

# HYBRIDIHANKKEIDEN AKUSTINEN SUUNNITTELU

Janne Hautsalo<sup>1</sup>, Jukka Ahonen<sup>1</sup>, Henri Penttinen<sup>1</sup>, Olli Salmensaari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Akukon Oy  
Hiomotie 19  
00380 HELSINKI  
etunimi.sukunimi@akukon.com

## Tiivistelmä

Hybridihankkeissa korostuu akustisen suunnittelu monipuolisuus. Hybridihankkeet rakennetaan usein liikenteen solmukohtiin, jolloin hankkeessa tulee varmistaa riittävä liikenteen aiheuttaman melun, runkomelun ja tärinän torjunta. Kauppakeskusten tavara- ja huoltoliikenne aiheuttaa erityisesti runkomelua, joka voi edetä häiritsevänä useinkin kerroksen päähän, jollei riittävään runkomelueristykseen kiinnitetä huomiota. Hybridihankkeisiin sisältyy usein myös akustisesti vaativia tiloja kuten elokuvateattereita. Hybridihankkeiden tilasijoittelulla voidaan pyrkiä pienentämään ääneneristyksellisesti vaativien ratkaisujen tarvetta.

## 1 JOHDANTO

Suomessa on tällä hetkellä rakenteilla useita hybridihankkeita, joissa rakennuskokonaisuus tulee valmistuttuaan palvelemaan useita eri käyttötarkoituksia. Kauppakeskukset toimivat usein julkisen liikenteen solmupisteinä ja niiden yhteyteen rakennetaan yhä useammin myös asuntoja, toimistorakennuksia ja pysäköintilaitoksia. Suurissa hybridihankkeissa rakennuskokoisuuteen kuuluu usein myös hotelleja, elokuvateattereita ja erilaisia tapahtumakeskuksia.

Yhdessä hybridihankkeessa on mukana useita rakennuskokonaisuuteen asettuvia toimijoita, joilla on kaikilla omat tavoitteensa myös akustiikan kannalta. Asuntojen osalta ensisijaisena tavoitteena on tyypillisesti ääniympäristön rauhallisuus ja häiriöttömyys. Liikenteen aiheuttama melu ei saa kantautua sisätiloihin liian voimakkaasti, ja esimerkiksi kaupakeskuksen toiminnasta aiheutuvat äänet, kuten tavaraliikenne ja ravintoloiden musiikkimelut, eivät saa kantautua häiritsevästi asuntoihin. Elokuvateattereissa sekä ääneneristykseen että huoneakustiikan vaatimukset ovat korkeita. Toimistotiloihin sisältyy tyypillisesti akustisesti vaativia avotoimistotiloja ja neuvottelukeskustoja, joiden akustisiin olosuhteisiin tulee panostaa.

## 2 VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET JA OHJEARVOT

Rakentamista koskevat keskeisimmät akustiset vaatimukset on annettu maankäyttö- ja rakennuslakiin (132/1999) nojaavassa Ympäristöministeriön asetuksessa 796/2017 rakennuksen ääniympäristöstä [1]. Asetus koskee hankkeita, jotka ovat tulleet vireille ai-



© 2019 Etunimi1 Sukunimi1, Etunimi2 Sukunimi2 ja Etunimi3 Sukunimi3. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Kansainvälinen -lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisaineita, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

kaisintaan 1.1.2018. Ympäristöministeriö on julkaissut asetusta täydentävän ohjeen rakennuksen ääniympäristöstä [2]. Useissa tällä hetkellä meneillään olevissa rakennushankkeissa noudatetaan vielä Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa C1:1998 [3]. Täydentäviä vaatimuksia on esitetty muun muassa standardissa SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus [4].

Rakennusten ulko- ja sisämelutasoja koskevia ohjearvoja on esitetty Valtioneuvoston päätöksessä melutason ohjearvoista [5]. Sisämelutasoja koskevia ohjearvoja on esitetty myös Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetuksessa [6].

Maaperäisen runkomeluun ja tärinään liittyvät vaatimukset on esitetty Ympäristöministeriön asetuksessa [1] sekä ohjeessa [2].

### **3 HYBRIDIHANKKEIDEN AKUSTISEN SUUNNITTELUN OSA-ALUEITA**

#### **3.1 Liikenteen melu, runkomelu ja tärinä**

Hybridihankkeet rakennetaan usein liikenteen solmukohtiin ja ne saattavat altistua yhtä aikaa monelle eri liikennemelutyypille. Tie- ja lentoliikenne aiheuttavat rakennusten ulkovaippaan kohdistuvaa ilmaääntä. Raideliikenne aiheuttaa ilmaäänien lisäksi myös rakennuksen perustusten kautta välittyvää runkomelua ja tärinää.

Suurissa hybridihankkeissa tie- ja raideliikenteen melu mallinnetaan yleensä jo aikaisessa hankevaiheessa tavallisesti yhteispohjoismaisia tie- ja raideliikennemelumalleja käyttäen [7, 8]. Tyypillisesti mallinnus tapahtuu kolmiulotteista akustista maasto- ja melulähdemallia hyödyntäen, joka sisältää jo olemassa olevat ja suunnittelut rakennukset, kadut, maaston muodot ja muut meluesteinä toimivat rakenteet sekä ääntä heijastavien tai absorboivien pintojen akustiset ominaisuudet. Melumallinnuksen tuloksia voidaan hyödyntää määrittäessä hankkeen ulkovaipan ääneneristykseen kaavavaatimus.

Annetun ääneneristykseen kaavavaatimuksen tai melumallin avulla määritettyjen ulkovaippaan kohdistuvien liikennemelun äänitasojen perusteella voidaan määrittää ulkovaipan rakennusosilta vaadittavat ääneneristävyydet. Ulkovaipan ääneneristykseen mitoitustalaskenta tehdään tyypillisesti Ympäristöministeriön oppaan [9] laskentamenetelmää käyttäen.

#### **3.2 Huolto- ja tavaraliikenteen aiheuttama melu**

Liiketilojen tavaraliikenteestä aiheutuu sekä suoraan ilman välityksellä etenevää ilmaääntä että rakenteisiin kytkeytyvää runkoääntä. Erityisesti päivittäistavarakauppojen tavaraliikenne on hyvin vilkasta ja tavaratoimituksia on usein myös yöaikaan (klo 22 - 07), jolloin noudatettavat melutasojen ohjearvot ovat päiväaikaan tiukempia.

Tyypillisesti rakennuksen sisällä tapahtuvan tavaraliikenteen osalta ilmaääntä merkittävämpää häiriötä aiheuttaa runkomelu, joka aiheutuu tavarankuljetukseen käytettävien rullakoiden ja pumppukärryjen työntämisestä lastauslaitureilla, huoltokäytävillä ja liikkeiden tiloissa. Voimakas runkomelu etenee rakennusrungossa helposti useiden kerrosten päähän. Tavarankuljetusreiteillä esiintyvät epätasaisuuskohdat, kuten kynnykset, hissien kynnykset ja liikuntasauamat, aiheuttavat lisäksi impulssimaisia melupiikkejä, jotka etenevät runkomeluna.

Tavaraliikenteen aiheuttaman runkomelun torjunnan kannalta olennaista on laatia arvio melun vaimenemisesta tavarankuljetusreitien ja häiriintyvän kohteen, esimerkiksi asuinhuoneiston, välillä. Mikäli näiden välinen etäisyys on riittävän pitkä, ei erityisiä runkomelun vaimennustoimenpiteitä välttämättä tarvita. Tavarankuljetusreittien runkomelueristystä voidaan parantaa esimerkiksi tekemällä reiteistä ns. kelluvia, tyypillisesti toteuttamalla teräsbetonirakenteinen laatta joustavan runkomelueristemateriaalin päälle. Samoin lastauslaiturit, niihin liittyvät kuormaussillat ja vastaavat tulee tarpeen mukaan toteuttaa kelluvin ratkaisuin.

Joissakin tapauksissa on mahdollista sijoittaa tehokkaasti runkomelua vaimentava liikuntasauma runkomelulähteen ja häiriintyvän kohteen väliin. On huomattava, että tavanomaisen rakenteellisen liikuntasauaman äänenvaimennus voi olla vähäistä, mikäli liikuntasauaman akustiseen toimivuuteen ei ole kiinnitetty huomiota.

Tavara- ja huoltoliikenteestä aiheutuu myös ilmaääntä, joka saattaa edetä rakennuksen ulkovaipan läpi melulle herkkiin tiloihin. Raskaiden ajoneuvojen pientaajuinen ääni läpäisee erityisesti ikkunarakenteet ja kevyet ulkoseinärakenteet helpommin kuin henkilöautojen ääni. Lisäksi tavarapurku saattaa tapahtua ulkoalueilla, jolloin tavaroiden liikuttelusta kuorma-auton lavalla ja ulkoalueilla aiheutuu melua. Meluhäiriötä voidaan vähentää panostamalla tavallista enemmän melulle kohdistuvien melulle herkkien tilojen ulkovaipan rakenteiden ääneneristävyyteen. Mahdollisuuksien mukaan tavarankuljetus- ja huoltoreittejä voidaan sijoittaa niin, että ne eivät sijaitse asuntojen ikkunoiden välittömässä läheisyydessä.

### 3.3 Akustiset vaativat tilat

Usein hybridihankkeisiin sisältyy akustisesti sinällään vaativia tiloja. Suuriin kauppakeskuksiin kuuluu yleensä esim. elokuvakeskus. Tavallisesti elokuvasalit toteutetaan ns. kelluvin rakentein, eli elokuvasalien sisäkuori (so. lattian, ääntäeristävän alakaton ja seinien sisärunkojen muodostama kokonaisuus) erotetaan muusta rakennusrungosta tärinäeristysti. Tyypillisesti elokuvasalien lattiarakenteena on mineraalivillan tai muun elastisen materiaalin päällä ”kelluva” teräsbetonilaatta, jonka päälle elokuvasalin seinärakenteet ja sisärakenteet toteutetaan. Elokuviasalien jälkikäilyntä-ajan tulee olla lyhyt, mikä edellyttää tehokasta huoneakustista vaimennusta. Tehokas bassotaajuuksien vaimennus edellyttää tavanomaista toimitilarakentamista paksumpien äänen absorptiomateriaalien käyttöä, mikä tulee huomioida riittävin tilavarauksin.

Hybridihankkeiden yhteyteen rakennetaan usein eri kokoisia esitystiloihin ja ravintoloita, joissa syntyvät äänitasot asettavat ympäröivien rakenteiden ääneneristykselle korkeita vaatimuksia varsinkin, jos lähellä on asuntoja, hotellihuoneita tai muita häiriölle erityisen alttiita tiloja.

Kuntosalit ja tanssisalit aiheuttavat runkomelua ja tärinää sekä ilmaääntä. Kuntosalin aiheuttama runkomelu ei välttämättä kuulu itse salissa muun taustamelun yli, mutta se kantautuu rakennusrunkoa pitkin jopa kymmenen kerroksen päähän. Kuntosaleilla runkomelua aiheuttavat mm. painonnostoalueet, käsipainot, painopakalaitteet ja heitettävät kuntosopallot. Ryhmäliikunnan ja tanssin aiheuttamaa tärinää ei usein kuulla vaan se havaitaan välipohjan värähtelynä tai esimerkiksi pöytien ja lamppujen heilumisena. Kuntosaleilla toistettava musiikki voi aiheuttaa meluhaittoja lähimpiin tiloihin. Ilmanvaihtoputket, joissa ei ole äänenvaimentimia, ja jäykästi rakennusrunkoon kiinnitetyt kaiuttimet johtavat melua naapuritiloihin.

### 3.4 Taloteknisten laitteiden melu

Suuriin hybridihankkeisiin sisältyy valtava määrä talotekniikkaa. Akustisen suunnittelun kannalta keskeinen hybridihankkeisiin liittyvä haaste on hallita suuri määrä erilaisia melulähteitä. Erityisesti suunnittelussa tulee huomioida, että asunnot ja muut häiriölle alttiit tilat eivät altistu muita tiloja palvelevien laitteiden, ohjearvot ylittävälle melulle.

### 3.5. Tilasijoittelun vaikutus

Tilasijoittelun avulla voidaan pienentää riskiä, että hybridihankkeiden toiminnot häiritsevät toisiaan ja samalla vähentää ääneneneristyksestä vaativien ratkaisujen tarvetta. Esimerkiksi ravintolatiluja ja tavarankuljetusreittejä voidaan sijoittaa mahdollisimman kauas asunnoista. Mikäli liikuntakeskus voidaan sijoittaa mahdollisimman kauas häiriöille alttiista tiloista, kevennetään liikuntakeskuksen vaatimien runkomelueristysratkaisujen vaatimuksia.

### 3.6 Akustiset koemittaukset

Useissa tapauksissa akustisten ratkaisujen mitoittaminen on hankalaa, sillä melulähteestä ei ole saatavilla tarkkoja lähtötietoja eikä erityisesti runkomelun etenemistä rakennuksessa voida kaikissa tapauksissa mallintaa kovin tarkasti. Tällöin tapauskohtaisesti arvioinnin apuna voidaan käyttää kohteessa tehtäviä akustisia koemittauksia. Esimerkiksi tavarankuljetusreittein runkomelueristystarvetta voidaan arvioida kohteessa tehtävin koemittauksin, mikäli lopullinen päätös toteutustavasta voidaan tehdä kyseisessä vaiheessa, joka on tyypillisesti melko myöhäinen suunnittelutyön kannalta.

Hybridihankkeiden osakokonaisuuksien valmistumisen yhteydessä voidaan tiloissa tehdä akustisia mittauksia, esim. ilmaääneneristys- ja askeläänentasomittauksia, joiden avulla voidaan tarkastaa akustisten vaatimusten toteutuminen valmiissa tiloissa.

## 4 MERKITTÄVIÄ HYBRIDIHANKKEITA

### 4.1 Keski-Pasilan Tripla

Tripla on Helsingin Pasilan rautatieaseman yhteyteen rakennettava, kolmesta korttelista koostuva kokonaisuus, joka valmistuu vuosien 2019 - 2020 aikana. Triplaan valmistuu muun muassa Pasilan uusi asema, kauppakeskus, elokuvakeskus, ravintoloita, toimistoja, asuntoja, hotelli sekä musiikkimuseo.

Triplan akustinen suunnittelu alkoi kaupunkisuunnitteluvaiheessa vuonna 2014. Hankkeessa laadittiin ensimmäisessä vaiheessa runkomelu- ja värinäselvitys. Selvityksen lähtötiedoksi Pasilan vanhan asemarakennuksen tiloissa selvitettiin juna- ja raitioliikenteen aiheuttamaa värinää ja runkomeluerätettä asemahallin tasolla ja laituritasolla tehdyin värähtelymittauksin. Alueen kaavoitukseen liittyen hankkeesta laadittiin kolmiulotteinen liikennemelumalli, jonka avulla analysoitiin ulkovaippaan kohdistuvat liikennemelun äänitasot. Liikennemelun mallilaskennan tulosten perusteella asetettiin kaavamääräykset hankkeen ulkovaipan ääneneneristykselle yhteistyössä kaupunkisuunnitteluviraston kanssa.

Myöhemmissä suunnitteluvaiheissa Triplan akustiseen suunnitteluun on kuulunut muun muassa seuraavia osa-alueita:

- junaliikenteen ja raideliikenteen runkomelueristysten suunnittelu

- ulkovaipan ääneneristykseen mitoituslaskenta
- hotellin, toimistojen ja neuvottelutilojen akustinen suunnittelu
- elokuvakeskuksen, tapahtuma-alueiden ja musiikkimuseon akustinen suunnittelu
- kauppakeskuksen huoneakustinen suunnittelu
- asuinrakennusten akustista suunnittelua
- ravintoloiden aiheuttaman melun arviointia ja melun edellyttämien ääneneristysratkaisujen suunnittelua
- kauppakeskuksen tavarankuljetusliikenteen aiheuttaman runkomelun ja tarvittavien eristysratkaisujen suunnittelu
- talotekniikan aiheuttaman ympäristömelun mallinnus ja äänenvaimennustarpeiden määrittely
- esitysteknistä suunnittelua ja AV-suunnittelua
- kuntosalin aiheuttaman runkomelun torjunta akustisin kellutuksin sekä ryhmäliikunnan aiheuttaman tärinän huomioiminen jäykistävin rakentein

## 4.2 Kalasataman Redi

Helsingin Kalasatamassa sijaitseva Redi koostuu kauppakeskuksesta, pihakannesta puistoalueineen sekä kahdeksasta asuin-, hotelli- ja toimistokäyttöön tarkoitettu korkeasta tornitalosta. Näistä kauppakeskus ja osa pihakannen puisto- ja oleskelualueista ovat valmistuneet vuonna 2018. Ensimmäinen asuinkäyttöön tarkoitettu tornitalo valmistuu vuoden 2019 lopussa. Koko hankkeen on suunniteltu valmistuvan vuonna 2023.

Redin kauppakeskus sijoittuu pihakannen alapuolelle ja tornitalot sen yläpuolelle. Kauppakeskusrakennus rajoittuu vilkasliikenteisen Itäväylän silta- ja tunnelirakenteisiin sekä metrosiltaan. Käytännössä siis Itäväylän tieliikenne ja metroliikenne kulkevat kauppakeskuksen tilojen läpi, mikä on asettanut merkittäviä haasteita melun ja tärinän torjunnan suunnittelulle. Lisäksi kauppakeskuksen sisälle on sijoitettu koko kauppakeskuksen korkeuinen vapaalento-tuulitunneli, jossa suuritehoinen sähkömoottori tuottaa enimmillään 300 km/h nopeudella kulkevan ilmapirran suljettuun putkeen. Vapaalento-tuulitunnelin tuottamaa voimakasta melua ja tärinää on torjuttu irrottamalla tuulitunnelin rakenteet ympäröivästä rakennusmassasta, riittävästi ääntäeristävillä rakenteilla ja yksityiskohtaisesti suunnitelluilla äänenvaimentimilla tuulitunnelin jäähdytysilman tulo- ja poistokammioissa.

Redin akustinen suunnittelu aloitettiin vuonna 2011, ensin Kalasataman kaavamuutoksen meluselvityksellä sekä runkomelu- ja tärinäeristystarpeen selvittämällä värähtelytekniisin mittauksin. Nämä selvitykset ovat toimineet lähtötietoina mm. tornitalojen julkisivurakenteiden ääneneristykseen suunnittelussa ja runkomelun sekä tärinän torjunnan suunnittelussa. Muita Redin akustiseen suunnitteluun kuuluvia tehtäviä ovat mm.:

- tornitalojen sisäpuolisen ääneneristykseen ja meluntorjunnan suunnittelu

- elokuvakeskuksen ääneneristyksen suunnittelu
- kuntosalin ääneneristyksen sekä runkomelun ja tärinän torjunnan suunnittelu
- kauppakeskuksen huoneakustinen suunnittelu

### 4.3 Tampereen kansi ja areena

Tampereen keskustaan rakennetaan rautatien päälle kansi, jonka päälle valmistuu noin 13 000 katsojaa vetävä monitoimiareena, jossa järjestetään jääkiekko-otteluita, konsertteja ja kongresseja. Kannen päälle rakennetaan myös toimisto- ja liiketiloja, asuntoja, hotelli ja kasino.

Kansi ja areena -hankkeessa raideliikenteen aiheuttamaa runkomelua on torjuttu ratatasolla ja siltakannella sijaitsevilla joustavilla akustisilla kellutuksilla. Poikkeuksellisen lyhyet etäisyydet kiskoihin (pienimmillään < 5 m), alueen vaihteet ja siltakannen dynaaminen joustavuus tekee kohteen runkomelu- ja tärinäsuunnittelun haastavaksi. Kohteen suunnittelussa on huomioitu koko resonanssiketju, ratatasolta siltakannelle sekä kelluteuista rakennuksista välipohjiin saakka. Lähes kaikki Kansi ja areena -hankkeen rakennusrunkojen osat on kellutettu joustavasti siltakannen tasolla.

Monitoimiareenan musiikki on huomioitu sekä akustiikkasuunnittelussa että rakennuksen ulkovaipparakenteissa. Tapahtumamelun aiheuttama melukuorma on niin merkittävä, että musiikkimelun on huomioitu sekä Areenan katon että hotellin ja asuintornien julkisivujen suunnittelussa. Musiikkimelun pientaajuisten jyllinän vaimentaminen vaatii selvästi enemmän massaa, suurempia ilmapälejä kuin normaalirakentamisessa sekä joissain detaljeissa akustisesti kellutettuja ratkaisuja. Monitoimiareenan sisäpuolinen akustiikka on suunniteltu kolmiulotteista akustista mallia hyödyntäen.

## 4 YHTEENVETO

Erityisesti suurissa hybridihankkeissa akustisen suunnittelun tarve on hyvin laajaa ja se voi ulottua ajallisesti hankkeen alkuvaiheiden melu-, tärinä- ja runkomeluselvityksistä aina vastaanoton akustisiin tarkistusmittauksiin.

Hybridihankkeiden akustisen suunnittelun lisähaasteena on varmistaa, että eri toiminnot eivät aiheuta toisilleen meluhäiriötä. Tyypillinen esimerkki on kauppakeskuksen yhteyteen rakennetut asunnot, joita kauppakeskuksen tavarankuljetusliikenteen aiheuttama runkomelu ei saa häiritä liiallisesti. Suunnittelussa on arvioitava runkomelun vaimenema ja määriteltävä riittävät runkomelun torjuntaratkaisut.

Hybridihankkeisiin kuuluu usein akustisesti sinällään vaativia tiloja, kuten elokuvakeskuksia tai muita tiloja, joissa ääneneristysvaatimukset ja huoneakustiikan vaatimukset ovat korkeita.

## VIIITTEET

- [1] Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017
- [2] Ääniympäristö – Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. Ympäristöministeriö, Helsinki 2018.
- [3] Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 – Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö, Helsinki 1998.
- [4] Rakennusten akustinen luokitus, SFS 5907. Suomen standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2004.
- [5] Valtioneuvoston ohje melutasojen ohjearvoista 993/1992. Helsinki 1992.
- [6] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015.
- [7] Road traffic noise – Nordic Prediction Method. TemaNord 1996:525. Nordic council of ministers. 110 s. Tieliikennemelun laskentamalli, Ohje 6/1993. Ympäristöministeriö, Helsinki 1993.
- [8] Raideliikennemelun laskentamalli. Ympäristöopas 97. Ympäristöministeriö, Helsinki 2002. 58 s.
- [9] Ympäristöopas 108, Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. Ympäristöministeriö, Helsinki 2003.
- [10] Huttunen, Erno & Taina, Pekka: Hybridi haastaa akustiikan. Ympäristö ja Terveys -lehti 2/2019, sivut 12 – 16, Pori 2019.