

LÄNSIMETRON JATKEEN RUNKOMELUSELVITYS JA ERISTYSRATKAISUT

Henri Penttinen, Timo Peltonen ja Timo Markula

Akukon Oy
Hiomotie 19
00380 Helsinki
etunimi.sukunimi@akukon.fi

Tiivistelmä

Metrolinnoitus voi aiheuttaa äänin- ja runkomeluhaittoja ympäristöön. Länsimetron jatkeen suunnittelussa on käytetty laskennallista runkomelumallia, jonka avulla voidaan arvioida metrolinnoituksen ympäristönsä aiheuttamat runkomeluhaitat. Mallin avulla radan eristysratkaisut voidaan mitoitaa ympäristön kohteiden asettamien vaatimusten mukaisesti. Näin varmistetaan, ettei runkomeluhaittoja esiinny ratalinnoituksen lähiympäristössä.

Länsimetron jatkeen rataosuus Espoon Matinkylästä Kivenlahteen rakennetaan koko matkalla kalliotunneliin. Ratalinnoituksen lähiympäristössä on satoja olemassa olevia asuin-, koulu- ja toimistorakennuksia.

Runkomeluseelvityksen tarkastelussa on huomioitu sekä nykyiset että tulevat rakennukset ja kaava-alueet. Runkomelun tavoitetasot on asetettu kohde- ja rakennuskohtaisesti yli 250 rakennukselle, ja runkomelun vaimennustarpeet rataosuuksille on selvitetty koko ratalinnoituksen kattavien leviämismallilaskentojen avulla.

Runkomelueristykselle on selvä tarve, ja lähes koko ratalinnoitus eristetään. Ratarakenteisiin sijoitettava eristys jakautuu kolmeen eristysluokkaan, joilla eri rataosuuksille tarvittava eristys on optimoitu. Eristysmateriaaleja tarvitaan yhteensä yli 60 000 m².

Radan runkomelueristyksellä päästään lopputulokseen, jossa Länsimetron jatkeen ratalinnoituksen ympäristöön ei aiheudu runkomeluhaittoja. Mitoituksessa on huomioitu myös tulevien alueiden kaavoitus niin, että runkomelu ei aseta maankäytön rajoituksia tulevalle rakentamiselle ratalinnoituksen varrella.

1 JOHDANTO

Espoon Matinkylästä Kivenlahteen ulottuvan Länsimetron jatkeen metrolinnoituksen pituus on noin 6,6 km, ja siihen tulee viisi uutta asemaa. Rata toteutetaan kokonaisuudessaan maan alle kallioon louhittuna. Rata sijoittuu kahteen rinnakkaiseen kalliotunneliin, jotka yhdistyvät asemien laiturihallien sekä radan raiteenvaihtopaikkojen kohdalla. Länsimetron jatke liittyy ensimmäiseen osaan Matinkylän ja Finnoon asemien välissä.



Kuva 1. Länsimetron jatkeen linjaus ja asemat kartalla.

Länsimetron linjauksen yläpuolella ja välittömässä lähiympäristössä on satoja nykyisiä asuin-, koulu- ja toimistorakennuksia, jotka ovat alttiita metrolinjan runkomelulle. Radan ympäristössä on myös runkomelulle herkkiä erityiskohteita, kuten Espoonlahden kirkko ja muita kokoontumistiloja. Lisäksi linjalla on alueita kuten Tiistilä, jonne varaudutaan myöhemmin toteuttamaan uudisrakentamista.

Tässä artikkelissa esitetään lyhyt kuvaus Länsimetron jatkeen runkomeluseelvityksestä ja kohteeseen suunnitelluista runkomelun torjuntaratkaisuksista. Runkoääniselvityksellä on haluttu varmistaa, että metrolinjan liikenne ei tule aiheuttamaan runkomeluhaittoja tulevan ratalinjan ympäristössä sijaitseviin nykyisiin tai kaavoitettuihin kohteisiin. Työhön on kuulunut runkomelun raja-arvojen selvitys, haitalle altistuvien alueiden ja kohteiden tunnistaminen, haittojen arviointi sekä tarvittavien torjuntatoimenpiteiden suunnittelu ja mitoitus. Länsimetron ensimmäisen vaiheen Ruoholahti-Matinkylä-rataosuuden runkomeluseelvitystä on esitelty aiemmin [4].

2 RUNKOMELU ILMIÖNÄ

Runkomelu on pientaajuista melua, joka on seurausta kallioperän välityksellä rakennusrunkoon kytkeytyneestä värähtelystä. Huonetilojen rajapinnoissa esiintyvä värähtely on niin pientä, ettei sitä aistita tuntoaistin välityksellä tärinänä. Värähtelevät pintarakenteet säteilevät kuitenkin ääntä suurten kaiutinkalvojen tavoin, ja aiheuttavat tilaan korvin kuultavaa melua.

Raideliikenteen runkomelua esiintyy tyypillisesti noin 50–200 Hz taajuusalueella. Tätä pienemmillä taajuuksilla kuuloaistin herkkyys on niin pieni, ettei runkomelu yleensä aiheuta häiritsevää kuulohavaintoa. Suuremmilla taajuuksilla kallioperän häviöt puolestaan kasvavat jyrkästi.

3 RUNKOMELUN LEVIÄMINEN

Kalliotunnelissa kulkeva raideliikenne voi aiheuttaa runkomeluhaittoja tunnelin yläpuolelle ja lähiympäristöön. Kallioperä johtaa hyvin runkomelua, ja siinä etenevä värähtely vaimenee huomattavasti hitaammin kuin pehmeämmässä maaperässä. Runkomeluhaitat rajoittuvat yleensä noin 100 m etäisyydelle ratalinjauksesta alueilla, joissa rakennukset ovat kallioperustaisia. Jos rakennukset on perustettu maavaraisesti tai paalujen varaan ilman kalliokontaktia, runkomelu kytkeytyy rakennuksiin heikommin eikä runkomelua välttämättä esiinny edes suoraan ratatunnelin yläpuolella. Vaihdealueilla runkome-

luun liittyy myös kiskon epäjatkavuuksista aiheutuvia kolahduksia. Näiden vaikutusalue jää kuitenkin paikalliseksi.

4 RUNKOMELUN ESIINTYMISTIHEYS JA PAIKALLINEN VAIHTELU

Runkomelua esiintyy vain hetkellisesti junan ohiajon aikana sen ohittaessa kohteen. Länsimetrolle suunniteltu liikennetiheys on kuitenkin varsin merkittävä; kahden minuutin vuorovälillä metron ohiajoja esiintyy joka minuutti, kun linjan molemmat suunnat huomioidaan. Nykyistä Helsingin metroa tiheämpi vuoroväli johtuu osaltaan siitä, että Länsimetron asemien käyttöönoton myötä metrojunat ovat vain kahden junayksikön mittaisia, kun nykyään Helsingissä liikennöidään myös kolmen yksikön pituisilla metrojunilla.

Yksittäisistä ohiajoista aiheutuissa runkomelutasoissa esiintyy luonnostaan hajontaa riippuen mm. ajonopeudesta sekä kaluston pyörien ja rataosuuden kiskojen kunnosta. Runkomelutaso voi vaihdella myös eri puolilla samaa rakennusta johtuen kallioperän, etäisyyden ja maapohjan vaihtelusta sekä rakennuksen perustamistavasta ja tilojen huoneakustiikasta. Näistä syistä mitoituksajan luokkaa olevia runkomelutasoja esiintyy vain harvoissa huonetoissa, ja niissäkin todennäköisesti vain osassa junien ohiajoista. Useimmissa tiloissa runkomelutasot jäävät selvästi alle mitoituksessa käytettyjen tavoitetasojen. Runkomelun syntymekanismia, leviämistä ja häiriövaikutuksia on kuvattu myös julkaisuissa [1], [2] ja [3].

5 RUNKOMELUN TAVOITETASOT

Suomessa ei toistaiseksi ole olemassa virallisia raja- tai ohjearvoja liikenteen aiheuttamalle runkomelulle. VTT on esiselvityksessään [3] esittänyt runkomelulle tavoitetasot, jotka vastaavat mm. Kehäradan tunneliosuuden ja Savion tunnelin suunnittelussa aiemmin käytettyjä tavoitetasoja [1 ja 2].

Länsimetron suunnittelussa käytetyt runkomelun tavoitetasot ovat VTT:n suosituksen kanssa yhteneväisiä, ja ne on esitetty *taulukossa 1*. Rataosuuksille tarvittava runkomelueristys on mitoitettu perustuen näiden tavoitetasojen täyttymiseen [3].

Taulukko 1. Länsimetron suunnittelussa käytetyt runkomelun tavoitetasot L_{ASmax} .

tilatyyppe	L_{ASmax} , dB enintään
herkät kohteet	20...25 dB
asunnot	30 dB
opetus- ja neuvottelutilat	35 dB
toimistot	40 dB

Meluherkissä erityistiloissa, kuten kirkoissa hyväksyttävät runkomelutasot on määritetty tapauskohtaisesti. Tavoitteena on ollut, ettei junan runkomelu aiheuta tilojen käytön kannalta merkittävää muutosta tilojen nykyiseen taustamelutasoon.

6 RUNKOMELUN LEVIÄMISEN ARVIOINTI

Runkomelun leviämistä on tarkasteltu laskennallisesti käyttäen Akukon Oy:n ja Vibkon Oy:n yhdessä kehittämää runkomelun laskentamallia [1]. Laskentamalli soveltuu metrojen, raitiovaunujen ja junien aiheuttaman runkomelun laskennalliseen arvioimiseen. Malli huomioi ratarakenteen ominaisuudet, kallioperän etäisyysvaimennuksen sekä kytkeyty-

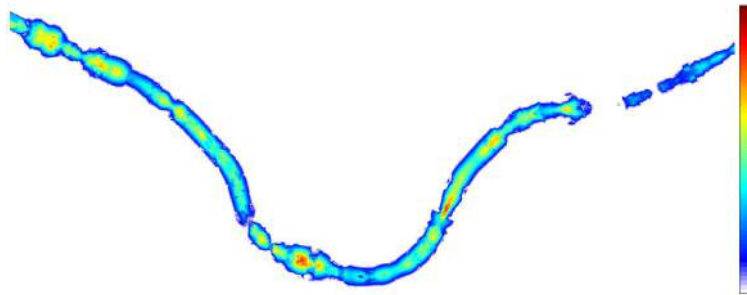
misen kallioperästä maaperän ja perustusten välityksellä rakennukseen. Lisäksi tarkastelussa on huomioitu radalla liikennöivän kaluston pituus ja tyyppi sekä kohtaavien junien summautuva vaikutus. Mallia on Länsimetron ja Pisara-radan suunnittelun yhteydessä kehitetty edelleen. Matlab-ympäristössä tehtävä mallinnus mahdollistaa nykyään runkomeluhuertesien leviämisen täyden kolmiulotteisen tarkastelun.

Runkomelualueiden laskennassa on käytetty myös mm. kalliopinta- ja maaperätietoja, rakennusten sijainti-, käyttötarkoitus- ja perustamistapetietoja sekä kaavaehdotusten vaikutuksia.

7 TORJUNTATARPEEN ARVIOINTI

Runkomelun alueelliset torjuntatarpeet selvitettiin mallintamalla laskennallisesti runkomelun leviäminen ympäristöön. Laskenta aloitettiin selvittämällä ensin eristämättömän radan runkomelualueet ja kohdekohtaiset runkomelutasot. *Kuvassa 2* on esimerkki tällä tavalla lasketuista runkomelutasoista ratalinjalla. Laskenta kuvaa rakennuksen alimmassa kerroksessa esiintyviä runkomelutasoja aluekohtaisesti. Mallinnus mahdollistaa sisätiloissa esiintyvien runkomelutasojen ennakoiminen myös niillä kohdilla, joissa ei toistaiseksi ole rakennuksia. Tätä ominaisuutta hyödynnetään metrolinjan ympäristön maankäytön suunnittelussa ja runkomelun tulevien torjuntatarpeiden ennakoimisessa.

Kaikki runkomelualueille sijoittuvat nykyiset rakennukset kartoitettiin koko metrolinjan osalta. Rakennukset listattiin ja niille osoitettiin niiden käyttötarkoitukseen perustuvat runkomelun tavoitetasot. Runkomelun rakennuskohtaiset torjuntatarpeet muodostettiin tämän jälkeen laskemalla maanpinnassa esiintyvät eristämättömän radan runkomelutasot kunkin rakennuksen kohdalle ja arvioimalla rakennuksen perustamistavasta ja mahdollisista kellari- tai pohjakerroksista aiheutuvan vaimennuksen vaikutukset.



Kuva 2. Esimerkki eristämättömän radan ympäristöön lasketuista runkomelualueista rataosuudella.

8 ERISTYSTEN MITOITUS

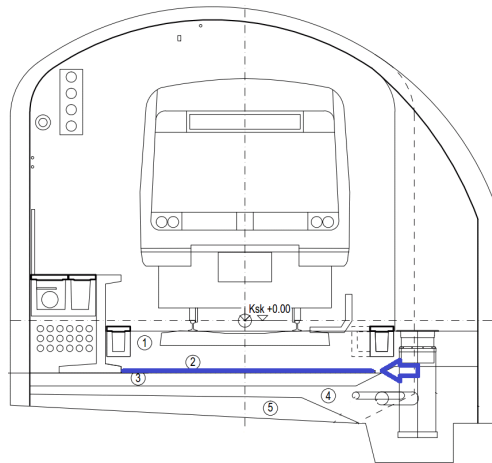
Radan eristystarve mitoitettiin tämän jälkeen raide- ja ratasegmenttikohtaisesti niin, että kaikkien altistuvien kohteiden runkomelutasot täyttävät tavoitearvot. Myöhemmin rakennettaviksi osoitetuilla alueilla mitoituksen lähtökohdaksi otettiin, että runkomelu ei ylitä asuintilojen suositusarvoja olettaen, että rakennusten perustukset on viety nykyiseen kallion pintaan asti. Eristysten sijoittelua ja eristysluokkien mitoitusta optimoitiin tässä yhteydessä laskennallisesti.

9 ERISTYSRATKAISUT

Eristysratkaisuna käytetään ratarakenteisiin sijoitettavia sepelinalusmattoja. Eristysten sijoitusperiaate on esitetty *kuva* 3. Eristykset on ratasuunnitelmapvaiheen mitoituksessa jaettu kolmeen eri vaatimusluokkaan (10 dB, 13 dB ja 16 dB), jotka kuvaavat eristysmateriaalilla saavutettavaa lisäysvaimennusta radan ympäristössä esiintyviin runkomelutasoihin.

Länsimetron jatkeen ratalinjaus eristetään lähes kauttaaltaan. Länsimetron jatkeen molemmilla raiteilla on eristettävää rataa yhteensä yli 15 km. Eristysmateriaalia tarvitaan yli 60 000 m², josta 10 dB luokan eristystä on 30 %, 13 dB eristystä 67 % ja 16 dB eristystä noin 3 %. Eristysten suuren määrän vuoksi niiden materiaalikustannukset ovat joitakin miljoonia euroja.

Eristystuotteiden valmistajien tuotetiedoissaan ilmoittamat mitoitusarvot ja testaustulokset ovat lähtökohdiltaan ja oletuksiltaan vaihtelevia, eivätkä ne yleensä ole vertailukelpoisia keskenään. Tästä syystä eristeiden staattisille ja dynaamisille värähtelytekniisille ominaisuuksille muodostettiin Länsimetron ensimmäisen vaiheen suunnittelun yhteydessä eristysluokkakohtaiset numeeriset vaatimukset, jotka asetettiin osaksi materiaalien teknisiä hankintakriteerejä. Näiden täytyminen varmistettiin edellyttämällä, että valmistajat testauttavat tuotteensa kyseiset ominaisuudet standardin DIN 45673-5 [6] mukaisilla testeillä erikseen mainituissa riippumattomissa testauslaitoksissa. Eristemateriaalien staattisia ja dynaamisia ominaisuuksia voidaan nykyään tarkistaa myös Vibkon Oy:n kehittämällä testauslaitteistolla. Tämä mahdollistaa tilaajalle myös työnaikaisen kolmannen osapuolen laadunvarmistuksen, sillä työmaalle toimitettavista eristysmateriaalieristä on voitu testata näytteitä myös pitkän rakennusprojektin aikana.



Kuva 3. Runkomelueristysmaton sijoitusperiaate ratatunnelin poikkileikkauksessa. Eristyskerroksen sijoituskohta on merkitty kuvaan sinisellä nuolella.

10 MITTAUS- JA MALLINNUSTULOSTEN VERTAILU

Länsimetron ensimmäisen vaiheen (Ruoholahti–Matinkylä) lähiympäristön rakennuksissa tehtyjen runkomelumittausten tulokset osoittavat, että runkomelumallinnus ja rataa asennetut eristysratkaisut toimivat kuten pitääkin. Mittauksia tehtiin vanhojen M100- ja uusien M300-metrojunien koeajojen aikana, kaikkia eristysmateriaaliluokkia edustavilla rataosuuksilla sekä radan ympäristön meluherkissä kohteissa.

Tulokset osoittavat runkomelun eristysmitoituksen ja eristeiden asennuksen onnistuneen, sillä mitatut runkomelutasot täyttävät ja alittavat kohdekohtaiset tavoitetasot. Rakennusten sisätiloissa mitatut runkomelutasot olivat kauttaaltaan jonkin verran pienempiä kuin runkomelun laskentamallilla kyseisiin kohteisiin arvioidut tasot. Tämä johtuu useasta osatekijästä: uudesta ja hyväkuntoisesta radasta, kallioperässä satunnaisesti esiintyvistä ruhjeista, rakennusten perustamistavoista sekä malliin sisällytetystä kohtaavat metrojunat huomioivasta varmuusvarasta. Eristyksessä on näin ollen tarvittava varmuusvara myös metroradan koko käyttöiän kannalta.

VIITTEET

- [1] PELTONEN T. & BACKHOLM M., Raideliikenteen runkomelun mallintaminen ja arviointi. *Akustiikkapäivät 2009*, 14.-15.5.2009, Vaasa.
- [2] PELTONEN T., BACKHOLM M. & LAHTI T., Raideliikenteen melu- ja värinätkimuksia. *Akustiikkapäivät 2005*, 26.-27.9.2005, Kuopio.
- [3] TALJA A. & SAARINEN A., Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. Esiselvitys. VTT Tiedotteita 2468, Espoo 2009.
- [4] PELTONEN T., BACKHOLM M., Länsimetron runkomeluseelvitys ja eristysratkaisut. *Akustiikkapäivät 2013*, 22.-23.5.2013, Turku.
- [5] PENTTINEN H. et al., Pissararata runkomeluseelvitys ja eristysratkaisut. *Akustiikkapäivät 2015*, 1.-2.9.2015, Kuopio.
- [6] DIN 45673-5:2010. Mechanische Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen – Teil 5: Labor-Prüfverfahren für Unterschottermatten. (Mechanical vibration - Resilient elements used in railway tracks - Part 5: Laboratory test procedures for under-ballast mats.).