

KADONNUTTA AKUSTIIKKA ETSIMÄSSÄ

HELSINGIN NYA TEATERNIN HUONEAKUSTIIKAN ENNALLISTAMINEN

Mikko Kylliäinen & Joose Takala

Musiikkisalien, teatterien ja muiden kulttuurirakennusten suunnittelu perustuu nykyisin paljolti huoneakustiikan tietokonemallinnukseen. Kadonneen rakennuksen huoneakustiikan mallinnus ei poikkea suunnitteilla olevan uudisrakennuksen akustiikan mallintamisesta: kummassakaan tapauksessa rakennusta ei ole olemassa, joten akustiikan tutkiminen perustuu piirustuksista selviäviin tilan mittoihin ja muotoihin sekä tilan pintojen akustisiin ominaisuuksiin. Suomessa ensimmäinen kulttuurirakennus, jonka akustiikasta on käyty julkista keskustelua, lienee ollut Helsinkiin vuonna 1860 valmistunut Nya Teatern, joka vajaan kolme vuotta myöhemmin paloi. Säilyneisiin tietoihin perustuvan tietokonemallinnuksen avulla teatterin huoneakustiikka voidaan ennallistaa.

Kuuluisalla vierailullaan Helsinkiin vuonna 1856 keisari Aleksanteri II pani Suomen suuriruhtinaskunnan senaatin aloitteesta alulle monia hallinnollisia, taloudellisia ja liikenteellisiä uudistuksia. Aleksanteri vauhditti myös – tahattomasti – helsinkiläisten aikoja uuden teatteritalon rakentamiseksi lausuttuaan vanhan, vuonna 1827 valmistuneen puisen teatterirakennuksen nähdessään ranskaksi: ”C’est une bicoque!”. Se on käännettynä: ”Onpa röttö!”.¹

Kivirakenteisesta teatteritalosta oli Helsingissä haaveiltu 1840-luvulta saakka, ja keväällä 1853 uutta teatteritaloa suunnittelemaan oli jo kiinnitetty Turun ja Porin läänin lääninarkkitehti ja Turun kaupunginarkkitehti Georg Theodor Chiewitz (1815–1862).² Krimin sota kuitenkin oli keskeyttänyt teatterihankkeen, jota varten tarvittavia varoja keräämään perustettiin pian keisarin

vierailun jälkeen osakeyhtiö. Kun teatteritalon suunnitelmat saivat monien muokkausten jälkeen sekä keisarin että yhtiökokouksen hyväksynnän, rakennustyöt alkoivat kesällä 1858, ja vuoden 1860 lopulla talo vihittiin käyttöön.³

Teatteritalojen ja varsinkin konserttisalien rakennushankkeet herättivät nykyisin jokseenkin poikkeuksetta keskustelua akustiikasta. Nya Teatern lienee Suomessa ensimmäinen rakennus, jonka akustiikasta keskusteltiin ja väiteltiin julkisesti.⁴ Tulipalo tuhosi teatterin keväällä 1863 tiilestä muurattuja seiniä lukuun ottamatta (kuva 1), joten enää ei voida kuunnella tai mitata sen teatterisalin akustisia ominaisuuksia. Rakennuksen suunnitelmia on kuitenkin jossain määrin tallella, joten niiden perusteella teatterisalin akustiikkaa on mahdollista mallintaa tietokoneohjelmilla.⁵



Kuva 1. Nya Teaternin rauniot tulipalon jälkeen keväällä 1863. Kuva: Museoviraston kuvakokoelmat.

Huoneakustisen tietokonemallinnuksen juuret ovat toisaalta laskentamenetelmissä, toisaalta erilaisissa fyysisissä malleissa, joiden avulla äänen kulkua tilassa on pyritty seuraamaan. 1900-luvun alkuvuosikymmeninä puhe- ja musiikkisaleista tehtiin vesija valomalleja: tilasta valittiin jokin poikkileikkaus ja valon tai aaltoilemaan saatetun veden kulkua ja heijastumista poikkileikkauksen pinnoista seurattiin valokuvaamalla.⁶ 1930-luvulla tehtiin ensimmäiset kokeilut akustisista pienoismallitutkimuksista, joista tuli tärkein suurten teatterien ja konserttisalien suunnittelumenetelmä vuosikymmeniksi vaativuudestaan huolimatta: pienoismallitutkimuksessa äänen taajuuden lisäksi pienoismallin pintojen ominaisuuksia on muutettava mallin ja tulevan salin kokojen suhteessa.⁷

Ensimmäiset artikkelit huoneakustiikan mallintamisesta tietokoneella julkaistiin 1960-luvulla,⁸ ja 1980-luvun loppupuolelta saakka tietokonemallit ovat alkaneet syrjäyt-

tää pienoismallein tehtäviä kokeita, joskin suurimmista konserttisaleista pienoismalleja tehdään edelleen.⁹ Viimeistään 1990-luvulla huoneakustisista tietokonemallinnusohjelmista on tullut akustiikkasuunnittelijoiden jokapäiväisiä työkaluja.¹⁰ Nykyisin tietokonemallinnuksella voidaan simuloida tilojen akustisia ominaisuuksia varsin tarkasti verrattuna mittaustuloksiin.¹¹ Mallinnuksella voidaan nopeasti tutkia tilan muodon ja pintamateriaalien, pinnanmuotojen sekä erilaisten vaihtoehtojen vaikutuksia valmiin tilan akustisiin ominaisuuksiin.

1990-luvulla huoneakustiikan mallinnusohjelmiin on liitetty tilojen auralisointimahdollisuus. Auralisointi tarkoittaa kuunneltavissa olevien äänitteiden muodostamista numeerisen, tavallisesti laskennallisesti aikaansaadun aineiston perusteella.¹² Mallinnusohjelmilla lasketaan tilan impulsivaste. Sitä voidaan verrata käsien läimäytykseen tilassa: läimäytys vastaa impulssia ja vaste on tilassa tämän jälkeen vaimenevana

kuultava ääni. Tietokonemallin tuottamaan impulssivasteeseen voidaan liittää esimerkiksi jonkin soittimen syntetisoitu tai kaiuttomassa tilassa tehty äänite. Puhe- ja musiikkitulojen auralisointi mahdollistaa sen, että tiloja voidaan kuunnella ennen kuin niitä on rakennettu.

Kadonneen rakennuksen huoneakustii-kan mallinnus ei käytännössä poikkea vasta suunniteltavana olevan uudisrakennuksen mallinnuksesta, kunhan kadonneesta rakennuksesta on säilynyt tarpeeksi tietoa, kuten piirustuksia tai raunioita, joista voidaan päätellä riittävällä tarkkuudella rakennuksen mitat ja käytetyt materiaalit. Esimerkiksi antiikin Kreikan ja Rooman teattereista ja temppeleistä on tehty runsaastikin huoneakustii-kan mallinnuksia muutaman viimeisen vuosikymmenen aikana.¹³

Tila, jossa musiikkia esitetään, on kytköksissä musiikin esityskäytäntöihin ja edelleen musiikin historiaan. Huoneakustisella mallinnuksella on saatu tietoa esimerkiksi polykoraalisten teosten taustasta, kehityksestä ja esityskäytännöistä renessanssiajan Venetsiassa.¹⁴ Barokkiajan teattereiden akustisia ominaisuuksia on tutkittu huoneakustisella mallinnuksella¹⁵ ja uutta tietoa Beethovenin sinfonioiden esityskäytännöstä on saatu tekemällä huoneakustiset tietokonemallit musiikkisaleista, joissa hänen musiikkiaan arkistolähteiden perusteella tiedetään esitetyn.¹⁶

Tämän artikkelin tarkoituksena on verrata aikalaisten näkemyksiä Nya Teaternin teatterisalin akustiikasta nykyaikaisen huoneakustisen tietokonemallinnuksen tuloksiin. Lisäksi auralisoidaan musiikkinäyte, jota on Tekniikan Historian Seuran www-sivujen kautta mahdollista kuunnella eri

kohdissa Nya Teaternin katsomoa. Auralisoitujen musiikkinäytteiden avulla on mahdollista saada käsitys siitä, miltä musiikkiesitykset 1860-luvun Suomessa ovat voineet kuulostaa.

NYA TEATERNIN ESIKUVAT JA SUUNNITTELU

Keväällä 1858, ennen kuin rakennustyöt olivat alkaneet, arkkitehti Chiewitzin suunnitelmat Nya Teaternin rakentamiseksi oli-



Kuva 2. Arkkitehti Georg Theodor Chiewitz (1815–1862) Charles Borchardt'in kuvaamana Helsingissä vuonna 1860 tai 1861. Kuva: Museoviraston kuvakokoelmat.

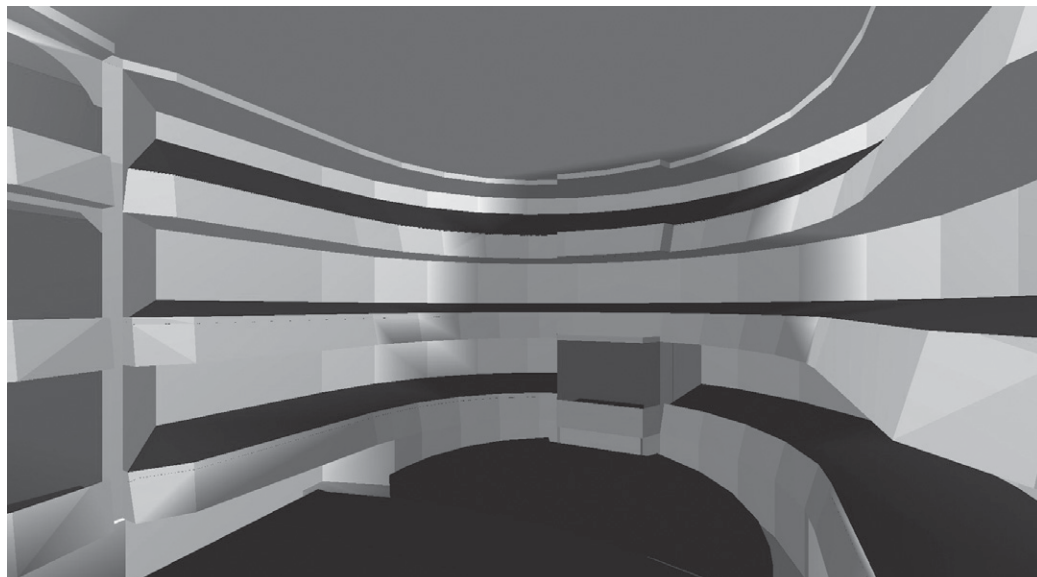
vat esillä Helsingissä. Suunnitelmat nähnyt *Wiborg*-lehden Helsingin kirjeenvaihtaja arvosteli niitä kirjoituksessaan: hän vertaili suunnittelun ja huonoksi moititun vanhan teatterin mittoja todeten niiden muistuttavan liaksi toisiaan; uuden teatterin näyttämöaukon mitat oli hänen mukaansa suunniteltu vastoin kaikkia uusissa teattereissa noudatettuja sääntöjä sekä akustiikan että näkyvyyden suhteen; lisäksi teatteria olisi hänen mukaansa korotettava yhdellä kerroksella ja lisättävä yksi parvi, jolloin katsomoa olisi pidennettävä.¹⁷

Teatterisuunnitelman saamat moitteet kantautuivat Turkuun, jossa Chiewitz laati vastineen ”tehdäkseen selkoa todellisista olosuhteista niille, joilla ei ole itse mahdollisuutta ottaa niistä selvää”. Vertaamalla suunnittelemansa näyttämöaukon mittoja suurten keskieuropalaisten teattereiden näyttämöaukoihin Chiewitz todisteli suunnitelmansa korrektiutta. Vertailtavina myös muiden mittojen suhteen olivat teatterit Münchenissä, Dresdenissä, ooppe-

ratalo La Fenice Venetsiassa sekä Covent Garden ja Drury Lanen teatteri Lontoossa. Tämän jälkeen Chiewitz selosti periaatteita, jotka olivat ohjanneet näyttämön ja katsomon akustista suunnittelua: ei pelkästään näyttämöaukko, vaan katsomon ja parvien sekä katon muoto ratkaisevat, kuinka yleisö kuulee äänen näyttämöltä (kuva 3). Lopuksi Chiewitz muistutti, että pienimmätkin seikat rakennusmateriaaleissa vaikuttavat tilan akustiikkaan.¹⁸

Johtopäätöksenä akustisista suunnitteluperiaatteista Chiewitz totesi, että tässä suhteessa mitään varmuutta ei ole. Hän vertasi teatterirakennuksia soittimiin: vaikka sama soitinvalmistaja tekisi samoista materiaaleista kaksi rakenteeltaan samanlaista soitinta, soittimet eivät välttämättä kuitenkaan soi samalla tavalla. Tätä arkkitehti piti valitettavana tosiasiana, mutta ratkaisu ongelmaan oli hänen mukaansa se, että suunnittelijan piti seurata parhaita mahdollisia esimerkkejä. Akustisesti onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi Chiewitz kertoi suunnitel-

Kuva 3. Huoneakustiikan mallinnusohjelmalla tehty visualisointi Nya Teaternin katsomosta.





Kuva 4. Nya Teatern ennen tulipaloa. Aikalaisten mukaan teatteritalo saattoi ulkoisesti kilpailla minkä tahansa Euroopan maan pääkaupungin teatterirakennusten kanssa. Kuva: Museoviraston kuvakokoelmat.

mansa esikuvana olleen vuonna 1780 valmistuneen Grand Théâtre de Bordeaux'n, jonka hän akustisesti ainutlaatuisen hyväksi määrittelemänä sanoi toimineen mallina monelle muullekin teatterille.¹⁹

Chiewitz näyttää kirjoituksensa perusteella olleen jossain määrin perehtynyt akustisiin kysymyksiin, vaikka totesikin suunnittelun olevan epävarmalla pohjalla. Niinpä Nya Teaternin akustiikan suunnittelu perustui hyväksi havaittujen ratkaisujen toistamiseen. Tämä oli Chiewitzin aikana tavanomainen ja oikeastaan ainoa mahdollinen suunnittelukäytäntö, sillä tieteellisiin teorioihin tai kokeisiin perustuvia suunnittelumenetelmiä ei ollut olemassa ennen 1900-luvun alkua.²⁰ Kirjoituksesta käy ilmi, että Chiewitz tunsu paitsi synnyinkaupunkinsa Tukholman teatterit, myös useita Saksan teattereita. Se, miten hän oli tutustunut Keski-Euroopan teattereihin, ei kirjoituksesta selviä, mutta uransa varhaisvaiheissa hän oli työskennellyt Ruotsin lisäksi Kreikassa, Ranskassa ja Englannissa.²¹

AIKALAISMIELIPITEITÄ

Teatteritalon vihkiäisohjelmaan marraskuussa 1860 kuului puheiden lisäksi kaksi orkesterialkusoittoa ja Fredrik Paciuksen säveltämä laulunäytelmä *Kypron prinsessa*, johon Topelius oli tehnyt tekstin. Pacius oli harjoittanut orkesteria, solisteja ja kuoroja erilaisissa tilapäisissä tiloissa syyskuusta lähtien.²² Kun hän pääsi reilua viikkoa ennen vihkiäisiä harjoittamaan teosta esityspaikalle, pettymys teatterin akustiikkaan oli välitön: ”Olin puulla päähän lyöty kuunneltuani siellä kuorojani, jotka toisessa tilassa pidetyissä harjoituksissa kuulostivat erinomaisilta, mutta teatterisalissa kuoron sointi painui kasaan kuin pannukakku”. Pacius piti teatterisalin musiikkiakustiikkaa ”äärimmäisen surkeana”.²³

Kun Nya Teatern oli ollut muutaman kuukauden käytössä, *Abo Underrättelser* kirjoitti, että ulkoisesti teatteri voi kilpailla minkä tahansa Euroopan maan pääkaupungin teatteri-rakennusten kanssa (kuva 4), mutta teatterisali oli epäonnistunut täy-

dellisesti. Kirjoittaja arveli akustiikan lakien tulleen teatterin suunnittelussa puutteellisesti huomioon otetuiksi, sillä teatterisalilta puuttui kaikkein tärkein ominaisuus: se, että kaikkialla katsomossa kuulee hyvin. Edelleen kirjoittaja totesi, että monilta paikoilta ei edes näe näyttämölle.²⁴ Helsinkiläisten joukossa alkoi kiertää juttu, jonka mukaan teatterissa oli kolmenlaisia paikkoja: ensiksi niitä, joilta ei kuule, toiseksi niitä, joilta ei näe, ja vielä kolmanneksi niitä, joilta ei näe eikä kuule.²⁵

Pacius konsertoi Nya Teaternissa uudestaan maaliskuussa 1861. Konsertin arvostelija kiinnitti kirjoituksessaan huomiota siihen, että laulujen ja kuorolaulujen kuuluvuus jäi heikoksi, mihin kirjoittaja mainitsi syyksi tilan akustiset puutteet. Ilmeisesti nämä puutteet olivat jo yleisessä tiedossa vajaan puoli vuotta talon vihkiäisten jälkeen. Kirjoittaja piti havaittuja puutteita surullisena tosiasiana etenkin ajatellen sitä, kuinka ne vaikuttaisivat tuleviin oopperaesityksiin.²⁶ Nya Teaternissa esitettyjen oopperoiden lehti-arvosteluissa kiinnitettiinkin huomiota siihen, että monien kuuluisten oopperakohdosten kauneus katosi.²⁷ Tämä voi tietysti

johtua esittävän seurueen taidoista, mutta todennäköisesti talon ominaisuudetkin vaikuttivat asiaan. August Schauman totesi muistelmissaan, että Chiewitzin teatteritalossa oli paljon toivomisen varaa sekä sisustuksen että rakenteiden puolesta.²⁸

Puhenäytelmien esitykset onnistuivat Nya Teaternin akustiikassa nähtävästi musiikkiesityksiä paremmin,²⁹ mutta täysin ongelmattomia neikään eivät olleet. Lokakuussa 1862 *Helsingfors Dagbladin* arvioitsija otti kirjoituksensa lopuksi vapauden kiinnittää yleisölle ensi kerran esittäytyneen näyttelijättären huomion siihen, että teatterin akustiikka edellyttää erityisen täsmällistä ääntämistä ja jossain määrin hidasta puhetapaa.³⁰

TEATTERIN HUONEAKUSTIIKAN MALLINNUS

Tor Weckström kertoo Nya Teaternin suunnittelu- ja rakennusvaiheista vuonna 1966 julkaisemassaan kirjassa, että teatteritalon piirustukset ovat säilyneet Rakennushallituksen arkistossa.³¹ Kansallisarkistoon talletetusta Rakennushallituksen arkistosta

Taulukko 1. Huoneakustiikan mallinnuksessa käytetyt pintojen absorptiosuhteet.

Pinta	Oktaavikaistan keskitaajuus					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Seinät yleensä	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
Näyttämön seinät ja katto	0,35	0,45	0,57	0,61	0,59	0,55
Näyttämön lattia	0,40	0,30	0,20	0,17	0,15	0,10
Salin lattia	0,40	0,30	0,20	0,37	0,60	0,65
Kaiteet ja parvien alapinnat	0,19	0,14	0,09	0,06	0,06	0,05
Salin katto	0,14	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03
Yleisö	0,51	0,64	0,75	0,80	0,82	0,83
Verhot	0,14	0,35	0,55	0,72	0,70	0,65

Pinta	Sirontakerroin
Salin seinät	0,2
Kaiteet	0,4
Näyttämön seinät	1
Katto ja parvien pohjat	0,3
Lattia	0,3
Yleisö	0,7
Verhot ja lavasteet	0,5

piirustuksia ei kuitenkaan ole löytynyt. Sitte teatteritalon mitat huoneakustista mallia varten on otettu Weckströmin kirjassa olevista valokuvista, joissa on esitetty arkkitehti Chiewitzin suunnitelmat. Valokuvissa näkyy Chiewitzin suunnitelmien mittakaava, joten huoneakustinen malli on voitu tehdä valokuvien lukutarkkuuden puitteissa.

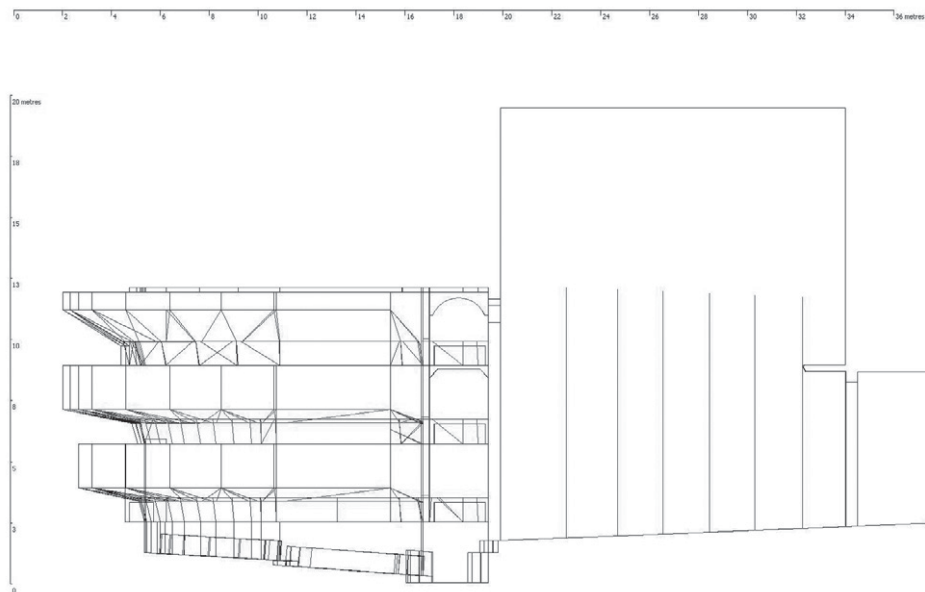
Chiewitzin suunnitelmista on saatavilla hyvin vähän tietoa teatterisalin pintamateriaaleista, joten ne on jouduttu päättämään tulkitsemalla piirustuksia ja kokemusperäisesti vastaavien 1800-luvulla rakennettujen, yhä käytössä olevien teatterien materiaalien perusteella. Salin kaiteet ja katto sekä näyttämön lattia on oletettu suurilla taajuuksilla lähes täysin heijastaviksi ja pienillä taajuuksilla jonkin verran ääntä absorboiviksi, sillä nämä pinnat olivat nähtävästi pääosin puuta, jonka päällä oli paikoin rappaus tai paksu maalikerros (taulukko 1). Katsomon lattia on oletettu puurakenteiseksi ja paksulla matolla päällystetyksi. Teatterin kantavat pystyrakenteet olivat muurattuja tiiliseiniä, joten ne on oletettu koko taajuusalueella lähes täysin heijastaviksi. Salin istuimista ei ole voitu tehdä varmoja päätelmiä, joten huoneakustinen mallinnus on tehty vain tilanteesta, jossa katsomo on täynnä yleisöä.³² Tällöin mallinnuksen tulokseen ei erityisen paljon vaikuta se, ovatko istuimet pehmustettuja vai ei.

Taulukko 2. Nya Teaternin huoneakustiikan mallinnuksessa käytetyt pintojen sirontakerroimet.

Pintamateriaalien absorptioon lisäksi tilan huoneakustiikkaan vaikuttaa se, kuinka paljon pinnat sirottavat ääntä. Teatterisalin pintojen sirontakertoimien valinnat on tehty tutkimuskirjallisuudessa esitettyjen tutkimustulosten ja ohjeistusten mukaisesti (taulukko 2).³³ Näyttämön seinille valittiin suuri sirontakerroin lavasteiden, köysistöjen ja muun teatteritekniikan johdosta. Kaiteiden ja aitioiden seinien sirontakertoimet on valittu melko suuriksi, koska ne olivat kaiteen suuntaan kaarevia ja niissä oli runsaasti kipsi- ja muita koristeita.³⁴

Huoneakustinen mallinnus tehtiin Odeon 12 -ohjelmalla (kuva 5). Se laskee tilan akustisten ominaisuuksien perusteella impulssivasteen, josta edelleen voidaan määrittää erilaisia mittalukuja.³⁵ Niistä tärkeimpänä voidaan edelleen pitää jälkikaiunta-aikaa T_{30} . Määritelmänsä mukaan jälkikaiunta-aika on aika, jonka kuluessa äänenpainetaso laskee 60 dB, kun äänilähde lopettaa äkillisesti toimintansa.³⁶ Puhesaleissa puheen selvyuden kannalta on edullista, että jälkikaiunta-aika on lyhyt. Teatterisaleihin sopiva jälkikaiunta-aika on noin 0,7–1,0 s. Kamarimusiikkisaliin sopiva jälkikaiunta-aika on noin 1,4–1,7 s. Oopperalle sopiva jälkikaiunta-aika on 1,3–1,8 s ja konserttisaleille 1,8–2,2 s.³⁷ Kun musiikkisalissa jälkikaiunta-aika on lyhyt, akustiikkaa voidaan kuvata kuivaksi. Eloisaksi voidaan puolestaan määrittellä musiikkisali, jossa jälkikaiunta-aika on noin 2 s luokkaa.³⁸

Tavallisesti musiikki- tai puhesaleissa ei ole mahdollista havaita äänen vaimenemista 60 dB verran, sillä kaiuntainen vaimeneva puhe tai musiikki peittää seuraavaksi kuuluttavia tavuja tai nuotteja. Ihmisen kuuloha-



Kuva 5. Pituusleikkaus Nya Teaternin huoneakustisesta tietokonemallista.

vaintoa tällaisessa tilanteessa kuvaa paremmin varhainen jälkikaiunta-aika EDT, jonka aikana äänenpainetaso laskee 10 dB. Tätä vastaava aika kerrotaan kuudella. Hyviksi koetuissa konserttisaleissa varhainen jälkikaiunta-aika on lähes sama kuin jälkikaiunta-aika.³⁹

Musiikin selvyys C_{80} kuvaa kuulijan 80 ms aikana havaitseman äänienergian määrää suhteessa 80 ms jälkeen havaittuun äänienergian määrään. Lyhyt jälkikaiunta-aika kasvattaa selvyysarvoa, koska 80 ms jälkeen havaitun äänienergian määrä pienenee. Kun jälkikaiunta-aika on pitkä ja aikaisin havaitun äänienergian määrä pienempi kuin myöhäisen, selvyysarvo on negatiivinen. Selvyys asettaa vaatimuksia musiikkisalnin ominaisuuksille: jotta musiikin yksityiskohdat, kuten nopeat kuviot ja juoksutukset, ovat selvästi havaittavissa, kaiuntaa ei saisi olla liikaa.⁴⁰ Hyviksi koetuissa konserttisaleissa selvyuden arvo on tyypillisesti -1 ja -5 dB välillä.⁴¹

Taulukossa 3 on esitetty mallintamalla saatuja Nya Teaternin huoneakustisia mittalukuja. Mallinnuksen tuloksena saadut jälkikaiunta-ajat ja varhaiset jälkikaiunta-ajat sekä musiikin selvyys viittaavat selvästi enemmän puhesaliin kuin musiikkisaliin. Nya Teaternin katsomoon mahtui 850 henkeä ja sen tilavuus oli noin 2100 m^3 eli noin $2,5 \text{ m}^3$ henkeä kohti. Katsomossa on siten istuttu huomattavasti tiiviimmin kuin nykyisissä teattereissa tai konserttisaleissa. Konserttisaleissa tilavuus on tavallisesti noin $8\text{--}12 \text{ m}^3$ henkeä kohti.⁴² Koska jälkikaiunta-aika on suoraan verrannollinen tilavuuteen, voitaisiin jo Nya Teaternin katsomon tilavuudesta päätellä, että teatterisaliissa oli musiikkia ajatellen varsin kuiva akustiikka. Arkkitehti Chiewitzin mainitsemassa Nya Teaternin esikuvina toimineissa teattereissa ja oopperataloissa tilavuus henkeä kohti oli selvästi suurempi. Niissä tilavuutta lisäsi se, että ylimmän parven jälkeen katto kohosi yleensä niin, että se muodosti tilavuutta

Mittaluku	Oktaavikaistan keskitajuus					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
T_{30}	1,3 s	0,9 s	0,8 s	0,8 s	0,8 s	0,7 s
EDT	1,1 s	0,9 s	0,8 s	0,8 s	0,7 s	0,6 s
C_{80}	5 dB	7 dB	7 dB	7 dB	8 dB	9 dB

Taulukko 3. Nya Teaternin teatterisalin mallinnetut huoneakustiset mittaluvut.

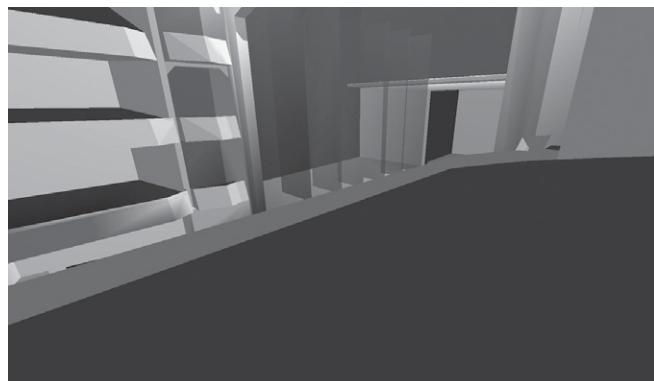
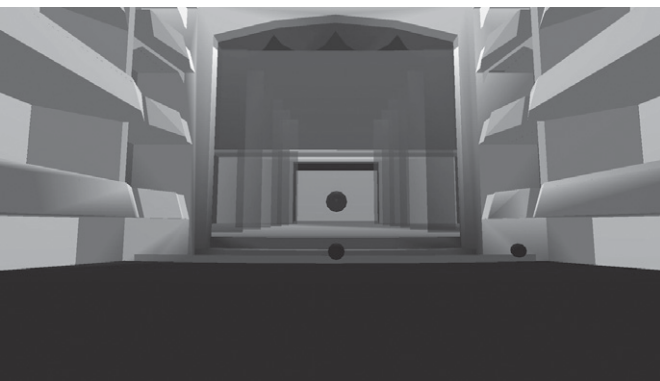
yhden kerroksen verran lisää. Nya Teaternissa katto sitä vastoin oli ylimmän parven jälkeen suora. Tästä teatterin suunnitelmia vuonna 1858 arvostellut kirjeenvaihtaja oli kirjoituksessaan huomauttanut.⁴³

Puheen selvyys tilassa on sitä parempi, mitä lyhyempi jälkikaiunta-aika on, mitä suurempi kuulijan havaitseman puheen äänenvoimakkuus on, mitä pienempi etäisyys esiintyjään on ja mitä pienempi taustäänän voimakkuus on. Puheen selvyttä voidaan arvioida puheensirtoindeksillä STI, joka saa arvoja 0 ja 1 välillä. Arvo 0 tarkoittaa, että yhdestäkään satunnaisesti luetellusta tavusta ei saa tilassa selvää. Arvo 1 puolestaan

tarkoittaa, että jokainen tavu ymmärretään. Puhesaleissa puheensirtoindeksin arvon tulisi olla vähintään 0,6.

Puhetta ajatellen Nya Teaternin katsomossa on mallinnuksen mukaan ollut varsin hyvätkin olosuhteet, sillä puheensirtoindeksi STI vaihtelee arvojen 0,6 ja 0,75 välillä. Tämä perustuu erityisesti lyhyeen jälkikaiunta-aikaan. Pienimmät puheensirtoindeksin arvot ovat ensimmäisen ja toisen parven sivuilla, joilla todella oli paikkoja, joilta ei nähnyt näyttämölle (kuva 6). Toiselle parvelle suoraa ääntä näyttämöltä ei tullut lainkaan toisin kuin ensimmäiselle ja kolmannelle parvelle.

Kuva 6. Näkymä takapermannolta näyttämölle (vas.) ja toiselta parvelta näyttämölle (oik.). Kuten aikalaiset totesivat kirjoituksissaan, kaikilta paikoilta ei nähnyt näyttämölle, mikä suoran äänen puuttuessa heikensi myös kuuluvuutta.



AURALISOINNIT

Kesällä 1862 Helsinkiin saapui ruotsalainen oopperaseurue orkestereineen ja esitti elokuun loppuun mennessä Nya Teaternissa 12 oopperaa, joista suurin osa oli italialaisia.⁴⁴ Esityksiä kustakin oopperasta oli useita. Heinäkuun 29. päivänä 1862 seurue esitti ensimmäistä kertaa Mozartin oopperan *Don Giovanni*.⁴⁵ Esitys on mielenkiintoinen siksi, että osa siitä voidaan auralisoida, jolloin on mahdollista saada varsin autenttinen käsitys salin ominaisuuksista. Auralisointi edellyttää kaiutonta äänitystä kaikista orkesterin stemmoista ja laulajasta suuntaavuustietoineen.⁴⁶ Tiedeyhteisön käytettävissä on toistaiseksi kymmenkunta tällaista kaiutonta äänitettä orkesterimusiikista. Yksi niistä on Aalto-yliopiston professorin Tapio Lokin tutkimusryhmän tekemä kaiuton äänite Donna Elviran aariasta *Mi tradi quell'alma ingrata* Mozartin oopperasta *Don Giovanni*.⁴⁷

Mozart on kirjoittanut aarian jousistolle sekä huilulle, klarinetille, fagotille ja käyrätorville. Ruotsalaisen oopperaseurueen orkesterin koosta ja kokoonpanosta ei ole lähteissä olemassa tietoa. Nykyisin Don Giovannin esityksissä orkesterissa on yleensä vähintään 40 muusikkoa. Nya Teaternin orkesterimonttuun tämänkokoinen orkesteri ei olisi mahtunut, ja tuskin ruotsalaisella oopperaseurueella olisi näin suureen kokoonpanoon ollut varaakaan. Nya Teaternin omaan orkesteriin sen johtaja Filip von Schantz oli kiinnittänyt ennen teatteritalon vihkiäisjuhlaa 21 muusikkoa.⁴⁸ Jos tehdään oletus, että ruotsalaisen oopperaseurueen orkesteri oli suunnilleen samankokoinen ja että jokaiseen Mozartin kirjoittamaan stemmaan oli soittaja, orkesterin kokoonpanoon saadaan neljä ykkös- ja kakkosviulua, kolme alttoviulua, kaksi selloa ja kaksi kontrabassoja sekä huilu, klarinetti, fagotti ja kaksi käyrätorvea.

Auralisoinnilla voidaan tehdä kuultavaksi Nya Teaternin akustiset ominaisuudet

ja paikkojen erot, mutta kaikkia seikkoja ei voida ottaa huomioon. Ensinnäkin Aalto-yliopiston kaiuttomat äänitteet on tehty nykyaikaisilla soittimilla.⁴⁹ 1860-luvun soittimet poikkesivat nykyaikaisista, sillä esimerkiksi jousisoittimissa metalliset kielet eivät olleet vielä käytössä. Kaiuttomien äänitteiden ominaisuuksia ei lähtökohtaisesti voida muuttaa, joten ei ole mahdollista simuloida muusikoiden ja kapellimestarin mahdollisuuksia vaikuttaa orkesterin sointiin ja mukautumista erilaisten tilojen akustisiin ominaisuuksiin.⁵⁰ 1800-luvun Suomessa ammattimuusikoiden soittotaidot eivät välttämättä vastanneet nykyisten koulutettujen muusikoiden taitoa. Tätäkään ei auralisoinneissa ole mahdollista ottaa huomioon.

Tehdyissä auralisoinneissa kuuntelu-paikkoina ovat olleet mallinnuksessa parhaaksi alueeksi todettu takapermannon takaosa katsomon keskilinjalla sekä toisen parven sivulla oleva paikka, josta ei ollut näkymää näyttämölle. Auralisointeja on mahdollista kuunnella Internet-osoitteessa www.ths.fi/auralisoinnit_TW-4-2013.htm. Paikkojen keskinäinen ero on huomattava: takapermannolla voimakkuus on selvästi suurempi, musiikki on täyteläisempää ja tilantuntu parempi. Lisäksi molemmissa pisteissä havaitaan, kuinka vähäistä salin eloisuus on kaiun puutteen vuoksi.

Orkesterin oletetussa kokoonpanossa puhaltimien ja jousiston tasapaino on toisenlainen kuin nykyisin: oletetussa kokoonpanossa jousisoittimia on vähemmän puhaltimiin nähden kuin nykyaikaisissa sinfoniaorkestereissa. Auralisoinneissa tämä voidaan havaita siten, että varsinkin puupuhallinten, kuten klarinetin, äänet ovat etenkin permannolla havaittavissa totuttua kuuluvampina. Lisäksi salin kaareva muoto aiheuttaa permannolle äänen keskittymiä, joihin soitinten äänet voivat kuulua erittäin voimakkaina.

YHTEENVETO

Aikalaismielipiteiden mukaan Nya Teaternin akustiikka oli musiikkia ajatellen epäonnistunut. Erityisen ongelmallisena aikalaiset pitivät laulusolistien ja kuorojen kuuluvuutta ja sointia. Puhenäytelmien esitykset onnistuivat ilmeisesti paremmin. Nya Teaternin teatterisalista laaditun huoneakustisen tietokone-mallin perusteella saadut akustiset tunnusluvut vahvistavat nämä seikat. Ilmeisesti teatterin suunnitellut arkkitehti Chiewitz oli ottanut enemmän mallia puheteattereista kuin oopperaloista, sillä teatterisalin tilavuus oli pieni, mistä seurasi musiikkia ajatellen liian lyhyt jälkikaiunta-aika. Aikalaisten käsitysten mukaan katsomon paikkojen välillä oli suuria eroja. Mallinnuksesta käy ilmi, että erityisesti toisella parvella oli paikkoja, joilta ei nähnyt näyttämölle.

Nya Teaternin rakennusaikana yleisön odotukset olivat suuret: rakennuksesta ajateltiin kansallista päänäyttämöä puhenäytelmille, oopperalle ja konserttimusiikille. Näitä tavoitteita vastaavan rakennuksen suunnittelu ei olisi nykyisinkään yksinkertaista, ja Chiewitzin aikaan keinoja rakennusten akustiikan toimivuuden varmistamiseksi ennalta ei vielä ollut. Suunnittelu perustui sitä vastoin hyviksi havaittujen ratkaisujen toistamiseen. Yleisöä paremmin tyydyttävän lopputuloksen ja kompromissin eri käyttötarkoitusten välillä Chiewitz olisi ehkä saanut aikaan ottamalla suunnitelmansa esikuvaksi pienehkön oopperatalon, jolloin talo olisi paremmin palvellut musiikkiesityksiä.

Arkkitehti Georg Theodor Chiewitz kuoli vuonna 1862. Vuonna 1937 eli 75 vuotta hänen kuolemansa jälkeen yksi ensimmäisistä suomalaisista akustiikkasuunnittelijoista, Uuno Varjo,⁵¹ määritteli kriteerit hyvälle huoneakustiikalle: ”Huoneen hyvällä akustiikalla tarkoitetaan – niin kuin tiedämme – äänisuhteitten sellaisia ominaisuuksia, että huoneessa esitetty puhe ja

musiikki kuuluu korvaan kauniina, luonnollisena ja selvänä huoneen jokaisessa kohdassa.”⁵² Nämä kriteerit ovat ajankohtaisia edelleen. Nya Teaternin rakennusaikanakin rakennuksen käyttötarkoitus ratkaisi, oliko toteutunut huoneakustiikka hyvä riippumatta siitä, oliko menetelmiä akustiikan suunnittelumenetelmiä olemassa vai ei. Tehtyjen tietokone-mallinnusten tulokset vastaavat aikalaisten käsityksiä siitä, että teatterisalin akustiikka ei soveltunut musiikkiesityksiin, mutta puhenäytelmien esityksissä akustiikka lienee toiminut riittävän hyvin.

Tekn. lis. Mikko Kylliäinen toimii yliassistenttina Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitoksella rakennusakustiikan tutkimusryhmässä. A-Insinöörit Suunnittelu Oy:ssä akustiikka-suunnittelijana nykyisin toimiva dipl.ins.

Joose Takala työskenteli artikkelia kirjoitettaessa tutkimusapulaisena Tampereen teknillisen yliopiston rakennusakustiikan tutkimusryhmässä.

Artikkeliin liittyvät auralisoinnit osoitteessa www.ths.fi/auralisoinnit_TW-4-2013.htm.

¹ Weckström 1966, s. 36.

² Valanto 2003.

³ Mohlin & Holmberg 2009, s. 208–209.

⁴ Kylliäinen 2009a, s. 37.

⁵ Aiheesta on aiemmin julkaistu lyhyempi esitelmä Akustinen Seura ry:n järjestämällä Akustiikkapäivillä (Takala & Kylliäinen 2013).

⁶ Arni 1949, s. 119–120; Rindel 2002.

⁷ Halme 2009, s. 27–28; Rindel 2002; Barron 2010, s. 62; Välimäki et al 2012, s. 1436.

⁸ Schroeder 1961, s. 1061–1064; Krokstad et al 1968, s. 118–125; Schroeder 1973, s. 463–470; Välimäki et al 2012, s. 1423–1424.

⁹ Rindel 2002; Vorländer 2008, s. 175; Barron 2010, s. 64–65.

¹⁰ Lahti & Möller 1996, s. 20–22; Välimäki et al 2012, s. 1433.

¹¹ Bork 2005, s. 762–762.

¹² Vorländer 2008, s. 103.

¹³ Esim. Vassilantonopoulos & Mourjopoulos 2001 ja 2003.

¹⁴ Howard & Moretti 2009.

¹⁵ Rychtáriková 2012.

¹⁶ Weinzierl 2002.

¹⁷ Wiborg 17.3.1858, ”Sedan mitt sista bref...”.

- ¹⁸ Chiewitz 1858.
- ¹⁹ Ibid.
- ²⁰ Kylliäinen 2009b, s. 13–16; Thompson 2002, s. 18–33.
- ²¹ Mohlin & Holmberg 2009, s. 10–12.
- ²² Weckström 1966, s. 72.
- ²³ Vainio 2009, s. 355.
- ²⁴ Åbo Underrättelser 5.1.1861, "Måhända skola några rader...".
- ²⁵ Vainio 2009, s. 355.
- ²⁶ Finlands Allmänna Tidning 6.3.1861, "Herr Pacii konsert...".
- ²⁷ Helsingfors Dagblad 30.7.1862, "Theater"; Finlands Allmänna Tidning 1.8.1862, "Theatern";
- ²⁸ Schauman 1893, s. 360.
- ²⁹ Vainio 2009, s. 355.
- ³⁰ Helsingfors Dagblad 21.10.1862, "Theater".
- ³¹ Weckström 1966, s. 109–110.
- ³² Takala 2012, s. 4.
- ³³ Keränen et al 2003; Zeng et al 2006.
- ³⁴ Takala 2012, s. 5.
- ³⁵ Tilan huoneakustiikkaa kuvaavia mittalukuja on vuosikymmenien kuluessa kehitetty useita kymmeniä. Tässä esitetään arvoja vain neljästä mittaluvusta, joita on käytetty jo pitkään.
- ³⁶ Tavallisesti jälkikaiunta-ajan mittauksessa rekisteröidään aika, jonka kuluessa ääni vaimenee 30 dB. Kertomalla tämä aika kahdella saadaan 60 dB vaimenemista vastaava jälkikaiunta-aika. Tällöin mitatusta suureesta käytetään merkintää T30.
- ³⁷ Barron 2010, s. 30.
- ³⁸ Beranek 2004, s. 497–498.
- ³⁹ Beranek 2004, s. 505–506; Barron 2010, s. 66.
- ⁴⁰ Barron 2010, s. 67.
- ⁴¹ Beranek 2004, s. 527.
- ⁴² Beranek 2004, s. 626–630.
- ⁴³ Wiborg 17.3.1858, "Sedan mitt sista bref...".
- ⁴⁴ Finlands Allmänna Tidning 23.8.1862, "Theatern".
- ⁴⁵ Helsingfors Dagblad 30.7.1862, "Theater".
- ⁴⁶ Pätynen & Lokki 2010.
- ⁴⁷ Pätynen et al. 2008.
- ⁴⁸ Salmenhaara 1995, s. 488–489. von Schantz käytti ajoittain muulloinkin orkesterissaan yli 20 muusikkoa.
- ⁴⁹ Pätynen et al. 2008.
- ⁵⁰ Meyer 2009, s. 350–359; Ueno et al. 2010.
- ⁵¹ Kylliäinen 2009a, s. 39–40.
- ⁵² Varjo 1937, s. 216.

LÄHTEET:**Sanomalehdet**

Wiborg

Åbo Underrättelser

Finlands Allmänna Tidning

Helsingfors Dagblad

Painetut lähteet

ARNI, P. 1949. Käytännöllisen akustiikan perusteet. Helsinki, Kustannusosakeyhtiö Otava.

CHIEWITZ, G. Th. 1858. Till redaktionen af tidningen Åbo Underrättelser, Åbo Underrättelser 6.4.1858.

KROKSTAD, A., STROM, S. & SØRSDAL, S. 1968. Calculating the acoustical room response by the use of a ray tracing technique. Applied Acoustics 8(1), 118–125.

SCHAUMAN, A. 1893. Från sex årtionden i Finland II. Helsingfors, G. W. Edlunds förlag.

SCHROEDER, M. 1961. Improved quasi-stereophony and colorless artificial reverberation. The Journal of the Acoustical Society of America 33(8), 1061–1064.

SCHROEDER, M. 1973. Computer models for concert hall acoustics. American Journal of Physics 46(4), 461–471.

VARJO, U. 1937. Huoneakustiikasta. Rakennustaito. Nro 12, s. 216–219.

Tutkimuskirjallisuus

BARRON, M. 2010. Auditorium acoustics and architectural design (2. p.). Lontoo, Spon Press.

BERANEK, L. 2004. Concert halls and opera houses – music acoustics, and architecture (2 p.). New York, Springer-Verlag.

BORK, I. 2005. Report on the 3rd round robin in room acoustical computer simulation – part II: calculations. Acta Acustica united with Acustica 91, s. 753–763.

HALME, A. 2009. Musiikki- ja puhesalien akustisen suunnittelun vaiheita 1900-luvulla. Tekniikan Waiheita. Nro 2, s. 19–35.

HOWARD, D. & MORETTI, L. 2009. Sound and space in renaissance Venice. New Haven, Yale University Press.

KERÄNEN, J., AIRO, E., OLKINUORA, P. & HONGISTO, V. 2003. Validity of ray-tracing method for the application of noise control in workplaces. Acta Acustica united with Acustica 89, s. 863–874.

KYLLIÄINEN, M. 2009a. Tämä akustiikka on niin uutta! Akustiikkapäivät 2009. Vaasa, 14.–15.5., Akustinen Seura ry, 36–41.

- KYLLIÄINEN, M. 2009b. Mitä ääni on? Akustiikan vaiheita antiikin ajatuksista nykyaikaisen äänenhallinnan alkuun. Tekniikan Waiheita. Nro 2, s. 5–18.
- LAHTI, T. & Möller, H. 1996. Konserttitalin akustiikka ja tietokone. Arkkitehti. Nro 4, s. 18–25.
- MEYER, J. 2009. Acoustics and the performance of music (5. p.). New York, Springer-Verlag.
- MOHLIN, T. & HOLMBERG, O. 2009. Georg Theodor Polychron Chiewitz. Helsinki, Ritarihuoneen julkaisuja XII.
- PÄTYNEN, J. & LOKKI, T. 2010. Directivities of symphony orchestra instruments. Acta Acustica united with Acustica 96, s. 138–176.
- PÄTYNEN, J., PULKKI, V. & LOKKI, T. 2008. Anechoic recording system for symphony orchestra. Acta Acustica united with Acustica 94, s. 856–865.
- RINDEL, J. H. 2002. Modelling in auditorium acoustics – from ripple tank and scale models to computer simulations. Forum Acusticum, Sevilla, 16.–20.9., paper KL-04.
- RYCHTÁRIKOVÁ, M., DOLEJŠÍ, J., ŠTURMOVÁ, I., DOLEJŠÍ, F., DOLEJŠÍ, J. & POUZAR, L. 2012. Acoustic properties of four baroque theatres. Akustika 18, s. 35–43.
- SALMENHAARA, E. 1995. Romantiikka ja biedermeier. Teoksessa: Suomen musiikin historia 1: Ruotsin vallan ajasta romantiikkaan. Porvoo, Werner Söderström Osakeyhtiö, s. 324–518.
- TAKALA, J. 2012. Vuonna 1863 palaneen Helsingin Nya Teaternin huoneakustiikan rekonstruointi. Erikoistyö. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos.
- TAKALA, J. & KYLLIÄINEN, M. 2013. Kadonnutta akustiikkaa etsimässä: Helsingin Nya Teatern 1860-1863. Akustiikkapäivät 2013. Turku, 22.-23.5., Akustinen Seura ry, s. 189-194.
- THOMPSON, E. 2002. The soundscape of modernity – architectural acoustics and the culture of listening in America, 1900–1933. Cambridge, The MIT Press.
- UENO, K., KATO, K. & KAWAI, K. 2010. Effect of room acoustics on musicians’ performance – part I: experimental investigation with a conceptual model. Acta Acustica united with Acustica 96, s. 505–515.
- VAINIO, M. 2009. Pacius – suomalaisen musiikin isä. Jyväskylä, Atena.
- VALANTO, S. 2003. Georg Theodor Chiewitz – lääninarkkitehti. Suomen Kansallisbiografia 2. Helsinki, Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.
- VASSILANTONOPOULOS, S. L. & MOURJOPOULOS, J. 2001. Virtual acoustic reconstruction of ritual and public spaces of Ancient Greece. Acta Acustica united with Acustica. Vol. 87, s. 607–609.
- VASSILANTONOPOULOS, S. L. & MOURJOPOULOS, J. 2003. A study of Ancient Greek and Roman theater acoustics. Acta Acustica united with Acustica. Vol. 89, s. 123–136.
- VORLÄNDER, M. 2008. Auralization – Fundamentals of acoustics, modeling, simulation, algorithms and acoustic virtual reality. Berliini, Springer-Verlag.
- VÄLIMÄKI, V., PARKER, J. D., SAVIOJA, L., SMITH, J. O. & ABEL, J. S. 2012. Fifty Years of Artificial Reverberation. IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing 20(5), s. 1421–1448.
- WECKSTRÖM, T. 1966. Chiewitz teaterhus. Helsingfors, Svenska Teatern.
- WEINZIERL, S. 2002. Beethovens Konzerträume – Raumakustik und symphonische Aufführungspraxis an der Schwelle zum modernen Konzertwesen. Frankfurt am Main, Verlag Erwin Bochinsky.
- ZENG, X., CHRISTENSEN, C. L. & RINDEL, J. H. 2006. Practical methods to define scattering coefficients in a room acoustics computer model. Applied Acoustics 67, s. 771–786.