

AURALISAATIOHUONEEN TOTEUTTAMINEN TOIMISTON NEUVOTTELUHUONEESEEN

Perttu Laukkanen¹, Javier Gómez Bolaños¹, Jukka Pätynen¹, Oskar Lindfors¹

¹ Akukon Oy
Hiomotie 19
00380 Helsinki
etunimi.sukunimi@akukon.com

Tiivistelmä

Akustikon päivittäin kohtaama haaste on saada selitettyä maallikolle akustiikkaan liittyviä monimutkaisia käsitteitä ja mittalukuja. Suunnitteluratkaisujen perusteet voi tuntua vaikealta ymmärtää, jos asioita ei pystytä kokemaan etukäteen, tai ei löydy suoraa kokemusperäistä vertailukohtaa. Auralisaatio antaa mahdollisuuden kuunnella ja vertailla akustisia ilmiöitä ja suunnitteluratkaisujen vaikutuksia etukäteen.

Tässä paperissa esitellään auralisaatiohuoneen toteutus toimistohuoneiston olemassa olevaan neuvottelutilaan. Tavoitteena oli saada toteutettua 3–5 henkilön yhtäaikaiseen kuunteluun soveltuva huone, jossa pystytään kuuntelemaan demoja yleisistä akustiikkasuunnittelussa vastaan tulevista kysymyksistä. Lisäksi huoneen on tarkoitus toimia myös normaalina (video)neuvotteluhuoneena.

Tilan huoneakustointi toteutettiin pääosin seinille ja osittain kattoon. Tilaäänentoistojärjestelmä koostuu 14 pääkaiuttimesta ja kahdesta subwooferista. Tärinädemoja varten osa olemassa olevasta asennuslattiasta muunnettiin tärinälattiaksi.

Toteutuksen kannalta suurin, joskin tiedostettu haaste, oli käytettävissä olevan tilan rajallinen koko. Tämä pakotti kompromisseihin sekä äänieristävyydessä että huoneakustiikassa. Tietoisena valintana päädyttiin panostamaan enemmän huoneakustiikkaan äänieristyksen kustannuksella. Kokonaisuus palvelee suunniteltua käyttötarkoitustaan tietyin rajoituksin. [4]



© 2021 Perttu Laukkanen, Javier Gómez Bolaños, Jukka Pätynen ja Oskar Lindfors. 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 johdannaisteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

1 Johdanto

Auralisaatioita voidaan toteuttaa kuulokkeilla, mutta laadukkaan kuulokeauralisaation tekeminen on teknisesti haastavaa ja työlästä [2]. Kirjoittajan kokemuksen mukaan kuulokeauralisaatiot ja niiden vaatimat järjestelyt koetaan helposti epämiellyttäväiksi ja epärealistisiksi, joskin VR-teknologiaa hyödyntämällä kokemusta voidaan parantaa [3]. Mikäli auralisaatioita esitetään ryhmälle, kuulokkeilla kuuntelua ei koeta yhteiseksi kokemukseksi [1].

Jotta tyypillisen rakennusprojektin osapuolet voisivat kokea auralisaation yhdessä, tarvitaan kuunteluhuone, jossa sama äänikenttä pystytään luomaan usealle kuulijalle yhtä aikaa käyttäen kaiuttimia. Käyttötarkoitus edellyttää tyypillisesti noin 3–5 henkilön kuuntelualuetta.

Tässä paperissa esitellään auralisaatiohuoneen toteutus toimiston olemassa olevaan neuvotteluhuoneeseen. Suunnittelun lähtökohdat ja tavoitteet käydään läpi luvussa 2. Käytännön toteutus äänieristyksen, taustamelutason, huoneakustiikan ja kaiutinjärjestelmän kannalta esitellään luvussa 3. Lopuksi luvussa 4 pohditaan toteutuksen onnistumista ja tulevaisuuden kehitysmahdollisuuksia.

2 AKUKON DEMOLAB SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Tavoitteena Akukonin DemoLab -projektissa oli toteuttaa auralisaatioiden kuunteluun ja esittämiseen soveltuva tila olemassa olevaan toimiston neuvotteluhuoneeseen. Jotta projektin budjetti voitiin pitää maltillisena, pyrittiin välttämään suuria muutoksia olemassa oleviin väliseinä-, lattia- ja ovirakenteisiin.

Auralisaatiokäytössä huoneen ja kaiutinjärjestelmän tulisi soveltua 3 – 5 henkilön yhtäaikaan kuunteluun. Auralisaatiokäytön lisäksi huoneen tulisi toimia myös normaalina (video)neuvotteluhuoneena 2 - 6 henkilön käytössä.

3 DEMOLAB KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

Äänieristys

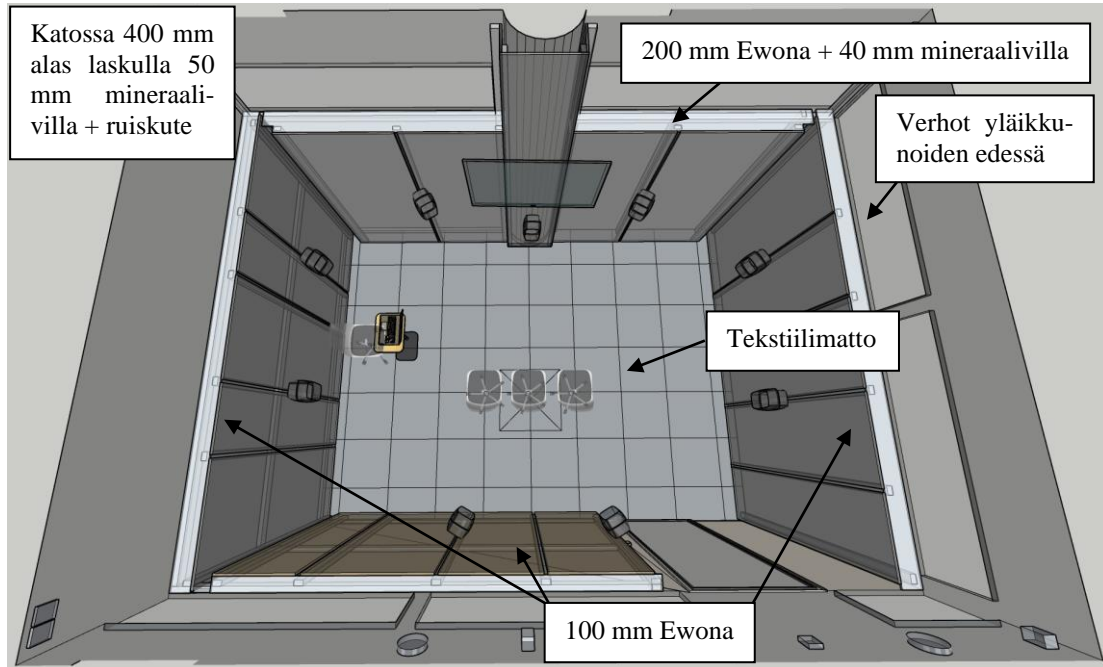
Koska huone sijaitsee osana toimistotilaa joka on saman yrityksen käytössä, huoneen äänieristykselle ei tehty parannuksia. Äänieristys ympäröiviin tiloihin on normaalin neuvotteluhuoneen luokkaa, tai jopa alle ($D_{nT,w}$ 44–48 dB) ja ovena yksi R_w 37 dB puuovi.

Äänieristystä ei parannettu, koska toimintaa ympäröivissä tiloissa pystytään tarvittaessa kontrolloimaan huoneen käytön aikana, ja koska seinärakenteiden äänieristyksen parantaminen olisi aiheuttanut lisähaasteita huoneen pienten taajuuksien jälkikaiuntaan ja edelleen äänentoistojärjestelmän kalibrointiin pienillä taajuuksilla.

Huomionarvoista on myös, että huoneen seinät on rakennettu koko toimistokerroksen kattavan asennuslattian päältä. Tämä osaltaan rajoittaa äänieristyksen parantamisen mahdollisuuksia, koska asennuslattiaa ei haluttu purkaa.

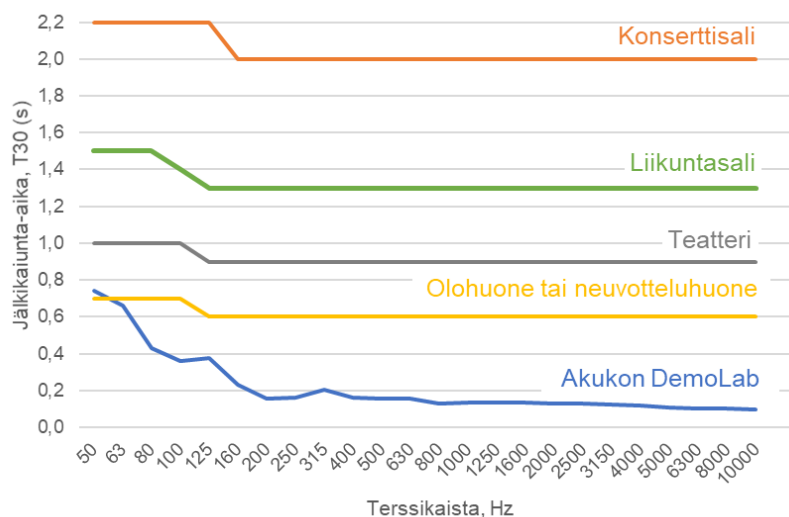
Huoneakustiikka

DemoLabin huoneakustiikan tavoitteena oli luoda akustiikaltaan neutraali ja riittävän kaiuton tila, jotta suunniteltavien tilojen huoneakustiikka pystytään kuuntelemaan [4]. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että DemoLabin jälkikaiunta-ajan tulee olla jonkin verran lyhyempi kuin auralisoitavan tilan jälkikaiunta-ajan, jotta auralisaatiosta saadaan realistinen. Huoneakustointi toteutettiin Kuvassa 1 esitetyillä rakenteilla.



Kuva 1. DemoLabin huoneakustiikan toteutus.

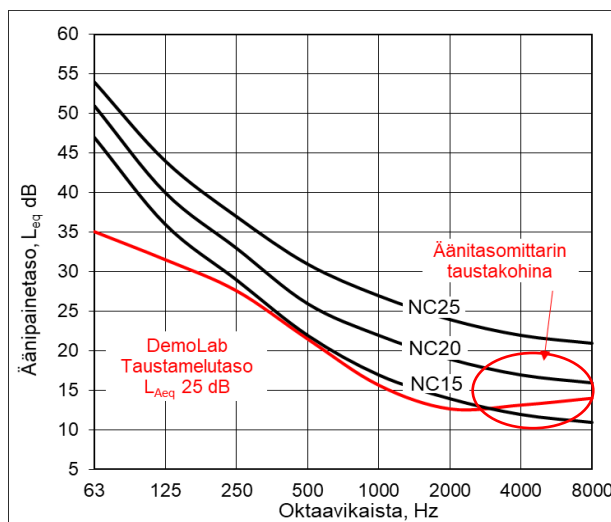
Kuvassa 2. on esitetty DemoLabin mitattu jälkikaiunta-aika terssikaistoittain, ja verrattu sitä tyypillisesti auralisoitaviin tiloihin.



Kuva 2. DemoLabin jälkikaiunta-aika verrattuna eräisiin akustikon usein kohtaamiin tilatyyppeihin.

Taustaäänitaso

Tavoitteena oli saada ilmanvaihdon taustaäänitaso mahdollisimman alhaiseksi toteuttamatta huoneeseen erillistä ilmanvaihtojärjestelmää. Huoneen tuloilma syötetään jäähdytyspaneelien kautta, ja poistoilma on kanavoitu KSO-venttiilin kautta. KSO-venttiiliin asennettiin vaimennuspatruuna. Sekä tulo, että poisto ovat osana talon keskitettyä ilmastointijärjestelmää, ja säädettävyyttä on rajallisesti. Taustaäänitasoksi saatiin L_{Aeq} 25 dB, joka on riittävä useimpiin auralisointitarkoituksiin. Jäähdytyspaneelien virtausäänen kontrolloimiseksi paneelien vesiputkiin toteutettiin etäohjattava sulkuventtiili. Kuvassa 3 on esitetty DemoLabin taustamelutaso oktaavikaistoittain.



Kuva 3. DemoLabin mitattu taustaäänitaso.

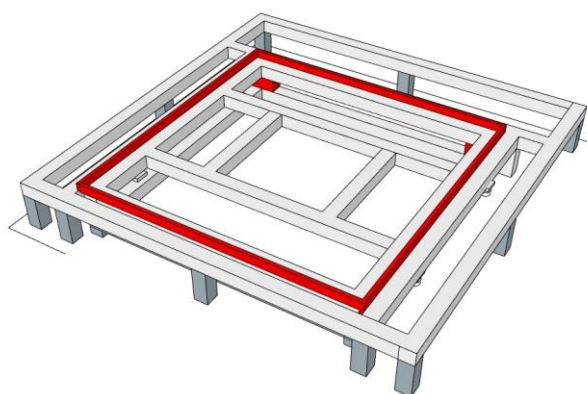
Kuvassa 3 on esitetty DemoLabin taustamelutaso oktaavikaistoittain.

Kaiutinjärjestelmä

Tiläänänen toistamiseksi huoneeseen toteutettiin 14 pääkaiuttimen ja kahden subwooferin äänentoistojärjestelmä. Kaiuttimiksi valittiin Genelecin Smart IP -sarjan kaiuttimet (4430A), joille sekä audiosignaali että virta syötetään CAT-kaapelia pitkin. Kaiuttimia kontrolloidaan Smart IP -verkon kautta ohjelmallisesti.

Tärinälattia

Tärinän demoamiseksi DemoLabiin toteutettiin lattiaelementti, joka koostuu kahdesta alumiiniprofiilirungosta ja 22 mm koivuvanerista. Sisäpuolinen runko on eristetty ulkorungosta Sylomer-kaistalla ja betonilattiasta Rosta ESL 15 tärinävaimenttimella. Tärinäheräte toteutetaan Fischer ButtKicker LFE täristimellä, joka on asennettu suoraan sisärungon vaneriin. Täristimen signaali vahvistetaan Fischer Amps Shaker 400 vahvistimella. Vahvistimen tasot on kalibroitu siten, että tärinätaaso voidaan säätää suoraan ohjelmallisesti tietokoneelta. Tärinälattian rakenne esitetty kuvissa 4 ja 5.



Kuva 4. Tärinälattian runko.



Kuva 5. Tärinälattia valmiissa huoneessa.

4 LOPPUTULOS JA KEHITYSIDEAT

DemoLabin toteutuksen kannalta suurin, joskin tiedostettu haaste, oli käytettävissä olevan tilan rajallinen koko. Tämä pakotti tekemään kompromisseja sekä äänieristävyyteen, että huoneakustiikkaan. Tietoisena valintana päädyttiin panostamaan enemmän huoneakustiikkaan äänieristyksen kustannuksella. Ilma- ja askeläänieristyksen kanssa pystytään toimimaan, sillä ympäröivien tilojen toimintaa pystytään kontrolloimaan huoneen käytön aikana.

Huoneakustiikan sekä kaiutinjärjestelmän toteutukset onnistuivat hyvin, joskin kaiutinjärjestelmän kalibroinnin yhteydessä jouduttiin vielä tekemään pieniä viilauksia huoneakustisiin rakenteisiin, jotta kaiutinten taajuusvasteet saatiin riittävän tasaisiksi.

Saavutettu ilmanvaihdon taustamelutaso L_{Aeq} 25 dB on riittävä useimpiin käyttötarkoituksiin, mutta ilmanvaihdon ääntä on suunniteltu edelleen vaimennettavan lisäämällä poistokanavaan tehokkaampi äänenvaimennin huoneen puolelle. Tällä päästään arviolta noin L_{Aeq} 22 dB taustaaäänitasoon, josta on hyötyä kriittisimpiä auralisaatiotarpeita varten.

Nykyisen toiminnallisuuden lisäksi tulevaisuuden suunnitelmana on varustaa tila reaaliaikaisesti toimivalla keinoakustiikalla. Keinoakustiikan avulla mallinnetun tai mitatun huoneakustiikan kokeminen ja auralisointi olisi entistäkin todentuntuisempaa. Keinoakustiikalla jokaista sessiota varten pystyttäisiin luomaan haluttu lähtötilanne.

Kuvassa 6 on esitetty Akukon DemoLab valmiina.



Kuva 6. Akukon DemoLab valmiina käyttöön.

VIIITEET

- [1] Roquet P, “Acoustics of the one-person space: headphone listening detachable ambience, and the binaural prehistory of VR” *Sound Studies* 7, 1(April 2020): 42-63.
- [2] Kleiner M., Dalenbäck B-I., ja Svensson P., “Auralization—An overview”. *Journal of Audio Engineering Society*, Vol. 41, No. 11, 1993.
- [3] Muhammad I, Heimes A, Vorländer M, “Interactive real-time auralization of airborne sound insulation in buildings” *Acta Acust.* 5 19 (2021). DOI: 10.1051/aacus/2021013
- [4] ITU-R BS.1116-3 “Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems“ 2015.