

AKUSTIIKAN SUUNNITTELUA JA MITTAUKSIA LÄNSIMETRO-HANKKEESSA

Tuukka Lyly

WSP Finland Oy
Heikkiläntie 7, 00210 HKI
tuukka.lyly@wspgroup.fi

1 JOHDANTO

Helsingin metron liikennöinti aloitettiin vuonna 1982 välille Rautatientori – Itäkeskus. Kolmenkymmenen vuoden aikana Helsingin metrolinjasto on laajentunut vaiheittain, viimeksi Ruoholahteen vuonna 1993 ja Vuosaareen vuonna 1998 [1]. Asemia Helsingin metrossa on tällä hetkellä 17 kpl ja radan yhteispituus on 21,1 km [1]. Metro kuljettaa vuosittain noin 58 miljoonaa matkustajaa [1].

Länsimetro on Helsingin Ruoholahden ja Espoon Matinkylän välille rakennettava metrolinja, joka jatkaa Helsingin metroa noin 14 kilometrillä ja seitsemällä asemalla. Metrolinjan rakentamisesta päättivät Helsingin ja Espoon kaupunginvaltuustot vuonna 2008 ja rakennustyöt käynnistyivät syksyllä 2009. Metron odotetaan olevan käytössä vuonna 2015 [1].

Länsimetro kulkee koko matkaltaan tunnelissa ja se rakennetaan paikoin tiiviistikin asutettujen kaupunkialueiden alapuolelle keskimäärin noin 35–50 metrin syvyyteen. Tiheästi asuttuja alueita metrolinjan varrella ovat mm. Ruoholahti ja Lauttasaari Helsingin puolella sekä Tapiola ja Matinkylä Espoossa. Rakentamisen ja käytön aikana suunnittelussa tulee erikseen ottaa huomioon Otaniemen alue, jossa sijaitsee värähtelyille ja melulle herkkiä mittalaitteita.

Rakennusalueiden läheisyydessä tulee kiinnittää huomiota siihen, että alueella asuvat ihmiset eivät altistu rakennustöiden aiheuttamille haitoille, joita saattaa syntyä esimerkiksi melusta ja tärinästä. Pitkäaikaisissa jaksoissa ja yöaikana esiintyvät häiriöt voivat huonontaa asumisviihtyvyyttä ja heikentää terveyttä merkittävästi.

WSP Finland Oy on toteuttanut Länsimetron rakentamiseen ja käyttöön liittyviä selvityksiä, joissa on arvioitu ja mitattu metrolikenteen synnyttämää runkomelua sekä mitattu porausten, kallion rusnauksen, tunnelin tuulettamisen, louheen kuljetuksen ja räjäytysten aiheuttamaa melua.

2 MELUSELVITYKSET

2.1 Melulle annetut raja-arvot

Rakentamisen aiheuttamien melutasojen kriteereinä käytetään Valtioneuvoston päätöksessä 993/1992 määrättyjä ohjearvoja sekä Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysoppaan ohjeita. Lisäksi Uudenmaan ELY-keskus on antanut rakennustyömaiden meluilmoitusta koskevissa päätöksissä määräyksiä rakentamisen aiheuttamien melutasojen selvittämisestä, suurimmista sallittavista melutasoista sekä rakentamisen ajallisista rajoituksista. ELY-keskuksen antamissa päätöksissä on kuvattu kullekin rakentamisen toiminnalle omat toiminta-ajat ja melun ohjearvot, joita työvaiheen ei tulisi ylittää (erityisesti ilta- ja yöaikana). Jos työn synnyttämän melun keskiäänitaso pysyy tarpeeksi matalalla tasolla, voidaan työtä jatkaa tarvittaessa läpi vuorokauden.

2.2 Runkomeluselvitys

WSP Finland Oy toteutti Länsimetron runkomeluarvioinnin syksyn 2009 ja talven 2009 - 2010 aikana. Runkomeluselvityksen tarkoituksena oli kartoittaa alueet, joilla raiteilla etenevän metrojunan värähtelystä syntyvää runkomelua havaitaan ja millaisia runkomelun äänenpainetasoja rakennuksissa näillä alueilla syntyy. Suomessa ei ole annettu viranomaispäättöstä runkomelun ohjearvoista, joten Länsimetron runkomeluselvityksessä on sovellettu asuinrakennuksille VTT:n raportissa ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, Talja, Saarinen” annettua ohjearvoa $L_{prm} = 30$ dB, joka kuvaa äänitason arvoa, kun 95 % ohiajoista alittaa annetun ohjearvon. L_{prm} lasketaan kaavalla

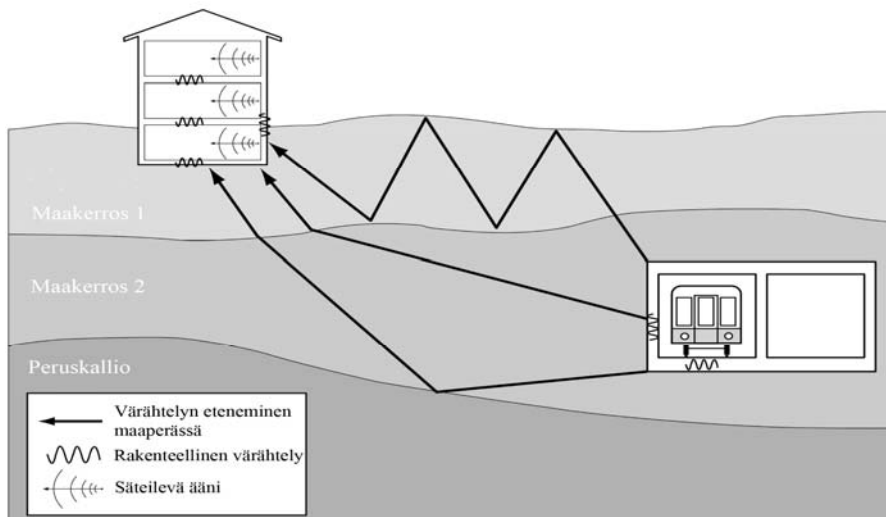
$$L_{prm} = L_{pASmax,mean} + 1,65 \cdot s, \quad (1)$$

jossa $L_{pASmax,mean}$ on runkomelutasojen enimmäistasojen (slow-aikapainotettu) keskiarvo ja s mittaustulosten standardihajonta [2].

2.2.1 Runkomelun synty

Runkomelua syntyy kun raiteilla etenevä juna synnyttää maaperään värähtelyä. Tämä värähtely etenee kovassa tai kallioisessa maaperässä ja voi kytkeytyä läheisten rakennusten perustuksiin. Värähtely etenee rakennuksen perustuksissa ja vapautuu ilmaääneksi (runkoääneksi) rakennuksen huonepinnoista synnyttäen matalan jyrisevän äänen taajuusalueella n. 20–250 Hz. Raideliikenteen aiheuttaman runkomelun synty on esitetty kuvassa 1.

Länsimetron tapauksessa turvaetäisyys (taso, jolla runkomelun taso $L_{prm} < 30$ dB) kallioiseen maaperään perustetulle tai paalutetulle rakennukselle on noin 150 m [2]. Arvioinnin mukaan yli 35 dB runkomelutasoja voidaan laskennallisesti saavuttaa noin 15–40 metrin etäisyydellä radan keskipisteestä.



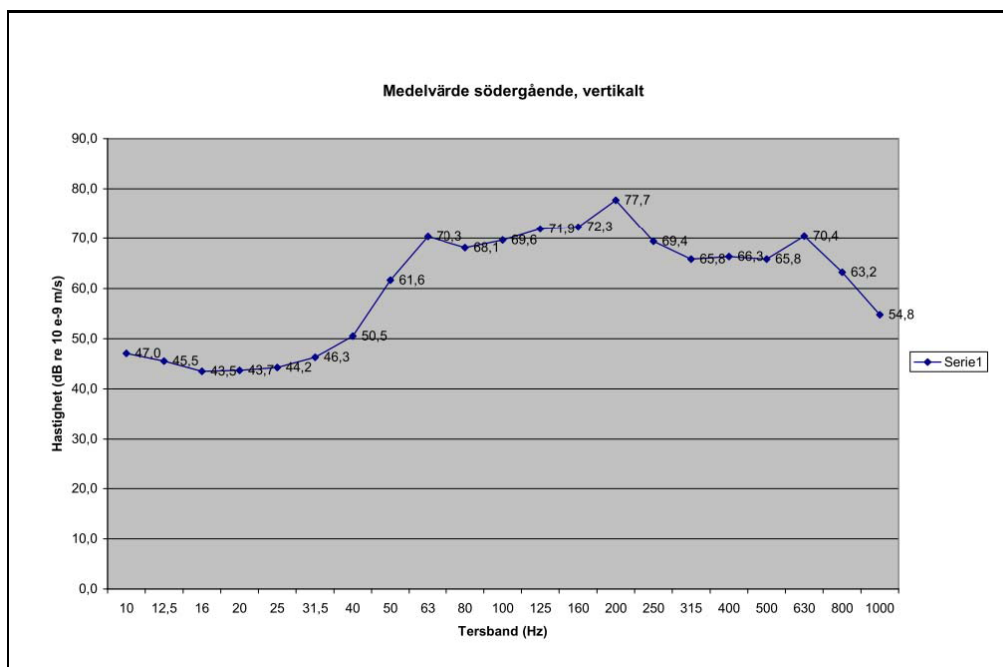
Kuva 1. Runkomelun syntyminen [3].

Runkomeluselvityksen työvälineenä käytettiin E.E Ungarin ja E.K. Benderin vuonna 1975 luomaa mallia, joka perustuu värähtelyn lähtöarvon määrittämiseen. Mallin mukaan arvio pitkätaisten P-aaltojen vaimenemisesta voidaan saavuttaa kaavalla

$$A_T = A_s + A_d + A_i + A_l - \Delta L_B, \quad (2)$$

jossa A_s on viivalähteestä syntyvän energian levitessä syntyvä häviö, A_d kuvaa kalliossa ja maaperässä tapahtuvaa sisäisten häviöiden aiheuttamaa vaimenemista, A_i kuvaa kahden eri maakerroksen välisissä yhtymäkohdissa tapahtuvaa vaimenemista ja A_l maakerrosten yhtymäkohdissa tapahtuvaa vaimennusta kahden rajakerroksen tapauksessa (saman maa-aineksen välissä toinen maakerros). ΔL_B kuvaa rakennusten kerrosluvun vaikutusta värähtelyn ja runkoäänien vaimentumiseen [4]. Ungar ja Bender esittivät, että runkomelutaso vaimenee rakennuksessa noin 3 dB/kerros kerroksia ylöspäin mentäessä [4].

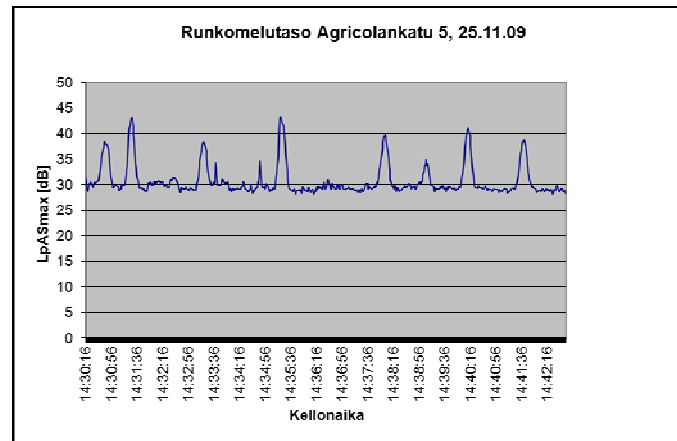
Runkomeluselvitystä varten toteutettiin värähtelyn lähtötason mittaukset Hakaniemessä metron vaimentamattomalla osuudella 19.10.2009. Mittausten tulos on esitetty kuvassa 2. Värähtelymittaus suoritettiin yli 40 metron ohiajolle, jonka tuloksista on muodostettu kuvan 2 keskiarvo.



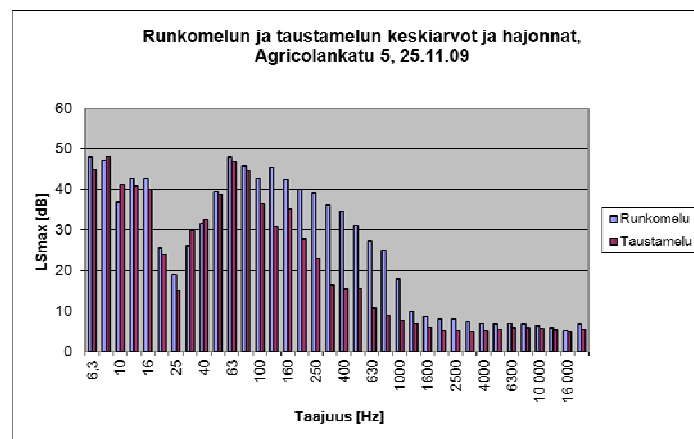
Kuva 2. Värähtelynopeuden lähtötaso – Helsingin metro, Hakaniemi.

Runkomelun aiheuttamia melutasoja mitattiin useissa kohteissa Helsingin Kalliossa (vaimentamattomilla alueilla) syksyn 2009 aikana. Mittausten tarkoituksena oli tehdä vertailua mittausten ja laskentamallin arvojen kesken. Lisäksi mittauksista saatiin arvokasta tietoa runkomelun voimakkuudesta ja taajuusalueesta kyseisellä alueella. Kuvassa 3 on esitetty osoitteessa Agricolankatu 5 kellaritilassa suoritetun runkomelumittauksen tulos ja kuvassa 4 metron ohiajon synnyttämät äänen taajuudet terssikaistoittain.

Arvioinnin perusteella voidaan suunnitella tarvittavan runkomelun vaimennuksen tarvetta kulakin rataosuudella. Arvioinnin perusteella runkomeluvaimennusta tarvitaan yhteensä noin 24 kilometrin osuudella, joista 0-5 dB vaimennustarve noin 6 kilometrillä ja 5-10 dB vaimennustarve noin 6 kilometrillä. Laskennallisen arvioinnin perusteella Länsimetrossa ei ole rataosuuksia, joissa tarvittaisiin yli 10 dB runkomelun vaimennusta asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi.



Kuva 3. Metron ohiajon synnyttämiä runkomelutasoja.



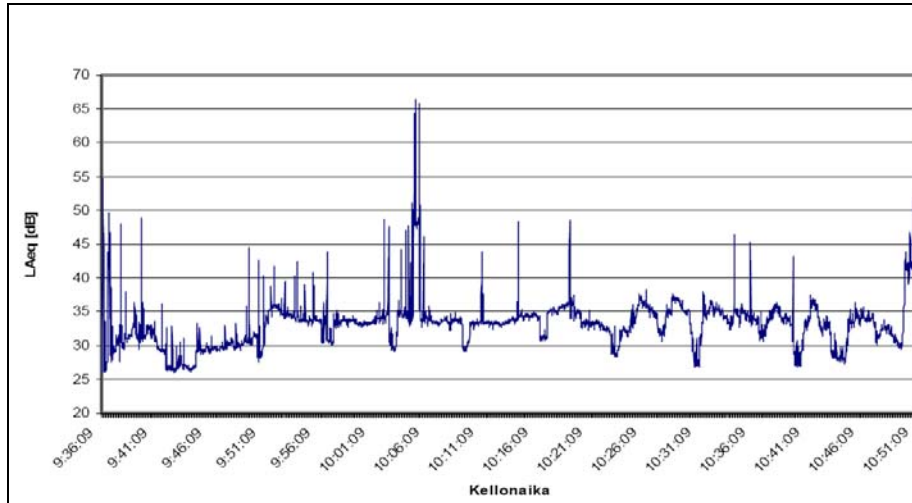
Kuva 4. Metron ohiajon synnyttämät taajuudet terssikaistoittain.

2.2.2 Runkomelun vaimentaminen

Metroliikenteen aiheuttamia runkomelutasoja voidaan vaimentaa lukuisilla eri materiaaleilla. Vaimennus voidaan toteuttaa useassa kohdassa ratarakenteissa, mutta yleisin keino vaimentaa runkomelua on radanalussepelin alle asennettava vaimennusmatto tai – levy. Tuotteita valmistetaan mm. polyuretaanista, polyeteenivaahdosta, kumista ja kivivillasta. Sepelin alle asennetulla vaimennusmateriaalilla voidaan saavuttaa yli 10 dB (>30 Hz kaistalla) runkomeluvaimennus materiaalin paksuudesta riippuen. Vaimennusmateriaalin painuman junan ohiajon aikana tulisi olla vähemmän kuin 3 mm [5], jotta radan tukiominaisuudet pysyvät muuttumattomina. Tehokkain, jopa 20 dB vaimennus koko taajuuskaistalla saavutetaan kun ratarakenne rakennetaan kokonaan kelluvalle laatalle [2].

2.3 Porausmelu

WSP Finland Oy on mitannut tunneli- ja pystykuilujen porauksesta syntyviä melutasoja useissa kohteissa Ruoholahden ja Lauttasaaren alueella. Tunneliporaus synnyttää etenevän junan tavoin kallioperään värähtelyä, joka voi ilmetä huoneistoissa häiritsevänä runkomeluna. Porauksen synnyttämän runkomelun taso on voimakkaasti riippuvaista mm. porauksen sijainnista rakennukseen nähden, poraustehosta sekä poran tyypistä. Kuvassa 5 on esitetty porauksen synnyttämiä keskiäänitasoja eräässä huoneistossa Helsingissä.



Kuva 5. Porausmelun synnyttämiä keskiäänitasoja.

Uudenmaan ELY-keskuksen päätöksen mukaisesti porauksen synnyttämien melun keskiäänitasojen tulee olla $L_{Aeq} < 40$ dB (Klo 07.00 - 18.00) ja $L_{Aeq} < 35$ dB (Klo 18.00 - 22.00). Yöaikana louhintaan liittyvää porausta ei saa suorittaa. Porausmelun synnyttämä runkoääni on luonteeltaan tasaista, jurisevaa, poramaista ääntä, jonka taajuusalue on matala (50 – 250 Hz poraustehosta riippuen).

3 YHTEENVETO

Jotta Länsimetron kaltaisen suuren infrahankkeen rakentamisen ja metron käytön aikana syntyvät äänet ja melu eivät aiheuttaisi häiriötä rakennus- ja lähialueilla asuvien ihmisten normaaliin elämiseen, tulee eri työvaiheiden ja – välineiden synnyttämät melutasot selvittää. Lisäksi käytön aikaisen huolellisen suunnittelun avulla esim. runkomelua vastaan voidaan välttää mahdollisia sudenkuoppia ja meluongelmia tulevaisuudessa. Länsimetroa koskeva hanke vaatii monipuolisia akustisia selvityksiä: runkomelu ja sen vaimennuksen suunnittelu, metroasemien akustinen suunnittelu, rakentamisen aiheuttamien haittojen arviointi, ennakointi ja haittojen vähentäminen suunnittelun keinoin.

4 VIITTEET

1. <http://www.lansimetro.fi>
2. Asko Talja & Ari Saarinen, *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi*, VTT tiedotteita 2468, Espoo 2009
3. Carl E. Hanson, David A. Towers, Lance D. Meister, *Transit noise and vibration impact assessment*, Department of transportation United States of America, Federal transit administration, 1995, FTA-VA-90-1003-06, Harris Miller Miller & Hanson Inc.
4. Ungar, E.E. and Bender, E.K. (1975). Vibrations produced in building by passage of subway trains; parameter estimation for preliminary design. *Proceeding of the 4th International Conferences on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 75)*, Sendai, Japan, August 27-29 1975. 85–92.
5. Mats Backholm, *Runkoäänten eristysmateriaalit Helsingin metrossa*, Suomen akustiikka-keskus Oy