

astanottaja
Vantaan kaupunki

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
5.11.2021

**KIVISTÖN TAPAHTUMA-AREENAN
ASEMAKAAVAN MUUTOS NRO
002431
TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS**

ASEMAKAAVAN MUUTOS NRO 002431 TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

Päivämäärä **5.11.2021**
Laatija **Joni Kemppainen**
Tarkastaja **Kirsi Koivisto**
Kuvaus **Tärinä- ja runkomeluseelvitys**

Viite 1510066033-006

SISÄLTÖ

1.	Yleistä	1
2.	Lähtökohdat	2
2.1	Maaperä, korkeussuhteet ja rakennusten perustamistapa	2
2.2	Maankäytön suunnittelu	3
2.3	Raideliikenne	3
3.	Tärinän arviointiin liittyvä ohjeistus ja menettelytavat	5
3.1	Yleistä	5
3.2	Tärinähaitan arviointiperusteet	5
4.	Tärinätarkastelut	6
4.1	Arviointitaso 1	6
4.2	Arviointitaso 2	6
5.	Runkomelutarkastelut	8
5.1	Ohjeavot ja arviointiperusteet	8
5.2	Runkomelutarkastelut, arviointitaso 1	9
5.3	Runkomelutarkastelut, arviointitaso 2	10
6.	Tulosten arviointi ja johtopäätökset	12
6.1	Liikennetärinä	12
6.2	Runkomelu	12

LIITTEET

Liite 1

Liikennetärinälaskelmat

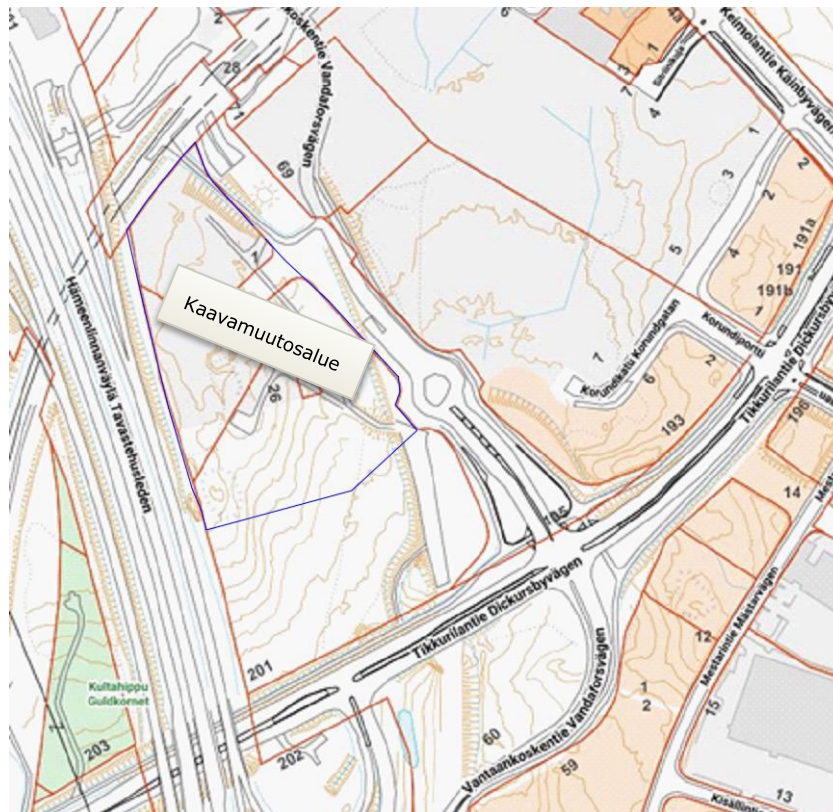
Liite 2

Laskennalliset runkomelualueet

1. YLEISTÄ

Tämä selvitys liittyy Kivistön tapahtuma-areenan asemakaavamuutokseen. Kaavamuutosalue sijaitsee Vantaalla Kivistön kaupunginosassa. Suunnittelualue rajautuu lännessä Hämeenlinna väylään, pohjoisessa kehärataan ja idässä Vantaankoskentiehen. Etelässä suunnittelualue rajautuu Tikkurilantien pohjoispuolella olevaan metsäiseen alueeseen. Asemakaavamuutoksen tavoitteena on mahdollistaa Arena 3.3 -hanke, johon sisältyy urheilu- ja tapahtuma-areena, hotelli, ravintola ja konferenssitilat, sekä oheistiloja.

Tässä työssä on selvitetty laskennallisen tarkastelun perusteella raideliikenteestä aiheutuvan tärinän ja runkomelun voimakkuus alueella. Suunnittelualueen sijainti on esitetty kuvassa 1.1.



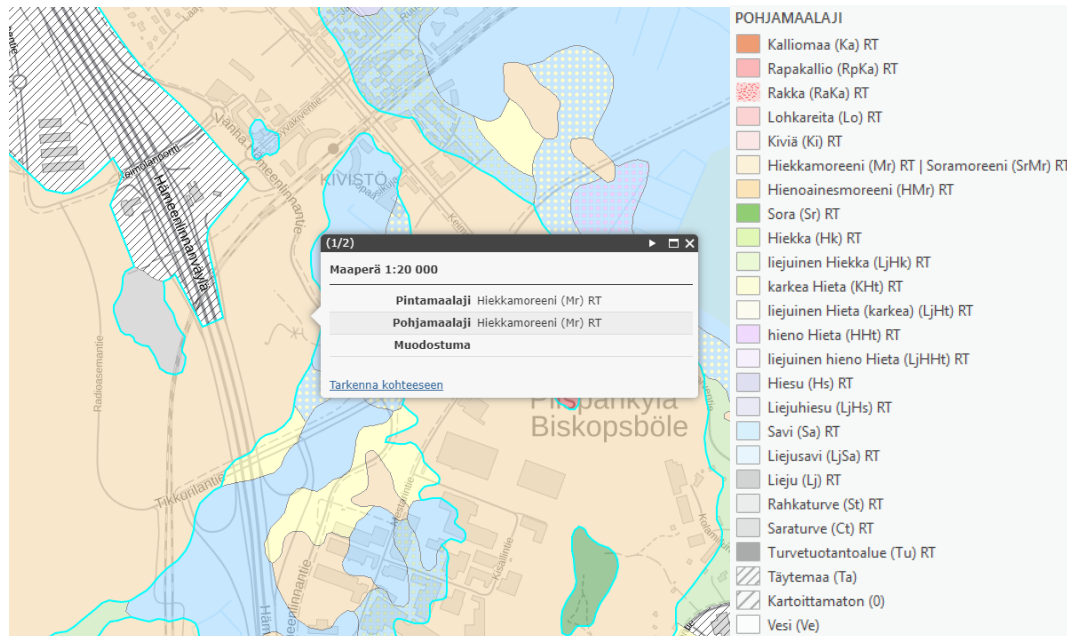
Kuva 1.1. Kaavamuutosalueen likimääräinen sijainti (pohjakartta ©Vantaan kaupunki, 2021)

Työn on tilannut Arena 3.3 Oy. Ramboll Finland Oy:ssä työn projektipäällikkönä ja suunnittelijana toimi DI Joni Kemppainen.

2. LÄHTÖKOHDAT

2.1 Maaperä, korkeussuhteet ja rakennusten perustamistapa

Kuvassa 2.2 esitetyn GTK:n maaperäkartan perusteella maaperä suunnittelualueella on hiekkamoreenia.



Kuva 2.2. Alueen maaperäkartta. Kaava-alueella maaperä on pääosin hiekkamoreenia (GTK maaperäkartta 1:20 000)

Ramboll Finland Oy on laatinut suunnitteilla olevaa Arena 3.3 hankkeen kaavoittamista varten pohjasuhteet ja rakennettavuus -selvityksen (27.10.2021).

Selvityksen mukaan kohteen alueen pohjasuhteiden vallitseva piirre on moreenialue tai kalliainen alue. Kalliolisella alueella on joko kalliopaljastumia tai kallio lähellä maanpintaa. Alueen pohjoisosassa on tehty louhintaa, joten sillä osalla kallio on pinnassa. Alueen moreeni on tiivistä/ erittäin tiivistä ja siten hyvin kantavaa. Alueen itäreunassa on havaittu pienehkö silttinen alue, mikä tulee huomioida jatkosuunnittelun yhteydessä.

Suunnittelualan nykyinen maanpinta on pääosin tasovälillä noin +50...+57 siten, että suurin osa alueesta on tasovälillä +52...+56. Aivan alueen pohjoisosassa, suunnitellulla hotellin sijaintialueella, on tehty louhintaa liittyen viereiseen kehärataan. Tällä osalla nykyinen maanpinta (louhittu kalliopinta) on alimmillaan noin tasolla +47...+48.

Maanpinta rakennusosittain:

- hotelli noin + 48...+56,5
- ravintola-alue ("välialue") noin +54...+57
- jalkapallohalli noin +50...+57

Alimmillaan maanpinta on (em. pohjoisosan louhitun alueen lisäksi) tontin länsikulmassa ja ylimmillään pohjois- ja länsiosalla.

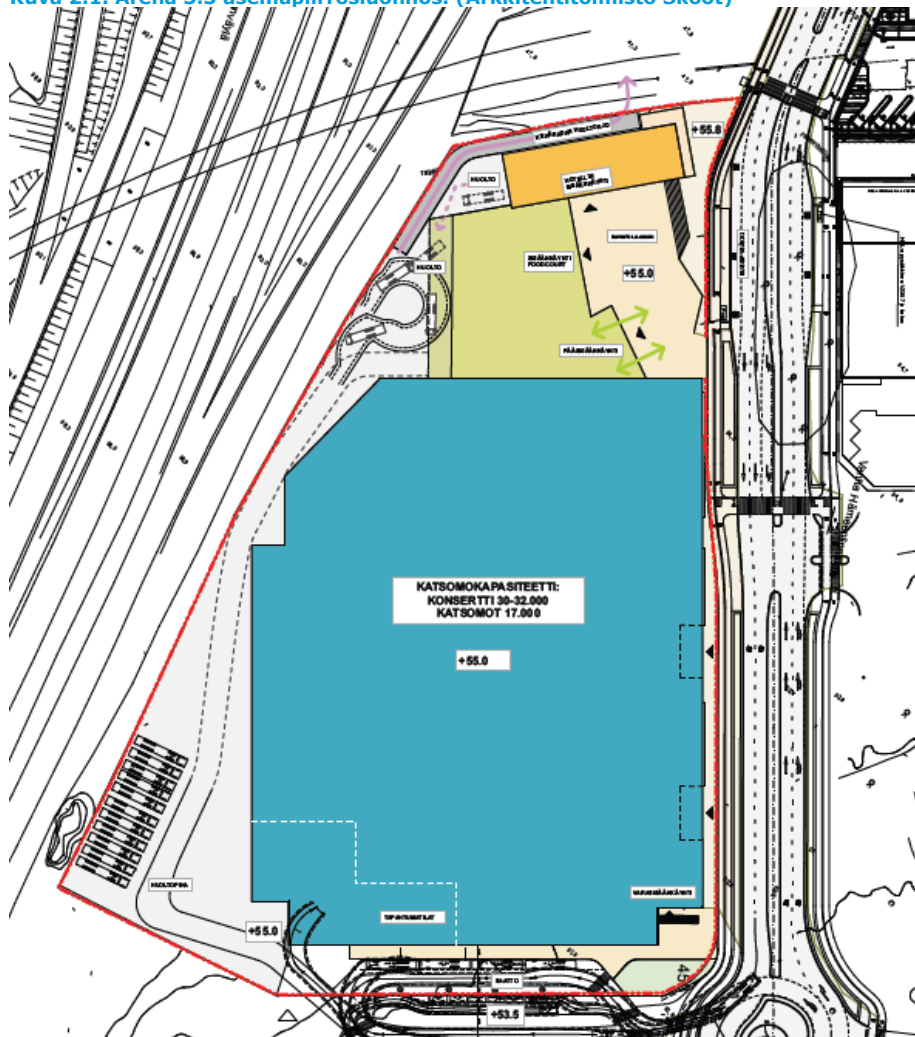
Kohteen alueen maaperä on pääosin kantavaa/erittäin kantavaa moreeni- tai kallioaluetta, jolloin perustaminen voidaan tehdä maan- ja/tai kallionvaraisesti. Perustamisen suhteen haasteellisimmat alueet ovat eteläosan matalat kohdat, joille tulee tehtäväksi paksuja täyttöjä. Täyttöalueilla-kin perustaminen voidaan tehdä maanvaraisesti, kun täytöt tehdään hyvälaatuisesta, karkeakaarisesta kitkamaasta tai louheesta huolellisesti tiivistäen, käyttäen riittävän raskasta tiivistyskallusta. Em. koskee myös jalkapallohallin kenttäalueita eli hyvin tiivistetyt täytöt siten, ettei käytä-

tönaikaisia haitallisia painumia esiinny. Pohjoisosalla haasteena on louhitun kallion alue ja hotellin sijoittuminen tälle alueelle. Kun lopullinen sijainti on tiedossa, tulee perustaminen tarkistaa ottaen huomioon paikoin alhaalla oleva kalliopinta sekä jyrkät kallioliuskat. Alapohjat voidaan tehdä maanvaraisina.

2.2 Maankäytön suunnittelu

Suunnitteilla olevan Arena 3.3 hankkeen asemapiirrosluonnos on esitetty kuvassa 2.1.

Kuva 2.1. Arena 3.3 asemapiirrosluonnos. (Arkkitehtitoimisto Skoot)



Kehärata sijaitsee kaava-alueen pohjoispuolella kalliroleikkauksessa noin tasolla +47.6 ja sitä lähin suunniteltu rakennus (hotelli) noin tasolla +48...+56,5.

Tärinän ja runkomelun suhteen kriittisintä aluetta on kehärataan rajoittuva asemakaava-alueen pohjoisosa, jossa suunniteltu hotellirakennus sijaitsee noin 21 metrin päässä radan lähimmän raitteen keskilinjasta.

2.3 Raideliikenne

Selvityksen laskennallisessa tarkastelussa on huomioitu suunnittelualueen pohjoispuolella kulkeva kehärata. Laskennassa käytetyt raideliikennetiedot perustuvat Vantaan kaupungin liikennesuunnitteluyksikön toimittamiin lähtötietoihin.

Vantaan kaupungin raideliikenteen lähtötiedot on esitetty taulukossa 2.1.

Taulukko 2.1. Liikennelähtötiedot, raideliikenne-ennuste vuodelle 2040.

Tyyppi	Vaunun pituus, m	Junien mää- rä, kpl		Nopeus, km/h	Liikennöintiäika, klo	Vuorovälit vilkkaimpana aikana 07-18, min	Vuorovälit muulloin, min
		7-22	22- 7				
Sm5	75	94	15	60...90	04-01	5	8-30

Junien nopeus vaihtelee selvitysalueen kohdalla välillä 60..90 km/h. Junien nopeus on alhaisimillaan pohjoispuolella kallioleikkauksen kohdalla (60 km/h).

3. TÄRINÄN ARVIOINTIIN LIITTYVÄ OHJEISTUS JA MENNETTELYTAVAT

3.1 Yleistä

VTT:n julkaisua "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT Working Papers 50, Espoo 2006) käytetään Suomessa yleisesti liikennetärinän arvioinnissa. Julkaisussa esitetään tärinän arviointimenettely kolmella eri tarkkuustasolla. Liikennetärinän siirtymistä rakennuksiin voidaan arvioida VTT:n julkaisuilla "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008) ja "Ohjeita liikennetärinän arviointiin" (VTT Tiedotteita 2569, Espoo 2011).

Arviointitasolla 1 tarkastelu perustuu kokemusperäisiin turvaetäisyyksiin, jossa huomioidaan maaperän ominaisuudet ja liikenteen tyyppi. Tarkastelulla selvitetään onko varsinainen värähtelytarkastelu lainkaan tarpeen.

Arviointitaso 2 perustuu laskennallisiin arvoihin tai tarkistusluonteisiin tärinämittauksiin, jolloin liikenteen ja maaperän ominaisuudet voidaan ottaa tarkemmin huomioon. Arviointitasoa 2 suositellaan käytettäväksi, kun yleiskaavassa tai asemakaavassa rakentamista ohjataan yksityiskohdaisesti määrättyllä alueella ja arviointitaso 1 perusteella alue on riskialuetta.

Arviointitaso 3 tarkastelu perustuu aina riittävän pitkäaikaisiin tärinämittauksiin. Tason 3 käyttöä tarvitaan, mikäli arviointitaso 2 laskennallisella tarkastelulla ei saada riittävän luotettavaa kuvaa maaperän pystyvärähtelyn suuruudesta, tai halutaan rakentaa alueelle, jolla arviointitaso 2 mukaan tärinä voi ylittää suositusarvon.

3.2 Tärinähaitan arviointiperusteet

Tärinän aiheuttamaa mahdollista haittaa asuinmukavuudelle maankäytön suunnittelussa arvioidaan tunnusluvun $v_{w,95}$ perusteella. Tunnusluku perustuu yksittäisten liikennetapahtumien suurimpiin värähtelyn tehollisarvoihin ja niiden perusteella laskettuun keskiarvoon ja hajontaan seuraavasti:

Määritelmältään $v_{w,95} = (15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo}) + (1,8 \times 15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta})$. Tilastollisesta luonteestaan johtuen se voidaan tarkasti määrittää vain pitkäaikaisten mittausten avulla.

Tunnusluvun perusteella rakennuksille on annettu suositus rakennusten värähtelyluokitukselta, joka esitetään taulukossa 3.1.

Taulukko 3.1 Rakennusten värähtelyluokitus häiritsevyyden arvioinnissa

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä)	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset voivat havaita värähtelyt, mutta ne eivät ole häiritseviä)	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa (Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla (Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,60$

4. TÄRINÄTARKASTELUT

4.1 Arviointitaso 1

Arviointitason 1 mukaiset turvaetäisyydet esitetään taulukossa 4.1. Jos suunniteltu asutus sijoittuu taulukon turvaetäisyyden ulkopuolelle, ei tarkempaa tärinäselvitystä tarvita.

Taulukko 4.1 VTT:n ohjeen W 50 mukaiset turvaetäisyydet

Suosittelava turvaetäisyys	Liikennetyyppi	Pehmein maalaji väylän alla
500 m	Tavarajunaliikenne (3500 tn, 90 km/h)	Pehmeä maa
200 m	Pikajunaliikenne (140 km/h)	Pehmeä maa
100 m	Tavara- ja pikajunat	Kova maa
100 m	Raskas maantieliikenne (100 km/h, sileä)	Pehmeä maa
100 m	Hidastetöyssyt, raskas liikenne (40 km/h)	Pehmeä maa
50 m	Raskas katuliikenne (40 km/h, sileä)	Pehmeä maa
15 m *	Raskas maantie- ja katuliikenne (myös töyssyt)	Kova maa
* Ei koske väyliä, joilla on vain tilapäisesti raskasta liikennettä		

Suunnittelualueen tilannetta asettuu näistä lähimmäksi luokkaa "Tavara- ja pikajunat, kova maa", jonka ohjeellinen, tärinäluokan C mukainen suojaetäisyys on 100 m. Suunniteltu hotellirakennus sijaitsee vain noin 21 m päässä lähimmän raiteen keskilinjasta. Tällöin tarkempi laskennallinen tarkastelu on tarpeen.

Raskaasta tieliikenteestä ei oleteta aiheutuvan tärinähaittaa suunnittelualueella.

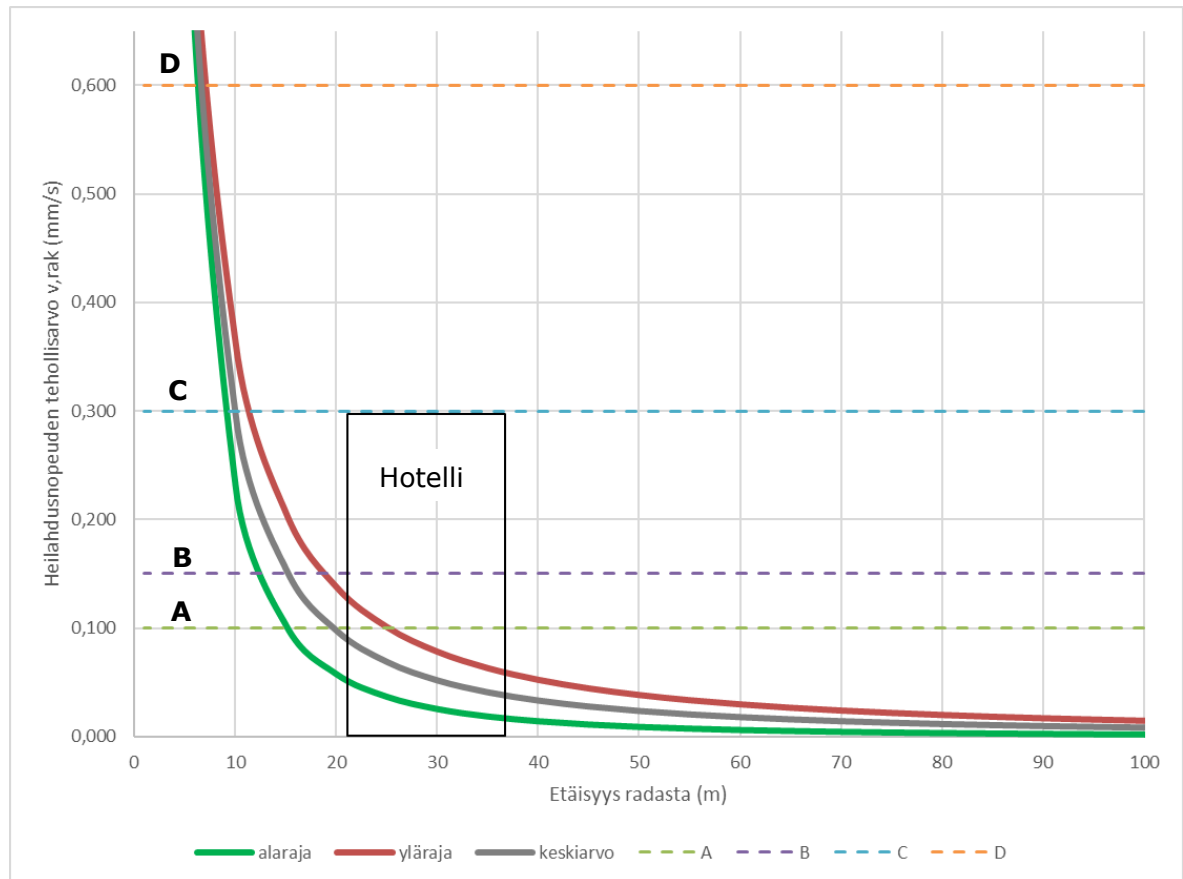
4.2 Arviointitaso 2

Arviointitason 2 mukainen laskennallinen tarkastelu tehtiin julkaisussa Törnqvist & Talja (2006), "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT W50) esitetyn junaliikenteelle tarkoitetun laskentakaavan avulla. Lisäksi tärinän siirtymistä rakenteisiin tarkasteltiin julkaisun Talja et al. (2008) "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT T2425).

On huomattava, että laskenta perustuu huomattavaan määrään yleistyksiä ja oletuksia, ja sen tuloksia on pidettävä lähinnä suuntaa-antavina.

Laskennan kulku ja tehdyt oletukset on esitetty liitteessä 1.

Kuvassa 4.1 on esitetty rakenteissa esiintyvä laskennallinen heilahdusnopeus etäisyyden funktiona. Tarkasteltavat tapaukset ovat värähtelyn laskennalliset ylä- ja alarajat sekä näiden välinen keskiarvo.



Kuva 4.1. Rakennusten laskennallinen heilahdusnopeus ja tärinän värähtelyluokkien (A-D) raja-arvot.

Laskennallinen rakennuksissa esiintyvä liikennetärinä asettuu 21 m etäisyydellä radasta korkeintaan luokkaan B, "Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet", tai luokkaan A, "Hyvät asuinolosuhteet". Täten junaliikenteen aiheuttama liikennetärinä on laskennallisesti vähäistä eikä aiheuta jatkotoimenpiteitä.

5. RUNKOMELUTARKASTELUT

5.1 Ohjearvot ja arviointiperusteet

VTT:n julkaisua ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT Tiedotteita 2468, Espoo, 2009” käytetään Suomessa yleisesti liikenteestä aiheutuvan runkomelun arvioinnissa. Julkaisussa esitetään runkomelun kolmetasoinen arviointimenettely, joista tarkin taso perustuu tunnuslu-kuun, joka määritetään mittaustulosten perusteella.

Taulukossa 5.1 on esitetty suositus Suomessa käytettävistä runkomelutasojen raja-arvoista. Suosituksen raja-arvoja asetettaessa tavoitteena on ollut häiriövaikutuksen rajoittaminen mini-miin. Koska häiriövaikutuksen on havaittu syntyvän, kun $L_{pASmax} \geq 35$ dB, raja-arvot ovat asun-noissa tätä pienemmät.

Ympäristöministeriön ääniympäristöohjeessa (2018) annetaan maaperäiselle runkomelutasolle L_{prm} ohjearvo 30 dB ja avoradoilla 35 dB.

Taulukko 5.1: VTT:n suosittelemat runkomelun ohjearvot.

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{prm} {dB}
Radio- tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25...30
Asuinhuoneistot	30 / 35*
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> - potilashuoneet, majoitustilat - päiväkodit, lasten ja henkilökun- nan oleskeluun tarkoitetut huoneet 	30 / 35*
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none"> - luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä - muut kokoontumistilat kuten teat- terit ja kirjastot 	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40 / 45*

*Avoradat. Mikäli kaavamääräyksellä on annettu ohje julkisivun ilmääneneristävydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

Asemakaavoituksen yhteydessä laadittavan meluselvityksen (Ramboll Finland Oy, 11/2021) perusteella asemakaavaan on hotellirakennuksen osalta esitetty vaatimus julkisivun ääneneristävydestä, joten on suositeltavaa soveltaa runkomelutason tiukempaa raja-arvoa 30 dB.

Kuten liikennetärinälle, myös runkomelulle on esitetty kolme eri arviointitasoa. Arviointitaso 1 perustuu turvaetäisyyden käyttöön. Kokemusperäisesti on voitu määrittää etäisyys, jota kauempana tarkempi runkomelutarkastelu ei enää ole tarpeen.

Arviointitasossa 2 tehdään värähtelyn siirtotiehen perustuva laskennallinen arviointi. Laskelma on hyvin empiirinen ja perustuu kokemuksiin tyypillisistä mittaustuloksista.

Arviointitasossa 3 runkomelu todennetaan mittaamalla.

5.2 Runkomelutarkastelut, arviointitaso 1

Julkaisussa Talja & Saarinen (2009): "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" (VTT T2468) on esitetty arviointitaso 1 etäisyydet (taulukko 5.2). Taulukon avulla voidaan määrittää etäisyys väylästä, jota kauempana runkomelutason voidaan katsoa olevan alle 35 dB (pintaväylä) tai alle 30 dB (kalliotunneli)

Taulukko 5.2. Runkomelun turvaetäisyydet (Talja & Saarinen 2009, VTT T2468)

Liikennetyyppi	Maapohja, väylän sijainti ja runkomelutason raja			
	pehmeä maa, pintaväylä, 35 dB	kova maa, pintaväylä, 35 dB	kallio, tunneli, 30 dB	kallio, pintaväylä, 35 dB
Tieliikenne, 50 km/h	< 5 m	< 5 m	< 5 m	< 5 m
Tieliikenne, 100 km/h	< 5 m	< 5 m	< 5 m	5 m
Raitiovaunu, 40 km/h	< 5 m	15 m	50 m	120 m
Metro tai lähijuna, 80 km/h	< 5 m	30 m	90 m	160 m
Lähijuna, 160 km/h	10 m	60 m	130 m	200 m
Sähkömoottorijuna, 220 km/h	15 m	70 m	150 m	>200 m
IC-juna, 160 km/h	40 m	130 m	200 m	>200 m
Tavarajuna, 100 km/h	60 m	160 m	>200 m	>200 m

Taulukossa 5.2 maapohja on oletettu samaksi väylän ja rakennuksen alla ja sen paksuuden on oltava vähintään 3 m.

Taulukosta 5.2 parhaiten tulee kyseeseen Metro tai lähijuna 80 km/h. Suunniteltavan kohteen hotelliosa sijaitsee noin 21 m päässä radasta kovalla maalla/kalliolla, joten tarkempi laskennallinen tarkastelu on tarpeen.

5.3 Runkomelutarkastelut, arviointitaso 2

Laskennallisen arviointitason perustana on ns. äänitason peruskäyrä L_v , jonka arvoa korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakennuksesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä. Peruskäyrä voidaan esittää lausekkeella:

$$L_v = 103 \text{ dB} - 14 \text{ dB} \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{10 \text{ m}} \right) - 0,8 \text{ dB} \cdot \left(\frac{d}{10 \text{ m}} \right)$$

missä

d etäisyys väylän reunasta.

Laskennallinen sisätilojen runkomelutaso L_{pA} saadaan peruskäyrän ja yhteenlaskettujen korjaustekijöiden avulla:

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

Taulukkoon 5.3 on kerätty suunnittelukohteessa valitut äänenpainetaso korjaustekijät.

Taulukko 5.3. Laskennassa käytetyt korjaustekijät.

Korjaustekijät	Korjauksen vaikutus [dB]
Liikennetyyppi: sähkömoottorijuna	0
Ajonopeus: 60 km/h	-4
Normaali jousitus	0
Hyväkuntoinen rata	0
Radan eristämistapa: ei eristystä	0
Väylän sijainti: avorata	0
Rakennuksen tyyppi: kerrostalo	-10
Rakennusosien resonanssin vaikutus	0
Muunnos äänenpainetasoksi	-28
Muunnos A-painotetuksi äänenpainetasoksi: yli 60 Hz (korkea taajuusalue)	-20
Varmuusmarginaali	+6

Laskennan alarajan oletukset:

- Kerrostalo, perustuksen ja kallion välissä maa-ainesta $\geq 3 \text{ m}$ (-10 dB)

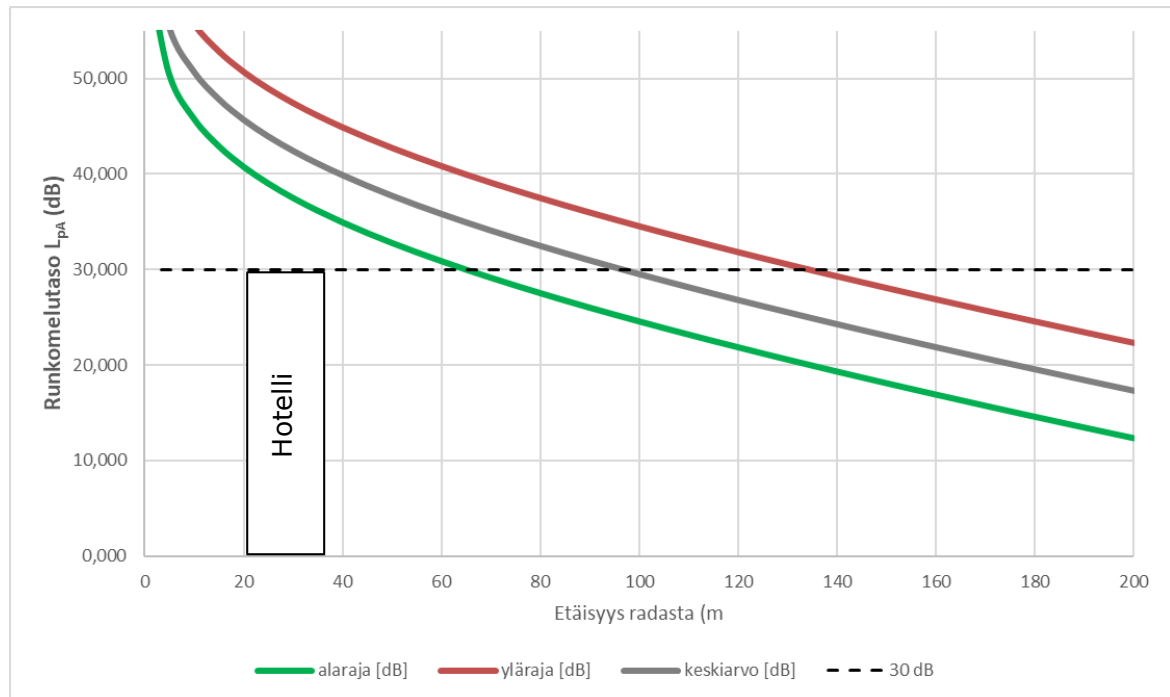
Laskennan ylärajan oletukset:

- kalliolle perustettu rakennus tai perustuksen ja kallion välissä maa-ainesta $< 3 \text{ m}$ (0 dB)

Mitoittava junatyyppi on Sm5 sähkömoottorijuna (0 dB) jonka nopeus on 60 km/h (-4 dB).

Rakennuksille ei oleteta resonanssia, sillä tyypillisesti kallion kautta välittyvät värähtelytaajuudet ovat huomattavasti korkeampia kuin rakennusten rungon ominaistaajuudet. Aikaisemman selvityksen mukaan (Kehärata, avorataosuuden rakentamissuunnittelu, Runkomelun tarkennettu selvitys, Akukon Oy, 15.3.2010) kehärata on kaava-alueen pohjoispuolella suunniteltu eristämättömäksi.

Kuvassa 5.1 on esitetty laskennallinen sisätilojen runkomelutaso tehdyillä oletuksilla etäisyyden funktiona.



Kuva 5.1. Laskennallinen sisätilojen runkomelutaso sekä 30 dB raja-arvosuositus.

Laskennallisen tarkastelun perusteella kaava-alueen pohjoispuolella asuin- ja majoitustilojen tiukempi 30 dB ohjearvosuositus alitetaan alarajan tapauksessa yli 65 m etäisyydellä ja ylärajan tapauksessa yli 135 m etäisyydellä lähimmän raiteen keskilinjasta. Täten runkomelun ohjearvosuositus voi ylittyä suunnitellun hotellirakennuksen osalta ja mahdollinen runkomeluhaitta tulee huomioida kohteen suunnittelussa.

6. TULOSTEN ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Liikennetärinä

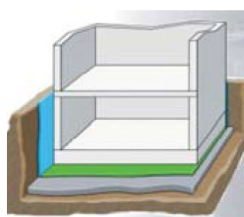
Kivistön tapahtuma-areenan asemakaavamuutosalueelle tehtiin suuntaa-antava laskennallinen liikennetärinätarkastelu VTT:n julkaisuissa "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT W50) ja "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT T2425) kuvattujen arviointitasojen I ja II perusteella. Arviointitaso I perustuu pohjamaan ja liikennetyypin mukaiseen suojaetäisyystarkasteluun. Arviointitaso II perustuu tarkempaan laskennalliseen tarkasteluun.

Tulosten (kuva 4.1) perusteella junaliikenteen aiheuttama tärinä rakenteissa on pääosin luokassa A, *Hyvät asuinolosuhteet*. Aivan rataa lähimmissä kiinteistöissä liikennetärinä saattaa asettua luokkaan B, *Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet*. Näin ollen liikennetärinä on laskennallisesti vähäistä eikä aiheuta toimenpiteitä.

6.2 Runkomelu

Suuntaa-antavan laskennallisen runkomelutarkastelun perusteella runkomelun suositeltu ohjearvo 30 dB saattaa ylittyä jopa noin 140 metrin etäisyydellä lähimmän raiteen keskilinjasta sekä siten myös suunnitellussa hotellirakennuksessa (kuva 5.1). Laskentatulosta on kuitenkin melko epävarma, sillä se perustuu hyvin vahvoihin kokemukseräisiin oletuksiin värähtelyn etenemisestä maa- ja kallioperässä. Raideliikenteen mahdollinen runkomeluhaitta tulee huomioida rakennussuunnittelussa asuin- ja majoitustilojen osalta liitteen 2 runkomelualueella. Siten mahdollinen runkomeluhaitta tulee huomioida hotellirakennuksen suunnittelussa. Tätä varten suositellaan tehtäväksi runkomelumittaukset suunnittelualueella, jolloin saadaan huomattavasti tarkempi arvio rakennukseen siirtävästä runkomelusta ja tarvittaessa sopivasta vaimennusratkaisusta.

Runkomelun esiintymistä voidaan ehkäistä eristämällä uusien kiinteistöjen perustukset ympäröivästä maaperästä. Koska runkomelun aiheuttava värähtely siirtyy kovia maakerroksia pitkin, katkaisemalla värähtelyn kulkureitti pehmeämmällä kerroksella voi vähentää perustusten värähtelyä huomattavasti. Sopiva vaimennusratkaisu suunnitellaan tapauskohtaisesti. Mikäli vaimennustarve ei ole suuri, yksi ratkaisu on toteuttaa perustusten alle (primäärieristin) ja tarvittaessa esim. maanpaineseniä vasten (sekundäärieristin) asetettavilla levyeristeillä (esim. EPS-routalevy, kuva 6.1).



Levyeristys

Kuva 6.1. Periaatekuva runkomelun torjunnasta rakennuksen levyeristyksellä. (VTT T2468)

Levyeristeen asennus perustusten alle ja maanpaineseniä vasten on kustannustehokas toimenpide, joka ei aiheuta haittoja perustusten toiminnalle (eristyksen arvioitu kokoonpuristuma rakennuksen omapainon vaikutuksesta on joidenkin millimetrien luokkaa).

Tehokkaampi vaimennus voidaan toteuttaa esimerkiksi kaksoisanturoilla, joiden välissä on värähtelyä vaimentava eristinmateriaalikaista (esim. Sylomer). Tämän ns. primäärieristuksen lisäksi suositellaan, että anturoita ja maanpaineseniä vasten asennetaan sekundaarieristys EPS-levyllä. Sekundaarieristuksen tarkoitus on osaltaan katkaista värähtelyn siirtotie maasta perustuksiin.

LIITE 1 LIIKENNETÄRINÄLASKELMAT

Arviointitason 2 mukainen laskennallinen tarkastelu tehtiin julkaisussa Törnqvist & Talja (2006), "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT W50) esitetyn junaliikenteelle tarkoitetun laskentakaavan avulla. Lisäksi tärinän siirtymistä rakenteisiin tarkasteltiin julkaisun Talja et al (2008) "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT T2425).

Pystysuora heilahdusnopeuden maksimin odotusarvo lasketaan maanvaraisesti perustetulle radalle yhtälöllä:

$$v_{z,\max} = v_{z,15} \cdot k_D \cdot k_S \cdot k_G \cdot k_R$$

missä

$v_{z,\max}$	laskennallinen tärinän pystyheilahdusnopeus maan pinnalla tarkastelupisteessä
$v_{z,15}$	pystysuora vertailuheilahdusnopeus maassa $D = 15$ m etäisyydellä raiteen keskilinjasta
k_D	etäisyyskerroin
k_S	junan nopeudesta riippuva kerroin
k_G	junan painosta riippuva kerroin
k_R	radan kunnosta riippuva kerroin

Vertailuheilahdusnopeus valitaan taulukosta 4.2. Arvot suluissa on tarkoitettu henkilöjunille.

Taulukko 4.2. Vertailuheilahdusnopeuden arvot maalajin mukaan. (Törnqvist & Talja 2006, VTT W50)

Määrävä tärinää johtava maalaji ^{*)}	Vertailuheilahdusnopeus $v_{z,15}$ (mm/s)	
	Alaraja	Yläraja
Tärinäherkkä koheesiomaa (ljSa, ljSi, Lj)	1,1 (0,7)	1,7 (1,2)
Normaali koheesiomaa (Sa, saSi, Si)	0,7 (0,5)	1,2 (0,9)
Välimalajit (karkeaSi, hkSi, siHk, hienoHk)	0,4 (0,3)	0,9 (0,6)
Karkearakeinen (Hk, Sr, HkMr, SrMr)	0,3 (0,2)	0,6 (0,4)

^{*)} Maalajiselitykset: ljSa – liejuinen savi, liSa – lihava savi, Lj – lieju, Sa – savi, saSi – savinen siltti, Si – siltti (vastaava geologinen nimike hiesu), karkeaSi – karkea siltti (vastaava geologinen nimike hieta), hkSi – silttinen hiekka (hieta), hienoHk – hieno hiekka, Hk – hiekka, Sr – sora, HkMr – hiekkainen moreeni, SrMr – sorainen moreeni.

Värähtely siirtyy suunnittelualueelle erityisesti kallion ja pinnassa olevan karkearakeisen maan kautta. Tällöin valitaan vertailuheilahdusnopeuden arvoksi karkearakeista maata vastaava $v_{z,15}=0,2...0,4$ mm/s (henkilöjunille tarkoitetut vertailuheilahdusnopeuden arvot).

Etäisyyskerroin k_D määritetään seuraavasti:

$$k_D = \left(\frac{D_0}{D} \right)^B$$

missä

D_0 vertailuetäisyys 15 m
 D tarkasteluetaisyys raiteen keskeltä
 B etäisyysseksponentti

Etäisyysseksponentti B valitaan seuraavasta taulukosta.

Taulukko 4.3. Etäisyysseksponentti B maalajin mukaan. (Törnqvist & Talja 2006, VTT W50)

Maalaji	Etäisyysseksponentti B	
	Alaraja	Yläraja
Tärinäherkkä koheesiomaa (ljSa, ljSi, Lj)	0,3	0,6
Normaali koheesiomaa (Sa, saSi, Si)	0,5	1,0
Välimalajit (karkeaSi, hkSi, siHk, hienoHk)	0,9	1,5
Karkearakeinen (Hk, Sr, HkMr, SrMr)	1,4	2,0
Kallio	2	2

Etäisyysseksponentin vaihteluväliksi valitaan karkearakeista maata ja kalliota vastaava $B = 1,4...2,0$.

Nopeuskerroin k_S määritetään seuraavasti:

$$k_S = \left(\frac{S}{S_0} \right)^A$$

missä
 S_0 vertailunopeus $S_0 = 70 \text{ km/h}$
 S junan nopeus
 A nopeuseksponentti, $A = 0,9...1,1$

Junatietojen mukaan henkilöjunien (S_{m5}) nopeus on tarkasteluvälillä 60 km/h . Nopeuskerrointa k_s ei käytetä nopeuksilla $S < 70 \text{ km/h}$, joten k_s saa arvon 1.

Junan painokerroin k_G määritetään seuraavasti:

$$k_G = \frac{G}{G_0}$$

missä
 G_0 vertailupaino 2000 tn
 G juna kokonaispaino

Juliadata.fi -sivuston tietojen perusteella, rataosuudella kulkee enintään kahdesta S_{m5} -junaykiköstä koostuvia junia. Voidaan olettaa, että yhden 75 m pitkän S_{m5} -junan kokonaismassa on noin 132 tonnia , jolloin junan kokonaismassa on 264 tonnia (painokerroin $k_G = 0,13$).

Radan kunnan kerroin k_R valitaan seuraavien arvojen väliltä:

vanha yksiraiteinen rata, $k_R = 1,3$
uusi moniraiteinen rata, $k_R = 0,7$.

Kertoimeksi valitaan $k_R = 0,7$.

Valitut kertoimien arvot on esitetty taulukossa 4.4.

Taulukko 4.4. Laskennassa käytetyt kertoimet

Tapaus	$v_{z,15}$	B	k_s	k_G	k_R
yläraja	0,4	1,4	1,0	0,13	0,7
alaraja	0,2	2,0	1,0	0,13	0,7

Näiden kertoimien lisäksi laskennalliseen heilahdusnopeuteen sovelletaan varmuuskerrointa $F = 2$, sillä laskelmia ei ole varmistettu mittauksin.

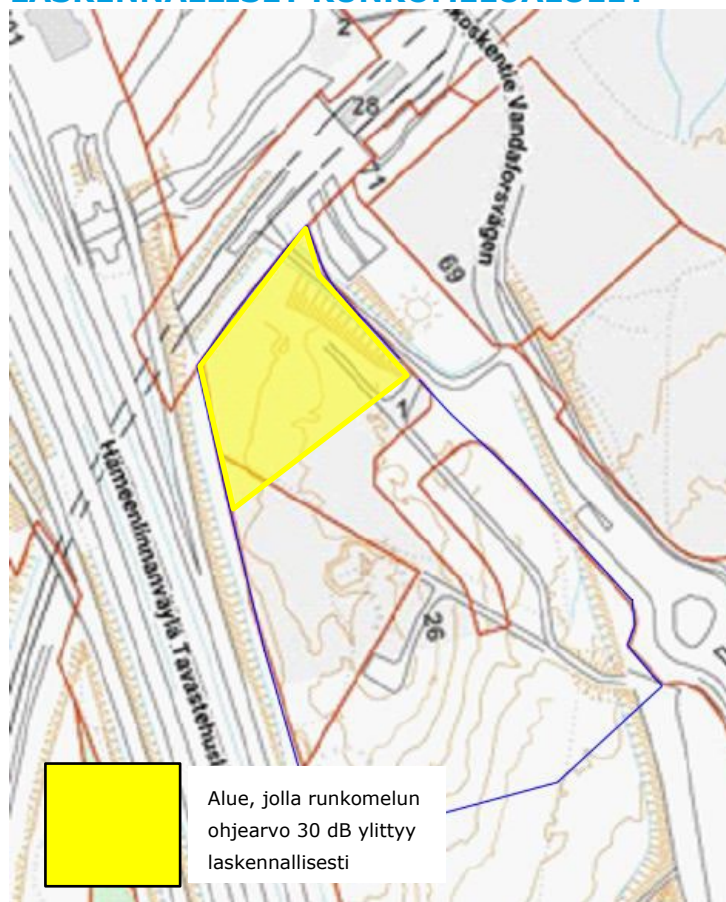
$$v_{z,max,mitoitus} = 2,0 * v_{z,max}$$

Edellä esitetyllä kaavalla ja varmuuskertoimella saadaan laskettua maaperän värähtelyn mitoitushuippuarvo $v_{z,maxmit}$. Tämä arvo muutetaan vielä maaperän värähtelyn tehollisarvoksi $v_{w,maa}$ kertoimella $0,5$:

$$v_{w,maa} = 0,5 v_{z,maxmit}$$

Jotta voidaan arvioida alueen kiinteistöissä esiintyvää tärinää, varmuuskertoimella kerrottu laskennallinen maaperän värähdysnopeus $v_{w,maa}$ kerrotaan kokemuspäisellä suurennussuhteella, joka kuvaa värähtelyn siirtymistä rakenteisiin. Julkaisun "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" mukaan tämä kerroin on $1,5$, paitsi yksikerroksisille maanvaraisille rakennuksille (tällöin kerroin on 1). Tässä rakennuksen rungon värähtely lasketaan olettamalla kaksikerroksiset rakennukset (osassa kiinteistöjä on sallittu osittaiset kerrosalaan laskettavat ullakko- ja kellaritilat), jolloin kerroin on $1,5$.

LIITE 2 LASKENNALLISET RUNKOMELUALUEET



Kuvassa on esitetty alue, jolla 30 dB runkomelun raja-arvosuositus ylittyy laskennallisesti. Alue vastaa kuvan 5.1 laskennallisten ala- ja ylärajojen keskiarvoa (n. 100 m).