



**Tampereen  
Ratikka**

Raitiotien hankesuunnitelma Pirkkala - Linnainmaa

Runkomeluserveys

19.1.2023

## VERSIOHISTORIA

<b>Versio</b>	<b>Päiväys</b>	<b>Muokkaaja</b>	<b>Muutoksen kuvaus</b>
2	19.1.2023	Ilkka Niskanen	17.1.2023 mennessä saatujen kommenttien perusteella tehdyt korjaukset ja täydennykset
	7.2.2023	Ilkka Niskanen	Muokattu saavutettavaksi, ei muutoksia sisältöön

## Sisällys

1. Johdanto .....	4
2. Lähtötiedot ja menetelmät .....	5
4.2 Runkomelun laskennassa käytetyt lähtötiedot .....	5
4.2 Runkomelun arviointimenetelmä .....	5
3. Ohje- ja suositusarvot.....	8
4. Runkomelulaskentojen tulokset.....	10
4.2 Linnainmaan haara .....	10
4.2 Pirkkalan haara.....	12
5. Johtopäätökset.....	14
6. Lähteet.....	16

# 1. JOHDANTO

Raitiotieliikenteen 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 raitiovaunun ohituksen aikana.

WSP Finland Oy on laatinut arvioinnin raitiovaunuliikenteen aiheuttamista runkomelutasoista Pirkkala – Linnainmaan raitiotien hankesuunnitelmaa varten. Laskennallisen tarkastelun perusteella on määritetty raitioosuudet, joilla runkomelua tulisi vaimentaa.

Selvityksen on laatinut Ilkka Niskanen WSP Finland Oy:stä. Työn tilaajat ovat Tampereen kaupunki, Pirkkalan kunta ja Tampereen Raitiotie Oy.

## 2. LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

### 4.2 Runkomelun laskennassa käytetyt lähtötiedot

Runkomelun laskennallisessa arvioinnissa on käytetty hyväksi raitiotielinjaukselta ja sen ympäristössä tehtyjen pohjatutkimusten tietoja sekä yleisesti saatavilla olevaa tietoa alueen maaperäolosuhteista.

Pohjatutkimustiedoista on selvitetty maanpintakerroksen paksuuksia sekä pintamaakerrosten maalajeja. Laskennallisessa tarkastelussa nämä tiedot vaikuttavat värähtelyn etenemisen arvioinnissa käytettäviin korjaustekijöihin.

Laskennallinen arviointi on tehty raitiovaunulle, jonka akselipaino on 9 – 15 tn. Tampereella käytettävän raitiovaunumallin suurin sallittu akselipaino on 10 tn (Tampereen ratikka: [Vaunujen tekniset tiedot | Tampereen Ratikka](#)).

Raitiovaunujen nopeutena on käytetty hankesuunnitelman mukaisia nopeuksia raitiotieosuuksille. Runkomelulaskennat on tehty rakennuskohtaisesti ja laskennassa on otettu huomioon rakennuksen tyyppi (pientalo, kerrostalo) ja kerrosluku.

### 4.2 Runkomelun arviointimenetelmä

Raitiotieliikenteen aiheuttamaa runkomelua on 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 ( $\Delta L_v$ ) 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  $v_{s,0} = 100 \text{ km/h}$ ,
  - korjauksen arvo on määritetty tarkasteltavan raitiotieosuuden nopeusrajoituksen mukaisesti,

- ajoneuvon ominaisuuksista riippuva tekijä, pääjousituksen ominaistaajuus. Ohjeen vaihtoehdot 0 dB (normaali jousitus, jossa pääjousituksen ominaistaajuus on alle 15 Hz) tai 8 dB (jäykkä jousitus, jossa pääjousituksen ominaistaajuus on yli 15 Hz),
  - korjauksen arvo 0 dB,
- hyväkuntoinen rata,
  - korjauksen arvo 0,
- 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 pientaloille -5 dB ja
    - korjauksen arvo kerrostalolle -10 dB,
  - perustuksen ja kallion välillä oletetaan olevan maa-ainesta vähemmän kuin 3 m, raitiotie ja rakennus sijoittuvat kallioalueelle,
    - korjauksen arvo 0 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
  - matalataajuusalue, alle 30 Hz, tyypillinen pehmeille savi-, siltti- ja hiekkamaille (vs <200 m/s), kun pehmeän kerroksen paksuus väylän ja rakennuksen alla on yli 3 m, korjauksen arvo -50 dB
  - keskitaajuusalue, 30 Hz – 60 Hz, tyypillinen taajuusalue kovalle savi, siltti ja moreenimaille (200 m/s < vs < 500 m/s), korjaus -35 dB

- korkea taajuusalue, > 60 Hz, tyypillinen taajuusalue kalliolla ja iskostuneilla moreenimaille (vs > 200 m/s), korjaus -20 dB
- arviointimenetelmälle annettu varmuusmarginaali,
  - korjauksen arvo +6 dB

Tulosten tarkastelussa on syytä ottaa huomioon, että laskennalliset tulokset on esitetty tilanteelle, jossa raitiotierakenteessa ei ole runkomelua vaimentavia eristeitä. Raitiotielinjaukselle suunnitellut pohjanvahvistukset on tarkastelussa otettu huomioon siten, että pohjanvahvistusosuuksilla maaperä on arvioitu sijoittuvat luokkaan keskitaajuusalue, 30 Hz – 60 Hz, tyypillinen taajuusalue koville savi, siltti ja moreenimaille.

### 3. OHJE- JA SUOSITUSARVOT

Raitiovaunujen aiheuttama runkomelun jyrinä on viihtyisyys- ja mahdollisesti myös terveydellinen haitta. Talja ja Saarinen ovat esittäneet julkaisussaan (VTT 2009) runkomelulle suositellut raja-arvot. Suositukset raja-arvoista on annettu laskentasuurena ( $L_{prm}$ ), joka ottaa huomioon yksittäisten runkomelutapahtumien hetkellisten melutasojen ( $L_{pASmax}$ ) vaihtelun (taulukko 1). Ohjearvoon verrannollinen runkomelun laskentasuure määritetään mittaustuloksista seuraavan yhtälön mukaisesti:

$$L_{prm} = L_{pASmax, mean} + 1,65 * s, \text{ jossa}$$

$L_{pASmax, mean}$  on melutason hetkellisten maksimitasojen ( $L_{ASmax}$ ) keskiarvo ja  $s$  on mittaustulosten keskihajonta.

Runkomelun ohjearvot on annettu erikseen avorata- ja umpirataosuuksille. Umpirataosuuksille (tunneli) tulisi soveltaa runkomelutason tiukempaa raja-arvoa. VTT:n julkaisussa suositellaan tiukemman ohjearvon käyttämistä myös kohteissa, joille on annettu kaavamääräyksiä julkisivun ääneneristävydestä.

Taulukko 1. Suositukset runkomelutasojen raja-arvoiksi (VTT 2009).

Rakennustyyppi	Runkomelutaso, $L_{prm}$ (dB)
Radio-, tv- ja äänitysstudio, konserttisalit	25–30
Asuinhuoneistot	30 / 35 <sup>2</sup>
Hoito- ja sosiaalihuollon laitoksen, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"><li>- potilashuoneet ja majoitustilat</li><li>- päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet</li></ul>	30 / 35 <sup>2</sup>
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none"><li>- luokahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä</li><li>- muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot</li></ul>	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40–45 <sup>2</sup>

<sup>2)</sup> Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmääneneristävydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

Tässä selvityksessä runkomelutasojen ohjearvoja on sovellettu edellä mainitulla tavalla, jolloin tarkastelualueella sijaitsevien asemakaavakohteiden asuinrakennuksissa runkomelun ohjearvona

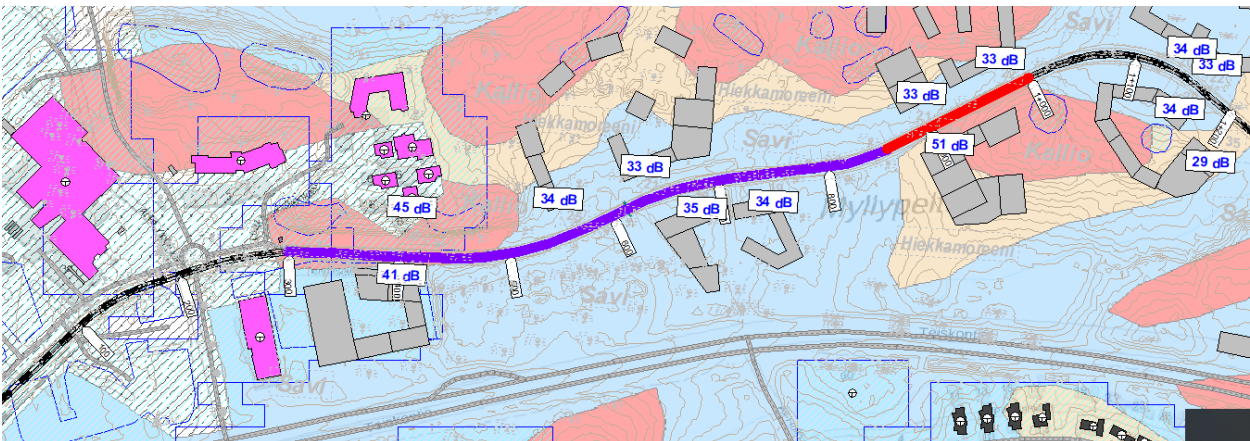


on 30 dB runkomelutaso. Tällöin oletetaan yllä olevan taulukon mukaisesti, että asemakaavakohteisiin tullaan antamaan ilmaääneneristävyyttä koskevia kaavamääräyksiä. Olemassa oleville asuinrakennuksille runkomelun ohjearvona on käytetty 35 dB runkomelutasoa.

## 4. RUNKOMELULASKENTOJEN TULOKSET

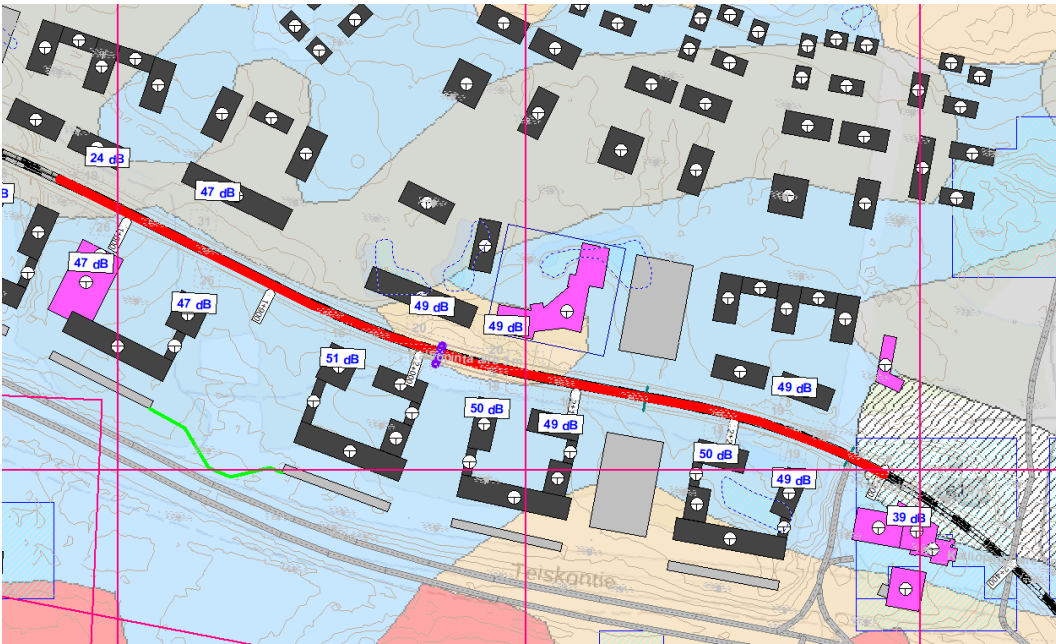
### 4.2 Linnainmaan haara

Linnainmaan raitiotielinjauksen haara sijoittuu alkupäästään (Medi-Park IV asemakaava-alue) kallioalueiden tuntumaan ja maan peitekerrokset kalliopinnan päällä ovat ohuita, paikoitellen alle 3 metriä paksuja. Edellä mainitulla paaluvälillä on riskiä runkomelun esiintymiselle, minkä vuoksi sille on esitetty runkomeluvaimennusta (10 dB) (kuva 1).



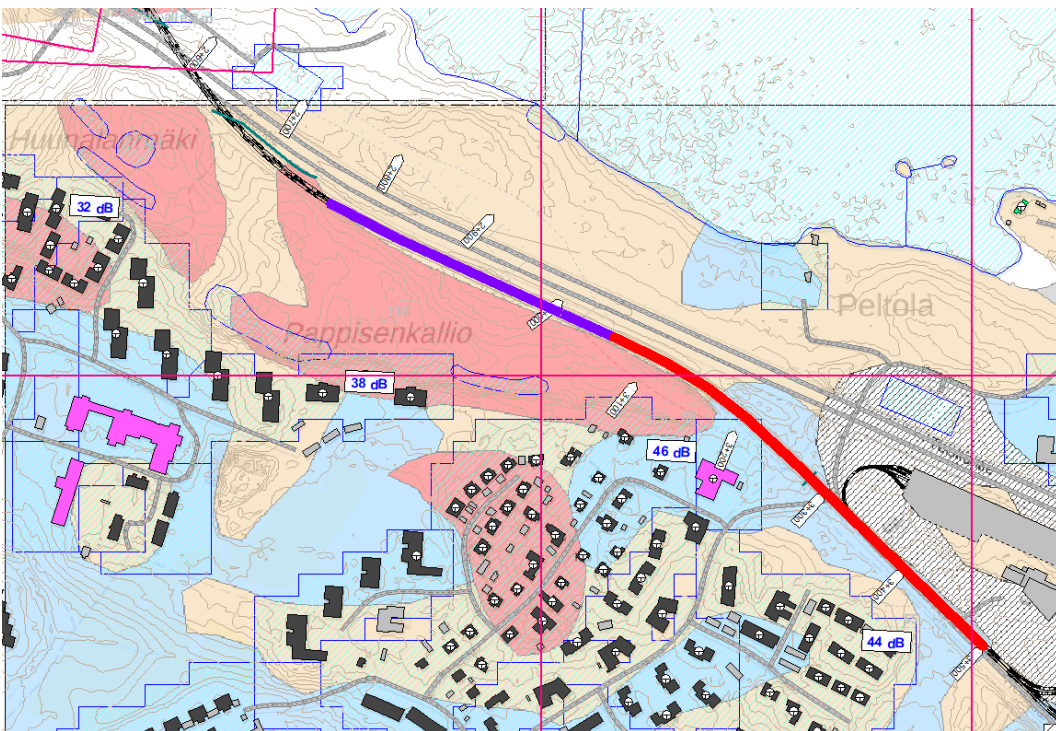
Kuva 1. Arvioidut runkomelutasot ja esitetty runkomeluvaimennus paaluvälillä 0 - 1200 (sininen viiva 10 dB, punainen viiva >10 dB). Taustakartan väriyöhykkeet: GTK:n maaperäkartta. Kartan rakennukset: Medi-Park IV asemakaavan valmisteluvaiheen aineistoa.

Alasjärven kohdalla paaluvälillä 1200 – 1700 runkomelueristykselle ei ole tarvetta, sillä maaperä on pehmeiköä ja maakerrokset ovat suhteellisen paksuja. Paaluvälillä 1700 – 2300 kalliopinta on lähellä raitiotietä sekä sen varteen rakennettavia rakennuksia. Tälle osuudelle runkomeluvaimennukselle on arvioitu olevan tarvetta (vaimennus > 10 dB) (kuva 2).



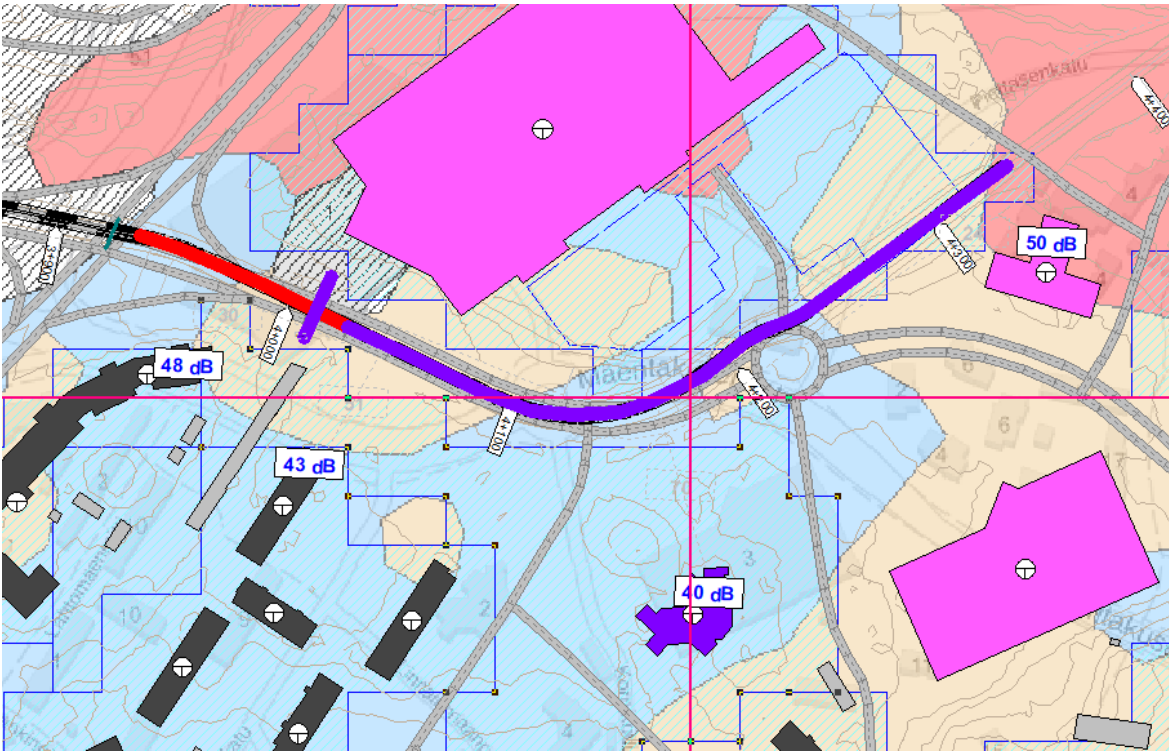
Kuva 2. Arvioidut runkomelutasot ja esitetty runkomeluvaimennus paaluväillä 1200 - 1700 (punainen viiva >10 dB). Taustakartan väriyöhykkeet: GTK:n maaperäkartta. Kartan rakennukset: Alasjärven länsipuoli Ak 8931. Viitesuunnitelmaluonnos. Kehitetty meluntorjunta, Aka/Mka 25.10.2022.

Teiskontien eteläpuolella Pappisenkallion kohdalla kailliopinta sijoittuu lähelle raitiotietä ja rakennusten perustuksia, jolloin lähimpiin asuinrakennuksiin kohdistuvien runkomelutasojen arvioidaan ylittävän ohjearvojen mukaiset tasot (kuva 3).



Kuva 3. Arvioidut runkomelutasot ja esitetty runkomeluvaimennus paaluväillä 2700 - 3500 (sininen viiva 10 dB, punainen viiva >10 dB). Taustakartan väriyöhykkeet: GTK:n maaperäkartta. Kartan rakennukset: Maanmittauslaitoksen maastotietokanta.

Valtatien 9 itäpuolella lähimpiin asuinrakennuksiin arvioidaan kohdistuvan ohjearvotason ylittäviä runkomelutasoja. Myös Linnainmaan seurakuntataloon ja Lahdensivun hoivakotiin kohdistuvien runkomelutasojen arvioidaan nousevan ohjearvoja korkeammiksi. Näiden kohteiden suojaamiseksi on esitetty runkomelun vaimentamista (kuva 4).

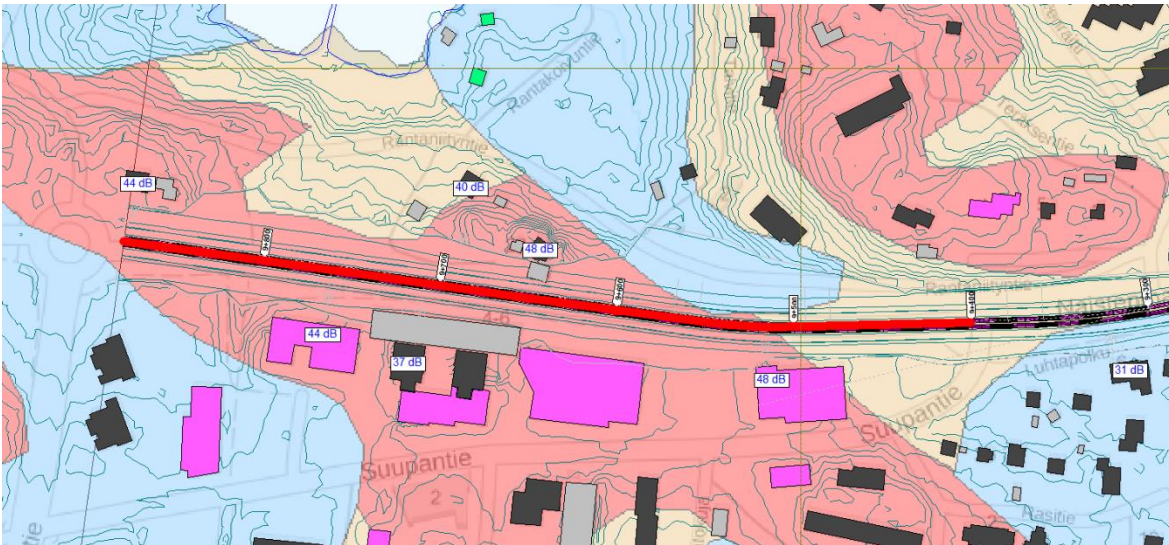


Kuva 4. Arvioidut runkomelutasot ja esitetty runkomeluvaimennus paaluväillä 3900 - 4300 (sininen viiva 10 dB, punainen viiva >10 dB). Taustakartan väriyöhykkeet: GTK:n maaperäkarta. Kartan rakennukset: Maanmittauslaitoksen maastotietokanta.

## 4.2 Pirkkalan haara

Pirkkalan haaralla raitiotielinjaus sijoittuu maaperäolosuhteiltaan suurelta osin alueille, jotka eivät ole suosiollisia runkomelun taajuusalueen värähtelyn etenemiselle. Olemassa oleviin asuinrakennuksiin kohdistuvat runkomelutasot alittavat paaluvälillä 600 - 9400 (Ratina – Härmälä – Partola – Killo – Suuppa) ohjearvon mukaisen tason 35 dB. Raitiotielinjauksen loppupäässä paaluvälillä 9400 – 9880 raitiotielinjaus ja läheiset rakennukset sijoittuvat kallioalueelle, jossa on riski runkomelun muodostumiseen. Tälle alueelle on esitetty runkomelusuojausta, jolla tulisi saavuttaa yli 10 dB vaimennus runkomelutasoihin (kuva 5).





Kuva 5. Arvioidut runkomelutasot ja esitetty runkomeluvaimennus paaluväillä 9300 - 9880 punainen viiva >10 dB).  
 Taustakartan väriyöhykkeet: GTK:n maaperäkartta. Kartan rakennukset: Maanmittauslaitoksen maastotietokanta.

## 5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Laskennallisen tarkastelun perusteella Linnainmaan haaran raitiotielinjaukselle esitetään runkomelusuojauستا yhteensä noin 2,8 km pitkälle osuudelle. 10 dB vaimennusta tarvitaan noin 1,5 km pituiselle osuudelle ja yli 10 dB vaimennusta noin 1,2 km pituiselle osuudelle (taulukko 2).

Taulukko 2. Runkomelulta vaimennettavat raitiotieosuudet Linnainmaan haaralla.

	paalu	paalu	paaluväli
Vaimennus	alku	loppu	pituus m
10 dB	300	850	550
	1000	1390	390
	2770	3055	285
	4015	4332	317
10 dB vaimennus yht.			1542
> 10 dB	850	1000	150
	1750	2300	550
	3055	3500	445
	3920	4015	95
>10 dB vaimennus yht.			1240

Pirkkalan haaralla vaimennettava osuus sijoittuu suunnittelualueen loppupäähän Suupan alueelle. Vaimennettavan osuuden pituudeksi on arvioitu 480 metriä (taulukko 3).

Taulukko 3. Runkomelulta vaimennettavat raitiotieosuudet Pirkkalan haaralla.

	Paalu	Paalu	Paaluväli
Vaimennus	alku	loppu	pituus m
10 dB	-	-	-
> 10 dB	9400	9880	480

Taulukoiden 2 ja 3 runkomelusuojattavien raitiotieosuuksien arvioissa ei ole otettu huomioon ratarakenteeseen mahdollisesti käytettävän routaeristyksen vaikutusta suojaustarpeeseen. Hankkeen jatkosuunnittelussa runkomelusuojauksen tarve tulee mitoitaa tarkemmin ottaen huomioon routaeristyksen vaikutukset runkomeluun. Samassa yhteydessä mitoitetaan myös suojaukselta edellytettävä vaimennus ottaen huomioon suojattaviin rakennuksiin kohdistuvat runkomelutasot sekä rakennusten käyttötarkoitukset.

## **6. LÄHTEET**

VTT 2009: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi – Esiselvitys. VTT Tiedotteita 2468.