

## ÄÄNIMAAN ELOKUVASTUDIOIDEN TILA-AIKA-ANALYYSI

Janne Riionheimo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Akukon Oy  
Hiomotie 19  
00380 Helsinki  
janne.riionheimo@akukon.fi

<sup>2</sup> Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulu, Tietotekniikan laitos  
PL 13300, 00076 AALTO  
janne.riionheimo@aalto.fi

### Tiivistelmä

Aalto-yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulun elokuvataiteen ja lavastustaiteen laitos muutti Arabianrannasta Otaniemeen vuoden 2017 alussa. Uusiin tiloihin rakennettiin äänistudiot ja elokuvateatteri laitoksen elokuvaäänityksen ja äänisuunnittelun opetuksen käyttöön. Äänitarkkaamoiden ja elokuvateatterin elektroakustinen vaste kalibroitiin standardin SMPTE ST 202:2010 mukaisesti. Tilojen äänikenttien ominaisuuksia tutkittiin jälkikäteen tilaimpulsivasteiden avulla. Tässä artikkelissa esitellään Äänimaan uudet tilat ja kuvataan niiden äänikenttää tila-aika-analyysin avulla. Tarkoituksena on selvittää, miten elokuvan äänimiksaus muuttuu siirryttäessä miksaa-  
mosta elokuvateatteriin. Aihe on osa kirjoittajan väitöskirjatutkimusta.

## 1 JOHDANTO

”Äänimaa” koostuu Aalto-yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulun elokuvaäänityksen ja äänisuunnittelun studiotiloista, joissa tallennetaan ja käsitellään ääntä. Äänimaan tilat sijaitsivat aikaisemmin Helsingin Arabianrannassa, mutta elokuva- ja lavastustaiteen laitoksen muuttaessa Otaniemeen vuoden 2017 alussa, myös Äänimaa siirtyi Otaniemen Magneettitaloon osoitteeseen Otakaari 7. Studiot rakennettiin jossain määrin väliaikaisiksi, kuitenkin niin, että niissä voidaan työskennellä vuosia.

Magneettitalo on kymmeniä vuosia vanha eikä kattavaa peruskorjausta ole tehty. Vanhahko talotekniikka asettikin projektille haasteita. Elokuvastudioiden tiukat akustiset vaatimukset sekä käyttäjän kokemukset vanhojen tilojen alitehoisesta ilmanvaihdosta ja sisäilmaongelmista ohjasivat vahvasti suunnittelua.

Elokuva- ja lavastustaiteen laitoksen käyttöön suunniteltiin myös elokuvateatteri, joka sijoitettiin TUAS-talon vanhaan Odeion-auditorioon, joka oli perusratkaisujensa puolesta jo valmiiksi sopiva elokuvateatteriksi. Auditorion yhteydessä sijaitsevaan projektorihuoneeseen sijoitettiin elokuvataiteen laitoksen vanhan Marilyn-elokuvateatterin tekniikka. Myös vanha kaiutinjärjestelmä siirtyi Marilynistä Odeioniin.

## 2 STUDIOTILAT

Äänimaan uudet studiotilat koostuvat miksaamosta, foley-stageesta, foley-tarkkaamosta sekä ääni- ja kuvaediteistä. Studiot rakennettiin kiinteistön vanhojen huoneiden sisään.

### Miksaamo

Neljäkymmentä neliöinen miksaamo rakennettiin talon ensimmäiseen kerrokseen, entiseen neuvotteluhuoneeseen. Käytävissä oleva 3,6 metrin kerroskorkeus supistui kolmen metrin vapaaksi huonekorkeudeksi äänieristysrakenteiden ja huoneakustisten verhoilujen takia. Miksaamo rakennettiin Sylomer-tärinäeristeiden päälle.

Huone suunniteltiin 16-kanavaisen Meyer Soundin kaiutinjärjestelmän ympärille, joka asennettiin Dolbyn Atmos spesifikaation mukaisesti. Dolby Atmos lisää perinteiseen 5.1 tai 7.1-kanavaisen äänikenttään pystysuuntaisen informaation kattokaiuttimien avulla. Staattisen kattokaiuttimilla lisätyn 5.1 tai 7.1 audiorungon (Bed Audio) lisäksi yksittäisiä kaiuttimia voidaan käyttää diskreetteinä kanavina audio-objektien toistamiseen.

Etukaiuttimet ja subwooferit sijaitsevat koko etuseinän peittävän akustisesti läpinäkyvän kudotun valkokankaan takana. Kuva heijastetaan kankaalle miksaamon takana sijaitsevaan laitehuoneeseen asennetusta projektorista kahden viistossa olevan Optiwhite-lasin läpi.

Dolbyn suunnitteluspesifikaation mukaisesti kaiuttimien akustinen keskipiste sijaitsee 2/3 korkeudella valkokankaan kuva-alaan nähden. Sivukaiuttimet on aseteltu elokuvateatterimaisesti ylös ja ne muodostavat linjan 2,2 metrin korkeudella sijaitsevien etukaiuttimien ja 2,7 metrin korkeudella sijaitsevien takakaiuttimien välillä. Miksaamon kaiuttimien sijoittelun on tarkoitus muistuttaa elokuvateattereissa käytettyä sijoittelua, joten kaiuttimien sijainti ja korkeudet eroavat esimerkiksi ITU:n suosituksesta ITU-R BS.775-3, jonka mukaan kaiuttimet sijoitetaan lähtökohtaisesti samalla korkeudelle kuuntelijan korvan kanssa.

Miksaamon taustamelun A-painotettu keskiäänitaso pienennetyllä ilmanvaihdoilla on 20 desibeliä.



**Kuva 1** Panoraamakuva Äänimaan miksaamosta. Etukaiuttimet sijaitsevat valkokankaan takana ja sivukaiuttimet on aseteltu elokuvateatterimaisesti ylös.

### Foley-stage ja tarkkaamo

Viisikymmentä neliöisen foley-stagen tarkoitus on toimia hiljaisena ja kaiuttomana tilana foley-äänien kuten askeleiden, vaatteiden kahinoiden ja näyttelijöiden toiminnasta aiheutuvien äänien tallentamista varten. Foley-stagen vieressä sijaitsevaa 25 neliöistä foley-

tarkkaamo käytetään sekä foley-äänitysten äänitarkkailuun että miksaamiseen. Tarkkaamoon on asennettu 14-kanavainen kaiutinjärjestelmä Dolby Atmos kotiteatteri spesifikaation mukaisesti.

Foley-stage ja tarkkaamo on kellutettu samalla periaatteella kuin miksaamo. Foley-stagen taustamelun A-painotettu keskiäänitaso pienennetyllä ilmanvaihdolla on alle 18 desibeliä, mikä mahdollistaa myös hiljaisten äänien tallentamisen.



**Kuva 2** Äänimaan ”kuiva” foley-stage ja kelluvan lattian sisään rakennetut askeläänilaatikat.

### Ääni- ja kuvaeditit

Äänimaan neljä 20 neliöstä ääniedittiä ja neljä 15 neliöstä kuvaedittiä sijaitsevat Magneettitalon toisessa kerroksessa. Huoneita ei ole kellutettu ja seinien huoneakustiikkaverhoilut on toteutettu modulaarisilla elementeillä. Äänieditit on varustettu 5.1 kuuntelulla.

## 3 ELOKUVATEATTERI

Elokuvateatteri rakennettiin black box -tyyppiseen 120 neliöiseen Odeion auditorioon, jonka seinä- ja kattopinnat oli valmiiksi vaimennettu. Tilaan rakennettiin väliaikainen 52 paikkainen katsomo sekä seinäke etukaiuttimia varten. Teatterin kaiutinjärjestelmä koostuu samoista Meyer Soundin kaiuttimista kuin Äänimaan miksaamo. Teatterin 7.1 kaiutinjärjestelmä on toteutettu 12:lla surround-kaiuttimella.



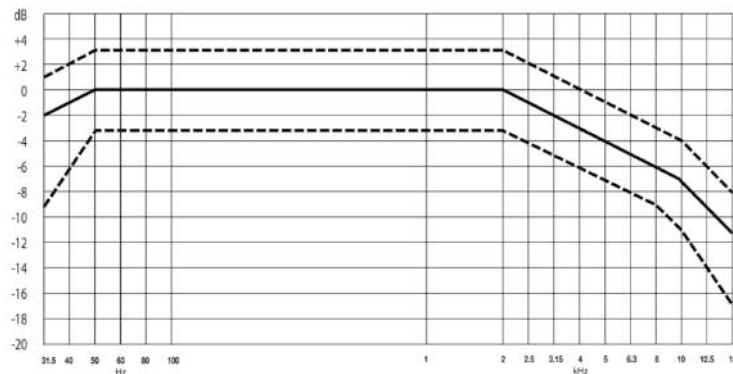
**Kuva 3** Panoraamakuvaa elokuvateatterista, joka rakennettiin vanhaan Odeion-auditorioon. Huoneen seinät ja katto oli valmiiksi vaimennettu.

Teatterin etukaiuttimet sijaitseva perforoidun valkokankaan takana. Valkokankaan akustisista ominaisuuksista ei ollut tietoa, mutta on yleistä, että perforoidut kankaat vaimentavat diskanttitaajuuksia jopa yli 10 desibeliä. Perforoitujen kankaiden ongelmana on myös äänen heijastuminen kankaasta kaiuttimeen päin. Äänen kimpoileminen kaiuttimen ja kankaan välillä aiheuttaa kampsuodatusta [1], mikä värittää ääntä. Lisäksi perforointi aiheuttaa epätasaisuuksia kaiuttimen säteilykuvioon.

#### 4 KALIBROINTI

Sekä miksaamon että elokuvateatterin kaiutinjärjestelmä kalibroitiin standardin SMPTE ST 202:2010 mukaisesti. Standardissa määritellään yli 125 kuutioisten miksaamojen, kotiteattereiden ja elokuvateattereiden ns. B-ketjun elektroakustinen vaste ja sen mittaustapa. Tilojen kalibroinnin suoritti kaiutinvalmistaja Meyer Soundin edustaja.

Elokuvateatterin kalibrointi suoritetaan toistamalla järjestelmällä vaaleanpunaista kohinaa ja säätämällä kalibrointipisteen taajuusvaste tai useamman mittauspisteen taajuusvasteiden keskiarvo kuvan 4 tavoitekäyrän eli niin sanotun X-curven mukaiseksi. Kalibrointipiste sijaitsee huoneen keskilinjalla kahden kolmasosan kohdalla valkokankaan ja takaseinän välisestä etäisyydestä. Pienemmissä tiloissa, kuten Odeionissa ja äänimaan miksaamossa, käyrää korjataan suurilla taajuuksilla 1-2 desibeliä ylöspäin.



NOTE – Tolerances in this figure are based upon 1/3-octave measurements. If 1/1-octave measurements are used, reduce the tolerance by 1 dB.

**Kuva 4** Standardin SMPTE ST 202:2010 mukainen keskikokoisen elokuvateatterin B-ketjun elektroakustinen tavoitevaste eli ns. X-curve.

Nykyinen X-curve ja sen mittausten menetelmä määriteltiin 70-luvun alussa sen ajan tietämykseen ja dokumentoimattomaan tutkimukseen perustuen. Allenin mukaan [2] ajatuksena on ollut, että toistettaessa vaaleanpunaista kohinaa, spektrianalysaattori näyttää diskanttitaajuuksilla vaimenevaa vastetta, mikäli kaiuttimien suoran äänen taajuusvaste on tasainen, koska normaalisti elokuvateatterin jälkikaiunta vahvistaa bassotaajuuksia, kun taas ilma vaimentaa diskanttitaajuuksia. Monet ovat kritisoineet menetelmää epäonnistuneeksi ja esimerkiksi Toole [3] on todennut, että mikäli tarkoituksena oli kalibroida kaiuttimen suoran äänen taajuusvaste tasaiseksi, yrityksessä epäonnistuttiin. Toolen mukaan

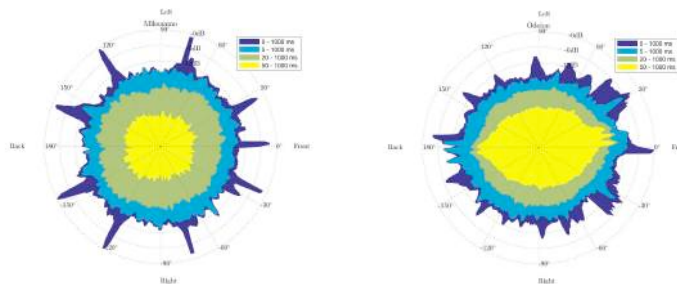
monissa elokuvateattereissa kaiuttimien suora ääni jää sekä diskantilta että bassolta vai-meaksi. Jos tätä yritetään kompensoida miksausvaiheessa miksaamossa, jossa suoran äänen ja kaiun suhde on erilainen kuin teattereissa, ajaututaan helposti kierteeseen, jossa taajuusbalanssin vertailukohta katoaa.

Elokuvateatterin ja miksaamon äänenvoimakkuus kalibroitiin standardin SMPTE ST 200:2010 mukaisesti toistamalla järjestelmällä vaaleanpunaista kohinaa, jonka tehollisarvo asetetaan -20 dBfs tasolle ja säätämällä toistetun äänen C-painotettu slow-taso 85 desibelin voimakkuudelle. Standardin mukaan alle 560 kuutioisten huoneiden äänitaso säädetään 3-9 desibeliä hiljaisemmalle voimakkuudelle erillisen taulukon mukaisesti.

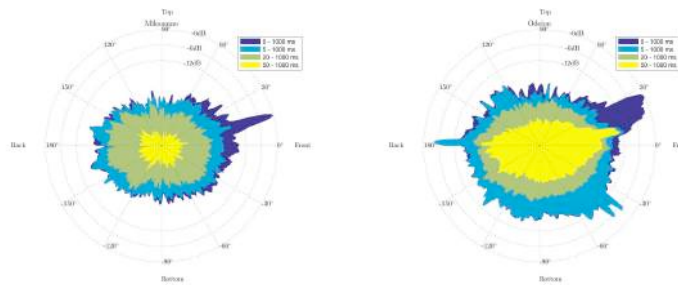
## 5 MITTAUKSET

Studioiden valmistuttua miksaamon ja elokuvateatterin äänikenttien ominaisuuksia tutkittiin tilaimpulsivasteiden ja keinopää-äänityksien avulla. Huoneiden heijastukset visualisoitiin käyttämällä kuvälähdehajotelma-menetelmää ([4], [5]). Menetelmää on aiemmin käytetty konserttisalien [5], äänitarkkaamoiden [6], rock-klubien [7] ja autojen [8] äänikentän analysointiin. Nyt menetelmää on tarkoitettu käyttämään elokuvateattereiden ja elokuvamiksaamoiden äänikenttien ominaisuuksien tutkimiseen. Samalla on tarkoitettu selvittämään, miten elokuvan äänimiksauskuulokuva muuttuu siirryttäessä miksaamoista elokuvateattereihin sekä formalisoida alan käytäntöjä tieteellisesti.

Kuvissa 5 ja 6 on esitetty miksaamon ja elokuvateatteri Odeionin tila-aikavasteet lateraali- ja mediaanitasossa (ylhäältä ja sivusta päin katsottuna). Kaikki mittaukset on tehty miksaamon kuuntelupisteessä ja elokuvateatterin kalibrointipisteessä. Sininen kuvio kuvaa koko impulssivastetta, vaaleansininen kuvio viiden millisekunnin jälkeen saapuvaa ääntä, vihreä 20:n millisekunnin jälkeen saapuvaa ääntä ja keltainen 50:n millisekunnin jälkeen saapuvaa ääntä. Kolme jälkimmäistä koostuvat suurimmaksi osaksi varhaisista heijastuksista ja jälkikaiunnasta. Lateraalitason visualisoinnissa on käytössä 7.0 kaiutinjärjestelmän kaiuttimet ja mediaanitasossa pelkästään etukaiuttimet (left, center, right).

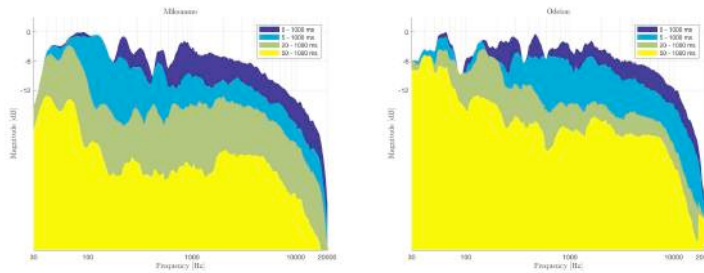


**Kuva 5** Miksaamon ja elokuvateatteri Odeionin tila-aikavasteet lateraalitasossa (ylhäältä päin katsottuna) käytettäessä 7.0 kaiutinjärjestelmän kaiuttimia.



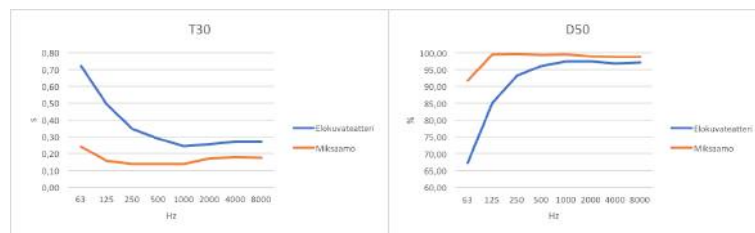
**Kuva 6** Miksaamon ja elokuvateatteri Odeionin tila-aikavasteet mediaanitasossa (sivusta päin katsotuna) käytettäessä kaiutinjärjestelmän etukaiuttimia (left, center, right).

Kuvassa 7 on esitetty miksaamon ja Odeionin aika-taajuusvasteet etukaiuttimille. Kuvista nähdään taajuusvasteen kehittyminen eri ajanhetkillä.



**Kuva 7** Miksaamon ja elokuvateatteri Odeionin aika-taajuusvasteet.

Kuvassa 8 on esitetty miksaamon ja Odeionin jälkikaiunta-aika T30 ja definition D50.



**Kuva 8** Miksaamon ja elokuvateatteri Odeionin jälkikaiunta-aika T30 ja definition D50.

Kuvasta 7 nähdään, että koko impulssivasteen yli lasketut taajuusvasteet ovat hyvinkin samanlaiset. Kuvista 5 ja 6 nähdään, että kaiuttimien suora ääni on miksaamossa voimakkaampi kuin Odeionissa, jossa äänilähteet ”leviävät”. Odeionissa myöhemmin saapuva ääni vaikuttaa äänikuvaan ja koko impulssivasteen taajuusvasteeseen enemmän kuin

miksaamossa. Odeionissa äänienergiaa saapuu enemmän varsinkin lattian kautta ja takaseinästä tai takarivien tuoleista heijastuneina. Ääni jää ilmeisesti myös heijastelemaan hetkeksi valkokankaan ja takaseinän väliin.

Keinopää-äänitykset tukevat subjektiivisesti näitä huomiota. Miksaamon äänikenttä kuulostaa tarkemmalta ja värityttömältä. Odeionin äänikentässä on kampsuodatettu sävy, mikä kuuluu varsinkin elokuvan dialogissa. Tämä voi olla perforoidun valkokankaan vaikutusta. Samalla kalibroidulla äänenvoimakkuudella toistettu elokuvaääni kuulostaa subjektiivisesti voimakkaammalta miksaamossa, mikä voi johtua siitä, että suora ääni dominoi miksaamon äänikenttää.

### TULEVA TUTKIMUS

Äänimaan äänikenttäanalyysi on kirjoittajan väitöskirjatutkimuksen ensimmäisen osan pilottihanke. Tarkoituksena on tutkia elokuvateattereita ja -miksaamoja edellä mainittuja menetelmiä käyttäen sekä arvioida niiden äänikenttiä aistinvaraisesti. Eri miksaamojen ja elokuvateattereiden äänikentät tullaan auralisoimaan kaiuttomaan kuunteluhuoneeseen, jolloin elokuvaääntä voidaan kuunnella eri tiloissa virtuaalisesti ja arvioida ääntä kuuntelukokeiden avulla.

### VIITTEET

- [1] Long, Brian, et al. "Further Investigations into the Interactions between Cinema Loudspeakers and Screens." *SMPTE Motion Imaging Journal* 121.8 (2012): 46-62.
- [2] Allen, Ioan. "The X-Curve, its Origins and History." SMPTE Technical Conference and Exhibition, 147th. SMPTE, 2005.
- [3] Toole, Floyd. "The Measurement and Calibration of Sound Reproducing Systems." *Journal of the Audio Engineering Society* 63.7/8 (2015): 512-541.
- [4] S. Tervo, J. Pätynen, A. Kuusinen, T. Lokki "Spatial decomposition method for room impulse responses", *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 61, no. 1/2, pp. 16-27, 2013
- [5] J. Pätynen, S. Tervo, T. Lokki, "Analysis of concert hall acoustics via visualizations of time-frequency and spatiotemporal responses", In *J. Acoustical Society of America*, vol. 133, no. 2, pp. 842-857, 2013.
- [6] P. Laukkanen "Evaluation of Studio Control Room Acoustics with Spatial Impulse Responses and Auralization", Master's thesis, Aalto University, 2014
- [7] S. Tervo, J. Saarelma, J. Pätynen, P. Laukkanen, I. Huhtakallio, "Spatial analysis of the acoustics of rock clubs and nightclubs", In the *IOA Auditorium Acoustics*, Paris, France, pp. 551-558, 2015
- [8] S. Tervo, J. Pätynen, N. Kaplanis, M. Lydolf, S. Bech, and T. Lokki "Spatial Analysis and Synthesis of Car Audio System and Car Cabin Acoustics with a Compact Microphone Array", *Journal of the Audio Engineering Society* 63 (11), 914-925, 2014