

Araştırma Makalesi - Research Article

Konser Salonu Akustik Koşullarının Değerlendirilmesi: Adana Büyükşehir Belediyesi Konser Salonu Örneği

Okan ŞİMŞEK^{1*}

Geliş / Received: 30/03/2020

Revize / Revised: 08/05/2020

Kabul / Accepted: 26/05/2020

ÖZ

Bu çalışma kapsamında, Adana Büyükşehir Belediyesi Konser Salonu'nun akustik koşulları değerlendirilmiştir. Aktif olarak kullanılan 525 kişi kapasiteli salonun mevcut durumu için akustik değerlendirmeler, sesin nesnel parametrelerinden; reverberasyon süresi (RT), erken düşme süresi (EDT), netlik (C80), yanal enerji oranı (LF) ve zamansal ağırlık merkezi (Ts) üzerinden yapılmıştır. Sesin nesnel parametrelerini elde etmek amacıyla akustik simülasyon programlarından faydalanılmıştır. Simülasyonda kullanmak amacıyla, konser salonunun üç boyutlu modeli SketchUp 2017 yazılımında modellenmiştir. ODEON Room Acoustics Software 14.00 Combined kullanılarak oluşturulan simülasyondan faydalanılarak konser salonunun analizi yapılmıştır. Bu çalışma Adana Büyükşehir Belediyesi Konser Salonu'nun akustik simülasyonlarına, mimari ve akustik bitiş özelliklerine, ulusal ve uluslararası standartlara uygunluğunun araştırılmasına ve bunların sonuçlarına dayandırılmaktadır. Akustik açıdan frekanslara göre literatürde önerilen kabul edilebilir aralık dışında kalan değerlerin optimum düzeye getirilmesi için mekanların mimari ve akustik bitiş elemanlarında değişiklik önerileri getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler- Hacim Akustiği, Akustik Tasarım, Akustik Simülasyon, Konser Salonu

*Sorumlu yazar iletişim: osimsek@eskisehir.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0003-3500-9438>)
Mimarlık Bölümü, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, TÜRKİYE

Evaluation of Concert Hall Acoustic Conditions: Adana Metropolitan Municipality Concert Hall Case

ABSTRACT

As part of this study, the acoustic properties of the Adana Metropolitan Municipality Concert Hall were evaluated. The acoustic evaluations for the current condition of the actively used concert hall that accommodates up to 536 people, are based on the objective parameters of sound: reverberation time (RT), early decay time (EDT), clarity (C80), lateral energy fraction (LF) and center time (Ts). Acoustic simulation software's were used to gather the objective parameter of sound. A 3D model of the concert hall was prepared in SketchUp 2017 to be used in simulations. Utilizing the simulation done in ODEON Room Acoustics Software 14.00 Combined the concert hall was analyzed. This study is based on the acoustic simulations and the characteristic of architectural and acoustic finish elements of the Adana Metropolitan Municipality Concert Hall; and also, on the research of the concert halls accordance to national and international standards and the result of said research. Changes were proposed in the architectural and acoustic finish elements of the hall, so as to optimize the acoustic frequency values that were out of the acceptable range stated in their literature.

Keywords- *Room Acoustics, Acoustic Design, Acoustic Simulation, Concert Hall*

I. GİRİŞ

Bir ortamda insanı yakından etkileyen ve saran fizik koşullarının tümüne yapı fiziği denilmektedir. Isı, ışık, ses, renk, nem gibi etkenler yapı fiziği öğeleri olarak bir mekanın fiziki ortam koşullarının oluşmasına neden olurlar. Bu fiziki etkenler mimaride önemli bir yer tutarlar. Kullanıcılar için uygun ortamlar tasarlamak zorunda olan mimarlar, kullanıcıların fizyolojik ve psikolojik yapısına uygun olarak yaşama, öğrenme, çalışma, sosyalleşme vb. faaliyetlerini yerine getirecek mekanları tasarlarlar. Tasarlanan bu mekanların fiziki ortam koşulları bireylerin üzerinde fizyolojik, psikolojik ve iş performansı yönünden ciddi etkileri vardır [1-5].

Yapıların fizik ortam denetiminin bir bölümünü oluşturan ses denetiminin iki hedefi vardır, gürültü denetimi ve hacim akustiği. Gürültü denetimi, yapı kabuğu ve bölme elemanları aracılığıyla iletilen seslerin düzeylerini kontrol altında tutmak için alınacak önlemleri kapsar. Bu sayede her türlü yapı, işletme ve tesisin faaliyetleri sırasında bireylerin etki altında kalacağı, her türlü gürültünün, kişilerin, iyi duyma ve algılama koşullarının gerçekleşmesi için, bireylerin fizyolojik ve psikolojik yapılarına gelebilecek her türlü zarar ortadan kaldırılmış olur [6-9].

Hacim akustiği ise, kapalı hacimlerdeki reverberasyon süresi başta olmak üzere hacim akustiği parametrelerinin düzenlenmesidir. Hacim akustiği ve gürültü denetimi birbirleriyle ilişkilidir ve ayrı düşünülemez. Gürültü denetimi, hacim akustiği koşullarının sağlanmasında önemli bir yere sahipken hacim akustiği de gürültü denetimi problemlerinin çözülmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Hacim akustiği salonlarda yapılan konuşma eylemlerinin dinleyiciler tarafından rahatça anlaşılabilmesini, müzik ve müzik öğelerinin dinleyicilerce net ve açık bir şekilde algılanmasını sağlar.

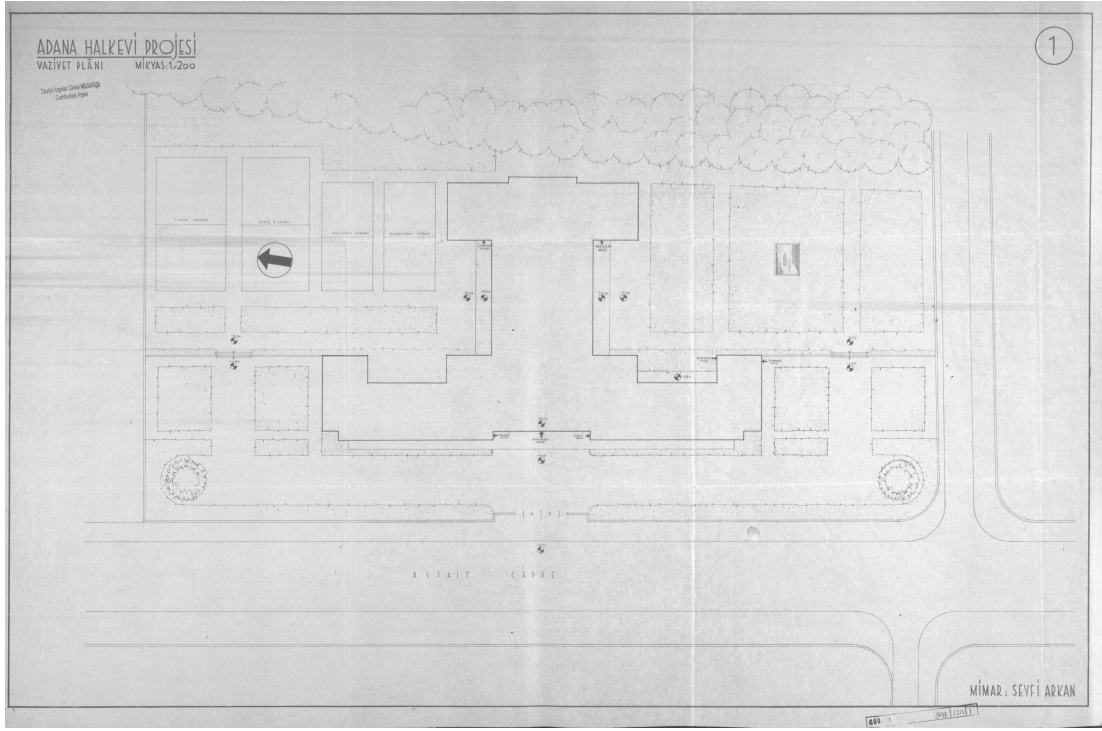
Bu çalışma kapsamında, Adana Büyükşehir Belediyesi Konser Salonu'nun akustik özellikleri ODEON Room Acoustics Software 14.00 Combined bilgisayar programında analiz edilerek mevcut durum için akustik sorunlar ortaya konulmuştur. Bu bağlamda reverberasyon süresi (RT), erken düşme süresi (EDT), netlik (C80), yanal enerji oranı (LF) ve zamansal ağırlık merkezi (Ts) nesnel parametreleri değerlendirilmiştir.

Hacim akustiğinde en önemli parametre olarak kabul edilen reverberasyon süresi, kaynak kapatıldıktan sonra ses basınç düzeyinin 60 dB azalınca kadar geçen süre Reverberasyon Süresi (RT) olarak ifade edilmektedir [10]. Yine aynı şekilde ses kaynağının sönümlenmesini takiben düzeyinin 10 dB azalınca kadar geçen sürenin 6 katı Erken Düşme Süresi (EDT) olarak ifade edilmektedir [11]. Kapalı bir hacimde ses kaynağının kapatılmasından sonraki 80 ms içinde yansıyarak alıcıya ulaşan seslerin enerjisinin, bu süreden sonra alıcıya yansıyarak ulaşan seslerin enerjisine logaritmik oranı Netlik (C80) olarak ifade edilmektedir [12]. Yanal Enerji Oranı (LF), yan yüzeylerden yansıyan ses enerjilerinin önemini vurgulamak üzerine geliştirilmiş bir parametre olup yan yüzeylerden yansıyarak alıcıya ulaşan ses enerjisinin toplam ses enerjisine olan oranına odaklanan bir parametredir [13]. Zamansal Ağırlık Merkezi (Ts) parametresi ise enerji ağırlık merkezine ulaşmak için geçen süre olarak tanımlanmaktadır [14].

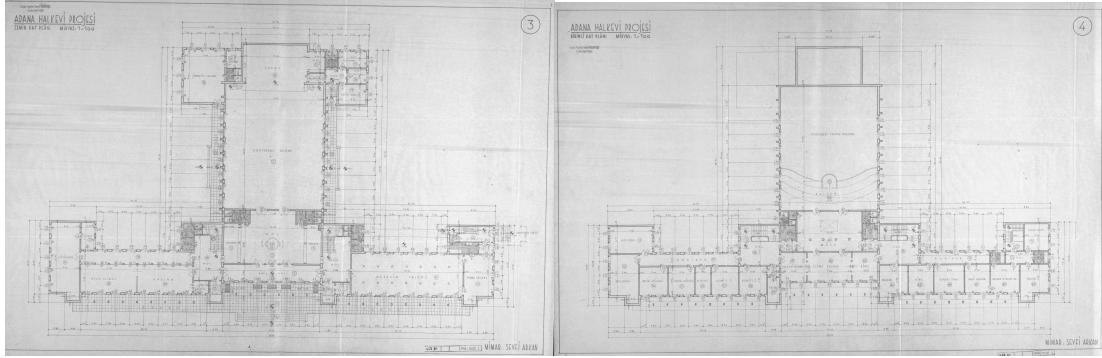
II. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışma kapsamında öncelikle Adana Büyükşehir Belediyesi Konser Salonu hakkında literatür taraması yapılmıştır. Modernist açılımda bir öncü olarak tanınan mimar Seyfi Arkan tarafından 1939-1940 yılında tasarlanmış ve gerçekleştirilmiş bir Halkevi projesidir. Seyfi Arkan, Adana'da belediye için bazı tasarımlar yaptığı 1939-40 yılında, bu kent için bir de halkevi tasarlamış ve gerçekleştirmiştir. 1930'ların başındaki kuruluşlarından itibaren halkevleri, hemen her kent için hem kültürel işlevleri ile toplumsal yaşamın, hem de yeni binaları ile modern yapılaşma programının önemli bileşenleri olmuşlardır [15].

Adana Halkevi için yapılan araştırmalarda Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Cumhuriyet Arşivi'nde ki plan ve projelere bakıldığında, iki takım proje olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan birinci tasarım, bazı değişikliklerle uygulandığı görülen projenin çizimleridir (Şekil 1,2).



Şekil 1. Adana Halkevi, uygulanan proje vaziyet planı [16]



Şekil 2. Adana Halkevi, uygulanan proje zemin ve üst kat planı [16]

Arşivdeki uygulanan projede teknik bilgilerin yetersizliği ve projenin uygulanması sırasında yapılan değişiklikler veya süreç içerisinde geçirdiği tadilatlar öngörülerek çalışma kapsamında öncelikle konser salonunun rölövesi alınmış, iç mekan yüzey kaplama malzemeleri belirlenmiş ve üç boyutlu modellemesi SketchUp 2017’de hazırlanmıştır. Konser salonunun boyu sahnesiyle birlikte 29,50 m, eni 17,50 m, yüksekliği ise sahnede 6 m salonunda 9 m ile 8,6 m arasında değişmektedir. Salon kısmı yaklaşık %3’lük bir eğimli yükselmektedir. Sahne platformu ise 130 cm yükseltilmiştir. 112 kişilik balkonu ana salondan 3 m yukardadır. Yaklaşık 3738 m³ hacme sahip olan konser salonunda 525 kişinin aynı anda etkinliği takip etmesine imkan sağlamaktadır. Kişi başına düşen hacim 7,12 m³/kişi olup bu değer göz önüne alındığında hacim konser işlevi için gerekli olan literatürde önerilen optimum kişi başına düşen değerlere çok yakın olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1).

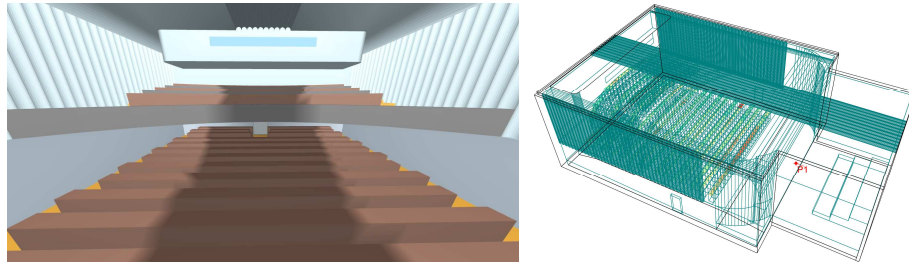
Tablo 1. Önerilen kişi başına düşen hacim miktarı

	Hacim (m ³ /Kişi)			
	Doelle [17]		Maekawa [18]	
	Min	Max	Önerilen	Önerilen
Konuşma	2,3	4,3	3,1	4-6
Tiyatro-Sinema	2,8	5,1	3,5	4-6
Opera	4,5	7,4	5,7	6-8
Çok amaçlı salon	5,1	8,5	7,1	6-8
Konser salonu	6,2	10,8	7,8	8-10



Şekil 3. Adana Büyükşehir Belediyesi Konser Salonu fotoğrafı

Dikdörtgen prizma formundaki konser salonunun sahne ve salon kısmının zemini ahşap olmakla birlikte salon sirkülasyon aksı halı kaplama, yan duvarlar ve arka duvar ise 3 metreye kadar ahşap panellerle kaplı iken 3 metreden sonra tavana kadar küçük yarıçaplara sahip iç bükey alçı panel levhalar yer almaktadır. Tavanda tamamen alçı panel levhalar kullanılırken tavanın yaklaşık 4 metrelik orta aksı küçük yarıçaplara sahip iç bükey yüzeylerden oluşmaktadır. Balkon parapeti dış bükey yüzeye sahip olup üzerine sıva üstü boya kaplıdır. Salonun koltukları ahşap, koltukları ise tamamen kumaş kaplıdır.



Şekil 4. Konser salonunun ODEON için hazırlanan modeli

Konser salonun iç mekan yüzeylerinde kullanılan kaplama malzemeleri ve özellikleri Tablo 2’de yer almaktadır. Konser salonunun iç mekan yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve 63-8000 Hz oktav bant frekans aralığındaki ses yutma katsayıları Tablo 3’de verilmektedir. Optimum aralık değerlendirilmesi bütün frekans aralıkları için gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. Konser salonunun iç mekan yüzeylerinde ki yapı elemanlarında kullanılan malzemeler ve özellikleri

Yapı Elemanı	Malzeme	Özellik
Sahne döşeme	Ahşap kaplama	Döşeme tahtası
Salon döşeme	Ahşap kaplama	Koltuk alanı döşemesi
	Halı	Sirkülasyon aksı halı kaplama
Yan duvarlar	Ahşap pano	3 metreye kadar ahşap pano
	Alçı panel	3 metreden sonra tavana kadar
Arka duvar	Ahşap pano	3 metreye kadar ahşap pano
	Alçı panel	Balkondan sonra tavana kadar
Tavan	Alçı panel	Tavanın yaklaşık 4m'lik orta aksı 30 ar cm'lik iç bükey

Tablo 3. Konser salonunun iç mekan yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve 63-8000 Hz oktav bant frekans aralığındaki ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Balkon Parapeti	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Sahne Arkası	**	Mermer Malzeme	0.20	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
3	Duvar ve Tavan	**	Alçı	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
4	Dinleyici	**	Dinleyici	0.25	0.28	0.37	0.42	0.45	0.48	0.48	0.50
5	Pencere	10001*	Tek cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
6	Ahşap Panolar	**	Ahşap	0.20	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
7	Kapı	10007*	Ahşap	0.14	0.14	0.1	0.06	0.08	0.1	0.1	0.1
8	Halı	**	Halı	0.04	0.04	0.04	0.15	0.29	0.52	0.59	0.62
9	Zemin Döşemesi	**	Ahşap	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
10	Perde	8005*	Pamuklu kumaş	0.3	0.3	0.45	0.65	0.56	0.59	0.71	0.71

* : [19]

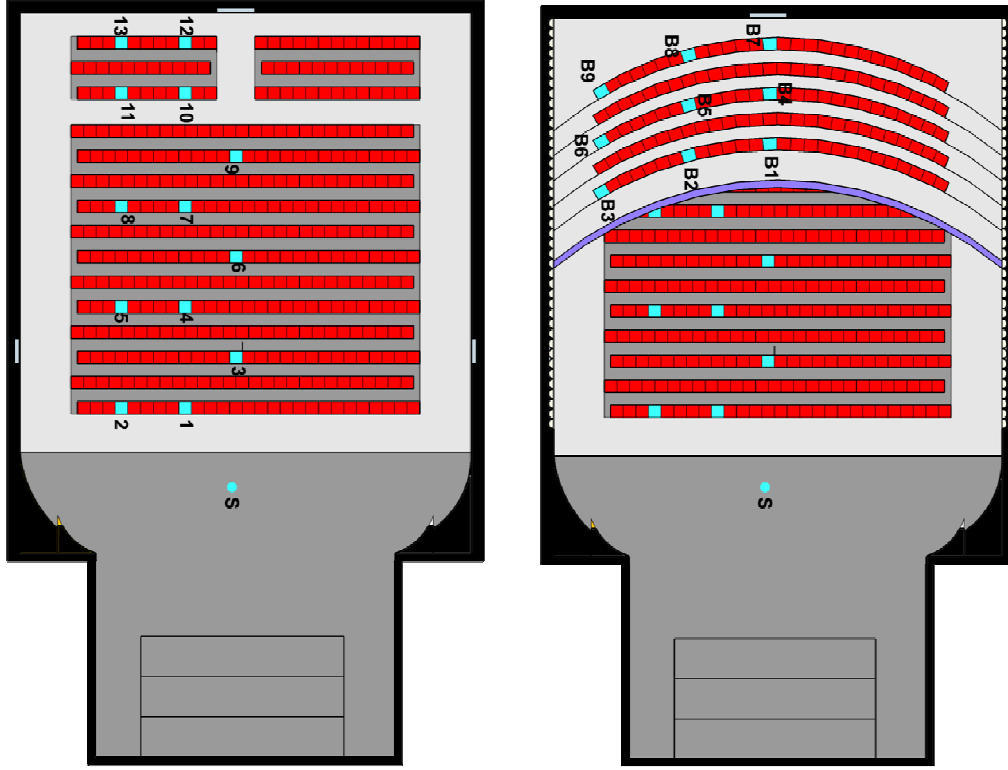
** : [20]

Üç boyutlu modeli hazırlanan konser salonu ODEON Room Acoustics Software 14.00 Combined simülasyon yazılımına aktarılmış ve yazılım üzerinden sırasıyla aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir;

İlk olarak model üzerindeki bütün yüzeylere genel malzeme ataması yapılmış, model üzerinde birleşim hatalarının olup olmadığı kontrol edilmiş ve sonrasında konser salonunun mevcut yüzeylerindeki malzemelerin ataması yapılmıştır. Daha sonra hacim akustiği hesap parametrelerine ait değerlerin atamaları gerçekleştirilmiştir. Program çalıştırılarak sesin nesnel parametrelerine ait veriler elde edilmiştir.

Odeon programında çok yönlü noktasal ses kaynağı kullanılmış olup kaynak; simetri ekseninde, sahne platformundan 1.50 metre yükseklikte ve sahne önünden 2 metre arka duvar yönünde konumlandırılmıştır. Konser salonunda dinleyicilerin konumu 0.50x0.50x1.2 metre dikdörtgenler prizması şeklinde yerleştirilmiştir.

konser salonu simetrik olduğu için simetri ekseninin sadece bir tarafına 22 tane dinleyici noktası yerleştirilmiştir (Şekil 5).



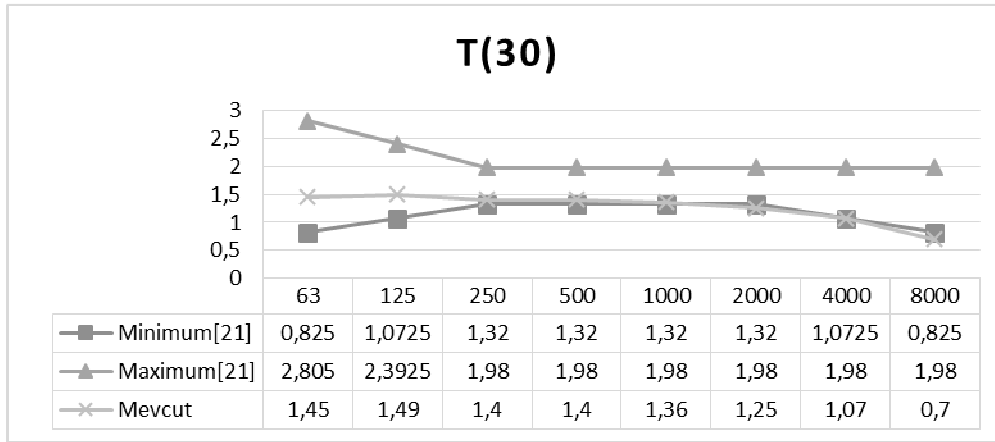
Şekil 5. Konser salonunun zemin ve balkon katına simülasyon programında yerleştirilen dinleyici noktaları

III. KONSER SALONUNDA SESİN NESNEL PARAMETRE DEĞERLERİ

Program çalıştırdıktan sonra sesin nesnel parametre değerlerine ait elde edilen sonuçlar literatürde önerilen optimum değer aralıkları ile karşılaştırılmıştır. Sonrasında ise optimum sınır değerler dışında kalan nesnel parametre değerlerinin optimum düzeylerde elde edilebilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

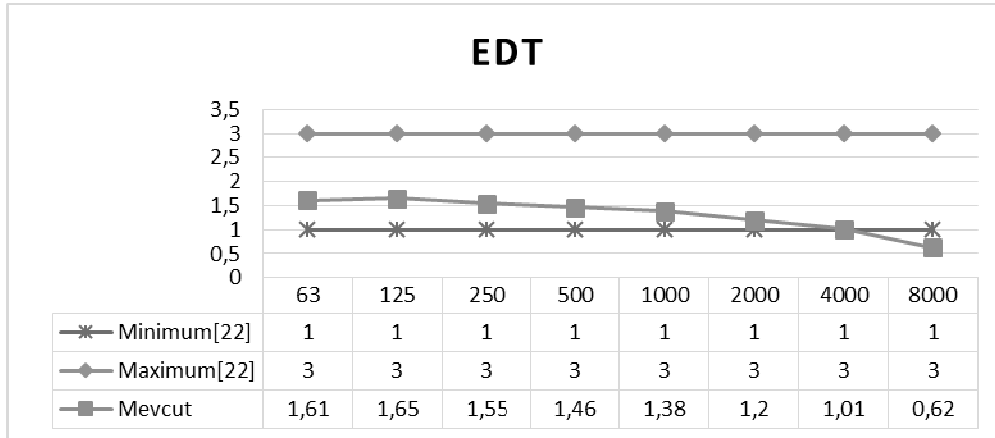
A. Konser Salonunun Mevcut Durumu için Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Konser salonu ile ilgili değerlendirmeler; reverberasyon süresi(T30), erken düşme süresi(EDT), netlik(C80), yanıl enerji oranı (LF80) ve zamansal ağırlık merkezi (Ts) parametrelerinin literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri ile karşılaştırılması yoluyla gerçekleştirilmiştir.



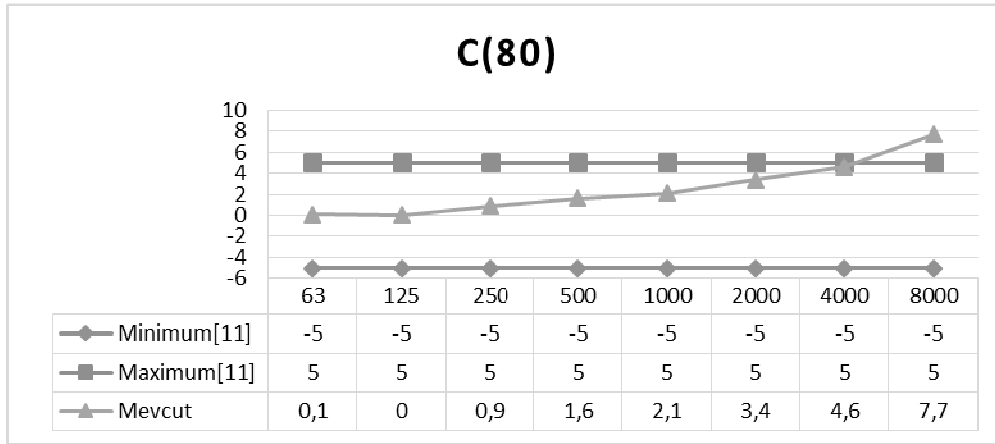
Şekil 6. Konser salonu T30 parametresinin frekanslara göre literatürde önerilen kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılması

1) *Reverberasyon Süresi (RT)*: Konser salonunun mevcut durumu için elde edilen reverberasyon süresi(T30) değerleri istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde; RT değeri 500-1000 Hz’de (orta frekans bölgesi) literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri sağladığı görülmektedir. 2000 Hz ve 8000 Hz’de ise literatürde önerilen kabul edilebilir değerlerin biraz altında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6).



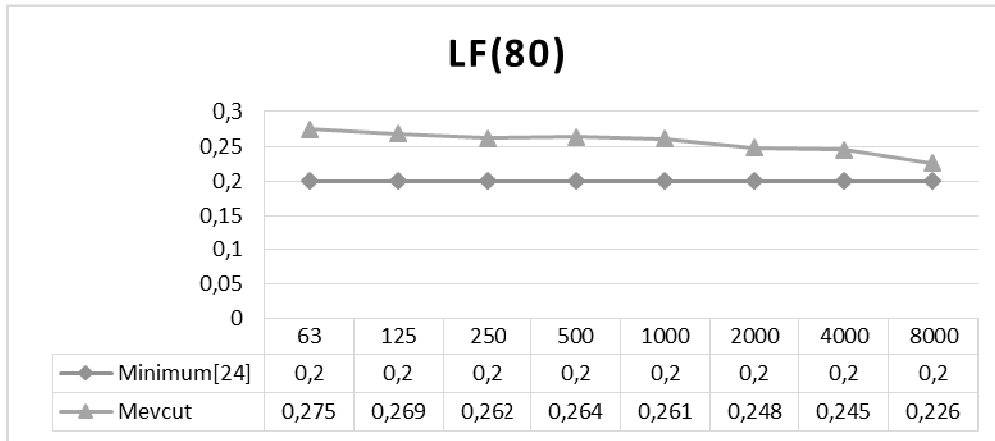
Şekil 7. Konser salonu EDT parametresinin frekanslara göre literatürde önerilen kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılması

2) *Erken Düşme Süresi (EDT)*: Konser salonunun mevcut durumu için elde edilen erken düşme süresi(EDT) değerleri istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde; EDT değeri 500-1000 Hz’de (orta frekans bölgesi) literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri sağladığı görülmektedir (Şekil 7). Sadece 8000 Hz’de ise literatürde önerilen kabul edilebilir değerlerin biraz altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, salon genelinde yayıncı ses alanı koşulunun sağlanması için EDT/T30 oranının 0,8 - 1,1 arasında olması istenmektedir.[23] Bu değer, konser salonu 500-1000 Hz (orta frekans bölgesi) aralığı için 1,02 olduğundan konser salonu genelinde yayıncı yani homojen dağılımlı bir ses alanı olacağı varsayılabilir.



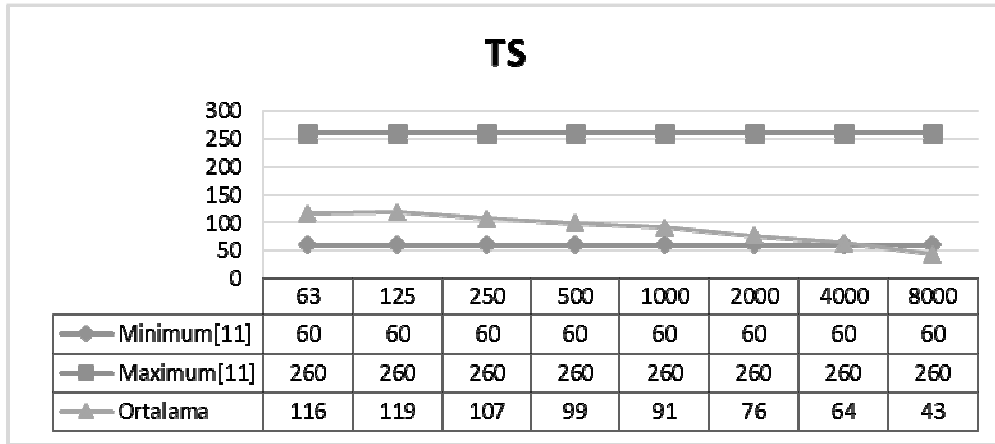
Şekil 8. Konser salonu C80 parametresinin frekanslara göre literatürde önerilen kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılması

3) *Netlik (C80)*: Konser salonunun mevcut durumu için elde edilen netlik (C80) değerleri istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde; C80 değeri 500-1000 Hz’de (orta frekans bölgesi) literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri sağladığı görülmektedir (Şekil 8). Sadece 8000 Hz’de ise literatürde önerilen kabul edilebilir değerlerin biraz üzerinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 9. Konser salonu LF80 parametresinin frekanslara göre literatürde önerilen kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılması

4) *Yanal Enerji Oranı (LF80)*: Konser salonunun mevcut durumu için elde edilen yanal enerji oranı (LF80) değerleri istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde; LF80 değeri bütün frekans bölgelerinde literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri sağladığı görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 10. Konser salonu Ts parametresinin frekanslara göre literatürde önerilen kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılması

5) *Zamansal Ağırlık Merkezi (Ts)*: Konser salonunun mevcut durumu için elde edilen zamansal ağırlık merkezi(Ts) değerleri istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde; Ts değeri 500-1000 Hz’de (orta frekans bölgesi) literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri sağladığı görülmektedir. Sadece 8000 Hz’de ise literatürde önerilen kabul edilebilir değerlerin biraz altında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 10).

IV. ÖNERİLER

Hacim akustiğinde en önemli parametre olarak kabul edilen reverberasyon süresi öteki hacim akustiği parametreleri ile olan genel ilişkisi ve pek çok hacim akustiği kuramının bu kavramla doğrudan bağlantı kurulması nedeniyle temel parametre olarak kabul edilmektedir. Konser salonunun 8000 Hz bölgesinde toplam yutuculuğunun fazla olması, reverberasyon süresinin yüksek frekans bölgesi için literatürde önerilen kabul edilebilir değerlerin altında çıkmasına sebep olmuştur. Yüksek frekans bölgesinde hacmin toplam yutuculuğunun azaltılması ya da yansıtıcılığının artırılması yoluna gitmek ve bu yönde malzeme değişiklikleri yapmak reverberasyon süresinin bu bölge için literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri sağlayacağını göstermektedir.

Bu kapsamda Tablo 3’te konser salonunun iç mekan yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve 63-8000 Hz oktav bant frekans aralığındaki ses yutma katsayılarına baktığımızda dinleyince bölgesi zemininde kullanılan halı ve pamuklu kumaş perde yüksek frekans bölgesinde en yüksek ses yutma katsayısına sahip malzemelerdir. Bu malzemeler düşük ve orta frekans bölgesinde ses yutma katsayıları çok yakın, yüksek frekans bölgesinde daha düşük ses yutma katsayılarına sahip malzemelerle değiştirilmesi önerilerek reverberasyon süresi için yüksek frekans bölgesinde literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri sağlayacağı öngörülmektedir.

Ayrıca, salon genelinde yayınık ses alanı koşulunun sağlanması için EDT/T30 oranının 0,8 - 1,1 arasında olması istenmektedir.[23] Bu değer, konser salonu 500-1000 Hz (orta frekans bölgesi) aralığı için 1,02 olduğundan konser salonu genelinde yayınık yani homojen dağılımlı bir ses alanı olacağı varsayılabilir. Bu varsayımla reverberasyon süresinin yüksek frekans bölgesinde artırılması erken düşme süresinin(EDT) de artacağını ve yüksek frekans bölgesi için literatürde önerilen kabul edilebilir değerlerin sağlanacağını göstermektedir.

Yine yüksek frekans bölgesinde hacmin toplam yutuculuğunun azaltılması ya da yansıtıcılığının artırılması yoluna giderek reverberasyon süresinin literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri sağlaması, literatürde kabul edilen reverberasyon süresi ile netlik(C80) parametresi arasındaki ilişkiyi gösteren formül: $C_{exp} = 10 \log_{10} [\exp(1.104/T)-1]dB$ [7] kullanıldığında C80 parametresinin de artacağını ve yüksek frekans bölgesi için literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri sağlanacağını göstermektedir.

V. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, Adana Büyükşehir Belediyesi Konser Salonu hakkında literatür taraması ve arşiv araştırmaları sonucunda kaynaklara ve Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Cumhuriyet Arşivi'nde ki plan ve projelere ulaşılmıştır. Arşivden elde edilen projedeki teknik bilgilerin yetersizliği ve projenin uygulanması sırasında yapılan değişiklikler veya süreç içerisinde geçirdiği tadilatlar öngörülerek çalışma kapsamında öncelikle konser salonunun rölövesi alınmış, iç mekan yüzey kaplama malzemeleri belirlenmiş ve üç boyutlu modellemesi hazırlanmıştır. Rölöve aracılığıyla hacim ölçülerine ulaşılan konser salonunda kişi başına düşen hacim, konser işlevi için gerekli olan literatürde önerilen optimum kişi başına düşen değerlerle karşılaştırılmıştır.

Adana Büyükşehir Belediyesi Konser Salonu'nun akustik koşulları değerlendirilmiştir. Aktif olarak kullanılan konser salonunun mevcut durumu için akustik değerlendirmeler, sesin nesnel parametrelerin üzerinden yapılmıştır. Sesin nesnel parametrelerini elde etmek amacıyla akustik simülasyon programlarından faydalanılmıştır. Bu çalışma Adana Büyükşehir Belediyesi Konser Salonu'nun akustik simülasyonlarına, mimari ve akustik bitiş özelliklerine, ulusal ve uluslararası standartlara uygunluğunun araştırılmasına ve bunların sonuçlarına dayandırılmaktadır. Akustik açıdan frekanslara göre literatürde önerilen kabul edilebilir aralık dışında kalan değerlerin optimum düzeye getirilmesi için mekanların mimari ve akustik bitiş elemanlarında değişiklik önerileri getirilmiştir.

Adana Büyükşehir Belediyesi Konser Salonu'nun akustik koşulları sesin nesnel parametreleri üzerinden değerlendirildiğinde, düşük ve orta frekans bölgesinde sesin nesnel parametrelerinin tamamında literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri sağlamaktadır. Ancak yüksek frekans bölgesi(4000-8000 Hz) civarında sesin nesnel parametrelerinin tamamı için literatürde önerilen kabul edilebilir değerlere çok yaklaşmakta ancak sağlamamaktadır. Hacim akustiğinde sesin nesnel parametrelerinin öteki parametreler ile olan genel ilişkisi ve doğrudan bağlantı kurulması nedeniyle, yukarıdaki öneriler uygulandığında Adana Büyükşehir Belediyesi Konser Salonu'nun bütün frekans bölgeleri için literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri sağlayacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Monterio, C., Machimbarrera, M., Tarrero, A.I., Smith, S.R. (2017). Translation Between Existing And Proposed Harmonized Airborne Sound Insulation Descriptors: A Statistical Approach Based On In-Situ Measurements. *Applied Acoustics*, 116, 93-107.
- [2] Hongisto, V., Mäkilä, M., Suoakas, M. (2015). Satisfaction With Sound Insulation In Residential Dwellings -The Effect Of Wall Construction. *Building and Environment*, 85, 309-321.
- [3] Pääkkönen, R., Vehviläinen, T., Jokitulppo, J., Niemi, O., Nenonen, S., Vinha, J. (2015). Acoustics and New Learning Environment – A Case Study. *Applied Acoustics*, 100, 75-78.
- [4] Jagniatinskis, A., Mickaitis, M., Fiks, B. (2013). Development Classification Scheme for Evaluation Dwellings Sound Insulation Performance in Lithuania. *Procedia Engineering*, 57, 443-450.
- [5] Garg, N., Kumar, A., Maji, S. (2013). Significance and Implications of Airborne Sound Insulation Criteria in Building Elements for Traffic Noise Abatement. *Applied Acoustics*, 74, 1429-1436.
- [6] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü. (2018). *Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği Açıklama ve Uygulama Kılavuzu*. Ankara, <https://www.izoder.org.tr/dosyalar/binalarin-gurultuye-karsi-korunmasi-yonetmeliği-acıklama-ve-uygulama-klavuzu.pdf>, Ziyaret tarihi Mart 23, 2020.
- [7] Rossing T. D. (2007). *Springer Handbook of Acoustics*. Springer, New York, 1280.
- [8] EEA. (2014). *Noise in Europe 2014*. European Environment Agency, Copenhagen.

- [9] Jariwala H. J., Syed H. S., Pandya M. J. ve Gajera Y. M. (2017). Noise Pollution & Human Health: A Review. Noise and Air Pollution: Challenges and Opportunities, Mart 2017, 29 Ağustos 2017 tarihinde ResearchGate'e yüklendi.
- [10] Long, M. (2006). Architectural acoustics. New York: Elsevier Academic Press. London
- [11] ISO. (2009). Acoustics – Measurement of rooms acoustic parameters – Part 1: Performance spaces, BS EN ISO-3382-1.
- [12] Barron, M. (1993). Auditorium acoustics and architectural design. London: E & FN Spon.
- [13] Marshall, A.H. (1967). A Note on the Importance of Room-Cross Section in Concert Halls, *Journal of Sound and Vibration*, 5, 100-112.
- [14] Cremer, L., Müller, A.H., Schultz, T. (1982). Principles and Applications of Room Acoustics Volume 1. Applied Science Publishers, London, 674.
- [15] Cengizkan, A., İnan, A.D., Cengizkan, N.M. (2012). Modernist Açılımda Bir Öncü: Seyfi Arkan. TMMOB Mimarlar Odası Yayınları, Ankara, 586.
- [16] Devlet Arşivleri Genel Müdürlüğü Başkanlık Cumhuriyet Arşivi
- [17] Doelle, L.L. (1965). Acoustics in Architectural Design. Bibliography 29, National Research Council, Ottawa, 516.
- [18] Maekawa, Z., Lord, P. (1994). Environmental and Architectural Acoustics. Spon Press, UK, 376.
- [19] ODEON Room Acoustics Software 14.00 Combined malzeme kütüphanesi.
- [20] Sirel, Ş. (1974). Yapı Akustiği I Temel Bilgiler. İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları, İstanbul, 114.
- [21] DIN. (2016). Acoustic quality in rooms - Specifications and instructions for the room acoustic design, DIN 18041: 2016-03
- [22] Bistafa, S.R., Granado, M.V. (2005). A Survey of The Acoustic Quality For Speech in Auditoriums. *Electronic Journal Technical Acoustics*, 15, 1-16.
- [23] Voronina N. (1996). Improved empirical Model of Sound Propagation Through a Fibrous Material. *Applied Acoustics*, 48, 121-132.
- [24] Bistafa, S.R., Granado, M.V. (2002). Objective Measurements of Speech Intelligibility in Proscenium Type of Theatres. XX Encontro da Sociedade Brasileira de Acustica SOBRAC, 2002, Rio de Janeiro, 1-6.