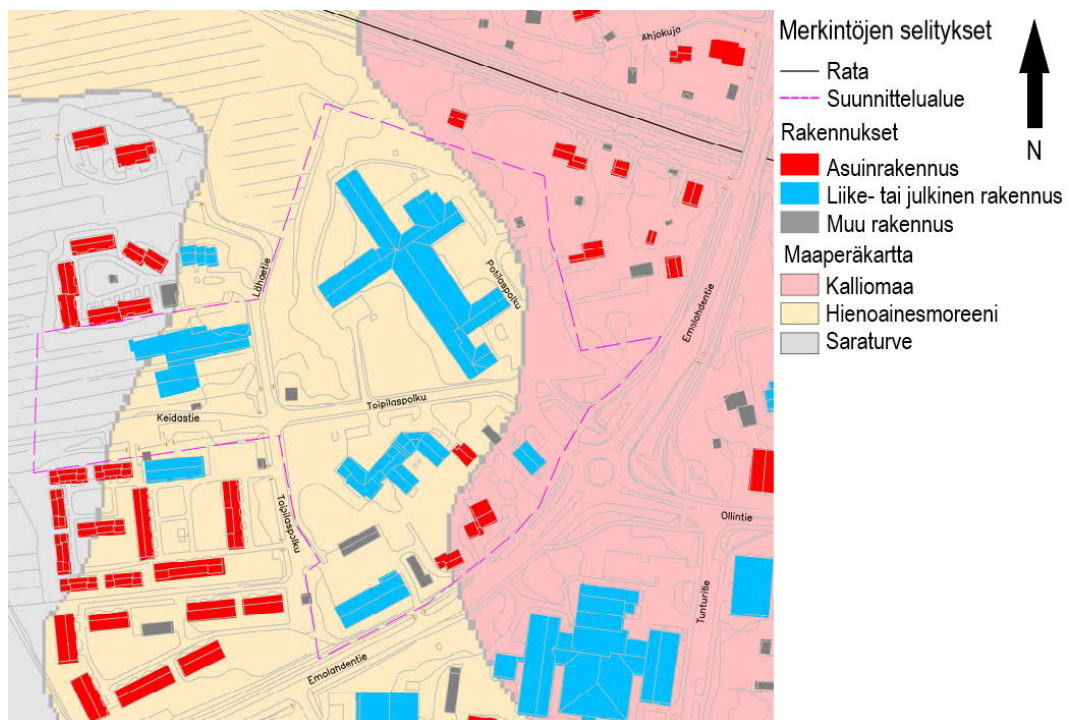
Henkilöliikenteeseen käytetyn kaluston massan on arvioitu olevan maksimissaan 500 tonnia. Pyhäjärvellä kaivostoiminta on loppumassa lähivuosina, koska Pyhäsalmen kaivoksen malmivarat ovat ehtymässä. Lähtötietojen mukaisen 388 metriä pitkän rikastejunan massa on noin 2600 tonnia. Kaivostoiminnan loppuessa alueelle kulkevat junakuormat tulevat todennäköisesti keventymään toiminnan muuttuessa. Tulevaisuus on arvioitu puuta kuljettavan junan perusteella, jonka kokonaismassaksi on arvioitu 1600

tonnia.

Arviointi suoritettiin raiteilla kulkevan tärinän ja runkomelun kannalta haitallisimman junatyyppin mukaan, joka nykyhetkellä ja tulevaisuudessa on täysi tavarajuna. Henkilöjunat ovat tavarajuniin verrattuna paljon kevyempiä, jolloin tavaraliikenne on määräävä tekijä.

### 3.1 Maaperä suunnittelualueella

Tärinä- ja runkomeluselityksessä hyödynnettiin GTK:n Maankamara-karttapalvelusta saatavissa olevaa maaperäkarttaa (1:20 000). Kuvakaappaus suunnittelualueen maaperästä on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 2). Maaperäkartan perusteella suunnittelualueen maaperä koostuu lähinnä hienoainesmoreenista ja kalliomaasta, joita sijaitsee myös radan ja suunnittelualueen välissä. Suunnittelualueen lännenpuoleisella laidalla on jonkin verran saraturvetta. GTK:n Pohjatutkimukset-karttapalvelussa ei ole kairauksia suunnittelualueelta. Moreenimaalajeja sisältävä maaperä luokitellaan VTT Tiedotteen 2425 mukaan kovaksi maaperäksi. Saraturve luokitellaan pehmeäksi eloperäiseksi maalajiksi.



Kuva 2 Maaperä suunnittelualueella ja sen läheisyydessä (GTK 2021).

Tärinän edetessä kauemmaksi tärinälähteestä maanpinnan pystysuuntainen värähtely vaimenee usein tasaisesti. VTT Tutkimusraportin VTT-R-04703-14 (2014) mukaan voidaan karkeasti arvioida, että tärinä puolittuu, kun etäisyys kasvaa kaksinkertaiseksi.

Vaimeneminen voi olla hitaampaa etenkin pehmeillä maalajeilla kuten savilla ja silteillä. (Talja & Törnqvist 2014)

## 3.2 Tärinä ja runkomelu

### 3.2.1 Rakenteiden vaurioitumisalttiuteen vaikuttava tärinä

Rakenteiden vaurioitumisalttiuteen arvioidaan maaperän värähtelyn huippuarvoon  $v_{max}$  (mm/s) perusteella. Vaurioitumisalttiuteen vaikuttavan tärinän arviointi jaetaan kolmeen (3) tarkastelutasoon VTT Tutkimusraportin VTT-R-04703-14 (2014) mukaan. Tarkastelutasolla 1 arvio perustuu laskentakaavalla tehtävään arvioon. Laskentakaavat pohjautuvat tehtyihin tärinämittauksiin eri maalajeilla ja kohteilla, sekä empiirisiin havaintoihin. Kaavoilla voidaan arvioida eri tärinän aiheuttajien aiheuttamaa tärinän suuruutta eri etäisyyksillä. Kaavat ovat suhteellisen epätarkkoja, mutta antavat käsityksen, onko tarpeen käyttää tarkempaa tärinänarviointitasoa. Laskentamenetelmä olettaa maaperän värähtelyn samaksi pysty- ja vaakasuunnassa. Maanpinnan värähtelyn huippuarvo tietyllä etäisyydellä radasta saadaan määritettyä käyttäen seuraavaa kaavaa

$$v_G = v_0 \cdot \left(\frac{D_0}{D}\right)^B \cdot \left(\frac{S}{S_0}\right)^A \cdot \frac{G}{G_0} \cdot k_R \cdot F,$$

jossa

$v_0$  on värähtelyn perusarvo maassa etäisyydellä  $D_0$  on 15 m raiteen keskilinjasta ja jonka arvo saadaan tutkimusraportin VTT-R-04703-14 taulukosta 2

$D$  on tarkasteluetäisyys

$B$  on etäisyyseksponentti, jonka arvo saadaan tutkimusraportin VTT-R-04703-14 taulukosta 2. Etäisyyseksponentti kuvaa sitä, kuinka nopeasti tärinä vaimenee etäisyyden suhteen. Mitä suurempi on eksponentti, sitä nopeammin tärinä vaimenee

$S$  on tarkasteltava junan nopeus, jonka perusarvo  $S_0$  on 70 km/h

$A$  on nopeuseksponentti, jonka arvo on 0,9-1,1 (keskimäärin 1,0). VTT:n Working Paper 50 liitteen C mukaan matalilla nopeuksilla heilahdusnopeuden on havaittu olevan useimmiten junan nopeudesta riippumaton. Nopeuskerrointa käytetään vain nopeuksilla  $S \geq 70$  km/h. Alemmilla nopeuksilla ei nopeuskerrointa suositella käytettäväksi, jolloin asetetaan  $(S/S_0)^A=1$

$G$  on tarkasteltavan junan kokonaispaino, jonka perusarvo  $G_0$  on 2000 tn

$k_R$  on radan kunnosta riippuva kerroin, joka on keskimäärin 1,0. Vanhoille yksiraiteisille radoille  $k_R = 1,3$  ja uusille moniraiteisille radoille  $k_R = 0,7$ .

$F$  on varmuuskerroin, jonka arvo on 2. Jos perusyhtälö on kalibroitu kohteessa tehdyillä tärinämittauksilla,  $F = 1$ . Koska kalibrointia ei ole voitu suorittaa käytetään arvoa 2 (Talja & Törnqvist 2014).

Teoriassa tärinän laskennallinen ero on erittäin suuri, riippuen valitaanko värähtelyn perusarvon  $v_0$  parametrit ja etäisyyseksponentin  $B$  arvot taulukon ylä- vai alarajoilta. Laskennallisessa arvioinnissa tulee huomata, että värähtelytason arviointi perustuu

homogeeniseen pohjamaahan eli tärinän alkulähteellä pohjamaa oletetaan samaksi kuin tarkasteltavilla etäisyyksillä. Laskennassa ei pystytä huomioimaan pohjamaan muutoksia tarkastelualueella. Tämä laskennan puute on suoraan johdannainen siihen, että tärinän määrittäminen on yksilöllistä jokaisessa rakennuksessa ja laskennallinen arviointi sisältää epävarmuuksia. Laskennallinen arviointi on tehty samoilla periaatteilla jokaisessa toteutusvaihtoehdossa, joten riskiä haitallisen tärinän esiintymisestä eri alueilla voidaan pitää johdonmukaisina.

Laskennallisesti määritettyjä maanpinnan värähtelyn huippuarvoja verrataan seuraavan taulukon (Taulukko 3.1) mukaisiin värähtelyrajoihin. Rajaus perustuu maalajiin ja maaperän värähtelyn huippuarvoon  $v_{max}$  (mm/s).

*Taulukko 3.1 Tärinäalueiden rajauksessa käytettävät värähtelyrajat ( $v_{max}$  mm/s) maaperän värähtelylle (Talja & Törnqvist 2014).*

Maalaji	Pehmeä savi leikkaus- lujuus < 25 kN/m <sup>2</sup>	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekkä	Tiivis hiekkä, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
Värähtelyssä hallitseva taajuus	< 10 Hz	10-20 Hz	20-50 Hz	> 50 Hz
V-alue	3	4,2	6	7,2
H-alue	1-3	1,4-4,2	2-6	2,4-7,2
E-alue	< 1	< 1,4	< 2	< 2,4

Kartoitettava alue jaetaan normaalikuntoisten rakennusten tärinäsiedon perusteella seuraaviin alueisiin:

**V-alue:** Rataa lähimpänä oleva alue, jossa maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa rakennuksille ja rakenteille vahinkoriskin.

**H-alue:** Tavanomaisiin ja hyväkuntoisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa on otettu huomioon liikennetärinä. Alueella tärinä on kuitenkin usein selvästi havaittavaa ja häiritsee yleensä asumismukavuutta. Rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit tulee ottaa huomioon vaurioitumisriskin arvioinnissa.

**E-alue:** Normaalikuntoisille rakenteille ei aiheudu tärinästä rakenteiden vaurioitumista, mutta tärinä voi häiritä asumismukavuutta. Tärinän vaikutus asumismukavuuteen on tarkistettava erikseen VTT Tiedotteen 2569 mukaan. (Talja & Törnqvist 2014)

Tarkastelutasolla 2 alueiden rajauksessa käytetään mitattuja maaperän värähtelyn arvoja. Mitatuilla arvoilla voidaan tarkentaa tarkastelutason 1 laskennallista arviota. Tarkastelutasolla 3 arvioidaan rakennukseen siirtyvää värähtelyä. (Talja & Törnqvist 2014)

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. (Talja & Törnqvist 2014)

### 3.2.2 Asumismukavuuteen vaikuttava värinä

Kun arvioidaan asumismukavuudelle aiheutuvaa haittaa, värinän arvioinnissa käytetään värähtelyn tunnuslukua  $v_{w,95}$  (mm/s). Tunnusluku  $v_{w,95}$  on painotetun värähtelyn tehollisarvon  $v_w$  tilastollinen maksimi. Arvo perustuu yhden viikon ajalta 15 merkitsevimmästä ajoneuvosta mitattuun värähtelyyn. (Talja et al. 2008)

Värähtelyn tunnusluvun mukaan voidaan kohteet jakaa neljään värähtelyluokkaan. Suositus rakennusten värähtelyluokista perustuu VTT Tiedotteeseen 2278 *Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta* (Talja 2004). Luokitus perustuu VTT:n mittaustuloksiin sekä Norjan standardiin (NS 8176E, 1999). Myös ohjeet DIN 4150-2 (1999), Banverket (1997), FRA (2005) ja FTA (2006) tukevat esitettyä suositusta (Talja 2004). Värähtelyluokituksen suositukset on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 3.2). Luokituskriteerin on toteuduttava pystyvärähtelyn osalta rakennuksen kaikissa lattioissa ja vaakavärähtelyn osalta rakennuksen jokaisessa kerroksessa.

Taulukko 3.2. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Talja 2004).

Värähtelyluokka	Kuvaus olosuhteista	$v_{w,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värinää</i>	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet <i>Ihmiset voivat havaita värinän, mutta se ei ole yleensä häiritsevää</i>	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä</i>	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä</i>	$\leq 0,60$

Värähtelyluokkaa C sovelletaan olemassa olevien väylien läheisyydessä alueilla, jonne kaavaa laaditaan tai merkittävästi muutetaan. Yksittäinen olemassa olevan väylän varrelle sijoittuva täydennysrakentaminen ja väylän vähäiset muutokset arvioidaan luokan D mukaan. Liikenneviraston ohjeen 13/2018 mukaan kohteen kaltaisen vanhan radan ympäristössä sovelletaan luokkaa D, koska liikennesopeutta tai akselipainoa ei olla nostamassa. Lisäksi muutokset kaavaan eivät ole merkittäviä. Taulukossa (Taulukko 3.2) esitetyt värähtelyluokat koskevat vain normaaleja asuinrakennuksia, mutta hoito- ja

sosiaalihuollon laitokset voidaan rinnastaa asuinrakennuksiin. Taulukkoa ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä (toimistot, kauppa- ja liiketilat, teollisuusrakennukset). Näille muille toiminnoille voidaan soveltaa muita suosituksia. (Talja et al. 2008)

Suosittelut raja-arvot eivät ota kantaa tärinähäiriön toistuvuuteen tai häiriön kellonaikaan. Suositellut raja-arvot ovat linjassa naapurihuoneistosta aiheutuvasta tärinästä. Ihmiset kokevat saman tärinän eri tavoin. Tärinään voi myös tottua ja sille voi myös herkistyä. Samansuuruisen tärinän häiriöksi kokeminen voi vaihdella ihmisten välillä peräti viisi yksikköä 10-portaisella asteikolla. (Talja et al. 2008)

VTT Tiedotteessa 2569 teoreettisista laskentakaavoista on luovuttu aikaisempaan verrattuna (VTT Tiedote 2425, 2008 ja Working Paper 50, liite C, 2006), jolloin tarkemmat arviot edellyttävät värähtelyn mittaamista rakennuspaikalla. Koska suunnittelualueella ei ole tehty tärinämittauksia, perustuu selvitys asumismukavuuden osalta vanhemmassa VTT:n julkaisussa (Working Paper 50, liite C) esitettyyn laskentakaavaan. Laskentakaava on sama, jota käytetään rakenteiden vaurioitumisalttiuden arviointiin VTT Tutkimusraportissa VTT-R-04703-14 (2014), joka on esitetty kohdassa 3.2.1.

Asuinmukavuuden tapauksessa rakennukseen siirtyvässä värähtelyssä voidaan huomioon myös rakennusosasta riippuva suurennuskerroin  $k_b$ , jolla otetaan huomioon värähtelyn mahdollinen voimistuminen mahdollisen resonanssin vaikutuksesta. Suurennuskerroinmenetelmällä saadaan karkea arvio resonanssin vaikutuksesta, kun värähtelyn taajuussisältöä ei tunneta.

Resonanssin merkitys on suurin pehmeillä maa-alueilla, koska maaperän värähtelyn energia esiintyy pehmeiköillä hyvin kapealla taajuuskaistalla, joka voi osua rungon tai lattian ominaistaajuusalueelle. Suunnittelualueella ei ole pehmeiköä lähellä rataa. Kovassa maaperässä hallitsevat korkeammat taajuudet ja värähtely on laajakaistaista, jolloin vaakavärähtely ei yleensä voimistu rungossa ( $k_b=1,0$ ) ja lattioissa värähtelyn voimistuminen voidaan olettaa vähäiseksi ( $k_b=1,5$ ). (Talja & Törnqvist 2014) Koska resonanssi vahvistaa voimakkaasti ainoastaan sitä taajuuskomponenttia, joka sattuu ominaistaajuuden alueelle, resonanssin ilmeneminen voi olla satunnaista, mutta resonanssin merkitys on ilmetessään hyvin suuri.

VTT Tutkimusraportin VTT-R-04703-14 (2014) kaavalla saadaan arvioitua heilahdusnopeuden maksimin odotusarvo  $v_{max}$  ( $v_G$ ). Heilahdusnopeuden laskennan jälkeen arvo on muutettu vastaamaan arvioitavaa arvoa  $v_{w,95}$ . Tavanomaisesti tehollisarvoarvo  $v_w$  on noin 0,4...0,6 kertainen verrattuna laskettuun heilahdusnopeuden maksimiin (Törnqvist & Talja 2006) Tehollisarvon  $v_w$  ja  $v_{w,95}$  välinen yhteys oletetaan raportissa likimäärin samaksi, sillä liikennöivän kaluston, junan pituus, junan nopeus ja junan paino oletetaan olevan vakioita riittävän pitkällä ajanjaksolla. Tässä arvioinnissa  $v_{w,95}$  on laskettu näiden arvojen keskiarvona eli 0,5 kertaa  $v_{max}$ . Resonanssin mahdollinen vaikutus kovassa

maaperässä on otettu huomioon kertomalla arvioitu värähtelytunnusluku  $V_{w,95}$  suurennuskertoimella (runko  $k_b=1,0$  ja lattia  $k_b=1,5$ ).

### 3.2.3 Tärinän aiheuttama runkomelu

Termillä runkomelu tarkoitetaan VTT Tiedotteen 2468 *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* (Talja & Saarinen 2009) mukaan maaperän kautta rakennukseen siirtyvää värähtelyä, joka muuttuu ääneksi. Runkomelu syntyy kiskon ja junan pyörien kosketuksen aiheuttamasta värähtelystä, joka välittyy radan alusrakenteiden ja maaperän kautta läheisten rakennusten perustuksiin. Ääni etenee perustuksista rakennuksen runkorakenteita pitkin huonetilojen seinä-, välipohja- ja yläpohjarakenteisiin. Rakennusosien värähtely aiheuttaa huonetilojen pinnoissa äänen säteilyä, joka etenee ilmassa paineaaltona, jotka ovat aistittavissa äänenä.

Runkomeluun liittyvä värähtely on voimakkuudeltaan niin vähäistä, ettei sitä voida havaita rakennuksen tärinänä, joten se ei aiheuta minkäänlaista vaaraa rakenteille. Runkomeluhaitta on yleensä suurin, kun sekä rakennuksen ja väylän perustukset ulottuvat suoraan peruskallioon tai kovaan kitkamaahan. (Talja & Saarinen 2009)

Runkoäänestä aiheutuvan häiriön suhteellisen harvinaisuuden takia tutkimusta sen vaikutuksesta ihmiseen on melko vähän. Runkomelun kiusallisuus riippuu äänitasosta, häiriön toiston määrästä, melun taajuussisällöstä sekä tilan taustamelutasosta. (Talja & Saarinen 2009)

Suomessa, kuten monissa muissakin maissa, ei runkomelulle ole annettu ohje- tai raja-arvoja, mutta VTT on esittänyt runkomelutasoille suosituksia, jotka on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 3.3). Taulukon raja-arvot täyttävät valtioneuvoston, sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön ja Suomen rakennusmääräyskokoelmassa annetut suurimmat sallitut äänitasot asunnossa. VTT:n tiedote ei ota kantaa runkomelun raja-arvojen kohdalla häiriön toistuvuudesta tai kellonajasta. Suositus runkomelutason raja-arvosta asuinrakennuksille värähtelyn lähteen ollessa pintaväylä on  $L_{prm} \leq 35$  dB. (Talja & Saarinen 2009)

*Taulukko 3.3 Suositus runkomelutason raja-arvoista Suomessa (Talja & Saarinen 2009).*

Rakennustyyppi	Runkomelutaso $L_{prm}$ (dB)
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttisalit	25-30
Asuinhuoneistot	30/35 *
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat	30/35 *
Kokoontumis- ja opetustilat	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45 *

\* Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa

VTT Tiedotteen 2468 mukaan arviointitasolla 1 käytetään runkomelunkin osalta turvaetäisyyttä. Arviointitasolla 2 arvio runkomelutasosta perustuu värähtelyn siirtotiehen perustuvaan arvioon, jossa voidaan ottaa tarkemmin huomioon runkomelutasoon vaikuttavat tekijät. Menetelmä ei edellytä tarkkaa tietoa värähtelyn taajuusspektristä eikä sen muuttumisesta värähtelyn siirtymäreitillä. Menetelmä perustuu arvioituun värähtelyn nopeustasoon. Koska värähtelyn syntymiseen ja leviämiseen vaikuttaa lukuisia epävarmuustekijöitä, on taso 2 vain suuntaa antava.

VTT Tiedotteen 2468 mukaan runkomelun arvioinnin lähtökohtana on peruskäyrältä saatu maaperän värähtelyn nopeustaso  $L_v$ . Maaperän värähtelyn nopeustasoa korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakennuksesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä  $\Delta L_v$ . Lopputulos on runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso  $L_{pA}$ . Peruskäyrä saadaan seuraavalla kaavalla

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

jossa

$A$  on vakio, jonka arvo on 103 dB

$B$  on vakio, jonka arvo on 14 dB

$C$  on vaiko, jonka arvo on 0,8 dB

$d_0$  on vakio, jonka arvo on 10 m

ja  $d$  on tarkasteltavan kohteen etäisyys väylän reunasta.

Runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso  $L_{pA}$  saadaan seuraavalla kaavalla

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

jossa

$L_v$  on peruskäyrä, johon lisätään korjaustekijöiden summa. (Talja & Saarinen 2009)

Arviointitaso 3 edellyttää mittausten tekemistä (Talja & Saarinen 2009), joita ei ole suunnittelualueella tehty.

### 3.3 Tulokset

Arvio suoritettiin käyttäen VTT Tutkimusraportin VTT-R-04703-14 (2014) tarkastelutason 1 kaavaa. Vaurioitumisalttiuden ja asumismukavuuden laskentaan tarvittavat parametrit valittiin VTT Tutkimusraportin VTT-R-04703-14 taulukosta 2 ja lähtötietojen perusteella. Laskennassa arvioitiin pohjamaa kahden eri maalajin perusteella, jotka sijaitsevat radan alla ja sen välittömässä läheisyydessä:

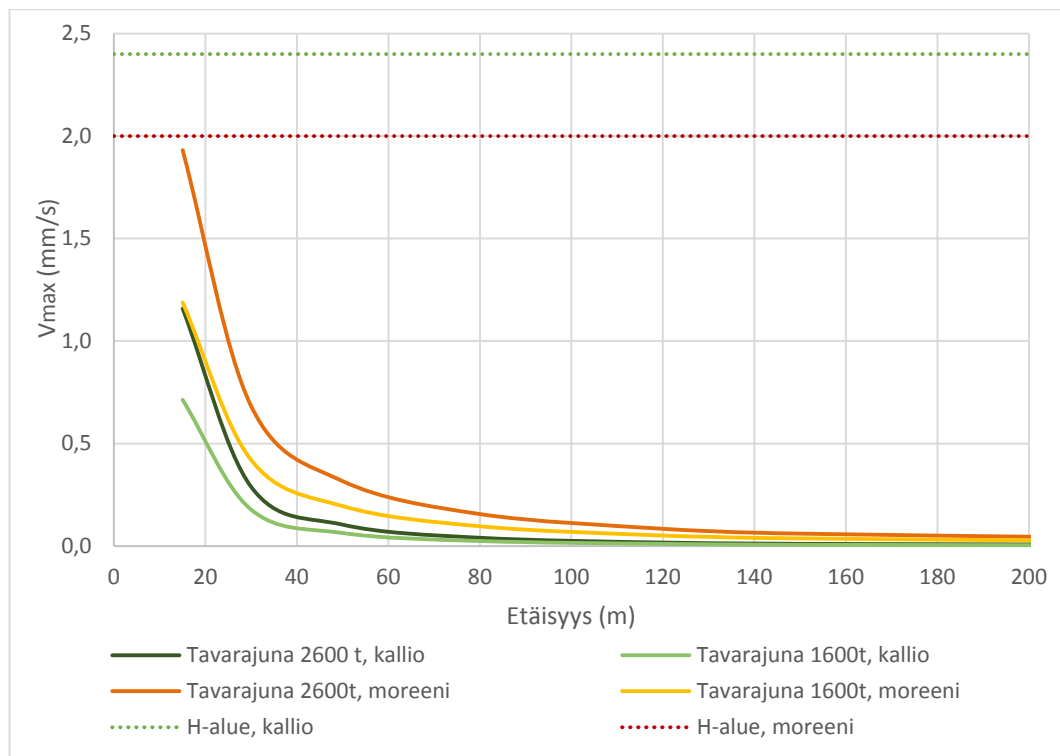
- Karkearakeinen: kuvaa alueella olevaa hienoainesmoreenia. Parametrit valittiin tärinää vaimentaviksi ( $v_0=0,5$  ja  $B=1,5$ ).
- Kallio: kuvaa pistoraitteen alueella olevaa kalliota. Materiaaliparametrit valittiin parhaiten tärinää vaimentaviksi ( $v_0=0,3$  ja  $B=2$ ).



Laskentaa ei suoritettu suunnittelualueella olevalle turpeelle, koska turvealue sijaitsee kauempana radasta ja tärinä vaimenee maaperässä huomattavasti ennen sen siirtymistä turpeeseen.

### 3.3.1 Rakennusten vaurioitumisalttiuteen vaikuttava tärinä

Seuraavassa kuvassa (Kuva 3) on esitetty heilahdusnopeuden maksimiarvot  $V_{max}$  eri etäisyyksillä ja eri maalajien laskentaparametreilla. Laskennallinen arvio nykytilasta ja ennusteesta on esitetty samassa kuvassa. Kuvissa on esitetty myös määräävät tärinäalueet. Kaikki nykytilan ja ennusteen laskennallisten arvioiden käyrät ovat E-alueella, joten V-alueen rajoja ei ole esitetty kuvassa. H-alue sijaitsee V-alueen rajan ja H-alueen rajan välissä ja E-alue sijaitsee H-alueen viivan alapuolella. Rajat riippuvat maalajista (Taulukko 3.1).



Kuva 3 Laskennallinen arvio tavarajunan aiheuttamasta värähtelyn huippuarvosta  $V_{max}$  (mm/s) eri etäisyyksillä junaradasta maaperän ollessa hiekkamoreenia tai kalliota nykytilassa ja tulevaisuuden ennusteelle.

Tulosten perusteella (Kuva 3) tavarajunan aiheuttama värähtelyn huippuarvo on suurempi hienoainesmoreenissa kuin kalliolla. Laskennallisen ennusteen perusteella tärinän värähtelyn nopeus laskee tulevaisuudessa, koska tulevaisuudessa juna on arvioitu nykytilaa kevyemmäksi. Tärinäalueiden etäisyydet rautatiestä maalajikohtaisesti nykytilassa ja tulevaisuudessa on koottu seuraavaan taulukkoon (Taulukko 3.4). Pienin etäisyys radasta,

jota laskentatavalla voidaan arvioida, on 15 m, joten rajoja, jotka ovat tämän alle, ei voida asettaa. Kuten tuloksista huomataan, laskennallinen värähtelyn huippunopeus on koko ajan E-alueella eli tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista laskennallisen arvion perusteella.

*Taulukko 3.4 Laskennalliset arviot vaurioitumisalttiuden mukaisten tärinäalueiden etäisyyksistä rautatiestä maalajikohtaisesti nykytilassa ja tulevaisuuden ennusteelle.*

Maalaji	Alueen etäisyys rautatiestä (m)		
	V-alue	H-alue	E-alue
<b>Nykytila</b>			
Hienoainesmoreeni	< 15	< 15	< 15
Kallio	< 15	< 15	< 15
<b>Ennuste</b>			
Hienoainesmoreeni	< 15	< 15	< 15
Kallio	< 15	< 15	< 15

Taulukon (Taulukko 3.4) perusteella riski hyväkuntoisten ja tavanomaisten rakennusten tai rakenteiden vaurioitumiselle on pieni, koska E-alue sijaitsee hyvin lähellä rataa maaperän koostuessa kalliosta tai moreenista. Vaurioitumisriskiin vaikuttaa kuitenkin rakennuksen tai rakenteen kunto, koska tärinäalueiden jaottelu perustuu normaalikuntoisten rakennusten tärinäsietokykyyn. Lisäksi huomioon tulee ottaa käytetyt rakennusmateriaalit. (Talja & Törnqvist 2014)

Vaurioitumisalttiuden perusteella määritetty suojaetäisyys (värähtelytason etäisyys radasta) on esitetty kartalla liitteessä 5 (kuva G01). Koska pienin etäisyys, jota laskentakaavalla voitiin tutkia, on 15 metriä, on kuvassa tätä pienempi suojaetäisyys esitetty tasan 15 metrin päässä radasta. Koska V-, H- ja E-alueilla on sama etäisyys radasta, on vaurioitumisalttiudelle esitetty vain yksi alue kartalla. Tulosten perusteella suunnittelualueen rakennuskannalle vaurioitumisalttius ei ole laskennallisten arvioiden perusteella ongelma, koska vaurioitumisalue sijaitsee hyvin lähellä rataa kaukana suunnittelualueen ulkopuolella.

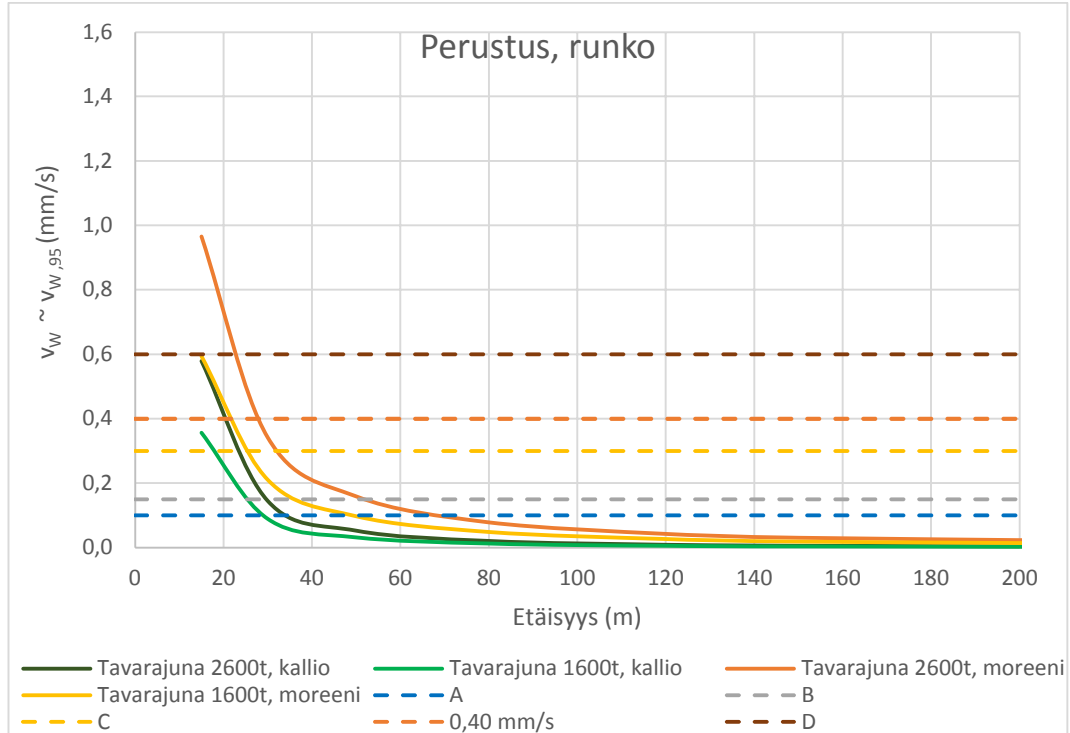
### 3.3.2 Asuinmukavuuteen vaikuttava tärinä

Seuraavassa kuvassa (Kuva 4) on esitetty heilahdusnopeuden maksimiarvojen  $v_{max}$  perusteella määritetyt heilahdusnopeuden tehollisarvot  $v_{w,95}$  eri etäisyyksillä ja maalajeittain rungossa ja perustuksissa ( $k_b=1,0$ ). Laskennallinen arvio nykytilasta ja ennusteesta on esitetty samassa kuvassa. Kuvissa 4 ja 5 on esitetty vähättelytasot, jotka ovat samat kuin Pyhäsalmen asemakaavan muutoksen tärinä- ja runkomeluselvityksessä (2019) ja Ruotasen yleiskaavan (2020) tärinä- ja runkomeluselvityksissä.

C: Värähtelytaso 0,30 mm/s → Uudet asuinrakennukset

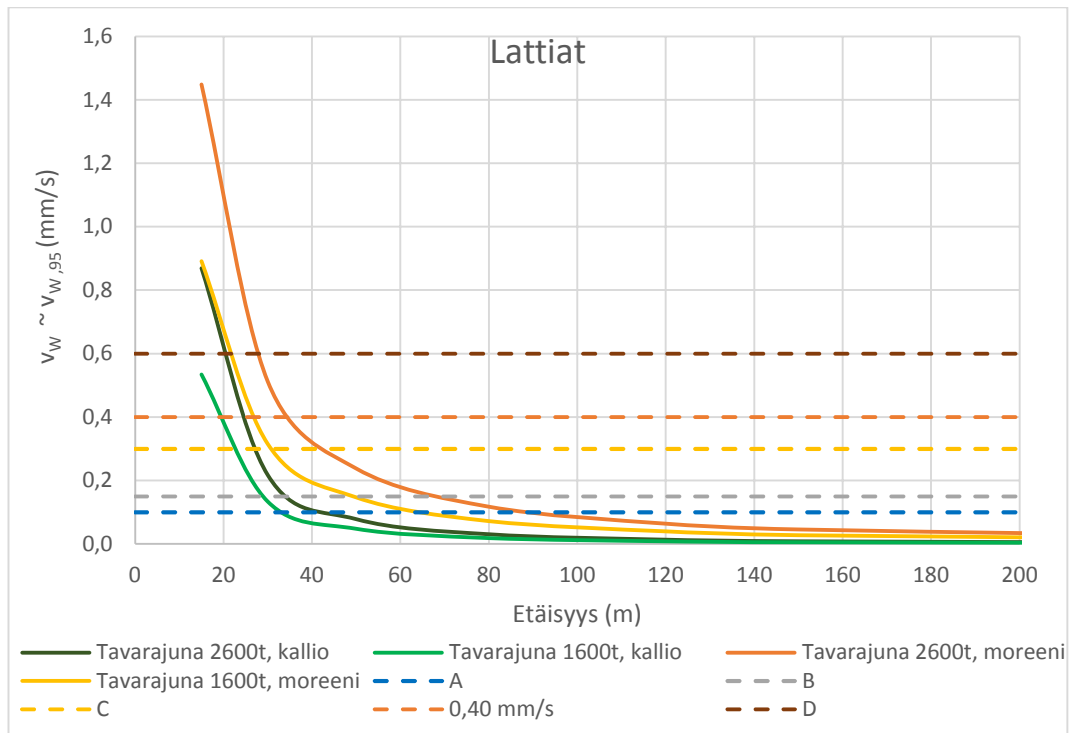
Värähtelytaso 0,40 mm/s → Toimistorakennukset, kaupat, liikuntahallit jne.

D: Värähtelytaso 0,60 mm/s → Teollisuusrakennukset, vanhat rakennukset



Kuva 4 Laskennallinen arvio tavarajunan aiheuttamasta värähtelyn tunnusluvusta  $v_{w,95}$  (mm/s) eri etäisyyksillä radasta maaperän ollessa hienoainesmoreenia tai kalliota nykytilassa ja tulevaisuuden ennusteelle. Tulokset kuvaavat tilannetta perustuksissa ja rungossa.

Seuraavassa kuvassa (Kuva 5) on esitetty heilahdusnopeuden maksimiarvojen  $v_{max}$  perusteella määritetyt heilahdusnopeuden tehollisarvot  $v_{w,95}$  eri etäisyyksillä ja maalajeittain rakennusten lattioissa ( $k_b=1,5$ ). Laskennallinen arvio nykytilasta ja ennusteesta on esitetty samassa kuvassa.



Kuva 5 Laskennallinen arvio tavarajunan aiheuttamasta värähtelyn tunnusluvusta  $v_{w,95}$  (mm/s) eri etäisyyksillä radasta maaperän ollessa hienoainesmoreenia tai kalliota nykytilassa ja tulevaisuuden ennusteelle. Tulokset kuvaavat tilannetta lattioissa.

Värähtelytasojen etäisyydet rautatiestä maalajikohtaisesti nykytilassa ja tulevaisuudessa on koottu seuraavaan taulukkoon (Taulukko 3.5). Taulukossa on huomioitu myös mahdollinen resonanssi. Pienin etäisyys radasta, jota laskentatavalla voidaan arvioida, on 15 m, joten etäisyyksiä, jotka ovat tämän alle, ei voida esittää.

Taulukko 3.5 Laskennalliset arviot asumismukavuuden värähtelytasojen etäisyyksistä rautatiestä maalajikohtaisesti nykytilassa ja tulevaisuuden ennusteelle.

Maalaji	Etäisyys rautatiestä (m)			
	Runko, perustus $k_b=1,0$		Lattiat $k_b=1,5$	
	Värähtely-luokka C	Värähtely-luokka D	Värähtely-luokka C	Värähtely-luokka D
<b>Nykytila</b>	0,30 mm/s	0,60 mm/s	0,30 mm/s	0,60 mm/s
Hienoainesmoreeni	33	21	43	27
Kallio	21	<15	26	18
<b>Ennuste</b>				
Hienoainesmoreeni	24	15	31	20
Kallio	17	<15	20	<15

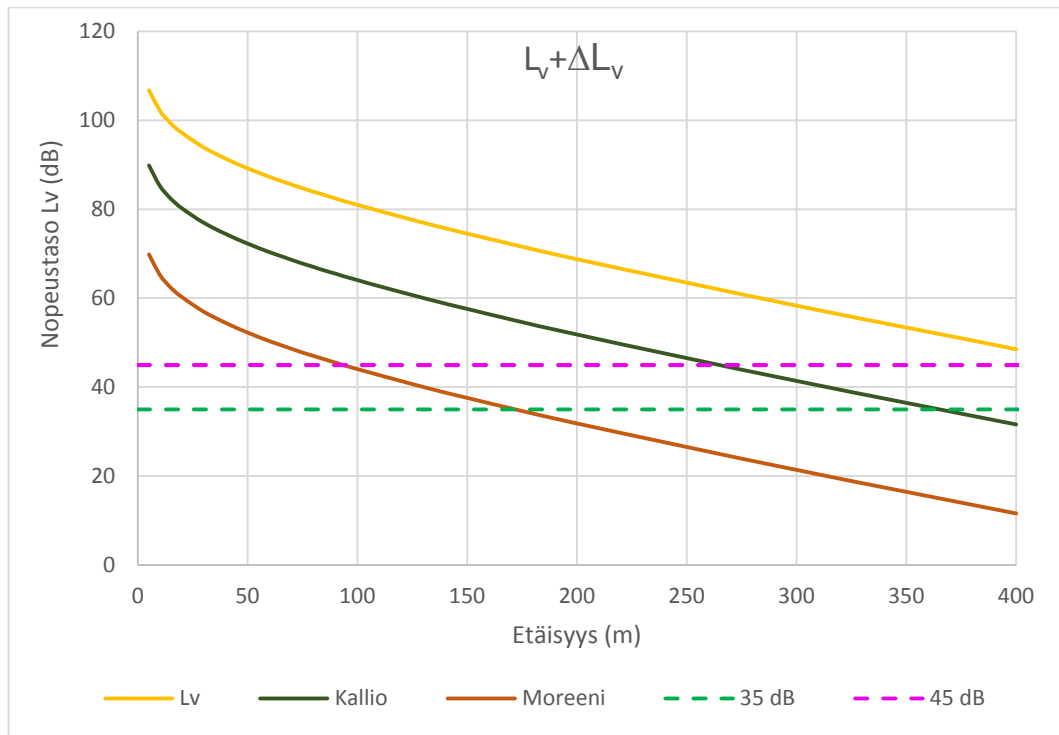
Kallio vaimentaa värähtelyä tehokkaammin kuin moreeni kuten taulukosta (Taulukko 3.5) voidaan päätellä. Moreeni- ja kallioalueilla tärinä ei leviä häiritsevissä määrin kovinkaan kauas radasta, vaikka resonanssi otetaan huomioon. Vaurioitumisalttiuteen verrattuna (Taulukko 3.4) asumismukavuus on rajoittavampi tekijä tärinän suhteen.

Suunnittelualue sijaitsee yli 50 metrin päässä radasta. Näin etäällä radasta tutkituilla pohjamailla täytyvät luokan C ja D sekä 0,40 mm/s värähtelyehdot resonanssilla ja ilman. Asumismukavuuden perusteella määritetyt suojaetäisyydet (värähtelytasojen etäisyys radasta) asetuvat kaikki suunnittelualueen ulkopuolelle, joten kartalla liitteessä 5 (kuva G01) on esitetty vain tiukimman värähtelyluokan C:n mukaiset suojaetäisyydet nykytilassa ja tulevaisuudessa (lisäksi huomioitu mahdollinen resonanssi). Laskennallisen tärinäarvioinnin perusteella tärinä ei asumismukavuuden perusteella rajoita suunnittelualueen maankäyttöä arvioidussa nykytilassa ja tulevaisuudessa.

### 3.3.3 Runkomelu

Runkomelun määrää suunnittelualueella arvioitiin värähtelyn siirtotiehen perustuvan arvioinnin perusteella. Laskelmissa huomioitiin nopeudesta aiheutuva korjaus. Lisäksi oletettiin, ettei radalle ei ole tehty eristämistoimenpiteitä. Koska käytetystä kalustosta ei ole tarkempia tietoja oletettiin kaluston jousitus normaaliksi. Radassa oletettiin olevan kulumaa tai epäjatkuvuuskohtia (+10 dB). Rakennuksesta johtuvaksi korjaustekijäksi valittiin kalliolla 0 dB ja muualla -5 dB, joka kuvaa 1-2 kerroksista puutaloa, jolloin korjaustekijä on talotyypeistä pienin. Rakennustyyppissä oletettiin, että perustuksen ja mahdollisen kallion välissä on maa-ainesta vähintään kolme metriä, jolloin korjaustekijää voidaan käyttää. Runkomelu kasvaa huomattavasti, jos rakennus ja/tai rata on yhteydessä kallioon. Rakennneosien resonanssin vaikutus huomioitiin (+6 dB). Moreeni arvioitiin keskitaajuusalueiden maalajiksi (-35 dB) ja kalliokorkean taajuuden alueeksi (-20 dB). Lisäksi käytettiin varmuusmarginaalia +6 dB.

Seuraavassa kuvassa (Kuva 6) on esitetty laskennallinen arvio runkomelutasosta etäisyyden funktiona (etäisyys junaradasta). Koska junan painolla ei ole vaikutusta runkomeluun eikä radan kunnossa arvioitu tapahtuvan muutosta, ovat nykytilan ja ennusteen arviot runkomelutasoista samat, joten kuvissa on esitetty vain yksi runkomelutaso per maalaji. Kuvassa on esitetty myös VTT Tiedotteen 2468 mukaiset suositukset runkomelutasoille 35 dB (asuinhuoneistot, hoitolaitokset, kokoontumis- ja opetustilat) ja 45 dB (toimistot, kaupat jne.). Kuvassa on esitetty myös maaperän värähtelyn perustaso  $L_v$ .



Kuva 6 Runkomelun laskennallinen arvio etäisyyden funktiona radasta maaperän ollessa moreenia tai kalliota.

Kuvassa esitettyjen laskennallisten arvioiden mukaiset etäisyydet runkomelutasojen raja-arvoista on koottu seuraavaan taulukkoon (Taulukko 3.6).

Taulukko 3.6 Laskennalliset arviot runkomelun värähtelytasojen etäisyyksistä rautatiestä maalajikohtaisesti.

Maalaji	Runkomelutason etäisyys rautatiestä (m)	
	Asuinrakennukset	Toimistot, kaupat
	<b>35 dB</b>	<b>45 dB</b>
Hienoainesmoreeni	175	95
Kallio	370	265

Tulosten perusteella (Taulukko 3.6) kalliolla runkomelu leviää laajemmalle alueelle kuin moreenissa. Runkomelun perusteella määritetyt suojaetäisyydet (runkomelutasojen etäisyys radasta) on esitetty kartalla liitteessä 6 (kuva G02). Nykyisen rakennuskannan kannalta laskennallisen arvon perusteella suunnittelualueella kolme asuinrakennusta ja terveyskeskus sijaitsevat alueella, jossa runkomelu voidaan kokea häiritseväksi (runkomelutaso > 35 dB). Laskennallisen arvon perusteella runkomelu voidaan kokea häiritseväksi myös yhdessä liikerakennuksessa (runkomelutaso > 45 dB).

### 3.4 Yhteenveto ja jatkotutkimuksien tarve

Laskentamenetelmiin sisältyy monia epävarmuuksia, jotka johtuvat käytetyistä parametreista, joita ei tarkennettu mittauksilla. Tärinän laskentamenetelmässä varmuuskerroin on ilman mittauksia 2 ja runkomelun laskentamenetelmässä varmuusmarginaali on +6 dB. Suojaetäisyyksistä huolimatta tärinä- ja runkomeluhaitta on kuitenkin aina mahdollinen tiedostaen arviointimenetelmän epätarkkuuden. Lisäksi tärinän ilmentyminen rakenteessa on aina yksilöllinen ilmiö.

Epävarmuuksia aiheutuu laskennassa valituissa kertoimista ja alueella sijaitsevista maalajeista ja niiden kerrostuneisuudesta, jota ei voida ottaa laskennallisessa arvioinnissa huomioon. Laskennallisessa arvioinnissa värähtelytason arviointi perustuu homogeeniseen pohjamaahan eli tärinän alkulähteellä pohjamaa on sama kuin tarkasteltavilla etäisyyksillä. Suunnittelualueilta oli maaperätietoina käytettävissä GTK:n maaperäkartta ilman kairauksia, jolloin lähtötiedot ovat epävarmempia kuin silloin, kun käytössä on kairaustietoja.

Olosuhteissa, joissa maaperän sisältää paksuudeltaan vaihtelevia kerroksia ja myös peruskallion topografia vaihtelee, on värähtelytarkastelun tekeminen monimutkaista. Maaperässä värähtely leviää eri aallonmuotoina, joiden yhteisvaikutuksesta syntyy koettava tärinä. Eryttypisten tärinäaaltojen kohdatessa maanpinnan, peruskallion tai toisen maakerroksen, aaltotyypeistä aiheutuu heijastumista ja taittumista. Tärinäaaltojen heijastuminen ja taittuminen sekä mahdollinen eri herätepisteistä lähtevien tai heijastuvien tärinäaaltojen summautuminen voivat synnyttää odottamattoman suuria tärinäarvoja pehmeissä maaperissä. (Talja & Törnqvist 2014)

Laskennallinen arvio pitää paikkansa vain oletetun kaltaiselle junakalustolle ja liikennöintinopeudelle. Mahdollinen resonanssi vaikuttaa korkearakeisilla maalajeilla jonkin verran turvaetäisyyksiin. Resonanssialttius riippuu rakennuksesta ja käytetyistä rakennusratkaisuista, joten selvityksessä annetut arviot ovat karkeita. Tärinälle alttiimpia ovat yleensä pehmeiköille rakennetut 1-2 kerroksiset pientalot, joiden ominaistajuus osuu pehmeikön ominaistajuudelle. Todellisen tärinän arviointi on yksilöllistä jokaisessa rakennuksessa ja rakennuspaikassa ja vaatii konkreettisia mittauksia valmiista rakennuksesta tai suunnitellusta rakennuspaikasta. Laskennallisella arvioinnilla ohjataan maankäyttöä ja voidaan varautua mahdollisiin tärinähäiriöihin, joita voidaan esimerkiksi huomioida rakentamista rajoittavilla tekijöillä, kuten rakennusten maksimi ja minimi kerroskorkeuksina ja lattioiden jänneväleinä (rakenteiden värähtelysuunnittelu). Esimerkiksi yksikerroksiset maanvaraiset rakennukset ja yli 5 kerroksiset rakennukset kärsivät vähemmän tärinähäiriöistä, niiden rakenteen ja massan takia.

Asuntojen rakenteellinen kestävyys on yleensä huomattavasti suurempi kuin ihmisen häiritseväksi kokema tärinä. Tällöin voidaan olettaa, että jos rakennukset sijoitellaan tai rakennetaan tärinää vaimentaviksi siten, että ihminen ei koe niistä häiriötä, ne voidaan olettaa kestävän myös rakenteellisesti tärinää. Laskennallisen tärinäarvion perusteella ei

vaurioitumisalttius eikä asumismukavuus aseta suunnittelualan käytölle rajoitteita. Kovasta pohjamaasta johtuen rajoittava tekijä on runkomelu.

Suojaetäisyyteen perustuvat alueet on esitetty kartalla liitteissä 5 ja 6 (piirustukset G01 ja G02). Suojaetäisyyksien sijainnit ovat osittain suuntaa antavat, koska laskennallisesti ei voida määrittää, miten tärinä siirtyy maalajista toiseen ja miten tärinän heijastuminen vaikuttaa tärinän ja runkomelun leviämiseen maaperässä.

Kaavoituksella on monia keinoja huomioida tärinää tai runkomelua, joista yksi on toimintojen ja rakennusten sijoittaminen mahdollisimman kauas tärinälähteestä eli tässä tapauksessa junaraiteista sekä sijoittaa suurempaa runkomelua ja tärinää sallivia toimintoja epävarmalle alueelle. Tärinän tai runkomelun vaimentaminen on rakenteellisten ratkaisujen ja rakennustyyppien valinnalla mahdollista, mutta ilman konkreettisia mittauksia niiden määrittäminen tai velvoittaminen on haasteellista. Runkomelun vaimentaminen tehdään yleensä jonkinlaisella joustavalla kerroksella esimerkiksi paksulla täytöllä, eristyksellä tai joustokerroksella ja suurissa kohteissa jousituksella.

Tärinän vaimentamiseksi pitäisi olla tietoinen vallitsevasta haitallisesta tärinätaajuudesta, jolloin rakenteiden ominaistuuksia voitaisiin mitoittaa mahdollisimman kauas kyseisestä haitallisesta taajuudesta, jolloin ainakin välttytään tärinää vahvistavasta resonanssi-ilmiöstä. Optimaalisinta olisi mitoittaa rakenteiden ominaistuuksia yli vallitsevan tärinätaajuuden, jolloin resonanssikertoimen arvo laskee alle 1, eli rakenne vaimentaa tärinää. Korkeilla taajuuksilla tämä on kuitenkin vaikeaa. Pehmeiköillä värähtely on usein hyvin kapeakaistaista ja hallitseva maan värähtelyn taajuusalue osuu välille 4-10 Hz, joka on 1-2 kerroksisten rakennusten tyyppinen ominaistuuksia (Talja & Törnqvist 2014). Tärinän syntymiseen voidaan vaikuttaa myös radan kuntoa parantamalla ja mahdollisesti nopeutta laskemalla. Karkea arvio on, että akselipainon, nopeuden tai väylän epätasaisuuden puolittaminen pienentää värähtelyn noin puoleen entisestä.

Mahdollisten vaimennusratkaisuja suunnitellessa on ensiarvoisen tärkeää tuntee tärinän taajuuksia ja suunnat (xyz-koordinaatisto). Yleensä runkomelua vaimentava ratkaisu saattaa vastaavasti kasvattaa tärinän haitallisuutta, jolloin ilman konkreettista tietoa saatetaan suunnitella ratkaisu, joka korjaa yhden ongelman, mutta voi aiheuttaa toisen. Tämän selvityksen perusteella suositellaan jatkotutkimuksia erityisesti runkomelun arviointiin. Asumismukavuuteen vaikuttavan tärinän ja runkomelun häiritsevyyttä voidaan kartoittaa esimerkiksi mittaamalla, mutta myös kyselytutkimuksella. Suositeltava mittausmenetelmä on esitetty VTT:n ohjeissa.



## 4 LÄHTEET

### Meluselvitys

Eurasto, R., 2009. Meluselvitysten tarkkuuden parantaminen — Suomen ympäristö 26 / 2009. Ympäristöministeriö. Helsinki 2009.

Jyväskylän kaupungin meluselvitys, 2017.

Lahti, T., 2003. Ympäristömelun arviointi ja torjunta. Ympäristöministeriö.

Suomen kuntatekniikan yhdistys, 1997. Meluestekäsikirja, julkaisu 18/97.

Tiehallinto, 2006. Tieliikenteen melu - perustietoa tieliikenteen melusta ja sen torjunnasta, tiehallinnon julkaisu

Uudenmaan ELY-keskus, 2013. Melun- ja värinän torjunta maankäytön suunnittelussa. 2/2013

Valtakunnalliset liikenne-ennusteet, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2018

Valtioneuvoston periaatepäätös meluntorjunnasta, Ympäristöministeriön raportteja 7/2007

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista (993/1992)

### Tärinä- ja runkomeluselvitys

Geologian tutkimuskeskus (2020). Maankamara-karttapalvelu. Saatavissa: <https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>

Liikennevirasto (2018). Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3 Radan rakenne, Liikenneviraston ohjeita 13/2018, 39 s.

Talja, A. (2004). Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT Tiedotteita 2278, 50 s.

Talja, A. (2011). Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT Tiedotteita 2569, 35 s.

Talja, A. & Saarinen, A. (2009). Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, esiselvitys, VTT Tiedotteita 2468, 56 s.

Talja, A. Vepsä, A., Kurkela, J. & Halonen, M. (2008). Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT Tiedotteita 2425, 95 s.

Talja, A. & Törnqvist, J. (2014). Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius, VTT Tutkimusraportti VTT-R-04703-14, 58 s.

Törnqvist, J. & Talja, A. (2006). Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT Working Paper 50, 46 s.

Tampere ja Turku, 31. toukokuuta 2021

Sweco Infra & Rail Oy

Alina Reiman  
Geotekninen suunnittelija  
DI

Pekka Lähde  
Projektipäällikkö  
Ympäristösuunnittelija (AMK)

Liite 1

23702165  
Pyhärven kaupunki  
Sairaalankortteli 1321 akm  
Meluselvitys

Melumallinnus  
Liikennemäärä nykytilanne

LAeq päivä klo 07 - 22  
Laskentakorkeus 2 m

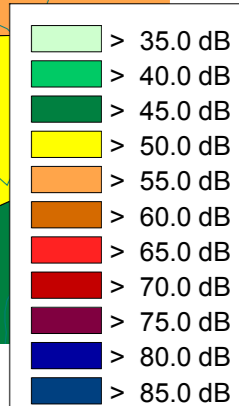
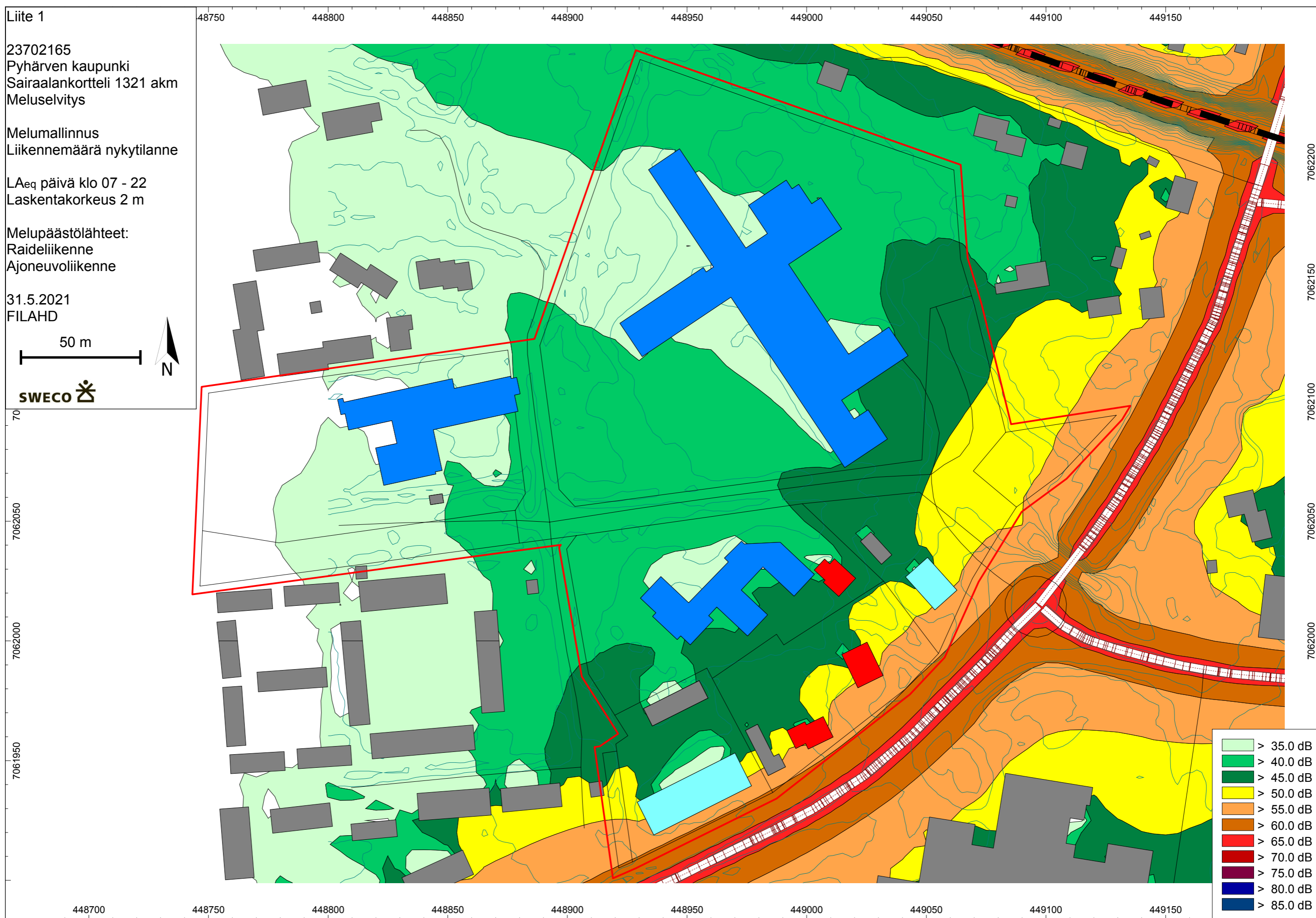
Melupäästölähteet:  
Raideliikenne  
Ajoneuvoliikenne

31.5.2021  
FILAHD

50 m



SWECO



Liite 2

23702165  
Pyhärven kaupunki  
Sairaalkortteli 1321 akm  
Meluselvitys

Melumallinnus  
Liikennemäärä nykytilanne

LAeq yö klo 22 - 07  
Laskentakorkeus 2 m

Melupäästölähteet:  
Raideliikenne  
Ajoneuvoliikenne

31.5.2021  
FILAHD

50 m

SWECO



Liite 3

23702165  
Pyhärven kaupunki  
Sairaalankortteli 1321 akm  
Meluselvitys

Melumallinnus  
Liikennemäärä ennuste

LAeq päivä klo 07 - 22  
Laskentakorkeus 2 m

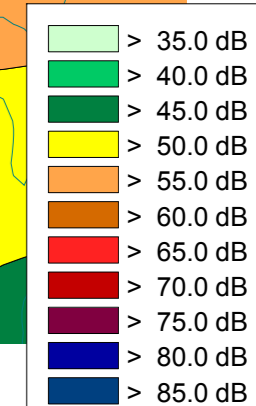
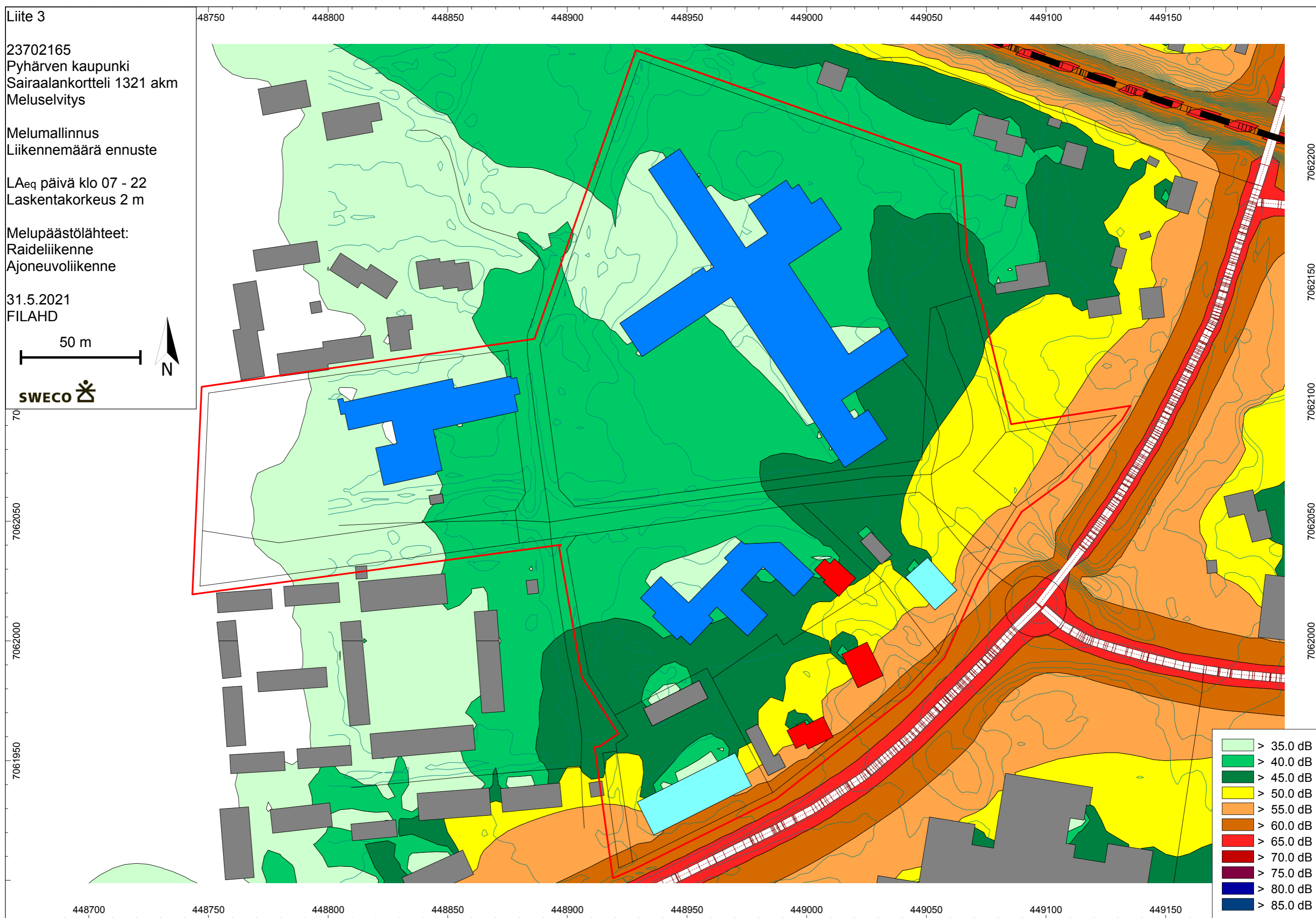
Melupäästölähteet:  
Raideliikenne  
Ajoneuvoliikenne

31.5.2021  
FILAHD

50 m



SWECO



Liite 4

23702165  
Pyhärven kaupunki  
Sairaalan kortteli 1321 akm  
Meluselvitys

Melumallinnus  
Liikennemäärä ennuste

LAeq yö klo 07 - 22  
Laskentakorkeus 2 m

Melupäästölähteet:  
Raideliikenne  
Ajoneuvoliikenne

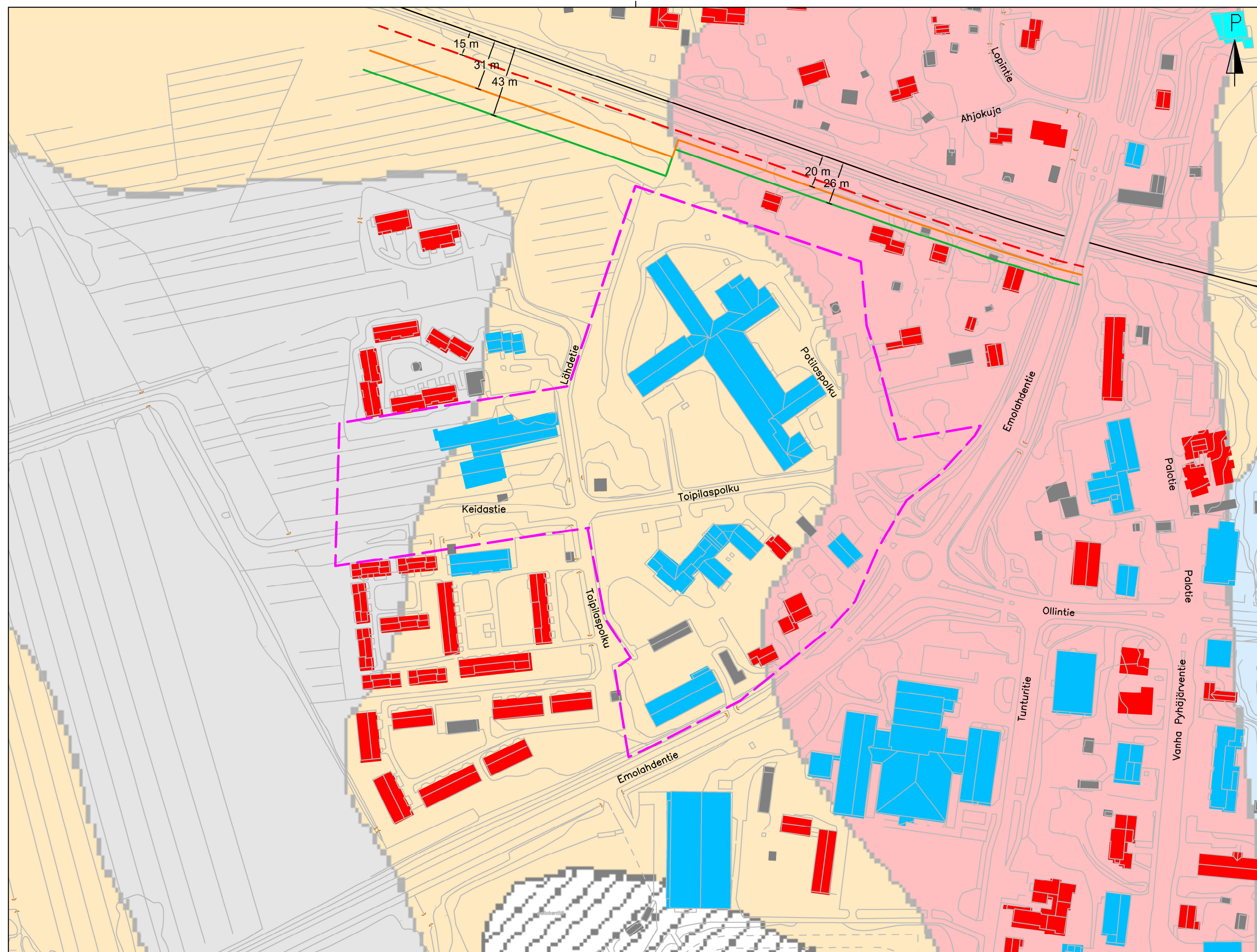
31.5.2021  
FILAHD

50 m



SWECO




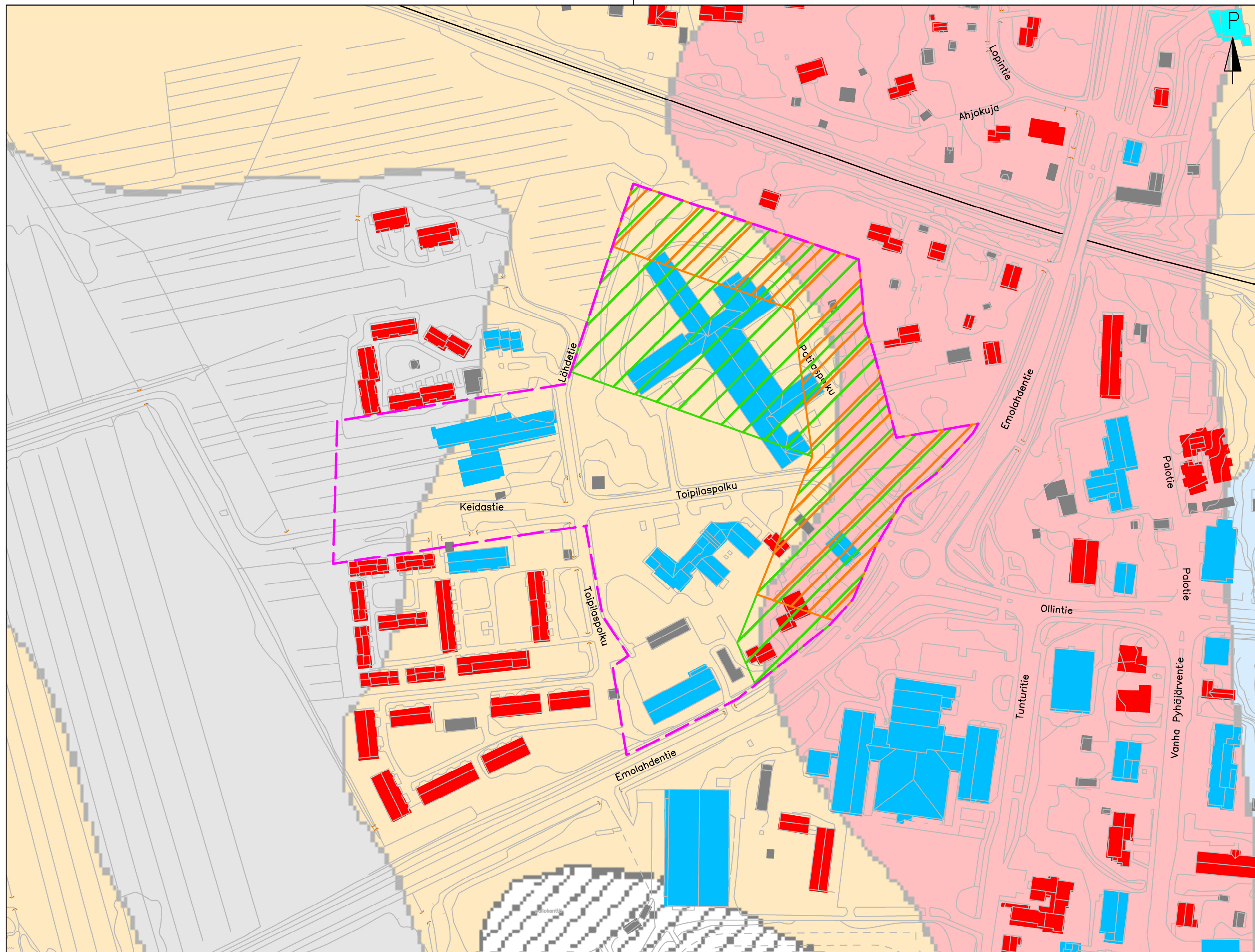


Merkintöjen selitykset

- Rata
- - - Suunnittelualue
- Rakennukset**
- Asuinrakennus
- Liike- tai julkinen rakennus
- Muu rakennus
- Maaperäkartta**
- Kallioma
- Hienoaineismoreeni
- Savi
- Saraturve
- Täytemaa
- Tärinä**
- - - Vaurioitumisalttius
- Asumismukavuus, nykytila: värähtelytaso < 0,30 mm/s, värähtelyluokka C
- Asumismukavuus, ennuste: värähtelytaso < 0,30 mm/s, värähtelyluokka C


Tärinän osalta ehdot täyttyvät alueilla, jotka sijaitsevat esitettyjen viivojen eteläpuolella (alue radasta poispäin)

Koordinaattijärjestelmä ETRS-GK26		Korkeusjärjestelmä			
KOHTEEN NIMI JA OSOITE <b>PYHÄJÄRVEN KAUPUNKI SAIRAALAN KORTTELI 1321 ASEMAKAAVAN MUUTOS</b>		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ <b>Tärinä - suojaetäisyydet</b>		MITTAKAAVA <b>1:2000</b>	
<b>SWECO</b> 	SUUNN. FIALIR	TIEDOSTO			
	TARK. FILAHD	SUUNN.ALA	TYÖ N.O	PIIR N.O	MUUTOS
HYV. FIMIKM	31.5.2021	GEO	23702165	G01	
Sweco Infra & Rail Oy PL 453, 33101 TAMPERE • 0207 393 000					



Merkintöjen selitykset

- Rata
- - - Suunnittelualue
- Rakennukset**
- Asuinrakennus
- Liike- tai julkinen rakennus
- Muu rakennus
- Maaperäkartta**
- Kallioma
- Hienoaineismoreeni
- Savi
- Saraturve
- Täytemaa
- Runkomelu**
- > 35 dB
- > 45 dB

Koordinaattijärjestelmä ETRS-GK26		Korkeusjärjestelmä			
KOHTEEN NIMI JA OSOITE PYHÄJÄRVEN KAUPUNKI SAIRAALAN KORTTELI 1321 ASEMAKAAVAN MUUTOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ Runkomelu - suojaetäisyydet		MITTAKAAVA 1:2000	
 Sweco Infra & Rail Oy PL 453, 33101 TAMPERE • 0207 393 000	SUUNN. FIALIR	TIEDOSTO			
	TARK. FILAHD	SUUNN.ALA	TYÖ N.O	PIIR N.O	MUUTOS
	HYV. FIMIKM	GEO	23702165	G02	
	31.5.2021				