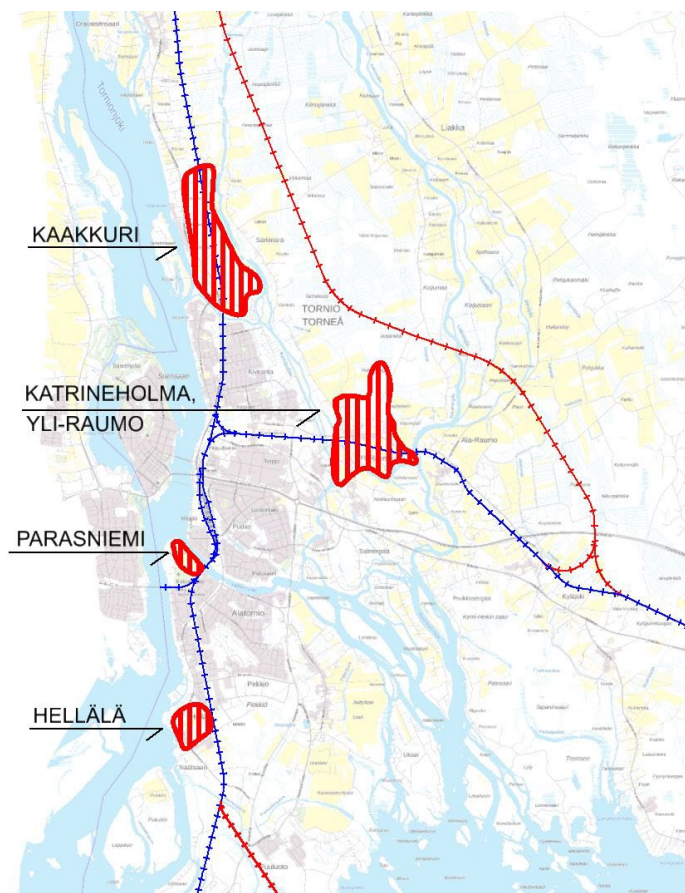


Tilaja	Tornion kaupunki
	Harri Ryynänen harri.ryynanen@tornio.fi , +358 40 704 8720
Projekti nro	1510082295
Tekijä	Ramboll Finland Oy
Suunnittelija	Joni Kemppainen, joni.kemppainen@ramboll.fi , +358 40 619 6845
Tarkastaja	Joose Takala
Päivämäärä	17.6.2024

TORNION YLEISKAAVA 2040

TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS



SISÄLTÖ

1.	JOHDANTO	2
2.	LÄHTÖKOHDAT	2
2.1	Maankäytön suunnittelu	2
2.2	Maaperä	2
2.2.1	Hellälä	2
2.2.1.1	Parasniemi	3
2.2.1.2	Katrineholma – Yli-Raumo	4
2.2.1.3	Kaakkuri	4
2.3	Raideliikenne	5
3.	OHJEARVOT JA MENETTELYTAVAT	6
3.1	Yleistä	6
3.2	Tärinän ohjearvot	7
3.3	Tärinän aiheuttaman rakenteiden vaurion arviointi ja ohjearvot	8
3.4	Runkomelun ohjearvot	9
4.	TÄRINÄTARKASTELUT	10
4.1	Arviointitaso 1	10
4.2	Arviointitaso 2	10
4.3	Tärinän herkkyystarkastelu	12
4.4	Tärinä asumismukavuuden kannalta tulokset	13
4.5	Rakenteiden vaurioitumisalttius tulokset	13
5.	RUNKOMELUTARKASTELUT	13
5.1	Runkomelutarkastelut, arviointitaso 1	14
5.2	Runkomelutarkastelut, arviointitaso 2	14
5.3	Runkomelulaskennan herkkyystarkastelu	15
5.4	Runkomelulaskennan tulokset	16
6.	TULOSTEN ARVIOINTI JA SUOSITUKSET	17
6.1	Tärinä	17
6.2	Runkomelu	18
6.3	Suosituksien tärinän ja runkomelun suhteen	19

1. JOHDANTO

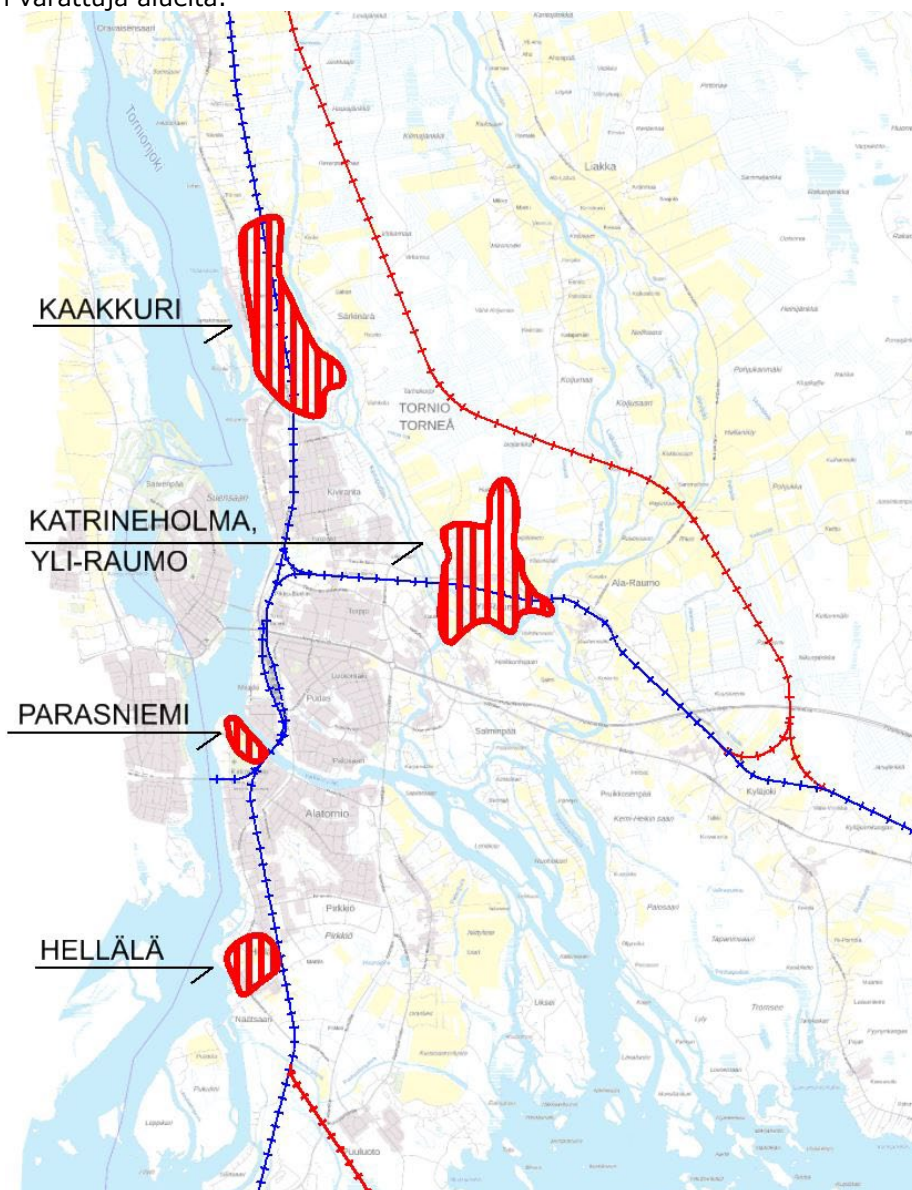
Tämä selvitys on laadittu Tornion yleiskaavaa 2040 varten. Tässä työssä on selvitetty laskennallisen tarkastelun perusteella raideliikenteestä aiheutuvan tärinän ja runkomelun voimakkuus alueella yleispiirteisesti.

Työn on tilannut Tornion kaupunki. Ramboll Finland Oy:ssä selvityksestä on vastannut DI Joni Kemppainen.

2. LÄHTÖKOHDAT

2.1 Maankäytön suunnittelu

Selvitys koskee kuvassa 2.1. esitettyjä Tornion yleiskaavan 2040:n rakennemallissa 20.9.2023 asumiseen varattuja alueita.



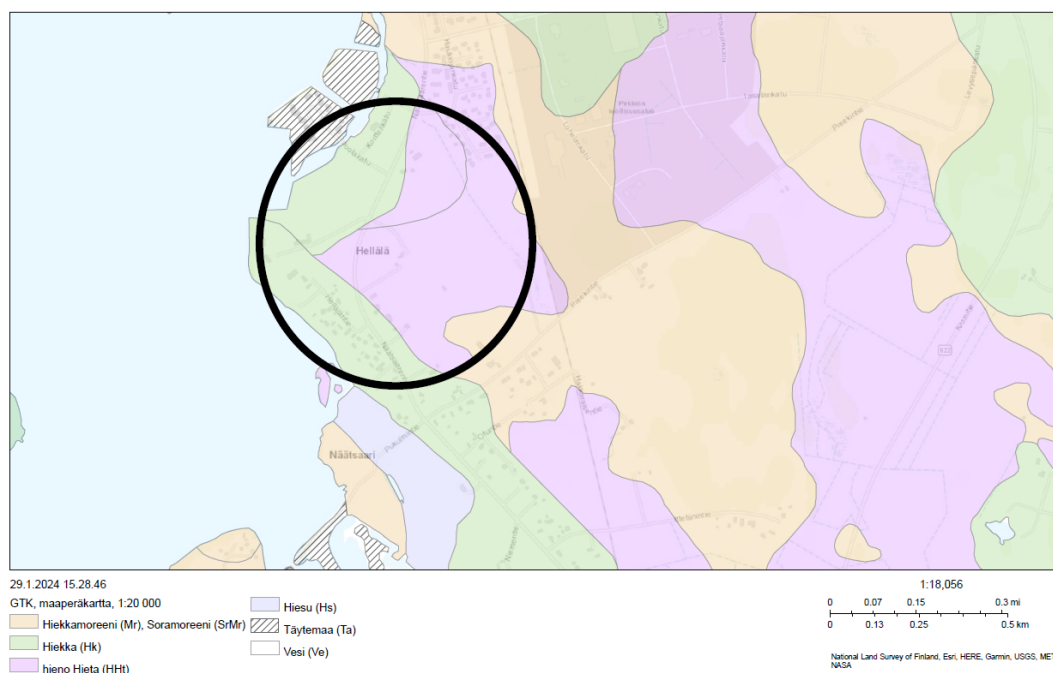
Kuva 2.1. Selvityksessä tarkasteltavat alueet rajattuna punaisella värillä.

2.2 Maaperä

2.2.1 Hellälä

Kuvassa 2.2 on esitetty maaperäkartta Hellälän alueelta.

Soundings (GTK) - Hellälä

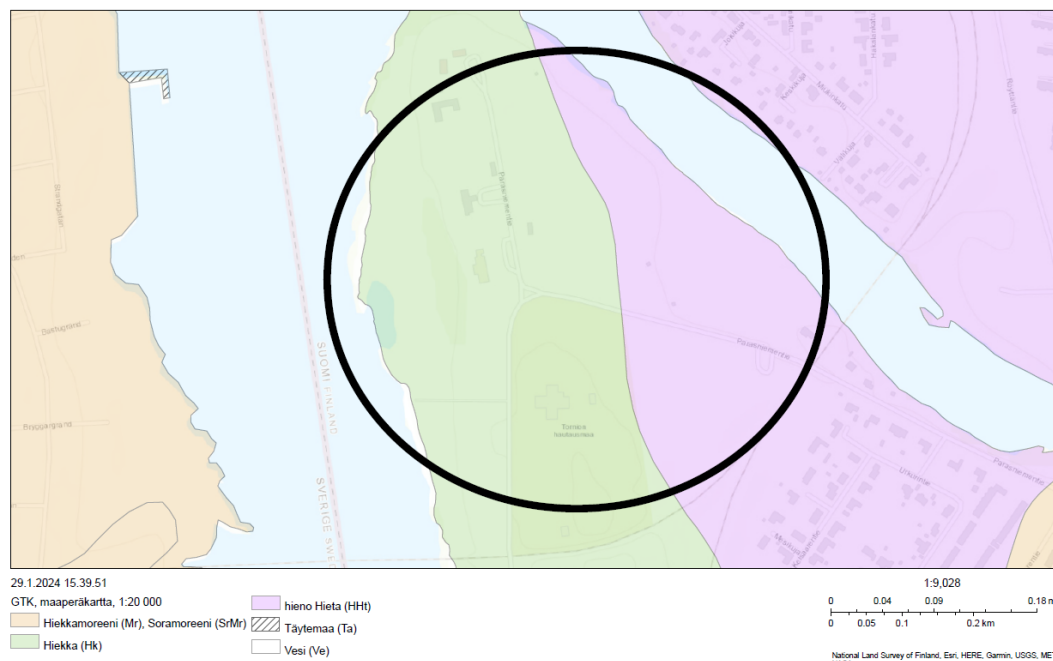


Kuva 2.2. GTK:n maaperäkartta Hellälän alueelta (Soundings-karttapalvelu) suunnittelualueen likimääräisellä aluerajauksella.

Maaperäkartan perusteella maaperä on suunnittelualueella suurelta osin hienoa hietaa. Suunnittelualueen pohjois- ja eteläpuolella maaperä on moreenia. Maaperä on hiekkaa suunnittelualueen länsiosassa.

2.2.1.1 Parasniemi

Soundings (GTK) - Parasniemi

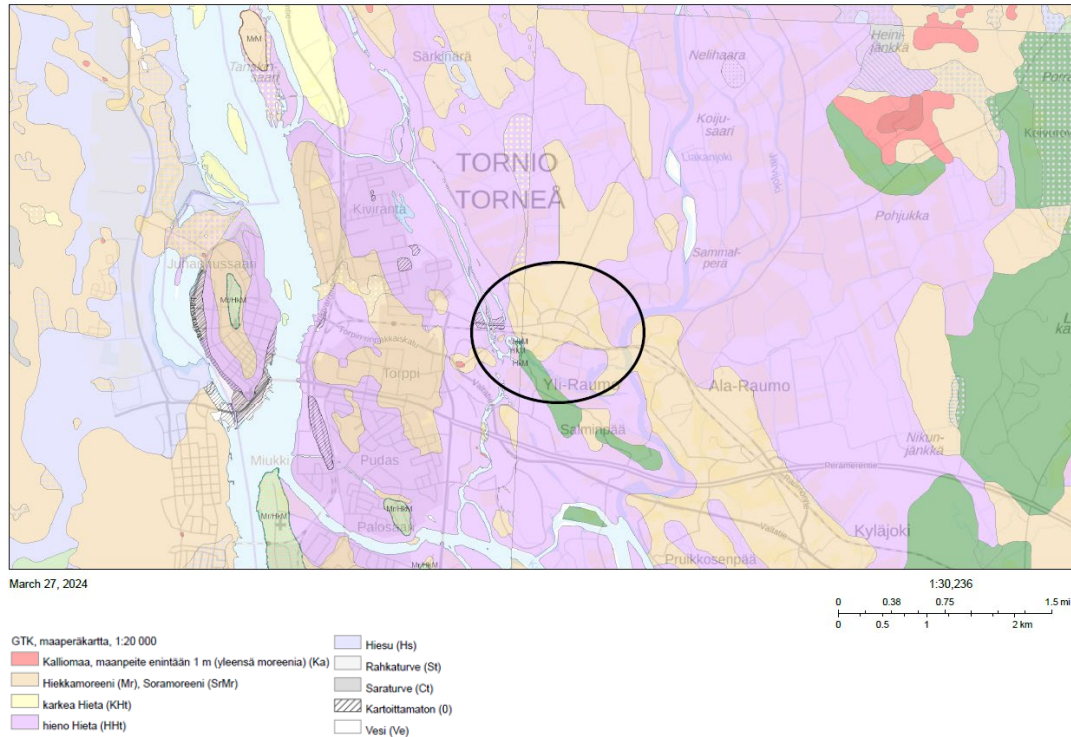


Kuva 2.3. GTK:n maaperäkartta Parasniemen alueelta (Soundings-karttapalvelu) suunnittelualueen likimääräisellä aluerajauksella.

Maaperäkartan perusteella maaperä on suunnittelualueen koillispuolella hienoa hietaa ja lounaispuolella hiekkaa.

2.2.1.2 Katrineholma – Yli-Raumo

Maankamara - (GTK) Katrinehoma - Yli-Raumo

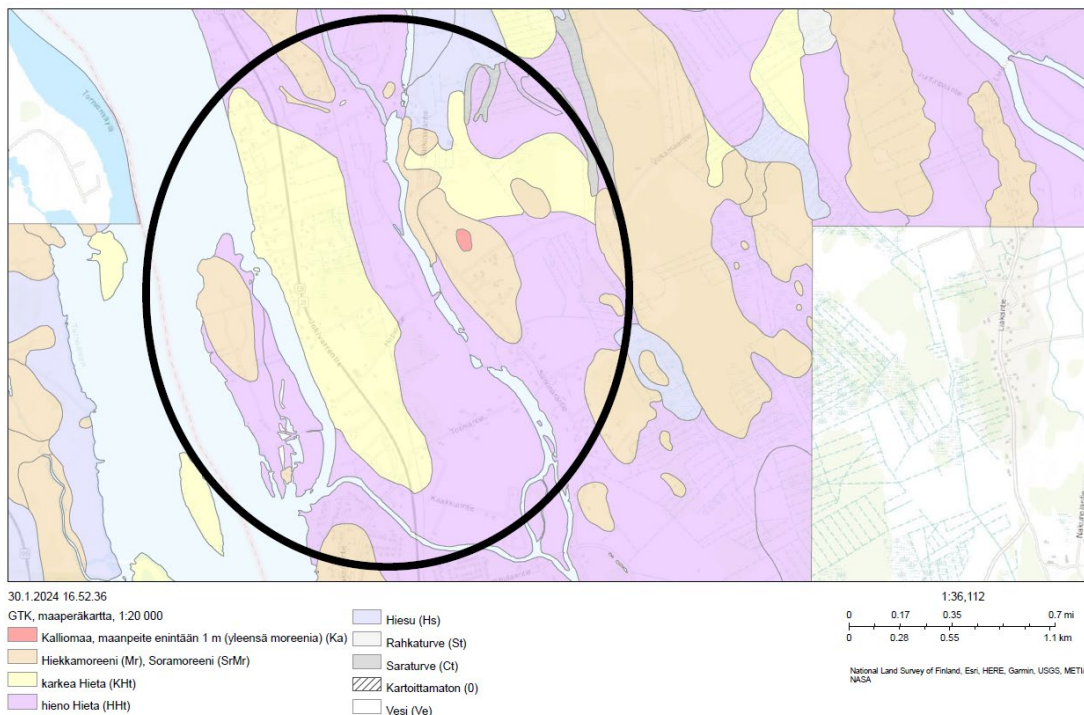


Kuva 2.5. GTK:n Maaperäkartta Katrineholma-Yli-Raumon alueelta (Maankamara) suunnittelualan likimääräisellä aluerajauksella.

Maaperäkartan perusteella maaperä on suunnittelualan keskellä erityisesti radan pohjoispuolella sekä suunnittelualan kaakkoisosassa hiekkamoreenia ja muilta osin hienoa hietaa.

2.2.1.3 Kaakkuri

Soundings (GTK) - Kaakkuri



Kuva 2.4. GTK:n maaperäkartta Parasniemen alueelta (Soundings-karttapalvelu) suunnittelualan likimääräisellä aluerajauksella.

Maaperäkartan perusteella maaperä on suunnittelualueen itäpuolella lähellä rataa hienoa hietaa ja vastaavasti länsipuolella keskivaiheilla karkeaa hietaa. Suunnittelualueen pohjoispuolella maaperä on hienoa hietaa ja moreenia. Suunnittelualueen eteläpuolelle mentäessä maaperä vaihtuu karkeasta hiedasta hienoon hietaan.

2.3 Raideliikenne

Selvityksen laskennallisessa tarkastelussa on otettu huomioon suunnittelualueen läpi kulkeva raideliikenne (ennustetilanne 2050, maksimiennuste). Maksimiennusteen mukaiset liikennetiedot poikkeavat valtakunnallisesta ennusteesta erityisesti tavarajunien massojen osalta. Tavarajunien massat ovat suurimmillaan valtakunnallisen ennusteen mukaan 2000 tonnia ja maksimiennusteen mukaan 4500 tonnia. Siten maksimiennusteen liikennetietojen käyttäminen selvityksessä kasvattaa merkittävästi laskennallisesti arvioitun tärinän suuruutta suunnittelualueella. Runkomelun laskennalliseen arviointiin valtakunnallisella ennusteella ja maksimiennusteella ei ole merkittävää vaikutusta. Nykytilanteen ja vuoden 2050 valtakunnallinen eroavat toisistaan ainoastaan junien määrien suhteen. Junien määriä ei kuitenkaan huomioida tärinän ja runkomelun laskennallisessa tarkastelussa.

Hellälässä raideliikenne muodostuu ainoastaan tavarajunista. Muilta osin raideliikenne muodostuu suunnittelualueilla tavara- sekä henkilöliikenteen junista. Laskennassa käytetyt raideliikennetiedot perustuvat Sweco Oy:n toimittamiin lähtötietoihin ja on esitetty taulukoissa 2.1-2.4.

Taulukko 2.1. Raideliikennelähtötiedot ennustetilanne 2050, maksimiennuste, Kaakkuri.

Tyyppi	Junien määrä [kpl] aikavälillä		Nopeus [km/h]		Paino [t]
	klo 7-22	klo 22-7	Suositteltu nopeus/ nopeusrajoitus	todellinen	maksimi
P Sr1- tai Sr2-veturin vetämät henkilöliikenteen junat (punaiset, siniset tai yksikerroksiset IC-vaunut)	2	-	100	90	880
T Suomalaisista vaunuista koostuvat tavarajunat	6	4	80	75	2740

Taulukko 2.2. Raideliikennelähtötiedot ennustetilanne 2050, maksimiennuste, Helläjä.

Tyyppi	Junien määrä [kpl] aikavälillä		Nopeus [km/h]		Paino [t]
	klo 7-22	klo 22-7	Suositteltu nopeus/ nopeusrajoitus	todellinen	maksimi
T Suomalaisista ja ruotsalaisista vaunuista koostuvat tavarajunat	4	1	50	40	4500

Taulukko 2.3. Raideliikennelähtötiedot ennustetilanne 2050, maksimiennuste, Katrineholma, Yli-Raumo.

Tyyppi	Junien määrä [kpl] aikavälillä		Nopeus [km/h]		Paino [t]
	klo 7-22	klo 22-7	Suositeltu nopeus/ nopeusrajoitus	todellinen	maksimi
P/Sm4 Sr1- tai Sr2-veturin vetämät henkilöliikenteen junat (punaiset, siniset tai yksikerroksiset IC-vaunut)	4	-	120	35	880
T Suomalaisista vaunuista koostuvat tavarajunat	6	4	80	35	2740
T Suomalaisista ja ruotsalaisista vaunuista koostuvat tavarajunat	4	1	80	35	4500

Taulukko 2.4. Raideliikennelähtötiedot ennustetilanne 2050, maksimiennuste, Parasniemi.

Tyyppi	Junien määrä [kpl] aikavälillä		Nopeus [km/h]		Paino [t]
	klo 7-22	klo 22-7	Suositeltu nopeus/ nopeusrajoitus	todellinen	maksimi
P/Sm4 Sr1- tai Sr2-veturin vetämät henkilöliikenteen junat (punaiset, siniset tai yksikerroksiset IC-vaunut)	2	-	40	35	116
T Suomalaisista ja ruotsalaisista vaunuista koostuvat tavarajunat	4	1	40	35	4500

3. OHJEARVOT JA MENETTELYTAVAT

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 kokemuseräisiin 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 yksityiskohtaisesti määrättyllä alueella ja arviointitason 1 perusteella alue on riskialuetta. Arviointitason 3 tarkastelu perustuu aina riittävän pitkäaikaisiin tärinämittauksiin.

Tason 3 käyttöä tarvitaan, mikäli arviointitason 2 laskennallisella tarkastelulla ei saada riittävän luotettavaa kuvaa maaperän pystyvärähtelyn suuruudesta, tai halutaan rakentaa alueelle, jolla arviointitason 2 mukaan tärinä voi ylittää suositusarvon.

3.2 Tärinän ohjearvot

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.

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017 on esitetty vaatimus, että rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava huomioon rakennuspaikan melu- ja tärinäolosuhteet. Arvioinnissa Suomessa on pitkään sovellettu yleisesti VTT:n esittämiä ohjearviosuosituksia. Lisäksi standardissa SFS 5907:2022 Rakennusten akustinen suunnittelu ja akustinen laatuluokitus on esitetty ohjearvoja laajemmin erilaisille tilatyypeille.

VTT:n ohjearvot

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

Taulukko 3.1. VTT:n mukainen 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 värähtelyä, 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)	$\leq 0,60$

Luokkaan C pyritään uusien asuinrakennusten suunnittelussa. Muussa käytössä (mm. liike- ja toimistorakennukset) olevilla rakennuksilla pyritään tyypillisesti luokkaan D.

Taulukon 3.1 värähtelyluokitus koskee normaaleja asuinrakennuksia. Mikäli rakennus on tarkoituksellisesti suunniteltu häiriöttömäksi (esim. korkeatasoiset asuinrakennukset, lepokodit, sairaalat), värähtelyluokan tulee olla yhtä luokkaa korkeampi. Taulukkoa 3.1 ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä. Tällaisia voivat olla esim. kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat.

Standardin SFS 5907:2022 ohjearvot

Taulukossa 3.2 on esitetty standardin SFS 5907:2022 mukaiset suurimman sallitun liikennetärinän arvot eri tilatyypeille eri laatuluokituksen tapauksessa. Laatuluokka A2 vastaa taulukon 3.1 värähtelyluokkaa C (Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa).

Taulukko 3.2. Suurin sallittu liikenteen aiheuttaman tärinän voimakkuus eri luokituksissa A1-A3.

Tila	Suurin sallittu tärinän tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]		
	Luokka A1	Luokka A2	Luokka A3
Asuinrakennukset, palvelutalot ja hotellit			
Asuinhuoneessa	0,15	0,30	0,60
Hotellihuoneessa	0,15	0,30	0,60
Päiväkodit			
päiväkodin opetus- ja lepotilat yleensä	0,15	0,30	0,60
Toimistorakennukset			
Toimistotiloissa	0,30	0,60	0,90
Oppilaitokset			
Opetustilat yleensä	0,30	0,60	0,90
Terveydenhuollon rakennukset			
Leikkaussalit, hammashoidon vastaanottotilat, lääke- tieteelliset kuvantamistilat	0,10	0,10	0,10
Hoitotilat yleensä, potilashuoneet	0,15	0,30	0,60

Luokka A2 vastaa ääniympäristöasetuksen ja ääniympäristöohjeen edellyttämää vähimmäistasoa, jota sovelletaan uusille rakennuksille. Luokkaa A3 voidaan käyttää vanhoille rakennuksille. Luokka A1 mahdollistaa tavanomaista tasoa parempien rakennusten suunnittelun.

3.3 Tärinän aiheuttaman rakenteiden vaurion arviointi ja ohjearvot

Taulukoiden 3.1 ja 3.2 luokittelu koskee oleskelumukavuutta. Tärinän aiheuttamaa rakenteiden vaurioitumisalttiutta luokitellaan julkaisun Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttiut (VTT R 04703-14) mukaisesti ja on esitetty taulukossa 3.3.

Taulukko 3.3. Liikennetärinän aiheuttaman rakenteiden vaurioitumisalttiuden luokitus

Vaurioitumis- alttiuden luokka	Vaurioitumisalttiuden luokan kuvaus
V	Lähinnä rataa oleva alue, jossa maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille
H	Hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asumismukavuutta. Vaurioriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit.
E	Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta. Vaikutus asumismukavuuteen on tarkistettava erikseen VTT tiedotteen 2569 mukaan.

Taulukossa 3.4 on esitetty rakenteiden vaurioitumisalttiutta kuvaavan luokituksen mukaiset raja-arvot.

Taulukko 3.4. Rakenteiden vaurioitumisalttiutta kuvaavan luokituksen raja-arvot eri maaperän tapauksessa.

Maalaji ja hallitseva taajuus	Pehmeä savi <10 Hz	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka 10-20 Hz	Tiiviit kitkamaat, rikkonainen kallio 20-50 Hz	Kiinteä kallio >50 Hz
	V_{max} (mm/s)			
V-arue	3	4,2	6	7,2
H-arue	1-3	1,4-4,2	2-6	2,4-7,2
E-arue	< 1	< 1,4	< 2	< 2,4

Taulukon 3.4 luokitus perustuu värähtelyn huippuarvoon, eikä tehollisarvoon kuten asumismukavuuden yhteydessä. Tyypillisesti huippuarvo on noin kaksinkertainen 1 s tehollisarvoon verrattuna.

3.4 Runkomelun ohjearvot

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 tunnusluukuun, joka määritetään mittaustulosten perusteella.

VTT:n ohjearvot

Taulukossa 3.5 on esitetty suositus Suomessa käytettävistä runkomelutasojen raja-arvoista. Suosituksen raja-arvoja asetettaessa tavoitteena on ollut häiriövaikutuksen rajoittaminen miniiniin. Koska häiriövaikutuksen on havaittu syntyvän, kun $L_{pASmax} \geq 35$ dB, raja-arvot ovat asunnoissa tätä pienemmät.

Taulukko 3.5. 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 potilashuoneet, majoitustilat - päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet	30 / 35*
Kokoontumis- ja opetustilat - luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huoneetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä - muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40 / 45*

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

Ympäristöministeriön asetus 796/2017 ja ääniympäristöohje (2018)

Ympäristöministeriön asetusta 796/2017 täydentävässä ääniympäristöohjeessa (2018) on annettu maaperäiselle runkomelutasolle L_{prm} ohjearvo 30 dB ja avoradoilla 35 dB koskien asuntoja, majoitus- ja potilashuoneita. Rakennusten melun- ja värinäntorjunta, joissa on opetus-, kokous-, ruokailu-, hoito-, harrastus-, liikunta- ja toimistotiloja, suunnitellaan tapauskohtaisesti siten, että tiloissa saavutetaan riittävän hyvä ääniympäristö.

Standardin SFS 5907:2022 ohjearvot

Taulukossa 3.6 on esitetty standardin SFS 5907:2022 mukaiset suurimman sallitun runkomelun tunnusluvun L_{prm} arvot eri tilatyypeille eri laatuluokituksen tapauksessa.

Taulukko 3.6. Suurin sallittu liikenteen aiheuttaman runkomelun tunnusluvun L_{prm} arvo luokituksissa A1-A3 erikseen ratatunnelin ja avoradan tapauksessa.

Tila	Suurin sallittu runkomelun tunnusluku L_{prm} [dB] ratatunneli / avorata		
	Luokka A1	Luokka A2	Luokka A3
Asuinrakennukset, palvelutalot ja hotellit			
Asuinhuoneessa	25/30	30/35	35/35
Hotellihuoneessa	30/30	35/35	35/35
Päiväkodit			
Päiväkodin opetus- ja lepotilat yleensä	30/35	35/40	40/45
Ympärivuorokauden toimivat päiväkodit, opetus- ja lepotilat yleensä	25/30	30/35	35/35
Toimistorakennukset			
Toimistotiloissa	30/35	35/40	40/45
Oppilaitokset			
Opetustilat yleensä	30/35	35/40	40/45
Terveystieteiden rakennukset			
Potilashuoneet, nukkumiseen ja lepäämiseen käytettävät hoitotilat, unitutkimus- ja kuulontutkimushuone, perhehuone, päivystäjien lepo- ja musiikkiterapiahuone	25/30	30/35	35/35
Hoitotilat yleensä	30/35	35/40	40/45

Luokka A2 vastaa ääniympäristöasetuksen ja ääniympäristöohjeen edellyttämää vähimmäistasoa, jota sovelletaan uusille rakennuksille. Luokkaa A3 voidaan käyttää vanhoille rakennuksille. Luokka A1 mahdollistaa tavanomaista tasoa parempien rakennusten suunnittelun.

4. TÄRINÄTARKASTELUT

4.1 Arviointitaso 1

Taulukossa 4.1 on esitetty julkaisun Törnqvist & Talja (2006), "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT W50) arviointitaso 1 mukaiset turvaetäisyydet tärinälle. 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

4.2 Arviointitaso 2

Arviointitaso 2 mukainen laskennallinen tarkastelu tehtiin julkaisussa Törnqvist & Talja (2006), "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT W50) esitetyn junaliikenteelle tarkoitetun laskentakaavan avulla.

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

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

Tärinä siirtyy radan kautta suunnittelualueelle maaperän kautta. Laskennassa ei oteta huomioon maalajin vaihtumista toiseen. Siten alueilla, joilla tärinä vaihtuu kovempaan maalajiin, tärinä voi todellisuudessa vaimentua huomattavasti voimakkaammin etäisyyden funktiona. Mikäli maaperäkartan perusteella maalaji vaihtuu alueella osin hyvin lähellä rataa, on laskennassa oletettu tässä vaiheessa tärinän kannalta merkitsevämpi maalaji, tärinän voimakkuuden aliarvioimisen estämiseksi.

Tarkasteltavien tapausten vertailuheilahdusnopeudeksi $v_{z,15}$ sekä etäisyyskseenponentiksi B on valittu vastaavat henkilöjunille tarkoitetut vertailuheilahdusnopeuden ylärajan arvot (mitoitettavien tapaus).

Kaakkuri

- Tavarajuna 2740 t, nopeus 75 km/h
- nopeuskerroin k_S : 1,07
- vertailunopeus $v_{z,15}$:
 - o normaali koheesioma 1,2
 - o Välimaa: 0,9
- etäisyyskseenponentti B:
 - o normaali koheesioma 0,9
 - o Välimaa: 0,9

Etäisyyskseenponentin arvoa säädettiin normaalin koheesiomaan tapauksessa tärinän suuruuden kohtuuttoman yliarvioinnin vähentämiseksi ottaen huomioon kokemukseräinen tieto tärinän suurimmasta tarvittavasta varoetäisyydestä (n. 500 m radasta asuinrakennusten tapauksessa).

Hellälä, Parasniemi, Katrineholma-Yliraumo

- Tavarajuna 4500 t, ajonopeus <70 km/h
- nopeuskerroin k_S : 1,0
- vertailunopeus $v_{z,15}$:
 - o normaali koheesioma 1,2
 - o karkearakeinen: 0,6
- etäisyyskseenponentti B:
 - o normaali koheesioma 0,9
 - o karkearakeinen: 1,4

Junien nopeutena on käytetty arvioituja todellisia nopeuksia. Nopeuskerrointa k_S ei käytetä nopeuksilla $S < 70$ km/h, joten mikäli junan nopeus on tätä pienempi, k_S saa arvon 1.

Radan kunnan kerroin k_R valitaan seuraavien arvojen väliltä:

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

Tässä tapauksessa kertoimen k_R arvoksi on valittu 1,3.

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

$$v_{z,max,mitoitus} = 2,0 \cdot v_{z,max}$$

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 kokemuseräisellä suurennussuhteella, joka kuvaa värähtelyn siirtymistä rakenteisiin. Kertoimen arvona käytetään oletusarvoisesti arvoa 2,0 lukuun ottamatta seuraavia tapauksia, joilla kerroin saa arvon 1,0:

- Rakennuksen lattiat ovat maanvaraiset
- Rakennus on yksikerroksinen ja perustettu paaluille
- Rakennus on vähintään 5-kerroksinen

Tässä selvityksessä vahvistuskertoimena käytetään arvoa 2,0.

Tutkimusraportin VTT-R-04703-14 (Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius) mukaan kovissa maaperissä värähtelyssä hallitsevat yli 10 Hz taajuudet ja värähtely on laajakaistaista. Silloin vaakavärähtely ei yleensä voimistu rungossa ja lattioissakin voimistuminen voidaan olettaa vähäiseksi. Rakennukseen siirtyvä tärinä tulee kuitenkin aina olettaa vähintään samansuuruiseksi kuin maaperässä, vaikka todellisuudessa värähtely voikin jossain määrin vaimeta rakennukseen siirtyessään.

4.3 Tärinän herkkyystarkastelu

Laskentamenetelmän mukaisesti on mahdollista laskea tärinän voimakkuuden ylä- ja alarajan arvot, joiden väliin todellinen tärinän voimakkuus oletetaan sijoittuvan. Käytännössä arviointia joudutaan tekemään yläraja-arvon perusteella, joka tyypillisesti yliarvioi tärinän voimakkuutta alueella. Laskentamenetelmässä on lisäksi mukana mm. yleinen varmuuskerroin, koska laskelmien luotettavuutta ei ole varmistettu tarkastelualueilla mittauksin. Varmuuskerroin kasvattaa edelleen laskennallista tärinän voimakkuutta.

Laskentamenetelmän mukaisesti laskennassa on oletettu maalajin/maaperäluokan säilyvän samana koko tarkastelu- tai etäisyydellä. Siten tärinän laskennassa ei oteta huomioon maalajin vaihtumista toiseen etäisyyden kasvaessa poispäin radasta. Tärinä voi todellisuudessa vaimentua huomattavasti voimakkaammin etäisyyden funktiona sellaisilla alueilla, joilla maaperä vaihtuu vähemmän tärinäherkkään maalajiin.

Mikäli maaperäkartan perusteella maalaji vaihtuu alueella osin hyvin lähellä rataa, on laskennassa oletettu tässä vaiheessa tärinän kannalta merkitsevämpi maalaji, tärinän voimakkuuden aliarvioimisen estämiseksi. Täten liitteen 1 tärinäkartat ovat tarkkuudeltaan hyvin yleispiirteisiä. Tarkemman aluekohtaisen arvioinnin tukena voidaan kuitenkin hyödyntää esim. liitteen 3 maaperäkartoja. Laskentaa ja tärinäkartoja voidaan myös tarkentaa huomattavasti aluekohtaisesti tärinämittauksilla, jolloin mittauksilla saatavalla tiedolla voidaan säätää aluekohtaisesti asetettavia laskentakertoimia.

Selvityksessä on käytetty raideliikennetietoina vuoden 2050 maksimiennustetta, joka eroaa valtakunnallisesta ennusteesta erityisesti tavarajunien huomattavasti suurempien massojen osalta. Tavarajunien oletettu suurempi massa kasvattaa arvioitua tärinätasoa.

Etäisyyseksponentin arvoa säädettiin normaalin koheesiomaan tapauksessa tärinän suuruuden kohtuuttoman yliarvioinnin vähentämiseksi ottaen huomioon kokemuseräinen tieto tärinän suurimmasta tarvittavasta varoetäisyydestä (n. 500 m radasta asuinrakennusten tapauksessa).

Rakennuksen kerrosluvun osalta tärinän laskennassa on oletettu laskentamenetelmän mukainen pahin mahdollinen tilanne (2-4 kerrosta).

4.4 Tärinä asumismukavuuden kannalta tulokset

Junasta aiheutuva rakennuksissa esiintyvä heilahdusnopeus v_{rms} etäisyyden funktiona on laskettu edellisessä kappaleessa esitetyn menetelyn mukaisesti. Tämän perusteella on laskettu etäisyydet radasta, joilla saavutetaan asumismukavuutta kuvaavat värähtelyluokat huomioiden alueellisesti vaihtuvat maalajit ja nämä on esitetty liitteen 1 tärinäkartoissa eri värisillä viivoilla.

Parasniemi, Hellälä ja Katrineholma Yli-Raumo

Alueella hallitsevat maalajit poikkeavat toisistaan suuresti tärinän herkkyyden suhteen. Asuinrakennuksille sovellettava värähtelyluokka C saavutetaan riippuen hallitsevasta maalajista noin 90-500 metrin etäisyydellä radasta.

Kaakkuri

Asuinrakennuksille sovellettava värähtelyluokka C saavutetaan riippuen hallitsevasta maalajista noin 225-310 metrin etäisyydellä radasta.

4.5 Rakenteiden vaurioitumisalttius tulokset

Tärinän aiheuttamaa rakenteiden vaurioitumisalttiutta luokitellaan maaperän värähtelyn huippuarvojen v_{max} perusteella. Tyypillisesti huippuarvo on noin kaksinkertainen 1 s tehollisarvoon v_{rms} verrattuna. Rakenteiden vaurioitumisalttiutta kuvaavassa luokituksessa on esitetty kolme laatuluokkaa (V, H, E), joita vastaavat värähtelyn huippuarvon raja-arvot riippuvat hallitsevan maalajin oletuksesta. Asumismukavuuden värähtelyluokan D täyttyessä saavutetaan rakenteiden vaurioitumisalttiuden paras luokka E (tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista). Tärinäkartat suunnittelualueelta on esitetty liitteessä 1.

Alla on esitetty lisäksi tarkempi laskennallinen arvio rakenteiden vaurioitumisalttiuden varoetäisyyksistä. Mikäli etäisyys suunniteltavien rakennusten tapauksessa on alla olevaa pienempi, tulee huomioida suunnittelussa mahdollinen vaurioitumisalttius, riippumatta siitä tehdäänkö ko. rakennuksille runkomelun ja tärinän arviointia asumismukavuuden kannalta.

Parasniemi, Hellälä ja Katrineholma Yli-Raumo

Laskennallisten tarkastelun perusteella etäisyyden ollessa vähintään noin 90 metriä radan keskijonasta sijoitetaan vaurioitumisalttiuden kannalta parhaaseen luokkaan E. Täten selvitysalueella suunniteltaessa rakennuksia tätä pienemmälle etäisyydelle radan keskijonasta on olemassa riski rakennusten rakenteellisesta vauriosta.

Kaakkuri

Laskennallisten tarkastelun perusteella etäisyyden ollessa vähintään noin 55 metriä radan keskijonasta sijoitetaan vaurioitumisalttiuden kannalta parhaaseen luokkaan E. Täten selvitysalueella suunniteltaessa rakennuksia tätä pienemmälle etäisyydelle radan keskijonasta on olemassa riski rakennusten rakenteellisesta vauriosta.

5. RUNKOMELUTARKASTELUT

Kuten liikennetärinälle, myös runkomelulle on esitetty kolme eri arviointitasoa. Arviointitaso 1 perustuu turvaetäisyyden käyttöön. Kokemuseräisesti 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.

5.1 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	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, 50 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.

5.2 Runkomelutarkastelut, arviointitaso 2

Laskennallisen arviointitaso perustana on Julkaisussa Talja & Saarinen (2009): "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" (VTT T2468) esitetty ns. äänitason peruskäyrä L_v , jonka arvoa korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakennuksesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä. Laskennallinen sisätilojen runkomelutaso L_{pA} saadaan peruskäyrän ja yhteenlaskettujen korjaustekijöiden avulla.

Runkomelun kannalta pahin mahdollinen tilanne on, kun sekä rata, että rakennus kytkeytyy kovaan maaperään suoraan tai paaluperustuksen kautta. Rakennustyyppien korjauskertoimia käytettäessä oletetaan, että perustuksen ja kallion välissä on maa-ainesta vähintään 3 m eli rakennus ei kytkeydy kovaan maaperään. Rakennustyyppien korjauskertoimia ei tule käyttää kallio- tai paaluperustuksen tapauksessa.

Kokemusperäisen tiedon perusteella kovan maaperän oletus todennäköisesti yliarvio runkomelun voimakkuutta suurilla etäisyyksillä. Yleisesti ottaen runkomeluhaitan riskiä asuinrakennuksille voidaan pitää vähäisenä yli 300 metrin etäisyydellä radasta.

Taulukkoon 5.3 on kerätty suunnittelukohteessa valitut äänenpainetaso korjaustekijät.

Taulukko 5.3. Laskennassa käytetyt korjaustekijät.

Korjaustekijät	Korjauksen vaikutus [dB]
Liikennetyyppi: veturivetoiset junat	+11
Ajonopeus	
Katrineholma – Yli-Raumo: ajonopeus 35 km/h	-9
Hellälä: ajonopeus 40 km/h	-8
Kaakkuri: ajonopeus 90 km/h	-1
Parasniemi: ajonopeus 35 km/h	-9
Ajoneuvon ominaisuuksista riippuvat tekijät: normaali jousitus	0
Väylän kunto	
Yleisesti selvitysalueella: Hyväkuntoinen rata	0
Parasniemi (vaihte): radan epäjatkuvuuskohdat	+10
Radan eristämistapa: ei eristystä	0
Väylän sijainti: avorata	0
Rakennuksen tyyppi (perustuksen ja kallion välissä maa-aineista vähintään 3 m)	
puutalo 1-2 krs	-5
betonitalo 1-2 krs	-7
kerrostalo	-10
Rakennusosien resonanssin vaikutus	+6
Muunnos äänenpainetasoksi	-28
Muunnos A-painotetuksi äänenpainetasoksi riippuen taajuusalueesta	
Kallio ja iskostunut moreeni: hallitseva taajuusalue yli 60 Hz	-20
Kova savi, siltti ja moreeni: hallitseva taajuusalue 30-60 Hz	-35
Pehmeä savi, siltti ja hiekka: hallitseva taajuusalue alle 30 Hz	-50
Varmuusmarginaali	+6

5.3 Runkomelulaskennan herkkyytarkastelu

Laskennassa rakennustyyppi on valittu runkomelun kannalta herkin vaihtoehto (puutalo 1-2 krs). Kaikki selvitysalueen vaihtuvat maalajit sijoittuvat laskennassa samaan maaperäluokkaan (Kova savi, siltti ja moreeni: hallitseva taajuusalue 30-60 Hz).

Maaperän oletus vaikuttaa merkittävästi laskennallisesti arvioidun runkomelun suuruuteen. Runkomelun laskentamenetelmässä on valittavana maaperän korjaustekijöinä ainoastaan kolme luokkaa (-50 dB, -35 dB ja -20 dB). Selvityksen tapauksessa keskitaajuusalue (-35 dB) on arvioitu kuvaamaan parhaiten kaikkien tarkasteltavien alueiden vallitsevaa maaperää. Todellisuudessa runkomelun suuruudessa voi olla alueellisesti huomattavaa vaihtelua siitäkin syystä, että laskentamenetelmä ei mahdollista maaperän vaihtelevuuden tarkempaa huomioimista. Myöhemmässä suunnitteluvaiheessa maaperän vaikutusta on mahdollista arvioida tarkemmin aluekohtaisesti tarpeen mukaan esim. mittauksia hyödyntäen.

Laskentamenetelmä yleensä yliarvioi todellista runkomelun voimakkuutta. Laskentamenetelmässä on mukana oletuksena mm. +6 dB varmuusmarginaali. Lisäksi kaluston kuntoa koskevan korjaustekijän valinta vaikuttaa merkittävästi runkomelun laskentatulokseen. Tyypillisesti laskennassa käytetäänkin lähtökohtaisesti korjaustekijänä: normaalijousitus +0 dB). Laskentamenetelmän mukaan junien liikennöintinopeus vaikuttaa merkittävästi aiheutuvaan runkomelutasoon. Täten tyypillisesti nopeammin kulkevat henkilöliikenteen junat ovat laskennallisen tarkastelun perusteella runkomelun kannalta mitoittavin junatyyppi. Tässä tapauksessa myös henkilöliikenteen junille on oletettu hyvin alhainen liikennöintinopeus Kaakkuria lukuun ottamatta. Selvityksen maksimiennusteen mukaisten hyvin raskaiden tavarajunien tapauksessa voidaan pitää todennäköisempänä, että satunnaisesti aiheutuva runkomelutaso voi olla suurempi kaluston vaikuttavien tekijöiden takia. Laskentamenetelmän mukaan jäykkä jousitus kasvattaa runkomelutasoa 8 dB verran ja lovipyörä 10 dB (voidaan valita kerralla toinen). Tämä on otettu selvityksessä huomioon ilmoittamalla runkomelun varoetäisyydet myös (tavarajunien) lovipyörän oletuksella.

Selvityksessä on käytetty raideliikennetietoina vuoden 2050 maksimiennustetta, joka eroaa valtakunnallisesta ennusteesta erityisesti tavarajunien huomattavasti suurempien massojen osalta. Runkomelun laskennallisessa arvioinnissa ei oteta huomioon lainkaan junien massoja. Junien

nopeuksissa ei ole puolestaan eroavaisuutta valtakunnallisessa ennusteessa ja maksimiennusteessa lukuun ottamatta Hellälässä +5 km/h eroavaisuutta. Siten maksimiennusteen käyttäminen valtakunnallisen ennusteen sijaan ei vaikuta juurikaan laskennallisesti arvioidun runkomelun suuruuteen suunnittelualueilla.

5.4 Runkomelulaskennan tulokset

Asuinrakennusten osalta sovelletaan runkomelutason L_{prm} ohjearvoa 35 dB. Mikäli asemakaavassa esitetään vaatimuksia ulkovaipan äänenneristävyydelle, on siinä tapauksessa ko. rakennuksille suositeltavaa soveltaa 5 dB tiukempaa ohjearvosuositusta L_{prm} 30 dB.

Junasta aiheutuva rakennuksissa esiintyvä runkomelutaso L_{prm} etäisyyden funktiona on laskettu edellisessä kappaleessa esitetyn menettelyn mukaisesti. Tämän perusteella on laskettu etäisyydet radasta, jota kauempana runkomelutaso alittaa tietyt runkomelutasot. Tulokset on esitetty liitteen 2 runkomelukartoissa eri värisillä viivoilla.

Kaakkuri

Henkilöliikenteen junille on arvioitu suurempi nopeus. Tässä tapauksessa siitä seuraa, että laskennallisesti henkilöliikenteen junista aiheutuva runkomelutaso on suurempi, kun oletetaan molempien junien olevan hyväkuntoiset. Täten runkomelun kannalta merkitsevintä on henkilöliikenteen junat.

Asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 100 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 140 metrin etäisyydellä radasta.

Tavarajunilla pahimmassa mahdollisessa tilanteessa (lovipyörän oletus) aiheutuva runkomelutaso asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 170 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 215 metrin etäisyydellä radasta.

Hellälä

Suunnittelualueen kohdalla raideliikenne koostuu myös ennustetilanteessa ainoastaan tavarajunien liikennöinnistä.

Asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 60 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 90 metrin etäisyydellä radasta.

Tavarajunilla pahimmassa mahdollisessa tilanteessa (lovipyörän oletus) aiheutuva runkomelutaso asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 125 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 165 metrin etäisyydellä radasta.

Parasniemi

Henkilöliikenteen junille sekä tavarajunille on arvioitu sama nopeus. Tässä tapauksessa siitä seuraa, että laskennallisesti henkilöliikenteen junista sekä tavarajunista aiheutuva runkomelutaso on yhtä suuri, kun oletetaan molempien junien olevan hyväkuntoiset.

Asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan vaihteen vaikutusalueella (vaihdekolina) noin 115 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 155 metrin etäisyydellä radasta. Vaihteen lisäksi lovipyörän oletuksella aiheutuva runkomelutaso asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 200 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 245 metrin etäisyydellä radasta.

Yli-Raumo

Henkilöliikenteen junille sekä tavarajunille on arvioitu sama nopeus. Tässä tapauksessa siitä seuraa, että laskennallisesti henkilöliikenteen junista sekä tavarajunista aiheutuva runkomelutaso on yhtä suuri, kun oletetaan molempien junien olevan hyväkuntoiset.

Asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 50 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 80 metrin etäisyydellä radasta. Pahimmassa mahdollisessa tilanteessa (lovipyörän oletus) aiheutuva runkomelutaso asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 115 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 155 metrin etäisyydellä radasta.

6. TULOSTEN ARVIOINTI JA SUOSITUKSET

Tässä työssä on selvitetty laskennallisen tarkastelun perusteella raideliikenteestä aiheutuvan tärinän ja runkomelun voimakkuus alueella yleispiirteisesti. Selvityksessä on käytetty raideliikennetietoina vuoden 2050 maksimiennustetta, joka eroaa valtakunnallisesta ennusteesta erityisesti tavarajunien huomattavasti suurempien massojen osalta. Tärinän ja runkomelun laskennalliseen tarkasteluun liittyvä epävarmuus on huomattavasti merkittävämpää kuin esimerkiksi meluselvitysten melumallinnusten epävarmuus. Todellinen tärinän ja runkomelun voimakkuus voi vaihdella huomattavasti pienelläkin alueella riippuen mm. maaperän vaihtelevuudesta. Tarkempi arvio tärinän ja runkomelun voimakkuudesta on mahdollista saada maaperästä tai perustuksista tehtävillä värähtelymittauksilla.

6.1 Tärinä

Laskennallisella tarkastelulla on määritetty suunnittelualueilla etäisyydet radasta, joilla saavutetaan asumismukavuutta kuvaavat värähtelyluokat ja nämä on esitetty liitteen 1 tärinäkartoissa eri värisillä viivoilla. Maankäytön suunnittelussa tulee huomioida mahdollinen tärinähaitta liitteesä 1 esitettyjen varoetäisyyksien mukaisesti.

Uusille asuinrakennuksille sovellettava värähtelyluokka on Luokka C: $v_{w,95} \leq 0,3$ mm/s (Liite 1 vihreät viivat).

Värähtelyluokan D ylittävälle alueelle ei suositella lähtökohtaisesti mitään rakentamista. D-luokkaa lähemmäs voidaan sijoittaa rakennuksia, joissa toiminta ei ole tärinälle herkkää, kunhan rakenteiden vaurioitumisriski huomioidaan. Värähtelyluokan D alueelle ei suositella asuinrakentamista lukuun ottamatta yksittäisiä täydennysrakennuskohteita. D-luokan alueelle voidaan kuitenkin sijoittaa muunlaista asumista tärinälle vähemmän herkkää toimintaa kuten toimistoja ja liiketiloja. Värähtelyluokan C alueelle voidaan sijoittaa uutta asuinrakentamista.

Parasniemi, Hellälä ja Katrineholma Yli-Raumo

Alueella hallitsevat maalajit poikkeavat toisistaan suuresti tärinän herkkyyden suhteen. Asuinrakennuksille sovellettava värähtelyluokka C saavutetaan riippuen hallitsevasta maalajista noin 90-500 metrin etäisyydellä radasta.

Kaakkuri

Asuinrakennuksille sovellettava värähtelyluokka C saavutetaan riippuen hallitsevasta maalajista noin 225-310 metrin etäisyydellä radasta.

Asumismukavuuden värähtelyluokan D täyttyessä (Liite 1 keltaiset viivat) saavutetaan rakenteiden vaurioitumisalttiuden paras luokka E (tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista).

Kappaleessa 4 on esitetty lisäksi tarkempi laskennallinen arvio rakenteiden vaurioitumisalttiuden varoetäisyyksistä. Mikäli etäisyys suunniteltavien rakennusten tapauksessa on alla olevaa pienempi, tulee huomioida suunnittelussa mahdollinen vaurioitumisalttius, riippumatta siitä tehdäänkö ko. rakennuksille runkomelun ja tärinän arviointia asumismukavuuden kannalta.

6.2 Runkomelu

Asuinrakennusten osalta sovelletaan runkomelutason L_{prm} ohjearvoa 35 dB. Mikäli asemakaavassa esitetään vaatimuksia ulkovaipan ääneneristävyydelle, on siinä tapauksessa ko. rakennuksille suositeltavaa soveltaa 5 dB tiukempaa ohjearvosuositusta L_{prm} 30 dB.

Junasta aiheutuva rakennuksissa esiintyvä runkomelutaso L_{prm} etäisyyden funktiona on laskettu kappaleessa 5 esitetyn menettelyn mukaisesti. Tämän perusteella on laskettu etäisyydet radasta, jota kauempana runkomelutaso alittaa tietyt runkomelutasot. Tulokset on esitetty liitteen 2 runkomelukartoissa eri värisillä viivoilla. Maankäytön suunnittelussa tulee huomioida mahdollinen runkomeluhaitta liitteessä 2 esitettyjen varoetäisyyksien mukaisesti.

Alla on esitetty runkomelun varoetäisyydet, joita lähempänä asuinrakennuksille sovellettava runkomelun ohjearvo L_{prm} 35 dB voivat ylittyä ilman toimenpiteitä. Siten suositellaan, että ko. alueiden osalta asuinrakentamisessa otetaan huomioon junista aiheutuva mahdollinen runkomeluhaitta.

Kaakkuri

Runkomelun kannalta merkitsevintä on henkilöliikenteen junat.

Asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 100 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 140 metrin etäisyydellä radasta.

Tavarajunilla pahimmissa mahdollisissa tilanteissa (lovipyörän oletus) aiheutuva runkomelutaso asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 170 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 215 metrin etäisyydellä radasta.

Hellälä

Suunnittelualueen kohdalla raideliikenne koostuu ainoastaan tavarajunien liikennöinnistä.

Asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 60 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 90 metrin etäisyydellä radasta.

Tavarajunilla pahimmissa mahdollisissa tilanteissa (lovipyörän oletus) aiheutuva runkomelutaso asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 125 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 165 metrin etäisyydellä radasta.

Parasniemi

Henkilöliikenteen junille sekä tavarajunille on arvioitu sama nopeus. Tässä tapauksessa siitä seuraa, että laskennallisesti henkilöliikenteen junista sekä tavarajunista aiheutuva runkomelutaso on yhtä suuri, kun oletetaan molempien junien olevan hyväkuntoiset.

Asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan vaihteen vaikutusalueella (vaihdekolina) noin 115 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 155 metrin etäisyydellä radasta. Vaihteen lisäksi lovipyörän oletuksella aiheutuva runkomelutaso asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 200 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 245 metrin etäisyydellä radasta.

Yli-Raumo

Henkilöliikenteen junille sekä tavarajunille on arvioitu sama nopeus. Tässä tapauksessa siitä seuraa, että laskennallisesti henkilöliikenteen junista sekä tavarajunista aiheutuva runkomelutaso on yhtä suuri, kun oletetaan molempien junien olevan hyväkuntoiset.

Asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 50 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 80 metrin etäisyydellä

radasta. Pahimmassa mahdollisessa tilanteessa (lovipyörän oletus) aiheutuva runkomelutaso asuinrakennuksille sovellettava runkomelutason L_{prm} ohjearvo 35 dB saavutetaan noin 115 metrin etäisyydellä radasta ja tiukempi ohjearvosuositus 30 dB saavutetaan noin 155 metrin etäisyydellä radasta.

6.3 Suositukset tärinän ja runkomelun suhteen

Kaavoituksessa tulee huomioida raideliikenteen mahdollinen tärinä- ja runkomeluhaitta. Asuinrakennusten asuinhuoneissa liikennetärinä $v_{w,95}$ saa olla enintään 0,30 mm/s (luokka C) ja sekä runkomelu L_{prm} enintään 35 dB avoradan osalta.

Mikäli halutaan kaavoittaa asumista Liitteessä 1 ja 2 vihreällä värillä esitettyjä tärinän ja runkomelun varoetäisyyksiä lähemmäs, tulee jatkosuunnittelussa huomioida mahdollinen tärinä- ja runkomeluhaitta. Tärinä- ja runkomeluhaitan varoetäisyyksiä lieenee järkevä tarkentaa aluekohtaisilla selvityksillä, jolloin on suositeltavaa hyödyntää myös mittauksia.

Jatkosuunnittelussa voidaan hyödyntää mahdollinen tarkempi maaperätieto ja arvioida perustamistavan, rakennustyyppin ja kerrosluvun vaikutusta. Tärinän kannalta tärinäherkimpiä ovat 2-4 kerroksiset rakennukset ja runkomelun kannalta vähiten herkkiä kerrostalot. Selvityksen myöhemmässä hyödyntämisessä on tärkeää myös huomioida mahdolliset tarkentuneen tiedot koskien junien liikennöintiä.

Tarvittaessa jatkosuunnittelussa voidaan arvioida mahdollisia keinoja tärinähaitan vähentämiseksi asuinrakentamisessa tai harkita paikoin vähemmän liikennetärinälle herkkää maankäyttöä lähemmäs rataa. Junien nopeuksien alentamisella kohteen kohdalla voidaan osaltaan vähentää aiheutuvan runkomelun ja tärinän voimakkuutta rakennuksiin. Tyypillisesti radan vieressä olevan alueen kaavoitus ei ole kuitenkaan peruste raideliikenteen nopeuden alentamiseksi. Toimenpiteet pitää siten todennäköisesti tehdä joko rakennusten massoittelulla tai rakenteellisella tärinän ja runkomelun torjunnalla maaperässä tai rakennusten perustuksissa.

Ensisijaisena toimenpiteenä mahdollisen tärinä- ja runkomeluhaitan vähentämiseksi suositellaan rakennusten etäisyyden kasvattamista rataa.

Maaperässä radan ja suojattavien rakennusten välissä vaimennusratkaisu voi olla esimerkiksi kalkkisementtistabilointi tai teräsponttiseinä, joka toteutetaan joko suojattavan rakennuksen/korttelin ympärille tai vaihtoehtoisesti lähelle rataa radan suuntaisesti. Suoraan rakennuksissa yleisesti käytetty runkomelun vaimennusratkaisu on kelluttaa rakennus perustuksistaan runkomeluvärähtelyä vaimentavalla matolla (esim. Sylomer). Ratkaisu on toimiva vain runkomelun vaimentamiseen ja mitoituksessa tulee huomioida myös tärinäriski. Liikennetärinän vaimentamiseksi voidaan rakennus vastaavasti kelluttaa perustuksista teräsjousilla. Jälkimmäinen on kuitenkin kustannuksiltaan suurempi toteuttaa. Tämän ns. primäärieristykseen lisäksi suositellaan, että anturoita ja maanpaineeseiniä vasten asennetaan sekundaarieristys EPS-levyllä. Sekundaarieristyksen tarkoitus on osaltaan katkaista värähtelyn siirtotie maasta perustuksiin.

LÄHTEET

Talja, A. 2011: Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT T2569

Talja, A. & Saarinen, A. 2009: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT T2468

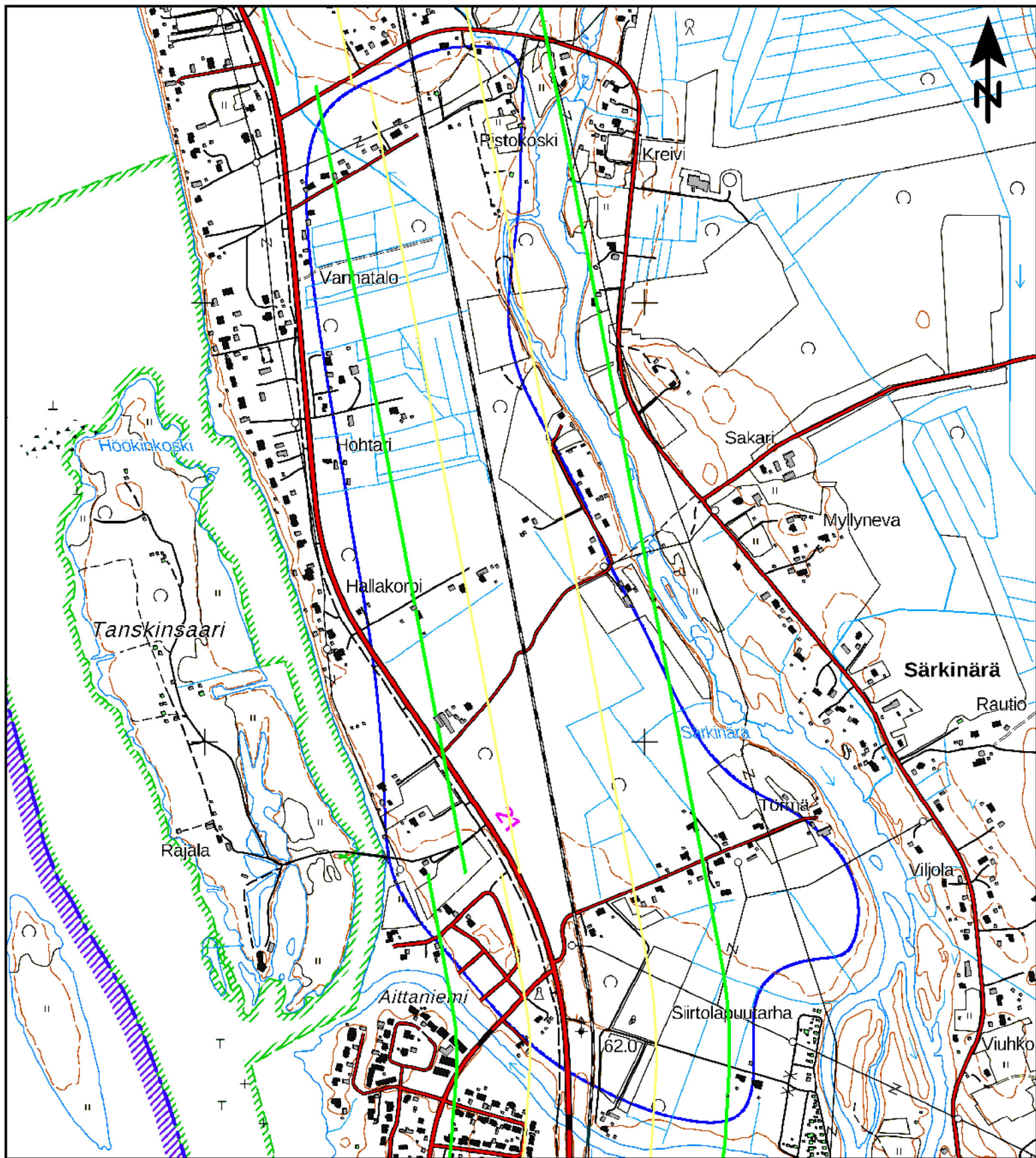
Talja, A. & Törnqvist, J. 2014: Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius. VTT R-04703-14

Talja, A, Vepsä, A, Kurkela, J & Halonen, M. 2008: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT T2425

Törnqvist, J & Talja, A. 2006: Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa

Ympäristöministeriö, 2017: Ympäristöministeriön asetus 796/2017 rakennuksen ääniympäristöstä

Ympäristöministeriö, 2018: Ympäristöministeriön ääniympäristöohje



Tornion kaupunki Tornion YK 2040 raideliikenteen tärinä- ja runkomeluselvitys

Raideliikenteen tärinän värähtelynopeus $V_{w,95}$ [mm/s]

Kaakkuri, Ennustetilanne v.2050 (maksimiennuste)

JUNATIEDOT

Tavarajuna: 2740 t, nopeus 75 km/h

Mittakaava (A4)

0 100 200 400 600 m

LIITE 1.1

Tärinäluokat (asumismukavuus)

C-luokka	0,3 mm/s
D-luokka	0,6 mm/s

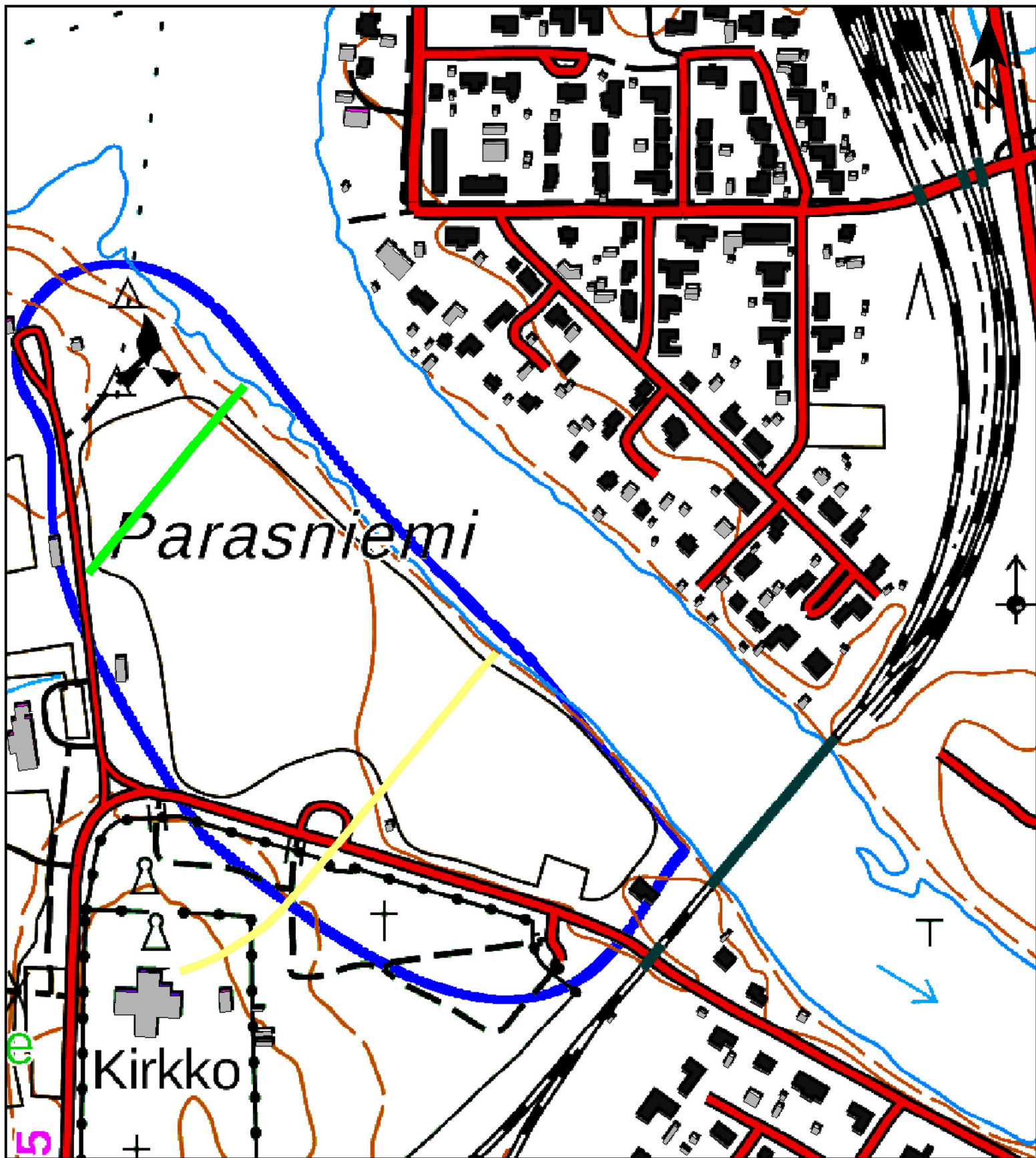
Selitteet

—	Kaavoitettavan alueen raja
	Asuinrakennus
	Lomarakennus
	Muu rakennus

10.6.2024 JIKN

RAMBOLL





Tornion kaupunki
Tornion YK 2040 raideliikenteen
tärinä- ja runkomeluselvitys

Raideliikenteen tärinän värähtelynopeus $V_{w,95}$ [mm/s]

Parasniemi, Ennustetilanne v.2050 (maksimiennuste)

JUNATIEDOT

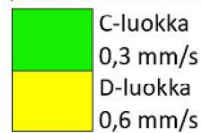
Tavarajuna: 4500 t, nopeus 35 km/h

Mittakaava (A4)

0 30 60 120 180 m

LIITE 1.3

Tärinäluokat
 (asumismukavuus)

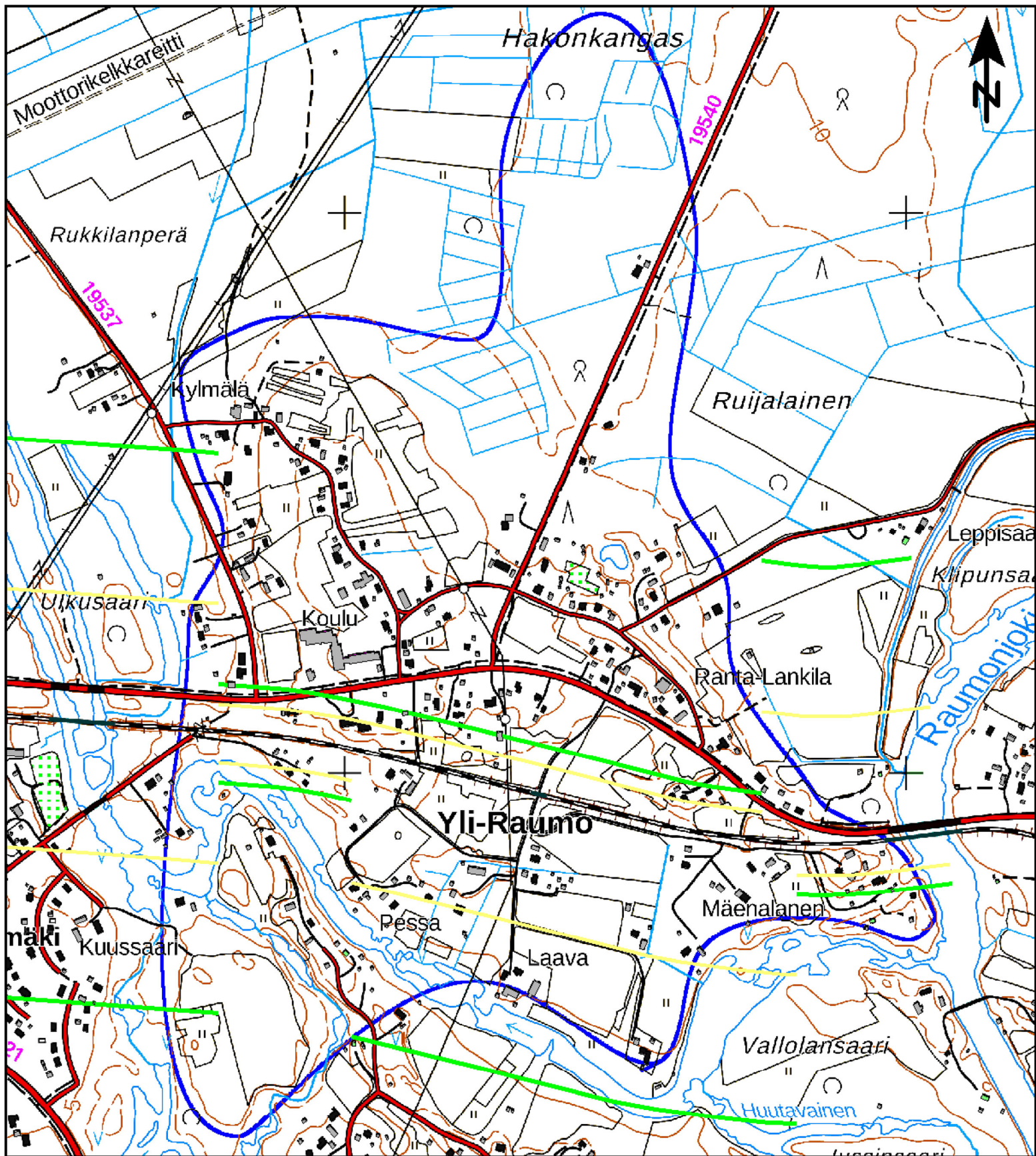


Selitteet

- Kaavoitettavan alueen raja
- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Muu rakennus

10.6.2024 JIKN

RAMBOLL



Tornion kaupunki
Tornion YK 2040 raideliikenteen
tärinä- ja runkomeluselvitys

Raideliikenteen tärinän värähtelynopeus $V_{w,95}$ [mm/s]

Yli-Raumo, Ennustetilanne v.2050 (maksimiennuste)

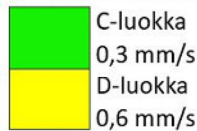
JUNATIEDOT

Tavarajuna: 4500 t, nopeus 35 km/h

Mittakaava (A4)

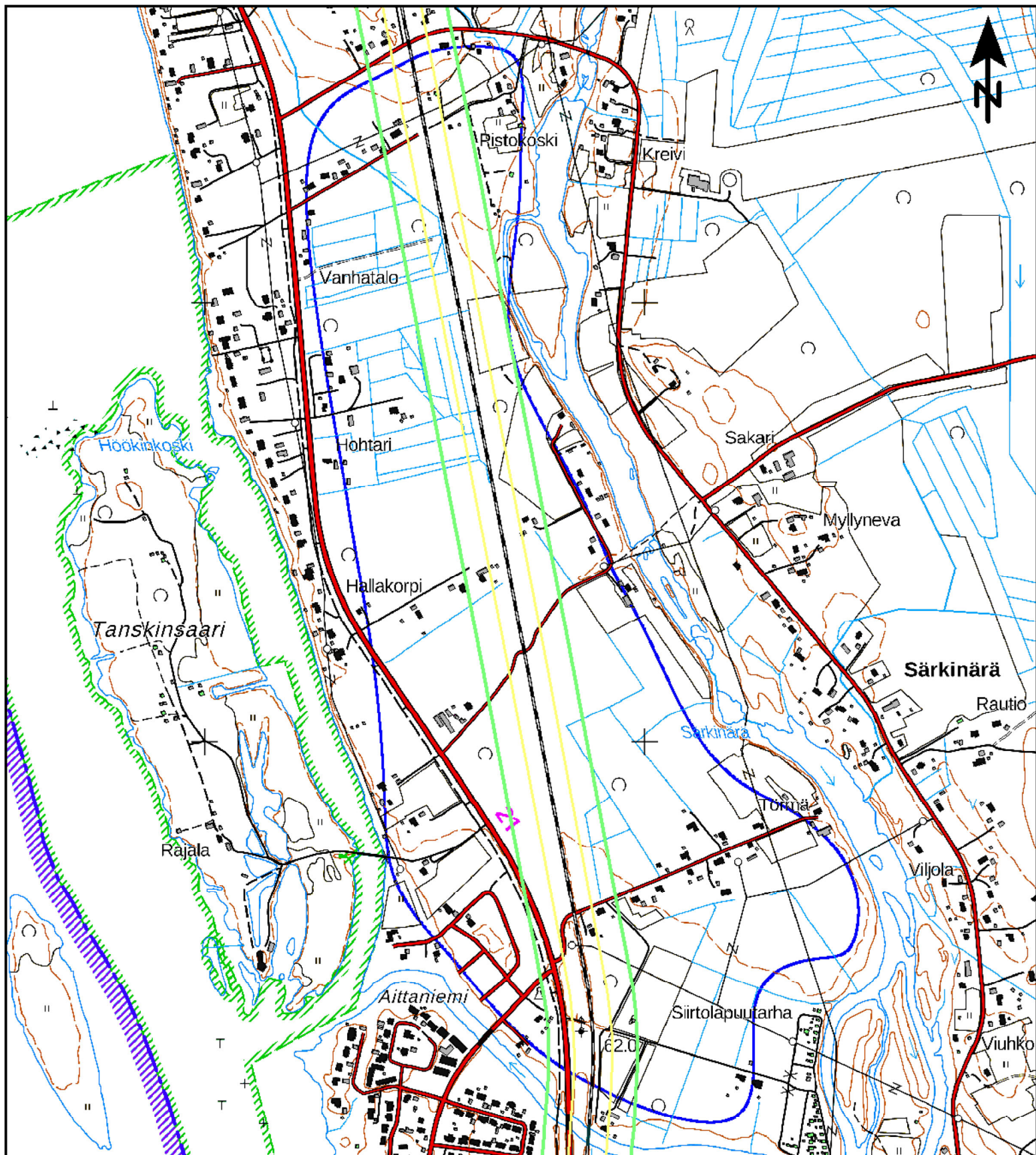
0 50 100 200 300
m

Tärinäluokat
(asumismukavuus)



Selitteet

- Kaavoitettavan alueen raja
- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Muu rakennus



Tornion kaupunki **Tornion YK 2040 raideliikenteen** **tärinä- ja runkomelususelvitys**

Raideliikenteen runkomelutaso L_{PRM}

Kaakkuri, Ennustetilanne v.2050 (maksimiennuste)

JUNATIEDOT
Veturivetoinen juna, 90 km/h

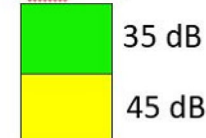
Mittakaava (A4)

0 100 200 400 600 m

LIITE 2.1

Runkomelutaso

L_{PRM} [dB]

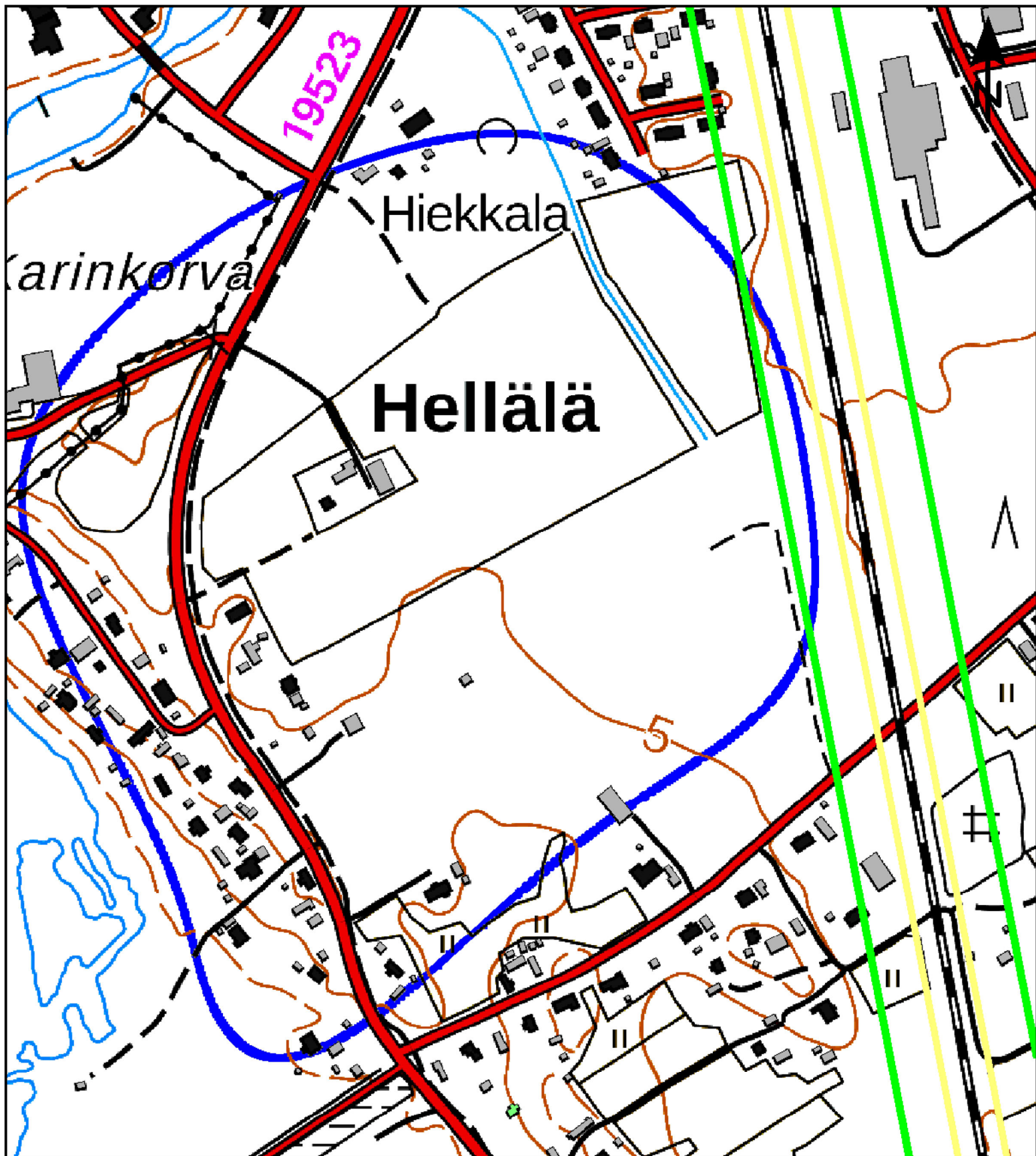


Selitteet

- Kaavoitettavan alueen raja
- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Muu rakennus

10.6.2024 JIKN

RAMBOLL



Tornion kaupunki
Tornion YK 2040 raideliikenteen
tärinä- ja runkomeluselvitys

Raideliikenteen runkomelutaso L_{prm}

Hellälä, Ennustetilanne v.2050 (maksimiennuste)

JUNATIEDOT

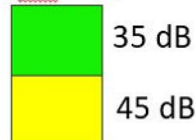
Veturivetoinen juna: nopeus 40 km/h

Mittakaava (A4)

0 35 70 140 210 m

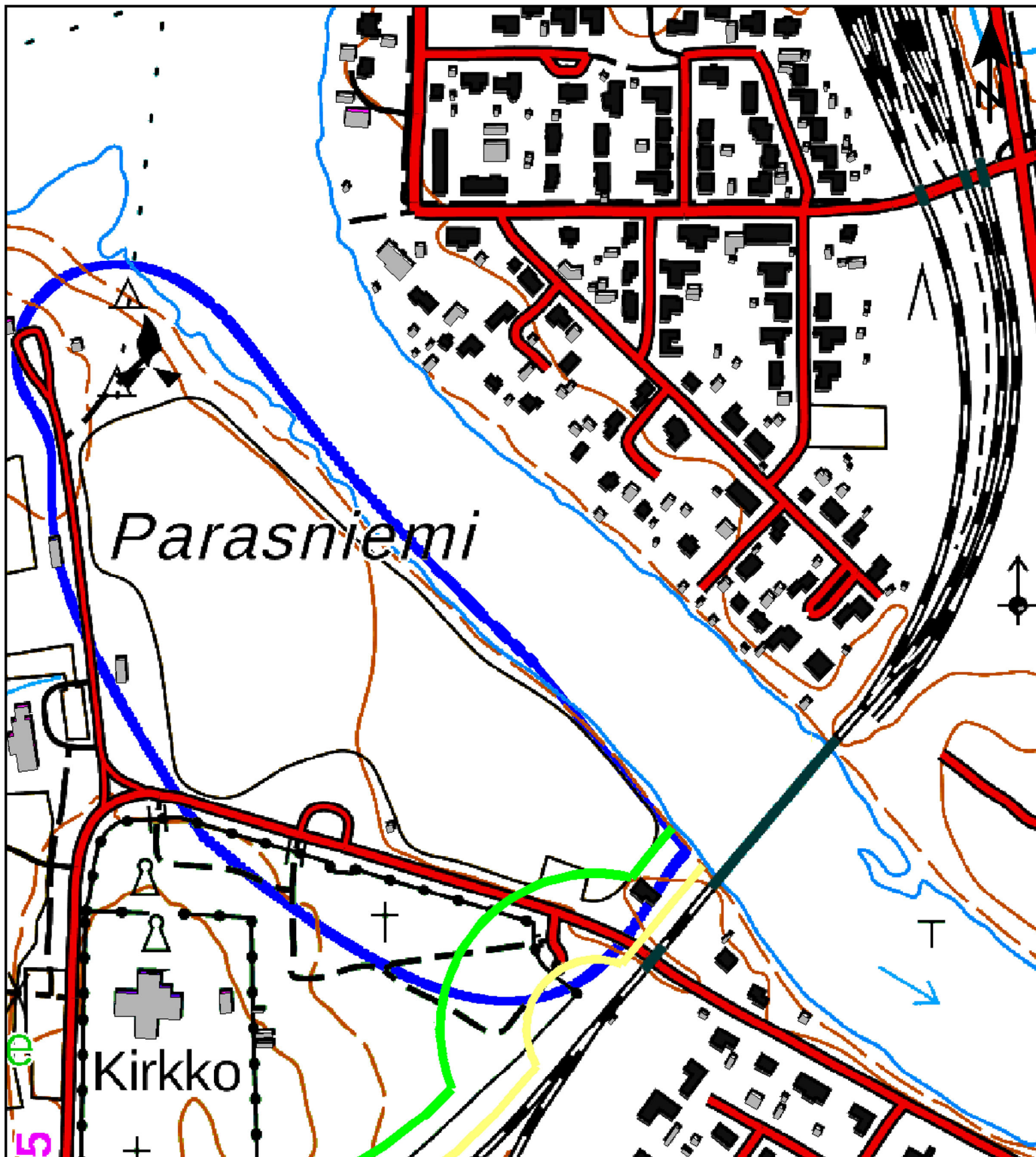
Runkomelutaso

L_{prm} [dB]



Selitteet

- Kaavoitettavan alueen raja
- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Muu rakennus



Tornion kaupunki
Tornion YK 2040 raideliikenteen
tärinä- ja runkomeluselvitys

Raideliikenteen runkomelutaso L_{prm}

Parasniemi, Ennustetilanne v.2050 (maksimiennuste)

JUNATIEDOT

Veturivetoinen juna: nopeus 35 km/h

Mittakaava (A4)

0 30 60 120 180 m

Runkomelutaso

L_{prm} [dB]

35 dB

45 dB

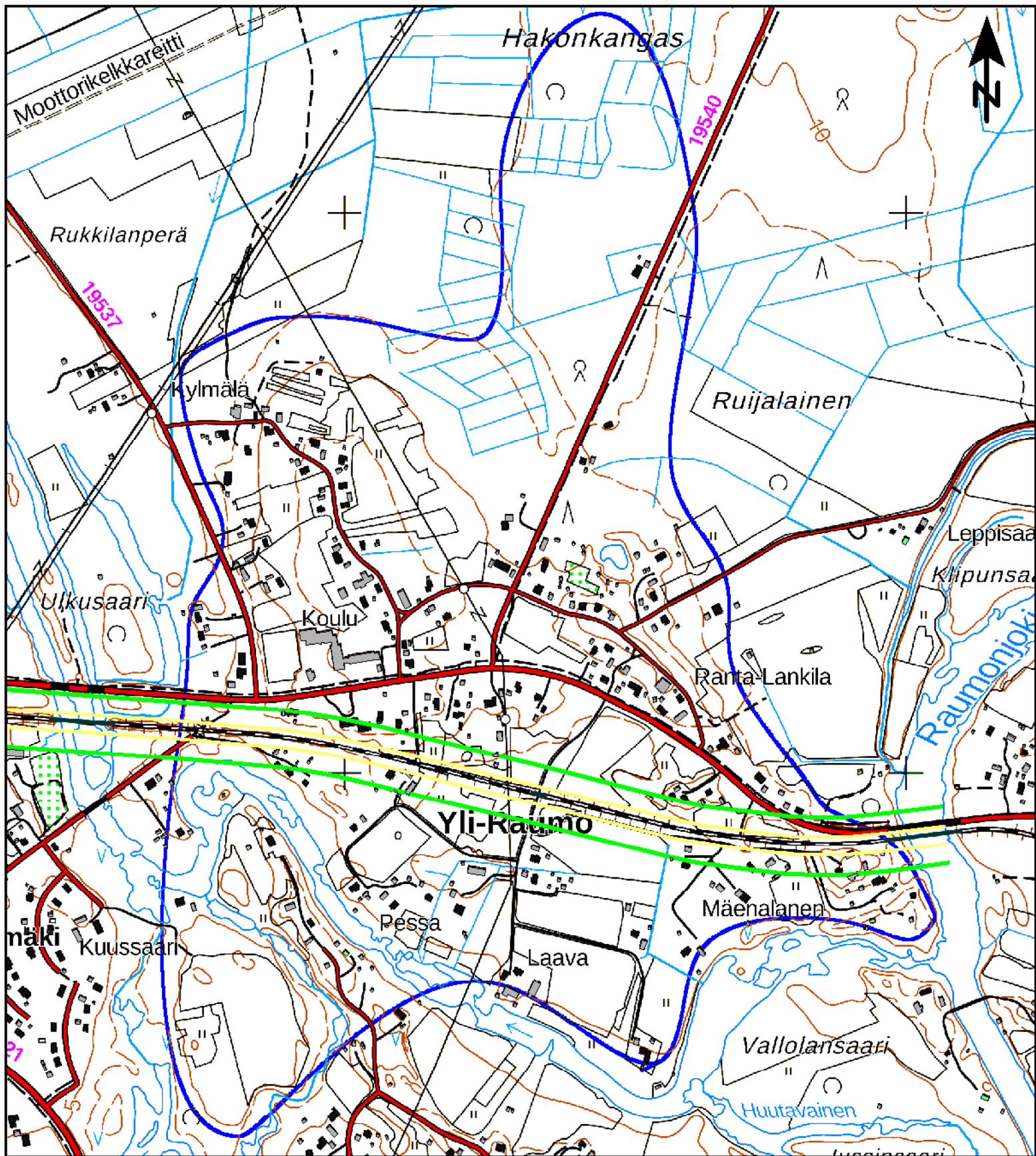
Selitteet

— Kaavoitettavan alueen raja

■ Asuinrakennus

■ Lomarakennus

■ Muu rakennus



Tornion kaupunki **Tornion YK 2040 raideliikenteen** **tärinä- ja runkomeluselvitys**

Raideliikenteen runkomelutaso L_{pm}

Yli-Raumo, Ennustetilanne v.2050 (maksimiennuste)

JUNATIEDOT

Veturivetoinen juna: nopeus 35 km/h

Mittakaava (A4)

0 50 100 200 300 m

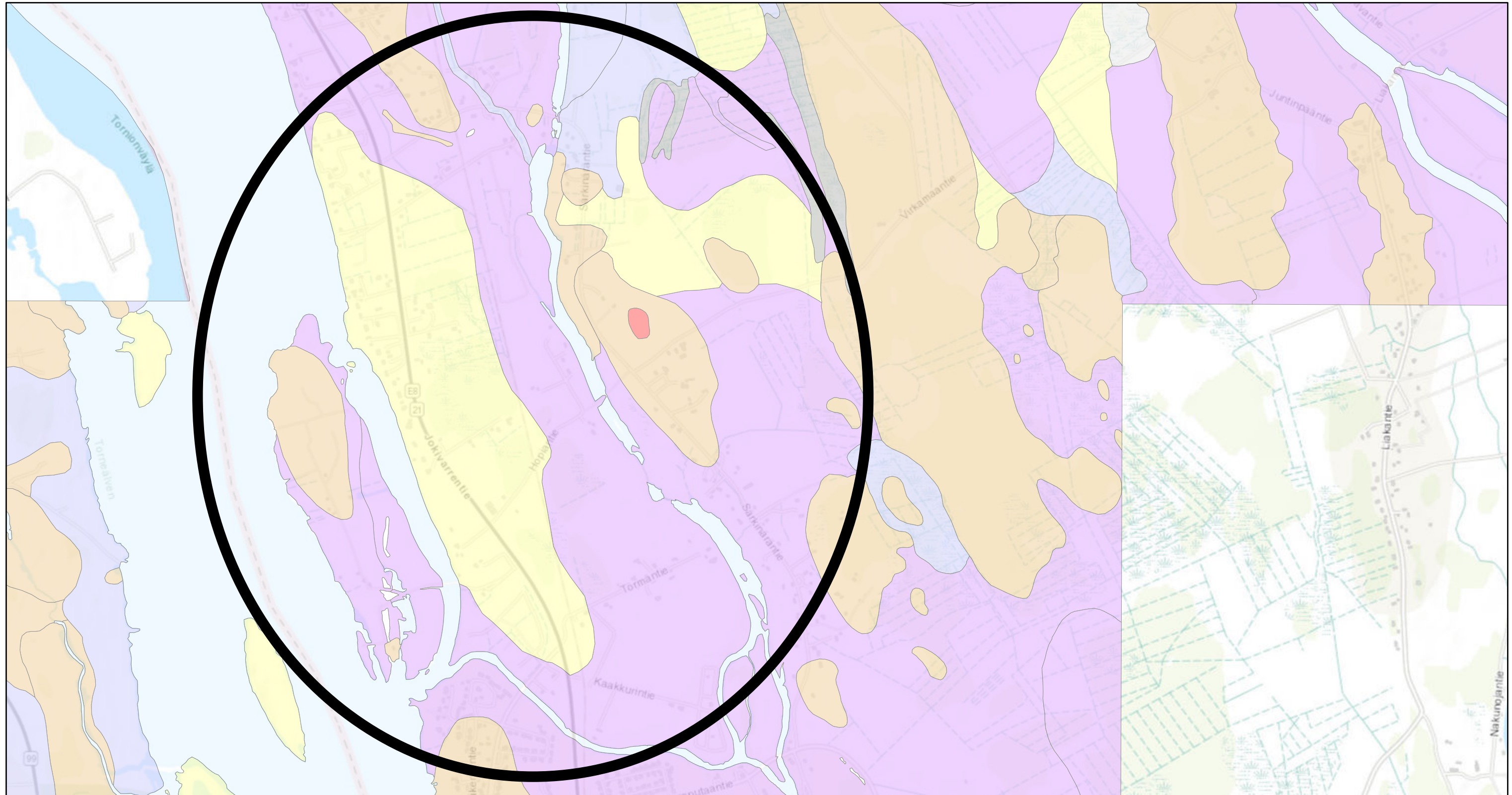
Runkomelutaso

L_{pm} [dB]



Selitteet

- Kaavoitettavan alueen raja
- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Muu rakennus



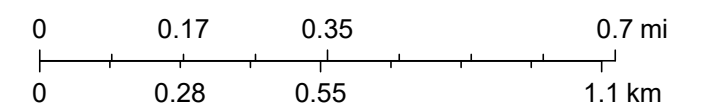
30.1.2024 16.52.36

GTK, maaperäkartta, 1:20 000

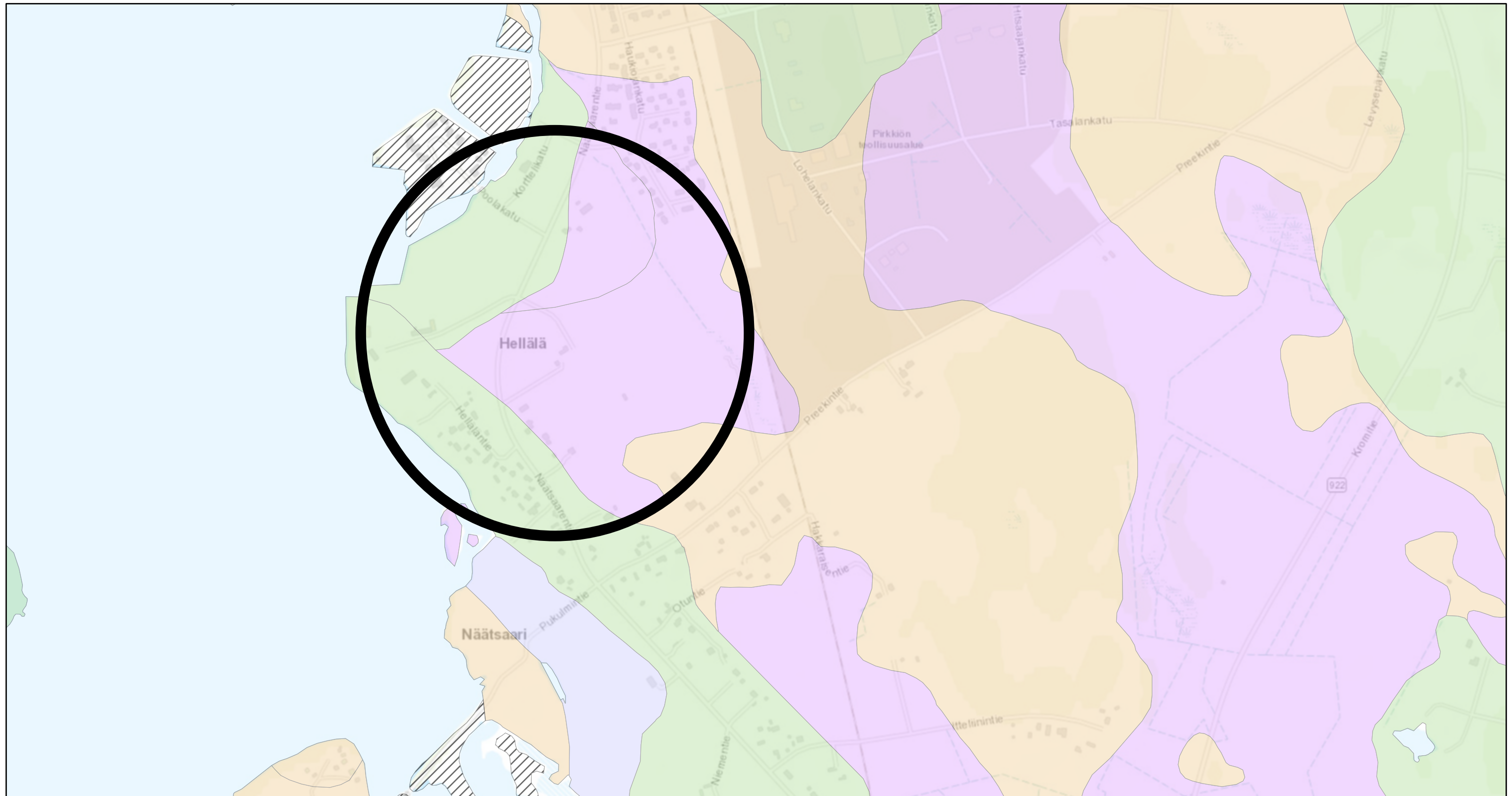
- Kalliomaa, maanpeite enintään 1 m (yleensä moreenia) (Ka)
- Hiekkamoreeni (Mr), Soramoreeni (SrMr)
- karkea Hieta (KHt)
- hieno Hieta (HHt)

- Hiesu (Hs)
- Rahkaturve (St)
- Saraturve (Ct)
- Kartoittamaton (0)
- Vesi (Ve)

1:36,112



National Land Survey of Finland, Esri, HERE, Garmin, USGS, METI/NASA



29.1.2024 15.28.46

GTK, maaperäkartta, 1:20 000

Hiekkamoreeni (Mr), Soramoreeni (SrMr)

Hiekka (Hk)

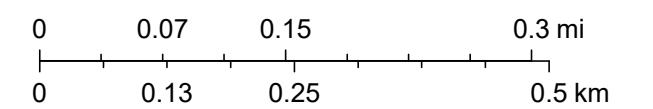
hieno Hieta (HHt)

Hiesu (Hs)

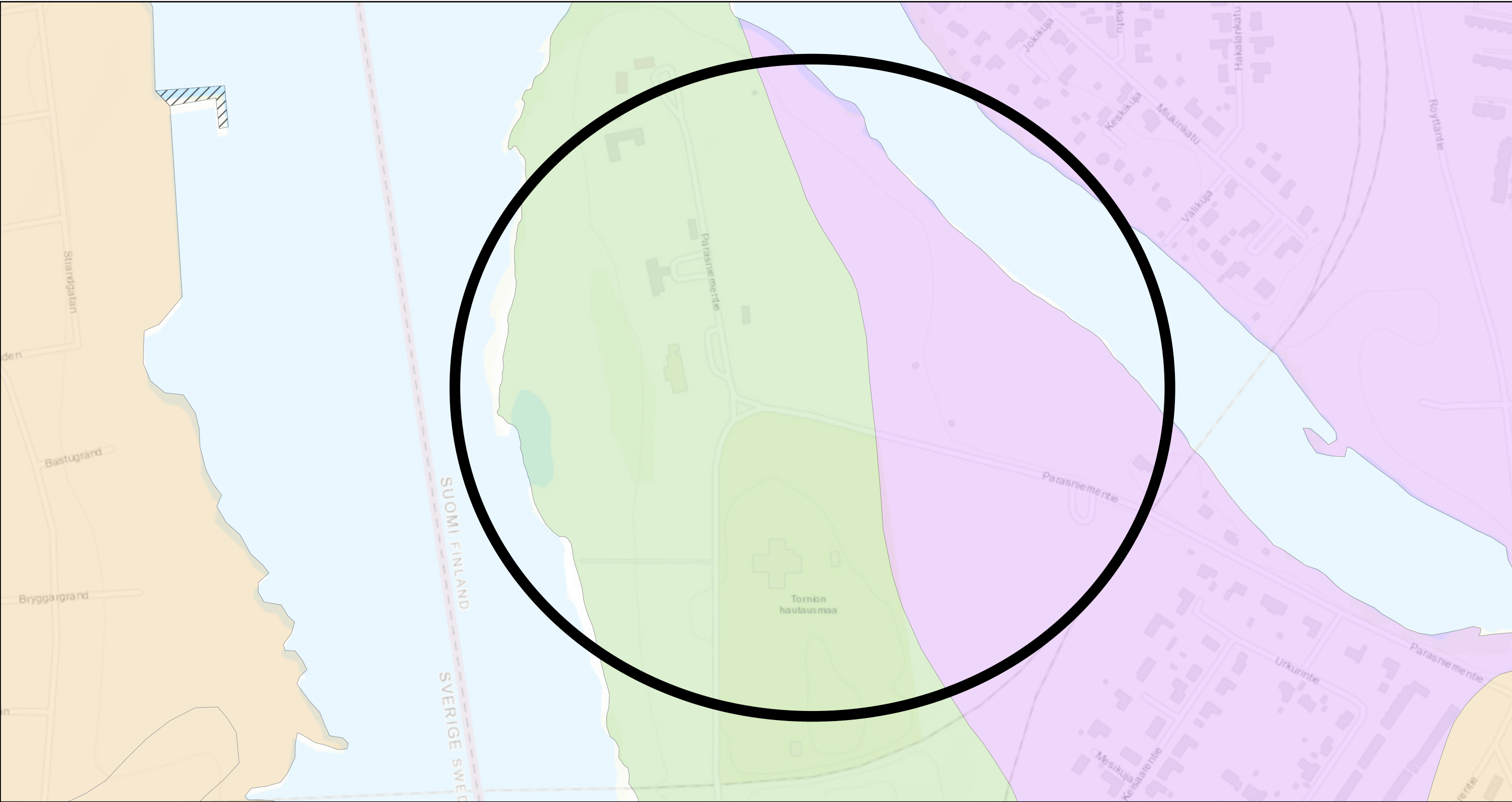
Täytemaa (Ta)

Vesi (Ve)

1:18,056



National Land Survey of Finland, Esri, HERE, Garmin, USGS, METI/NASA



29.1.2024 15.39.51

GTK, maaperäkartta, 1:20 000

Hiekkamoreeni (Mr), Soramoreeni (SrMr)

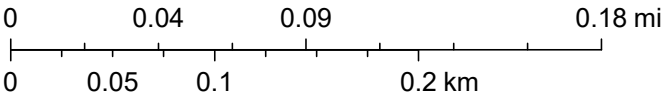
Hiekka (Hk)

hieno Hieta (HHt)

Täytemaa (Ta)

Vesi (Ve)

1:9,028



National Land Survey of Finland, Esri, HERE, Garmin, USGS, METI/NASA

