

MANİSA SULTAN (MESİR) CAMİSİ'NİN AKUSTİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ



EVALUATION OF ACOUSTIC FEATURES OF MANISA SULTAN MOSQUE

Fatma YELKENCİ SERT*

H. İbrahim ALPASLAN**

Özgül YILMAZ KARAMAN***

Özet

Sancak şehri olmasıyla Osmanlı Devleti'nin en önemli şehirlerinden biri olan Manisa, burada yetişen şehzadelerin, onlarla birlikte kentte ikamet eden saltanat üyelerinin ve nüfuzlu kişilerin yaptırdığı birçok anıtsal esere ev sahipliği yapmaktadır. Bu eserlerden Sultan (Mesir) Camisi, Osmanlı klasik dönem mimarlığının özelliklerini yansıtan Ege Bölgesi'ndeki nadir anıtsal yapılardan biri olması nedeniyle ayrıcalıklı bir konuma sahiptir. Cami, günümüzde ibadet işlevini devam ettirmektedir ve Mesir Festivali olarak bilinen etkinlikte mesir macununun halka saçıldığı cami olmasıyla da ilgi odağı olarak görülmektedir. Literatür incelendiğinde söz konusu yapının mimari özelliklerine dair araştırmaların bulunduğu, ancak yapıya ait akustik koşullara dair bir araştırma bulunmadığı görülmektedir. Kültürel miras olarak kabul edilen tarihi camilerin akustik koşullarının değerlendirilmesi, bu koşulları olumsuz etkileyen müdahalelerin tespiti ve iyileştirme önerileri, yapıların gelecek kuşaklara aktarılması sürecinde önemlidir. Sultan Camisi'nin alan çalışması olarak belirlendiği bu çalışmada, yapının tarihi, mimari öğeleri, iç mekân malzemeleri, günümüz koşullarında elde edilen akustik parametre değerlerinin tespiti ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Manisa, mimari akustik, cami akustiği, akustik ölçüm, Yansıma süresi

Abstract

Manisa, as one of the most important cities of the Ottoman Empire due to being the city of Sanjak, hosts to many monumental works built by princes who grew up in there, the members of sultanate dwelled with princes and influential people. The Sultan (Mesir) Mosque, which is one of the monumental works, has a privileged position due to being a rare monumental structure that reflects the Ottoman classical period architecture features.

* Arş. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Buca, İzmir.
ORCID ID: 0000-0001-7683-7163 ♦ E-mail: fatma.yelkenci@deu.edu.tr

** Yrd. Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Buca, İzmir.
ORCID ID: 0000-0003-2954-1399 ♦ E-mail: ibrahim.alpaslan@deu.edu.tr

*** Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Buca, İzmir.
ORCID ID: 0000-0002-9083-0766 ♦ E-mail: ozgul.yilmaz@deu.edu.tr

The mosque is used for worship and seen as a focus of interest due to being a mosque which Mesir paste is scattered through the people. In the literature, it has been noted that there are some researches about the architectural properties of the building, but there is no research about the acoustic conditions of the mosque. The evaluation of the acoustical conditions of historical mosques considered as cultural heritage, identification of the interventions that affect the acoustical conditions adversely and improvement suggestions are important for these buildings to hand down the next generations. In this study, the history, architectural items, interior materials and measured acoustical conditions of the Sultan Mosque, which is identified as a working area, are determined and evaluated.

Keywords: *Manisa, architectural acoustics, mosque acoustics, acoustical measurement, Reverberation Time*

1. Giriş

İslam coğrafyasındaki yapılı çevrenin en önemli öğelerinden biri olan camiler, kimi zaman bireyselliğin (namaz kılmak), kimi zaman ise birlik hissini (Kur'an-ı Kerim'in okunması; mevlit, ilahiler vb.) önem kazandığı mekânlar içeren yapılardır. Farklı dönem ve coğrafyalarda ibadetin yanı sıra eğitim gibi işlevler de üstlenebilen bu yapılar akustik açıdan bakıldığında hem konuşma hem de müzik işlevi açısından değerlendirilmelidirler. Din görevlisi tarafından Cuma ve bayram günleri hutbe (dinsel konuşma) verilmesi, vaaz verilmesi, konuşmanın önemli olduğu işlevlerdir. Kur'an-ı Kerim'de enstrümental müzikten bahsedilmediği için camilerde bu tür müzik bulunmamakla birlikte bazı dinî özel günlerde belli bir makama uygun olarak seslendirilen ilahiler ya da mevlitler gibi etkinliklerin müzikal yönlerinin olduğunu söylemek yanlış olmaz.

Caminin *harim* olarak adlandırılan ana ibadet mekânında mihrap, minber, müezzin mahfili gibi dini yapı elemanları bulunmaktadır. Mihrap, harimin kible yönündeki duvarının çoğunlukla ortasındaki bir niştir. İmam, namazın belli bir ahenk içinde kılınması için cemaate önderlik ederken hemen mihrabın önünde yer alır. Mihrabın sağ tarafına yerleştirilen basamaklardan oluşan minber elemanında hutbe okunmaktadır. Minber aynı zamanda dinleyici ve konuşmacı arasında görsel bağlantıyı da sağlamaktadır. Hutbe ve vaaz konuşmalarında minberdeki konuşmacının yüksek konumda bulunmasının hacmin akustik ortamına olumlu etkisi bulunmaktadır. Yerden yüksek bir platformda müezzinlerin oturması için yapılan müezzin mahfilinde ise, müezzinler tesbihat sesleri vermekte ve imamın söylediklerini tekrarlamaktadırlar. Bu durum ses kaynağını cemaatin (dinleyicilerin) üzerinde tutarak hacim içerisinde ses enerjisinin dengelenmesine yardımcı olmaktadır.¹ (Bk. Fot 2-4)

İslam dini, diğer diğer tek tanrılı dinlere benzer şekilde bazı ibadetlerin toplu yapılmasını şart koşmuş, çoğu ibadetin de toplu olarak cemaatle yapılmasının daha doğru olacağını kabul etmiştir. Bu nedenle başlangıcından beri içinde kalabalık insan

1 Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu, 2014, 204.

topluluklarını barındırabilecek mekânlara ihtiyaç duymuştur. Bu geniş mekânların örtülmesi için çok farklı örtü sistemlerinden bahsetmek mümkün olmakla birlikte Anadolu'da ve özellikle anıtsal camilerde kubbe ve yarım kubbe kompozisyonlarıyla oluşturulan örtülerin önemli bir ağırlığı olduğunu söylemek yanlış olmaz. Bu geniş, yüksek ve eğrisel strüktürle örtülmüş mekânlarda, iç bükey yüzeylere ve hacmin boyutlarının büyümesine bağlı olarak ortaya çıkan ve daha önce üzerine birçok çalışma yapılan benzer mekânlar olan, katedral yapılarındakilere benzer akustik problemler beklenebilir. Ancak camilerde zemin kaplama malzemesi olarak yutuculuğu yüksek olan halı tercih edilmesi, bu yapıları, konuşmanın anlaşılabilirliği bakımından kiliselere göre daha avantajlı kılmaktadır.² Yutucu yüzey kullanımı ile yüzeye gelen ses geri yansımamakta ve uzun yansıma süresi oluşumu önlenmektedir.³ Tarihi cami yapılarında, minber, mahfil elemanlarına ait korkulukların delikli panellerle yapılması gibi detaylar yapının ses enerji seviyesini düşürerek akustik konforu sağlamaya yardımcı olmaktadır.⁴ Camilerin akustik koşullarından, hutbe ve vaazların anlaşılabilirliği için orta ve yüksek frekanslarda düşük yansıma süreleri, mevlit ve ilahi okumalarında düşük frekanslarda uzun çınlama süreleri, cemaatin bulunduğu alanda eşdeğer ve homojen ses dağılımı, yankı, ölü noktalar gibi akustik problemlerin etkisinin azaltılması ve uygun arka plan gürültüsü beklenmektedir.⁵

Literatürde, camilerin akustik özelliklerini konu alan birçok çalışma bulunmaktadır. Önde gelen İslam sanat tarihçilerinden biri olan Oleg Grabar, İslam kültürünün, kendini temsil aracı olarak, “görsellik”ten çok “işitsellik”i benimsediğini söylemektedir. Ayrıca İslam kültürünü ortaya çıkaranın biçim değil, ses, tarih ve belli bir hayat tarzı olduğunu belirtmektedir.⁶ Ses-işitme bağlamındaki bu yoruma koşut olarak; Nina Ergin'e göre, Allah'ın sözünün ibadet edenlere işitsel aktarımı, en az hat sanatı biçimindeki görsel aktarımla eşit seviyededir. Allah'la bütünleşmenin, sadece işitsel süreçte, saf ve soyut ses ile mümkün olabileceğini savunmaktadır.⁷ Ergin bir diğer çalışmasında, Osmanlı mimarlarının, camileri özgün vahyin yeniden sahnelendiği, *Kur'an*'ı seslendirmelerini sağlayan müzik aletleri olarak gördüklerini belirtmektedir.⁸

İslam dininde sesin ve işitmenin önemini vurgulayan yorumların yanı sıra camilerin akustik performansını ölçmeye dayanan birçok teknik araştırma da gerçekleştirilmektedir. Bu konuda önde gelen çalışmalardan biri olan CAHRISMA (Sinan Camilerinin Akustik Özelliklerinin Tanımlanması ve Yeniden Canlandırılması Yolu ile Akustik Mirasın Korunması) Araştırma Projesi (2000-2003), eski yapıların akustiğinin, kültürel mirasın bir parçası olduğunu vurgulamaktadır. Proje, görsel ve akustik mirasın

2 Bk. Kleiner, Klepper ve Torres, 2010.

3 Bk. Elkhateeb, Adas, Attia ve Balila, 2016.

4 Bk. Kayılı, 1988.

5 Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu, 2014, 204.

6 Grabar, 1983, 26.

7 Ergin, 2016, 15.

8 Ergin, 2008, 213.

tanımlanması, yeniden canlandırılması ve korunmasını amaçlamaktadır. Bu amacı gerçekleştirmek için, akustik açıdan kaliteli mekânlar olarak bilinen Sinan Camileri ve Bizans Kiliseleri çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmada saha ölçümleri, anket çalışmaları, hacimlerin kullanıcıları ile simülasyonları (ODEON) yapılmıştır.⁹

Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu, Süleymaniye Camisi'nde mimari elemanların, iç mekânda kullanılan malzemelerin ve geçmişten günümüze caminin geçirdiği onarımların, mekanın akustiğine etkilerini araştırmayı amaçlamışlardır.¹⁰ Çalışmanın sonucunda, 2013 ölçümleri, son dönemde yapılan onarımlarla, camide orta ve yüksek frekanslarda bazı iyileşmeler olduğunu göstermektedir. Ancak düşük frekanslarda çınlama süresi “kabul edilebilir değerlerin üzerinde” (12-17 sn) bulunmuştur.¹¹

Levent Topaktaş çalışmasında, Mimar Sinan tarafından tasarlanmış Süleymaniye, Rüstem Paşa, Mihrimah Sultan (Edirnekapı) ve Cenabı Ahmet Paşa camilerinin akustik özelliklerini, akustik ölçümler ve benzetim çalışmalarını kullanarak incelemiştir. Başlıca önemli akustik parametreler (T30, D50, C80) her bir cami için elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.¹²

2. Sultan (Mesir) Cami

Manisa kenti, Osmanlı Dönemi'nde sancak şehri olması, şehzadelerin yetiştiği ve yöneticilik yaptığı şehirlerinden biri olması dolayısıyla önemini sürekli korumuştur. Şehzadelerle birlikte üst düzey saltanat üyelerinin ve şehzadelerin eğitiminden sorumlu kişilerin şehirde ikamet etmesi, önemli inşaa programlarını da beraberinde getirmiştir. Bu programın önemli parçalarından biri olan Sultan Camisi, giriş kapısında bulunan kitabeye göre, içinde bulunduğu külliye ile birlikte Yavuz Sultan Selim'in hanımı, Kanuni'nin annesi Ayşe Hafsa Sultan tarafından 1522-1523 yılları arasında yaptırılmıştır.¹³ (*Fot. 1*)

Enine dikdörtgen planlı olan caminin harimine iki kapıdan girilir. Ana kapı 5 açıklıklı son cemaat yerinin ortasında, mihrap aksındadır. Diğer kapı ise doğu duvarının kuzey köşesindedir. Harim mekanı, mihrap aksında ve yaklaşık 22,5 metre yüksekliğindeki bir ana kubbe ile iki yanda ikişer küçük kubbeden oluşan 5 kubbeli bir kompozisyonla örtülmüş olan yaklaşık 5000 m³ büyüklüğünde bir hacimdir. Kubbeye geçiş pandantiflerle sağlanmıştır. Mihrap önü kubbesi, kuzey, güney duvarları ile mekâna düşen daire kesitli ve kompozit başlıklı birer sütunun yardımıyla taşınan kemerlerin üzerine oturmaktadır. Yan mekan bölümlerini örten ve geçişleri pandantiflerle sağlanan kubbeler, sekizgen birer kasnak üzerine oturmaktadır. (*Plan 1*) Doğu ve batı duvarlarında, üst örtüyü bölen kemerin duvara oturduğu bölümün altında birer niş açılmıştır. Nişler günümüzde

9 Karabiber, 2000.

10 Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu, 2014.

11 Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu, 2014, 204.

12 Topaktaş, 2003.

13 Acun, 1999, 147.

dolap elemanları ile kısmen doludur. (Bk. Fot. 6)

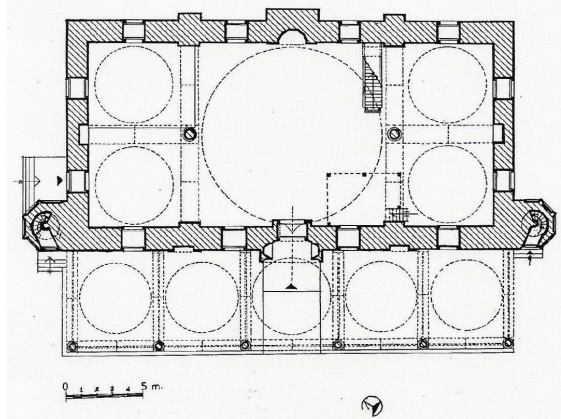
Harimin kuzeybatı köşesinde, kare kesitli 5 ahşap dikmenin taşıdığı bir üst mahfil bulunmaktadır. Mahfile, kuzey duvarına bitişik ahşap bir merdiven ile ulaşılmaktadır. Üst mahfilin altında, yerden yaklaşık 40 cm yukarıda bir müezzin mahfili bulunmaktadır. Harimin güneydoğu bölümü yerden 50 cm yükseltilmiştir. Günümüzde bu kısmı içeri alacak şekilde harimin doğu bölümü demir doğramaların taşıdığı yansıtıcı panel elemanlarla bölünmüştür ve kadınların ibadet alanı olarak kullanılmaktadır. (Bk. Fot. 4, 5)

Caminin mihrabı bir on dörtgenin yarısı şeklinde gövde kesitine sahiptir. Kavsarada 6 sıra mukarnas bulunur. Mihrap alınlığı rumi, palmet, kıvrımlı dal motifleriyle süslenmiştir. Mihrabın taşıyıcı sistemde oluşturduğu girinti güney cephesinde çıkıntı oluşturarak kendini hissettirmektedir. (Bk. Fot. 2) Minber elemanı mihrabın batısında yer alır. Minberin malzemesi beyaz

mermerdir ve özgün hali korunduğu söylenmektedir. Caminin en önemli taş işçiliğinin minber elemanında olduğu kabul edilmektedir.¹⁴ Minber elemanının girişi bordo renkli bir seccade ile örtülmüştür. (Bk. Fot. 3) İç mekanda zemin halı kaplıdır. Yapının yığma taş duvarlarının iç hacimde yüzeyleri sıvalı ve üzerleri boya kaplıdır. Caminin iç mekânında, doğu ve batı duvarlarında ikişer, güney ve kuzey duvarlarında dörder adet pencere açıklığı bulunmaktadır. Bu pencerelere simetrik olarak üst kotta pencereler ve kubbe kasnığında açılan pencere açıklığı bulunur. İç mekân bu pencere açıklıkları sayesinde doğal olarak aydınlatılmaktadır. Tüm pencere ve kapıların doğramalarında ahşap kullanılmıştır.



Fot. 1: Sultan Camii ön cephesi, son cemaat yeri. Güney batıdan görünüm.

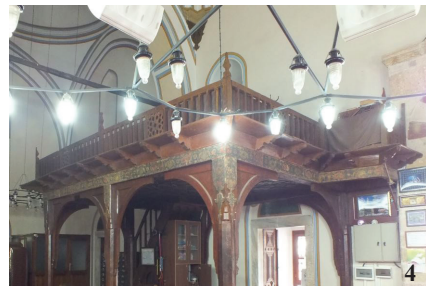


Plan 1: Sultan Camii planı. (Acun, 1999, 154.)

14 Acun, 1999, 148.

Pencere alınlıkları Mavi-beyaz İznik çinileri ile kaplanmıştır.¹⁵ Yapının genelinde taş, alçı, ahşap, çini ve kalemişi süslemeler mevcuttur. (Bk. Fot. 7-9) Ahşap süsleme, kapı-pencere kanatları ve mahfil aksamında bulunmaktadır. Alçı süsleme mihrap ve son cemaat yeri mihraplarında kullanılmıştır. Sultan Camisi'nde, iç hacimde kullanılan malzemeler ve kullanıldıkları yerler *Şekil 1*'deki plan üzerinde analiz edilmiştir.

Yapının form ve elemanlarının, Sultan Camisi ana ibadet mekanında homojen ses dağılımının sağlanması açısından olumlu katkı yaptığı görülmektedir. Mekan içerisinde birbirine paralel olan duvarlardan kaynaklanabilecek olumsuz etkiler; duvar yüzeylerinde açılan nişler, mihrap, taşıyıcı kolonlar, mahfil, minber gibi elemanlarla azaltılmıştır. Ayrıca kubbeye geçişi sağlayan pandantifler, yan bölümlerde kullanılan kemerler, taşıyıcı kolonlar ses enerjisinin hacim içerisinde düzgün dağılmasına katkı yapmaktadır. Ana ibadet mekanının önemli bir elemanı olan kubbe, iç bükey formu ile yüzeyine gelen sesleri tek bir noktada toplama eğilimindedir.¹⁶ Bu durum hacim içerisinde belli noktalarda ses patlamaları veya *kuru/ölü* noktalara yol açabilmekte, ses enerjisinin homojen dağılımı bu sebeple zarar görmektedir. Sultan Camisi'nde kubbeden yansıyan seslerin bir araya geldiği nokta (odak noktası), ibadet eden insan kitlesinin dışında kalmaktadır. Bu durum akustik açıdan istenilen bir özellik olup, hacim içerisinde istenmeyen ses patlamalarını, kuru ve ölü alan oluşumunu önlemektedir. Camilerin, kullanıcılarla dolu olduklarında, yutuculuğun artması sonucu yansıma süresinin azalması beklenir. Ancak ana ibadet mekanı zemininde kullanılan halı kaplama, hacmin boş olduğu durumda da yüksek yansıma süresi oluşumunu engelleyen önemli bir unsurdur.



Fot. 2, 3, 4: Mihrap (2), minber (3) ve mahfil (4) elemanları.

15 Acun, 1999, 149.

16 Bk. Çalışkan, 2014.



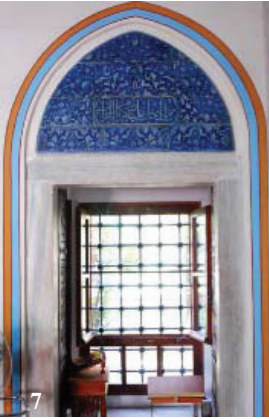
Fot 5:

İç mekanda özgün olmayan uygulamalar; Caminin doğu bölümünü ayıran paneller.



Fot 6:

İç mekanda özgün olmayan uygulamalar; Nişlerin içerisine yerleştirilen dolap elemanları.



Fot. 7, 8, 9:

Caminin çini, alçı ve ahşap süslemelerinden örnekler.

3. Sultan Camisi'nin Akustik Parametreler Açısından Değerlendirilmesi

Camilerde, Cuma ve bayram günleri hutbe (dinsel konuşma) verilmesi, vaaz verilmesi konuşma işlevini; bazı özel dini günlerde söylenen ilahiler ise müzik işlevini oluşturmaktadır. Bu yapılara özel akustik parametre değerleri kesin olarak belirlenmemiş olmakla birlikte, camilerde gerçekleştirilen çalışmalar optimum parametre değer aralıkları konusuna ışık tutmaktadır. Çeşitli çalışmalarda belirlenen ve çalışma kapsamında belirlenen akustik parametreler ve optimum değer aralıkları *Tablo 1*'de aktarılmaktadır.¹⁷

Tablo 1. Çalışma kapsamında incelenen akustik parametreler ve optimum değer aralıkları.

Cami yapılarında incelenen parametreler	İstenilen değer aralıkları	Sultan Cami için ölçülen değerler (500-1000 Hz)
Yansıma Süresi (RT, T30) [sn]	5000 m ³ hacim aralığında bulunan camiler; - orta frekanslarda 2,0 sn ¹⁸ - 1,6 sn ¹⁹	3,45 sn (500 Hz) 2,66sn (1000Hz)
Erken Sönümlenme Süresi (EDT) [sn]	RT – (%10x RT) ≤ EDT ≤ RT + (%10x RT) ²⁰	3,08 sn ≤ 3,29 sn ≤ 3,77 sn (500 Hz) 2,39 sn ≤ 2,60 sn ≤ 2,92 sn (1000 Hz)
Ayırt Edilebilirlik (D50) [%]	0,50 < D50 ²¹	%28 (500 Hz) %37(1000 Hz)
Netlik (C80) [dB]	müzik işlevi; 0, -4dB; konuşma işlevi; -2,+2dB ²²	-3,31 dB (500 Hz) -1,35 dB (1000 Hz)
Konuşma İletim Katsayısı (STI)	0,00 - 0,30 (Kötü) 0,30 - 0,45 (Zayıf) 0,45 - 0,60 (Orta) 0,60 - 0,75 (İyi) 0,75 - 1,00 (Mükemmel) ²³	0,49
Arka Plan Gürültüsü (NC) [dBA]	maksimum 25-30 dBA ²⁴	30 dBA

Söz konusu son dönem çalışmaları özetle, camiler için istenen akustik koşulların konuşma amaçlı mekânlardan farklılaştığını; kutsal mekanın işitsel algısı bakımından ana ibadet mekanı içerisinde konuşma amaçlı mekânlardan daha uzun yansıma sürelerinin beklenmekte olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.²⁵

17 Othman ve Mohamed, 2012; Mehta, Johnson ve Rocafort, 1999; Kutruff, 2009; Carvalho, 1999.

18 Kayılı 1988.

19 Othman ve Mohamed, 2012.

20 Mehta, Johnson ve Rocafort, 1999.

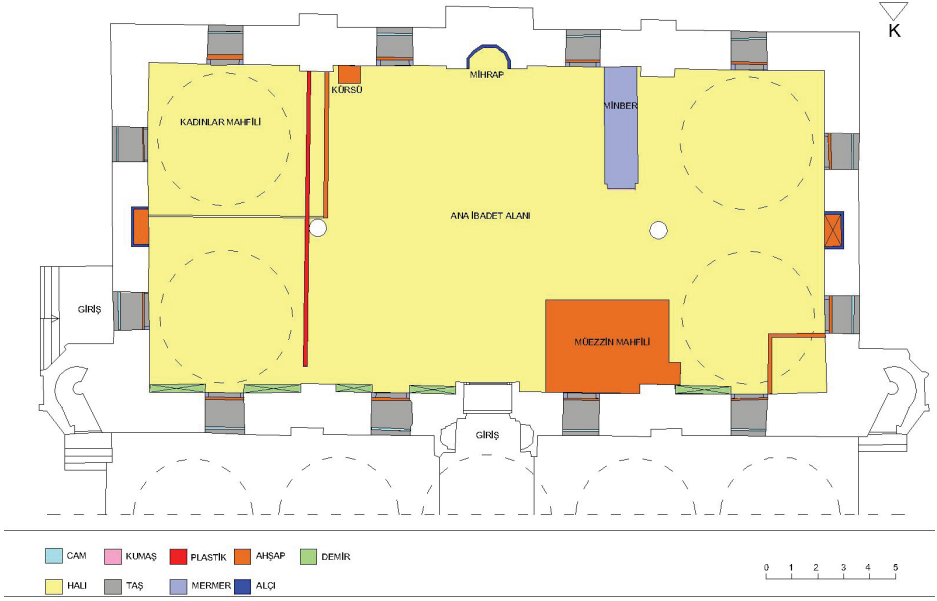
21 Kutruff, 2009.

22 Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu, 2014.

23 Carvalho, 1999.

24 Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu, 2014.

25 Orfali, 2007; Su Gül ve Çalışkan, 2013; Elkhateeb, Adas, Attia ve Balila, 2016.



Şekil 1: Sultan Camii'nin iç hacminde kullanılan malzemeler.

3.1. Ölçüm Koşulları ve düzeneği

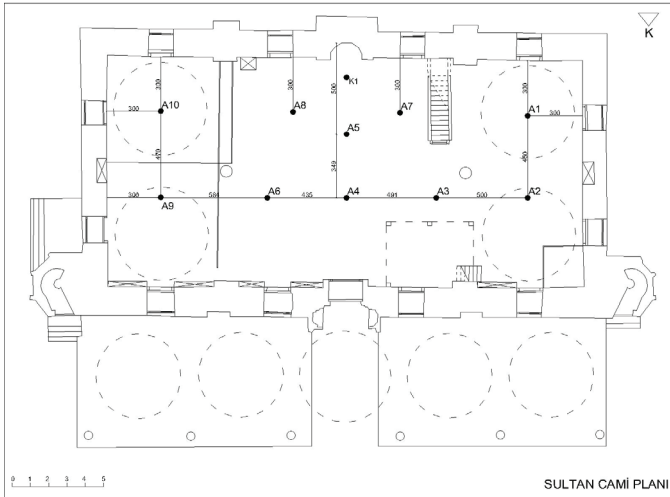
Akustik ölçüm çalışması, caminin boş olduğu durumda ve 3 kişilik ölçüm ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. Dinleyici noktaları, ibadet eden insan ölçeği esas alınarak yerden 85 cm yükseklikte konumlandırılmıştır. Ses kaynağı, imamın ibadet sırasında durduğu konum olarak mihrap önünde, yerden ISO 3382 standardına uygun olarak 1,50 m yükseklikte konumlandırılmıştır. (Bk. Fot. 10) Alıcı noktaları ise caminin ibadet esnasında kullanım alanını temsil edecek şekilde 10 adet (A1, A2, A3,, A10) olarak belirlenmiştir. (Bk. Şekil 2) Yapılan ölçümde, Dirac 5.5 programı, 1 adet preamplifikatör, 1 adet güç amplifikatörü, 1 adet dodekaedrik hoparlör, 1 adet hoparlör tripodu, 1 adet mikrofon ve mikrofon tripodu kullanılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda, T30, RT, EDT, C80, D50, STI parametreleri ve arka plan gürültü düzeyi optimum değer aralıkları ile (Tablo 1) karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

3.2. Yansıma Süresi, RT, T30 (sn)

Kapalı bir hacimde ses kaynağının kapatılmasından sonra ses basınç düzeyinin ilk 30 dB düşmesi için geçen süre T30, 60 dB düşmesi için geçen süre T60'dır. Hacimde bulunan yüzeylerin yutuculuğunun artmasıyla yansıma süresi azalır; yüzeylerin yutuculuğunun azalmasıyla yansıma süresi artar. Camilerde uzun yansıma süresi konuşmanın anlaşılabilirliği açısından olumsuz etki oluşturmakta, kısa yansıma süreleri



Fot 10: Ölçüm düzeneği
- Alıcı ve kaynak noktası yerleşimi



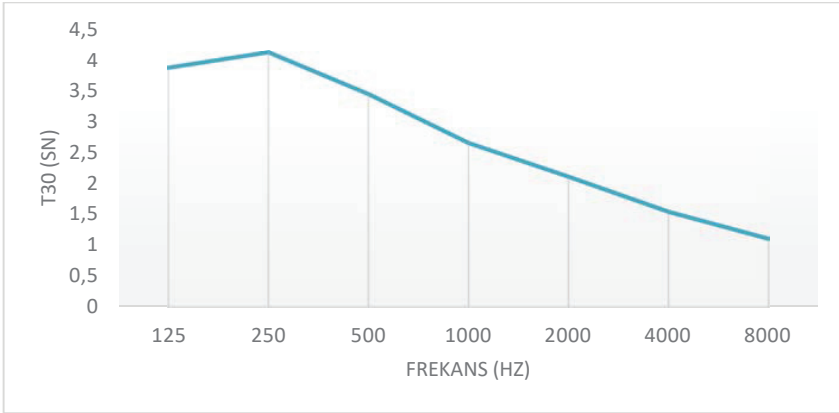
Şekil 2: Sultan Camii planı, kaynak ve alıcı noktaları yerleşimi (A1-10, alıcı noktaları; K1, kaynak)

ise dini ritüeller sırasında mekanın “kuru” olarak algılanmasına neden olmaktadır. Bir konferans salonu kadar olmasa da, bu hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliği en önemli kriterlerden biridir. Bu yüzden camilerin akustik ortamından beklenen, dini ritüeller süresince ibadet edenlere istenen “ilahi” ortamı oluşturacak düzeyde bir yansımın sağlanmasıdır. Düşük frekanslarda daha uzun, imamın verdiği vaaz ve hutbenin anlaşılabilirliği için orta ve yüksek frekanslarda düşük yansımın süresi değerleri sağlanmaya çalışılarak, kuru veya fazla yankılanan mekanlardan kaçınılmalıdır.²⁶

26 Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu, 2014, 203.

Sultan Camisi'nde, 10 farklı alıcı noktasından elde edilen T30 değerlerinin ortalamaları alınmıştır ve 125 – 8000 Hz frekans aralığında dağılımı *Şekil 3*'teki grafikte verilmiştir. Grafiğe göre orta frekans aralığında (500-1000 Hz) T30 değeri 3,0 sn elde edilmiştir. Bu değer, Kayılı'nın benzer hacme sahip camiler için önerdiği 2,0 sn değerini aşmaktadır. Othman ve Mohamed'e göre olması gereken T30 değeri 5000 m³ cami hacmi için yaklaşık 1,6 sn'dir ve istenilen değerlerin üzerindedir. Karabiber ve Erdoğan'ın çalışmalarına göre benzer hacme sahip camiler 1,7 – 2,8 sn aralığında olmalıdır.²⁷ Yüksek frekans aralığında düşük T30 değerlerinin elde edilmesi, hacim içerisinde kullanılan yutucu malzemelerden (halı, kumaş, seccade) kaynaklanmaktadır. Yapılan ölçümler caminin boş olduğu durumda gerçekleştirilmiştir. Camilerin ibadet edenlerle dolu olduğu durumda yutuculuğun artmasıyla yansıma süresinin istenilen değerlere yakın elde edilebileceği düşünülebilir.

Tablo 2'de verilen T30 ve RT değerleri incelendiğinde, birbirine oldukça yakın değerler olduğu görülmektedir. Bu durum akustik açıdan olumlu görülen, ses kaynağından çıkan ses enerjisinin tek eğimli bir düşüş eğrisiyle söndüğünü göstermektedir.



Şekil 3 - Hacim genelinde ortalama T30 değerinin frekanslara göre değişimi

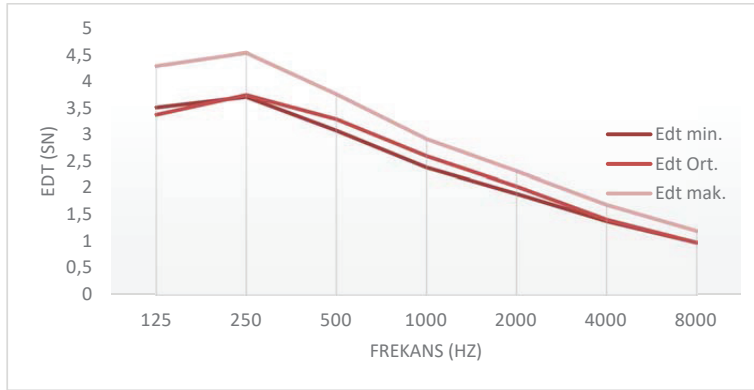
Tablo 2. T30 ve RT parametre değerlerinin 250-4000 Hz aralığında ortalama değerleri

	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
T30 (sn)	4,13	3,45	2,66	2,11	1,54
RT (sn)	4,13	3,43	2,66	2,11	1,54

27 Kayılı, 1988; Othman ve Mohammed, 2012; Karabiber ve Erdoğan, 2002.

3.3. Erken Sönümlenme Süresi, EDT (sn)

Şekil 4'teki grafikte hacim genelinde ölçümde elde edilen ortalama EDT değerleri verilmektedir. İyi bir hacim akustiği için EDT parametre değeri, hacmin çınlama süresinin (RT) $\pm\%10$ sınırları içinde olması gerekmektedir.²⁸ Şekil 4'teki grafiğe göre konuşmanın önemli olduğu orta frekans aralığında istenilen durum sağlanmıştır. T30 ve EDT grafik eğimlerinin benzer olması hacim içerisinde ses dağılımının homojen ve düzenli olduğunu göstermektedir. Homojen ses dağılımı hacim akustiğinde amaçlanan yeterli anlaşılabilirliğin gerçekleşmesi için önemli bir gerekliliktir.



Şekil 4 - Hacim genelinde ortalama EDT değerinin frekanslara göre değişimi.

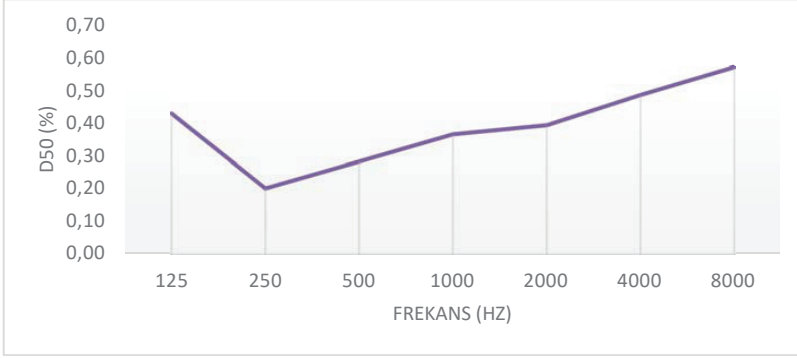
3.4. Ayırtedilebilirlik, D50 (%)

İlk 50 ms'de dinleyiciye ulaşan sesler, doğrudan gelen sesi güçlendirerek yararlı yansımalar oluşturmaktadır. Ayırtedilebilirlik parametresi, yararlı yansımaların toplam enerjisinin bütün yansımaların toplam enerjisine oranıyla elde edilen değerdir. Bu parametre, konuşmanın anlaşılabilirliği ile doğrudan ilişkilidir. Bu parametreye ait elde edilen sonuçlar yüzde (%) ile ifade edilmektedir. D50 parametre değerinin %50'nin üzerinde olması halinde konuşmanın anlaşılabilirliğinin 0,90 düzeylerine çıktığı görülmektedir.²⁹

Şekil 5'teki grafiğe göre konuşma frekanslarında D50 değeri %50'nin üzerine çıkamamıştır. Bu değerler doğrultusunda, orta frekanslarda konuşmanın anlaşılabilirliğinde sorunlar yaşanabileceği söylenebilir.

28 Mehta, Johnson ve Rocaford, 1999.

29 Kutruff, 2009.

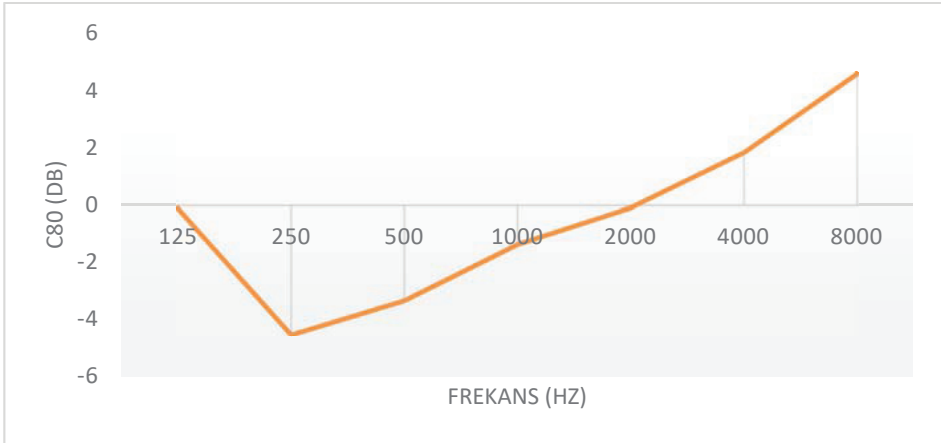


Şekil 5 - Hacim genelinde ortalama D50 değerinin frekanslara göre değişimi.

3.5. Netlik, C80 (dB)

Netlik parametresi, kapalı bir hacimde ilk 80 ms içinde ulaşan sesin enerjisinin bu süreden sonra alıcıya gelen sesin enerjisine göreceli değeri olarak tarif edilmektedir.

Elde edilen netlik parametre değerleri, bazı frekanslarda konuşma işlevi için önerilen -2, +2 dB aralığını aşmaktadır. Odabaş, Gül ve Çalışkan'ın önerdiği -1, +3 dB değer aralığı 125, 1000, 2000, 4000 Hz frekanslarında sağlanmıştır. Sultan Camisi'nde -4, +4 dB netlik parametresi değer aralığı, güncel çalışmalardan elde edilen değer aralıklarına yakın bulunmuştur; bu durum hacim genelinde konuşmanın anlaşılabilirliğini olumlu yönde etkilemektedir. (Şekil 6)

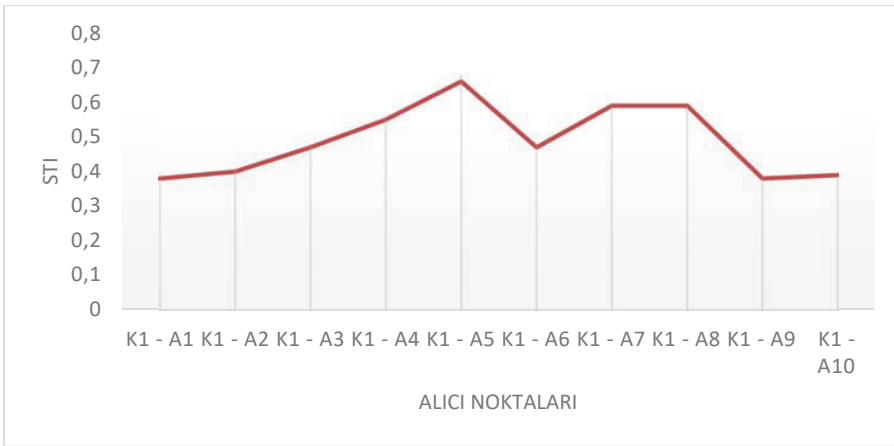


Şekil 6 - Hacim genelinde ortalama C80 parametresinin frekanslara göre değişimi.

3.6. Konuşma İletim Katsayısı, STI

Konuşma İletim Katsayısı (STI), kapalı bir hacimde konuşmanın anlaşılabilirliğini ölçmek amacıyla kullanılan nesnel bir parametredir. Bu parametrenin değerlendirilmesi 0-1 aralığında yapılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, 0,00 – 0,30 ise *kötü*; 0,30 – 0,45 ise *zayıf*; 0,45 – 0,60 ise *orta*; 0,60 – 0,75 ise *iyi*; 0,75 – 1,00 ise *mükemmel* olarak değerlendirilmektedir.³⁰

Sultan Cami için ortalama STI değeri 0,49 elde edilmiştir ve konuşmanın anlaşılabilirliği *orta* olarak değerlendirilir. *Şekil 7*'deki grafiğe göre, konuşmanın anlaşılabilirliği, en iyi mihrap önünde konumlanan A5 alıcı noktasında sağlanmıştır. Konuşmanın anlaşılabilirliğinin en kötü olduğu alıcı noktaları ise, demir doğramaların taşıdığı plastik panellerle ayrılan kadınlar bölümünde konumlanan A9 ve A10 noktalarıdır. (Bk. *Şekil 2*)



Şekil 7 - Hacim genelinde STI değerinin alıcı noktalarına göre değerleri

3.7. Arka Plan Gürültüsü, NC [dBA]

Arka plan gürültüsü, hacim dışarısında trafik ve yakın çevredeki binalar, hacim içerisinde havalandırma sistemi, aydınlatma elemanları, ısıtma-soğutma sistemi gibi nedenlerden kaynaklı olabilmektedir. Kapalı bir hacimde yapılan bir etkinliğin kolayca anlaşılabilmesi için arka plan gürültüsünün belirli bir sınırın altında olması beklenmektedir. Kullanılan hacmin işlevine göre bu sınır değişmektedir.

Sultan Camisi'nde yapılan ölçümde, A-Ağırlıklı ses düzeyi (LAeq) 30 dBA elde edilmiştir. Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu'na göre camiler için önerilen aralık 25-30 dBA'dır. Bu değer aralığına göre Sultan Camisi yoğun trafik ve yay dolaşım aksı üzerinde olmasına rağmen, arka plan gürültüsü uygun değerlerde elde edilmiştir. Caminin park ile çevrili olmasının, bu uygun değerlerin elde edilmesinde etkin rol oynadığı düşünülebilir.

³⁰ Carvalho, 1999.

4. Sonuç

Kültürel miras olarak kabul edilen tarihi camilerin gelecek kuşaklara aktarılması açısından, yapısal ve mimari özelliklerinin belgelenmesi ve koruma çalışmaları önem arz etmektedir. Ancak, görsel anlamda olduğu kadar, işitsel anlamda da insanlar üzerinde etkisi büyük olan bu yapılara ait akustik koşulların belgeleme çalışmaları yaygın olarak yapılmamaktadır. Bu çalışma kapsamında, tarihi cami yapılarının yapısal özelliklerinin belgeleme çalışmalarına ek olarak akustik belgeleme çalışmalarının önemi vurgulanmış ve yapıların maruz kaldığı müdahalelerin, akustik özelliklerini nasıl etkilediği gösterilmeye çalışılmıştır.

Bu bağlamda yapılan çalışmalar sonucunda, Manisa şehri için konumu ve tarihi bakımdan en önemli yapılarından biri olan Manisa Sultan Camisi'nin harimine sonradan yapılan müdahaleler sonucu hacmin akustik koşullarının olumsuz etkilendiği anlaşılmaktadır. Örneğin, kadınlar bölümünü ayıran panellerin yansıtıcı yüzeylerden oluşması ve mekanı kontrolsüz bir şekilde bölmeye hem görsel hem de işitsel anlamda olumsuzluklara yol açmıştır. Konuşmanın anlaşılabilirliği (STI) paneller arkasında en düşük değerlerde bulunmuştur. Bununla birlikte, hacmin büyük olmasına karşın, yutucu ve saçıcı özellikte malzemelerin (yüzeyde kullanılan halı, ahşap kapı ve pencere doğramaları, ahşap kepenkler, ahşap müezzin mahfili, ahşap kürsü, vb.) yoğun olarak kullanılması, yansıma süresi, EDT gibi parametrelerin istenilene yakın ve hacim genelinde homojen dağılan değerler elde edilmesini sağlamıştır.

Sonuç olarak, ana ibadet mekanında, dua, vaaz, hutbe, mevlid gibi ritüeller sürecinde seslerin anlaşılabilirliği sağlanırken dini etkinin de göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Yansıma süresinin artırılması ile istenen dini etki sağlanabilmektedir. Sultan Camisi iç mekanında yer alan nişler, mihrap, taşıyıcı kolonlar, mahfil, minber, kubbeye geçişi sağlayan pandantifler, yan bölümlerde kullanılan kemerler, gibi mimari elemanlar, hacim içerisinde homojen ses dağılımının ve uygun çınlama zamanının sağlanmasına katkı yapmaktadırlar. Öte yandan yüzeylerde kullanılan malzeme ve kaplama özellikleri ile hacim boyutları da dini etkinin hissedilebileceği uzunlukta yansıma süresi sağlamakta ve ana ibadet mekanını akustik açıdan konforlu hale getirmektedir.

Akustik belgeleme çalışmalarının tarihi yapılar üzerinde yapılması, mimari koruma çalışmalarına getirdiği yenilik bakımından önemlidir. Sultan Camisi'nde gerçekleştirilen bu çalışma, tarihi dini yapıların soyut kültürel miras olarak akustik koşullarının belgeleme çalışmalarını desteklemek ve devamlılığını sağlamak amacıyla yapılmıştır. Bu tür yapılarda görsel olduğu kadar akustik koşulları olumsuz etkileyecek müdahalelerin engellenmesi, özgün durumuna en yakın şekilde uyumlu malzemeler kullanılarak yenileme çalışmaları yapılması sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Acun, H. (1999), *Manisa'da Türk Devri Yapıları*, Ankara: Türk Tarih Kurumu Yayınları.
- Carvalho, A. P. (1999), Relations Between Rapid Speech Transmission Index (RASTI) And Other Acoustical And Architectural Measures in Churches, *Applied Acoustics*, 58, 33-49.
- Çalışkan, M. (2014), Akustik Tasarım Ve CSO Konser Salonu Yenilenme Projesi, *Yapı*, 388 / Mart, 134-139.
- Elkhateeb, A. - Adas, A. - Attia, M. - Balila, Y. (2016), Absorption Characteristics of Masjîd Carpets, *Applied Acoustics*, 105, 143- 155.
- Elkhateeb, A. - Adas, A. - Attia, M. - Balila, Y. (2016), The Acoustics of Masjîds, Looking for Future Design Criteria. *23rd International Congress on Sound & Vibration, ICSV23*, Athens, Greece.
- Erdoğan, C. Ü. (2006), Manisa Cami ve Mescitlerinin Cephe Düzeni, Yüksek Lisans Tezi, İzmir: Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Türk İslam Sanatı Anabilim Dalı.
- Ergin, Nina (2008), The Soundscape of Sixteenth-Century Istanbul Mosques: Architecture and Qur'an Recital, *Journal of the Society of Architectural Historians* 67/2, 204-221.
- Ergin, Nina (2016), Mekân/Yazı/Ses: Osmanlı'da Kadınların Cami Hamiliğine İlişkin Bir İnceleme, *Mekânlar/Zamanlar/İnsanlar: Hamilik ve Mimarlık Tarihi*, ed. Ceren Katipoğlu et al., Ankara: Middle East Technical University Press.
- Grabar, Oleg (1983), Symbols and Signs in Islamic Architecture, *Architecture and Community: Building in the Islamic World Today*, (ed. Renata Holod), 25-32, Millerton, NY.
- Gül, Z. - Çalışkan, M. - Tavukçuoğlu, A. (2014), Geçmişten Günümüze Süleymaniye Camii Akustiği, *Megaron*, 9(3), 201-216.
- Karabiber, Z. (2000), A New Approach to An Ancient Subject: CAHRISMA Project, In *Proceeding of the 7th International Congress on Sound and Vibration(1661-1668)*, Garmisch-Partekirchen.
- Karabiber, Z. - Erdoğan, S. (2002), Comparison Of The Acoustical Properties Of An Ancient And A Recent Mosque, *Forum Acusticum*, Seville, Spain: Spanish Acoustical Society (SEA).

- Karakuyu, M. (2007), Manisa Şehrinde Mahallelerin Tarihsel Gelişimi, *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, (4), 2.
- Kayılı, M. (1988), Mimar Sinan'ın Camilerindeki Akustik Verilerin Değerlendirilmesi, *Mimarbaşı Koca Sinan: Yaşadığı Çağ ve Eserleri*, 545-555, İstanbul: T.C. Başbakanlık Vakıflar Genel Müdürlüğü.
- Kleiner, M. - Klepper, D. - Torres, R. (2010), *Worship Space Acoustics*, USA: J. Ross Publishing Inc.
- Kutruuff, H. (2009). *Room Acoustics Fifth Edition*, Abingdon, Oxon: Spon Press.
- Küskü, S. G. (2014), Türk Dönemi Manisa Kenti ve Düşündükleri, *International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 9/10, 633-653, Ankara.
- Mehta, M. - Johnson, J. - Rocafort, J. (1999), *Architectural Acoustics Principles And Design*, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Odabaş, E. - Sü Gül, Z. - Çalışkan, M. (2011), Doğramacıade Ali Paşa Camii'nin Akustik Ölçümlerle Değerlendirilmesi, 9. *Ulusal Akustik Kongresi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Orfali, W. A. (2007), Sound Parameters in Mosques, *Proceedings of Meetings on Acoustics (153rd Meeting of Acoustical Society of America)*, Acoustical Society of America.
- Othman, A. R. - Mohamed, M. R. (2011), Influence of Proportion Towards Speech Intelligibility in Mosque's Praying Hall, *Procedia- Social and Behavioral Science*, 35, 321-329.
- Su Gül, Z. - Çalışkan, M. (2013), Acoustical Design of Turkish Religious Affairs Mosque, *Proceedings of Meetings on Acoustics (ICA 2013, Montreal)*, Montreal: Acoustical Society of America.
- Templeton, D. (1993), *Acoustics in the Built Environment*, Oxford: Architectural Press.
- Topaktaş, L. (2003), Acoustical Properties of Classical Otoman Mosques Simulation and Measurements, Doktora Tezi, Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.