

PIENEN ESITYSTILAN HUONEAKUSTISET RATKAISUT

Sakari Tervo¹, Jaakko Kestilä¹, Tapio Ilomäki¹, Jukka Pätynen² ja Tapio Lokki²

¹Akukon Oy
Hiomotie 19
00380 Helsinki
info@akukon.fi

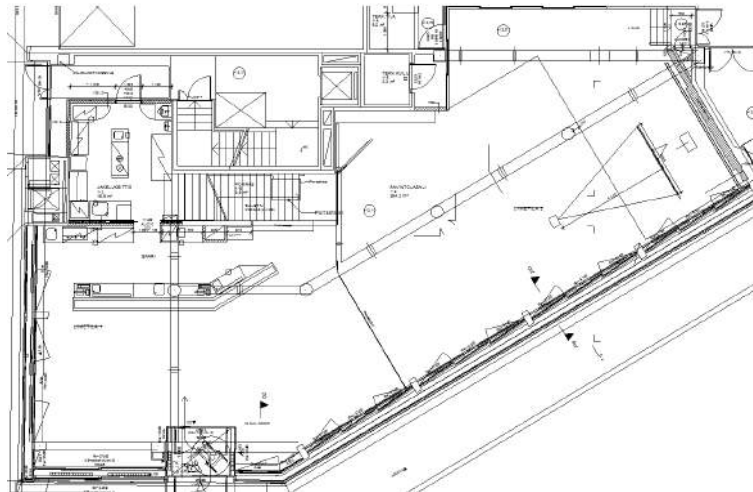
²Tietotekniikan laitos,
Aalto yliopisto
00076, Aalto
etunimi.sukunimi@aalto.fi

Tiivistelmä

Monipuolisiin musiikkiesityksiin hyvin soveltuva esiintymistila vaatii huoneakustiikaltaan muunneltavuutta erityisesti jälkikaiunta-aikansa osalta. Perinteiset rakennustekniset ratkaisut tämän saavuttamiseksi vaativat suurta tilavuutta. Pienissä huoneissa yksi mahdollinen ratkaisu jälkikaiunta-ajan pidentämiselle on aktiivisesti tuotettu jälkikaiunta. Aktiivinen järjestelmä vaatii hajautetun mikrofonin- ja kaiutinverkon tilaan. Jotta huoneen havaittu kaiuntaisuus on hallittavissa, tulee tilan oma jälkikaiunta-aika olla riittävän lyhyt. Tämän saavuttamiseksi huoneakustiikka on suunniteltava niin, että ratkaisut vaimentavat heijastuksia laajakaistaisesti. Tässä tutkimuksessa esitellään erään pienen esitystilän huoneakustiset ja aktiiviset ratkaisut. Esitystila sijaitsee katutasossa Helsingin ydinkeskustassa ja kyseinen sijainti asettaa erityisvaatimuksia äänieristykselle, joita pohditaan tutkimuksen toisessa osassa.

1 JOHDANTO

G-Livelab on Helsingin keskustaan, vanhaan parturikampaamotilaan perustettu tapahtumaravintola. Suomen Muusikkojenliiton omistaman ravintolan toiminta koostuu musiikkitapahtumista sekä muista kulttuuritapahtumista elokuvaesityksistä konferensseihin. Tilassa esitetään akustista ja vahvistettua musiikkia, klassisesta musiikista ja jazzista rokkiin sekä elektroniseen musiikkiin. Tilan tulee siis soveltua hyvin monipuolisiin tapahtumiin, jotka toimiakseen vaativat muun muassa sähköisesti muunneltavan akustiikan. Lisäksi G-Livelab sijaitsee vilkkaasti liikennöidyn kadun katutasossa, ohimenevän liikenteen koostuessa mm. raitiovaunulinjasta sekä rekkaliikenteestä. Tämä, sekä tilan sijoittuminen asuinrakennusten viereen asetti erityisvaatimukset tilan äänieristykselle. G-Livelabin esiintymistilan pinta-ala on n. 190 m² ja koko ravintolasalin n. 265 m².



Kuva 1. G-Livelabin salikerros

Akukon Oy vastasi hankkeessa edellä mainittujen tilojen huoneakustiikan, rakennusakustiikan ja esitystekniikan suunnittelusta. Tässä paperissa esitetään G-Livelabin akustinen suunnittelu.

2 G-LIVELABIN AKUSTINEN SUUNNITTELU

2.1 LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

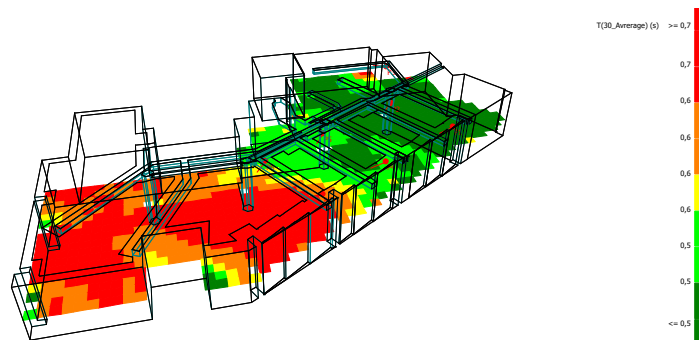
G-Livelabin monipuoliset käyttötarpeet sekä rajoitettu tila loivat omat haasteensa tilan akustiselle suunnittelulle. Pääasiallinen tila on pituudeltaan 21 metriä, leveydeltään 11 metriä ja korkeudeltaan 3 metriä. Kuten Kuvasta 1 näkyy, tila on siis melko pitkä ja hyvin matala ja epäsymmetrinen. Kaikki pinnat olivat betonia pois lukien koko julkisivun pituinen nauhaikkuna.

Koska tila on mitoiltaan ja tilavuudeltaan riittämätön haluttujen musiikkityylien jälkikaiunta-aikataavoitteiden täyttämiseksi, päätettiin jo aikaisessa vaiheessa käyttää sähköakustisia keinoja muunneltavan akustiikan aikaansaamiseksi. Tämä tarkoittaa sisäakustiikan suunnittelun kannalta mahdollisimman vaimennetun tilan aikaansaamista, kuitenkin huomioiden muut rajoittavat tekijät.

Toisena huomioitavana seikkana on tilan äänieristäminen. G-Livelab sijoittuu asuinalueelle, joka on myös vilkkaasti liikennöity. Katutasen keikkatilan vierestä kulkee merkittävää raitiovaunu- ja rekkaliikennettä, ja lähin asuinrakennus sijaitsee tilaa vastapäätä Yrjönkadulla. G-Livelabin rakennus on muutoin toimistokäytössä, joten erityisiä äänieristysvaatimuksia ylempien kerrosten suhteen ei ollut.

2.2 SALIAKUSTIIKAN MALLINNUK

Tilaan tulleiden merkittävien sisustuselementtien vuoksi sali mallinnettiin Odeon-ohjelmalla [1] eri sisustusarkkitehtonisten ratkaisujen vaikutusten tarkastelemiseksi remontoinnin jälkeen.



Kuva 2. Salin jälkikaiunta-aika tyhjässä salissa, ikkunaverhot auki. Jälkikaiunta-aika vaihtelee 0,5..0,7 sekunnin välillä keikkatilan ja takabaarin välillä.

2.3 SALIAKUSTISET SUUNNITELMAT

Kuten jo edellä esitettiin, saliin tuli saada mahdollisimman paljon vaimennusta sähköakustisten ratkaisuiden käyttöalueen maksimoimiseksi. Samalla oli kuitenkin huomioitava, ettei luoda tärykaikuja tai yksittäisiä huomattavia kaikupintoja, jotka voimakkaasti vaimennetussa tilassa lokalisoituvat häiritsevästi.

Salin pääasiallinen vaimennus suunniteltiin kattoon siten, että se vaimentaa ääntä mahdollisimman laajalla taajuusalueella. Lisäksi saliin suunniteltiin muunneltavaa akustiikkaa raskaille verhoilla. Näitä sijoitettiin lava-alueelle, jolloin voidaan säätää erityisesti lava-alueen jälkikaiunta-aikaa riippuen soittokokoonpanosta sekä ikkunaseinälle, jolloin saadaan hyvin vaimennettu tila aikaan.

Tilan ominaista jälkikaiunta-aikaa saadaan hiukan pidennettyä verhot poistamalla. Tällöin seinä- ja ikkunapinnat on suunniteltu hajottaviksi tärykaikuriskin vähentämiseksi. Muun muassa lavan takaseinä toteutettiin hajottavana rikotuista tiilistä tehtynä pintana, kattoon sijoitetut ilmanvaihdon tuloelementit tehtiin ympyränmuotoisilla hajottimilla ja julkisivun äänieristyslasit suunniteltiin siipimäiseksi.

2.4 ÄÄNIERISTYSSUUNNITELMAT

Tilan visuaalisen ilmeen vuoksi käyttäjä halusi säilyttää julkisivun puoleiset ikkunapinnat. Ilmaäänieristävyyden ollessa lähtötilanteessa rajoitettu päädyttiin käyttämään karmi-vaimennettuja raskaita laminoituja lasipintoja äänieristävyyden parantamiseksi. Karmi-vaimennus toteutettiin laittamalla kasvillisuutta sisä- ja ulkolasipintojen väleihin. Tilan rajoitetun korkeuden sekä tarvittavien sisäakustisten vaimennusten ja esitysteknisten laitteiden tilavaarusten vuoksi äänieristyskatto toteutettiin mahdollisimman matalana tärä-

näeristysratkaisuna. Yhteydet saman rakennuksen rappuihin toteutettiin raskailla oviratkaisuilla ja läpi talon kulkevat reitit (esim. hissikuilu) suljettiin massiivibetonivaluilla.

2.5 ESITYSTEKNIikka

Musiikkitoiminnassa tilaa käytetään sekä vahvistetun että akustisen musiikkiin esittämiseen.

Järjestelmän suunnittelulähtökohtana oli hajautettu kaiutinjärjestelmä. Järjestelmä sisältää Genelecin pääkaiutinjärjestelmän. Pääkaiuttimina on kaksi Genelec 1236A-kaiutinta sekä seitsemän Genelec 1237A viive- ja *outfill*-kaiuttimina. Erillinen *Surround*-järjestelmä on toteutettu kuudella Genelec 1237A-kaiuttimella. Sähköisesti muunneltavaa akustiikkaa varten tilassa on 42 kpl Genelec 8430A kaiuttimia. Suurin osa kaiuttimista on kytketty verkkoon AES67/Ravenna-tekniikan avulla. Myös yleisön WC-tilojen äänentoisto on tehty Genelec-kaiuttimilla. Koska etäisyys WC-tilojen ja pääkaiutinjärjestelmän välillä on pitkä, on luonnollisesti myös vessojen kaiuttimet viivästetty ja viritetty pääkaiuttimien mukaan.

Äänijärjestelmä on digitaalisesti kytketty verkkoon, mutta lisäksi äänijärjestelmä sisältää analogisen 1:3 mikrofonisplittauksen. Äänisignaaleja voidaan jakaa sekä digitaalisesti verkon avulla, että analogisesti, lähetystoimintaa ja Radio Helsingin lähetyksiä varten. Kaikki äänipöydän liittynät on jaettavissa verkon ylitse. Osa Radio Helsingin lähetyksistä tehdään yläkerrassa olevien studioiden sijasta G-Livelabin tiloista ja jopa kadulta terasilta, jonne on kaapeloinnissa yhteys.

Heikkokuuloisten järjestelmä on toteutettu infrapunasäteilijöillä, jolloin myös esimerkiksi kokouskäytössä mahdollinen tulkaustoiminta voidaan tehdä tämän järjestelmän avulla.

Äänijärjestelmän kanavat voidaan tallentaa yksittäin ja summana. Summa voidaan myös lähettää verkon yli järjestelmään kuuluvalla kuvan ja äänensuoratoistojärjestelmällä. Suoratoistojärjestelmä mahdollistaa myös erillisen matalan ja korkean resoluution jakelun esimerkiksi maksaville ja ilmaiskuuntelijoille.

Videokuvan jakelu ja tallennus on täysin etäohjattu ja digitaalista siirtotietä hyödyntävä. Järjestelmän keskusyksikkö pystyy käsittelemään 4K-resoluution videokuvaa. Videokuvajärjestelmä sisältää etäohjattavia kameroita joita voidaan käyttää tallennus- ja lähetystoimintaan. Järjestelmässä on myös kaapelointi ulkopuolisia kamerajärjestelmiä varten ja tilan kellarissa on liittynät ulkotuotantoautolle. Videokuvajärjestelmään kuuluu kokoustoiminnan vaatima kuvansiirto ja toistojärjestelmä sekä elokuvanäytösten vaatima kuvatekniikka. Esiintyjälämpioon voidaan sijoittaa videoeditointipiste, jolloin tilasta voidaan tallentaa myös kaikki äänikanavat ja kamerakuvat jälkituotantoa varten.

Koska tila on ennen kaikkea musiikkitoiminnan kannalta suunniteltu, kuuluu järjestelmään laaja esitysvaistusjärjestelmä. Valaistuksen tärkeänä suunnittelukriteerinä oli tuuletettomuus, mikä oli toteutettavissa vain LED-valaisimilla. Normaalin esitysvaistuksen lisäksi koko ravintolan yleisvalaistus on täysin valopöydällä ohjattavissa ja väreiltään säädettävissä. Myös esiintyjälämpioon valaistus on erikseen ohjattavissa.

Koska valaistus on toteutettu LED-valaisimilla ja paikallisilla himmentimillä, kaapeli-infrastruktuuri voitiin suunnitella siten että kaikki esitystekniikka on samoilla johtoteillä ilman häiriöriskejä.

2.6 SÄHKÖISESTI MUUNNELTAVA AKUSTIIKKA

Kuten edellä mainittiin, sähköisesti muunneltava akustiikka, tai virtuaaliakustiikka, haluttiin tilaan, koska tilassa esitetään monenlaista musiikkia ja tilan oma huoneakustiikka ei sovellu parhaalla mahdollisella tavalla kaikkien musiikkityylien esittämiselle.

Eriyisesti klassisessa musiikissa ja akustisilla soittimilla, on tärkeää, että tila tukee soittoa. Riittävän pitkä ja sopivalla tasolla oleva jälkikaiunta tukee parhaiten musiikkia ja koetaan miellyttävänä.

Toteutettu virtuaaliakustiikkajärjestelmä koostuu 42:sta kaiuttimesta ja kuudesta DPA-mikrofonista, jotka on sijoitettu esiintymislavan kattoon. Itse jälkikaiunta tuotetaan ajassa muuttuvalla takaisinkytketyllä viiveverkolla (FDN), joka sisältää viivelinjoja ja kampaallpass-suotimia [2]. Tässä toteutuksessa viivelinjoja on 64 ja koko järjestelmä tuottaa hyvin realistisen kuuloista jälkikaiuntaa.

Käyttötilanteen mukaan akustiikkajärjestelmään syötettävä signaali on valittavissa esiintymislavan katon mikrofoniin (akustiset esitykset) ja äänipöydän apulähtöjen välillä (vahvistettu musiikki). Käyttäjä voi halutessaan kytkeä mikrofoneja päälle yksitellen ja jokaisen mikrofonianavan sävyä voi säätää. Signaalin valinta laajentaa järjestelmän käytettävyyttä, ja sähköisesti muunneltavan huoneakustiikan ohella sitä voidaan hyödyntää myös hajautettuna kaikulaitteena.

Jälkikaiunta-algoritmi tuottaa keskenään epäkoherenttia kaiuntaa jokaiseen ulostulokanavaan. Näin ollen jälkikaiunta kuulostaa diffuusilta eikä lokalisoidu yksittäiseen kaiuttimeen. Luonnollisesti kukin kaiutinsignaali on viivästetty siten, että jälkikaiunta alkaa aina sen jälkeen, kun lavalta, joko pääkaiuttimista ja akustisista soittimista, saapuva ääni tulee kuulijan korviin. Toisen sanoen epäkoherenttisuudesta ja mikrofonisignaaleihin lisäystä alkuviveestä ja kaiutinkohtaisista viiveistä johtuen ääni ei paikallistu virtuaaliakustiikan kaiuttimiin. Signaalinkäsittely toteutettiin Max 7-ohjelmistolla [3] sen alustariippumattomuuden ja käytön helppouden takia.

Järjestelmässä käyttäjä voi säätää jälkikaiunta-aikaa, jälkikaiunnan tasoja ja jälkikaiunnan sävyä. Käyttäjä hallinnoi järjestelmää iPadista Mira-ohjelman kautta. Järjestelmä toimii itsenäisesti, joten pääkaiutinjärjestelmän käyttö ei vaikuta sen toimintaan. Käyttäjän pyynnöstä järjestelmään tehtiin esiasetukset akustiselle pop/jazz-musiikille, klassiselle musiikilla ja vahvistetulle musiikille. Miksaajalla on myös mahdollisuus muokata esiasetuksia ja tallentaa omia asetuksiaan.

3 YHTEENVETO

Tässä artikkelissa esiteltiin pienen esiintymistilan huoneakustisia ratkaisuja. Vaatimukse-
na oli, että tilassa voidaan esittää sekä akustista, että vahvistettua musiikkia. Vaatimuk-
sista johtuen, tilaa vaimennettiin taajuusalueen suhteen laajakaistaisesti ja tilaan asennet-
tiin muunneltavaa akustiikkaa. Passiivisesti akustiikkaa voidaan muuttaa tilaan asenne-
tuilla raskailla verhoilla ja aktiivisesti sähköisesti muunneltavalla akustiikalla, joka on
toteutettu mikrofoneilla, kaiuttimilla ja jälkikaiunta-algoritmeilla.

VIITTEET

- [1] Odeon A/S. Odeon Room Acoustics Software. URL: <http://www.odeon.dk/>
- [2] Lokki, T. and Hiipakka, J., "A Time-Variant Reverberation Algorithm For Reverberation Enhancement Systems," In *COST-G6 Conference on Digital Audio Effects (DAFx-01)*, pp. 28-32, Limerick, Ireland, December 6-8, 2001.
- [3] Max 7, Cycling '74, <https://cycling74.com/products/max>