

MENETELMÄT TÄRINÄ- JA RUNKOMELUHAITAN ARVIOINNISSA

Timo Huhtala

Helimäki Akustikot
Sinkokatu 11, 26100 RAUMA
timo.huhtala@helimaki.fi

1 JOHDANTO

Raideliikenne aiheuttaa ratarakenteeseen värähtelyä, joka maaperän välityksellä siirtyy rakennuksiin. Raideliikenteen aiheuttama värähtely voi ilmetä rakennuksissa tärinänä, runkomeluna ja rakenteellisina vaurioina. Asukas tai tilan käyttäjä aistii tärinän tuntoaistin välityksellä liikkeenä, kun taas runkomelu aistitaan kuuloaistin välityksellä pienitaajuisena äänenä. Viime vuosina käytettävät arviointimenetelmät ovat kehittyneet nopeasti mutta niitä on sovellettu vaihtelevasti maankäytön suunnitteluun.

2 KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT

Viime vuosina tärinän ja runkomelun arviointimenetelmät sekä suositukset raja-arvoiksi ovat kehittyneet nopeasti [1], [2], [3], [4]. Lisäksi yhdyskuntarakenteen tiivistyminen ja maankäytön tehostaminen ovat samanaikaisesti lisänneet rakentamista rautateiden läheisyydessä. Siksi yhä useammassa hankkeissa toteutetaan erilaisia värähtelynvaimennusratkaisuja riittävän hyvien asuin- ja työskentelyolosuhteiden saavuttamiseksi [5].

2.1 Runkomelun arviointimenetelmät

Perinteisesti runkomelutason hetkellistä huippuarvoa on arvioitu A-painotetun hetkellisen enimmäisnopeustason perusteella lisäämällä siihen huonetilan dimensioiden, rakenteiden sekä huonevaimennuksen vaikutuksen huomioiva termi [6]. Laskennallisesti arvioituna tavanomaisen osittain kiviaineksisen asuinhuoneen A-painotettu äänitaso voi olla esimerkiksi 15 dB korkeampi kuin rakenteesta mitattu nopeustaso, jolloin huoneen hetkellinen enimmäisäänitaso voidaan arvioida kaavalla

$$L_{A,S,max} = L_{v,A,S,max} + 15dB, \quad (1)$$

jossa $L_{v,A,S,max}$ on A-taajuuspainotettu ja slow-aikavakiota käyttäen mitattu hetkellinen enimmäisnopeustaso ($v_{ref}=50\text{nm/s}$).

Vuonna 2009 esitti VTT runkomelun arvioimiseksi laskentamenetelmän, joka pohjautuu amerikkalaiseen laskentamalliin [4], [7], [8]. Lisäksi esitettiin maaperästä tai koeperustuksista mitattuun värähtelynopeuteen perustuva arviointimenetelmä, jolla voidaan arvioida rakennuksessa esiintyvä runkomelutaso. Arviointimenetelmässä mittaustulosta korjataan laskentamallin mukaisilla korjaustermeillä rakennuksen sekä äänitason muuntoon (yksikkömuunnos) tarvittavien korjaustermien osalta. Tällöin arvioitu hetkellinen enimmäisrunkomelutaso rakennuksessa arvioidaan kaavalla

$$L_{pA,S,max} = L_{v,A,S,max} + \sum \Delta L_v, \quad (2)$$

jossa $L_{v,A,S,max}$ on A-taajuuspainotettu ja slow-aikavakiota käyttäen mitattu hetkellinen enimmäisnopeustaso ($v_{ref}=1\text{nm/s}$) ja $\sum \Delta L_v$ laskentamallin mukaisten korjaustermien summa. Laskentamallilla saataville tuloksille on suositeltu käytettäväksi varmuusmarginaalia 6dB. Koska mittausten menetelmässä tulokseen sisältyy suuri osa laskentamallin lähtötietoina käytettävistä muuttujista, on käytännössä mittausten menetelmälle yleensä sovellettu pienempää varmuusmarginaalia esimerkiksi 3dB. Käytännössä runkomelua arvioidaan yleensä kohteissa, jotka ovat kalliolla tai jäykässä yhteydessä perustustensa välityksellä muuhun kovaan maaperään, jolloin rakennuksen perustusten korjaustermi on laskentamallin mukaan 0dB. Lisäksi rakenneosien resonanssin osalta laskentamallissa esitetään käytettäväksi korjaustermiä 6dB ja äänitason muunnon osalta korjaustermiä -28dB. Tällöin laskentamallin mukaisten korjauskertoimien summa $\sum \Delta L_v$ rakennuksen alimpaan kerrokseen määritettynä on yhteensä -19dB. Näin ollen kaavan (2) mukaan laskettuna mielivaltaiselle mittaustulokselle x saadaan tässä tapauksessa runkomelutaso VTT:n menetelmän mukaan seuraavasti

$$L_{pA,S,max} = 20 \log\left(\frac{x}{1 * 10^{-9}}\right) - 19 \text{dB} \quad (3)$$

ja samalle mittaustulokselle perinteisen menetelmän mukaan eli kaavan (1) mukaisesti seuraavasti

$$L_{A,S,max} = 20 \log\left(\frac{x}{50 * 10^{-9}}\right) + 15 \text{dB}. \quad (4)$$

Tässä tapauksessa, joka edustaa käytännössä yleisintä arviointitilannetta, näiden kahden arviointimenetelmän väliseksi eroksi saadaan

$$\Delta = L_{A,S,max} - L_{pA,S,max} = 0,02 \text{dB} \quad (5)$$

eli menetelmät johtavan yhtenevään lopputulokseen. Näin ollen suurimmassa osassa runkomeluselvityksistä ei ole lopputuloksen osalta eroa onko arviointi tehty perinteisellä vai uudemmalla VTT:n menetelmällä.

2.2 Arviointitasot

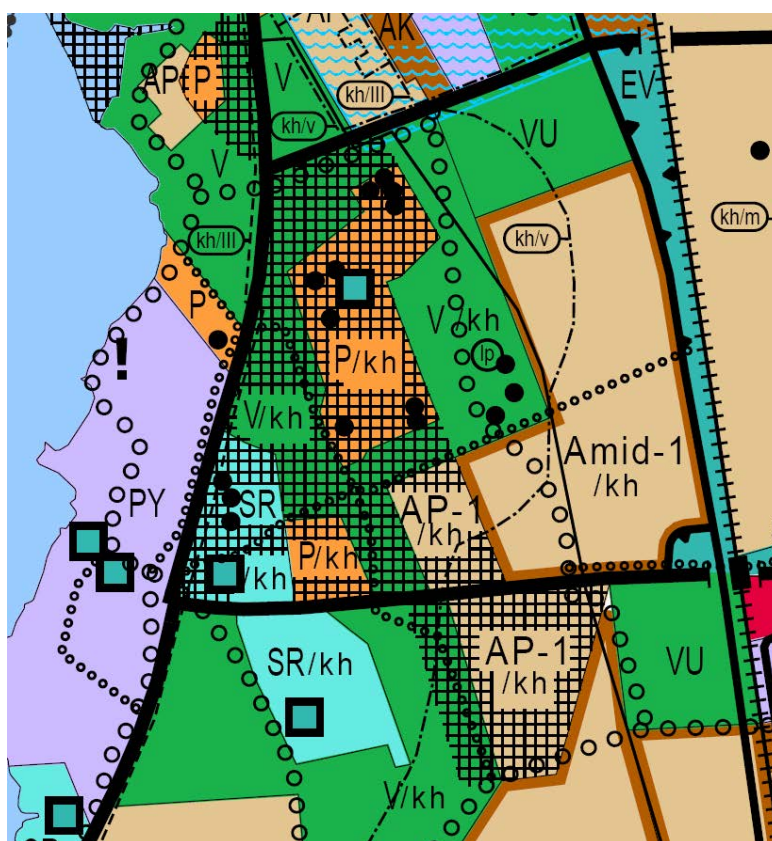
Raideliikenteen tärinä- ja runkomeluhaittoja voidaan arvioida eri tarkkuustasoilla riippuen maankäytön suunnitteluvaiheesta sekä tavoiteltavasta tarkkuustasosta [2]. Ensimmäinen ja karkein arviointitaso perustuu kokemusperäisiin suojaetäisyyksiin maaperän ja liikennöivän kaluston perusteella, jolloin tarkoituksena on arvioida lähinnä tarkemman selvityksen tarvetta. Toinen arviointitaso perustuu kyselytutkimukseen, laskennalliseen arviointiin tai tarkistusmittauksiin kohteessa, jolloin pyritään arvioimaan tarkemmin riskialueen suuruutta. Kolmas arviointitaso perustuu mittauksiin, jolloin tarvittaessa tehdään pidempikestoinen seurantamittaus. Maankäytön eri suunnitteluvaiheiden osalta ei voi ennalta yksikäsitteisesti määrittää soveltuva arviointitasoa sekä selvitystapaa, koska parhaiten soveltuva metodi määräytyy

tarvittavan tarkkuustason sekä kohteen asettamien rajoitusten perusteella. Tästä syystä seuraavissa kappaleissa esitellään yhden kohteen eri suunnitteluvaiheessa tehtyjä selvityksiä sekä niiden soveltuvuutta eri vaiheisiin.

3 JÄRVENPÄÄN LEPOLA

Lepolan alue sijaitsee Järvenpään keskustan eteläpuolella ja on kooltaan noin 120 ha. Suunnittelun alkaessa alueen keskellä oli entinen Maatalousnormaalikoulu peltoineen sekä alueen eteläosalla Sibeliuksen Ainola. Suunnittelualue rajoittuu itäreunalla pääarataa, maaperän ollessa radanvarrella pääasiassa vaihtelevan paksuista savikkoa. Alueen eteläreunalla pintakerrosten alla on moreenikumpareita ja pohjoisreunalla pintakerrosten alla on hiekkainen harjanne. Pääradalla liikennöi kauko- ja tavarajunien lisäksi lähijunia, jotka pysähtyvät Kyrölän asemalla, joka sijaitsee hieman alueen puolenvälin eteläpuolella.

3.1 Yleiskaava



Kuva 1. Ote voimassa olevasta vuoden 2004 yleiskaavasta Lepolan alueelta (www.jarvenpaa.fi).

Järvenpään nykyisin voimassa olevan yleiskaava on tullut lainvoimaiseksi 2004 ja parhaillaan laaditaan yleiskaavan toteuttamisohjelmaa. Aikaisemmassa yleiskaavassa vuodelta 1982 Lepolan alue oli varattu maa- ja metsätaloudelle. Yleiskaavan uudistamisen yhteydessä Lepolan alueelle sijoitettiin tiivistä pientalovaltaista asuntoaluetta (kuva 1). Yleiskaavassa todettiin, että tehokkaammat rakentamisen

vyöhykkeet tulisi sijoittaa lähimmäksi rataa, jolloin ne toimisivat samalla melunsuojauksena. Tehokkuudet alenisivat asteittain maatalousnormaalikoulua kohden. Yleiskaavassa asuinrakennukset sijoittuivat selkeästi arviointitason 1 suojaetäisyyksien perusteella tärinän ja runkomelun osalta riskialueelle, sillä lähimpien rakennusten julkisivut sijoittuivat noin 40 metrin etäisyydelle pääradasta. Yleiskaavan luonnosvaiheessa asuinrakennukset oli suunniteltu sijoitettavaksi kauemmas pääradasta, jolloin radan ja rakennusten väliin olisi jäänyt urheilu – ja virkistyspalvelujen alue, joka olisi samalla toiminut suojavyöhykkeenä. Maatalousnormaalikoulun kulttuuriympäristön säilyttämisvaatimusten sekä rakentamistehokkuuden yhteensovittaminen johtivat lopulta hyväksytyssä yleiskaavassa rakennusmassojen siirtymiseen lähemmäs päärataa.

3.2 Osayleiskaava

Yleiskaavan Amid-1 -kaavamääräykseen liittyi velvoite laatia Lepolan alueelle osayleiskaava arkkitehtikilpailun pohjalta. Arkkitehtikilpailu järjestettiin kaksivaiheisena vuosien 2006 ja 2007 aikana ja Lepolan alueen osayleiskaavan suunnittelu käynnistettiin vuonna 2008 laatimalla kaavarunkosuunnitelma Arkkitehdit M3 Oy:n voittaja ehdotuksen pohjalta.

Kaavarunkotyön yhteydessä selvitettiin tarkemmin tärinän ja runkomelun riskialueita suorittamalla arviointitasoa 2 vastaavat lyhyemmän ajanjakson tarkistusmittaukset maaperästä. Koska liikennöivän kaluston, maaperän ja etäisyyksien perusteella oli odotettavissa, että tärinä- ja runkomelutasot alueella ovat suhteellisen korkeita, päädyttiin selvitykset suorittamaan mittauksin. Mittauksin saavutetaan yleensä tarkempaa tietoa mahdollisten haittojen suuruudesta kuin esimerkiksi laskentamallein. Kyselytutkimus olisi periaatteessa ollut mahdollinen radan toiselle puolella olevalla jo rakennetulla alueella mutta maaperä poikkeaa osittain oleellisesti radan toisella puolelle siirryttäessä ja olemassa oleva rakennuskanta poikkeaa radan lähelle suunnitelluista rakennuksista. Joissakin tapauksissa mittaukset eivät ole mahdollisia, jolloin muilla tavoilla saatavat tulokset voivat olla hyödyllisiä. Tällainen tapaus on esimerkiksi uusien väylien suunnittelu olemassa olevan rakennuskannan sekaan, jolloin esimerkiksi laskentamalleilla saatavat tulokset voivat olla järkevä etenemistapa.

Mittauksia suoritettiin kartoitusluonteisesti yhteensä kolmella alueella, jolloin mittauspisteitä sijoitettiin alueelle radansuuntaisesti sekä eri etäisyyksille radasta. Mittaustulosten perusteella pystyttiin arvioimaan osa radasta kauemmaksi suunnitellusta rakennuskannasta tärinän ja runkomelun osalta turvallisiksi alueeksi, jolla tarkempi tarkastelu ei ole tarpeen. Sen sijaan rataa lähimpien rakennusten osalta ei suositeltuja tärinä- ja runkomelutasoja saavutettaisi ilman vaimennustoimenpiteitä. Tärinän ja runkomelun osalta pahimmat alueet vaihtelivat jonkin verran alueella radan suuntaisesti siirryttäessä. Vaihtelut tärinän ja runkomelun osalta noudattivat eri maalajien vaihtelua alueella. Koska tärinätasot pahimmalla alueella olivat huomattavan korkeita, suoritettiin kyseisellä alueella täydentäviä pidemmän ajan seurantamittauksia, jotka vastasivat siis arviointitasoa 3. Seurantamittausten perusteella tärinän kannalta pahimmallekin alueelle pystyttiin määrittämään vaimennusratkaisut, joiden avulla asuntorakentaminen olisi toteutettavissa siten, että tärinän osalta on mahdollista saavuttaa tavoitetasot.

Koska tärinä rajoittui suhteellisen kapealle taajuusalueelle, oli olemassa riski, että tärinätasot voimistuvat rakennuksessa välipohjien resonanssin seurauksena [3]. Tästä syystä osayleiskaavavaiheen selvityksissä tutkittiin tärinän kannalta ongelmallisiksi havaittujen alueiden osalta myös, onko mahdollista asettaa välipohjille rajoituksia, joita käyttämällä tärinätasojen voimistuminen rakennuksessa resonanssin seurauksena olisi mahdollista välttää. Tärinän ja runkomelun hallinnan osalta selvitettiin alustavasti myös muut mahdollisesti käytettävissä olevat keinot. Lähteeseen vaikuttavista keinoista pohdittiin mm. alueelle varauksena esitetyn uuden lisäraiteen vaikutuksia tärinä- ja runkomeluhaittoihin. Maaperään sijoitettavista vaimennusratkaisuista selvitettiin mm. pilaristabilointirakenteen toteuttamista osana rata-alueen ja rakennusten väliin suunniteltua uutta liikenneväylää. Rakennuksissa toteutettavista vaihtoehdoista selvitettiin edellä mainitun välipohjien resonanssitarkastelun lisäksi vaimennusrakenteiden käyttömahdollisuuksia. Runkomelun osalta mahdolliseksi vaimennusratkaisuksi arvioitiin joustavien vaimennusmattojen sijoittaminen rakennusten perustuksiin sekä tärinän kannalta rakennuksen kelluttaminen teräsjousien varaan. Rakennukseen sijoitettavien vaimennusratkaisuiden hyvänä puolena on niillä saavutettavien vaimennusarvojen hyvä ennustettavuus sekä mahdollisuus räätälöidä ratkaisu kohteen vaatimusten mukaiseksi. Näistä ratkaisuista onkin Suomessa viime vuosina saatu hyviä kokemuksia [5].



Kuva 2. Lepolan vuonna 2009 hyväksytty osayleiskaava (www.jarvenpaa.fi).

Osayleiskaava hyväksyttiin vuoden 2009 alussa ja sen määräyksissä esitettiin tavoitteet rakennuksien tärinä- ja runkomelutasoille sekä edellytettiin, että asemakaavassa on osoitettava tarpeelliset torjuntavaatimukset sekä toimenpiteet tärinä- ja runkomeluhaittojen osalta (kuva 2). Osayleiskaavan selostusosassa esitettiin tarkemmat

mahdollisuudet tärinä- ja runkomeluhaittojen huomioon ottamisesta sekä pohjakarttaan merkittynä alueittain arvioidut tarvittavat toimenpiteet haittojen vähentämiseksi.

3.3 Asemakaava

Lepolan asemakaavoitus käynnistettiin vuonna 2009 kumppanuuskaavoituksena alueen koillisreunan osalta. Menettelyssä alueen asemakaava laadittiin yhteistyössä suunnittelu- ja tontinluovutuskilpailun perusteella valittujen kumppanien sekä kaupungin kesken. Asemakaavamääräyksiin sekä selostukseen tärinää ja runkomelua koskevat tavoitearvot siirtyivät osayleiskaavasta sellaisenaan mutta asemakaavassa määrättiin rakenteet suunniteltavaksi siten, että vältetään resonanssin vaikutus tärinätasoihin. Lisäksi osa rakennuksista määrättiin eristettäväksi maaperästä runkomelun vaimentamiseksi. Eristimien tarpeellisuus määrättiin tarvittaessa arvioitavaksi tarkistusmittausten avulla.

Kumppanuuskaavoituksen aikana kesällä ja syksyllä 2010 suoritettiin osalla kortteleista tarkentavia mittauksia tärinän ja runkomelun osalta. Tarkentavien mittausten pääasiallinen tavoite oli tarkentaa runkomelutasoja eri etäisyyksillä sekä määrittää runkomelun kannalta merkittävimmät taajuusalueet eristinsuunnittelun lähtötiedoiksi. Mittauksia varten suunniteltujen rakennusten sijainneille tehtiin koeperustuksia, jotta pystyttäisiin minimoimaan maaperästä tehtäviin runkomelumittauksiin sisältyviä epävarmuuksia. Koeperustuksista saatujen mittaustulosten perusteella pystyttiin määrittämään yksittäiset eristettävät rakennusmassat sekä yksilöimään vaimennusmateriaalien ominaisuudet ja siten myös tarkentamaan vaimennusperiaatteen kustannusarviot. Syksyllä 2010 alueen asemakaava tuli lainvoimaiseksi.

VIITTEET

1. TALJA, A, *Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta*. VTT tiedotteita 2278. Espoo 2004.
2. TÖRNQVIST J & TALJA A, *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa*. VTT Working Papers 50. Espoo 2006.
3. TALJA A, VEPSÄ A, KURKELA J & HALONEN M, *Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi*. VTT tiedotteita 2425. Espoo 2008.
4. TALJA A & SAARINEN A, *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi*. Esiselvitys, VTT tiedotteita 2468. Espoo 2009.
5. HUHTALA T, *Raideliikenteen tärinä- ja runkomeluselvityksiä sekä vaimennusratkaisuja*. *Akustiikkapäivät 2009*. Vaasa, 14.-15.5., Akustinen Seura ry, s. 80-85.
6. PELTONEN T, BACKHOLM M & LAHTI T, *Raideliikenteen melu- ja tärinätutkimuksia*. *Akustiikkapäivät 2005*, 26.-27.2005, Kuopio, 135-140.
7. Federal Railroad Administration. U.S, Department of Transportation. Report HHHM No. 2936304. *Highspeed ground transportation. Noise and vibration impact assessment*. Washington 2005.
8. Federal Transit Administration. U.S, Department of Transportation, Office of Planning and Environment. Report FTAVA90100306. *Transit noise and vibration impact assessment*. Washington DC 2006.