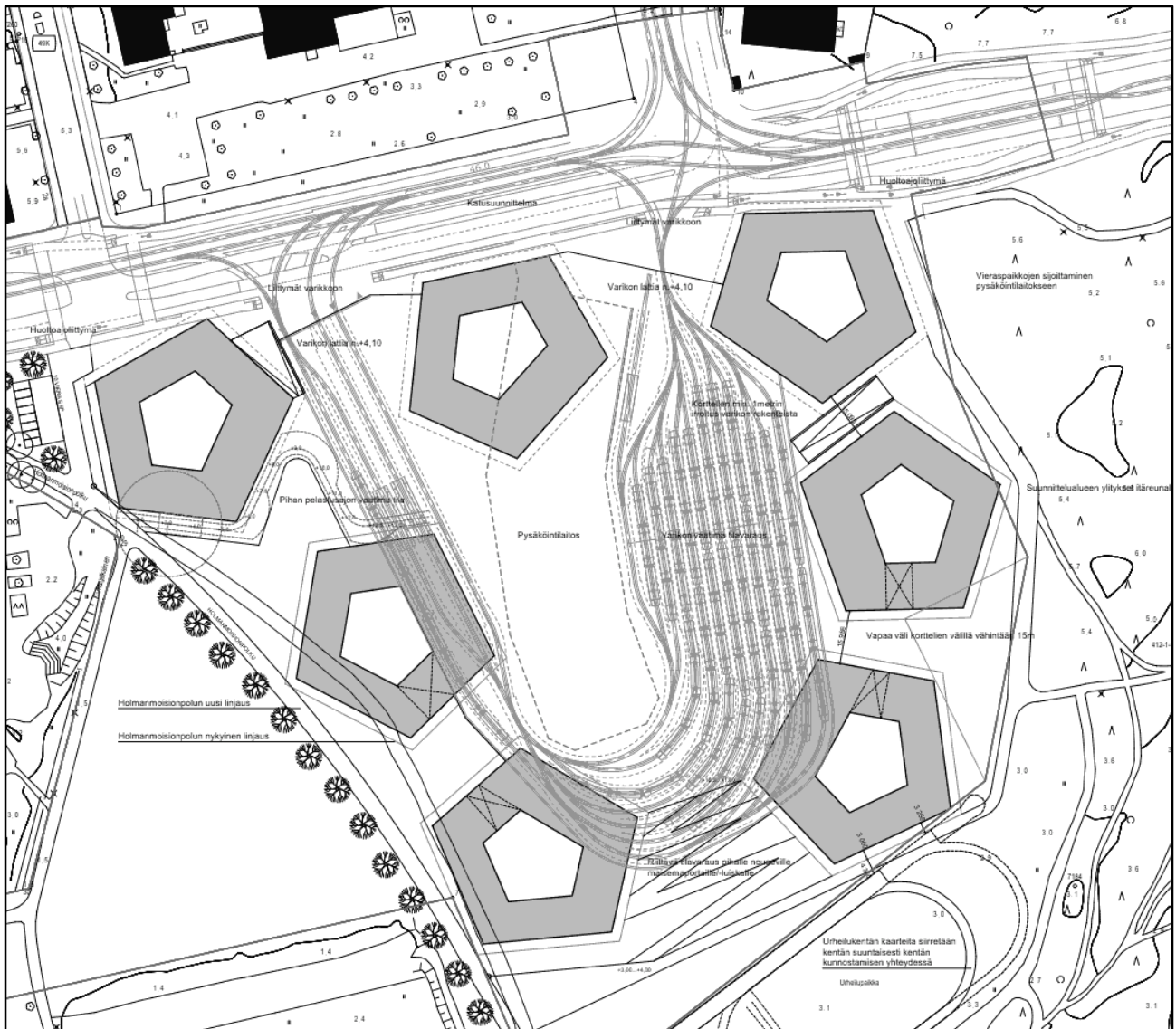


**Reposalmentien hybridikortteli, viitesuunnitteluvaihe**

Asiakas: HKL, Asemakaavoituspalvelut, Kaupunginkanslia

Reposalmentien hybridikortteli, melun ja värähtelyn torjuntasuunnittelu

**MELUN JA VÄRÄHTELYN VAATIMUKSET JA TORJUNTAPERIAATEET**

## LAADUNVARMISTUS

Tämä dokumentti on laadittu, tarkastettu ja hyväksytty Akukonin laatujärjestelmän ohjeiden mukaisesti. Akukonin laatujärjestelmä täyttää standardien EN ISO/IEC 17025 ja ISO 9001 vaatimukset.

Helsingissä 26.11.2018,

Vastuullinen konsultti DI Timo Peltonen, FISE PV (akustiikka)

Suunnittelija TkT Sakari Tervo

Dokumentin tarkastaja TkT Henri Penttinen

**SISÄLLYSLUETTELO**

<b>1</b>	<b>TAUSTA</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>MELUN JA VÄRÄHTELYN SUOSITUSARVOT</b> .....	<b>4</b>
2.1	ASUNNOT, LIIKE- JA TOIMISTOTILAT.....	4
2.2	VARIKON SISÄTILOJEN ÄÄNIOLOSUHTEET .....	5
<b>3</b>	<b>TÄRINÄ JA RUNKOMELU</b> .....	<b>6</b>
3.1	VÄRÄHTELYN LÄHTEET .....	6
3.2	TÄRINÄLLE JA RUNKOMELULLE ALTTIIT TILAT JA ALUEET .....	7
<b>4</b>	<b>RAKENNUSTEN PERUSTAMISTAPOJEN EDELLYTYKSET TÄRINÄN KANNALTA</b> .....	<b>7</b>
4.1	POHJATIEDOT JA ALUSTAVAT PERUSTAMISTAPATIEDOT.....	7
4.2	MAAPERÄN TÄRINÄVAIKUTUKSET .....	8
4.3	RAKENNUSTEN PERUSTAMISTAVAT JA TÄRINÄN TORJUNTA.....	8
4.3.1	Massiivinen pohjalaatta.....	9
4.3.2	Paaluperustus .....	9
<b>5</b>	<b>RAKENNUS- JA TILAKOHTAISET RATKAISUPERIAATTEET</b> .....	<b>10</b>
5.1	VARIKON RAITIOLIIKENTEEEN RUNKOMELUN ERISTYSRATKAISUT.....	10
5.2	VARIKON LATTIARAKENNE .....	11
5.3	HÄTÄPOISTUMISTUNNELI .....	11
5.4	VARIKON VAIHDERATKAISUT .....	12
5.5	ASUINRAKENNUKSET.....	12
5.6	PYSÄKÖINTILAITOS.....	13
5.7	TALOTEKNIIKAN KUILUT .....	13
5.8	KATUALUEELLE SIOJITTUVAT VARIKKOA PALVELEVAT RAITIOTIET JA RISTEYSALUEET .....	14
<b>6</b>	<b>MELU</b> .....	<b>15</b>
6.1	VARIKON TOIMINTAAN LIITTYVÄ RAITIOLIIKENTEEEN YMPÄRISTÖMELU .....	15
6.2	VARIKON SISÄTILOJEN TOIMINNASTA AIHEUTUVA MELU.....	15
6.3	MELUNTORJUNTATARPEET .....	15
6.4	KANSIPIHA .....	16
	<b>LÄHTEET</b> .....	<b>16</b>

## 1 TAUSTA

Reposalmentielle suunnitellaan hybridikortteliä, johon sijoitetaan raitiovaunuvarikko ja asuinkerrostaloja. Raitioliikenteen, varikkotoimintojen ja asuntojen sijoittaminen kiinni toisiinsa edellyttää osaltaan melun, tärinän ja runkomelun tarkastelua, torjuntatarpeiden tunnistamista ja torjuntaratkaisuiden määrittelyä.

Hankkeen viitesuunnittelua varten on tarkasteltu raitiovaunuvarikon ja asuintoimintojen yhteen rakentamisen edellyttämiä melun, tärinän ja runkomelun huomiointitarpeita ja rakenteellisia torjuntaperiaatteita. Asumisen kannalta torjuttavaa melua ja värähtelyä aiheuttavat toiminnot ja ratkaisut on tunnistettu varikon suunnittelusta saatujen lähtötietojen perusteella. Työ on tehty läheisessä yhteistyössä arkkitehti-, geo- ja rakennesuunnittelun kanssa.

Suunnittelun tässä vaiheessa on keskitytty varikon sisätiloissa tapahtuvan toiminnan melu-, tärinä- ja runkomeluvaikutusten torjuntaan, mukaan lukien rakenteissa etenevä värähtely sekä rakenteiden äänieristys ympäröiviin meluherkkiin sisätiloihin ja oleskelupihoille.

Suunnittelussa on huomioitu myös kohteen edustalla kulkeva varikon raitioliikenne, jonka meluvaikutuksiin, torjuntatarpeisiin ja torjuntaperiaatteisiin otetaan kantaa kohteeseen suunniteltujen asuinrakennusten julkisivujen ja piha-alueiden kannalta.

Työn tuloksena on selvitetty, minkälaisilla rakenteellisilla ratkaisuperiaatteilla varikon ja asuintoimintojen yhteensovitus on teknisesti toteutettavissa. Tarvittaviin eristysratkaisuihin liittyviä kustannusvaikutuksia on arvioitu yhdessä rakennesuunnittelun kanssa. Eristysratkaisuiden yksityiskohtaisempi suunnittelu ja mitoitus tehdään osana kohteen jatkosuunnittelua, kun torjunnan periaateratkaisut on valittu.

## 2 MELUN JA VÄRÄHTELYN SUOSITUSARVOT

Hybridikortteliin ollaan sijoittamassa lähekkäin lukuisia melua ja tärinää aiheuttavia toimintoja ja melulle alttiita tiloja ja alueita. Varikon raitioliikenne, toiminta ja tekniset järjestelmät aiheuttavat melua ja värähtelyä. Melulle ja tärinälle alttiita tiloja ovat kohteeseen rakennettavat asunnot ja liiketilat, sekä varikkoon liittyvät toimisto-, työskentely-, tauko- ja lepotilat.

Suunnittelun lähtökohtana käytettävät tilakohtaiset vaatimukset on esitetty seuraavaksi.

### 2.1 Asunnot, liike- ja toimistotilat

*Taulukko 1. Melun ja värähtelyn raja-arvot ja tavoitearvot kohteessa.*

tilatyyppe	keskiäänitaso	enimmäistaso	runkomelutaso	tärinä
	$L_{Aeq}$	$L_{AFmax}$	$L_{ASmax}$	$VW_{m,max}$
asuintilat	<b>35 dB</b> (päiväaika) <b>30 dB</b> (yöaika)	45 dB	30 dB	0,30 mm/s
parvekkeet ja piha-alueet	55 dB (päiväaika) 45 dB (talotekniikka)			
toimistotilat	40 dB	50 dB	40 dB	0,40 mm/s
liiketilat	50 dB	60 dB	45 dB	0,60 mm/s

## 2.2 Varikon sisätilojen ääniolosuhteet

Varikon henkilökunnan työtilojen, taukotilojen sekä mahdollisten valvomotilojen suunnittelussa tulee varmistaa, että tiloissa saavutetaan tilan käyttötarkoituksen ja työsuojelun kannalta riittävän hyvät ääniolosuhteet. Ääniolosuhteissa tulee huomioida tilojen melutaso sekä puheen ymmärrettävyys. Melutason tarkastelussa otetaan huomioon varikon meluisten toimintojen tunnistus ja meluntorjuntamahdollisuuksien selvittäminen. Puheen ymmärrettävyys vaikuttaa työturvallisuuteen, ja sitä voidaan parantaa varustamalla kaikuisat työtilat tiloihin soveltuvilla riittäväillä vaimennusverhouksilla. Akustisten vaatimusten vähimmäistasona käytetään standardin SFS 5907 akustinen luokitus esitettyä laatuluokan C mitoitusta, joka on esitetty kuvissa 1 ja 2.

### 5.8.2 Tuotannon äänitaso – teollisuustyöpaikat

Äänitason enimmäisarvo,  $L_{A,eq}$  (dB)

Työtehtävän tai tilan tyyppi	Luokka A	Luokka B	Luokka C	Luokka D
Puhekommunikaatio merkittävän tärkeätä tai pysyviä tarkkuus-, nopeus- tai tarkkaavaisuusvaatimuksia. Esimerkiksi prosessin valvonta ja kauko-ohjaus, käsin tehtävä asennus, lajittelu, pakkaus ja varastotyö.	50	55	60	65
Toiminta, jossa yleensä käytetään meluisia laitteita. Pääasiassa ruumiillinen työ, työ koneilla ja prosessissa konepajoissa tai teollisuudessa. Kuormaus- ja kuljetinlaitteiden käyttö.	70	75	80	85
Tuotantotila, ilmanvaihdon ja muun kiinteän talotekniikan äänet ilman tuotannon ääniä.	55	60	65	70
Taukotilat, sosiaalitilat: ilmanvaihdon ja tuotannon äänet.	40	45	50	55
Valvomot	45	50	55	60
Häiriötöntä puhekommunikaatiota vaativat tehtävät, ks. kappaleet 5.4.5 ja 5.4.6				

HUOM. Melusuositukset koskevat ns. yleismelutasoa työtilassa. Lähellä meluisia laitteita, kuten käsin käytettäviä työkaluja ja koneita, suositukset yleensä ylitetään. Suositukset eivät myöskään koske miehittämättömiä konehuoneita.

Kuva 1. Varikon työtiloissa sovellettavat melurajat. [6]

### 5.8.1 Jälkikaiunta-aika – teollisuustyöpaikat

Suurimmat sallitut jälkikaiunta-ajan arvot  $T$  (s)

Tilan tyyppi	Luokka A	Luokka B	Luokka C	Luokka D
Miehitetty tila, alle 1000 m <sup>3</sup>	1.0	1.2	1.5	1.8
Miehitetty tila, 1000-10000 m <sup>3</sup>	1.2	1.7	2.0	2.4
Miehitetty tila, yli 10000 m <sup>3</sup>	1.5	2.0	2.2	2.6
Valvomo	0.4	0.4	0.5	0.5

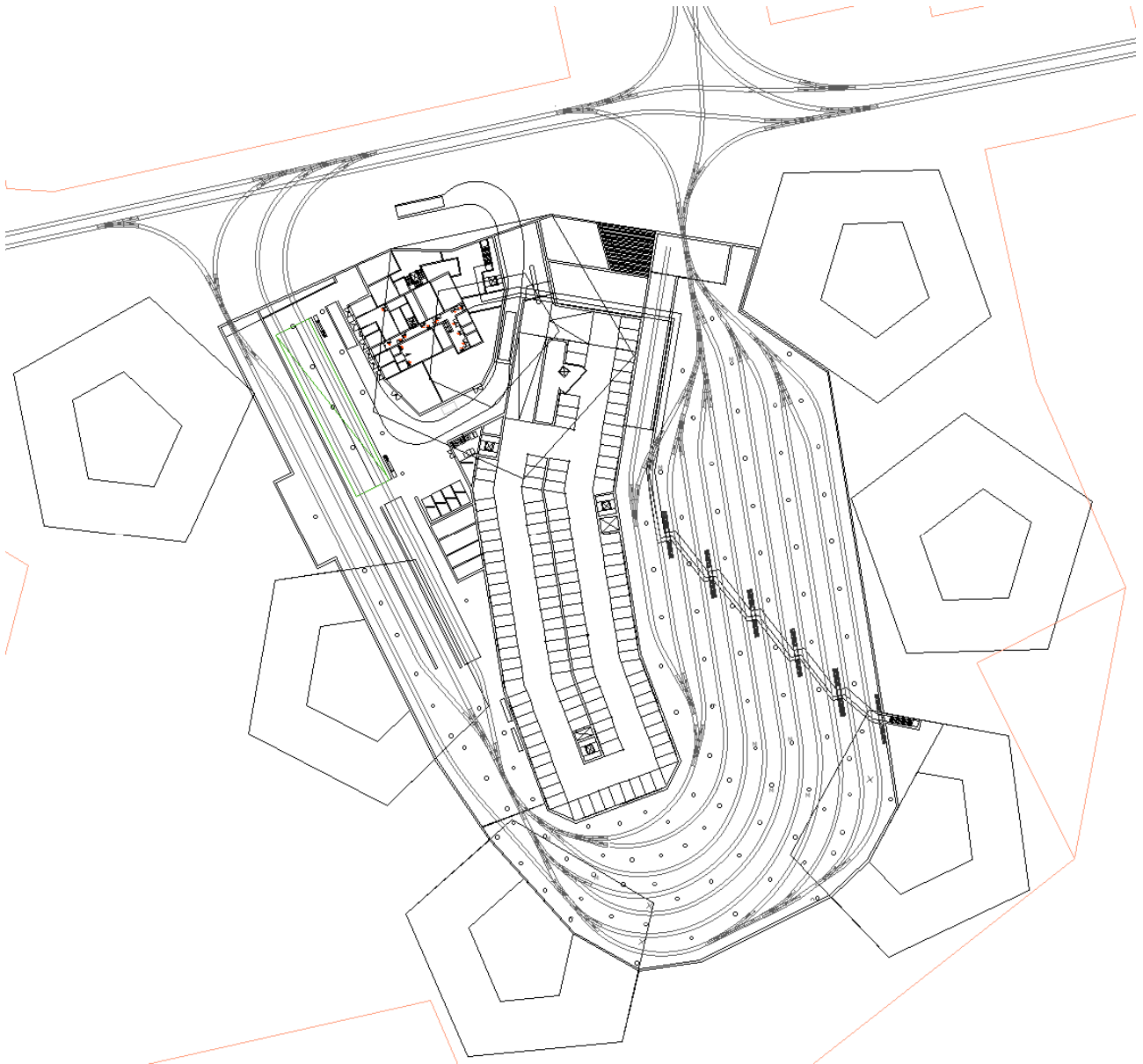
Kuva 2. Varikon työtilojen akustisessa vaimennuksessa huomioitavat jälkikaiunta-ajan maksimiarvot. [6]

### 3 TÄRINÄ JA RUNKOMELU

#### 3.1 Värähtelyn lähteet

Tärinän ja runkomelun merkittävimmät lähteet kohteessa ovat:

- varikon edustalla katualueella ja risteysalueilla liikkuvat raitiovaunut,
- varikon sisäpuolella kiintoraiteilla liikkuvat raitiovaunut,
- lukuisat vaihteet varikon sisäpuolella,
- mahdollisesti jotkin varikon huolto- ja korjaustoiminnot, jotka selvitetään ja tarkennetaan jatkosuunnittelussa,
- pesulinja, sekä
- varikon järeät talotekniikan laitteet, kuten muuntajat, kompressorit ja näiden kylmälinjat.

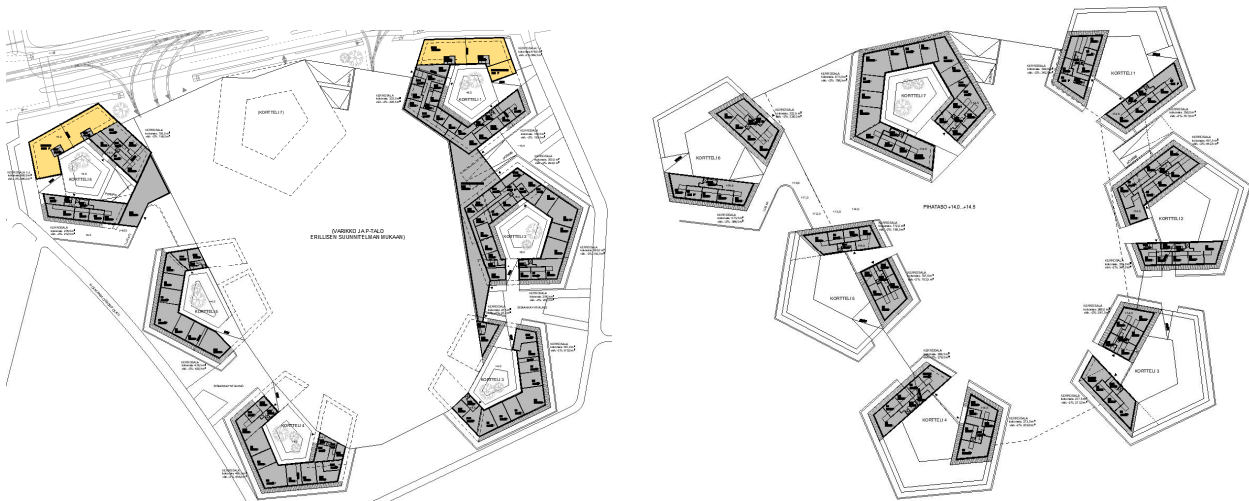


Kuva 3. Varikon raiteistoille suunnitellut linjaukset ja asuinrakennusten suunniteltu sijainti. [4]

### 3.2 Tärinälle ja runkomelulle alttiit tilat ja alueet

Tärinälle ja runkomelulle alttiita tiloja ovat ensisijaisesti kohteen asunnot, ja toissijaisesti asuinrakennuksiin ja varikkoon liittyvät toimisto- ja liiketilat.

Lähimmät asuintilat ollaan sijoittamassa aivan varikkorakennuksen kyljen viereen sekä kansitasolle varikon kansirakenteen päälle kuten on esitetty *kuvassa 4*. Hybriditoimintojen yhteensovittamiseksi asuinrakennusten rakennusrungot on toteutettava kauttaaltaan joustavasti irrotettuina varikon rakennusrungosta. Tämä on yhteensovituksen perusedellytys, joka toisaalta myös mahdollistaa häiriötä tuottavien ja häiriölle alttiiden tilojen sijoittelun lähekkäin keskenään.



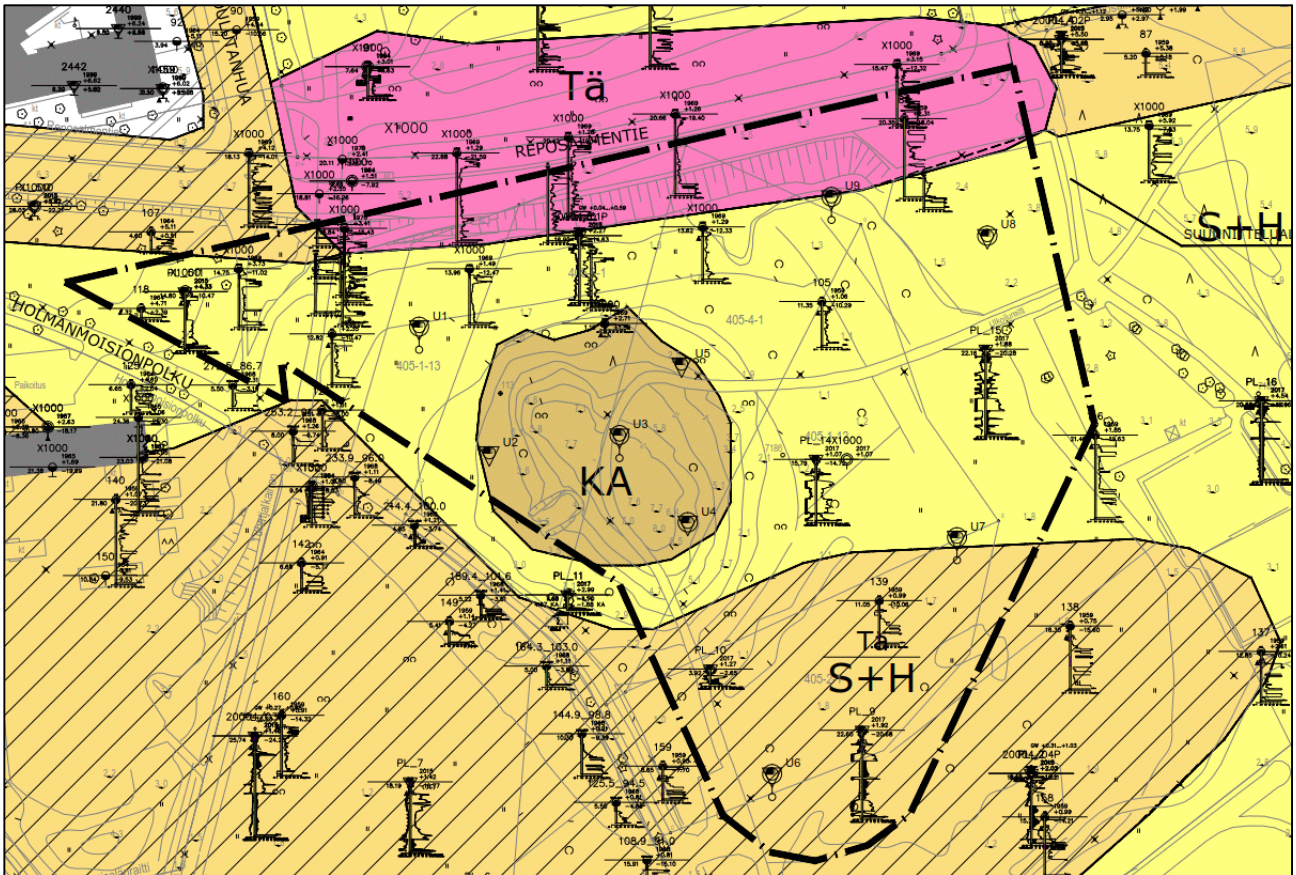
Kuva 4. Asuin- ja liiketilojen alustava sijoittelu 1. kerroksessa ja kansipihan tasolla. [4]

## 4 RAKENNUSTEN PERUSTAMISTAPOJEN EDELLYTYKSET TÄRINÄN KANNALTA

### 4.1 Pohjatiedot ja alustavat perustamistapatiedot

Kohteesta on laadittu alustava geotekninen selvitys [1]. Suunnitellun varikkoalueen maaperä, joka on esitetty *kuvassa 5*, koostuu pääosin löyhistä siltti-, hiekka- ja sorakerrokista, joiden päällä on muutama metrin savikerros. Hiekkakerrokset ylettyvät kairausten perusteella ainakin 10...15 m syvyyteen nykyisestä maanpinnasta. Alueen keskiosassa on kumpare, joka on maaperäkartassa merkitty kallioalueeksi. Maaperä on märkää, sillä pohjavesi on lähellä maan pintaa ja meren rantaan on kohteesta lyhyt matka.

Rakennettavalla alueella tehdään massanvaihtoa. Rakennettavan alueen alle jäävät savikerrokset poistetaan ja korvataan tiivistetyllä maa-aineksella. Rakennukset ja suuret kuormitukset tulee geosuunnittelijan alustavan selvityksen mukaan perustaa joko paalutuksen tai pudotustiivistetyn maaperän varaan. Paaluperustuksen tapauksessa tukipaalujen pituudet vaihtelevat välillä 10...25 m.



Kuva 5. Alueen maaperäkarta ja tehdyt pohjatutkimukset. [2]

## 4.2 Maaperän värähtelyvaikutukset

Alueen maaperä on varsin värähtelystä. Löyhä maaperä, kuten alueella esiintyvä korkean vesipitoisuuden savi välittää värähtelyä tehokkaasti.

Varikon toiminnan värähtelyvaikutukset tulee huomioida sekä katualueen raitioteiden että varikon lattian perustusten suunnittelussa ja toteutuksessa. Värähtelyn torjunta on tärkeää, jotta katualueen raitio liikenne ei tule aiheuttamaan värähtelyhaittoja kadunvarren ja kohteen rakennuksiin, eivätkä varikon sisällä kulkevat raitiovaunut pääse aiheuttamaan löyhän maaperän välityksellä kytkeytyviä värähtelyhaittoja varikon ja asuinrakennusten rakennusrunkoihin.

Mikäli alueen rakennusvaiheessa päädytään käyttämään pudotustiivistysmenetelmää, rakennusvaiheen värähtelyvaikutukset tulee osaltaan huomioida alueen ympäristössä. Pudotustiivistystyön yhteydessä olisi sinänsä mahdollista selvittää myös varikon alle jäävän maaperän dynaamisia ominaisuuksia alueen sisäpuolella tehtävillä erillisillä värähtelymittauksilla.

## 4.3 Rakennuksen perustamistavat ja värähtelyn torjunta

Rakennuksen perustamistavan valinnassa sekä perustusrakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa tulee pyrkiä raitiovaunujen aiheuttamien värähtelyvaikutusten minimointiin. Varikkoon ollaan rakentamassa valtaosin pehmeälle ja itsessään värähtelyställe maaperälle, joka tarjoaa vain heikosti tukeaa raitiovaunujen liikkumisesta aiheutuvaa dynaamista värähtelyherätettä vastaan.

Värähtelyn torjunta varikon perustuksissa on hybridikohteen onnistuneen toteutuksen kannalta olennaista, jotta pientaajuinen havaittava värähtely ei kytkeydy kansipihan ja asuinrakennusten runkoihin, ja aiheuta sisätiloissa havaittavia värähtelyhaittoja. Asuinrakennusten välipohjien pystysuuntaiset resonanssit ja



rakennusrunkojen vaakasuuntaiset resonanssit voivat osaltaan vahvistaa rakennusrunkoihin kytkeytyvää värähtelyä. Mikäli värähtely ylittää ihmisen havaintokynnyksen 0,1 mm/s, on olemassa merkittävä riski, että raitiovaunujen aiheuttama värähtely voi paikoin ylittää myös asuntojen 0,3 mm/s raja-arvon, ja muodostaa asuntoihin värähtelyhaittoja.

Varikon perustamistavan valinnassa tulee pyrkiä minimoimaan pientaajuisten värähtelyjen kytkeytyminen varikon alapohjan perustusten sekä varikkohallin ja asuinrakennusten perustusten välillä. Vaikka savimaat poistetaan alta, löysä ja märkä maaperä voi osoittautua värähtelyn hallinnan kannalta haastavaksi. Riskinä on yhteen tai useampaan asuinrakennukseen kohdistuva värähtelyhaitta, joka aiheutuu raitiovaunujen liikkeistä varikon tiloissa.

Rakenteisiin kytkeytyneen värähtely- tai runkomeluberähtelyn torjunta on kohteen valmistumisen jälkeen käytännössä joko erittäin vaikeaa tai mahdotonta, joten värähtelyn torjunta on huomioitava varikon ja asuinrakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa riittävällä riskitasolla.

Varikon perustamistavaksi on viitesuunnitteluvaiheessa harkittu joko massiivista pohjalaattaa tai paaluperustuksia. Näitä perustamistapoja käsitellään seuraavaksi värähtelyriskin hallinnan näkökulmasta.

#### 4.3.1 Massiivinen pohjalaatta

Pientaajuisten värähtelyjen torjunnassa suositeltavin ratkaisu on mahdollisimman massiivisen ja jäykän pohjalaatan toteuttaminen varikkorakennuksen alle. Pohjalaatan massan tulee olla merkittävä sen päällä kulkeviin raitiovaunuihin nähden, jolloin laatan suuri inertia pienentää tehokkaasti yläpuolella kulkevista raitiovaunuista kytkeytyvän värähtelyberähtelyn voimakkuutta.

Paksun pohjalaatan jäykkyys auttaa jakamaan maaperään paikallisesti kohdistuvaa värähtelyberähtelyä, jolloin kriittisille alueille kohdistuvat värähtelyvoimat ovat pienempiä. Mikäli maavaraisen laatan alle tehdään josta tapauksessa massanvaihdot, maaperään kytkeytyvä värähtelyberähtely kohdistuu laatan alla ensin paksuhkoon murskekerrokseen, ja vasta sitten sen alla lepäävään löyhään silttiin.

#### 4.3.2 Paaluperustus

Paaluperustus voi olla mahdollinen perustamistapa värähtelytekniikassa mielessä, mutta siihen liittyy suurempia riskejä värähtelyn siirtymisen kannalta kuin massiiviseen maavaraiseen laattaan. Suhteellisen ohuen pohjalaatan rakenne on raitiovaunujen värähtelyberähtelyn kannalta paikallisesti reagoiva, jolloin laatan massa perustuvat vaimennusominaisuudet ovat selvästi massiivista pohjalaattaa heikommat. Lisäksi paaluperustuksilla on omat paalukohtaiset resonanssitaajuutensa, joilla rakenteen pystysuunnassa tuottama dynaaminen jäykkyys on tavanomaista pienempi.

Paaluperustuksen toisena haasteena on, että vierekkäiset paaluperustukset ja löysä maaperä voivat tarjota mekanismin värähtelyberähtelyn kytkeytymiselle varikon alapohjaa kannattelevien paaluryhmien ja asuinrakennuksiin tai kansirakenteeseen liittyvien paaluryhmien välillä. Värähtely voi paikoitellen kytkeytyä maaperän ja paaluperustusten kautta, vaikka varikon ja asuinrakennusten perustukset ja rakennusrungot olisivat muilta osin irti toisistaan.

Mahdollisuuksia paaluperustusten käyttöön kannattaa kuitenkin tutkia jatkosuunnittelussa. Jos paaluperustuksiin päädytään, pystysuuntaisen värähtelykomponentin kytkeytymisen torjuntaratkaisuna voisi olla paalujen anturakohtainen resonanssimitoitus siten, että varikon lattian paalujen resonanssit mitoitetaan eri taajuuksille kuin värähtelyberähtelyn rakennusosien paalut ja maaperässä esiintyvät ominaistajuudet.

Maaperän ominaistajuuksia voidaan selvittää alueella tehtävin mittauksin esim. koetiivistyksen tai -paalutuksen yhteydessä. Paalut voidaan mitoitaa, kun anturakohtaiset kuormitukset, paalumäärät ja paalujen likimääräiset pituudet ovat tiedossa. Paalujen resonanssitaajuutta on mahdollista säätää

sijoittamalla osaan anturoista joko tavallista paksumpia tai ohuempia paaluja. Anturakohtaisesti tarvittavat paalujen lukumäärät ja anturoiden mitat valitaan tällöin vastaavasti.

Vaakasuuntaisen tärinäkomponentin osalta torjunta on vaikeampaa. Paalutusta voidaan tietysti pyrkiä jäykistämään valitsemalla mahdollisuuksien rajoissa jäykempiä paaluja. Mahdollisesta vinopaalutuksesta ei todennäköisesti ole mahdollista tehdä niin jäykkää, että se kykenisi toimimaan anturoiden vaakasuuntaista värähtelyä jäykistävänä elementtinä. Haasteena tässä on, että tärinän häiritsevään kytkeytymiseen riittävän värähtelyn liikepoikkeamat voivat olla selvästi alle millimetrin luokkaa.

Paalutuksen toteutukseen liittyy riskitekijänä myös se, että vierekkäisten paaluryhmien yksittäisiä paaluja voi mahdollisesti päätyä nojaamaan sivuistaan kiinni toisiinsa, jolloin ne tarjoavat tärinäherätteelle mekaanisen etenemisreitit vierekkäisten anturoiden välillä. Tämän torjunta vaatinee paitsi huolellisuutta, myös mahdollisia värähtelysiltojen esiintymisen tarkistusmittauksia ennen anturoiden valamista.

## 5 RAKENNUS- JA TILAKOHTAISET RATKAISUPERIAATTEET

### 5.1 Varikon raitioliikenteen runkomelun eristysratkaisut

Hybridikortteliin sijoitetun raitioliikenteen ja asumisen toimivan yhteensovituksen edellyttämät tärinän ja runkoäänten eristysvaatimukset ovat poikkeuksellisen suuria, ja tekevät kohteen suunnittelusta ja onnistuneesta toteutuksesta myös selvästi tavanomaista haastavamman.

Varikon sisätiloissa kulkevan raitioliikenteen runkomelu- ja tärinähaitat on suunniteltu torjuttavaksi rakenteellisesti kahdessa vyöhykkeessä. Primäärieristykseenä toimii varikolle toteutettava kelluva lattiarakenne, joka vaimentaa kiskoista ja vaihteista aiheutuvan värähtelyherätteen kytkeytymistä varikkorakennuksen runkorakenteisiin. Riittävän eristävyuden varmistamiseksi kohteeseen suunnitellaan myös sekundäärinen eristys, joka sijoittuu asuinrakennusten ja varikkorakennuksen/pihakannen välisiin liitoksiin.

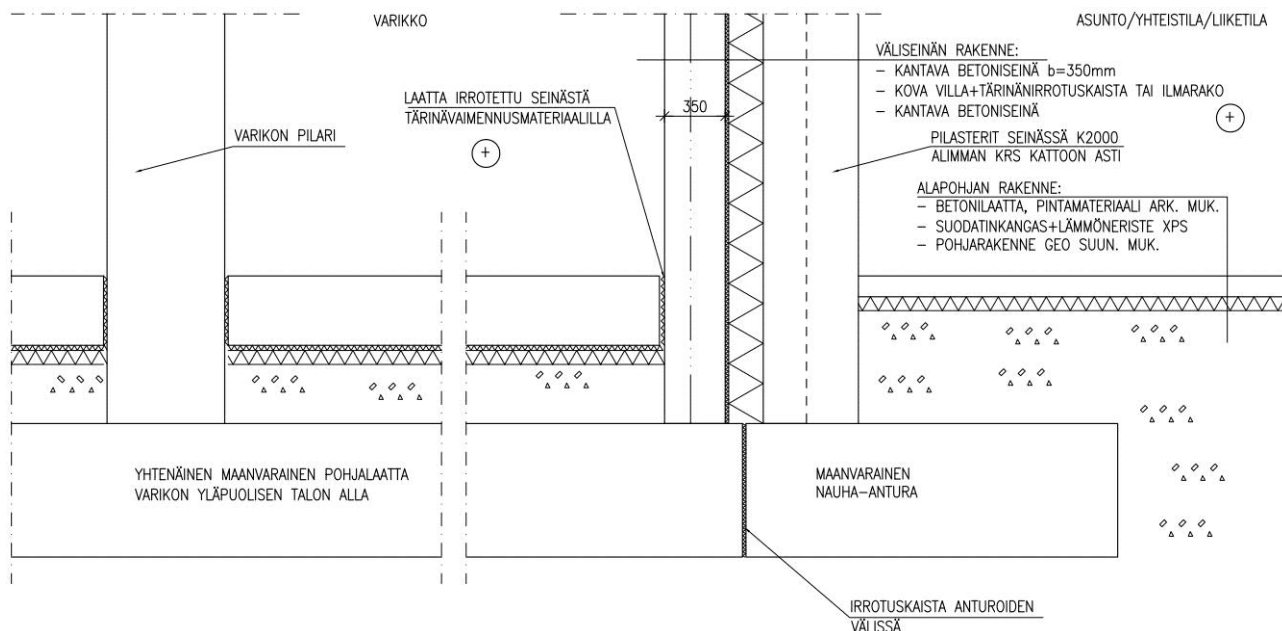
Kahden eristysvyöhykkeen käyttö mahdollistaa eristyksen mitoittamisen markkinoilta saatavissa olevilla eristystuotteilla, ja pienentää osaltaan asuntoihin kantautuvien melu- ja värähtelyhaittoihin liittyviä riskejä. Koska raitiovaunuvarikko on tarkoitus rakentaa ja ottaa koekäyttöön ennen asuinrakennusten rakentamisen aloitusta, asuinrakennuksiin liittyvän rakennuskohtaisen sekundäärieristyksen tarve ja mitoitus voidaan edelleen tarkistaa ja optimoida kohteessa tehtävin mittauksin. Tämä voi osaltaan mahdollistaa merkittävät kustannussäästöt sekundäärieristyksen toteutettavissa ratkaisuissa, ja varmistaa samalla, että asuinrakennukset toteutetaan varmasti riittävän eristyksen varaan.

## 5.2 Varikon lattiarakenne

Varikon ratarakenteet toteutetaan kiintoraiteina betonilattialle. Raiteista rakennuksen rakenteisiin kytkeytyvä voimakas värähtelyheräte tulee vaimentaa toteuttamalla kaikkien varikon raitiovaunukalustolle käytettävien alueiden (pesu-, huolto-, ja säilytyshallit) lattiarakenteet kelluvana ratkaisuna. Lattialaatta kellutetaan runkomelu- ja tärinäherätteen kannalta oikein mitoitetun tärinäeristysmaton päälle. Laatan reunat ja läpiviennit toteutetaan kauttaaltaan joustavilla irrotuskaistoilla. Kuvassa 6 on esitetty lattiarakenteen irrotusperiaate.

Rakenne- ja arkkitehtisuunnittelun sekä varikon käyttäjän tekemässä jatkosuunnittelussa ja toteutuksessa tulee osaltaan huolehtia siitä, että kellutettua lattiarakennetta ei miltei kohdin oikosuljeta mekaanisesti rakennuksen ympäröiviin rakenteisiin (alapuolinen perustus, seinät ja pilarit, kelluvan lattialaatan läpäisevät rakenteet ja ratkaisut). Irrotusratkaisut tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että ne kestävät rakennuksen käyttöä, ja/tai ne on mahdollista huoltaa ja peruskorjata tarvittaessa.

Kelluvien rakenteiden liitokset ja niiden toteutuksen työvaiheet tulee suunnitella siten, että ratkaisu ohjaa oikeaan toteutukseen. Urakan valvonta tulee toteuttaa siten, että mahdolliset työvirheet havaitaan varmasti ja päästään korjaamaan ennen niiden peittymistä yläpuolisten rakenteiden alle.



Kuva 6. Varikon lattiarakenteen sekä varikon ja asuinrakennusten rungon ja perustusten irrotusperiaatteita. [5]

## 5.3 Hätäpoistumistunneli

Varikon säilytyshallin alle on suunniteltu hätäpoistumistunneli, johon liittyvät portait ja kulkutiet läpäisevät varikon kelluvan lattiarakenteen. Koska tunnelissa ei itsessään ole voimakasta värähtelyä aiheuttavia häiriölähteitä, tunnelin rakenteet voidaan toteuttaa suoraan kiinni rakennuksen anturaperustuksiin. Kelluvan lattian läpäisevillä kohdilla kaikki liitosratkaisut tulee kuitenkin suunnitella siten, että kelluvaa lattiaa ei oikosuljeta mekaanisesti rakennukseen, talotekniikkaan tai varikon toimintavarustukseen liittyvillä rakenteilla ja ratkaisulla.

## 5.4 Varikon vaihderatkaisut

Varikon sisätilojen lukuisat vaihteet muodostavat merkittävän häiriölähteen raitiovaunujen liikkumisesta aiheutuvan melun, runkomelun ja tärinän kannalta. Vaihteiden kohdalla kiskojen ajopinta ei ole yhtenäinen, vaan siinä on rakenteellisia katkoksia, jotka aiheuttavat voimakasta impulssimaista melua ja tärinäherätettä raitiovaunun kulkiessa vaihteen yli.

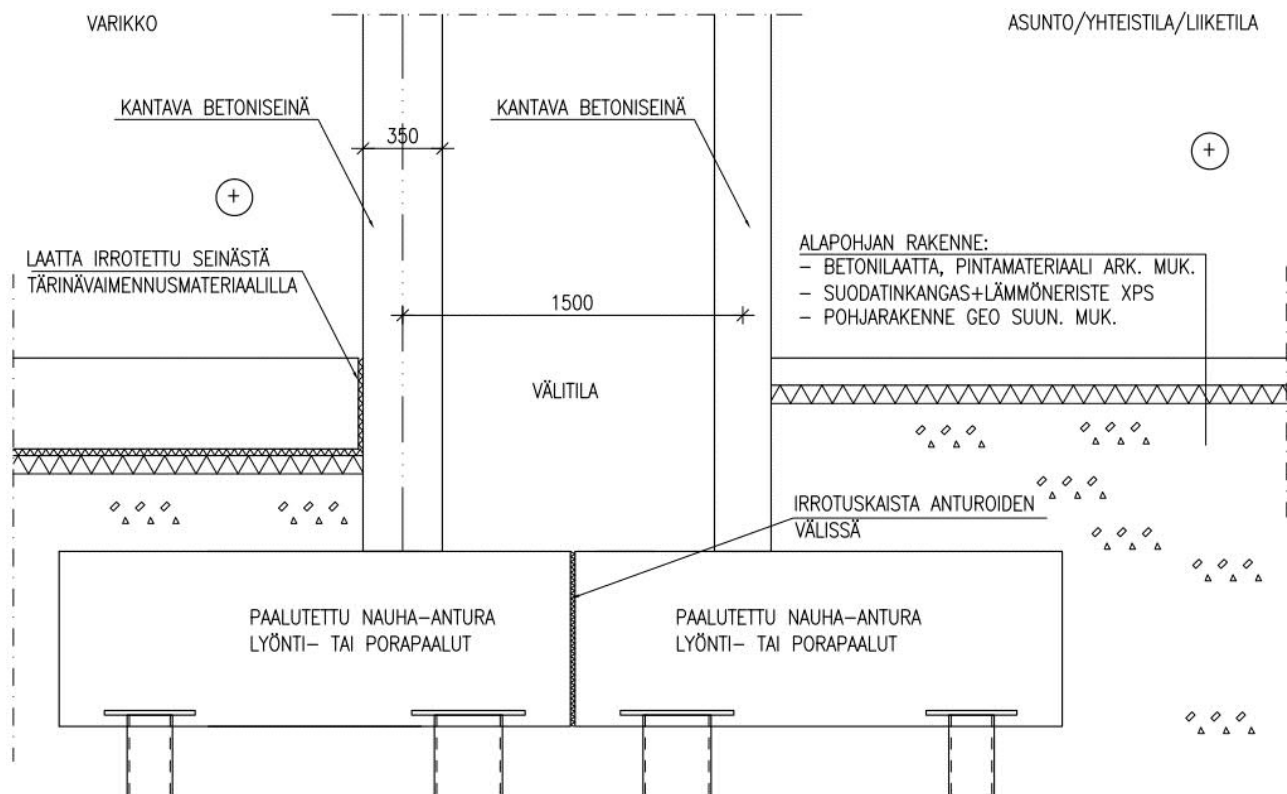
Vaihteiden melu- ja tärinävaikutusten arviointia ja torjuntaan tarvittavien eristysten mitoittamista varten tarvitaan mittauksia vastaavasta kiintoraiteelle toteutetusta vaihderatkaisusta. Kohteessa suunnitellaan käytettäväksi syväuraista vaihderatkaisua, jota ei toistaiseksi ole käytössä muualla Helsingissä.

**Projektin tulee selvittää yhdessä HKL:n kanssa, onko varikolle suunniteltu vaihderatkaisu mahdollista toteuttaa koeluontoisesti johonkin toiseen paikkaan, jotta Reposalmen varikon tärinä- ja runkomelueristysmitoitusta varten tarvittavat koeajot ja mittaukset olisi mahdollista tehdä osana kohteen jatkosuunnittelua.**

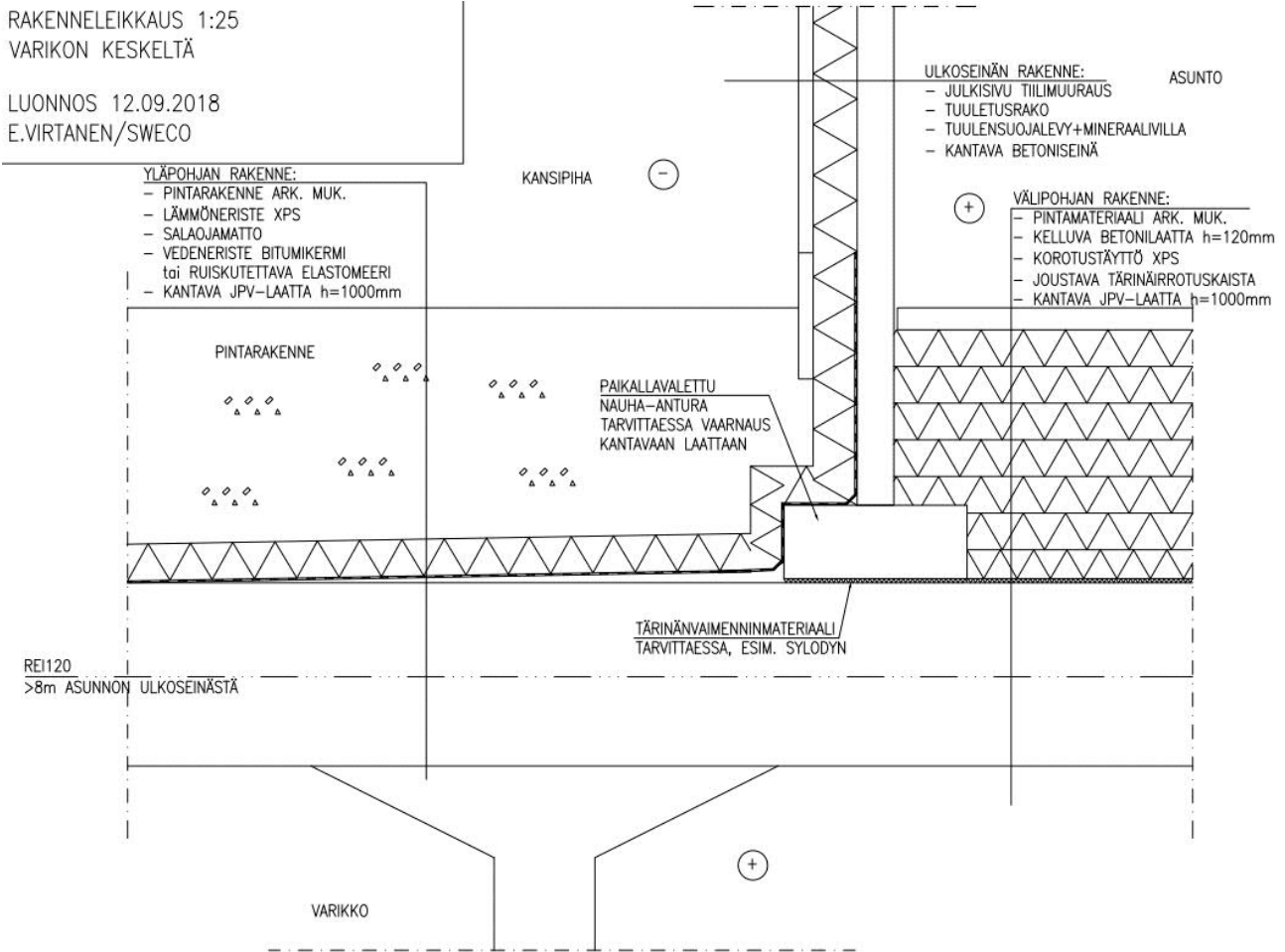
## 5.5 Asuinrakennukset

Asuinrakennukset ja niiden perustukset toteutetaan rakenteellisesti irti varikon ja kannen rakenteista, ja näiden väliin sijoitetaan sekundäärinen runkomelueristys.

Irrotusperiaatteet on suunniteltu yhteistyössä rakennesuunnittelijoiden kanssa, ja ne näkyvät kuvissa 7 ja 8.



Kuva 7. Varikon pintalaatan irrotusperiaate sekä varikon ja asuinrakennuksen perustusten ja seinien välinen rakenteellinen irrotusperiaate. [5]



Kuva 8. Varikkorakennuksen kannen päälle tukeutuvan asuinrakennuksen irrotusperiaate. [5]

Asuinrakennusten julkisivujen äänieristysvaatimukset sekä parvekkeiden ja piha-alueiden melutorjuntaan tarvittavat ratkaisut on esitetty kohteesta tehdyssä erillisessä ympäristömeluselvityksessä [7].

## 5.6 Pysäköintilaitos

Varikkorakennuksen keskelle sijoittuva pysäköintilaitos ei ole käyttötarkoituksensa puolesta herkkä melulle tai värähtelylle, eikä se myöskään itse tuota merkittävää melua tai tärinää. Koska parkkihallin rakenteet ovat osa varikon ja sen kansirakenteen rakennusrunkoa, raitiovaunujen värähtelyn kytkeytymisen tulee kuitenkin estää myös parkkihallin rakenteisiin.

Koska parkkihalli ja varikon tilat ovat eri paloalueilla, tilojen välisen palosuojauksen edellyttämät rakenteet tuottavat itsessään riittävän hyvän ilmaäänieristyksen varikon ja parkkihallin välille.

## 5.7 Talotekniikan kuilut

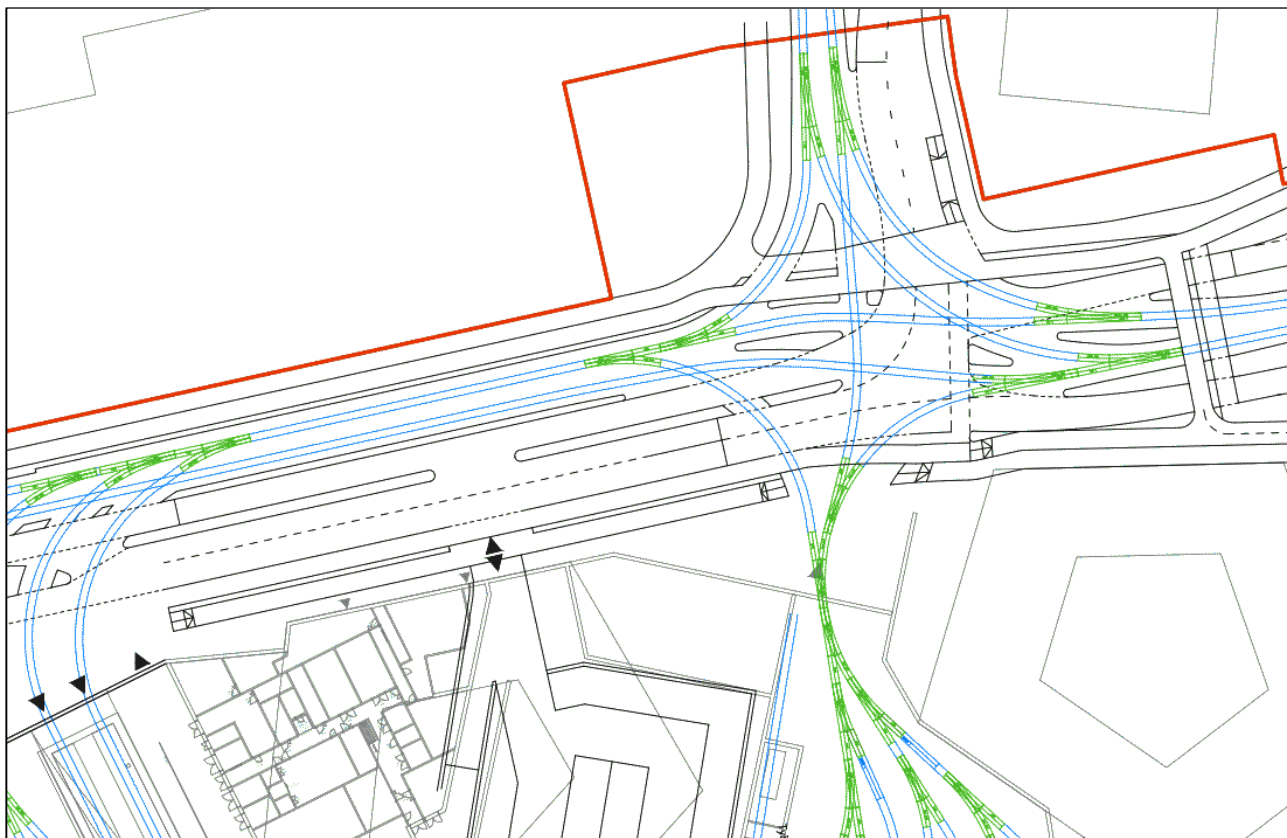
Varikon ilmanvaihto ja savunpoisto suunnitellaan suurelta osin keskitettäväksi rakennusaineisiin talotekniikan kuiluihin, jotka kulkevat pihakannen läpi ylös asuinrakennusten katoille.

Asuinrakennuksiin liittyvien kuilujen rakenteet tulee kansitason kohdalla katkaista sopivalla tärinäeristysratkaisulla, jotta kuilurakenteet eivät kytke värähtelyä varikon rakennusrungosta asuintalon rakennusrunkoon.

Varikon savunpoistopuhaltimien säännöllisestä koekäytöstä aiheutuu lyhytkestoista mutta mahdollisesti merkittävän voimakasta melua, jonka torjunta tulee huomioida ja ratkaista jatkosuunnittelussa. Puhaltimet tulee varustaa äänenvaimentimilla. Jotta vaimennustarve ei muodostu kohtuuttomaksi koekäyttöjen meluhaitan varsin lyhytaikaiseen ja harvaan esiintymistiheyteen nähden, projektin on suositeltavaa selvittää rakennusvalvonnan kanssa, voidaanko meluntorjunnan mitoitus tehdä savunpoiston koekäyttöjen osalta siten, että asuintilojen sisämelun päivä- ja yöohjearvot eivät ylitä. Perusteena on, että savunpoiston koekäytöt eivät ole häiriönä rinnastettavissa jatkuvatoimisiin talotekniikan laitteisiin, joilta vaaditaan  $L_{Aeq} < 45$  dB ulkomelun ohjearvon täyttyminen oleskelupihoilla ja parvekkeilla.

## 5.8 Katualueelle sijoittuvat varikkoa palvelevat raitiotiet ja risteysalueet

Katualueelle sijoittuvien raitioteiden ja risteysalueiden tärinä- ja runkomelueristys tulee huomioida ja tarvittaessa torjua ratarakenteissa ja niiden perustuksissa. Varikon edustalle katualueelle suunnitellut ratalinjaukset näkyvät kuvassa 9. Paalulaatta tai vastaava jäykkä perustamistapa voi olla tarpeen radan ympäristön rakennuksiin leviävien tärinähaittojen torjumiseksi. Radan pohjalaatan alle ja kylkiin voidaan tarvittaessa sijoittaa runkomelueristys, jolla estetään värähtelynä etenevän runkomeluerätteen kytkeytyminen kadun kovien pintarakenteiden välityksellä viereisten asuintalojen rakennusrunkoihin.



Kuva 9. Varikon edustalle katualueelle suunnitellut ratalinjaukset. Lukuisat vaihteikot ja raideristeykset tuottavat merkittävää tärinä- ja runkomeluerätettä sekä ilmaaänenä leviävää ympäristömelua, jotka tulee huomioida radan perustamistavoissa sekä asuinrakennusten julkisivujen mitoituksessa. [3]

## 6 MELU

Varikon toimintaan liittyy useita melulähteitä, joista osa sijoittuu varikon sisäpuolelle ja osa katualueelle kohteen edustalle.

### 6.1 Varikon toimintaan liittyvä raitioliikenteen ympäristömelu

Varikon toimintaan liittyvää raitiovaunuliikennettä kulkee varikon edustalla olevalla katualueella runsaasti etenkin ilta- ja yöaikaan. Lukuisat vaihteet ja risteykset tuottavat impulssimelua, ja jyrkissä kaarteissa syntyy kaarrekirskuntaa. Raitioliikenteen ympäristömelu aiheuttaa vaatimuksia kadun puolen asuinkortteleiden julkisivuäänieristyksen mitoitukselle, jotta raitiovaunujen yöaikaiset meluhuiput eivät häiritse asukkaita. Liikenteestä aiheutuvia melutasoja ja julkisivujen äänieristysvaatimuksia on selvitetty alueen kaavoitusta varten tehtävässä erillisessä ympäristömeluselvityksessä [7].

### 6.2 Varikon sisätilojen toiminnasta aiheutuva melu

Varikon sisätilojen toimintaan liittyy mm. seuraavia merkittäviä melulähteitä:

- raitiovaunujen liikkuminen erityisesti vaihdealueilla,
- raitiovaunujen tuuletuspuhaltimien käynti,
- varikon huolto- ja korjaustoiminnot, jotka tulee tunnistaa ja tarkentaa jatkosuunnittelussa,
- pesulinja ja graffitien poisto,
- varikon toimintaan liittyvä raskaan kumipyöräliikenteen huoltoajo,
- järeät talotekniikan laitteet, kuten paineilma- ja jäähdytyskompressorit ja savunpoistopuhaltimet, sekä
- muuntamot.

Talotekniikan laitteista jäähdytys- ja savunpoistolaitteet voivat aiheuttaa myös merkittäviä ulkomelutasoja rakennuksen piha-alueille ja ympäristöön. Laitteistot ja niiden meluvaatimukset on alustavasti läpikäyty kohteen TATE-suunnittelun kanssa, jotta torjuntatarpeet voidaan huomioida näiltä osin.

### 6.3 Meluntorjuntatarpeet

Ilmaäänenä leviävän melun osalta on osoitettu seuraavat torjuntatarpeet:

- ilmääänieristys varikon tiloista asuntoihin, asuinpihoille ja pihakannelle. Julkisivujen rakenteet, ikkunat, talotekniikan läpiviennit.
- talotekniikan laitteiden äänitasot lähimpiin melulle altistuviin ulkotiloihin: pihakannelle, asuinpihoille ja parvekkeille
- savunpoistopuhaltimien koekäyttöjen melutasot lähimpiin melulle altistuviin ulkotiloihin sekä asuintiloihin
- kadun risteysalueiden raitioliikenteestä aiheutuva melu: kadun puoleisten asuintilojen ja parvekkeiden julkisivut.

## 6.4 Kansipiha

Varikon päälle asuinrakennusten keskelle sijoittuva kansipiha on tarkoitus rakentaa puistomaiseksi ulkoilu- ja oleskelutilaksi. Kansipihan oleskelualueiden ääniolosuhteiden vaatimustaso on rinnastettavissa oleskelupihoihin. Varikon ja asuinrakennusten taloteknisten laitteiden äänitason  $L_{Aeq}$  ei tule ylittää 45 dB. Korttelin edustalta ja ympäristöstä kantautuvan tie- ja raitioliikenteen ja muun ympäristömelun osalta raja-arvona on  $L_{Aeq} \leq 55$  dB päiväaikaan ja  $L_{Aeq} \leq 50$  dB yöaikaan (ns. vanha alue).

Samat meluvaatimukset koskevat myös varikon viereen asuinrakennusten väliin sijoittuvia piha-alueita.

Asuntojen piha-alueiden puoleisten varikon seinärakenteiden ja mahdollisten ikkunoiden äänieristävyys tulee jatkosuunnittelussa selvittää ja mitoittaa annettujen meluvaatimusten kannalta riittäväksi. Mitoitus voidaan tehdä aluekohtaisesti huomioiden varikon eri toimintoihin liittyvät tyypilliset sisämelutasot.

## LÄHTEET

1. Hybridikortteli, Helsinki. Pohjatutkimus- ja perustamistapalausunto, alustava versio 20.8.2018. Sipti Oy, työnnumero 1514.
2. Hybridikortteli, varikkoalue, Laajasalo, Helsinki. Pohjatutkimuskartta 1:500. GEO 1514 001, 20.8.2018. Sipti Oy
3. Reposalmentien ja Ilomäentien liittymän liikennejärjestelyt, VE1 ja VE2. 3.9.2018, WSP Finland.
4. Kohteen ARK-pohjat ja leikkaukset, 18.9.2018 ja 8.10.2018, Anttinen Oiva Arkkitehdit Oy.
5. Kohteen RAK-leikkausluonnokset, 12.10.2018, Sweco Oy.
6. SFS 5907:2004. Rakennusten akustinen luokitus. Suomen standardoimisliitto SFS, 2004.
7. Akukon raportti 180636-2. Reposalmentien hybridikortteli – liikenteen ympäristömeluselitys. (vielä julkaisematon; selvitystyö meneillään 19.10.2018), Akukon Oy.



**Reposalmentien hybridikortteli, viitesuunnitteluvaihe**

Asiakas: HKL, Asemakaavoituspalvelut, Kaupunginkanslia

Tilaus: 13.8.2018

Yhteyshenkilö: Leena Mätäsniemi

**LIIKENNELUSELVITYS****1 TAUSTA**

Helsingin Laajasaloon Reposalmentielle suunnitellaan hybridikorttelia, johon sijoitetaan raitiovaunuvarikko ja asuin kerrostaloja.

Tässä raportissa on esitetty kohteen meluselvityksen mallilaskennan tulokset rakennusten julkisivuilla ja niiden oleskelualueilla. Lisäksi annetaan asemakaavavaatimusta vastaava A-äänitasoerotus eri julkisivuilla niiden osien äänierityksen mitoitusta varten. Äänitasoerotukset on laskettu käyttäen ohjearvoja 35 dB päiväaikaan ja 30 dB yöaikaan asuintiloissa (Valtioneuvoston päätös 993/1992 [1]). Oleskelualueiden mukaan lukien oleskeluparvekkeet ulkomelutason ohjearvot, edellä mainitun päätöksen mukaan, ovat 55 dB päivällä (klo 7-22) ja 50 dB yöllä (22-7).

Lisäksi Ympäristöministeriön asetuksen mukaan [2] asuinrakennuksen ulkovaipan ääneneristys on oltava vähintään 30 dB.

**2 MELULASKENTA****2.1 Laskenta- ja maastomalli**

Ympäristömelun laskennat tehtiin Datakustik Cadna/A 2018 –tietokoneohjelmalla käyttäen yhteispohjoismaista ympäristömelun laskentamallia:

- katuliikenne: tieliikennemelun laskentamalli [4]
- raideliikenne: raideliikennemelun laskentamalli [5]
- vaihdekolina: yhteispohjoismainen yleinen ympäristömelun laskentamalli [6]

Kolmiulotteinen tietokonemalli sisältää alueen maaston korkeuskäyrät, rakennusten sijainnit ja korkeudet sekä liikenneväylien sijainnit ja korkeustiedot.

Suunniteltujen rakennusten korkeustiedot ja sijainnit syötettiin malliin käyttäen lähtötietoina tilaajalta saatuja arkkitehtiluonnoksia sekä Helsingin kaupungin laserkeilausaineistoa ja kantakartta-aineistoa.

**2.2 Laskentasuureet ja -pisteet**

Laskentasuureena on tavallinen A-keskiäänitaso  $L_{Aeq}$  päiväaikaan klo 7-22 ja yöaikaan klo 22-7. Selvityksen tulokset eli lasketut melutasot esitetään sekä julkisivuihin kohdistuvina melutasoina että maanpinnalla, mm. piholla esiintyvänä melutasovyöhykkeinä.

Pihojen äänitasot ovat kokonaismelutasoja siinä mielessä, että ne sisältävät kaikki heijastukset kovista pystypinnoista, kuten talojen ulkoseinistä. Tällainen laskentatulokset edustaa ulkotilojen, kuten oleskelu-alueiden, melua.

Seinän heijastusta ei oteta huomioon rakennuksen julkisivuun kohdistuvaa melutasoa arvioitaessa. Julkisivuihin kohdistuvan melun ohjearvot koskevat melua, josta heijastuksen osuus on poistettu. Siten aivan seinän lähellä ohjearvoihin verrattava äänitaso on n. 3 dB pienempi kuin mitä melukartta näyttää. Sen sijaan julkisivujen laskentapisteen tuloksissa äänitaso on suoraan julkisivulle kohdistuva melutaso.

Melukartan laskenta tehtiin käyttäen 5 x 5 m suuruisia laskentaruutuja. Laskentapisteen sijaitsevat 2 m korkeudella maanpinnasta. Lähimpien rakennusten julkisivujen melutasojakautumat laskettiin siten, että laskentapistettä sijoitettiin kunkin kerroksen korkeudelle ja vaakasuunnassa enintään 10 m välein.

## 2.3 Liikenne

### 2.3.1 Katuliikenne

Laskennassa otettiin huomioon kaava-alueella ja sen lähellä kulkevat kadut sekä kauempana sijaitsevat liikennemääriltään suuret kadut. Muita katuja ei otettu mukaan laskentaan. Niiden melulla ei ole merkittävää vaikutusta kokonaismeluun hankkeen rakennusten ja pihojen kohdalla.

Laskennassa käytetyt keskimääräisen arkuvuorokausiliikenteen ennusteliikennemäärät on esitetty *taulukossa 1*. Liikennemäärät saatiin Helsingin kaupungilta (11.10.2018). Päiväajan (klo 7-22) osuudeksi koko vuorokauden liikenteestä oletettiin 90 %.

Todettakoon, että melutasot eivät ole herkkiä liikenteen vaihteluille. Esimerkiksi 50 % kasvu liikennemäärissä aiheuttaa melutasoon 1,8 dB lisäyksen.

*Taulukko 1. Laskennassa käytetyt liikennetiedot.*

Kadun nimi	KAVL2040	raskas-%	päivän %-osuus	nopeus km/h
Laajasalontie (Koirasaarentie- Reposalmentie)	25 700	7	90%	50
Laajasalontie (Reposalmentie-Kuukiventie)	33 400	7	"	50
Laajasalontie (Kuukiventiestä pohjoiseen)	41 000	7	"	50
Reposalmentie (Laajasalontie- Koulutanhua)	8 400	7	"	40
Reposalmentie (Koulutanhua- Ilomäentie)	7 500	7	"	40
Reposalmentie (Ilomäentiestä itään)	6 900	7	"	40
Ilomäentie	2 000	7	"	40
Koulutanhua	700	7	"	40

### 2.3.2 Raideliikenne

Laskennassa on huomioitu Laajasalon alueelle suunnitellut raitiotielinjat sekä varikkoliikenne. Linja 1 on Kruunusiltojen Yliskylän alueelle suuntautuva linja ja linja 2 on Haakoninlahden linjan varikolle ajo. Käytetyt raitiovaunuliikenteen tiedot on esitetty *taulukoissa 2 ja 3*. Arvioliiikennemäärät raitiotielinjojen osalta saatiin Helsingin kaupungilta (19.6.2018). Liikennemäärät vastaavat raitiovaunujen vuoroja. Melupäästönä käytettiin uuden Artic-vaunun melupäästöä [7]. Raitiovaunujen nopeutena käytettiin tieverkon nopeuksia.

Taulukko 2. Laskennassa käytetyt raitioliikenteen arviomäärät arkivuorokaudelle (vuoroja / suunta)

Linja	päivä (kpl)	yö (kpl)	pituus m
Linja 1 (Keskusta - Yliskylä)	118	35	45
Linja 2 (Keskusta – Haakoninlahti, varikolle ajo)	65	16	34

Varikolle mahtuu enintään 30 vaunua, joiden pituus on 34 ja 45 metriä. Tässä selvityksessä on oletettu, että puolet vaunuista on 34 metrisiä ja puolet vaunuista 45 metrisiä. Varikkoliikenteen osalta tiedot saatiin; Antero Alku (23.10.2018).

Taulukko 3. Laskennassa käytetyt varikon raitioliikenteen arviomäärät arkivuorokaudelle (vuoroja / suunta)

Linja	päivä (kpl)	yö (kpl)	pituus m
Varikko, suoraan pohjoiseen (lähtö ja paluu)	5	15	34 / 45
Varikko, itään pääte pysäkin kautta (lähtö ja paluu)	10	30	34 / 45

## 2.4 Raitioliikenteen melupäästö

### 2.4.1 Suora rataosuus

Raitiovaunun melupäästö riippuu sekä radan pintarakenteesta että radan perustuksesta. Melupäästönä käytettiin uuden Artic-vaunun melupäästöä [7], joka vastaa suoraa ja sileää rataosaa ilman jatkoksia, jossa kiskot on upotettu asfalttiin ja niiden välissä on betoniperusta.

### 2.4.2 Risteykset ja vaihteet

#### Keskiäänitason laskenta

Raiteiden risteyksissä ja vaihteissa syntyy kolinaa. Keskiäänitason  $L_{Aeq}$  laskentaa varten Artic-raitiovaunun melupäästö eli äänitehotaso raideristikoissa laskettiin seuraavalla yhtälöllä:

$$L_{WA} = L_{QA} + 10 \lg N - 10 \lg T + K_1 \quad [\text{dB}]$$

missä  $T$  on päivän/yön kesto sekunteina,  $N$  on vaunujen lukumäärä päivällä/yöllä,  $K_1$  on impulssikorjaus (5 dB),  $L_{QA}$  on kolinatapahtuman melupäästö eli A-äänienergiataso. Laskennassa käytettiin Artic-vaunun vaihdekolinan A-äänienergiatasona  $L_{QA}$  113 dB [8] X-ristikossa ja 111 dB Y-ristikossa. Tämä päästö esiintyy 14 km/h nopeudella.

Impulssikorjaus  $K_1 = 5$  dB on lisätty mallin ristikkojen pistelähteisiin.

#### Enimmäisäänitason laskenta

Vaihdekolinan enimmäisäänitaso  $L_{AFmax}$  laskettiin käyttäen A-äänienergiatasoa  $L_{QA}$  113 dB [8] X-ristikossa ja 111 dB Y-ristikossa, jotka esiintyvät nopeudella 14 km/h. Laskennassa otettiin huomioon mitatun Artic-vaunun telien määrä.

X- ja Y-ristikot on esitetty punaisina risteinä *liitteiden* kartoissa.

Radan viivamelulähde katkaistiin mallissa vaihdekolinan pistemelulähteen molemmin puolin 30 m matkalla, koska vaihdekolinan melu on vaihteen läheisyydessä selvästi voimakkaampaa kuin vakiomelu

sileillä kiskoilla ja toisaalta vaunun nopeus on selvästi pienempi vaihteen kohdalla kuin muualla. Etäisyyden 30 m on arvioitu olevan sopiva keskimääräiseksi matkaksi risteys- ja vaihdelmelun mittaustulosten perusteella [9].

### 2.4.3 Kaarrekirskunta

Kirskunnan esiintyminen on sattumanvaraista. Kirskuntaa esiintyy yleensä todennäköisimmin tiukoissa kaarteissa.

Samoin kuin vaihdelmelu, kaarrekirskunnan aiheuttama melu otettiin huomioon sekä keskiäänitason että enimmäisäänitason laskennassa. Melupäästön lähtötietona käytettiin WSP:n mittaustuloksia [8] Saukonpaaden ja Arabian kaarteista: äänialtistustaso  $L_{AE}$  91 dB (keskiarvo kaikista ohituksista) normalisoituna 10 m etäisyydelle.

Kaarteet, joissa arvioitiin kirskuntaa esiintyvän, on esitetty punaisin viivoin *liitteiden* kartoissa.

Radan viivamelulähde katkaistiin mallissa kirskunnan viivamelulähteen kohdalla. Kaarteessa raitiovauunun nopeus on vähäisempi kuin suoralla rataosuudella ja kirskunnan melun on tavallista vakioliikkumisen melua merkittävämpi.

## 3 LASKENTATULOKSET

Liitteissä A on esitetty päiväaikaiset (klo 7–22, *liite A1*) ja yöaikaiset (klo 22–7, *liite A2*) A-keskiäänitasot  $L_{Aeq}$ .

Liitteissä esitetyt äänitasot ovat kokonaismelun äänitasoja sisältäen katu- ja raideliikenteen. Suunnitellut uudet rakennukset on esitetty ruskealla värillä, lukuun ottamatta kannen korkuisia rakennuksia, joiden katolla on viheralue. Olemassa olevat rakennukset on esitetty harmaalla värillä.

Pihoille on laskettu keskiäänitaso 2 m korkeudella maanpinnasta ja julkisivuille on laskettu kerroskohtaisesti suurimmat keskiäänitasot. Rakennusten seinillä olevat kahdeksankulmaiset tunnuksat ilmoittavat suurimman kyseisillä julkisivuilla esiintyvän keskiäänitason  $L_{Aeq}$ . Merkintä on samalla kerroskorkeudella, jolla kyseinen taso esiintyy.

## 4 TULOSTEN TARKASTELU

### 4.1 Julkisivuihin kohdistuvat melutasot ja äänieristysvaatimukset

Sisämelun yleiset ohjearvot asuintiloille ovat 35 dB päivällä ja 30 dB yöllä [1]. Asemakaavavaatimusta vastaava A-äänitasoeroitus  $\Delta L_A$  määritetään julkisivuun kohdistuvan melun A-äänitason ja sisämelun A-äänitason tavoitearvon erotuksena.

Raideliikenteen tapauksessa voidaan kuitenkin keskiäänitason lisäksi nähdä tarpeelliseksi tarkastella myös enimmäisäänitasoja  $L_{Amax}$ , joita koskien Suomessa ei kuitenkaan ole annettu ohjearvoja. Ympäristöministeriön julkisivujen äänieristyksen mitoitusoppaassa [10] enimmäismelulle asuintiloissa on esitetty suositusarvo 45 dB yöllä. Tästä voidaan laskea vaatimus A-äänitasoeroitukselle vastaavasti kuten keskiäänitason tapauksessakin tiloille, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Ympäristöministeriön asetuksen mukaan [2] asuinrakennuksen ulkovaipan ääneneristys on oltava vähintään 30 dB.

*HUOM! Kaavavaatimus sekoitetaan usein epähuomiossa julkisivun eri osien äänieristysvaatimusten kanssa.  $\Delta L_A$  (tai kaavavaatimus) ei ole sama suure kuin ulkoseinien tai ikkunoiden äänieristys liikennemelua vastaan, vaan se on arvo, mitä on käytettävä julkisivun eri osien äänieristyksen mitoituksessa.*

Julkisivun osien (esim. ulkoseinän tai ikkunan) äänieristysluku liikennemelua vastaan  $R_{A,tr}$  ( $=R_w+C_{tr}$ ) on tarkistettava huonetilakohtaisesti ja se on suurempi kuin  $\Delta L_A$ . Esim. ikkunoiden äänieristysvaatimus riippuu mm. ikkunoiden suhteellisesta pinta-alasta ja huonetilavuudesta.

Esimerkiksi korttelissa 1 sijaitsevan 2-kerroksisen rakennuksen Reposalmentien puoleiseen julkisivuun kohdistuu enintään **66 dB**. Tämän perusteella laskettu kaavavaatimusta vastaava A-äänitasoerotus  $\Delta L_A$  on oltava vähintään **31 dB** ( $66 - 35$  dB) kyseisellä julkisivulla.

Kohteen muihin julkisivuihin kohdistuvat keskiäänitason perusteella lasketut melutasot eivät aiheuta erityisiä vaatimuksia julkisivujen äänieristykselle.

Yksittäisen raitiovaunun ohiajon aiheuttaman melun enimmäisäänitaso  $L_{Amax}$  esim. korttelissa 1 sijaitsevan 10-kerroksisen rakennuksen Reposalmentien puoleisella julkisivulla enintään **82 dB**. Tämän perusteella laskettu kaavavaatimusta vastaava A-äänitasoerotus on  $\Delta L_A = 37$  dB ( $82 - 45$  dB).

Kaavavaatimusta vastaava A-äänitasoerotus vaihtelee riippuen julkisivun ja melulähteen etäisyydestä ja suunnasta melulähteisiin nähden. Lisäksi A-äänitasoerotus vaihtelee riippuen, onko se laskettu keskiäänitason tai enimmäisäänitason perusteella. Suositukset kaavavaatimusta vastaavaksi A-äänitasoerotukseksi on esitetty eri rakennusten julkisivuilla liitteessä B. Sinisellä esitetyt luvut edustavat keskiäänitason perusteella laskettuja vähimmäisvaatimuksia. Punaisella esitetyt luvut edustavat enimmäisäänitason perusteella laskettuja vähimmäisvaatimuksia, jotka tulisi ottaa huomioon, mikäli ko. julkisivulla on nukkumiseen tarkoitettuja asuintiloja. Liitteessä ei esitetä suositusta A-äänitasoerotukseksi, mikäli ne ovat 30 dB tai alle sen [2].

## 4.2 Piha-alueet

Melutason päiväajan ohjearvo/vaatimus oleskelualueilla ulkona on 55 dB [1]/[2].

Laskennassa on huomioitu 1,5 metriä korkea kaide (liitteissä A sinisellä viivalla) kannen reunalla Reposalmentien puolella.

Päiväajan ohjearvo ja vaatimus (vihreät ja vaalean vihreät alueet) alittuvat koko kannen piha-alueella. Jatkosuunnittelussa tulee varmistaa että, oleskelualueiden suunnitteluperiaatteet melun osalta täytetään.

## 4.3 Parvekkeet

Parvekkeilla sovelletaan oleskelualueiden ohjearvoa/vaatimusta (55 dB päivällä).

Avoimilla parvekkeilla esiintyvä melutaso on yleensä enintään 3 dB suurempi kuin julkisivuun kohdistuva melutaso julkisivusta tulevan heijastuksen vuoksi.

Parvekelasitusrakenteen äänieristyksen mitoituksen lähtökohtana on julkisivuihin kohdistuvan keskiäänitason ja parvekkeilla sallitun keskiäänitason välinen äänitasoerotus  $\Delta L_A$ .

Julkisivuille, joilla lasketut päiväaikaiset keskiäänitasot ylittävät **65 dB**, ei suositella suunniteltavan parvekkeita, mutta tarkemmassa jatkosuunnittelussa myös tällaisille parvekkeille voi olla mahdollista löytää meluntorjunnan näkökulmasta toteuttamiskelpoinen ratkaisu.

Julkisivuilla, joille kohdistuvat päiväaikaiset keskiäänitasot (ks. liite A1) ovat **63...65 dB**, parvekelasituksen äänieristysvaatimus  $\Delta L_A$  on 8...10 dB. Tämän äänitasoerotuksen saavuttamiseksi suosittelemme lasittamaan ko. parvekkeet 10 mm karkaistulla parvekelasilla (yläosa, voi olla avattava, lasien välissä välilistat) ja alaosa 5+5 mm laminoitulla lasilla. Parvekkeiden kattoihin tulisi asentaa 50 mm paksuja vaimennusverhouslevyjä kaiun vähentämiseksi.

Julkisivuilla, joille kohdistuvat päiväaikaiset keskiäänitasot (ks. *liite A1*) ovat **52...62 dB** tulisi suunnitella parvekelasitus, jonka äänieristysvaatimus  $\Delta L_A$  on enintään 7 dB. Näillä julkisivuilla tavallinen parvekelasitus (yläosa 6 mm karkaistu avattava lasi ja alaosa 4+4 mm laminoitu lasi) on riittävä.

Julkisivuilla, joille kohdistuvat päiväaikaiset keskiäänitasot (ks. *liite A1*) ovat enintään **52 dB**, ei vaadita lasitusta ainakaan melun kannalta

Mira Pykälistö  
Medianomi AMK

Benoît Gouatarbès  
Vanhempi konsultti, DI, FISE AA

## VIITTEET

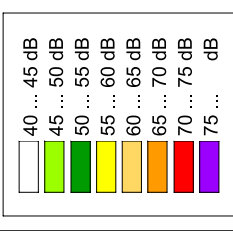
1. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista **993/1992**. Helsinki, 29.10.1992.
2. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä **796/2017**. Ympäristöministeriö, Helsinki 24.11.2017.
3. Perustelumuistio, Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. Ympäristöministeriö, Helsinki 24.11.2017.
4. Road traffic noise – Nordic Prediction Method. TemaNord 1996:525. Nordic council of ministers. 110 s.
5. Raideliikennemelun laskentamalli. Ympäristöopas 97. Ympäristöministeriö, Helsinki 2002. 58 s.
6. KRAGH J, ANDERSEN B & JAKOBSEN J, Environmental noise from industrial plants. General prediction method. Danish Acoustical Laboratory, report 32. Lyngby 1982. 54 s + liitt 35 s.
7. Gouatarbès B & Lahti T, Artic-raatiovaunu – Raideliikennemelun laskentamallin lähtöarvot. Akukon, raportti 160454-1. Helsinki, 23.5.2016.
8. Lyly T, Jussila K, Kauhanen M & Niskanen I, Artic-raatiovaunujen risteys- ja kaarremelun mittaukset 17.2.2016. WSP/Kruunusillat. Helsinki, 13.6.2017.
9. Lahti T, Helsingin raitiovaunut. Risteys- ja vaihdemelun mittaukset. *TL Akustiikka* **11214**. Helsinki, 11.5.2012.
10. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyuden mitoittaminen. Ympäristöopas 108. Ympäristöministeriö, Helsinki 2003. 37 s.

**Reposalmentien  
hybridikortteli**  
Liikennemeluseelvitys

**Tie- ja raitioliikenne**  
Ennuste

Julkisivuilla ja pihaluilla  
esiintyvät suurimmat melutasot

Päivä (klo 7-22)  
A-keskiarvitaso  $L_{Aeq}$

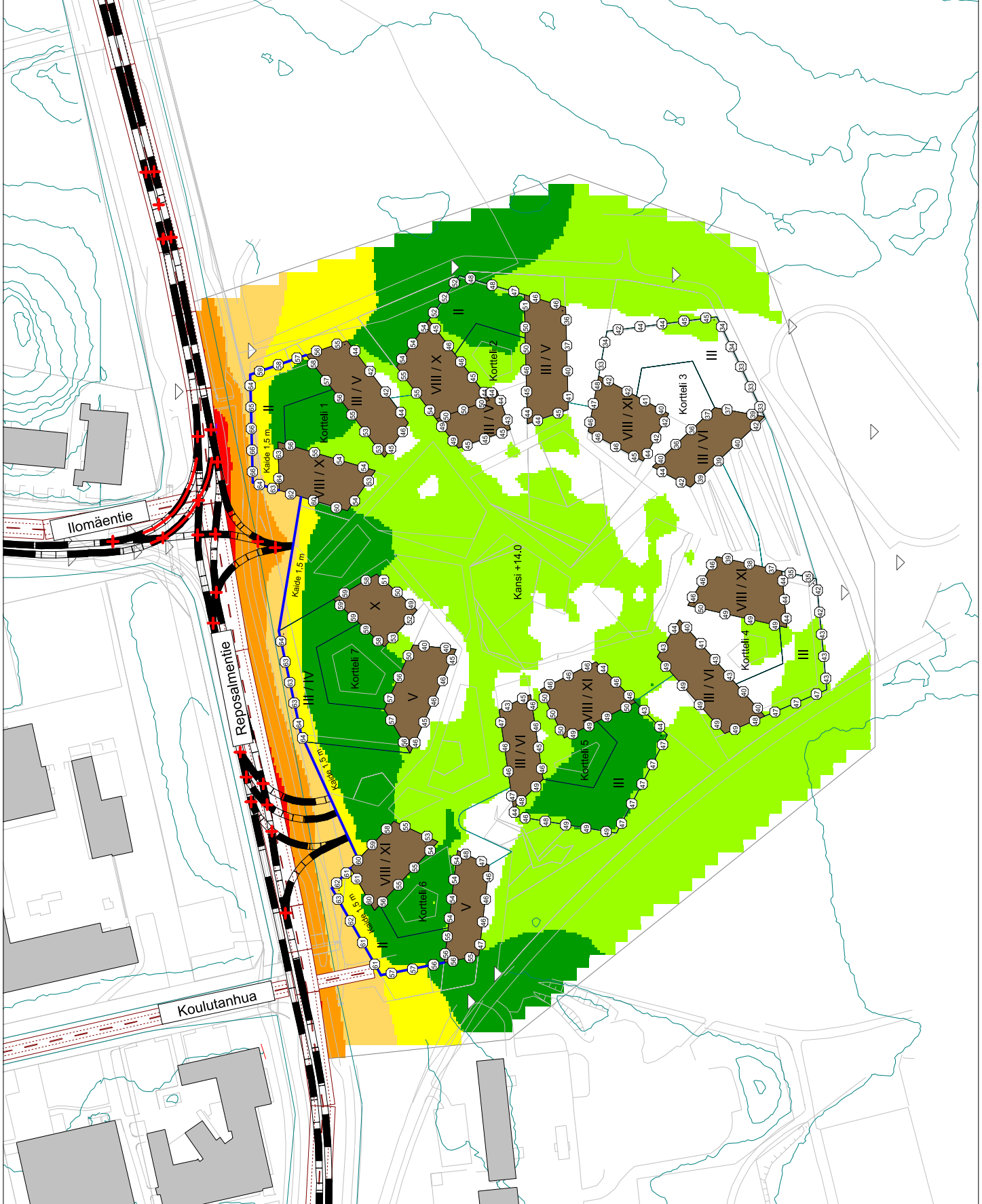


Rakennusten värikoodit

- Olemassa oleva rakennus
- Suunniteltu rakennus
- Suunniteltu rakennus, jonka katoilla oleskelualue

**AKUKON**  
Akukon Oy

SUUN PÄIVÄYS  
MPY 31.10.18  
MITTAKAAVA PAPERIKOKO  
1:2000 A4

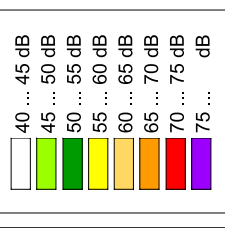


**Reposalmentien  
hybridikortteli**  
Liikennemeluseelvitys

**Tie- ja raitioliikenne**  
Ennuste

Julkisivuilla ja pihaluilla  
esiintyvät suurimmat melutasot

Yö (klo 22-07)  
A-keskiarvitaso  $L_{Aeq}$



Rakennusten värikoodit

- Olemassa oleva rakennus
- Suunniteltu rakennus
- Suunniteltu rakennus, jonka katoilla oleskelualue

**AKUKON**  
Akukon Oy

SUUN PÄIVÄYS  
MPY 31.10.18  
MITTAKAAVA PAPERIKOKO  
1:2000 A4





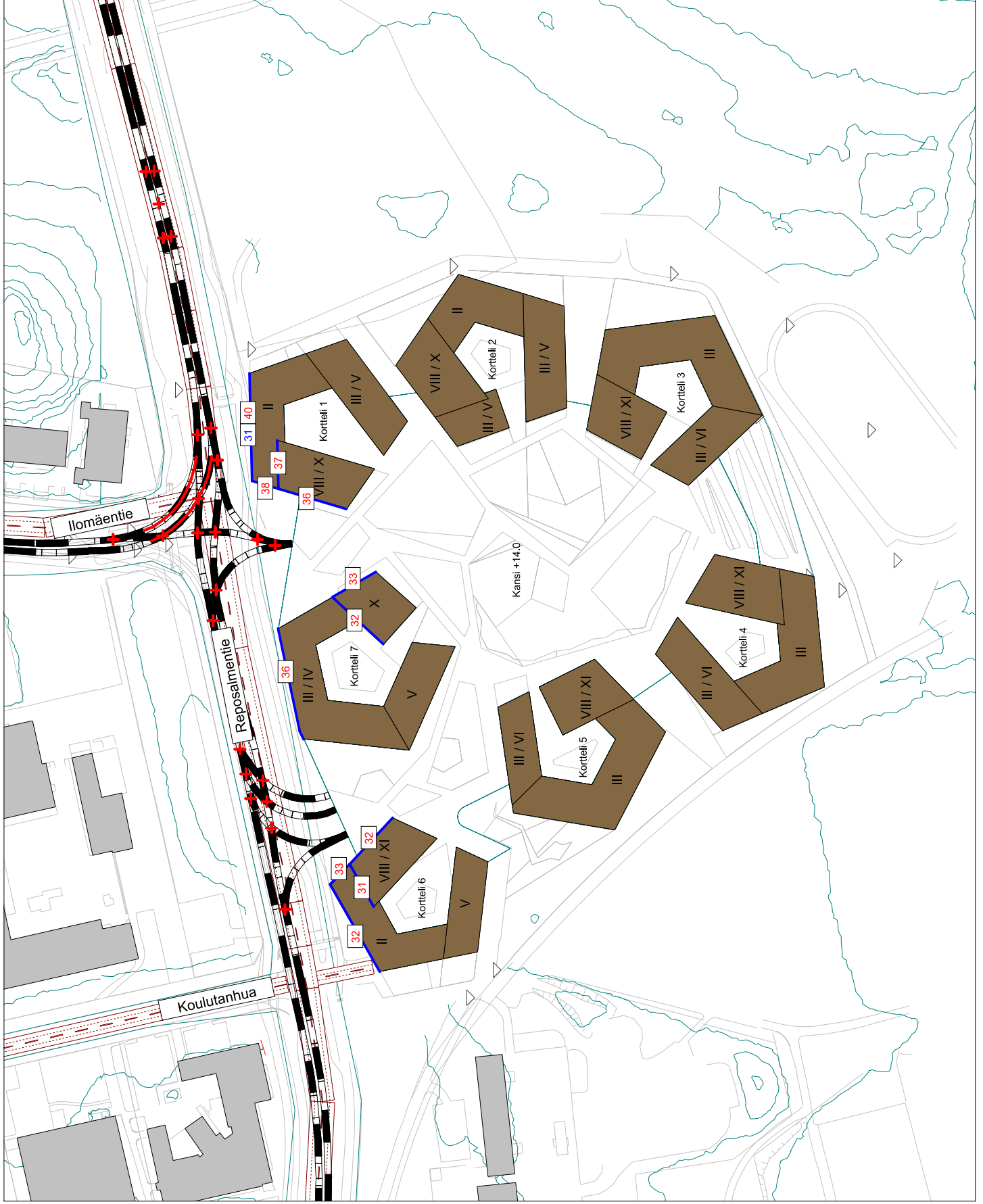
## Reposalmentien hybridikortteli Liikennemelu selvitys

### Suositus

A-ääntaseroitukseksi  
liikennemelua vastaan

Sinisellä esitetyt luvut  
edustavat keskiäänitason  
perusteella laskettuja  
vähimmäisvaatimuksia

Punaisella esitetyt luvut  
edustavat enimmäis-  
äänitason  
perusteella laskettuja  
vähimmäisvaatimuksia



**AKUKON**  
Akukon Oy

SUUN	PÄIVÄYS
MPY	31.10.18
MITTAKAAVA	PAPERIKOKO
1:2000	A4