

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ DİKDÖRTGEN PLANLI CAMİLERİN
TASARIMINDA AKUSTİK PERFORMANSIN
BELİRLENMESİ ÜZERİNE YENİ BİR YAKLAŞIM

DOKTORA TEZİ

Bariş İLBAN

ARALIK 2022
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ DİKDÖRTGEN PLANLI CAMİLERİN
TASARIMINDA AKUSTİK PERFORMANSIN
BELİRLENMESİ ÜZERİNE YENİ BİR YAKLAŞIM**

Barış İLBAN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“DOKTOR (MİMAR)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29/11/2022
Tezin Savunma Tarihi : 19/12/2022**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mustafa KAVRAZ

Trabzon 2022

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim ve tez çalışma sürecim boyunca en büyük desteğim olan değerli hocam Prof. Dr. Mustafa KAVRAZ'a emeklerinden dolayı teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca çalışmamın olgunlaşmasına katkı sağlayan tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Mete AVCI ve Doç. Dr. Nilhan VURAL'a emeklerinden dolayı teşekkür ediyorum.

Tez sürecinde gerçekleştirmiş olduğum fiziksel ölçümlerde desteklerini aldığım değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Derya ÇAKIR AYDIN'a teşekkür ediyorum.

Manevi desteklerini sürekli hissettiğim annem ve eşime ayrıca teşekkür ediyorum.

Barış İLBAN
Trabzon, 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Doğu Karadeniz Bölgesindeki Dikdörtgen Planlı Camilerin Tasarımında Akustik Performansın Belirlenmesi Üzerine Yeni Bir Yaklaşım” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Mustafa KAVRAZ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 19/12/2022

Barış İLBAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	X
SUMMARY	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SEMBOLLER DİZİNİ	XXI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2. Çalışmanın Yöntemi	5
1.3. Literatür Araştırması.....	7
1.4. Tarihi Süreçte Cami Tasarım Yaklaşımları	13
1.5. Doğu Karadeniz Bölgesi Camileri.....	19
1.6. Dikdörtgen Planlı ve Kıрма Çatılı Camiler.....	24
1.7. Akustik Bilimi	33
1.7.1. Ses Kavramı.....	35
1.7.2. Sesin Yutulması, Yansıması, Kırılması ve Saçılması.....	36
1.7.3. Sesin Nesnel Parametreleri	38
1.7.3.1. Çınlama Süresi, T	38
1.7.3.2. Erken Düşme Süresi, (EDT).....	45
1.7.3.3. Belirginlik, (D50)	46
1.7.3.4. Netlik, (C80).....	48
1.7.3.5. Konuşmanın İletimi Endeksi, (STI).....	49
1.7.3.6. Ses Basınç Düzeyi, (SPL).....	50
1.7.3.7. Merkez Zamanı (Ts)	50
1.7.3.8. Erken Yanal Enerji Oranı (LF80).....	51
1.7.3.9. Bas Oranı (BR)	51
1.7.3.10. Tiz Oranı (TR).....	52
1.8. Mekânların Akustik Niteliklerin Belirlenmesi	52
1.8.1. Yerinde Ölçüm Yöntemi.....	53

1.8.2.	Matematiksel Formüller.....	54
1.8.3.	Ölçekli Fiziksel Model Yöntemi	55
1.8.4.	Bilgisayar Simülasyonu Yöntemi	56
1.8.5.	Diğer Yöntemler	57
1.9.	İstatistiksel Analizler	58
1.9.1.	Korelasyon.....	58
1.9.2.	Regresyon Analizi	59
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	62
2.1.	Camilerin Tespiti	63
2.2.	Çalışma Kapsamında İncelenen Camiler ve Özellikleri	64
2.2.1.	Ortahisar Erdoğan Camii.....	66
2.1.3.	Ortahisar İçkale Camii	68
2.1.4.	Ortahisar Tavanlı Camii	70
2.1.5.	Ortahisar Hoca Halil Camii	72
2.1.6.	Keşap Uğurca Camii.....	74
2.1.7.	Akçaabat Dürbinar Camii	76
2.1.8.	Araklı Hacı Hasan Camii.....	78
2.1.9.	Arsin Atayurt Camii	80
2.1.10.	Tonya Karşular Camii.....	82
2.1.11.	Yomra Kohalı Camii.....	84
2.1.12.	Sürmene Karacakaya Camii	86
2.1.13.	Çayeli Caferpaşa Camii	88
2.1.14.	Ardeşen Pirinçlik Camii	90
2.1.15.	Giresun Çekek Camii.....	92
2.1.16.	Bulancak Ahmetli Camii	94
2.1.17.	Kelkit Ulu Camii.....	96
2.2.	Yerinde Yapılan Ölçümler.....	98
2.3.	Akustik Simülasyon.....	104
2.3.1.	Ön Simülasyon	105
2.3.2.	Validasyon	107
2.4.	Nihai Simülasyonlar	108
2.4.1.	Geometri Kabulleri	109
2.4.2.	Yüzey Malzemesi Kabulleri	111
2.4.3.	Kaynak ve Alıcı Noktaları Kabulleri	111

2.4.4.	Simülasyon ile İlgili Ayarlar	111
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	113
3.1.	Camilerin Geometrik Özelliklerinin Değerlendirilmesi	113
3.1.1.	Zemin ve Mahfil Boyutlarının İncelenmesi.....	114
3.1.2.	Duvarlar Üzerindeki Pencere Boşluklarının İncelenmesi.....	116
3.1.3.	Uzunluk ve Genişlik Oranlarının İncelenmesi	117
3.1.4.	Tavan Yükseklikleri ve Zemin Alanlarının Analizi	118
3.2.	Camilerin Akustik Performanslarının Değerlendirilmesi.....	120
3.2.1.	Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen T30 Değerleri.....	120
3.2.2.	Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen Bass ve Tiz Oranları	123
3.2.3.	Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen EDT Değerleri	124
3.2.4.	Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen T30 Değerlerinin EDT Değerlerine Oranları	126
3.2.5.	Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen D50 Değerleri	127
3.2.6.	Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen C80 Değerleri	129
3.2.7.	Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen LF80 Değerleri	131
3.2.8.	Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen SPL Değerleri	133
3.2.9.	Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen Ts Değerleri	135
3.2.10.	Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen STI Değerleri	137
3.3.	Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen Sesin Nesnel Parametre Değerlerinin İstatistikî Analizleri	138
3.3.1.	Yüzey Malzemelerinin T30 Parametresi Üzerindeki Etkisi	140
3.3.2.	Zemin ve Yanal Alanın T30 Parametresi Üzerindeki Etkisi	141
3.3.3.	Halı Yüzeyi ve Tavan Yüksekliğinin T30 Parametresi Üzerindeki Etkisi	142
3.3.4.	Zemin Alanı ve Tavan Yüksekliğinin T30 Parametresi Üzerindeki Etkisi	144
3.3.5.	Yüzey Malzemelerinin EDT Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	145
3.3.6.	Zemin ve Yanal Alanın EDT Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	146
3.3.7.	Zemin Alanı ve Tavan Yüksekliğinin EDT Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	147
3.3.8.	Yanal Alan ve Tavan Yüksekliğinin EDT Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	149
3.3.9.	Yüzey Malzemelerinin D50 Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	150
3.3.10.	Yanal Alanların D50 Parametresi Üzerindeki Etkisinin Analizi.....	151
3.3.11.	Sıva Yüzeyi ve Tavan Yüksekliğinin D50 Parametresi Üzerindeki Etkisi	153
3.3.12.	Yanal Alan ve Tavan Yüksekliğinin D50 Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	154
3.3.13.	Yüzey Malzemelerinin C80 Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	155

3.3.14.	Yanal Alanların C80 Parametresi Üzerindeki Etkisi	156
3.3.15.	Sıva Yüzeyi ve Tavan Yüksekliğinin C80 Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	158
3.3.16.	Yanal Alan ve Tavan Yüksekliğinin C80 Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	159
3.3.17.	Yüzey Malzemelerinin LF80 Parametresi Üzerindeki Etkisi	160
3.3.18.	Yanal Alanların LF80 Parametresi Üzerindeki Etkisi	161
3.3.19.	Halı Yüzeyi ve Tavan Yüksekliğinin LF80 Parametresi Üzerindeki Etkisi	162
3.3.20.	Zemin Alanı ve Tavan Yüksekliğinin LF80 parametresi Üzerindeki Etkisi	164
3.3.21.	Yüzey Malzemelerinin SPL Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	165
3.3.22.	Zemin Alanının SPL Parametresi Üzerindeki Etkisi	166
3.3.24.	Yanal Alan ve Tavan Yüksekliğinin SPL Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	169
3.3.25.	Yüzey Malzemelerinin Ts Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	170
3.3.26.	Zemin ve Yanal Alanın Ts Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	171
3.3.27.	Sıva Alanı ve Yüksekliğin Ts Parametresi Üzerindeki Etkisi	172
3.3.28.	Yanal Alan ve Yüksekliğin Ts Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	174
3.3.29.	Yüzey Malzemelerinin STI Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	175
3.3.30.	Yanal Alanların STI Parametresi Üzerindeki Etkisi.....	176
3.3.31.	Sıva Yüzeyi ve Tavan Yüksekliğinin STI Parametresi Üzerindeki Etkisi	177
3.3.32.	Yanal Alan ve Tavan Yüksekliğinin STI parametresi Üzerindeki Etkisi.....	178
3.3.33.	Hacim ve Tavan Yüksekliklerinin Sesin Nesnel Parametrelerine Etkileri	180
3.4.	Nesnel Parametre Değerlerinin Ana İbadet Mekânları İçerisindeki Dağılımları	180
3.4.1.	EDT Parametresi Değerlerinin Dağılımları	182
3.4.2.	D50 Parametresi Değerlerinin Dağılımları	183
3.4.3.	C80 Parametresi Değerlerinin Dağılımları	185
3.4.4.	SPL Parametresi Değerlerinin Dağılımları	186
3.4.5.	STI Parametresi Değerlerinin Dağılımları	187
3.4.6.	Ts Parametresi Değerlerinin Dağılımları.....	189
3.5.	Bağıntıların Seçilmesi ve Doğrulanması	190
3.5.2.	Ortalama Değerlerin Bağıntılarının Doğrulanması	193
3.5.2.1.	T30 Parametre Değerleri Bağıntılarının Doğrulanması.....	195
3.5.2.2.	EDT Parametre Değerleri Bağıntılarının Doğrulanması	195
3.5.2.3.	D50 Parametre Değerleri Bağıntılarının Doğrulanması	196
3.5.2.4.	C80 Parametre Değerleri Bağıntılarının Doğrulanması	197

3.5.2.5.	LF80 Parametre Değerleri Bağıntılarının Doğrulanması	197
3.5.2.6.	SPL Parametre Değerleri Bağıntılarının Doğrulanması	198
3.5.2.7.	Ts Parametre Değerleri Bağıntılarının Doğrulanması	199
3.5.2.8.	STI Parametre Değerleri Bağıntılarının Doğrulanması	199
3.5.3.	Bölgesel Sonuç Bağıntılarının Doğrulanması	200
3.5.3.1.	EDT Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağıntılarının Doğrulanması.....	201
3.5.3.2.	D50 Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağıntılarının Doğrulanması.....	201
3.5.3.3.	C80 Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağıntılarının Doğrulanması	202
3.5.3.4.	SPL Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağıntılarının Doğrulanması.....	202
3.5.3.5.	Ts Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağıntılarının Doğrulanması.....	203
3.5.3.6.	STI Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağıntılarının Doğrulanması.....	204
4.	SONUÇLAR.....	205
5.	ÖNERİLER.....	211
6.	KAYNAKLAR	214
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ DİKDÖRTGEN PLANLI CAMİLERİN
TASARIMINDA AKUSTİK PERFORMANSIN BELİRLENMESİ ÜZERİNE YENİ BİR
YAKLAŞIM

Barış İLBAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Mustafa KAVRAZ
2022, 223 Sayfa

Camilerde akustik performansın sağlanması, yapı fiziği alanındaki diğer konular gibi kullanım konforu açısından önemli bir etken olarak değerlendirilmektedir. Mekânlarda yüksek akustik performansı sağlamanın en pratik yolu tasarım aşamasında akustik performansın ön görülmesi ve tasarımların buna göre şekillendirilmesidir. Bundan dolayı çalışma kapsamında Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki dikdörtgen planlı, düz tavanlı cami tipi için, sesin nesnel parametreleri üzerinden akustik performansı ön görebilecek istatistiksel bir yaklaşım ortaya konulmuştur.

Tasarım aşamasındaki bir yapının akustik performansını ön görebilmenin yöntemlerinden birisi de mevcut yapılardan elde edilen veriler ve deneyimler üzerinden çıkarımlarda bulunmaktır. Bu çıkarımları sistematik biçimde gerçekleştirmek için istatistiksel analizler kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerin tutarlı olması için geometrik farklılıkların en aza indirilmesi amacıyla çalışma dikdörtgen planlı, ahşap kırma çatılı, düz tavanlı camilerle sınırlı tutulmuştur. Çalışma kapsamında öncelikle konu ile ilgili bilimsel literatür araştırılarak çalışmanın teorik altyapısı oluşturulmuştur. Daha sonra arşiv taramaları, literatür araştırması ve saha çalışmaları sonucunda Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan 16 cami örneği seçilerek incelenmiştir. Fiziksel ölçümlere dayalı ses yutma katsayıları ile camilerin akustik simülasyonları gerçekleştirilerek akustik performansları tespit edilip değerlendirilmiştir. Camilerin geometrik parametreleri ve iç yüzeylerini oluşturan malzemelerin yüzey alanları ile sesin nesnel parametre değerleri arasında regresyon analizleri gerçekleştirilerek istatistiksel bağıntılar elde edilmiştir. Ayrıca nesnel parametrelerin ortalama değerleri ve bölgesel değerleri arasında gerçekleştirilen regresyon analizleri ile de nesnel parametre değerlerinin mekân içerisindeki değişimlerini ön gören bağıntılar elde edilmiştir. Elde edilen bağıntılar, çalışma kapsamında incelenen camilerin ortak özellikleri üzerinden tasarlanan farklı büyüklüklerdeki 3 deneysel cami üzerinde denenmiştir. Deneysel tasarımların önerilen bağıntılar ile hesaplanan nesnel parametre değerleri, akustik simülasyonlar sonucu elde edilen değerlerle karşılaştırılarak bağıntıların geçerliliği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Akustik tasarım, cami, istatistik analiz, sesin nesnel parametreleri

PhD. Thesis

SUMMARY

A NEW APPROACH ON THE DETERMINATION OF THE ACOUSTIC
PERFORMANCE IN THE DESIGN OF RECTANGULAR PLANNED MOSQUES IN
THE EASTERN BLACK SEA REGION

Barış İLBAN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architecture Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Mustafa KAVRAZ
2022, 223 Pages

Providing acoustic performance in mosques is considered as an important factor in terms of usage comfort, like other subjects in the field of building physics. The most practical way to provide high acoustic performance in spaces is to foresee the acoustic performance at the design stage and to shape the designs accordingly. Therefore, within the scope of the study, a statistical approach to predict acoustic performance over the objective parameters of the sound has been put forward for the rectangular planned, flat ceilinged mosque type in the Eastern Black Sea Region.

One of the methods of predicting the acoustic performance of a building in the design phase is to make inferences from the data and experiences obtained from existing buildings. Statistical analyzes were used to make these inferences systematically. In order to keep the statistical analyzes consistent, the study was limited to rectangular planned mosques with wooden hipped roofs and flat ceilings in order to minimize geometrical differences. Within the scope of the study, first of all, the scientific literature on the subject was researched and the theoretical base of the study was established. Then, as a result of archive researches, literature research and field studies, 16 mosque samples in the Eastern Black Sea Region were selected and examined. Acoustic simulations of mosques were performed with sound absorption coefficients based on physical measurements, and their acoustic performances were determined and evaluated. Statistical correlations were obtained by performing regression analyzes between the geometric parameters of the mosques and the surface areas of the materials forming their inner surfaces, and the objective parameter values of the sound. In addition, with the regression analyzes carried out between the mean values and regional values of the objective parameters, relations that predict the changes of the objective parameter values in the space were obtained. The obtained relations were tested on 3 experimental mosques of different sizes, which were designed on the basis of the common features of the mosques examined in the study. The validity of the correlations was demonstrated by comparing the objective parameter values of the experimental designs, calculated with the proposed equations, with the values obtained as a result of acoustic simulations.

Key Words: Acoustic design, mosque, statistical analysis, objective parameters of sound

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Çalışmanın yöntem şeması.....	7
Şekil 2. Mekân içinde yer alan alıcı ve kaynak noktaları.....	9
Şekil 3. Mecid'i Kuba	14
Şekil 4. Mecid-i Nebevi.....	14
Şekil 5. Şam Emevi Camii.....	15
Şekil 6. Hatay'daki Habib-i Neccar Camii	16
Şekil 7. Kars'ta bulunan Menuçehr Camii	16
Şekil 8. Ayasofya Camii.....	17
Şekil 9. Sultan Ahmet Camii	18
Şekil 10. Nusretiye Camii.....	19
Şekil 11. Ortahisar Fatih Camii	20
Şekil 12. Trabzon Ayasofya Camii	20
Şekil 13. Trabzon Gülbahar Hatun Camii	21
Şekil 14. Ortahisar İçkale Camii	22
Şekil 15. Trabzon Çarşı Camii	23
Şekil 16. Kelkit Ulu Camii	24
Şekil 17. Tahtalı Camii, Ortahisar, Trabzon.....	25
Şekil 18. Bekdemir Çivisiz Camii, Kavak, Samsun	26
Şekil 19. Sarızade Mehmed Paşa Camii, Sivas	26
Şekil 20. Of Soğukpınar Camii	27
Şekil 21. Akçaabat Dürbinar Camii'nin restorasyon öncesi görünümü.....	28
Şekil 22. Turgutlu Dereköy Camii betonarme ilave kısmı.....	29
Şekil 23. Dikdörtgen düzlem şeklindeki mahfil biçimi.....	30
Şekil 24. Düz mahfil tipi örneği: Bulancak Ahmetli Camii	30
Şekil 25. "U" şeklindeki mahfil biçimi.....	31
Şekil 26. "U" tipi mahfil örneği: Çaykara Taşkıran Camii.....	31
Şekil 27. Dalgalı mahfil biçimi	32
Şekil 28. Dalgalı mahfil tipi örneği: Çayeli Caferpaşa Camii.....	32
Şekil 29. Geleneksel camilerde gizli kubbe uygulaması örneği.....	33
Şekil 30. Değişik nitelikteki ses kaynaklarının güçleri ve düzeyleri	36
Şekil 31. Sesin yüzeyden yansımaları ve yüzey tarafından yutulması.....	37

Şekil 32.	Farklı geometrideki yüzeylerde ses dalgalarının yansımaları	37
Şekil 33.	Alıcı noktaya doğrudan ve yansıyarak ulaşan sesler.....	38
Şekil 34.	Çınlama süresi grafiği	39
Şekil 35.	Kayılı'nın camiler için önerdiği orta frekanslardaki optimum çınlama süreleri.....	43
Şekil 36.	Camiler için optimum çınlama süreleri	44
Şekil 37.	Sönümlenme eğrileri: a: Doğrusal sönümlenme b. Sönümlenmenin erken aşamada hızlanması c. Sönümlenmenin geç aşamada hızlanması.	45
Şekil 38.	Belirginlik ile konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişki	47
Şekil 39.	STI ile konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişki grafiği	49
Şekil 40.	Hacim akustiği ölçüm sistemi	53
Şekil 41.	Ankara Kültür ve Kongre Merkezi Opera Salonunun 1:20 ölçekli modeli.....	56
Şekil 42.	ODEON 10.1 programının ara yüzü	61
Şekil 43.	Restorasyon öncesi caminin durumu.....	76
Şekil 44.	Araklı Hacı Hasan Camii'nin restorasyon öncesindeki dış ve iç görünümü	78
Şekil 45.	Yomra Kohalı Camii restorasyon öncesi dış ve iç görünümü.....	84
Şekil 46.	Ortahisar İçkale Camii fiziksel akustik ölçüm çalışmaları.....	100
Şekil 47.	Brüel-Kjaer Type 2734 seyyar amplifikatör	101
Şekil 48.	Ses kaynağının cami içindeki konumu.....	102
Şekil 49.	Camiler içerisine tanımlanacak ses kaynağı ve alıcı noktalarının konumları	103
Şekil 50.	Ortahisar İçkale Camii 3D modeli	105
Şekil 51.	Ortahisar İçkale Camii simülasyonu	107
Şekil 52.	Bulancak Ahmetli Camii minberi	110
Şekil 53.	Sürmene Karacakaya Camii minberi.....	110
Şekil 54.	Oranların belirlenmesinde referans alınan ölçüler	115
Şekil 55.	Camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen T30 değerleri	123
Şekil 56.	Camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen EDT değerleri.....	126
Şekil 57.	Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen D50 değerleri	129
Şekil 58.	Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen C80 değerleri.....	131

Şekil 59.	Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen LF80 değerleri.....	133
Şekil 60.	Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen SPL değerleri	135
Şekil 61.	Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen Ts değerleri	137
Şekil 62.	Tasarım 3'ün (DT3) simülasyon modeli	192



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	STI kategorilerinin değ er aralıkları	50
Tablo 2.	Aynı mekân için farklı yüzey malzemeleri uyguland ığı durumda formüller ve diğ er yöntemlerle elde edilen ç ınlama süreleri.....	55
Tablo 3.	Korelasyon katsayısının yorumlanması	59
Tablo 4.	Çalışma kapsamında incelenecek camiler ile camilerin konum, alan ve kapasiteleri	64
Tablo 5.	Örneklemdaki camilere ait geometrik veriler.....	65
Tablo 6.	Ortahisar Erdoğan Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	67
Tablo 7.	Ortahisar Erdoğan Camii'nin iç ve dış görünüşleri.....	67
Tablo 8.	Ortahisar İçkale Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	69
Tablo 9.	Ortahisar İçkale Camii'nin iç ve dış görünüşleri.....	69
Tablo 10.	Ortahisar Tavanlı Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	71
Tablo 11.	Ortahisar Tavanlı Camii'nin iç ve dış görünüşleri	71
Tablo 12.	Ortahisar Hoca Halil Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti.....	73
Tablo 13.	Ortahisar Hoca Halil Camii'nin iç ve dış görünüşleri	74
Tablo 14.	Keşap Uğurca Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	75
Tablo 15.	Keşap Uğurca Camii'nin iç ve dış görünüşleri.....	76
Tablo 16.	Akçaabat Dürbinar Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti.....	77
Tablo 17.	Ortahisar Dürbinar Camii'nin iç ve dış görünüşleri	78
Tablo 18.	Araklı Hacı Hasan Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	79
Tablo 19.	Araklı Hacı Hasan Camii'nin iç ve dış görünüşleri.....	80
Tablo 20.	Arsin Atayurt Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	81
Tablo 21.	Arsin Atayurt Camii'nin iç ve dış görünüşleri	81
Tablo 22.	Tonya Karşular Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	83
Tablo 23.	Tonya Karşular Camii'nin iç ve dış görünüşleri.....	84
Tablo 24.	Yomra Kohalı Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	85
Tablo 25.	Yomra Kohalı Camii'nin iç ve dış görünüşleri.....	86
Tablo 26.	Sürmene Karacakaya Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	87
Tablo 27.	Sürmene Karacakaya Camii'nin iç ve dış görünüşleri	88
Tablo 28.	Çayeli Caferpaşa Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti.....	89
Tablo 29.	Çayeli Caferpaşa Camii'nin iç ve dış görünüşleri	90

Tablo 30.	Ardeşen Pirinçlik Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	91
Tablo 31.	Ardeşen Pirinçlik Camii'nin iç ve dış görünüşleri	91
Tablo 32.	Giresun Çekek Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	93
Tablo 33.	Giresun Çekek Camii'nin iç ve dış görünüşleri.....	93
Tablo 34.	Bulancak Ahmetli Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti.....	95
Tablo 35.	Bulancak Ahmetli Camii'nin iç ve dış görünüşleri	95
Tablo 36.	Kelkit Ulu Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti	97
Tablo 37.	Kelkit Ulu Camii'nin iç ve dış görünüşleri.....	98
Tablo 38.	Aynı mekana ait iki farklı akustik simülasyon programı, matematiksel formüller ve fiziksel ölçüm sonucu elde edilen çınlama sürelerinin karşılaştırılması	99
Tablo 39.	Ses kaynağı ve alıcı	101
Tablo 40.	Fiziksel akustik ölçümlerde elde edilen çınlama süreleri.....	104
Tablo 41.	Ön simülasyonda yapılan malzeme kabulleri.....	106
Tablo 42.	Ortahisar İçkale Camii için elde edilen fiziksel ölçüm ve ön simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması	107
Tablo 43.	Modifiye ses yutma katsayıları	108
Tablo 44.	Camilere ait hacim, genişlik, uzunluk ve mahfil uzunluğu değerleri.....	115
Tablo 45.	Camilerin yanıl yüzey ve pencere alanları	117
Tablo 46.	Camilerin uzunluk ve genişlikleri	118
Tablo 47.	Camilerin zemin alanları ve tavan yükseklikleri.....	119
Tablo 48.	Çalışmak kapsamındaki camilerin geometrik verilerinin alt ve üst sınırları	120
Tablo 49.	Çalışma kapsamındaki camilerin hacimlerine göre optimum çınlama süresi değer aralıkları.	121
Tablo 50.	Örneklemdaki camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant aralığında elde edilen T30 değerleri	122
Tablo 51.	Örnekleme kapsamındaki camilerde elde edilen bas ve tiz oranları.....	124
Tablo 52.	Örneklemdaki camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen EDT değerleri	124
Tablo 53.	Örnekleme camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant aralığında elde edilen T30/EDT değerleri	127
Tablo 54.	Örnekleme camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen D50 değerleri	128
Tablo 55.	Örnekleme camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen C80 değerleri.....	130
Tablo 56.	Örnekleme camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen LF80 değerleri.....	132

Tablo 57.	Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen SPL değerleri	134
Tablo 58.	Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen Ts değerleri	136
Tablo 59.	Örneklem camilerde elde edilen STI değerleri ve değerlendirme kategorileri	137
Tablo 60.	Halı ve sıva miktarlarına göre T30 değerlerinin regresyon analizi değerleri.....	140
Tablo 61.	Regresyon analizi sonuçları	141
Tablo 62.	Zemin ve yanıl alanlara göre T30 değerlerinin regresyon analizi değerleri.....	141
Tablo 63.	Regresyon analizi sonuçları	142
Tablo 64.	Halı yüzeyleri ve tavan yüksekliğine göre T30 değerlerinin regresyon analizi değerleri	143
Tablo 65.	Regresyon analizinin verileri	143
Tablo 66.	Zemin alanı ve yüksekliğe göre T30 değerlerinin regresyon analizi değerleri.....	144
Tablo 67.	Regresyon analizi sonuçları	145
Tablo 68.	Halı ve sıva alanlarına göre EDT değerlerinin regresyon analizi değerleri.....	145
Tablo 69.	Regresyon analizi sonuçları	146
Tablo 70.	Zemin ve yanıl alanlara göre EDT değerlerinin regresyon analizi değerleri.....	146
Tablo 71.	Regresyon analizi sonuçları	147
Tablo 72.	Zemin alanı ve tavan yüksekliğine göre EDT değerlerinin regresyon analizi değerleri	148
Tablo 73.	Regresyon analizi sonuçları	148
Tablo 74.	Yanal alan ve tavan yüksekliğine göre EDT değerlerinin regresyon analizi değerleri	149
Tablo 75.	Regresyon analizi sonuçları	150
Tablo 76.	Sıva yüzeylere göre D50 değerlerinin regresyon analizi değerleri	150
Tablo 77.	Regresyon analizi sonuçları	151
Tablo 78.	Yanal alanlara göre D50 değerlerinin regresyon analizi değerleri.....	152
Tablo 79.	Regresyon analizi sonuçları	152
Tablo 80.	Sıva alanları ve tavan yüksekliğine göre D50 parametresinin regresyon analizi değerleri	153
Tablo 81.	Regresyon analizi sonuçları	154

Tablo 82.	Yanal alan ve tavan yüksekliğine göre D50 değerlerinin regresyon analizi değerleri	154
Tablo 83.	Regresyon analizi sonuçları	155
Tablo 84.	Sıva alanına göre C80 değerlerinin regresyon analizi değerleri	155
Tablo 85.	Regresyon analizi sonuçları	156
Tablo 86.	Yanal alanlara göre C80 değerlerinin regresyon analizi değerleri	157
Tablo 87.	Regresyon analizi sonuçları	157
Tablo 88.	Sıva alanları ve tavan yüksekliğine göre C80 değerlerinin regresyon analizi değerleri	158
Tablo 89.	Regresyon analizi sonuçları	159
Tablo 90.	Yanal alanlar ve tavan yüksekliğine göre C80 değerlerinin regresyon analizi değerleri	159
Tablo 91.	Regresyon analizi sonuçları	160
Tablo 92.	Sıva alanlarına göre LF80 değerlerinin regresyon analizi değerleri	160
Tablo 93.	Regresyon analizi sonuçları	161
Tablo 94.	Yanal alanlara göre LF80 değerlerinin regresyon analizi değerleri	162
Tablo 95.	Regresyon analizi sonuçları	162
Tablo 96.	Halı alanları ve tavan yüksekliğine göre LF80 değerlerinin regresyon analizi değerleri	163
Tablo 97.	Regresyon analizi sonuçları	163
Tablo 98.	Zemin alanı ve tavan yüksekliğine göre LF80 değerlerinin regresyon analizi değerleri	164
Tablo 99.	Regresyon analizi sonuçları	165
Tablo 100.	Halı alanlarına göre SPL değerlerinin regresyon analizi değerleri	165
Tablo 101.	Regresyon analizi sonuçları	166
Tablo 102.	Zemin alanına göre SPL değerlerinin regresyon analizi değerleri	166
Tablo 103.	Regresyon analizi sonuçları	167
Tablo 104.	Sıva alanları ve tavan yüksekliğine göre SPL değerlerinin regresyon analizi değerleri	168
Tablo 105.	Regresyon analizi sonuçları	168
Tablo 106.	Yanal alan ve tavan yüksekliğine göre SPL değerlerinin regresyon analizi değerleri	169
Tablo 107.	Regresyon analizi sonuçları	170
Tablo 108.	Halı ve Sıva alanlarına göre Ts değerlerinin regresyon analizi değerleri	170
Tablo 109.	Regresyon analizi sonuçları	171
Tablo 110.	Zemin ve yanal alanlara göre Ts değerlerinin regresyon analizi değerleri	172

Tablo 111.	Regresyon analizi sonuçları	172
Tablo 112.	Sıva alanı ve tavan yüksekliğine göre Ts değerlerinin regresyon analizi değerleri.....	173
Tablo 113.	Regresyon analizi sonuçları	173
Tablo 114.	Yanal alan ve yüksekliğe göre Ts değerlerinin regresyon analizi değerleri.....	174
Tablo 115.	Regresyon analizi sonuçları	175
Tablo 116.	Sıva alanlarına göre STI değerlerinin regresyon analizi değerleri	175
Tablo 117.	Regresyon analizi sonuçları	176
Tablo 118.	Yanal alanlara göre STI değerlerinin regresyon analizi değerleri.....	176
Tablo 119.	Regresyon analizi sonuçları	177
Tablo 120.	Sıva alanı ve tavan yüksekliğine göre STI değerlerinin regresyon analizi değerleri	178
Tablo 121.	Regresyon analizi sonuçları	178
Tablo 122.	Yanal alan ve tavan yüksekliğine göre STI değerlerinin regresyon analizi değerleri	179
Tablo 123.	Regresyon analizi sonuçları	179
Tablo 124.	Hacim ve tavan yüksekliğinin sesin nesnel parametreleri üzerindeki etkilerinin analizi.....	180
Tablo 125.	Alıcı noktalarının konumlarına göre EDT değerlerinin regresyon analizi verileri.....	182
Tablo 126.	Regresyon analizi çıktıları.....	183
Tablo 127.	Alıcı noktalarının konumlarına göre D50 değerlerinin regresyon analizi verileri.....	183
Tablo 128.	Regresyon analizi sonuçları	184
Tablo 129.	Alıcı noktalarının konumlarına göre C80 değerlerinin regresyon analizi verileri.....	185
Tablo 130.	Regresyon analizi sonuçları	186
Tablo 131.	Alıcı noktalarının konumlarına göre SPL değerlerinin regresyon analizi verileri.....	186
Tablo 132.	Regresyon analizi sonuçları	187
Tablo 133.	Alıcı noktalarının konumlarına göre STI değerlerinin regresyon analizi verileri	188
Tablo 134.	Regresyon analizi sonuçları	188
Tablo 135.	Alıcı noktalarının konumlarına göre Ts değerlerinin regresyon analizi verileri	189
Tablo 136.	Regresyon analizi sonuçları	190
Tablo 137.	DeneySEL tasarımların geometrik boyutları ve yüzey alanları	190

Tablo 138.	Tasarlanan camilerin 3D modelleri	191
Tablo 139.	Tasarlanan camilerin kişi kapasiteleri	191
Tablo 140.	Tasarlanan camilerin akustik simülasyonlarında elde edilen nesnel parametre değerleri ortalamaları	192
Tablo 141.	Önerilen ortalama değer bağıntıları.....	193
Tablo 142.	Ortalama T30 değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar	195
Tablo 143.	Ortalama EDT değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar.....	196
Tablo 144.	Ortalama D50 değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar.....	196
Tablo 145.	Ortalama C80 değerleri için elde edilen sonuçlar, bağıl sapmalar ve farklar	197
Tablo 146.	Ortalama LF80 değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar	198
Tablo 147.	Ortalama SPL değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar.....	198
Tablo 148.	Ortalama Ts değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar.....	199
Tablo 149.	Ortalama STI değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar.....	200
Tablo 150.	Bölgesel değerler için önerilen bağıntılar	200
Tablo 151.	Bölgesel EDT değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları	201
Tablo 152.	Bölgesel D50 değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları	202
Tablo 153.	Bölgesel C80 değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları	202
Tablo 154.	Bölgesel SPL değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları	203
Tablo 155.	Bölgesel Ts değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları	203
Tablo 156.	Bölgesel STI değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları	204

SEMBOLLER DİZİNİ

BR	:	Bas oranı
C8	:	Netlik
D50	:	Belirginlik
EDT	:	Erken düşme Süresi
L	:	Sesin şiddeti
LF80	:	Erken yanal enerji oranı
P	:	Sesin basıncı
R	:	Korelasyon katsayısı
R^2	:	Determinasyon katsayısı
RASTI	:	Hızlı STI
S	:	Yüzey alanı
Sn	:	Saniye
STI	:	Konuşmanın iletim endeksi
T	:	Çınlama süresi
TR	:	Tiz oranı
Ts	:	Merkez zamanı
V	:	Hacim
W	:	Watt
A	:	Ses yutma katsayısı
γ^2	:	Bağıl varyans
bs	:	Bağıl sapma

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

İslam dininin ibadet yapıları olan camilerin iç mekanlarında fiziksel çevre parametrelerinin optimum düzeyde elde edilmesi büyük önem taşımaktadır. Mekânsal ihtiyaçların yanında ısı, aydınlık düzeyi ve akustik performans gibi yapı fiziği ile ilgili şartların da ideal düzeylerde sağlanması, camilerin toplumsal işlevlerini en ideal koşullarda ve en iyi performansta yerine getirebilmeleri için önemli etkenlerdir. Camiler içerisinde gerçekleştirilen birçok faaliyetin yanında en önemli iki temel faaliyet vaaz ve namaz olarak ön plana çıkmaktadır. Camiler içerisinde verilen vaazların cami cemaati tarafından tam olarak anlaşılması, vaizin diksiyonu ve konuşma üslubu dışında caminin akustik performansı ile de yakından ilgilidir. Namaz başta olmak üzere çeşitli ibadet faaliyetlerinde gerçekleştirilen makamlı Kuran-ı Kerim okumalarının ibadet edenler tarafından işitsel olarak algılanmasında ve ibadet edenler üzerinde istenilen etkiyi oluşturmada mekânın akustik performansı çok büyük etkiye sahiptir.

Mekânların akustik performansları, mekânlarda gerçekleştirilen faaliyetler esnasında ortaya çıkan seslerin insan kulağında oluşturduğu etkilere dayanan bazı performans kriterlerine göre değerlendirilmektedir. Günümüzde en yaygın şekilde kullanılan performans kriterleri sesin nesnel parametreleri olarak adlandırılan fiziksel büyüklüklerdir. Farklı işlev, kapasite ve büyüklükteki mekanlar için farklı akustik performans kriterleri ve bu kriterlere ait niceliksel değerler bulunmaktadır. Sesin nesnel parametreleri ile akustik performansın tespiti, belirlenen mekanın özelliklerine göre istenen nesnel parametrelere ait optimum değerlerin mekan için tespit edilen (fiziksel ölçüm, simülasyon vb. yöntemler ile) değerlerle karşılaştırılması ile gerçekleştirilmektedir. Mevcut yapılarda akustik ölçüm ve değerlendirmeler sonrasında mekanın akustik performansı tespit edilebilmektedir. Akustik performansta tespit edilen olumsuzluklar iç mekanların yüzey malzemelerinde yapılacak değişikliklerle bir düzeye kadar telafi edilebilmektedir. Bazı durumlarda ise yüzey malzemelerinde yapılacak değişiklik yeterli olmamakta, yapısal değişikliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumlarda maliyetli tadilatlar yapmak ya da mekânı yetersiz akustik performansı ile kullanmak arasında seçim yapmak durumunda kalınmaktadır. Bu durumların önüne geçebilmek için mekânların tasarım aşamasında akustik performanslarının ön

görülmesi ve tasarımların akustik performanslar göz önünde bulundurularak şekillendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Mekânların akustik performanslarının tasarım aşamasında ön görülebilmesi için kullanılan bazı matematiksel formüller, ölçekli modeller (maketler) üzerinde yapılan fiziksel ölçümler, bilgisayar simülasyonu gibi yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler gerçekleştirilen bir tasarımın son hali elde edilene kadar akustik performans açısından test edilmesi ve ön görülen olumsuzlukları düzeltecek şekilde tasarımın modifiye edilerek testlerin, hedeflenen akustik performans elde edilinceye kadar deneme-yanılma şeklinde tekrarlanması biçiminde uygulanmaktadır.

Bilimsel literatürde, akustik performansın daha az deneme ile gerçekleştirilmesi ve tasarım sürecinin hızlandırılması için mekânların kullanım amaçları ve geometrilerine göre izlenmesi gereken bazı öneriler bulunmaktadır. Geçmişte yapılan uygulamalar ve deneysel çalışmalar sonucu oluşturulan ve tasarımcıya yardımcı olan bu öneriler tasarım kriterleri olarak adlandırılmaktadır. Bu kriterler tasarımların akustik performansı sağlayacak şekilde kabaca ortaya konulmasını ve daha çabuk nihai şekline ulaşmasını sağlayarak tasarım süreçlerini kolaylaştırıp hızlandırmakta ve yüksek akustik performansın elde edilmesine katkı sağlamaktadır.

Geçmişte inşa edilmiş birçok camide yapılan araştırmalar (Kayılı, 2005), yüzyıllar önce inşa edilmiş olan bu camilerin, yakın geçmişte ortaya atılan performans kriterlerini sağladıklarını göstermiştir. Bu camiler, akustik performansın tasarım aşamasında öngörülmesinde günümüzde kullanılan matematiksel formül, fiziksel model, sayısal model vb. yöntemlerin henüz var olmadığı dönemlerde inşa edilmiştir. Bu durum, tarihi camilerin inşa edilirken bazı kriterlere göre tasarlanmış olduğunu, fakat zaman içerisinde bu kriterlerin unutulduğunu düşündürmektedir. Özellikle Osmanlı döneminde camilerin inşa ve bakım faaliyetlerinden sorumlu olan Hassa Mimarları Ocağının lağvedilmesi (Ağaoğlu, 2018) ile birlikte tarihsel sürekliliğin kesilerek geçmişten gelen birçok deneyim, inşaat tekniği ve bilgi birikiminin bu dönemden itibaren kaybedilmiş olduğu ihtimalini artırmaktadır. Günümüzde ise, betonarme konstrüksiyonun yaygınlaştığı modern dönemin öncesinde inşa edilmiş olan geleneksel camilerde kullanılmış ve uygulanmış olan bazı birikim ve tecrübelerin, tarihi camiler üzerinde yapılacak araştırmalardan elde edilecek verilere göre tespit edilerek gün yüzüne çıkartılmaları gerekliliği doğmuştur. Bundan dolayı çalışma kapsamında, elde edilen kriterler belirlenecek, geçmişin tecrübelerinin ışığında geliştirilen tasarım kriterleri literatüre kazandırılarak yeni cami tasarımlarında mimarlara yardımcı olması sağlanacaktır. Bu tasarım kriterleri ile bu alanda yeni bir yöntem ortaya konularak ibadet yapılarındaki hacim

akustiği konusunda literatürün zenginleşmesine ve tasarımcılara farklı seçenekler sunulmasına katkı sağlanacaktır.

Ses algısı fiziksel ve biyolojik olmak üzere iki açıdan değerlendirilmektedir. Mekânların akustik performansının değerlendirilmesi için öncelikle sesin mekan içerisindeki fiziksel davranışlarının, ikinci olarak da insan kulağının ve beyninin sesi algılama biçiminin iyi bilinmesi gerekmektedir. Hacim akustiğinde sesin fiziksel yapısının tanımlanmasında, diğer birçok fiziksel eylemin aksine matematiksel formüller yeterli olmamakta ya da yeterli doğrulukta sonuç vermemektedir. Fricke'ye göre (2006) konser salonlarının akustiği matematiksel kesinlikte ortaya konan bir doğa biliminden ziyade işitsel algıya hitap eden bir sanattır (Fricke vd., 2006). Aynı fiziksel şartlarda bile farklı dinleyicilerin kulak hassasiyetleri, yaşları, dikkat düzeyleri, dikkat odakları hatta ruh halleri gibi sebeplere bağlı olarak farklı şekillerde işitsel algı gerçekleştirebilmektedir. Dinleyici algısı dışında kapalı mekanlar içerisinde ses alanının yapısı, mekanın farklı yüzeylerinden gelen ses yansımalarından dolayı oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir (Prawirasasra vd., 2016). Birçok değişkenin işin içine girdiği ve sonucu etkilediği böylesine karmaşık bir fiziksel olay matematiksel teorilerle tam olarak açıklanamamakta ve matematiksel kesinlikte öngörülememektedir. Bu durum sadece konser salonlarına özgü değildir ve içerisinde ses ile ilgili faaliyetlerin (konuşma, müzik, ibadet vb) gerçekleştirildiği bütün mekânlar için geçerli bir durumdur. Bu sebeple akustik alanında gerçekleştirilen birçok çalışma, belli bir tolerans payı çerçevesinde istatistiksel verilere dayanarak gerçekleştirilmektedir.

Akustik performansın ön görülmesinde kullanılan en temel parametrelerden birisi çınlama süresidir. Sabine'in ortaya koyduğu formüle göre kapalı bir mekânda çınlama süresi mekanın hacmi ile doğru, toplam yüzey alanı ve yüzeyleri oluşturan malzemelerin ses yutma katsayıları ile ters orantılıdır. Bu nedenle çınlama süresini istenilen değerlere getirmek için hacim, toplam yüzey ve yüzey malzemeleri üzerinde değişiklikler yapmak gerekmektedir. Mekânların hacimlerinin artması sesin mekân içerisinde izleyeceği yolu ve dolayısıyla gecikmeleri artıracakđı için çınlama süresi başta olmak üzere diğer nesnel parametre değerleri üzerinde etkili bir faktördür. Mekanın ses yutma kapasitesi, çınlama süresini ve dolayısıyla akustik performansı büyük ölçüde etkileyen diğer önemli faktördür (Akdağ vd., 2011). Birbirinden farklı ses yutma katsayılarına sahip malzemelerin mekân iç yüzeylerinde kapladıkları alanların miktarları, mekânın ses yutma kapasitesini belirlemektedir. Sesin mekân içerisindeki davranışını ve akustik performansı belirleyen önemli bir etken de mekânın geometrisidir. Mekânı oluşturan iç kabuğun şekli, yüzeylerdeki köşeler, kıvrımlar

ile oval yüzeyler, kolon ve duvar gibi engeller akustik performansı etkileyen diğer faktörlerdir. Bunların dışında mekânın içini dolduran havanın nem oranı, sıcaklık, yapısını oluşturan gazlar gibi etkenler de, diğer etkenler kadar olmasa da çınlama süresi ve dolayısıyla akustik performans üzerinde bir etkiye sahiptirler (Wenmaekers vd, 2014).

Mekânlardaki ses alanının araştırmasında kullanılan; dalga teorisi temelli yaklaşım, geometrik yaklaşım ve istatistiksel yaklaşım olarak ifade edilen üç temel yaklaşım bulunmaktadır (Poroşin ve Usik, 2018). Dalga teorisi sesin bir ortamda üç boyutlu dalgalar şeklinde yayıldığını kabul ederken geometrik yaklaşım sesin ortam içerisinde belli bir merkezden ortama saçılan doğrusal ışınlar şeklinde yayıldığını kabul etmektedir. İstatistiksel yaklaşım ise ses alanını teorik kabullere göre değil mevcut mekânlarda gerçekleştirilen deneylerden elde edilen verilere göre açıklamaktadır. Dalga teorisi ve geometrik yaklaşımlar belirli fiziksel kurallar çerçevesinde ses alanını teorik olarak değerlendirirken istatistik yöntem daha sonuç odaklıdır. Dalga ve geometrik teoriler özellikle bilgisayar simülasyonlarında mekânların akustik performans değerlendirilmelerinde kullanılmaktadır (Rindel, 2000). Diğer taraftan kapalı hacimlerdeki ses alanının oluşumunu birçok faktör etkilemektedir ve teorik yaklaşımlar bu faktörlerin tamamının akustik performansa etkisini tam olarak temsil edememektedir. Bu durumlarda istatistiksel yaklaşımla akustik performansın öngörülmesi daha yüksek doğrulukta sonuçlar verebilmektedir (Fricke vd., 2006). Camiler özelinde ele alınırsa, geçmişte inşa edilmiş camilerin geometrileri ve akustik performanslarının incelenmesi ile elde edilecek veriler ve bu verilere göre oluşturulacak ampirik formüller, yeni inşa edilecek camilerin erken tasarım aşamasında akustik performanslarının diğer yöntemlere göre daha pratik ve doğru bir şekilde öngörülebilmesini sağlayabilecektir.

Camilerin yapıları incelendiğinde farklı iklim şartları, kültür ve coğrafyalarda camilerin yapılarında geniş bir çeşitlilik görülmektedir. Büyüklük, kapasite, malzeme, üst örtü, geometri ve mimari gelenek açısından birçok farklı cami çeşidi bulunmaktadır. Camilerin akustik performanslarını ön görece ve bütün camileri kapsayacak standart bir istatistiksel yaklaşım geliştirmek mümkün olmamaktadır. Bu sebeple camiler geometri, büyüklük, malzeme gibi kriterlere göre kategorilere ayrılmalı ve her kategori için farklı bir istatistiksel yaklaşım geliştirilmelidir. Bu çalışma kapsamında da istatistiksel analizlerde daha tutarlı sonuçlar elde edebilmek için tek bir cami tipi üzerinde yoğunlaşmıştır. Dikdörtgen planlı, kağır duvarlı, kırma çatılı, düz ahşap tavanlı ve ahşap mahfil katı olan camiler, çalışmanın odağı olarak belirlenmiştir. Bu cami tipinin yaygın olarak bulunduğu

Doğu Karadeniz Bölgesindeki Trabzon, Rize, Giresun ve Gümüşhane illeri, çalışmanın alanı olarak belirlenmiştir.

1.2. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada problem belirlenip hipotez oluşturulduktan sonra çalışmanın ileri aşamaları ve izlenecek olan yol planlanmıştır. Bilimsel literatürde, benzer alanlarda daha önce gerçekleştirilen çalışmalardan da yararlanılarak ortaya konulan hipotezin doğrulanması için izlenecek yöntem oluşturulmuştur.

Yöntemin ilk aşamasında; bilimsel literatür araştırması ile, basın ve kurumsal arşivlerde araştırmalar yapılarak, Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan camilerin belirlenmesi sağlanmıştır. Ayrıca, resmi kurumların arşivlerinden de camiler hakkında genel bilgiler ile yakın dönemde restore edilmiş camilerin rölöve çizimlerine ulaşılmıştır.

İkinci aşamada; belirlenen camiler içerisinde istenilen nitelikteki (dikdörtgen planlı, kırma çatılı, ahşap ve düz tavanlı, düz mahfilli, yığma konstrüksiyon) camiler belirlenmiştir. Belirlenen camiler içerisinden geometri, ulaşım, orijinal mimariye uyum ve bilgilerine erişim gibi kriterlere göre, istatistiksel analizler için yeterli sayıda bir örneklem oluşturulmuştur.

Üçüncü aşamada; çalışma kapsamındaki örneklem için belirlenen camilerde yerinde gözlem ve geometrik ölçümlerin yapıldığı saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu saha çalışmalarında camilere ait genel bilgilerin toplanması, yapısal durumlarının tespiti, iç yüzeyleri oluşturan malzemelerin belirlenmesi ve rölövesi olmayan camilerin ölçülerinin elde edilmesi sağlanmıştır.

Dördüncü aşamada; elde edilen verilere ve arşivlerden elde edilen rölöve çizimlerine göre bilgisayar ortamında camilere ait 3D sayısal modeller oluşturulmuş, gözlemler sonucu belirlenen farklı iç yüzey malzemeleri bu modellerde farklı katmanlar halinde tanımlanmıştır.

Beşinci aşamada; belirlenen örneklemdeki camilerin ortak özelliklerini en iyi temsil eden ve yakın dönemde restorasyondan geçmiş olan, yüzey malzemeleri nispeten yeni ve ses yutma özelliklerinin katalog değerlerine yakın olduğu bir referans cami belirlenmiştir.

Altıncı aşamada; belirlenen referans camide fiziksel akustik ölçümler yapılmıştır. Aynı caminin 3D sayısal modelinde de akustik ön simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Literatürden belirlenen, camilerin iç yüzeylerinin özelliklerine en yakın özelliklerdeki yüzey malzemeleri, ön simülasyon malzemeleri olarak tanımlanmıştır.

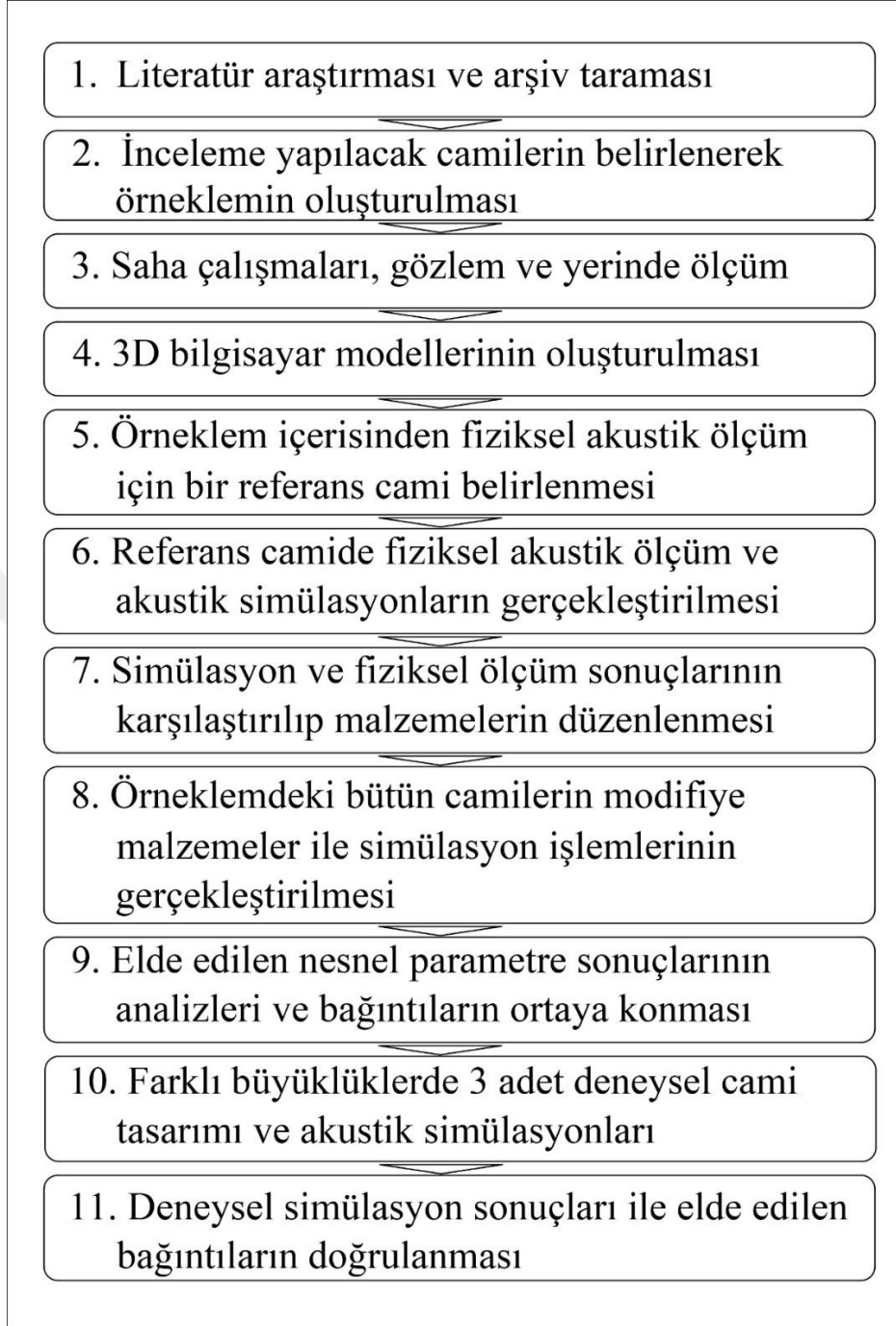
Yedinci aşamada; ön simülasyon sonucu elde edilen T30 değerleri ile fiziksel ölçümde elde edilen T30 değerleri karşılaştırılmış ve altı oktav band frekans için aradaki farklar oranında modifiye yapılarak simülasyonun fiziksel ölçüm ile yakın sonuçlar vermesi sağlanmıştır. Bu işlem sonucu elde edilen modifiye edilmiş ses yutma katsayılarına sahip olan iç yüzey malzemeleri modifiye malzemeler olarak belirlenmiştir.

Sekizinci aşamada; örneklemdaki bütün camilerin akustik simülasyonları, modifiye malzemeler yüzeylere tanımlanarak gerçekleştirilmiş ve belirlenen nesnel parametrelere ait sonuçlar elde edilmiştir.

Dokuzuncu aşamada; simülasyonlar neticesinde elde edilen nesnel parametre sonuçları değerlendirilmiş, belirlenen malzeme yüzey alanları, geometrik değişkenler ve alıcı noktalarının konumlarına göre istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir.

Onuncu aşamada; örneklemdaki camilerin özelliklerini yansıtan farklı büyüklüklerde 3 adet cami tasarlanıp 3D modelleri oluşturulmuş, modifiye malzemelerle akustik simülasyonları gerçekleştirilmiştir.

On birinci aşamada; deneysel camiler için istatistiksel analizlerde elde edilen bağıntılar ile nesnel parametre değerleri hesaplanmış, bu değerler akustik simülasyon ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak bağıntıların doğruluk düzeyleri kontrol edilmiştir (Şekil 1).



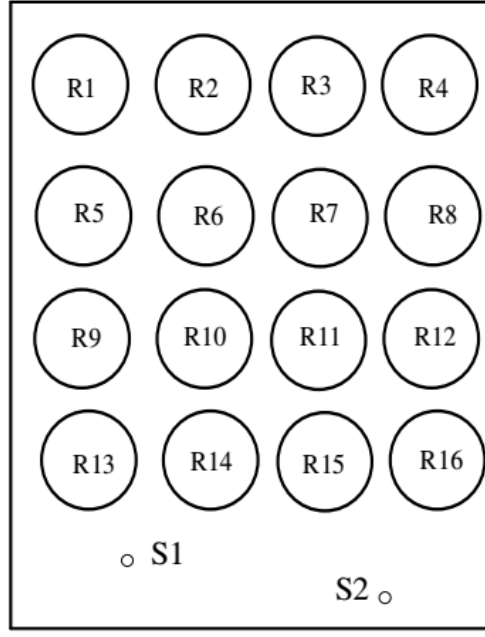
Şekil 1. Çalışmanın yöntem şeması

1.3. Literatür Araştırması

Bilimsel literatürde farklı tipteki mekanların akustik performanslarının ön görülmesi ve camilerin akustik nitelikleri üzerine ulusal ve uluslararası düzeyde gerçekleştirilen bir çok araştırma yer almaktadır. Ülkemizde bu alanlarda yapılan ilk çalışmalardan biri Bayazıt'ın

(1999) dikdörtgen kesitli konser salonları üzerine gerçekleştirdiği doktora tezidir. Çalışma kapsamında, bilimsel literatürdeki farklı kaynaklarda akustik performansı iyi olarak kabul edilen dikdörtgen biçimindeki konser salonları incelenmiş, bu salonların genel karakteristik özelliklerini yansıtacak şekilde 27 adet deneysel salon tasarlanarak bilgisayar simülasyonu ile akustik nitelikleri tespit edilmiştir. Simülasyon sonuçları regresyon analizleri ile incelenerek kapasite, en, boy, yükseklik gibi geometrik değişkenler ve bunların birbirlerine oranları vb. parametrelerin; çınlama süresi, EDT, C80 vb. sesin nesnel parametreleri üzerindeki etkileri istatistiksel analizler ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucu seyirci alanına göre hacim, seyirci alanına göre uzunluk, uzunluğa göre hacim/yükseklik ve uzunluğa göre yükseklik/genişlik oranlarını veren istatistiksel denklemler ortaya konulmuştur. Yine bilimsel literatürde akustik performansı bilinen çalışmalarından referans alınan konser salonlarının nesnel parametre sonuçları ile aynı salonların istatistiksel bağıntılarla hesaplanan sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu şekilde tasarımcıların geometrik değişkenleri erken tasarım aşamasında daha pratik şekilde belirlemeleri için bir öneri halinde ortaya konulmuştur.

Bu alanda yapılan diğer bir çalışma Öziş'in (2007) dikdörtgen kesitli konser salonlarında Sabine Formülü modifikasyonu ile sesin nesnel parametre değerlerini tasarım aşamasında öngörmek için kullanılacak formüller önerdiği doktora tezidir. Çalışma kapsamında, deneysel olarak tasarlanan altı salonda dört sıra halinde alıcı noktaları yerleştirilerek (Şekil 2) T60, T30, T20 ve EDT değerleri ölçülmüş, alıcı noktanın salon içerisindeki konum değişiminin bu dört parametrenin sonuçları üzerindeki etkileri regresyon analizi ile incelenmiştir. Regresyon analizi sonuçları ile alıcı noktanın bulunduğu konuma göre yaptığı Sabine Formülü modifikasyonu ile alıcı nokta üzerinde bu dört parametrenin sonuçlarını öngörebilecek istatistiksel formüller ortaya konulmuştur.



Şekil 2. Mekân içinde yer alan alıcı ve kaynak noktaları (Öziş, 2007)

Bu alanda gerçekleştirilen diğer bir çalışma Türkmen (2013) tarafından yapılan, dört farklı faaliyet modunun aynı salon içerisinde gerçekleştirilebileceğini gösterdiği çalışmadır. Çalışma kapsamında, her biri için optimum nesnel parametre değerleri farklı olan dört ayrı etkinlik türünün (tiyatro, konser, opera, konferans) aynı mekan içinde gerçekleştirilebildiği çok amaçlı bir salon tasarlanmıştır. Değişken yutucu yüzeyler, ilave hacimler gibi teknikler kullanarak salon içerisinde çınlama süresi başta olmak üzere sesin nesnel parametre değerlerinin faaliyet moduna göre değiştirilebildiği bu salonda, her faaliyet modunda, yapılan bilgisayar simülasyonu ile bütün nesnel parametreler için optimum değer aralıklarında sonuçları elde edebilmiştir.

Zhang (2005), Kuttruff formülü ile çınlama süresinin tespit edilmesinde kullanılan γ^2 değerini elde etmek için bir yöntem geliştirmiştir. Kuttruff formülünde γ^2 değeri yani hacmin içerisindeki serbest yolların varyansının ortalama serbest yol uzunluğuna oranı ile elde edilen sayı, çınlama süresinin belirlenmesinde bir değişken olarak formüle dahil edilmiştir. γ^2 değeri, bir hacmin içerisindeki sonsuz sayıda olan fakat hesaplama kolaylığı açısından belli bir sayıda kabul edilen serbest yol uzunluklarının varyansının ortalama serbest yol uzunluğuna bölünmesi ile edilmektedir. Bu serbest yol uzunlukları bilgisayar simülasyonu ile binlerce serbest yol uzunluğunun varyans ve ortalaması ise istatistik programları ile hesaplanabilmektedir. Çalışma kapsamında dikdörtgen, prizma, silindir gibi temel

şekillerden yola çıkılarak temel salon tiplerinin (kare planlı, üzüm bağı, fan tipi) boyutlarındaki değişime bağlı olarak γ^2 değerlerinin değişimini regresyon analizleri ile incelemiştir. Gerçekleştirilen regresyon analizleri sonucunda bu salon tiplerinin boyutlarına göre γ^2 değerlerini yaklaşık olarak hesaplayan ve Kuttruff formülünde kullanılarak çınlama sürelerinin ön görülmesini sağlayan istatistiki bağıntılar önermiştir.

Elkhateeb vd. (2016) hazırladıkları çalışmada cami tasarımlarında kullanılmak üzere yeterli miktarda tasarım kriteri olmadığını belirtmişlerdir. Cami tasarımları için kriter belirlemek amacıyla yapılan ve Suudi Arabistan devleti tarafından finanse edilen bir araştırma projesi kapsamında çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Suudi Arabistan'ın Cidde şehrinde bulunan 27 adet örnek cami seçilmiş ve incelenmiştir. Küçük, orta ve büyük mescitler olarak sınıflandırılan cami tiplerinin her birini temsil edecek şekilde seçilen bu 27 camide akustik ölçümler gerçekleştirilmiş ve camilerde kullanılan halıların ses yutuculuk özellikleri laboratuvar deneyleri ile tespit edilmiştir. Ayrıca dinleyici grupları ile çınlama algısı ve konuşmanın anlaşılabilirliği üzerine öznel değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada laboratuvar deneyleri sonucunda halılardaki ses yutuculuğunun ilmik yoğunluğunun artmasıyla arttığı tespit edilmiştir. Akustik ölçüm ve öznel değerlendirmeler sonucunda ise, literatürde camiler için orta frekanslarda en uygun çınlama sürelerinin Kayılı'nın (2005) önerisi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca camilerin hacimlerine göre pratik bir şekilde optimum çınlama süresini hesaplayabilmek için $Tom=0,822 V0,1080$ bağıntısını önermişlerdir.

Bilimsel literatürde camilerin geometrilerinin akustik performans üzerine etkisini inceleyen çalışmalardan biri de Kavraz'ın (2014) camilerde farklı kubbe geometrisinin akustik performansa etkisini araştırdığı çalışmasıdır. Çalışma kapsamında Trabzon'da bulunan Boztepe Osmanlı Camii'nin kubbesi farklı geometrik formlarda tasarlanmış ve mekan akustiğine olan etkisi bilgisayar simülasyon yöntemi ile elde edilen sesin nesnel parametre değerleri aracılığıyla değerlendirilmiştir. Çalışmada seçilen kubbe formlarının mekanın genel akustik performansı üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Abdou (2003) ise farklı cami geometrilerinin akustik performansa etkilerini incelemiş ve dikdörtgen formun akustik performans açısından en uygun cami formu olduğu sonucuna varmıştır.

Yaman ve Sağıroğlu (2020) yaptıkları çalışmada Osmanlı camilerindeki akustik performansı değerlendirmişlerdir. Geleneksel inşaat malzeme ve teknikleri ile akustik

performansın sağlanmasına yönelik yaptıkları çalışmada, literatürde yapılan incelemeleri referans olarak değerlendirmeler gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında, daha önceden akustik performansları fiziksel akustik ölçüm yöntemi ile ölçülen İstanbul Süleymaniye ve Manisa Sultan (Mesir) Camilerinin; yapıları, geometrileri, iç düzenlemeleri, yapımlarında kullanılan malzemeler ve akustik performansları üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlendirmelerde Osmanlı döneminde cami tasarımlarında akustik performansa önem verildiği, geleneksel malzeme ve tekniklerle, yapıldıkları dönemin teknolojisinin el verdiği ölçüde akustik performans kriterlerini sağlandıkları sonucuna varılmıştır. Akustik performansa verilen önemin özellikle Mimar Sinan sonrasında daha fazla ön plana çıktığı belirtilen çalışmada Osmanlı camilerinin görsel ihtişamın yanında akustik performansları ile de etkileyici yönleri vurgulanmıştır.

Tuna, vd. (2021), düşük kapasiteli mahalle mescitlerinin akustik performansları üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında, Konya'da Selçuklu döneminden kalan küçük ölçekli mahalle mescitlerinden Hoca Hasan Mescidi ve Taş Mescidinin akustik performansları sesin nesnel parametreleri üzerinden bilgisayar simülasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Mescitlerin akustik performansları T30, EDT, D50, C50, C80 ve STI parametreleri üzerinden ortaya konulmuştur. Camilerde elde edilen nesnel parametre sonuçları irdelenerek akustik performanslarındaki benzerlikler ve farklılıklar belirlenmiş, geometri ve malzeme farklılıklarının akustik performans üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Sukaj, vd. (2021), gerçekleştirdikleri çalışmada, Arnavutluk'ta bulunan Osmanlı döneminde inşa edilmiş camilerde fiziksel akustik ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında; Elbasan şehrinde bulunan Nazire Camii, Berat şehrinde bulunan Ahmet Bey Camii, Kavalye şehrinde bulunan Kubbeli Camii, Tiran şehrinde bulunan Edhem Bey Camii ve İşkodra şehrinde bulunan Kurşunlu Camii seçilmiştir. Camilerin geometrik yapılarının betimlendiği çalışmada akustik performanslar, gerçekleştirilen fiziksel akustik ölçümler ile elde edilen EDT, T20, C50, D50 ve STI parametreleri üzerinden değerlendirilmiştir. Camilerdeki faaliyetlerin konuşma ağırlıklı olduğu belirtilen çalışmada konuşmanın anlaşılabilirliği üzerine olan parametrelere ağırlık verilmiştir. Çalışmanın sonucunda D50 değerlerinin yetersiz düzeylerde olduğu tespit edilmiştir (D50 optimum değerleri %50 üzeri kabul edilmiştir). Konuşmaların anlaşılabilirliğinin artırılması için, tarihi eser niteliğindeki bu camilerin orijinal mimari özelliklerini bozmayacak şekilde akustik düzenlemeler önerilmiştir.

Sari ve Zulfian (2020), Endonezya'nın Banda Aceh şehrinde bulunan Beytürrahman Camii'nin akustik performansını değerlendirmişlerdir. Camide fiziksel gürültü ölçümlerinin gerçekleştirilmesinden sonra elde edilen gürültü düzeyi değerleri ile birlikte akustik performans, caminin sayısal modeli üzerinden bilgisayar simülasyon yöntemi ile tespit edilmiştir. Sesin nesnel parametrelerinden SPL-A, T30 ve RASTI parametrelerinin kullanıldığı değerlendirmelerde yüksek T30, yüksek gürültü ve düşük RASTI değerleri elde edilmiş, caminin akustik performansının genel olarak zayıf olduğu ve konuşmaların anlaşılabilirliğinde sorunlar olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmanın sonunda iç yüzeylerde yansımaların azaltılması için yutuculuğu daha yüksek olan malzemeler ile düzenleme yapıp çınlamanın düşürülerek anlaşılabilirliğin artırılması önerilmiştir.

Kişi başına düşen iç mekan hacmi gibi bir çok tasarım kriteri ortaya koyulmuşken iç mekan yüzeylerinde kullanılan malzemeler ile ilgili detaylı bir çalışma literatürde bulunmamaktadır.

İncelenen çalışmalar doğrultusunda çalışmanın önemi özetlenecek olursa:

1. Performans salonlarının farklı tipleri (dikdörtgen, at nalı, üzüm bağı vs. salon tipleri) hakkında literatürde detaylı çalışmalar bulunmaktadır. Farklı mimari tiplerdeki kiliseler için de (Katolik, Ortodoks, Protestan kiliseleri ve bunların farklı tipleri) literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Camiler üzerine gerçekleştirilen çalışmaların çoğunlukla kubbeli camilere yoğunlaştığı ve bunların durum tespitine yönelik çalışmalar oldukları görülmektedir. Akustik alanında, en ideal ve en eski cami formu olan dikdörtgen planlı ve düz tavanlı camiler için yapılan çalışmalar sınırlı kalmaktadır.
2. Cami tasarımları sürecinde kullanılabilecek tasarım kriterleri, performans salonlarına göre oldukça azdır ve bilimsel literatür incelendiğinde yeterince detaylı olarak ortaya konulmadığı görülmektedir. Dikdörtgen planlı ve düz tavanlı camiler için istatistiksel veriler üzerine kurulu ve detaylı tasarım kriterleri bulunmamaktadır. Dikdörtgen planlı ve düz tavanlı camiler için tasarımcılara, hedefledikleri düzeyde akustik performans sağlayan camiler elde etmelerine yardımcı olacak tasarım kriterlerinin ve yöntemlerin ortaya konması önem taşımaktadır.

Ayrıca geçmişte, modern dönem öncesi malzeme ve tekniklerle inşa edilmiş geleneksel camilerin incelenmesi, bu camilerin inşa süreçlerinde takip edildiği düşünülen kriterlerin ortaya çıkarılması ya da bu camilerde akustik olarak başarılı olan geometrik ve

matematiksel verilerin tespit edilmesi, geçmişte var olan fakat günümüzde unutulmuş olduğu düşünülen tasarım kriterlerinin ortaya çıkarılması açısından önem taşımaktadır.

Bilimsel literatürdeki bu durum göz önüne alınarak camilerin akustik performansına yönelik bir çalışma ortaya konulmuştur. Çalışmanın özgün değer açısından bilimsel literatüre sunacağı iki önemli katkı bulunmaktadır. Çalışma kapsamında dikdörtgen planlı, kırma çatılı, düz tavanlı cami tipi için ayrıntılı bir durum tespiti yapıp bu cami tipinin akustik performanslarının örneklem üzerinden tespit edilmesi, bilimsel literatürde önemli bir eksikliği giderecek ve ileri süreçteki çalışmalar için önemli bir referans olacaktır. Diğer taraftan gerçekleştirilen istatistiksel analizler sonucu senin nesnel parametrelerinin bölgesel ve genel ortalama değerlerini ön görecektir formüller elde edilmesi, benzer tipteki camilerin tasarımlarında tasarımcılara önemli bir kolaylık sağlayacaktır.

1.4. Tarihi Süreçte Cami Tasarım Yaklaşımları

Camiler, İslam dininin ibadet yapıları olmakla beraber geçmişten günümüze İslam toplumlarının sosyal ve kültürel faaliyet alanları, toplumsal yaşamın merkezi durumunda, gündelik yaşamın önemli bir unsuru olarak öne çıkmaktadır. İbadet faaliyetleri dışında toplanma, sohbet, eğitim ve kültür mekânları olarak İslam toplumlarında önemli bir yer edinmişlerdir. İslam ibadethanelerini tanımlamak için cami ve mescid ifadeleri kullanılmaktadır. Cami kelimesi klasik İslam kültüründe cuma namazlarının kılındığı, toplu ibadetlerin yapıldığı şehir ölçeğindeki büyük ibadethaneleri belirtirken mescid kelimesi daha çok gündelik ibadetlerin yapıldığı, daha düşük kapasitedeki mahalle ve köy ölçeğindeki ibadethaneleri ifade etmektedir (Akın, 2016). Cami kelimesi Arapçada toplamak anlamındaki “cem” kökünden türemekte ve toplayan yer anlamına gelmektedir. Mescid kelimesi ise “secde” kelimesinden türemekte ve “secde edilen yer” anlamına gelmektedir (Önkal ve Bozkurt, 1993).

Geçmişte inşa edilen ilk İslam ibadethaneleri Mekke ve Medine arasında bulunan ve hicret sırasında yapılan Mescid-i Kuba (Çalık, 2015) (Şekil 3) ve Hicrette Medine’ye ulaşıldıktan sonra inşa edilen Mescid-i Nebevi’dir (Apak, 2022) (Şekil 4).



Şekil 3. Mecid'i Kuba (URL 1, 2022)



Şekil 4. Mecid-i Nebevi (URL 2, 2022)

Hız. Peygamber döneminde basit yapılarda, üzeri hurma dalları ile örtülü kerpiç duvarlar şeklinde olan (Akın, 2016) camilerde zaman içerisinde İslam toplumlarında coğrafya, devlet yönetimi, kültür ve sosyal hayatta ortaya çıkan gelişmeler ile değişimler gerçekleşmiştir. İslam inancının yayılması sonucu İslam toplumuna farklı kültürlerden

katılan insanların getirdikleri kültürel birikimler ile yeni ortaya çıkan toplumsal ihtiyaçlar gibi sebepler cami yapılarının mimarilerinde değişimlere yol açmıştır. Devletin sınırlarının büyümesi ile Emevi hilafeti döneminde İslam Devleti'nin küresel bir imparatorluk ve medeniyet merkezi haline gelmesi sonrasında devletin bir güç gösterisi ve ihtişam vurgusu olarak büyük ölçekli ve devasa kütleli camiler inşa edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Şam Emevi Camii (URL 3, 2022)

Camilerin iç mekanları genel olarak harim adı verilen bir ana ibadet salonu, cuma vaazlarının okunduğu minber, imamın cemaatin en önünde namaz kıldırıldığı, caminin kible duvarında bulunan mihraptan oluşmaktadır. Camilerin dışında ezan okunan minare neredeyse bütün camilerin ortak bileşenlerindendir. Bunların dışında camilerin büyüklüğüne ve yüklendiği işlevlere göre mahfil katı, müezzin mahfili, sultan mahfili, son cemaat yeri, ilave ibadet alanları gibi bileşenler de görülmektedir.

Ülkemizde cami mimarisinin geçmişi, Selçuklu ve daha öncesi dört halife dönemine kadar uzanmaktadır. Türkiye sınırları içerisinde bilinen en eski cami Hatay ilinde bulunan, ilk olarak 7. yüzyılda Hz. Ömer döneminde inşa edilmiş olan Habib-i Neccar Camii'dir (URL 4, 2022) (Şekil 6).



Şekil 6. Hatay'daki Habib-i Neccar Camii (URL 4, 2022)

Ülkemiz sınırlarında inşa edilen ve orijinal yapısını günümüze kadar koruyabilmiş en eski cami ise Kars ilinde, tarihi Ani kentinde bulunan, Selçuklu sultanı Melikşah döneminde, 1072-1092 yılları arasında inşa edilmiş olan Manučeher Camii'dir (URL5, 2022) (Şekil 7).



Şekil 7. Kars'ta bulunan Menučeher Camii (URL 5, 2022)

Ülkemiz sınırlarında Selçuklu Devleti ve Beylikler döneminde cami mimarisi diğer İslam ülkeleri ile paralel olarak şekillenmiş ve yerel mimarinin etkisiyle sınırlı farklılıklar

göstermiştir. Bu dönemlerdeki camiler genellikle büyük açıklıkların yer almadığı, iç mekânın çok sayıda taşıyıcı sütun ve ayaklarla bölündüğü tasarım yaklaşımıyla inşa edilmişlerdir. 14. Yüzyılda anıtsal camilerin inşası ile özgün cami tasarımları gelişmeye başlamıştır (Benian, 2011).

İstanbul'un fethi cami mimarisi açısından bir dönüm noktası olmuştur. Osmanlı Devletinin imparatorluk haline gelmesi ve Roma mirası, anıtsal cami tasarımlarının ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Ayasofya'nın (Şekil 8) camiye çevrilmesi ve anıtsal cami tasarımları için bir model oluşturması, Osmanlı mimarlarını Ayasofya'dan daha geniş kubbe açıklığına ulaşma çabasına itmiştir (Eker, 2016).



Şekil 8. Ayasofya Camii (URL6, 2022)

İstanbul'un fethinden, batılılaşmanın mimarideki ilk etkilerinin görülmeye başlandığı Lale Devri'ne kadar geçen bu dönem Osmanlı Mimarisinin klasik dönemi olarak adlandırılmaktadır (Özarslan vd., 2013). Bu dönemde Mimar Sinan, Sedefkâr Mehmet Ağa gibi mimarlar tarafından birçok anıtsal cami ve düşük kapasiteli mescitler inşa edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Sultan Ahmet Camii (URL 7, 2022)

Lale devrinden itibaren Osmanlı mimarisinde batılılaşmanın etkileri ortaya çıkmış, camilerde batı mimari akımlarının etkileri görülmeye başlamıştır. Yeniçeri ocağı ile birlikte Hassa mimarları ocağının kaldırılması sonucu inşaat konusundaki bilgi birikiminin yok olması, hassa mimarlarının boşluğunu Avrupa ülkelerinde eğitim görmüş mimarların doldurması gibi nedenlerin bu süreçte etkili olduğu düşünülmektedir. Balyan ailesi gibi gayrimüslüm mimarların eserleri bu dönemde ön plana çıkmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Nusretiye Camii (URL 8, 2022)

Geleneksel mimaride taş, kerpiç ve ahşap gibi yapı malzemelerinden inşa edilen camilerin üstü tonoz, kubbe ya da kırma çatı ile örtülmüştür. Günümüzde inşaat malzeme ve tekniklerinde ortaya çıkan gelişmeler neticesinde modern dönemde farklı tasarımlar, plan tipleri ve çatı örtüleri ortaya çıkmıştır.

1.5. Doğu Karadeniz Bölgesi Camileri

Osmanlı döneminde gerçekleştirilen fetihlerle birlikte Müslüman nüfusun Doğu Karadeniz Bölgesine yerleşmesi sonucu cami yapıları inşa edilmeye başlanmıştır. İlk dönemlerde Müslüman nüfusun ibadethane ihtiyacı, mevcut kilise yapılarının camiye dönüştürülmesi ile karşılanmıştır. Kiliseden dönüştürülen camilerin en önemli örnekleri, aynı zamanda Trabzon'un ilk İslam ibadethanesi olduğu düşünülen, fetih sonrası camiye çevrilmiş ilk kilise olan Fatih Camii (Şekil 11) ve daha sonraki yıllarda camiye dönüştürülmüş Ayasofya Camii'dir (Şekil 12).



Şekil 11. Ortahisar Fatih Camii (URL 9, 2022)



Şekil 12. Trabzon Ayasofya Camii (URL 10, 2022)

Fetih sonrası dönemde kiliseden dönüştürülen camiler dışında yeni camiler de inşa edilmiştir. Bu dönemde inşa edilen merkezi ve yüksek kapasiteli camiler başkentten gelen devlet adamları ve hanedan üyeleri tarafından inşa edildikleri için yerel mimariden çok Osmanlı klasik dönem mimarisinin özelliklerini yansıtmaktadır. İstanbul, Bursa, Edirne ve Manisa gibi devletin diğer şehirlerinde inşa edilmiş camiler ile benzer mimari üsluba ve özelliklere sahip olan bu camilerin en önemli örneklerinden biri Yavuz Sultan Selim tarafından 1514 yılında annesi için yaptırılan Gülbahar Hatun Camii'dir (URL 11, 2022), (Şekil 13).



Şekil 13. Trabzon Gülbahar Hatun Camii (URL 11, 2022)

Zaman içerisinde mahalle ve köylerde müslüman nüfusun artmasıyla birlikte, merkezi camiler dışında, günlük ibadetlerin daha pratik bir şekilde, daha kısa mesafelerde karşılanması amacıyla mahalle ve köy mescitleri de inşa edilmeye başlanmıştır. Taş ve ahşap malzeme konusunda zengin yerel kaynaklar ve yetenekli ustalar sayesinde Doğu Karadeniz Bölgesi, zengin mimari geleneğe sahip bir coğrafya olmuştur (Tuluk ve Kazaz, 2016). Buna paralel olarak ahşap veya yığma taş konstrüksiyonla inşa edilen mescitler, Osmanlı mimarisinin klasik dönemi boyunca Doğu Karadeniz Bölgesi mahalle ve köylerinde yaygınlaşarak, yerel mimariyi oluşturan temel etkenler olan iklim, yapı malzemeleri ve

sosyal yapının da (Çalık ve Konak, 2021) etkisiyle Doğu Karadeniz geleneksel cami mimarisini oluşturmuştur. Bu camilerin mimari tasarım yaklaşımları geleneksel konut mimarisi paralelinde şekillenmiştir (Biber ve Açıcı, 2021). Yığma taş konstrüksiyon olanları genellikle üzerleri dört omuz kırma çatı ile kapatılmış, çatı iç yüzeyinde dıştan görünmeyen bağdadi bir gizli kubbe olan ya da tamamen düz bir tavandan oluşan, mahfil katı, vaaz kürsüsü, tavanı, minberi, kapı ve pencereleri ahşaptan olan bir yapıda inşa edilmişlerdir (Sarı, 2021). En eski örneklerinden birisi, tez çalışması kapsamında örnekleme dahil edilen, 1470 yılında inşa edilmiş olan Ortahisar İçkale Camii'dir (Şekil 14).



Şekil 14. Ortahisar İçkale Camii (Kişisel arşiv, 2017)

Osmanlı mimarisinde klasik dönem sonrası batılılaşma hareketlerinin yoğunlaştığı 19. yy ve sonrası dönemde Trabzon'da inşa edilen camilerde de batılılaşmanın ve batılı mimari akımların etkileri görülmektedir. Geleneksel cami mimarisinde bu etkiler sınırlıyken yüksek kapasiteli merkezi camilerde daha barizdir. Bu dönemde inşa edilmiş merkezi camilerin en

önemli örneklerinden birisi, 1839-1840 yıllarında Hazinedarzade Osman Paşa tarafından yaptırılmış olan Trabzon Çarşı Camii'dir (URL 12, 2022), (Şekil 15).



Şekil 15. Trabzon Çarşı Camii (URL 12, 2022)

Bu dönemde düşük kapasiteli mahalle ve köy camilerinin inşaları genel olarak klasik dönem mimari etkisi ile devam etmiştir. Bunun yanında birçok örnekte batılılaşmanın izleri de görülmektedir. Mahalle ve köy mescitlerinde görülen dikdörtgen planlı ve ahşap çatılı yığma konstrüksiyon ile yüksek kapasiteli merkez camilerin de inşa edildiği örnekler bu dönemde göze çarpmaktadır (Şekil 16).



Şekil 16. Kelkit Ulu Camii (Kişisel arşiv, 2017)

1.6. Dikdörtgen Planlı ve Kıрма Çatılı Camiler

Camilerde kubbe formu, sesin bir noktada odaklanması gibi akustik sorunlara sebep olmaktadır. İslam tarihi boyunca cami tasarımlarında kullanılan en yaygın formlardan biri olmasına karşın bu form, içbükey eğrilik sebebi ile akustik tasarım açısından camiler için en uyumsuz formlardan biridir (İsmail, 2012). Kubbe formunun yol açtığı bu gibi olumsuzlukları ortadan kaldırabilmek için geçmişte Mimar Sinan tarafından camilerin kubbelerinde bazı önlemler aldığı bilinmektedir (Sü ve Çalışkan, 2013; Kavraz, 2017). Düz tavanlı dikdörtgen form ise, akustik performans açısından cami tasarımında kullanılacak en ideal formlardan biri olarak değerlendirilmektedir (Eldien, 2014). Farklı amaçlar için tasarlanan birçok yapıda kullanılan dikdörtgen form mimari tasarımların en temel ve en basit planlama tipini oluşturmaktadır.

Cami kavramı dikkate alındığında birçok insanın aklına kubbeli yapılar gelse de İslam Dini inancının ilk yıllarından beri birçok ibadethane dikdörtgen planlı ve kubbesiz olarak inşa edilmiştir. İslam Dininin kiblesi olan Kâbe ve ilk camilerinden olan Mescid-i Nebevi dikdörtgen planlara sahiptir (URL 13, 2019). Geçmiş yüzyıllarda ve günümüzde özellikle

düşük kapasiteli, küçük hacimli mescitlerin inşasında dikdörtgen plan ve kırma çatı sıkça kullanılmaktadır. Bu camilerde desteksiz uzun açıklıkların geçilmesini sağlayan kubbe, tonoz gibi elemanlar bulunmamaktadır. Basit inşaat malzemeleri ve teknikleriyle inşa edilebilmesi, ekonomik oluşu, özel inşa teknikleri gerektirmemesi gibi sebepler bu tasarım tipinin cami inşaatlarında yaygın şekilde kullanılmasını sağlamıştır. Bu binaların ahşap tavanlı olarak Anadolu coğrafyasında Selçuklu döneminden beri kullanıldığı bilinmektedir (Koçyiğit, 2019). Geleneksel inşaat teknikleri ile çok büyük açıklıkların geçilmesine imkân vermeyen dikdörtgen hacim kurgusu, daha çok küçük boyutlardaki mahalle ve köy mescitlerinin tasarımında öne çıkmaktadır. Yığma (Şekil 17) ve ahşap (Şekil 18) konstrüksiyon olarak inşa edilmiş bir çok örneklerine Doğu Karadeniz Bölgesindeki köy ve mahallelerde sıkça rastlanılmaktadır.



Şekil 17. Tahtalı Camii, Ortahisar, Trabzon (Kişisel arşiv, 2017)



Şekil 18. Bekdemir Çivisiz Camii, Kavak, Samsun (URL14, 2022)

Doğu Karadeniz Bölgesinde iklimsel koşullardan dolayı pek görülmesi de, ülkemizin farklı bölgelerinde ve İslam coğrafyasının farklı ülkelerinde, özellikle kuru ve sıcak iklimlerde bu cami mimarisinin kerpiç malzemeden inşa edilmiş örneklerine de rastlanmaktadır (Şekil 19).



Şekil 19. Sarızade Mehmed Paşa Camii, Sivas (Boyacıoğlu, 2012)

Günümüzde yapılan birçok yeni cami tasarımlarında dikdörtgen planlı ve düz çatılı cami tipi esas alınmakta ve bu tip camilerin geleneksel geometrisi modern teknikler ve malzemeler ile kurgulanmaktadır. Son dönemlerde betonarme konstrüksiyon ile geleneksel forma uygun şekilde tasarlanmış örnekleri de inşa edilmektedir. Tavanları ve mahfilleri betonarme olan bu camilerin çatıları, geleneksel mimariye uygun olması açısından çoğunlukla ahşaptan kırma biçiminde yapılmaktadır. Çağdaş örneklerde, hacimleri genelde küçük olan bu camilerin iç mekânlarında orta frekanslardaki çınlama sürelerinin artırılması, alçak frekanslardaki çınlama sürelerinin düşürülmesi ve bu şekilde akustik performanslarının bir miktar iyileştirilebilmesi amacıyla günümüz teknoloji ve malzemelerinden faydalanılmaktadır. Geleneksel yapılarından farklı olarak tavanlarında delikli metal levha ve tüm iç duvarlarını kaplayan fayans yüzeyler ile sıkça karşılaşmaktadır. Resimde bütün yan yüzeyleri fayans ile kaplı camilere örnek olarak Of Soğukpınar Camii yer almaktadır (Şekil 20).



Şekil 20. Of Soğukpınar Camii (Kişisel arşiv, 2017)

Modern ve geleneksel malzemelerin bir arada kullanıldığı hibrit örneklere de rastlanmaktadır. Geçmiş yüzyıllarda geleneksel malzemeler ile inşa edilmiş camilerin özellikle tavan ve mahfil gibi ahşap kısımlarında zaman içerisinde hasarlar oluşmaktadır. Oluşan hasarların tamir edilmesi yerine, tamamen sökülüp modern malzemeler ile

değiştirilmesi sonucu bu hibrit yapı örnekleri ortaya çıkmıştır. Bu camilerin inşasında kullanılan malzemeler içerisinde en hızlı bozulan ahşap malzemedir. Geçmişte yapılan bazı tadilatlarda çürümüş, yanmış ya da farklı şekillerde zarar görmüş ahşap kısımların aslına uygun şekilde tamir edilmesi yerine bu bileşenlerin tamamen sökülerek betonarme olarak yeniden yapılması tercih edilmiştir. Mahfil ve çatının beton, duvarların taş malzemedan inşa edildiği bu yapıların bazıları orijinal mimarilerine benzer olmakla birlikte, kubbe (Şekil 21) ve ilave mekân (Şekil 22) gibi bileşenler eklenerek orijinal formunun bozulduğu örnekler de yer almaktadır. Son dönemlerde gerçekleştirilen restorasyon çalışmalarının bir çoğunda sonradan eklenen betonarme bileşenler sökülüp orijinal ahşap ile yeniden inşa edilmekte, orijinal mimaride bulunmayan bileşenler tamamen kaldırılarak camiler geleneksel mimari formlarına en yakın hale getirilmektedir.

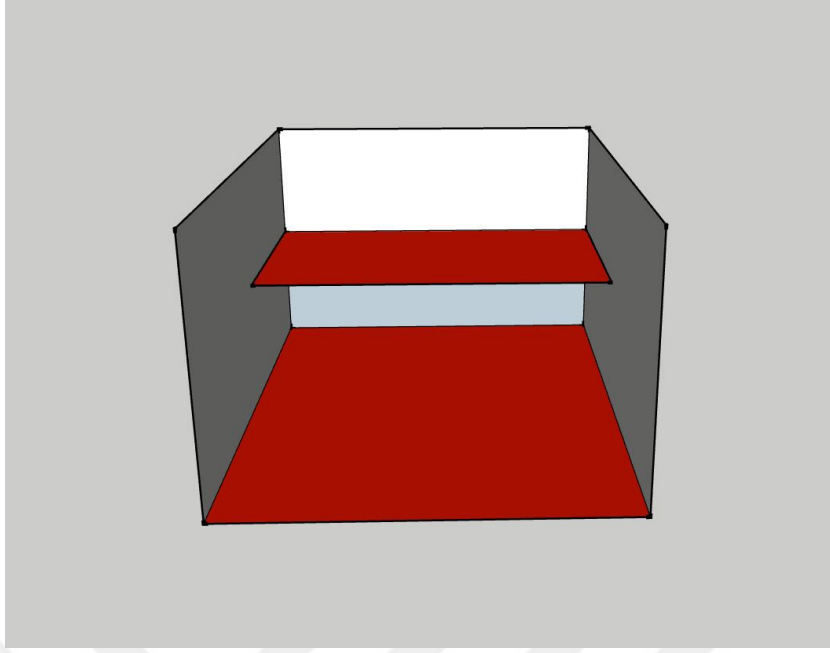


Şekil 21. Akçaabat Dürbina Camii'nin restorasyon öncesi görünümü (Çalık vd., 2016b)



Şekil 22. Turgutlu Dereköy Camii betonarme ilave kısmı

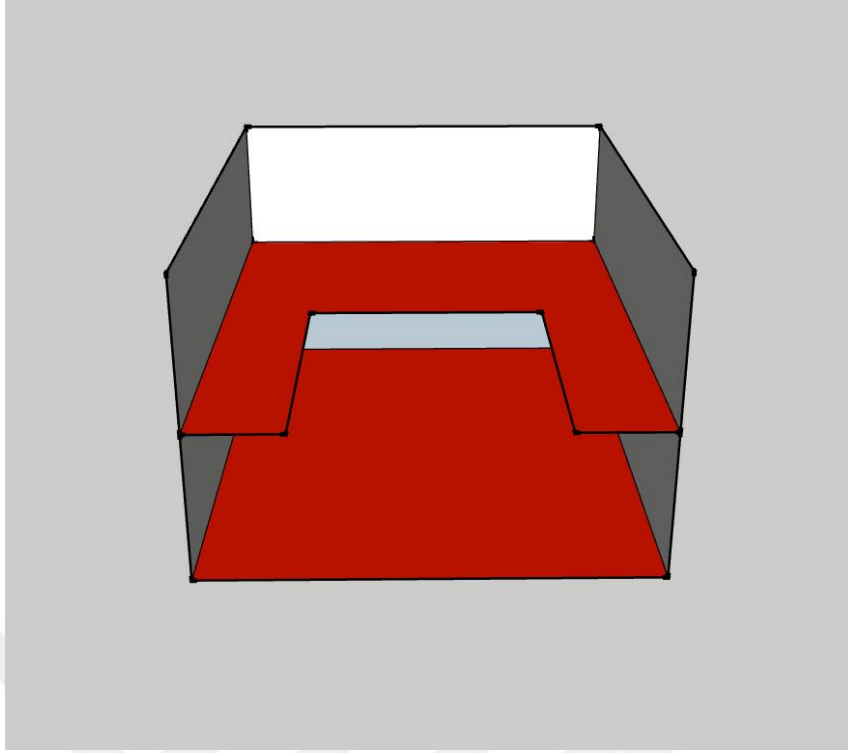
İç mekânları dikdörtgenler prizması şeklinde olan bu camilerde çoğunlukla mahfil katı bulunmaktadır. Bazı camilerde bu mahfil katı kadınların ibadet faaliyetleri için, bazılarında ise genel cemaat için ilave ibadet alanı olarak kullanılmaktadır. Mahfil katlarının çoğuna erişim ana ibadet mekanından bir merdiven ile sağlanmakta iken, bu katları özellikle kadınlara ayrılan camilerde dışarıdan ayrı girişi bulunan örneklerine de rastlanmaktadır. Mahfil katları, ana ibadet mekanının arka kısmında dikdörtgen bir düzlem, ya da “U” biçiminde ana ibadet mekanını kuşatan bir galeri katı şeklinde tasarlanmaktadır (Şekil 23-26). Gerçekleştirilen ön araştırmada dikdörtgen mahfil tipinin daha çok kâgir konstrüksiyonlu camilerde, “U” tipi mahfilin ise daha çok ahşap konstrüksiyonlu camilerde kullanıldığı görülmüştür.



Şekil 23. Dikdörtgen düzlem şeklindeki mahfil biçimi



Şekil 24. Düz mahfil tipi örneği: Bulancak Ahmetli Camii (Kişisel arşiv, 2017)

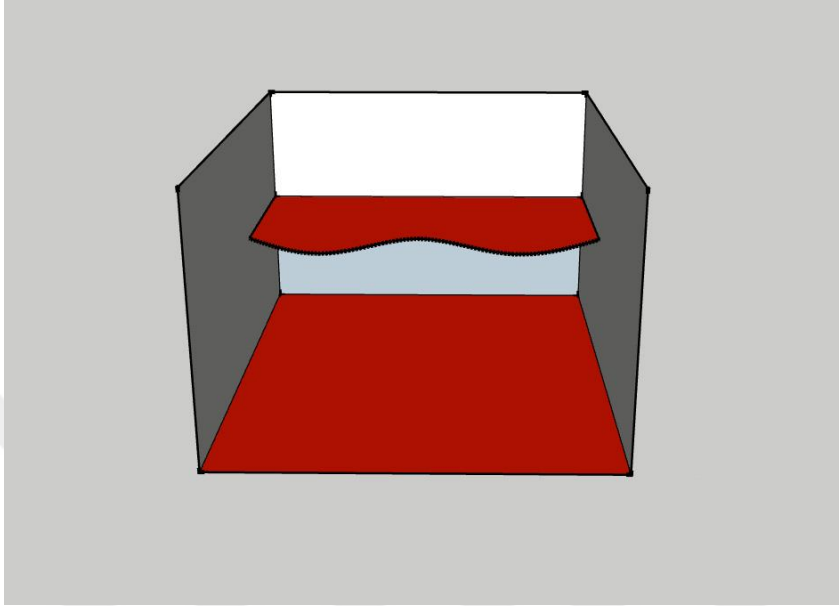


Şekil 25. "U" şeklindeki mahfil biçimi



Şekil 26. "U" tipi mahfil örneği: Çaykara Taşkıran Camii (Kişisel arşiv, 2017)

Ayrıca düz mahfilli camilerde, mahfilin ön kısmına dekoratif olarak dalgalı bir hareket verildiği, “dalgalı mahfil” olarak tanımlanabilecek tasarımların bulunduğu örneklere de rastlanılmaktadır (Şekil 27, 28).

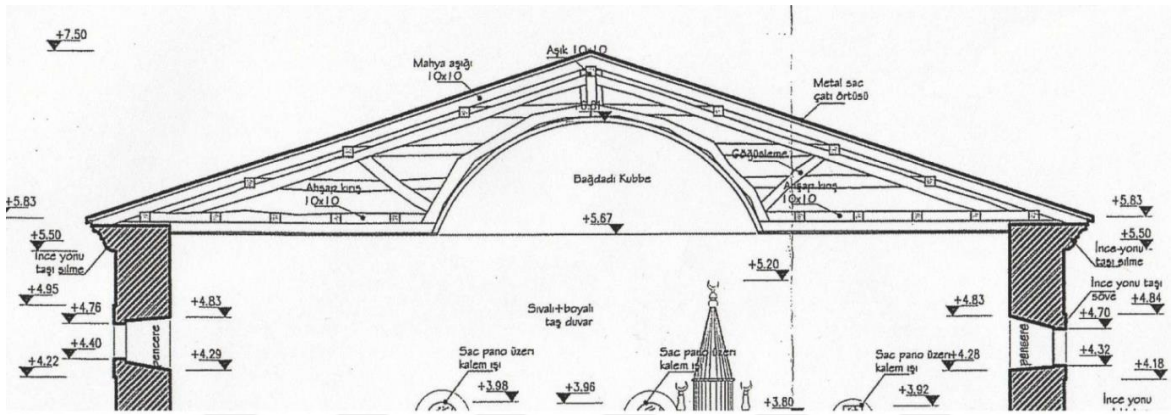


Şekil 27. Dalgalı mahfil biçimi



Şekil 28. Dalgalı mahfil tipi örneği: Çayeli Caferpaşa Camii (Kişisel arşiv, 2017)

Tipolojik olarak tavanları genellikle düz olan bu camilerin bazılarında caminin dışından görülmeyen, çatı konstrüksiyonu içerisine yerleştirilmiş sembolik amaçlı gizli kubbe ya da kubbeyi anımsatan dekoratif girintiler bulunmaktadır (Şekil 29). Bu camilerin boyutları ve geçilen açıklıklar açısından kubbe yapısal bir gereklilik değildir. Kubbenin camilerde dini bir zorunluluğu olmamasına rağmen kubbeye atfedilen anlam ile insanlar üzerinde oluşturduğu görsel ve psikolojik etki sebebiyle bazı geleneksel ve modern camilerde dekoratif amaçlı olarak kullanılmıştır.



Şekil 29. Geleneksel camilerde gizli kubbe uygulaması örneği (Şahin, 2013)

Çalışma kapsamında geometrik çeşitliliğin azaltılması ve istatistiksel analizlerinde tutarlılık sağlanması açısından sadece düz tavanlı ahşap camiler ile tavanlarındaki dekorasyonlar akustik performansı etkilemeyecek ve ihmal edilebilir düzeyde olan camiler incelenecektir. Bu farklı dekoratif öğelerin akustik performans üzerindeki etkileri ayrı bir araştırma konusudur.

1.7. Akustik Bilimi

Akustik ile ilgili ilk bilimsel çalışmaların antik çağda Pisagor ve Aristo tarafından gerçekleştirildiği bilinmektedir. Modern dönemlerde akustik alanındaki en önemli gelişmelerden birisi Newton'un (1642-1727) ses hızını tanımlaması olmuştur. Rayleigh'in Ses Teorisi (Theory of Sound) ile akustik, teorik fizikten ayrılarak yeni bir bilim dalı olarak ortaya çıkmış ve gün geçtikçe önemi daha da önem taşımıştır (Eröz, 2013). Denizcilikte su altındaki cisimleri tespit eden sonar sistemlerinde, tıpta vücut içerisindeki yapıları cerrahi

müdahale olmadan gözlemlene gerçekleştiren ve bazı hastalıkların daha kolay şekilde teşhis edilmesini sağlayan ultrason yönteminde, jeolojide yer altındaki oluşumları kazı ya da sondaj yapılmadan inceleyen sistemlerde akustik biliminin teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca inşaat uygulamalarında ses sinyalleri ile büyük beton kütlelerinin iç yapılarının incelenerek bütünlüğün bozulmadan standartlara uygunluğun test edilmesinde ve daha bir çok bilimsel ve teknik araştırmalarda akustik biliminin teknikleri kullanılmaktadır. Akustiğin en önemli alanlarından birisi de sesin davranışlarını göz önüne alarak yapıların tasarlanmasını ve işitsel konfora sahip yapılar üretilmesini amaçlayan mimari akustiktir. Mimari akustik, gürültü kontrolü ve hacim akustiği olarak iki alt dala ayrılmaktadır.

Mimaride gürültü kontrolü; binalarda, istenmeyen, hoş gitmeyen, insanda olumsuz etki yapan ses olarak tanımlanan (Ekinci, 2008) gürültü ile ilgili konuları kapsamaktadır. Özellikle günümüzde modern yaşam tarzının getirdiği makineleşme, sanayi devrimi öncesinde insan hayatında bulunmayan motorlu taşıtlar, klimalar, elektrikli ev eşyaları gibi birçok etken de gürültü kaynaklarını insan hayatına sokmuştur. Bu kaynaklardan gelen gürültülerin yaşam alanlarında mümkün olduğunca azaltılarak insan konforuna, psikolojisine ve sağlığına olan olumsuz etkilerinin asgari düzeylere indirilmesi gürültü kontrolü alanının temel çalışma ve araştırma konusudur. Hacim akustiği ise, özellikle işlevlerinde ses faaliyetlerinin ağırlıklı olduğu konser, sahne performansları, ibadet, konferans, eğitim gibi faaliyetlerin gerçekleştiği mekânlarda sesin dinleyiciler tarafından algısını araştırmakta ve işitsel konforun artırılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu yapılarda gerçekleştirilen faaliyetlerin işitsel olarak kullanıcılar tarafından, gerçekleştirilen faaliyetlerin amacına en uygun şekilde algılanması (konuşmanın en anlaşılır biçimde, müziğin kulağa en hoş gelecek şekilde, ses seviyesinin yeterli düzeyde algılanması vs.) hacim akustiği dalındaki çalışmaların ana konusunu oluşturmaktadır.

Modern anlamda hacim akustiği ile ilgili ilk çalışmalar Alman fizikçi Hermann Von Helmholtz ve Amerikalı fizikçi Wallace Clement Sabine tarafından gerçekleştirilmiştir (Long, 2006). Günümüze kadar farklı bilim insanlarınca gerçekleştirilen çalışmalar sonucu hacim akustiği alanı genişlemiş ve mekânların akustik performans kriterleri ile akustik performansın elde edilmesini kolaylaştıracak, tasarım aşamasında ön görülmesini sağlayacak farklı yöntemler geliştirilmiştir. Günümüzde hacim akustiği, mimarlığın önemli bir uzmanlık alanını oluşturmaktadır.

1.7.1. Ses Kavramı

Ses, işitsel algı sınırları kapsamında yer alan frekanslardaki ses dalgalarının kulak tarafından algılanması olayıdır (Demirkale, 2007). Karabiber (1991)'e göre ses; insan kulağında işitsel duygulanma uyandıran maddesel ortam titreşimleri (maddesel ortamdaki basınç değişiklikleri) olarak ifade edilmektedir. Bir ses kaynağı tarafından üretilen maddesel titreşimler, ortamdaki maddenin (hava, su vb) moleküllerini titreştirmekte ve ortamda bulunan ses alıcıya (insan kulağı, mikrofon) ulaşmaktadır. Sesler insan kulağı tarafından, birbirinden ayırt edilmelerini sağlayan fiziksel büyüklüklere göre tanınmaktadır. Sesin özgün niteliklerini tanımlayan en temel fiziksel büyüklükler sesin hızı, frekansı, gücü, şiddeti, basıncı ve düzeyidir.

Kulakta ses algısını oluşturan maddesel ortam titreşimleri periyodik olarak tekrarlanan bir olaydır. Bu titreşimin 1 saniyelik zaman aralığı içerisindeki yinelenme sayısı sesin frekansı olarak adlandırılmaktadır. “f” ile ifade edilen frekansın birimi Hertz'dir (Hz) (Karabiber, 1991). İnsan kulağı farklı ses kaynaklarından gelen sesleri frekanslarına göre ayırt etmektedir. Sesin frekansı azaldıkça ses kalın, arttıkça da ince olarak algılanmaktadır. 20 Hz ile 20000 Hz frekans aralığındaki sesler insan kulağı tarafından algılanabilmekte, bu aralığın altında ya da üstünde kalan sesler ise insan kulağı tarafından algılanamamaktadır (URL15, 2022). Farklı canlılar tarafından algılanan ses frekansı aralıkları farklı olabilmektedir.

Kaynağından çıkan ses dalgaları alıcıya belli bir hızda ulaşmaktadır. Ortamı oluşturan maddenin niteliklerine bağlı olarak ses dalgalarının ortamdaki yayılma hızı da değişmektedir. Yoğunluğu yüksek ve katı maddelerde bu hız yüksek iken maddenin yoğunluğu azalıp sıvı ve gaz forma doğru gidildikçe ortam içerisindeki sesin yayılma hızı azalmaktadır. Normal şartlar altında sesin havadaki hızı 344 m/sn'dir (Ermann, 2015). Hacim akustiği alanında yapılan çalışmalarda ses hızı ifadesi ile sesin havadaki hızı kastedilmektedir.

Ses gücü bir ses kaynağından belli bir zaman aralığında ortama verilen toplam ses enerjisi olup birimi watt'tır (W) (Abdülrahimov, 2005). Farklı ses kaynakları tarafından oluşturulan ses güçleri ve düzeyleri aşağıdaki şekilde yer almaktadır (Şekil 30).

Güç (Watt)	Güç düzeyi (dB ve 10^{12} W)		
10^8	200	Uzay roketi	$(5 \times 10^7 \text{ W})$
10^6	180		
10^4	160	Jet uçağı	$(5 \times 10^4 \text{ W})$
10^2	140	Büyük orkestra	(10 W)
10^0	120		(1 W)
10^{-2}	100	Bağırarak konuşma	(10^{-2} W)
10^{-4}	80	Normal konuşma	$(20 \times 10^6 \text{ W})$
10^{-6}	60		
10^{-8}	40	Fısıltı	(10^{-9} W)
10^{-10}	20		
10^{-12}	0		

Şekil 30. Değişik nitelikteki ses kaynaklarının güçleri ve düzeyleri (Karabiber,1991)

Sesin basıncı, ses kaynağından çıkan ses dalgalarının, kaynağın gücü ile orantılı olarak içerisinde yayıldıkları maddesel ortamın basıncında yaptıkları değişikliklerdir. “P” harfi ile gösterilmekte olup birimi N/m^2 ’dir (Karabiber, 1991).

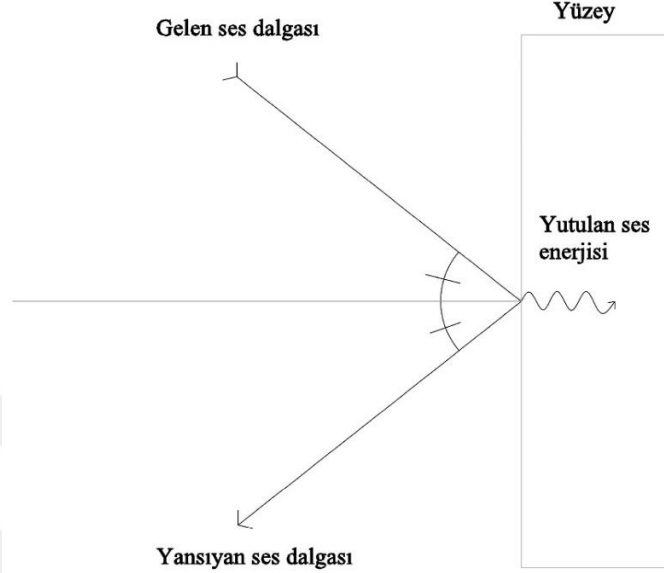
Kaynağından yayılan ses enerjisi bulunduğu ortam içerisinde üç boyutlu olarak yayılmaktadır. Sesin şiddeti; belirli bir yönde, ses alanı içerisindeki birim alandan geçen ses enerjisi miktarı olarak tanımlanıp birimi W/m^2 ’dir. Ses kaynağından uzaklaştıkça sesin şiddeti ters kare yasasına göre azalmaktadır (Demirkale, 2007).

$$L = \frac{W}{4.\pi.d^2} \quad (1)$$

1.7.2. Sesin Yutulması, Yansıması, Kırılması ve Saçılması

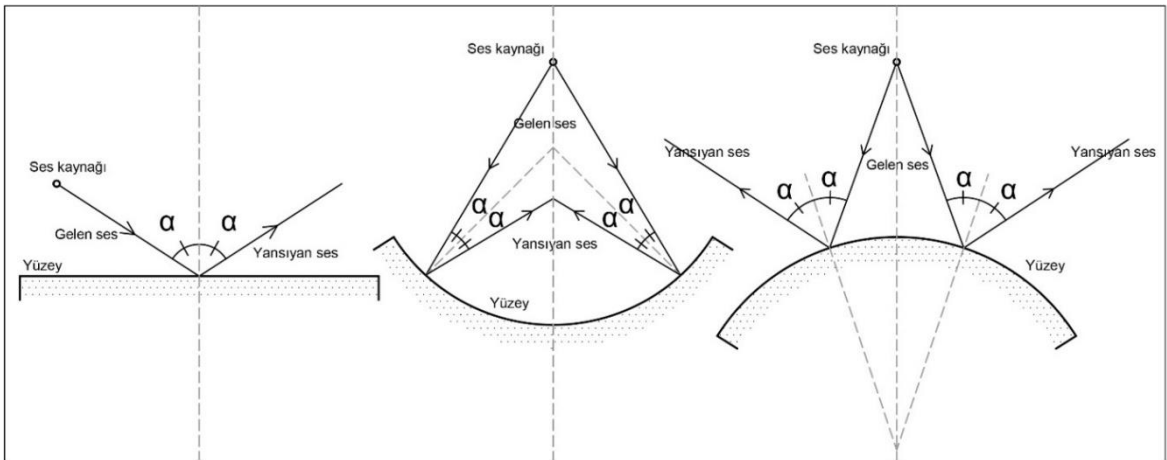
Ses dalgaları havada yayılırken katı ya da sıvı bir yüzeye çarptıklarında taşıdıkları enerjinin bir kısmı yüzey tarafından tutularak ısı enerjisine dönüşmektedir. Bir kısmı ise ortama geri yansımaktadır. Sesin yutulması, ses dalgasının bir ortamdan geçerken ya da bir yüzeye çarptığı zaman enerjisinin bir kısmını bırakarak kaybetmesi olayıdır. Bir yüzeye çarpan ses dalgasının, çarpma sonrasında yutulan enerjisinin çarpma öncesi gelen ses enerjisine oranı o yüzeyin ses yutma katsayısını ifade etmektedir. 0 ile 1 arasında olan bu

katsayı, yunan alfabesindeki “ α ” harfi ile ifade edilmektedir (Demirkale, 2007). Sesin yansımaları ve yutulması aşağıda gösterilmektedir (Şekil 31).



Şekil 31. Sesin yüzeyden yansımaları ve yüzey tarafından yutulması

Yüzeylere çarpan ses dalgalarının yansımaları, yüzeyin geometrisine göre değişiklik göstermektedir. Düz yüzeylere gelen ses dalgaları geliş açısına eşit açı ile düzgün olarak yansımaktadır. İçbükey yüzeylerde ses dalgaları bir noktada odaklanacak şekilde yansırken dışbükey yüzeylerde ise yüzeye çarptıktan sonra etrafa yayılarak yansımaktadırlar (Şekil 32).



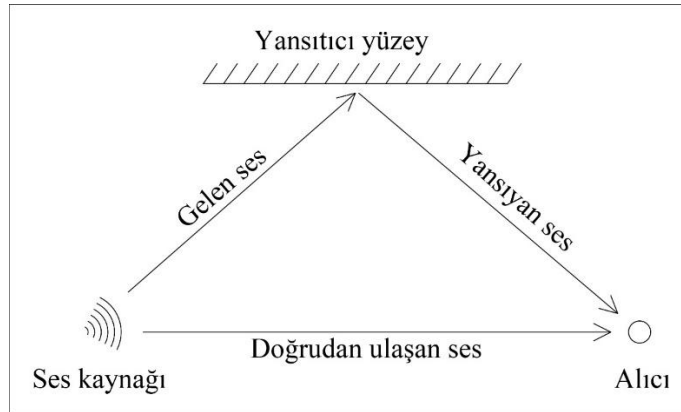
Şekil 32. Farklı geometrideki yüzeylerde ses dalgalarının yansımaları (Abdülrahimov, 2005)

1.7.3. Sesin Nesnel Parametreleri

Yapıların akustik performanslarının değerlendirilmesinde günümüzde kullanılan en önemli performans kriterleri sesin nesnel parametreleridir. Akustik alanında yapılan bilimsel çalışmalarla sesin nesnel parametreleri ve bu parametrelerin, insan kulağının konuşma ve müzik sesini en ideal şekilde algıladığı durumlardaki değerleri belirlenmiştir. Ölçüm aletleri ile bu parametrelerin mevcut mekânlardaki değerleri tespit edilip bu değerlerin mekan türüne, işlevine ve büyüklüğüne göre literatürde önerilen ideal değerlerle karşılaştırılması ile mekanın akustik performansı belirlenebilmektedir. Hacim akustiğinde kullanılan bu nesnel parametrelerin çoğunluğu belirli konumlardaki darbe tepkilerinden türetilmiştir (Brothnek vd., 2012). Çalışma kapsamında değerlendirmelerde kullanılacak başlıca nesnel parametreler; çınlama süresi (T), erken düşme süresi (EDT), belirginlik (D50) netlik (C80), konuşmanın iletim endeksi (STI), ses basınç düzeyi (SPL), merkez zamanı (Ts) ve erken yanal enerji oranı (LF80)'dır.

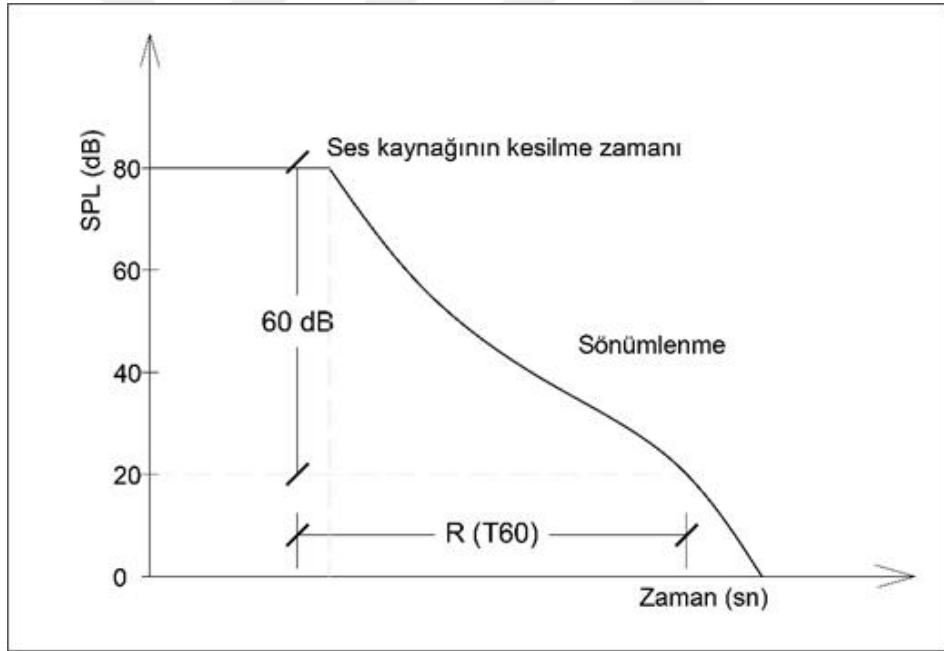
1.7.3.1. Çınlama Süresi, T

Mekânların akustik performanslarını değerlendirmede kullanılan en eski nesnel parametre çınlama süresidir. Kapalı bir ortamda kaynağından çıkan sesin alıcı noktaya doğrudan ulaşmasından sonra, aynı ses kaynağından eş zamanlı olarak çıkan sinyaller ortamda bulunan farklı yüzeylere çarpıp yansyarak dolaylı yollardan farklı zamanlarda alıcı noktaya ulaşmaya devam etmektedir (Şekil 33).



Şekil 33. Alıcı noktaya doğrudan ve yansyarak ulaşan sesler

Yansıyan sesler, alıcı noktaya ulaşmak için doğrudan gelen seslere göre daha uzun mesafe kat etmekte ve enerjilerinin bir kısmını da çarptıkları yüzeyde bırakmaktadırlar. Bu sebeple enerjileri doğrudan gelen seslere göre daha düşük düzeyde olmaktadır. Ses kaynağı kapandıktan sonra da, çevredeki farklı yüzeylerden yansıyan sesler bir süre daha alıcıya ulaşmaya devam etmektedir. Çınlama olarak adlandırılan bu olayın sayısal bir büyüklük olarak değerlendirildiği parametre çınlama süresidir. İlk olarak Amerikalı fizikçi Wallace Clement Sabine (1868-1919) tarafından 1890’larda ortaya konulmuştur (Clark ve Dobinson, 2013). Kapalı bir mekanda ses kaynağı kapatıldıktan sonra ortamdaki ses basınç seviyesinin 60 dB azalması için geçen süre olarak tanımlanmaktadır (Şekil 34). Çınlama süresi (T), 1950’lere kadar akustik performansın tespitinde tek nesnel parametre olarak kullanılmış, 1950’lerden sonra ise farklı kriterlere göre akustik performansı tanımlayan yeni nesnel parametreler ortaya çıkmıştır (Bradley, 2011).



Şekil 34. Çınlama süresi grafiği

Çınlama süresi parametresini tanımlayan Sabine, bu parametrenin mekanın hacmine, toplam iç yüzey alanına ve iç yüzeylerini oluşturan malzemelerin ortalama ses yutma katsayılarına göre değiştiğini belirlemiştir. Bu değişkenler ile çınlama süresi arasındaki matematiksel ilişkiyi belirten ve kendi adı ile anılan Sabine Formülü’nü ortaya koymuştur (Long, 2006).

$$T = \frac{0.161 V}{S \alpha} \quad (2)$$

Burada; T: Çınlama süresi (sn), V: Mekânın hacmi (m³), S: Mekânın toplam iç yüzey alanı (m²), α : İç yüzey malzemelerinin ortalama ses yutma katsayısını ifade etmektedir.

Ses yutma katsayısını ifade eden α değeri, 0 ile 1 arasında bir sayı olup bir yüzeye çarpan ses enerjisinin hangi oranda yüzey tarafından yutulduğunu belirtmektedir. Bir mekân içindeki ortalama ses yutma katsayısı, her farklı malzemenin yüzey alanı ile malzemeye ait ses yutma katsayısının çarpılması ve bulunan değerlerin toplanıp mekânın toplam iç yüzey alanına bölünmesiyle elde edilen değerdir.

$$\alpha_{ort} = \frac{S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots + S_n \alpha_n}{S_{toplama}} \quad (3)$$

Ancak Sabine formülü mekânların içinde oluşan ses alanını tam olarak tanımlayamamaktadır. Her işlev, büyüklük ve kapasitedeki mekân için çınlama süresini tam olarak hesaplayamayan Sabine formülü hacim, iç yüzey alanı ve ses yutma katsayıları ile çınlama süresi arasındaki ilişkiyi matematiksel bir kesinlikte ortaya koyamamaktadır. Örnek olarak bir mekanın bütün iç yüzeyleri, ses yutma katsayısı 1 olan bir madde ile kaplanmış olsa, ortamda herhangi bir ses yansıması olmayacağı için çınlama süresinin sıfıra eşit olması gerekmektedir. Fakat Sabine formülü, bu durumda küçükte olsa bir sonuç vermektedir. Sabine formülü yüzeylerin ortalama ses yutma katsayısının 0.15'den küçük olduğu durumlarda daha doğru sonuç vermekte, fakat ortalama yutuculuk 0,15'in üzerine çıktıkça hesaplanan değerlerin hata oranları artmaktadır (Erol, 2006). Bu nedenle bilimsel literatürde Sabine formülünün eksik ya da yetersiz kaldığı durumlarda çınlama sürelerini daha yüksek doğrulukta hesaplayabilmek için farklı çınlama süresi formülleri ortaya konulmuştur. Bu çınlama süresi formüllerinin hepsi temelde Sabine formülünü esas almaktadır. Bu formüller Sabine formülünün farklı fiziksel durumlara göre modifiye edilmesi ve bazı değişkenlerin eklenmesi ile türetilmişlerdir.

Bu çınlama süresi formüllerinden birisi Eyring formülüdür. Mekânların ortalama ses yutma katsayılarının yüksek olduğu durumlarda Sabine formülünün hata payını azaltmak için Eyring, Sabine formülünde, toplam yutuculuğa logaritmik bir değişken ekleyerek

modifikasyon gerçekleştirmiş ve yeni bir formül geliştirmiştir. Ortalama ses yutuculuk ile çınlama süresi arasında aritmetik bir ilişki kuran Sabine formülünden farklı olarak Eyring formülü, ses yutma katsayısının birden farkının doğal tabandaki logaritması ile ilişki kurmaktadır. Mekânın ortalama ses yutma katsayısının 0,2'den daha büyük olduğu durumlarda Eyring formülünün kullanımı, Sabine formülüne göre daha uygundur (Nowoswiat ve Olechowska 2016), (Ateş, 2007). Ortalama ses yutuculuk yerine ortalama ses yutuculuğun doğal tabanda logaritmasının toplamaya göre tersini esas alan Eyring formülü (Eyring, 1930);

$$T = \frac{0.161 V}{-S \ln(1-\alpha)} \quad (4)$$

dir. Burada; T: Çınlama süresi (sn), V: Mekânın hacmi (m³), S: Mekânın toplam iç yüzey alanı (m²), α : İç yüzey malzemelerinin ortalama ses yutma katsayısını ifade etmektedir.

Çınlama süresi formüllerinden bir diğeri Kuttruff formülüdür. Benzer niteliklerde bile olsalar farklı geometrik şekillere sahip (silindirik, küresel, dikdörtgensel vs.) hacimlerde farklı çınlama süreleri oluşabilmektedir. Eyring'in önerdiği formülde modifikasyon yapan Kuttruff, hacmin içerisindeki serbest yolların varyansı ile mekanın geometrisini de bir değişken olarak denkleme ekleyerek kendi metodunu ortaya koymuştur (Zhang, 2005).

Hacmin geometrisini sayısal olarak temsil eden γ^2 değeri, hacmin içerisinden geçen serbest yolların bağıl varyansıdır. 0'dan büyük, 1'den küçük olan bu değer hacmin şekli küreye yaklaştıkça, hacmin içerisindeki serbest yol farklılıklarının azalmasıyla sifıra yaklaşmakta ve en küçük değerini almaktadır. Hacmin şekli değişip birbirinden farklı uzunluktaki serbest yolların sayısı arttıkça γ^2 değeri 1'e yaklaşmaktadır (Zhang, 2005). Serbest yol uzunluklarına göre bağıl varyans aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Kuttruff, 2000).

$$\gamma^2 = \frac{\bar{l}^2 - \bar{l}^2}{\bar{l}^2} \quad (5)$$

Burada; γ^2 : Serbest yol uzunluklarının bağıl varyansı, $\bar{l}$: Serbest yol uzunluğunu ifade etmektedir.

Hacimlerin serbest yol uzunlukları günümüzde bilgisayar programları yardımı ile kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Mekanın hacmine ait γ^2 değeri elde edildikten sonra Kuttruff'un modifikasyonu ile birlikte, Eyring'in önerdiği ortalama yutuculuk bağıntısı aşağıdaki şekilde hesaplanmakta ve Sabine formülünde ortalama ses yutma katsayısı olarak kullanılmaktadır (Kuttruff, 2000).

$$\alpha_{kutt} = -\ln(1 - \bar{\alpha}) \left[1 + \frac{\gamma^2}{2} \ln(1 - \bar{\alpha}) \right] \quad (6)$$

Burada; α_{kutt} : Sabine formülünde kullanılacak ortalama ses yutma katsayısı, $\bar{\alpha}$: Mekanın ortalama ses yutma katsayısı, γ^2 : Serbest yolların bağıl varyansını ifade etmektedir.

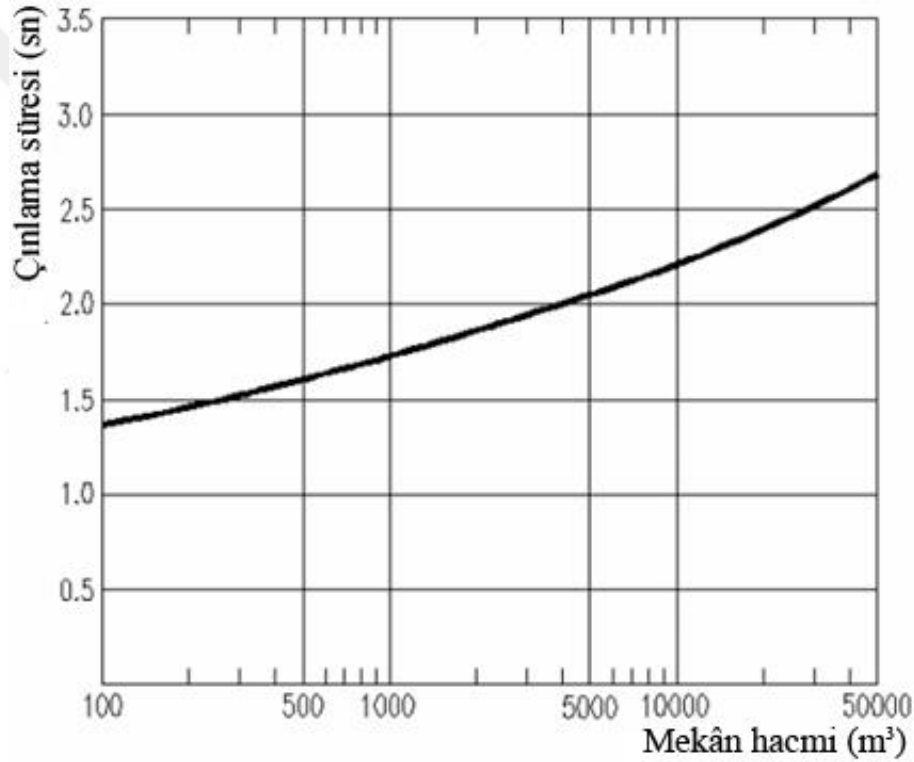
Çınlama süresi hesaplanmasında kullanılan başka bir denklem de Fitzroy formülüdür. Çınlama süresini oluşturan asıl belirleyici yansımaların birbirine paralel karşılıklı yüzeyler arasında gerçekleşen yansımalar olduğunu belirten Fitzroy'a göre hacmi oluşturan akslar üzerinde bulunan her paralel yüzey için yansımaların ayrı ayrı değerlendirilmesi ve hesaplanması gerekmektedir (Neubauer, 2000). X, Y ve Z eksenlerindeki karşılıklı duvarların her birinin yüzey alanlarının ve ortalama ses yutma katsayılarının ayrı olarak değerlendirildiği formül (Fitzroy, 1959):

$$T = 0,16 \frac{V}{S^2} \left[\frac{-X}{\ln(1-\alpha_x)} + \frac{-Y}{\ln(1-\alpha_y)} + \frac{-Z}{\ln(1-\alpha_z)} \right] \quad (7)$$

dir. Burada; T: çınlama süresi (sn); V: Mekanın hacmi, (m^3); X, Y ve Z: karşılıklı duvarların toplam alanları (m^2); S: Hacmin iç yüzey alanları toplamı (m^2); α : Ses yutma katsayısını ifade etmektedir.

Bunlar dışında Sabine formülünün farklı yorumları ve türevleri şeklinde geliştirilmiş, farklı mekanlar için farklı hassasiyetlerde birçok çınlama süresi formülü bilimsel literatürde yer almaktadır. Fakat bu formüllerin hiçbirisi bütün işlev, kapasite ve geometrideki mekanlar için standart olarak kullanılamamaktadır. Hiçbirisi de mekan içerisindeki ses alanını tam olarak tanımlamadıkları için matematiksel doğrulukta kesin sonuç vermemektedir ve doğruluk dereceleri mekanın geometrisi, hacmi, malzemelerin ses yutuculuğu, ses frekansı gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca çınlama süresi, malzemelerin ses yutuculuğu dışında ortamın nem ve sıcaklığına bağlı olarak değişen hava yutuculuğundan da bir miktar etkilenmektedir (Wenmaekers vd., 2014).

Bilimsel literatürde farklı mekan tipleri için önerilen optimum çınlama süreleri bulunmaktadır. Camiler içerisinde gerçekleştirilen namaz ve vaaz faaliyetleri dikkate alındığında, hem müziksel (sadece insan sesi ile namaz sırasında Kur'an-ı Kerim okumaları) hem de konuşma faaliyetlerinin gerçekleştirildiği çok amaçlı salonlara benzerlik göstermektedir. Bu tip salonlar için uygulamalarda orta frekanslarda 1,5 sn - 2,5 sn çınlama süresi optimum olarak kabul edilmektedir (URL 16, 2019). Benzer mekan tipleri için önerilen çınlama süreleri dışında özellikle camiler özelinde kullanılmak için optimum çınlama süresi olarak Kayılı (2005), hacim değişimine bağlı olarak optimum çınlama süresinin de değiştiği aşağıdaki grafiği önermektedir (Şekil 35).



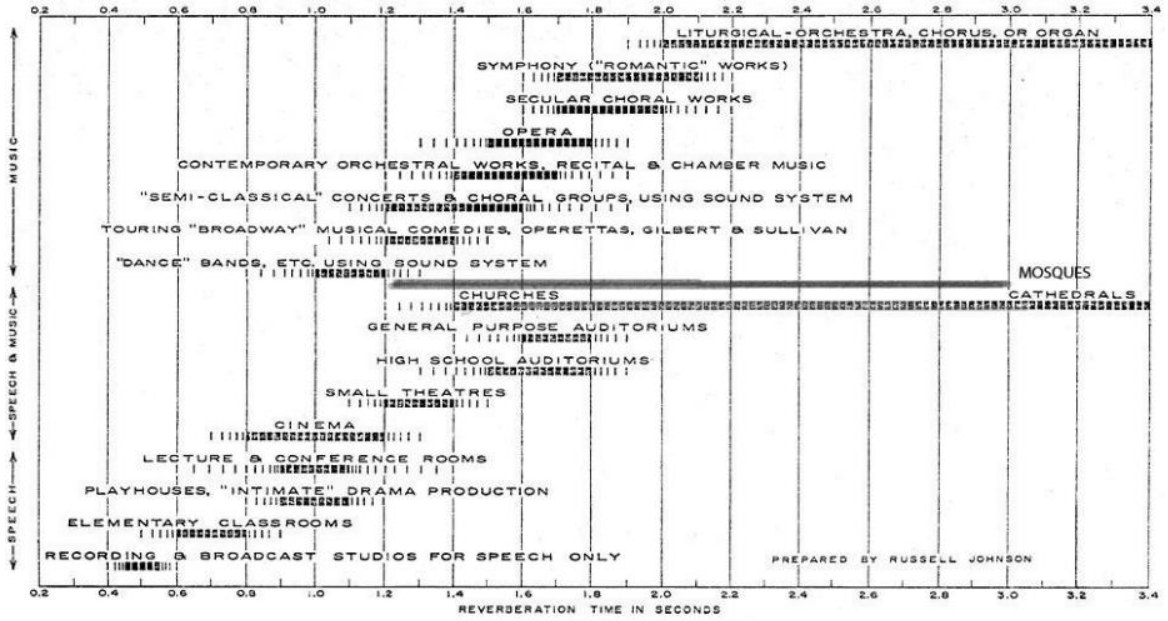
Şekil 35. Kayılı'nın camiler için önerdiği orta frekanslardaki optimum çınlama süreleri (Kayılı, 2005)

Kayılı'nın (2005) önerdiği grafikte hacme göre orta frekanslardaki (500 Hz ve 1000 Hz) optimum çınlama süreleri aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanabilmektedir (Elkhateeb vd., 2016);

$$T_{\text{optimum}} = 0,822 V^{0,1080} \quad (8)$$

Burada, T_{optimum} : Optimum çınlama süresi, sn. V: Hacim, m^3 tür.

Literatürde camiler için bir diğer optimum çınlama süresi, Koçyiğit vd (2014) tarafından önerilmiştir. İbadet mekanları üzerine gerçekleştirdiği çalışmasında camiler için optimum çınlama süresinin hacimden bağımsız olarak 1,2 sn- 3 sn aralığında olması gerektiğini belirtmişlerdir (Şekil 36).

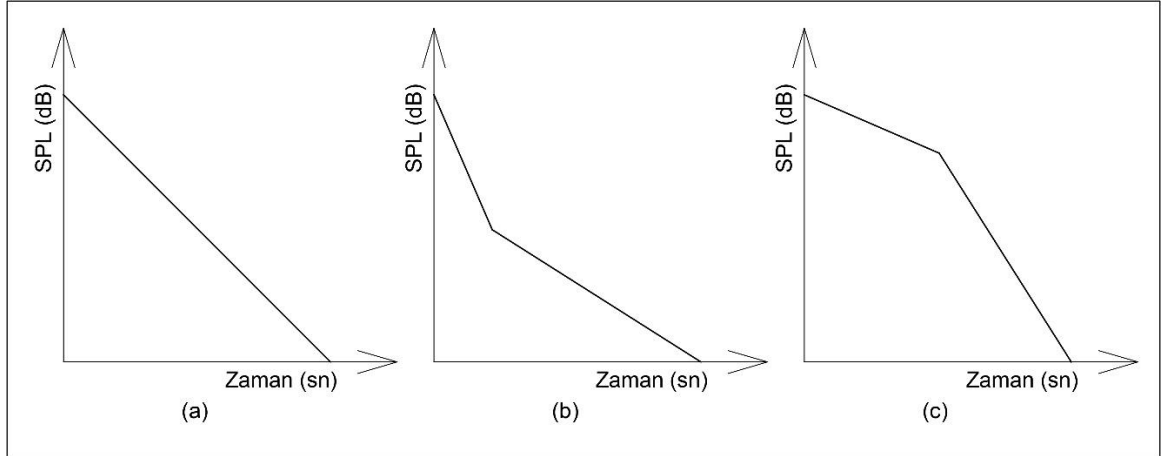


Şekil 36. Camiler için optimum çınlama süreleri (Koçyiğit vd, 2014)

Bilimsel literatürde ve uygulama alanlarında camiler için de referans alınabilecek, konuşma ve konferans salonları için önerilen başka optimum çınlama süreleri de bulunmaktadır. Literatürdeki farklı kaynaklarda orta frekanslar için önerilen optimum ya da hedef çınlama süreleri 1,45 sn - 1,9 sn (Eguez, 2017), 1,5 sn - 2,5 sn (URL16, 2019), 1,4 sn - 2 sn olarak yer almaktadır (URL17, 2019).

1.7.3.2. Erken Düşme Süresi, (EDT)

Fiziksel ortamda ölçülen çınlama süresi ile insan kulağı tarafından algılanan çınlama süresi farklılık gösterebilmektedir. Aynı çınlama süresine sahip iki farklı mekânda çınlama farklı şekilde hissedilebilmektedir (Skalevik, 2010). Sönümlenmenin erken aşamalarında insan kulağı tarafından daha net olarak algılanan yansıyan sesler, ileri safhalarda devam eden diğer yansıyan sesler tarafından maskelenmektedir (Aknesil vd., 2011). Bu sebeple insan kulağının çınlama algısı sönümlenmenin erken aşamalarında yoğunlaşmakta, geç aşamalarında ise azalmaktadır. Ayrıca çınlamanın insan kulağı tarafından algılanmasında, erken aşamadaki sönümlenme hızı ön plana çıkmaktadır. Fiziksel olarak tanımlanan çınlama süresi dışında, insan kulağının algıladığı çınlama süresini daha iyi tanımlayabilecek bir parametre olarak Jordan (1970) tarafından Erken Düşme Süresi (EDT) parametresi ortaya konulmuştur (Barron, 1993). Kapalı bir hacimde ses kaynağının kapatılması sonrasında yansıyan seslerin enerjisinin sönümlenmesi çoğu zaman doğrusal ve orantılı olarak gerçekleşmemektedir. Mekânın hacmi, yüzey yutuculukları, yutucu yüzeylerin dağılımı, mekanın geometrisi ile kaynak ve alıcı noktalarının konumlarına göre sesin sönümlenme hızı sönümlenme süreci içerisinde değişebilmekte ve sesin sönümlenmesi dalgali bir grafik oluşturabilmektedir. Bazı durumlarda sönümlenme çınlama sürecinin erken aşamalarında yoğunlaşırken bazı durumlarda geç aşamalarında yoğunlaşabilmektedir (Şekil 37).



Şekil 37. Sönümlenme eğrileri: a: Doğrusal sönümlenme b. Sönümlenmenin erken aşamada hızlanması c. Sönümlenmenin geç aşamada hızlanması.

Erken Düşme Süresi, kapalı bir mekanda ses kaynağı kapatıldıktan sonra alıcı noktaya ulaşan yansıyan ses enerjisinin ilk 10 dB'lik düşüşü için geçen sürenin 6 katı olarak tanımlanmaktadır (Barron, 1995).

$$EDT = 6 \times T_{10} \quad (9)$$

Burada; EDT: Erken Düşme süresi, sn., T_{10} : 10 dB düşüş için geçen süreyi ifade etmektedir.

Orta frekanslar için ideal EDT değeri olarak Mehta vd. (1999) orta frekanslarda EDT'nin, çınlama süresinin 1.1 katı olmasını, Gade (1989) ise 1.1 katından 0,2 eksik olmasını önermiştir (Kurtulan, 2009).

$$EDT_{ort}=1.1 T_{ort} \text{ (Mehta vd., 1999)} \quad (10)$$

$$EDT_{ort}=-0,2+1.1 T_{ort} \text{ (Gade, 1989)} \quad (11)$$

EDT: Erken düşme süresi, sn., T_{ort} : Ortalama çınlama süresi.

1.7.3.3. Belirginlik, (D50)

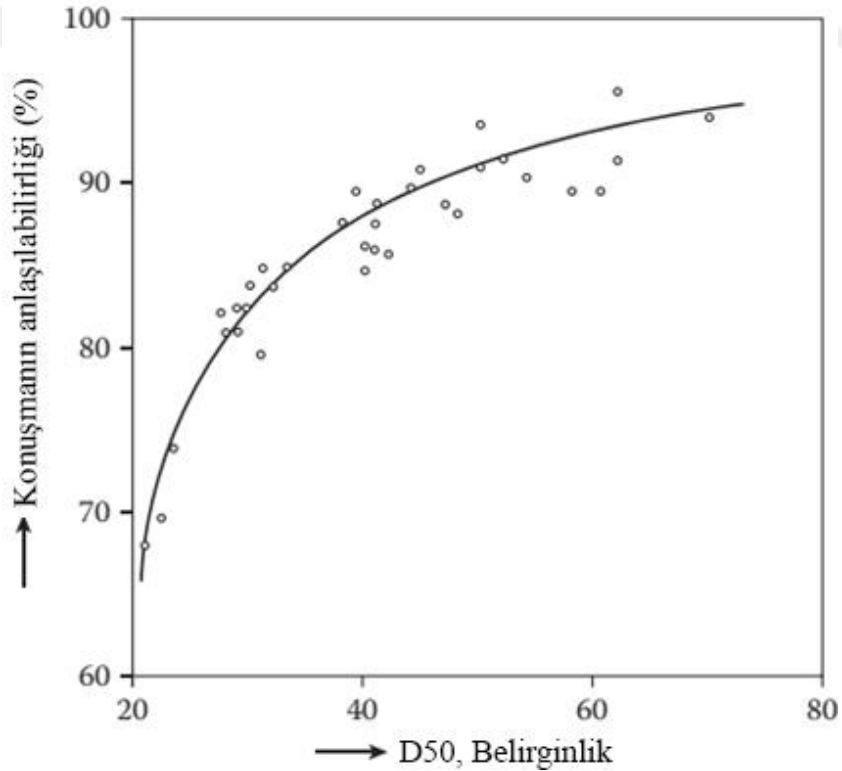
Camilerin akustik tasarımlarında konuşmaların anlaşılabilirliği büyük önem taşımaktadır (Abdou, 2003). Çünkü camiler içerisinde gerçekleştirilen temel faaliyetlerden birisi vaazdır. Özellikle vaaz esnasında yapılan konuşmaların ibadet edenler tarafından net bir şekilde anlaşılması akustik konfor açısından bir gerekliliktir. Konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilgili olan nesnel parametrelerden biri Belirginlik (Definition, D_{50}) parametresidir. Uzun çınlama sürelerinin olduğu mekânlarda, kaynağından çıkan sesler alıcıya ulaştığında daha önceden çıkan sesler alıcıya yansiyarak ulaşmaktadır. Bu şekilde kaynağından çıkan sesler yansımalar nedeniyle alıcı noktada birbirlerinin üzerine binmekte ve birbirlerini maskeleymektedir. Bundan dolayı da kaynağından çıkan seslerin alıcı tarafından anlaşılması zorlaşmaktadır. Maskeleyme etkisinin azaltılması için ilk 50 ms zaman içerisinde gelen yansıyan sesler faydalı, daha sonra gelen yansıyan sesler ise maskeleyici olarak kabul edilmiştir. Faydalı yansımaların toplam yansımalar içerisindeki oranını esas alan D_{50} parametresi; kapalı bir ortamda ses kaynağı kapatıldıktan sonra ilk 50 ms içerisinde

alıcı noktaya gelen yansıyan ses enerjisinin toplam yansıyan ses enerjisine oranı olarak ifade edilmektedir (Barron, 1993).

$$D_{50} = \frac{\int_0^{0,05} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt} \quad (12)$$

Burada; D50: Belirginlik, %, p: yansıyan ses enerjisidir.

D50 parametresi çınlama süresi ile bağlantılıdır. Yüksek çınlama süresi sönümlenme sürecinde daha fazla geç yansıma anlamına geleceği için daha düşük D50 değerlerine sebep olmakta ve konuşmaların dinleyiciler tarafından işitsel olarak algılanmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Düşük çınlama süreleri ise sönümlenme sürecinde erken yansımaların oranını artıracığı için konuşmaların işitsel olarak anlaşılabilirliğini olumlu yönde etkilemektedir. Kuttruff (2000)'un D50 parametresi ile konuşmaların anlaşılabilirlik düzeyleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafiği aşağıda yer almaktadır (Şekil 38).



Şekil 38. Belirginlik ile konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişki (Kuttruff,2000)

Grafikte görüldüğü üzere D50 parametresi %30 düzeyindeyken konuşmanın %80'den fazlası anlaşılabilir. D50 parametresinin %50'nin üzerine çıkmasıyla da konuşmanın anlaşılabilirliği %90'ın üzerine çıkmaktadır. ISO standartlarına göre %30 ile %70 arasındaki D50 değerleri optimum değer aralığı olarak önerilmektedir (Cunha vd., 2013) (ISO, 2009). %30 altındaki D50 değerlerinde konuşmalar dinleyici tarafından yeterince anlaşılammakta, %70'in üzerindeki D50 değerlerinde ise kuru bir ses algısı meydana geleceği için işitsel konfor açısından olumsuz bir durum ortaya çıkmaktadır. Barron (1993) ise D50 değerlerinin %50'nin üzerinde olmasını önermektedir (Barron, 1993).

1.3.3.4. Netlik, (C80)

“Açıklık” ya da “açıklık endeksi” olarak ta adlandırılan (Ateş, 2007) bu parametre müziğin açık ve net bir şekilde algılanması ile ilgilidir. Erken yansımaların geç yansımalar oranı esas alınarak geliştirilen bu parametre kapalı bir mekanda ses kaynağı kapatıldıktan sonra alıcı noktaya ilk 80 ms süre içerisinde ulaşan yansıyan ses enerjisinin 80 ms'den sonra ulaşan yansıyan ses enerjisine oranı olarak ifade edilmektedir ve birimi desibel'dir (dB) (Mehta vd., 1999).

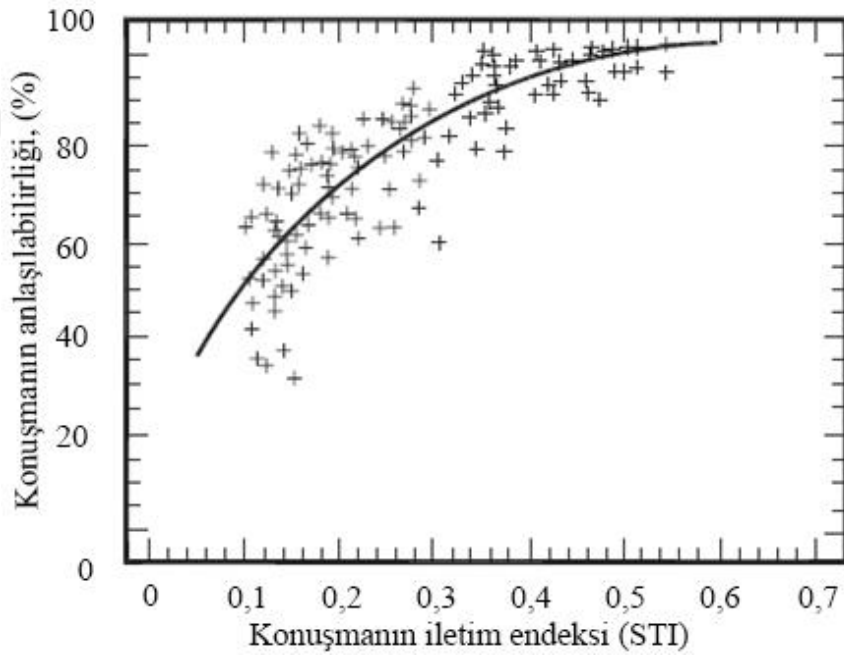
$$C_{80} = 10 \log \left[\frac{\int_0^{0.08} p^2(t) dt}{\int_{0.08}^{\infty} p^2(t) dt} \right] \quad (13)$$

Burada; C80: Netlik, p: Yansıyan ses enerjisidir.

Reichardtts, icra edilen müziğin en ideal şekilde algılanabilmesi için 80 ms sürenin gerekli olduğunu belirtmiş ve 50 ms süreyi esas alan konuşmanın belirginliği parametresi yerine 80 ms süreyi esas alan müziğin netliği parametresini ortaya koymuştur (Bayazıt, 1999). Kuttruff'a (2000) göre hem konuşma hem de müziksel faaliyetler için -2dB +2dB aralığı optimum düzey olarak kabul edilirken, koro müziği için +1 dB +3 dB aralığı optimum düzey olarak kabul edilmektedir (Sü ve Yılmaz, 2007). Beranek'e (1996) göre ise -4 dB +4 dB aralığı optimum düzey olarak kabul edilmektedir (Beranek, 1996).

1.7.3.5. Konuşmanın İletimi Endeksi, (STI)

Kapalı bir ortamda gerçekleştirilen konuşmanın dinleyiciler tarafından anlaşılabilirliğini ölçen diğer bir nesnel parametre Konuşmanın İletimi Endeksidir. D50 parametresinden farklı olarak değeri frekansa göre değişmemektedir. Houtgast ve Steeneken, insan konuşmasını taklit eden MTF (Modulatin transfer function) adını verdikleri bir ölçüm sistemi geliştirmişler daha sonra geliştirdikleri bir fonksiyon ile MTF metodu üzerinden konuşmanın iletim endeksi (Speech Transmission Index) parametresini elde etmişlerdir (Kavraz, 2019). Ortamdaki konuşma kaynaklı sesin, konuşmanın anlaşılmasını engelleyen ortam gürültüsü ile ilişkisi üzerine kurulu bir parametredir. STI parametresinin değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Bradley (1986) tarafından gerçekleştirilen bilimsel çalışma ve deneylerde STI parametresinin ölçülen değerleri ile ortamdaki konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde yer almaktadır (Şekil 39).



Şekil 39. STI ile konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişki grafiği (Long, 2006)

Mekânlardaki konuşmaların anlaşılabilirliği, STI parametresi sonuçlarına göre 5 farklı kategoride değerlendirilmektedir. Bu kategorilerin değer aralıkları aşağıda yer almaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. STI kategorilerinin değer aralıkları (Houtgast ve Steeneken, 2023)

Heceleme Anlaşılabilirliği	STI Değer Aralığı
Kötü	0-0,32
Zayıf	0,32-0,45
Orta	0,45-0,60
İyi	0,60-0,75
Mükemmel	0,75-1

1.7.3.6. Ses Basınç Düzeyi, (SPL)

Alıcı noktada algılanan ses düzeyidir. Kapalı bir ortamda algılanan ses düzeyi, alıcı noktaya ses kaynağından doğrudan gelen ve farklı yüzeylerden yansıyarak gelen ses düzeylerinin toplamıdır. Tanım olarak kapalı bir ortamdaki herhangi bir noktada ölçülen ses basıncının referans olarak kabul edilen ses basıncına (20×10^{-6} Pa ya da $20 \mu\text{Pa}$) oranının, 10 tabanındaki logaritmasının 20 katıdır. L_p ile gösterilmekte olup birimi dB(desibel)'dir (Bilgiç ve Sadıkhov, 1994). Ses basınç düzeyi;

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) = 20 \log \left(\frac{p}{p_0} \right), dB \quad (14)$$

formülü ile elde edilmektedir. Burada; p : ses basıncı (N/m^2), p_0 : ses basıncı işitme eşik değeridir ($2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$).

1.7.3.7. Merkez Zamanı (Ts)

Alıcı nokta üzerindeki erken ve geç ses enerjilerinin ilişkisini veren nesnel parametredir. Cremer ve Müller (1982) tarafından ortaya konulan merkez zamanı parametresi, zaman aksının ağırlık merkezidir (Barron, 1993). Kapalı bir mekanda ses kaynağından alıcı noktaya gelen ses enerjilerinin ağırlık merkezi olarak tanımlanmakta olup T_s ile gösterilmektedir (Cremer ve Müller, 1982). T_s değerinin düşük olması ses enerjisinin, sönümlenmenin erken aşamalarda yoğunlaştığını ve konuşmanın anlaşılabilirliğinin arttığını göstermektedir. T_s değerinin yüksek olması ise ses enerjilerinin sönümlenmenin ileri aşamalarında yoğunlaştığını ve çınlamanın uzadığını göstermektedir.

$$Ts = \frac{\int_0^{\infty} t[g(t)]^2 dt}{\int_0^{\infty} [g(t)]^2 dt} \quad (15)$$

Burada; Ts: Merkez zamanı, g: Ses enerjisidir.

1.7.3.8. Erken Yanal Enerji Oranı (LF80)

Mekân içerisindeki bir noktadan çıkan sesin yansımalar ile farklı yönlerden geliyormuş gibi algılanmasını, ibadet edenler üzerinde oluşturduğu kuşatılmışlık hissini nesnel olarak ölçen parametredir. Kuşatılmışlık hissi, ibadet faaliyetlerinin ve dolayısıyla uhreviyatın ön planda olduğu camilerde olması istenen önemli bir etkidir. Optimum değerler sağlandığında tek bir kişi tarafından gerçekleştirilen makamlı Kuran-ı Kerim kıraatinin caminin yan yüzeylerinden yansıyan sesler sayesinde dinleyicide, etrafı kuşatan bir koro tarafından okunduğu hissini oluşturmaktadır. Kapalı bir hacimde ses kaynağı kapatıldıktan sonra ilk 80 ms sürede alıcı noktaya doğrudan gelen sestten sonra, sadece mekânın yan yüzeylerinden gelen yansıyan ses enerjisinin yine alıcı noktaya ilk 80 ms sürede her açıdan gelen toplam yansıyan ses enerjisine oranı olarak ifade edilmektedir (Hough, 2010).

$$LF_{80} = \left[\frac{\int_{0,005}^{0,08} p^2(t) \cos^2 \theta dt}{\int_0^{0,08} p^2(t) dt} \right] \quad (16)$$

Burada; LF80: Erken Yanal Enerji Oranı, p: Yansıyan ses enerjisi, θ : yansıyan sesin dinleyicinin iki kulağından geçen aks ile yaptığı açıyı ifade etmektedir.

LF80 parametresi için; Long(2006) klasik müzik salonları için 0,10-0,35 sn aralığını, Gade (2007) ise oda müziği salonları için 0,15-0,20 sn aralığını optimum değerler olarak önermiştir (Torun, 2019).

1.7.3.9. Bas Oranı (BR)

Sesin sıcaklığını belirleyen nesnel parametredir. Özellikle müzikal faaliyetlerde müziğin dinleyici tarafından sıcak olarak algılanması ile ilgilidir. Alçak frekanslardaki çınlama sürelerinin orta frekanslardaki çınlama sürelerine oranını esas almaktadır. Tanım olarak alçak frekanslardaki (152 Hz ve 250 Hz) çınlama sürelerinin toplamalarının orta

frekanslardaki (500 Hz ve 1000 Hz) çınlama sürelerinin toplamlarına oranı olarak ifade edilmektedir (Kavraz, 2019).

$$BR = \frac{T_{125}+T_{250}}{T_{500}+T_{1000}} \quad (17)$$

Burada; BR: Bas oranı, T: Çınlama süresidir (sn).

Bas oranı için optimum değerler, çınlama süresinin 1.8 sn'den yüksek olduğu mekanlarda 1,1 ile 1,25 arasında, 1,8 sn'den düşük olduğu mekanlarda ise 1 ile 1,45 arasında yer almaktadır (Inacio, 2022), (Arau,1999).

1.7.3.10. Tiz Oranı (TR)

Öznel parametrelerden sesin parlaklığını belirleyen nesnel parametredir. Yüksek frekanslardaki çınlama sürelerinin orta frekanslardaki çınlama sürelerine oranını esas almaktadır. Yüksek frekanslardaki (2000 Hz ve 4000 Hz) çınlama sürelerinin toplamının orta frekanslardaki (500 Hz ve 1000 Hz) çınlama sürelerinin toplamına oranı olarak ifade edilmektedir (Kavraz, 2019).

$$TR = \frac{T_{2000}+T_{4000}}{T_{500}+T_{1000}} \quad (18)$$

Burada; TR: Tiz oranı, T: Çınlama süresidir (sn).

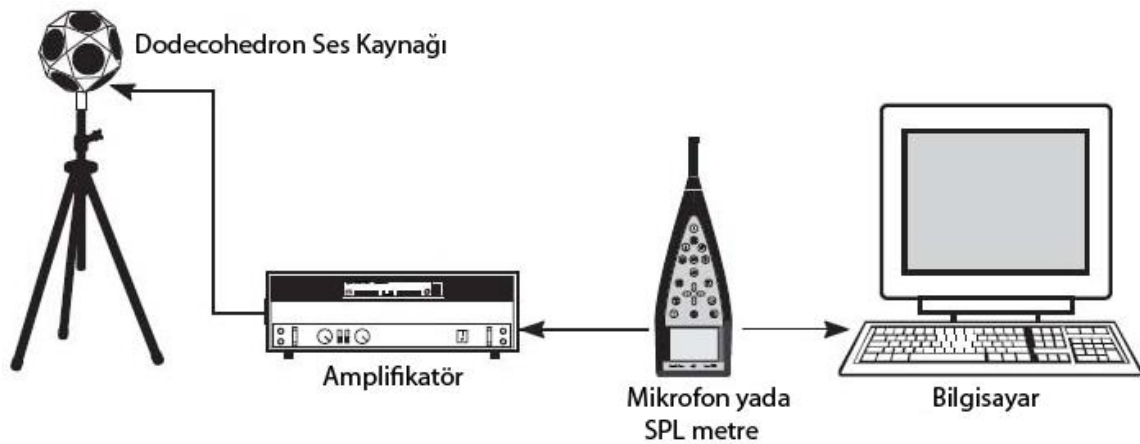
1.8. Mekânların Akustik Niteliklerin Belirlenmesi

Mekânların akustik niteliklerinin tespitinde ve ön görülmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Her birinin farklı özellikleri, zayıf ve güçlü yönleri bulunan bu teknikler akustik performansın mevcut yapılarda ya da tasarım aşamalarında tespit edilmesini ve ön görülebilmesini sağlamaktadır. Akustik performansın tespiti genel olarak sesin nesnel parametreleri ile yapılmaktadır. Sesin nesnel parametrelerinin kullanımı akustik performansın tespitinde kullanımı, akustik çalışmalara oldukça pratik ve ölçü aletleri ile kolayca ölçülüp tespit edilebilen bir değerlendirme yöntemi sağlamaktadır. Denek

gruplarından farklı olarak farklı ölçümlerde aynı sonuçları verebilen bu yöntem, farklı mekânların akustik nitelik ve performanslarının kıyaslanmasına da imkân sağlamaktadır. Sesin nesnel parametrelerin tespitinde kullanılan, her biri farklı pratiklik ve hassasiyet düzeylerinde olan başlıca yöntemler fiziksel akustik ölçüm (yerinde ölçüm), matematiksel formüller, ölçekli fiziksel model ve bilgisayar simülasyonu olarak sıralanabilir. Bunların dışında akustik performansın ön görülmesinde kullanılan, sayısal değerler yerine akustik performansı ve ses alanını grafiksel olarak ortaya koyan görsel yöntemler de bulunmaktadır.

1.8.1. Yerinde Ölçüm Yöntemi

Bir mekânın akustik niteliklerini tanımlayan sesin nesnel parametre değerlerinin en yüksek doğrulukla tespit edildiği yöntemdir. Mekanın içerisine kurulan elektronik bir ses düzeneği ile sesin nesnel parametrelerine ait değerler ölçülerek sonuçlar elde edilmektedir. Kurulan ses düzeneği, güncel teknolojilere göre ses kaynağı olarak çok yönlü (omnidirectional) bir hoparlör, alıcıyı temsil için bir (ya da daha çok) mikrofön, bunların monte edildiği ayaklar, ses sinyallerini güçlendirmek için bir amplifikatör cihazından oluşmaktadır. Ayrıca sinyalleri işleyebilmek ve sayısal değerlere dönüştürmek için üzerinde gerekli yazılımların kurulu olduğu taşınabilir bilgisayar ve ara bağlantı kabloları da düzeneklerde bulunmaktadır (Şekil 40).



Şekil 40. Hacim akustiği ölçüm sistemi (URL 18, 2019)

Mekân içerisinde ses kaynağı olarak belirlenen konuma (camilerde imamın, solo konserlerde sanatçının, konferans salonlarında konuşmacının bulunduğu konumlar) çok yönlü hoparlör, alıcı noktası olarak belirlenen konumlara (camilerde ibadet edenlerin konumları, performans salonlarında dinleyicilerin konumları) mikrofon yerleştirilir. Bilgisayar ortamında üretilip amplifikatörde güçlendirilerek düzeyi belirli bir değerde sabitlenen belirli frekanslardaki elektriksel sinyaller noktasal ses kaynağı olarak belirlenen çok yönlü hoparlörde ses sinyallerine dönüştürülerek mekân içerisine verilir. Mekân içerisindeki alıcı noktalara doğrudan ses kaynağından ve mekânın iç yüzeylerinden yansıyan ses sinyalleri mikrofonda tekrar elektriksel sinyallere dönüştürülür ve bilgisayar ortamına gönderilir. Bilgisayarda kurulu olan yazılımlar ile gelen ses sinyalleri belirli algoritmalarla göre analiz edilerek sesin nesnel parametrelerine ait ölçüm sonuçları elde edilir. Bu yöntemle gerçekleştirilen ölçümlerde uyulması gereken standartlar ISO 3382-2'de tanımlanmıştır (ISO, 2009).

Yerinde ölçme yöntemi ile elde edilen sonuçlar, çınlama süresi başta olmak üzere sesin nesnel parametrelerinin tamamını en doğru şekilde tespit etmekte olup diğer yöntemler için referans olarak kabul edilmektedir. Fakat bu yöntem ile sadece fiziksel olarak mevcut olan mekânların akustik nitelikleri tespit edilebilmektedir. Mekânın henüz tasarım aşamasında olduğu ve fiziksel olarak henüz mevcut olmadığı aşamalarda, akustik performansın ön görülebilmesinde kullanılamamaktadır.

1.8.2. Matematiksel Formüller

Henüz mekânın fiziksel olarak mevcut olmadığı tasarım aşamalarında, tasarım sonucunda ortaya çıkacak mekanın akustik performansını, en azından yaklaşık olarak öngörebilmek için ortaya konulan yöntemlerden en eskisi, matematiksel hesaplamalar sonucu mekanların çınlama sürelerinin öngörülmesidir. Önceki bölümde açıklanan Sabine, Eyring, Kuttruff ve Fitzroy formülleri başta olmak üzere literatürde bulunan formüller ile çınlama süresi belirli hata payları dâhilinde ön görülebilmektedir. Basit ve pratik olan bu yöntem ile sadece çınlama süreleri yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir. Hiçbir formül çınlama süresini bütün mekân tipleri ve geometrileri için geçerli olacak şekilde hesaplayamamakta, farklı durumlarda ve mekan geometrilerinde farklı formüller diğerlerine göre daha doğru sonuç vermektedir. Ayrıca hiçbir formül bir mekândaki çınlama süresini kesin bir matematiksel doğrulukta hesaplayamamaktadır. Tablo 2'de bir mekanın farklı

yutuculuk durumları için farklı formüller ve akustik simülasyon programları ile elde edilen çınlama süresi değerleri verilmektedir.

Tablo 2. Aynı mekân için farklı yüzey malzemeleri uygulandığı durumda formüller ve diğer yöntemlerle elde edilen çınlama süreleri (Wilmshurst ve Thompson, 2012).

	Mevcut	C	C, F	C, F, W3, W4	Hepsi
Sabine	4,22	1,32	0,8	0,44	0,3
Eyring	4,13	1,2	0,67	0,3	0,15
Millington- Sette	4,13	0,69	0,38	0,21	0,15
Fitzroy	4,13	2,75	2,99	1,49	0,15
Arau	4,13	1,77	1,3	0,41	0,15
Fitzroy-Kuttruff	4,58	1,11	0,54	0,28	0,15
EN 12345-6	5,37	2,42	1,84	1,02	0,74
SEA Model	4,17	1,85	1,53	1,42	0,16
CATT-Acoustics(T₂₀)	4,16	1,83	1,59	0,79	0,17
CATT-Acoustics(T₃₀)	4,15	1,89	1,56	0,8	0,17

1.8.3. Ölçekli Fiziksel Model Yöntemi

Bilgisayar yazılımları geliştirilmeden önce tasarımcıların salonları test etmek için başvurdukları akustik performans değerlendirme yöntemidir. Mekan tasarımı gerçekleştirildikten sonra ahşap ve plastik malzemelerden belirli bir ölçekte mekanın maketi yapılarak özel cihazlar vasıtasıyla maket üzerinden akustik performansının test edilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Genel olarak 1:10 ve 1:20 ölçekte modeller kullanılmaktadır (Rindel, 2002) (Şekil 41). Ölçekli Fiziksel Model Yöntemi, aslında tasarlanan yapının ölçekli bir maket modelinde belirli kabullere göre gerçekleştirilen fiziksel simülasyondur. Bilgisayar simülasyonuna göre daha zahmetli ve maliyetli bir yöntemdir (Seoane, 2014). Her yeni tasarım için birçok ölçekli model oluşturulup tekrarlanan testler fazla miktarda iş gücü, malzeme ve zaman gerektirmektedir. Bu sebeple günümüzde güncelliğini yitirmiş, tasarımların akustik performans öngörülerinde kullanımı giderek azalmış ve gelişen enformasyon teknolojileri sayesinde yerini sayısal 3D modeller ile bilgisayar simülasyonlarına bırakmıştır.



Şekil 41. Ankara Kültür ve Kongre Merkezi Opera Salonunun 1:20 ölçekli modeli (Rindel, 2011)

1.8.4. Bilgisayar Simülasyonu Yöntemi

Yerinde ölçüm yöntemi ile mekân içerisinde gerçekleştirilen fiziksel akustik ölçümlerin, 3D sayısal model içerisinde bilgisayar ortamında belirli algoritmalar ve kabullere göre sanal olarak gerçekleştirilmesi esasına dayanan yöntemdir. Bu yöntemde tasarımların ya da mevcut binaların 3D bilgisayar modelleri hazırlanmakta ve akustik simülasyon yazılımları ile bilgisayar ortamında akustik davranışları simüle edilmektedir. Gerçek ölçümlerde kullanılan ses kaynağı, alıcı noktası gibi aygıtların yazılım içerisindeki sanal karşılıkları kullanılmaktadır. Mekanların iç yüzeylerini oluşturan yüzey malzemelerine, gerçek yüzey malzemelerine benzer nitelikte ses yutma katsayıları tanımlanmaktadır. Simülasyonlar gerçekleştirilirken genel olarak ışın izleme yöntemi, sanal kaynak yöntemi ya da her ikisinin ortak kullanıldığı hibrit yöntem kullanılmaktadır (Rindel, 2000). Bu yöntemler dışında daha farklı yöntemler ve algoritmalar içeren akustik simülasyon programları da kullanılmakta ve geliştirilmektedir. ODEON, RAYNOISE, CATT, RAMSETE, CARA, CATT ve NEMPÉE günümüzde akustik konusundaki çalışmalarda ve tasarımlarda yaygın olarak kullanılan hacim akustiği simülasyon programlarından bazılarıdır. Uzun yıllardır bu alandaki araştırmaların ve teknolojik gelişmelerin sonucu olarak bilgisayar simülasyonu tekniği yeterli olgunluğa ulaşmış ve günümüzde hacim akustiği çalışmalarında güvenilir bir performans değerlendirme aracı haline gelmiştir

(Abdou, 2003). Tasarım sırasında, henüz mevcut olmayan bir mekanın akustik performansını değerlendirmede, kullanılan diğer yöntemlere göre maliyet, süre ve hassasiyet bakımından önemli avantajlar sağlamaktadır. Mevcut mekanların da akustik performanslarının değerlendirilmesinde, özellikle de mekanlarda yapılacak değişiklik ve düzenlemelerin akustik performansa olacak muhtemel etkilerinin ön görülmesinde oldukça faydalı ve etkin bir yöntemdir. Ayrıca diğer yöntemlere göre (kullanılan yazılıma göre değişmekle birlikte) daha çok nesnel parametre üzerinde işlem yapması sayesinde akustik performansın daha detaylı olarak değerlendirilebilmesine ve öngörülebilmesine imkan vermektedir. Gelişen bilgisayar teknolojileri ile birlikte her gün gelişmekte olan akustik simülasyon yazılımlarının hassasiyetleri ve simülasyonların güvenilirlikleri artmakta, eklenen yeni fonksiyonlar sayesinde daha kapsamlı, pratik ve kullanışlı hale gelmektedir. Bilgisayar simülasyonu yöntemi ile başarılı bir akustik simülasyon işlemi gerçekleştirilebilmesi için gerçek ortam şartları bilgisayar ortamında en doğru şekilde temsil edilmelidir. Geometri ve malzeme kabulleri en doğru şekilde belirlenip gerçekleştirilecek olan simülasyonlarda uygulanmalıdır.

1.8.5. Diğer Yöntemler

Tasarım aşamasında mekânların akustik performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan başka yöntemler de mevcuttur. Dalga tankı, optik yöntemler (ışık huzmesi, ışık dağılımı, lazer) gibi geçmişte mekânların akustik performanslarının tasarım sürecinde öngörülmesinde kullanılmış teknikler de bulunmaktadır (Rindel, 2002). Bu teknikler akustik performansı sayısal veriler üzerinden değerlendirmek yerine ses alanının mekân içerisindeki muhtemel oluşumunu görsel olarak elde edip grafik olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bilgisayar simülasyonu yönteminin gelişip belirli bir olgunluğa ulaşmasının ardından, özellikle dalga tankı tekniği zamanla güncelliğini yitirmiştir. Optik yöntemler ise mekânlar içerisindeki ses alanının ön görülmesi ve sesin mekân içerisinde ideal dağılımını sağlanması için ön tasarım aşamalarında, tasarımların ana hatlarının oluşturulması için günümüzde de pratik bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

1.9. İstatistiksel Analizler

İstatistik bilimi, etkin bir karar verebilme için olaylara ait matematiksel verilerin toplanması, düzenlenmesi, sunumu, incelenmesi ve yorumlanması olarak tanımlanmaktadır (Tüysüz ve Abanuz, 2012). Sayısal verilerin analiz edilmesi ile bir örneklem üzerinden genel kitle hakkında fikir edinmek, geçmişte yaşanan olayları matematiksel veriler üzerinden analiz ederek gelecekte ortaya çıkabilecek muhtemel durumlar için daha etkili karar verebilmek, istatistik biliminin temel amaçlarındandır. Günümüzde tıpta belirtilere göre hastalıkların teşhisinden eczacılıkta ilaçların etki düzeyinin tespitine, reklamcılıkta kullanıcı tercihlerinin değerlendirilmesinden sosyolojide seçim sonuçlarının öngörülmesine, şirket ve devlet bazında kaynakların analiz edilip strateji ve politika belirlenmesine, bilişimde yapay zeka ve akıllı makine teknolojilerine kadar istatistik bilimi hayatın her alanına girmiş durumdadır.

Farklı amaçlar ve farklı tipteki problemlerin çözümü için birçok istatistiki analiz yöntemi bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılacak istatistiki yöntemler korelasyon ve regresyon analizleridir.

1.9.1. Korelasyon

En basit tanımıyla değişkenler arasındaki etki ilişkisinin incelenmesidir. Karakterler arasında ya da karakterlerle çevre arasında görülen ve birinin değişmesiyle ötekinin de değişmesi ya da bir etkenin etkisiyle birlikte değişme olayı korelasyon olarak ifade edilmektedir (İnal ve Günay, 1993). Bir ya da daha fazla sayıdaki değişkenin değerinin artmasının başka bir değişken ya da değişkenlerin değerindeki değişime olan etkisini ifade etmektedir. İki değişkenin değerlerinin birbirine bağlı değiştiği durumlar her zaman matematiksel bir kesinlikte açıklanamayabilir. Örnek olarak bir alışveriş merkezine gelen müşteri sayısının alışveriş merkezinde yapılan satışlara olan etkisi verilebilir. Alışveriş merkezine ne kadar çok kişi gelirse o kadar çok satış olacağı ön görülür. Fakat günlük ziyaretçi sayısı ile günlük satış miktarları arasında matematiksel bir kesinlik yoktur. Aynı sayıda ziyaretçinin farklı günlerde gelmesi, yine aynı miktarda satış yapılacağı anlamına gelmemektedir. Çünkü her ziyaretçi standart miktarda alışveriş yapmamaktadır. Bazı ziyaretçiler yüklü miktarda alışveriş yaparken bazıları hiç yapmamaktadır. Fakat bu durum, yapılan satışların ziyaretçi sayısından tamamen bağımsız olduğu ve etkilenmediği anlamına

da gelmemektedir. Ziyaretçi sayısı ile satış miktarı arasında matematiksel kesinlikte bir ilişki ortaya konamazken istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu söylenebilir. Ziyaretçi sayısının yapılan satış miktarını ne derecede etkilediğini korelasyon katsayısı ortaya koymaktadır.

Korelasyon katsayısı -1 ile 1 arasında bir sayıdır. Korelasyon katsayısının sıfır ya da sıfıra yakın olması, değişkenler arasında bir ilişkinin olmadığı veya çok zayıf bir ilişkinin bulunduğunu ifade etmektedir. Korelasyon katsayısının bire doğru yaklaşması değişkenler arasında aynı yönlü bir etki olduğu, yani değişkenlerden birinin değerinin artması ile diğerinin de değerinin arttığı anlamına gelmektedir. Tam 1 olması durumunda ise matematiksel kesinlikte bir doğru orantı olduğunu göstermektedir. Sayının -1'e doğru yaklaşması, yani negatif korelasyon ise değişkenler arasında ters yönlü bir ilişki olduğu, yani değişkenlerden birinin değerinin artmasının diğerinin değerini azalttığı anlamına gelmektedir. Tam -1 olması ise matematiksel kesinlikte bir ters orantı olduğunu göstermektedir. Korelasyon katsayısı ile değişkenler arasındaki ilişkinin yorumlanması aşağıdaki tabloda verilmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Korelasyon katsayısının yorumlanması (Schober vd., 2018)

0 - 0.1	İhmal edilebilir korelasyon (Yok ya da yok sayılabilir)
0,1 – 0,39	Zayıf korelasyon
0.4 - 0.69	Orta şiddette korelasyon
0.7- 0.89	Yüksek korelasyon
0.9-1	Çok yüksek korelasyon

1.9.2. Regresyon Analizi

Korelasyon analizi ile değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı ortaya konduktan sonra bu ilişkinin derecesi regresyon analizi ile ortaya konulmaktadır. Aralarında ilişki bulunan değişkenlerde, bir değişkenin değerlerindeki ne kadarlık değişimin diğer değişkeni ne miktarda değiştirdiğini belirleyen matematiksel bir model ortaya konulmaktadır. Tanım olarak regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki ya da daha fazla değişken arasındaki bağlantıyı, sonuçları ön görebilmek amacıyla regresyon modeli denilen matematiksel bir model ile açıklayan bir istatistik analiz yöntemidir (Şahinler, 2000). Korelasyon analizindeki örnek üzerinden açıklanacak olursa, belirli bir süre alışveriş

merkezini ziyaret eden müşteri sayısı ve günlük cironun kayıtları tutulduğunda, bu veriler analiz edilerek daha sonraki bir günde gelen müşteri sayısına göre ne kadarlık ciro yapılacağı yaklaşık olarak regresyon modeli ile hesaplanabilmektedir. Regresyon analizinde sonucu ön görülmek istenen değişken “bağımlı değişken” (örnekteki ziyaretçi sayısı) , değerleri bilinen ve sonucu etkileyen değişken ya da değişkenler de “bağımsız değişken” (örnekteki ciro) olarak adlandırılmaktadır. Bağımlı değişkenin tek bir bağımsız değişkene bağlı olduğu analizler basit regresyon, birden fazla değişkene bağlı olduğu analizler ise çoklu doğrusal regresyon olarak adlandırılmaktadır (Balcı vd., 2012).

Basit regresyon:

$$Y = a + b \cdot X + \varepsilon \quad (19)$$

Çoklu doğrusal regresyon:

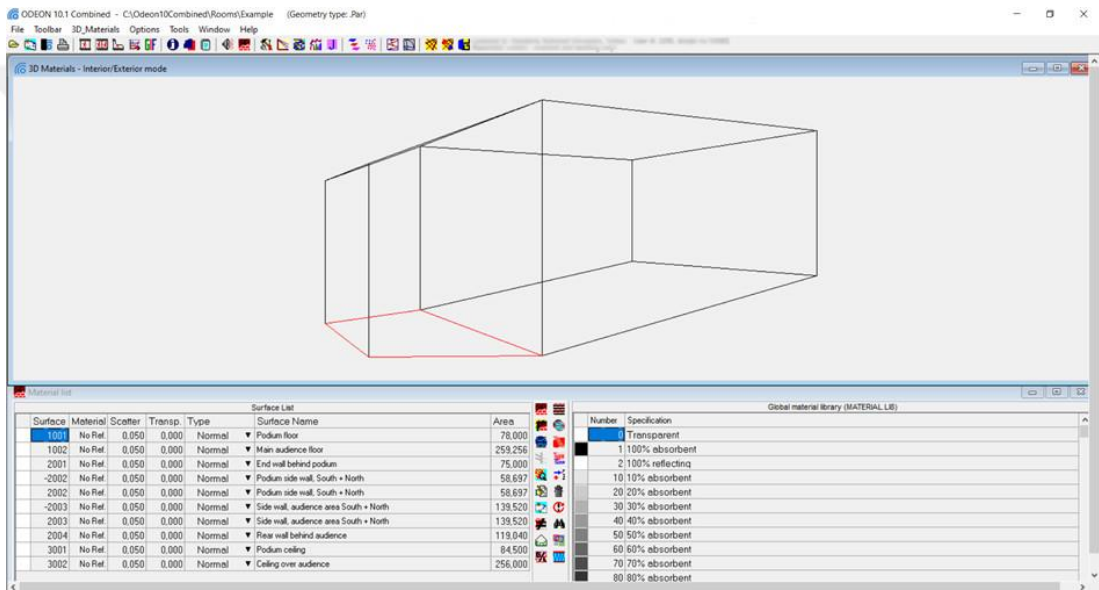
$$Y = a + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_4 \cdot X_4 \dots B_n \cdot X_n + \varepsilon \quad (20)$$

Y: Bağımlı değişken, a: regresyon analizinde elde edilen sabit sayı, X: Bağımsız değişken, ε : Hata payı

1.10. ODEON Akustik Simülasyon Programı

Günümüzde hacim akustiği simülasyonlarında kullanılan bilgisayar yazılımlardan birisi, Danimarka Teknik Üniversitesinde geliştirilen ODEON programıdır. Mimari tasarımlarda, ticari alanlarda ve bilimsel çalışmalarda en yaygın olarak kullanılan yazılımlardan birisi olarak ortaya çıkmaktadır. Program, akustik hesaplamalarda kullanılan ışın izleme ve hayali kaynak yöntemlerini esas alan hibrit bir algoritma üzerinde oluşturulmuştur. Ses enerjisinin mekân içerisindeki yayılımının erken aşamasında ışın izleme ve sanal kaynak yöntemleri, ileri aşamasında ise sadece ışın izleme yöntemi kullanılarak simülasyonların daha kısa sürelerde gerçekleştirilip hassas sonuçlar verebilmeleri sağlanmaktadır (Christensen, 2009). Model içerisinde tanımlanan ses kaynağından çıkan ışınların yüzeylerdeki sanal kaynaklardan yansımasını simüle ederek mekân içerisindeki ses alanının sanal olarak oluşturulması, ses alanı içerisinde tanımlanan alıcı noktalardaki sesin nesnel parametre değerlerinin tespit edilmesi şeklinde çalışmaktadır.

Yapıların sayısal modelleri ODEON'un içerisinde bulunan 3D editöründe oluşturulabilmekte ya da harici bir 3D programında (Sketchup, Autocad, 3Dmax, Rhino vb.) oluşturulup ODEON'a aktarılabilir. Program içerisinde, modeli oluşturan yüzeylere programın kütüphanesinde bulunan yüzey malzemeleri ile yüzeylerin ses yutma ve ses saçıcılık katsayıları tanımlanmaktadır. Program kütüphanesinde bulunmayan malzemeler için de malzeme editörü kullanılarak bilimsel literatürden ve deney sonuçlarından elde edilen veriler ile yeni malzemeler oluşturulup kütüphaneye eklenebilmektedir. Kullanımı basit, gelişmiş bir ara yüzü bulunmaktadır (Şekil 42).



Şekil 42. ODEON 10.1 programının ara yüzü

Mekânların kullanım senaryolarına göre belirlenen konumlara alıcı ve kaynak noktaları, mekân içerisinde 3 boyutlu koordinat sistemi ile tanımlanmaktadır. Bu şekilde fiziksel akustik ölçüm uygulamasının koşulları bilgisayar ortamında, sanal olarak oluşturulmaktadır. Işın sayısı, hassasiyet düzeyi gibi ayarlamalar yapılarak simülasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Simülasyon işlemi “Survey”, “Engineering” ve “Precision” olarak adlandırılan üç farklı hassasiyet düzeyinde gerçekleştirilmektedir. Survey modu en hızlı ve en düşük hassasiyet düzeyini, Precision modu simülasyon süresi en uzun olan fakat en hassas sonuçları veren hassasiyet düzeyini ifade etmektedir. ODEON programı ile gerçekleştirilen simülasyonlar sonucu simüle edilen mekânlardaki T30, EDT, D50, C80, STI, LF80, SPL, Ts, SPL(A) ve LG80 nesnel parametrelerine ait sonuçlar ön görülebilmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Literatür araştırmasından sonra tez çalışmasının hedefleri ilk olarak dikdörtgen planlı, kırma çatılı ve düz tavanlı geleneksel camilerin mimari yapılarının incelenmesi, ortak özellikleri ve farklılık gösterdikleri yönlerin belirlenmesidir. İkinci olarak da bu camilerin akustik nitelik ve performanslarının tespiti ve akustik performansı belirleyen geometrik etkenler ile yüzey malzeme özelliklerinin belirlenmesidir. Son olarak da geometrik büyüklük ve malzeme özelliklerine göre camilerin genel akustik performansları ve akustik performanslarının ana ibadet salonları içerisindeki değişimlerini ön görebilecek olan istatistiksel bağıntıların elde edilerek tasarımcıların kullanımına sunulmasıdır.

Tezin kapsamı ve ana hedefler belirlendikten sonra tez konusu kapsamındaki çalışmalar; literatür incelemesi, saha çalışmaları, deneysel çalışmalar ve sayısal analizler olarak dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Literatür incelemesinde çalışma kapsamına alınacak camiler tespit edilmiş ve çalışmanın yöntemi ile referanslar belirlenmiştir. Ayrıca kurumsal arşivlerden yakın dönemde restorasyon geçirmiş camilerin rölöve çizimleri elde edilmiştir.

Saha çalışmasında; belirlenen camiler yerinde incelenmiş, tarihsel süreçleri hakkında bilgi toplanmış, fotoğraflarla belgeleme işlemleri yapılmış ve ibadet birimlerinin iç yüzeylerini oluşturan malzemeler tespit edilmiştir. Ayrıca çizimleri arşivlerde bulunmayan camilerin detaylı ölçümleri yapılmıştır. Literatür incelemesi ve saha çalışmalarında elde edilen veriler ile camilerin sayısal ortamda 3D modelleri hazırlanmıştır.

Deneysel çalışma aşamasında öncelikle, akustik simülasyonlara referans olabilmesi için Ortahisar İçkale Camii'nde fiziksel akustik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra aynı camide, literatürden seçilen, gerçek yüzey malzemelerine fiziksel yapıları bakımından en yakın özelliklerde olan malzemeler seçilerek bu malzemelerin ses yutma katsayıları ile ön simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonrası sonuçlar karşılaştırılıp ses yutma katsayıları modifiye edilerek simülasyon sonuçları fiziksel ölçüm sonuçlarına yaklaştırılmıştır. Bu işlem sonucu elde edilen modifiye malzemeler ile çalışma kapsamındaki bütün camilerin akustik simülasyon işlemleri gerçekleştirilmiş ve bütün camiler için sesin nesnel parametre değerleri elde edilmiştir.

Sayısal analiz aşamasında akustik simülasyon işlemleri sonucu elde edilen sesin nesnel parametre değerleri incelenmiş, istatistiki analizler ile ilgili parametrelerin ön görülmesini

sağlayacak, farklı değişkenlere göre istatistiksel modeller kurgulanıp geçerlilikleri deneme yanılma yöntemi ile incelenmiştir.

2.1. Camilerin Tespiti

Çalışma kapsamında öncelikle Doğu Karadeniz Bölgesinde Giresun, Trabzon, Gümüşhane, Rize İllerinde bulunan dikdörtgen planlı ve ahşap çatılı camiler üzerine bir ön araştırma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada öncelikle geçmiş yüzyıllarda inşa edilmiş olan geleneksel camilerin incelenmesi, bu camilerin tasarım ve inşa süreçlerinde kullanılan tekniklerin, tasarımlardaki ortak ve farklı yönlerin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu sebeple çalışma kapsamında seçilen camilerin hepsi tarihi nitelikte olan, betonarme inşa tekniği uygulanmamış, ahşap kırma çatılı ve dikdörtgen planlı camilerdir. Örneklemenin belirlenmesinde öncelikli olarak camilerin, istatistiksel analizlerde tutarlılık sağlanması açısından standart bir geometriye sahip olmaları istenmiştir. Bu sebeple örnekleme sadece düz mahfilli ve düz tavanlı camiler ile tavan ve mahfillerindeki dekoratif amaçlı farklılıkların akustik performansı ciddi oranda etkilemeyecek düzeyde küçük olduğu camiler dahil edilmiştir. Tavanında gizli kubbe bulunduran, “U” mahfilli ve mahfilsiz camiler örneklem kapsamına alınmamıştır. Yapısal olarak sadece geleneksel konstrüksiyon sistemine uygun taş duvarlı, çatısı ve mahfili ahşap olan camiler örnekleme dahil edilmiştir. Duvarları ahşap ya da kerpiç olan camiler ile tadilat sonrası mahfili veya tavanı betonarme olarak değiştirilerek orijinal yapısı bozulan camiler örneklem kapsamına alınmamıştır. İstatistiksel analizlerin daha geniş bir kullanım alanında uygulanabilmesi ve yaygın etkisinin artması için örneklemin farklı boyut, hacim ve kapasitelerdeki camilerden oluşması istenmiştir.

Bu belirlenen kriterler ve tercihler çerçevesinde Rize, Trabzon, Giresun ve Gümüşhane İllerin sınırları içerisinde olan 16 adet cami belirlenerek örneklem oluşturulmuştur. Bu camilerin 10 tanesi Trabzon, 3 tanesi Giresun, 2 tanesi Rize ve 1 tanesi Gümüşhane İlleri sınırları içerisinde bulunmaktadır. Camilere ait rölövelerin elde edilmesi için Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivlerinden yararlanılmıştır. Neredeyse tamamı vakıf eserleri olan tarihi camilerden yakın dönemde restorasyon görmüş olanların tamamının rölöveleri, Doğu Karadeniz Bölgesi vakıf eserlerinden sorumlu olan Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivlerinde bulunmaktadır. Ön araştırma aşamasında bu çizimler arşivlerden temin edilmişlerdir. Örneklemdeki camiler kapsamında, arşivlerde sadece Çayeli Caferpaşa, Yomra Kohalı ve Giresun Çekkek Camilerine ait rölöve çizimlerine

ulaşılamamıştır. Rölövelerine ulaşılamayan bu camiler için, yerinde inceleme aşamasında detaylı geometrik ölçümler yapılmış ve 3D sayısal modeller oluşturulmuştur.

2.2. Çalışma Kapsamında İncelenen Camiler ve Özellikleri

Örnekleme için seçilen camiler içerisinde en küçüğü toplam kapasitesi yaklaşık 61 kişi olan Ardeşen Pirinçlik Köyü Camii, en büyüğü ise toplam kapasitesi yaklaşık 293 kişi olan Kelkit Ulu Camii'dir. Camilerin hacimleri 200 m³ ile 1550 m³ arasındadır. İç yüzeylerini oluşturan malzemeler camilerin tamamında ortaktır, yalnızca boyutlara ve tasarıma göre miktarları değişmektedir. Akustik simülasyonlarda ihmal edilebilecek düzeyde olan priz, anahtar, elektrik panoları gibi detaylar dikkate alınmamıştır. Çalışma kapsamında incelenecek 16 adet cami ve bu camilere ait bazı sayısal veriler Tablo 4 ve Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 4. Çalışma kapsamında incelenecek camiler ile camilerin konum, alan ve kapasiteleri

Cami	Konumu	Net zemin alanı (m ²)	Net mahfil alanı (m ²)	Zemin kapasitesi (kişi)	Mahfil kapasitesi (kişi)	Toplam kapasite (kişi)
Ortahisar Erdoğan Camii	2 nolu Erdoğan Mh., Ortahisar, Trabzon	89,9	32,7	91	33	124
Ortahisar İçkale Camii	Ortahisar Mh., Ortahisar, Trabzon	103,2	38,4	105	39	144
Ortahisar Tavanlı Camii	Gazipaşa Mh., Ortahisar, Trabzon	93,7	31,6	95	32	127
Ortahisar Hocalı Camii	Pazarkapı Mh., Ortahisar, Trabzon	67,7	27,9	69	28	97
Akçaabat Dürbinar Camii	Dürbinar Mh., Akçaabat, Trabzon	91,8	33,7	93	34	127
Araklı Hacı Hasan Camii	Merkez Mh., Araklı, Trabzon	74,5	17,9	77	18	95
Arsin Atayurt Camii	Atayurt Mh., Arsin, Trabzon	157,3	45,5	160	46	206
Tonya Karşular Camii	Karşular Mh., Tonya, Trabzon	72,6	29,4	74	30	104

Tablo 4'ün devamı

Cami	Konumu	Net zemin alanı (m ²)	Net mahfil alanı (m ²)	Zemin kapasitesi (kişi)	Mahfil kapasitesi (kişi)	Toplam kapasite (kişi)
Yomra Kohalı Camii	Kohalı Mh., Yomra, Trabzon	53,6	15,6	54	15	69
Sürmene Karacakaya Camii	Karacakaya Mh., Sürmene, Trabzon	109,3	32,7	111	33	144
Çayeli Caferpaşa Camii	Caferpaşa köyü, Çayeli, Rize	114,1	32,9	116	33	149
Ardeşen Pirinçlik Camii	Pirinçlik köyü, Ardeşen, Rize	44,9	16,6	45	16	61
Giresun Çekerek Camii	Gemilerçekeği Mh., Giresun	129,3	37,3	131	38	169
Bulancak Ahmetli Camii	Ahmetli köyü, Bulancak, Giresun	83,7	35,3	85	36	121
Keşap Uğurca Camii	Uğurca Mh., Keşap, Giresun	77,8	28,6	79	29	108
Kelkit Ulu Camii	Büyükcami Mh, Kelkit, Gümüşhane	216,3	72	220	73	293

Tablo 5. Örneklemdaki camilere ait geometrik veriler

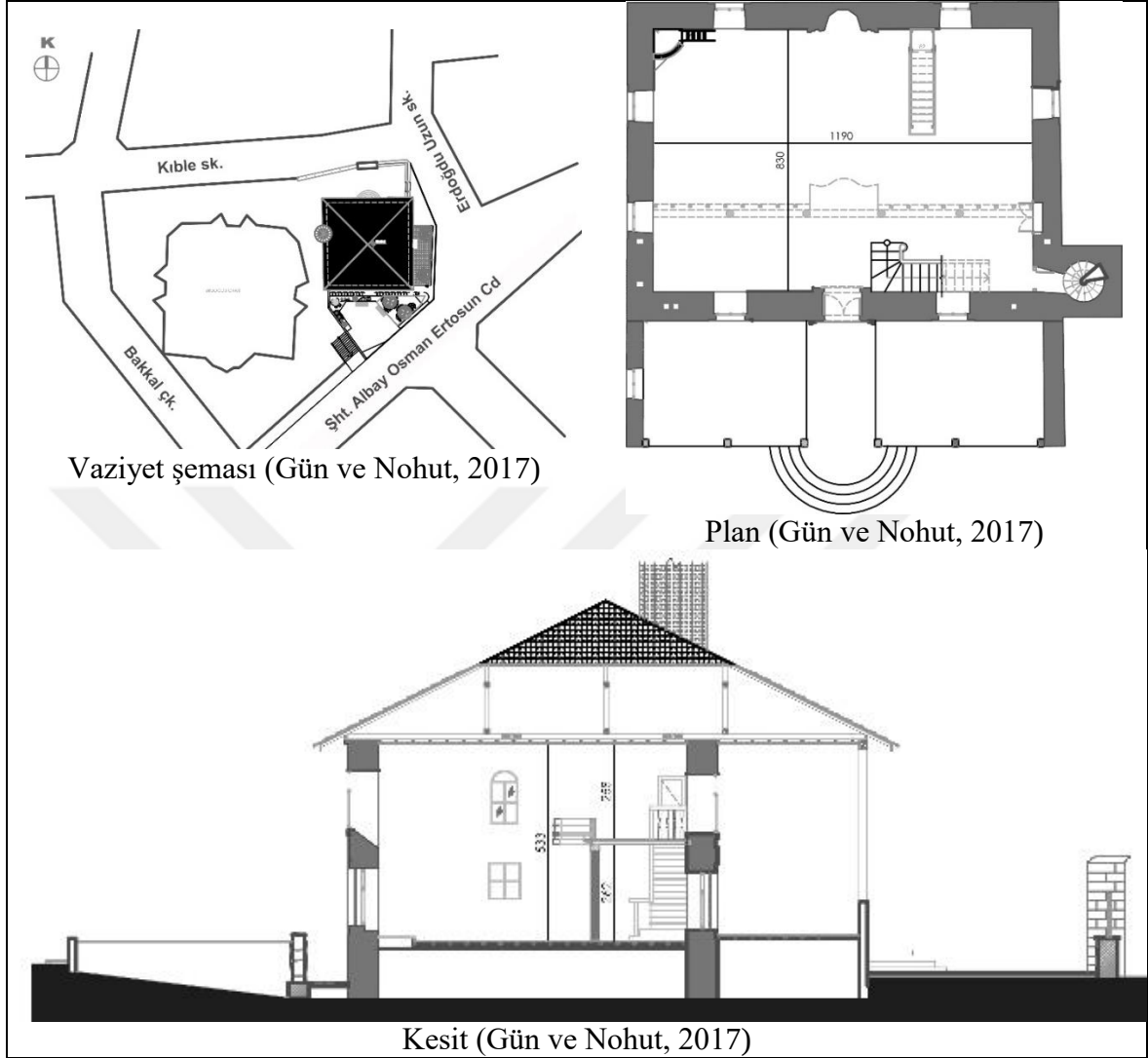
Cami	Hacim (m ³)	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Brüt zemin alanı (m ²)
Ortahisar Erdoğan Camii	560	8,3	11,9	5,33	98,8
Ortahisar İçkale Camii	640	11,55	9,8	5,3	113,2
Ortahisar Tavanlı Camii	560	10,6	9,3	5,15	98,6
Ortahisar Hoca Halil Camii	435	8,45	8,5	5,7	71,8
Akçaabat Dürbinar Camii	720	10,6	9,1	6,75	96,5
Araklı Hacı Hasan Camii	350	10,05	7,8	4,25	78,4
Arsin Atayurt Camii	1185	14,8	10,9	7	161,3
Tonya Karşular Camii	415	9,75	7,9	5,15	77
Yomra Kohalı Camii	330	8,55	7,15	4,9	61,1
Sürmene Karacakaya Camii	660	11,2	10,05	5,55	112,6
Çayeli Caferpaşa Camii	810	10,85	11,25	6,25	122,1
Ardeşen Pirinçlik Camii	200	7,65	6,2	4,1	47,4
Giresun Çekerek Camii	780	13,3	10,1	5,25	134,3
Bulancak Ahmetli Camii	495	10,75	8,35	5,35	89,8
Keşap Uğurca Camii	445	9,65	8,55	5,05	82,5
Kelkit Ulu Camii	1550	17,1	13,2	6,2	225,7

2.2.1. Ortahisar Erdoğdu Camii

Trabzon'un merkez ilçesi olan Ortahisar'da, 2 No'lu Erdoğdu Mahallesinde bulunan Erdoğdu Bey Camii döneminin Trabzon valisi olan Erdoğdu Bey tarafından, H. 985 (MS 1577) yılında yaptırılmıştır (Karpuz, 1993). Daha önceden var olan ve zamanla tahrip olan daha basit bir mescidin yerine yapıldığı bilinmektedir (Lowry ve Emecen, 2012). Üzerinde bulunan kitabede 19. yüzyılda kapsamlı bir tadilattan geçmiş olduğu ifade edilmektedir. Çalışma kapsamındaki uzunluk/genişlik oranı en düşük olan ve genişliği uzunluğundan büyük olan tek camidir. Pencereleleri iki sıra halindedir. Üst sıradaki pencereleleri yarım daire kemerli, alt sıradaki pencereleleri ise düz lentoludur. Caminin dış yüzeyi çıplak (kaplamasız), iç yüzeyi ise sıva ile kaplanmıştır. Tek kollu merdiven ile ulaşılan mahfilin ön kısmında dekoratif amaçlı dairesel bir çıkıntı bulunmaktadır. Minaresine ana ibadet mekânının kuzey batı köşesinde bulunan girişten erişilmektedir (Tablo 6, Tablo 7).

Caminin hacmi 560 m^3 , tavan yüksekliği 5,33 m, brüt zemin alanı $161,32 \text{ m}^2$, net zemin alanı $89,9 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $32,7 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 124 kişidir (Tablo 4, Tablo 5).

Tablo 6. Ortahisar Erdoğdu Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 7. Ortahisar Erdoğdu Camii'nin iç ve dış görünüşleri

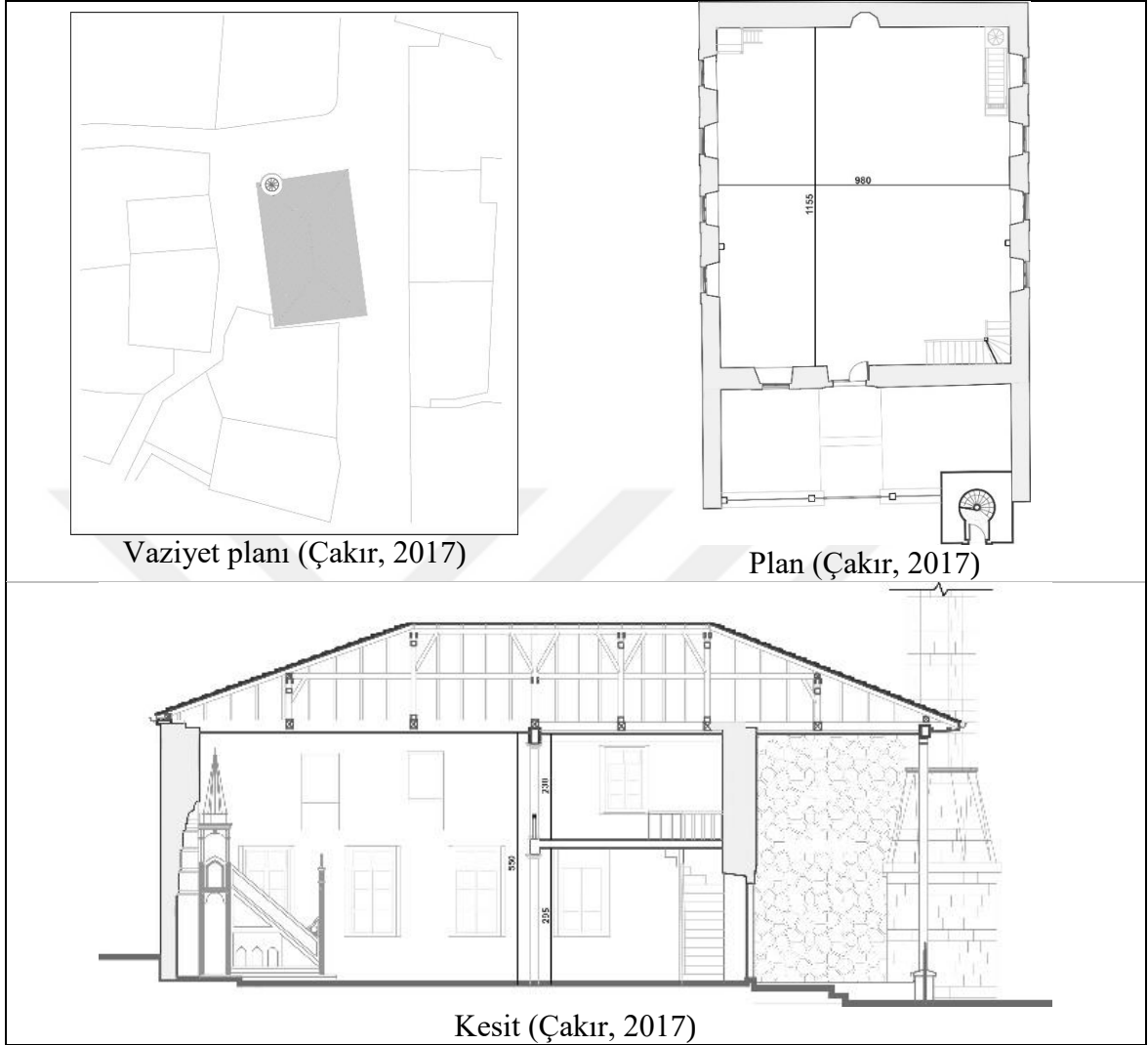


2.1.3. Ortahisar İçkale Camii

Trabzon'un merkez ilçesi Ortahisar'da, Ortahisar Mahallesi tarihinde kale bölgesinde bulunmaktadır. Bulunduğu konum Yukarıhisar olarak isimlendirilen tarihi Trabzon kalesinin üst bölümüdür. Anadolu'daki tipik kale içi camilerindendir. Çalışma kapsamına incelenen camiler içerisinde bilinen en eskisi olan İçkale Camii, kitabesine göre H. 875 (MS 1470) yılında Sultan II. Bayezit'in şehzadesi Abdullah'ın Trabzon'daki valilik görevi sırasında annesi Şirin Hatun tarafından yaptırılmıştır. Eski ismi Mescid-i Valide-i Merhum Sultan Abdullah'dır. Banisinden dolayı Şirin Hatun Camii olarak da adlandırılmaktadır. Kaynaklarda, H. 1286 (MS 1869/1870) ve H. 1309 (MS 1891/1892) yıllarında tadilat gördüğu belirtilmektedir (URL19, 2020). Caminin dış yüzeyi çıplak (kaplamasız), iç yüzeyi sıva ile kaplanmıştır. Mahfil katına ana ibadet mekanından çift kollu bir merdiven ile çıkılmaktadır. Minaresi son cemaat yerinin kuzey tarafında bulunmakta ve sokak tarafında bulunan kapı ile ulaşılmaktadır. Pencereleeri çift sıra halinde ve düz lentoludur (Tablo 8, Tablo 9).

Caminin hacmi 640 m^3 , tavan yüksekliği 5,3 m, brüt zemin alanı $113,2 \text{ m}^2$, net zemin alanı $103,2 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $38,4 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 144 kişidir (Tablo 4, Tablo 5).

Tablo 8. Ortahisar İçkale Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 9. Ortahisar İçkale Camii'nin iç ve dış görünüşleri

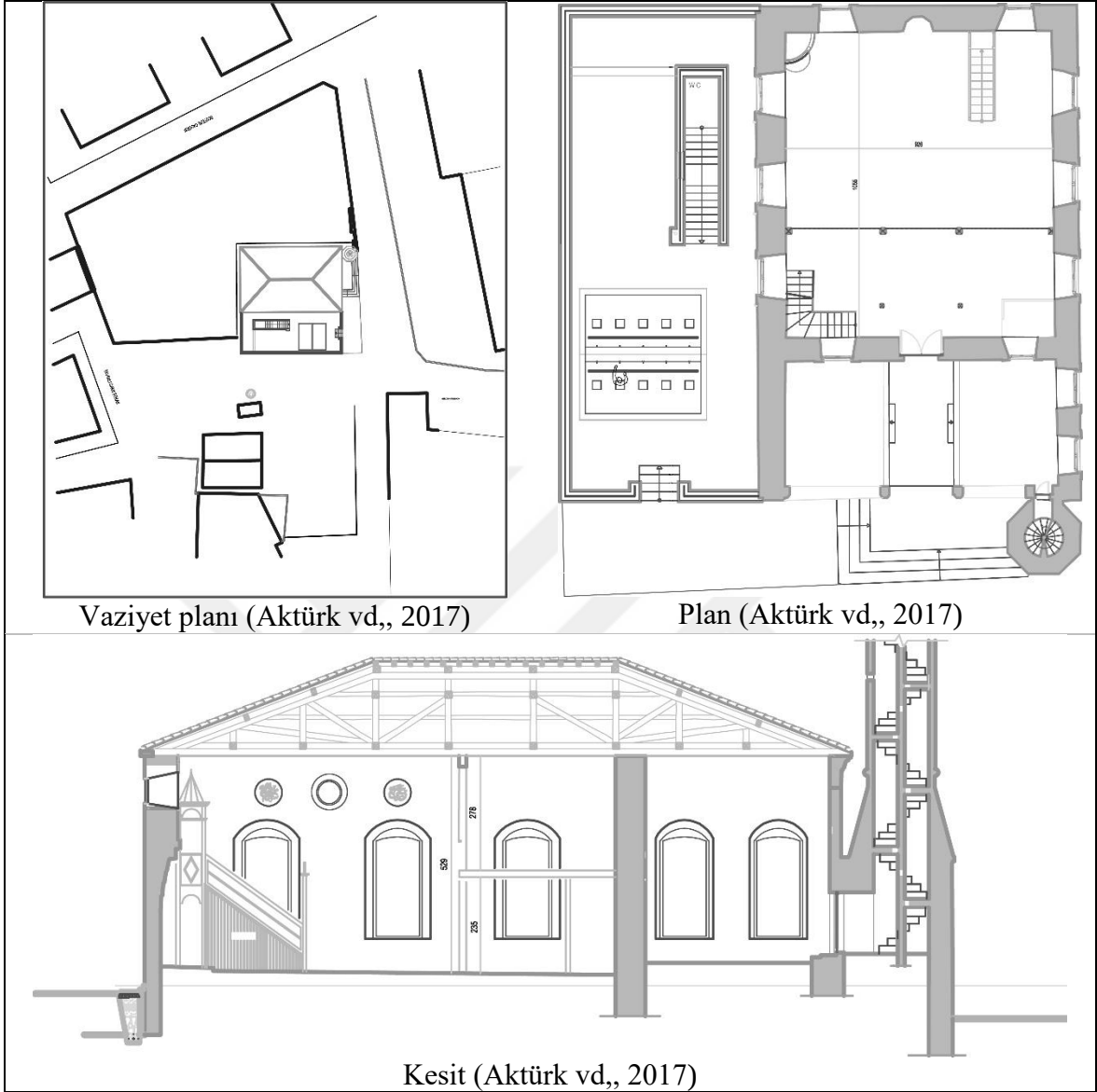


2.1.4. Ortahisar Tavanlı Camii

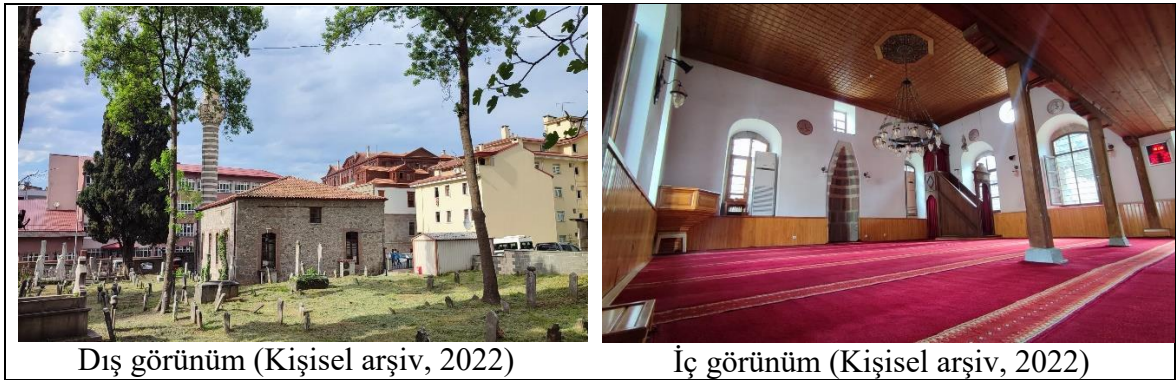
Trabzon'un merkez ilçesi Ortahisar'ın Gazipaşa Mahallesiinde bulunan Tavanlı Camii, H. 1291 (MS 1874) yılında inşa edilmiştir. Banisinin kim olduğu kesin bilinmemekte olup Nemlizadeler ya da Ketencizade Hacı Mehmet adında biri tarafından yaptırıldığı belirtilmektedir. Kitabesinde H.1308/MS1890 yılında bir tadilattan geçtiği belirtilen cami 2010 yılında Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından orijinaline uygun olarak kapsamlı bir restorasyondan geçirilmiştir (Çalık vd., 2016a). Haziresindeki mezarların tahrip edilmediği nadir camilerdendir. Nemlioğlu Camii ismi ile de bilinen (URL 20, 2020) cami ismini işlemeli tavanından almaktadır. Pencereleeri yüksek ve tek sıra halindedir. Basık kemerli ana pencereler dışında tavan seviyesine yakın küçük dairesel ve dikdörtgensel pencereleri bulunmaktadır. Caminin kuzeyinde bulunan minaresine yarı açık mekân şeklindeki son cemaat yerinin batı tarafındaki girişten ulaşılmaktadır. Dış yüzeyleri sıvasız iç yüzeyleri sıva ile kaplanmıştır. Mahfil katına ana ibadet mekanının kuzeydoğu köşesinde bulunan çift kollu merdiven ile çıkılmaktadır (Tablo 10, 11).

Caminin hacmi 560 m^3 , tavan yüksekliği 5,15 m, brüt zemin alanı $98,6 \text{ m}^2$, net zemin alanı $97,3 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $31,6 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 127 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 10. Ortahisar Tavanlı Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 11. Ortahisar Tavanlı Camii'nin iç ve dış görünüşleri

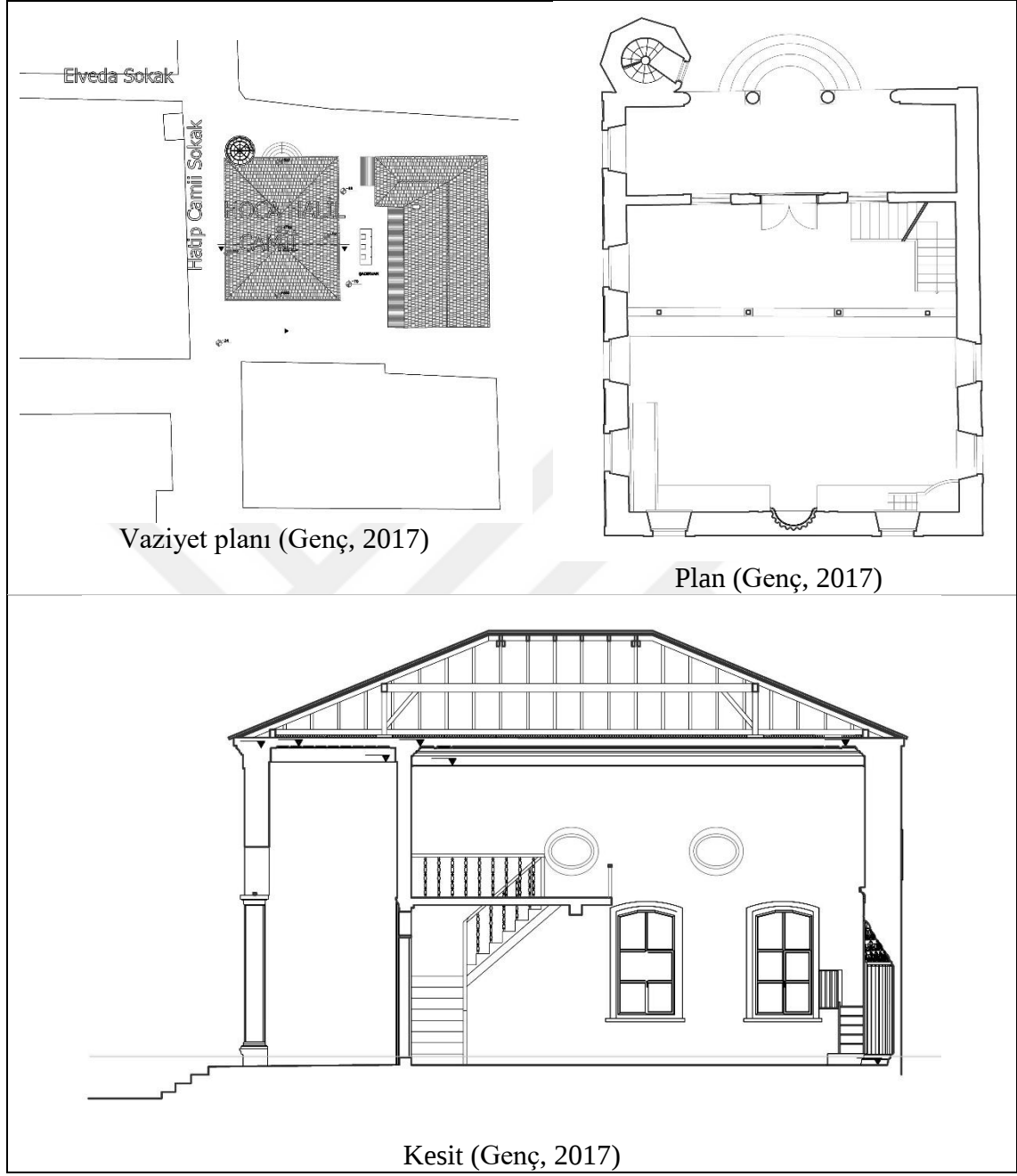


2.1.5. Ortahisar Hoca Halil Camii

Trabzon'un merkez Ortahisar İlçesinde, Pazarkapı Mahallesiinde bulunmaktadır. Tarihi Trabzon Kalesinin sahile yakın bölümü olan Aşağıhisar bölgesindedir. Çalışma kapsamındaki geçmişi en eskiye dayanan camilerden biridir. Kanuni Sultan Süleyman'ın hocası Hoca Halil Efendi tarafından yaptırıldığı ve ismini banisinden aldığı söylenmektedir. Cami hakkındaki ilk verilere 1553 yılındaki tahrir defterinde rastlanmaktadır. Tahrir defterlerindeki kayıtlara göre ilk yapımı 1523-1553 yılları arasındadır. Geçmişte Kalkanoğlu Camii olarak da isimlendirilmiştir. Orijinal yapı 1896 yılında depremde (URL 21, 2021) yıkılarak yerine mevcut cami inşa edilmiştir ve en son şeklini 1963 yılında almıştır (Tuluk ve Düzenli, 2010). Dış yüzeyi kesme taş, kible duvarı moloz taş ile kaplı olup iç yüzeyleri sıvalıdır. Camide tek sıra pencere ve duvarların üst kısımlarında oval açıklıklar vardır. Pencereleri basık kemerlidir. Mahfili dikdörtgen formunda olup mahfile, doğu tarafında bulunan çift kollu merdiven ile çıkılmaktadır. Son cemaat yerinin kuzeyinde, caminin dışında bulunan minaresine erişim caminin sokaktan girişine açılan bir kapıdan sağlanmaktadır. Caminin son cemaat yeri yarı açık olarak yapılmıştır (Tablo 12, 13).

Caminin hacmi 435 m^3 , tavan yüksekliği 5,7 m, brüt zemin alanı $71,8 \text{ m}^2$, net zemin alanı $67,7 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $29,7 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 97 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 12. Ortahisar Hoca Halil Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 13. Ortahisar Hoca Halil Camii'nin iç ve dış görünüşleri



Dış görünüm (Kişisel arşiv, 2017)

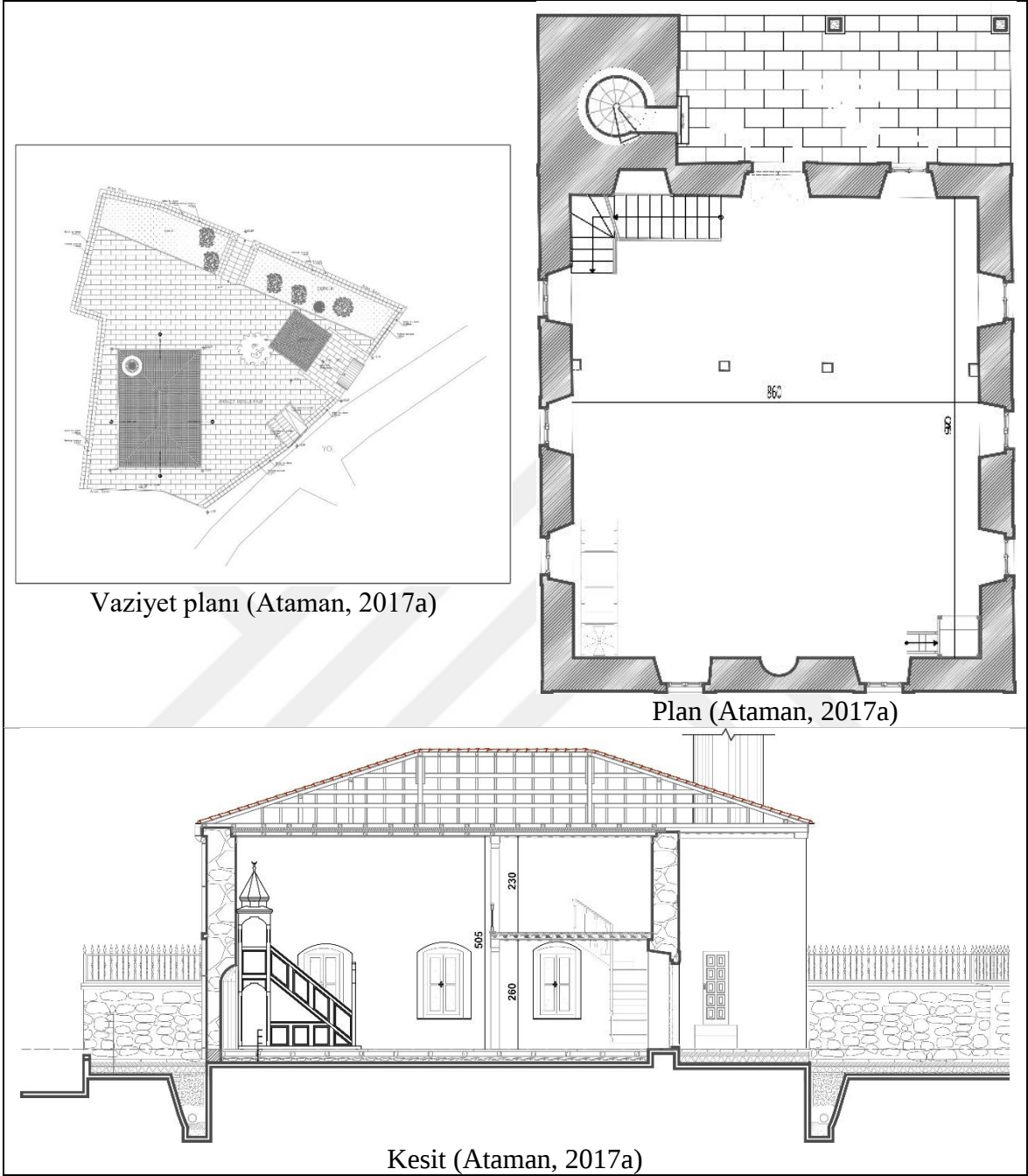
İç görünüm (Kişisel arşiv, 2017)

2.1.6. Keşap Uğurca Camii

Giresun'un Keşap İlçesine bağlı Uğurca Köyünde bulunmaktadır. Orijinal kitabesi bulunmayan caminin, üzerindeki bir levhada H. 1320 (MS 1904) yılında inşa edildiği belirtilmektedir (Altınkaynak, 2008). Kim tarafından yaptırıldığına dair bir bilgiye ulaşılamamıştır. 14 ay süren ve 750 bin liraya mal olan restorasyon çalışmasından sonra 3 Mart 2017 tarihinde gerçekleştirilen tören ile yeniden ibadete açılmıştır (URL 22, 2020). Yan duvarlarında tek sıra, kible duvarı ve kuzey duvarında çift sıra pencereleri bulunmaktadır. Müezzin mahfilinin bulunduğu köşede kuzey duvardaki alt sıra penceresi bulunmamaktadır. Pencerelerin boşlukları basık kemerli, çerçeveleri ise dikdörtgendir. Mahfil katına erişim batı tarafında bulunan çift kollu merdiven ile sağlanmaktadır. Minaresi caminin kuzeybatı köşesinde, son cemaat yerinin hizasında bulunmaktadır. Minareye erişim son cemaat yerine açılan kapıdan sağlanmaktadır (Tablo 14, 15).

Caminin hacmi 445 m^3 , tavan yüksekliği 5,05 m, brüt zemin alanı $82,5 \text{ m}^2$, net zemin alanı $77,8 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $28,6 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 108 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 14. Keşap Uğurca Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 15. Keşap Uğurca Camii'nin iç ve dış görünüşleri



2.1.7. Akçaabat Dürbinar Camii

Trabzon'un Akçaabat İlçesi Dürbinar Mahallesinde yer alan cami Rumi 1159 (H. 1743) yılında inşa edilmiştir. Orijinal kitabesi günümüze ulaşmadığı için kim tarafından yaptırıldığı bilinmemektedir. 1980'li yıllarda geçirdiği tamir ve tadilat ile özgün mimari yapısını kaybetmiştir (Şekil 43). 2013-2014 yıllarında Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen restorasyon çalışmalarında üzerindeki betonarme kubbe, dış yüzeyindeki sıva gibi caminin orijinal mimari yapısında olmayan eklentileri kaldırılarak cami özgün görünümüne yeniden kavuşturulmuştur (Çalık, 2017), (Bozal ve Yıldırım, 2011).

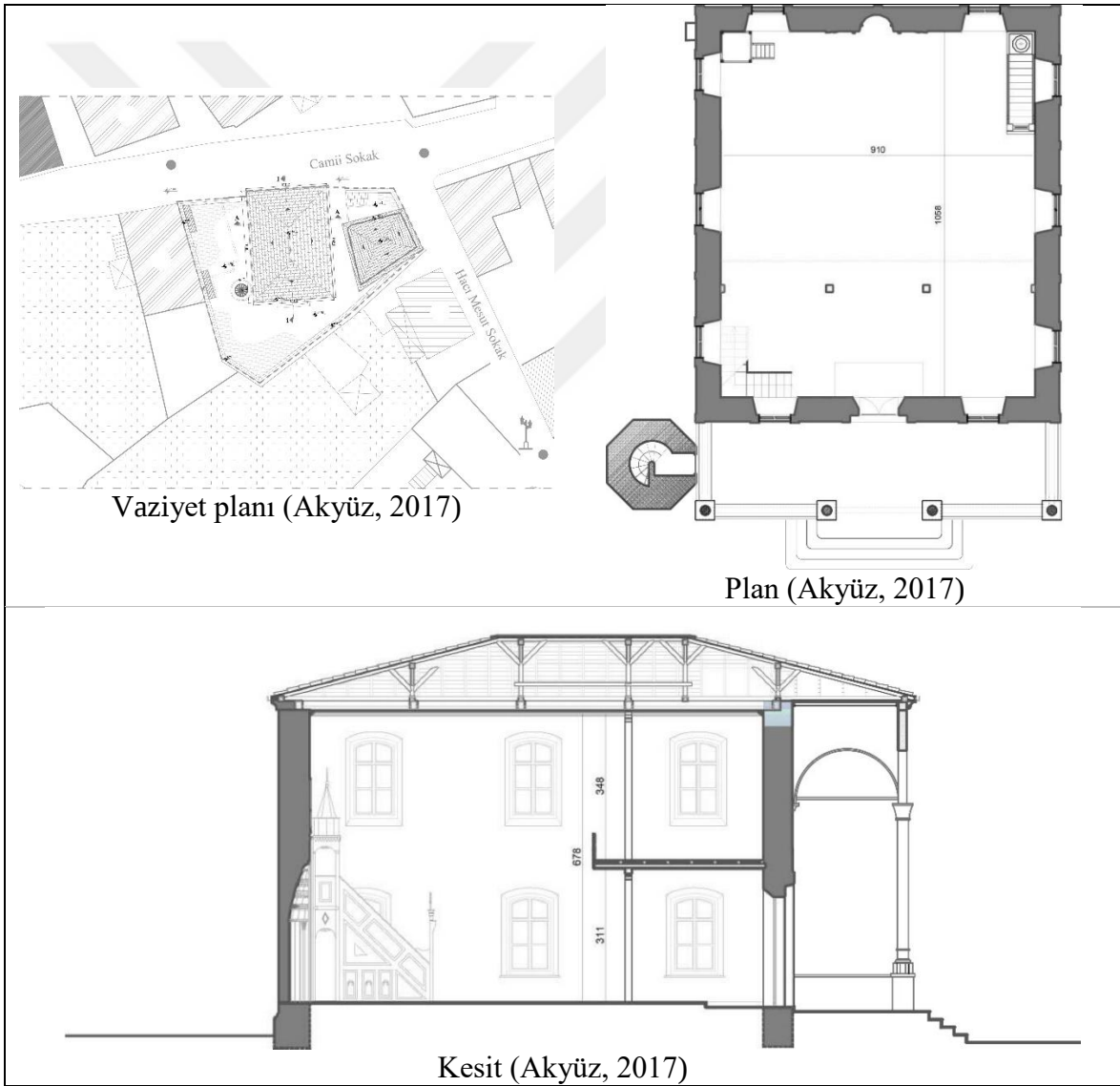


Şekil 43. Restorasyon öncesi caminin durumu (Çalık, 2017)

Camide pencereler iki sıra halinde ve basık kemerlidir. Caminin mahfiline ana ibadet mekanının kuzeybatı köşesinde bulunan çift kollu merdiven ile erişilmektedir. Mahfili tam dikdörtgen biçimindedir. Son cemaat yerinin doğu tarafında bulunan minaresine ise son cemaat yerine açılan kapıdan erişilmektedir (Tablo 16, 17).

Caminin hacmi 720 m^3 , tavan yüksekliği $6,75 \text{ m}$, brüt zemin alanı $96,5 \text{ m}^2$, net zemin alanı $91,8 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $33,7 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 127 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 16. Akçaabat Dürbinar Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 17. Ortahisar Dürbinar Camii'nin iç ve dış görünüşleri



2.1.8. Araklı Hacı Hasan Camii

Örneklem içerisinde bulunmayan, istatistiki analizlerde kullanılmayan bu cami, istatistiksel analiz sonuçların doğrulanması amacıyla fiziksel ölçüm yapmak için çalışma kapsamına alınmıştır. Trabzon'un Araklı İlçesinde yer almaktadır. Üzerindeki levhada belirtilen bilgilere göre H. 1276 (MS 1859) yılında döneminin önemli müderrislerinden ve aynı zamanda şair olan Hacı Hasan Efendi adına yaptırılmıştır. Araklı İlçesinin çarşı merkezinde bulunmaktadır. Geçmiş yıllarda geçirdiği onarımlar sonrasında orijinal görünümünü kaybetmiştir (Şekil 44). Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü tarafından 2010 yılında gerçekleştirilen restorasyon çalışması ile cami özgün görünümüne kavuşmuştur.

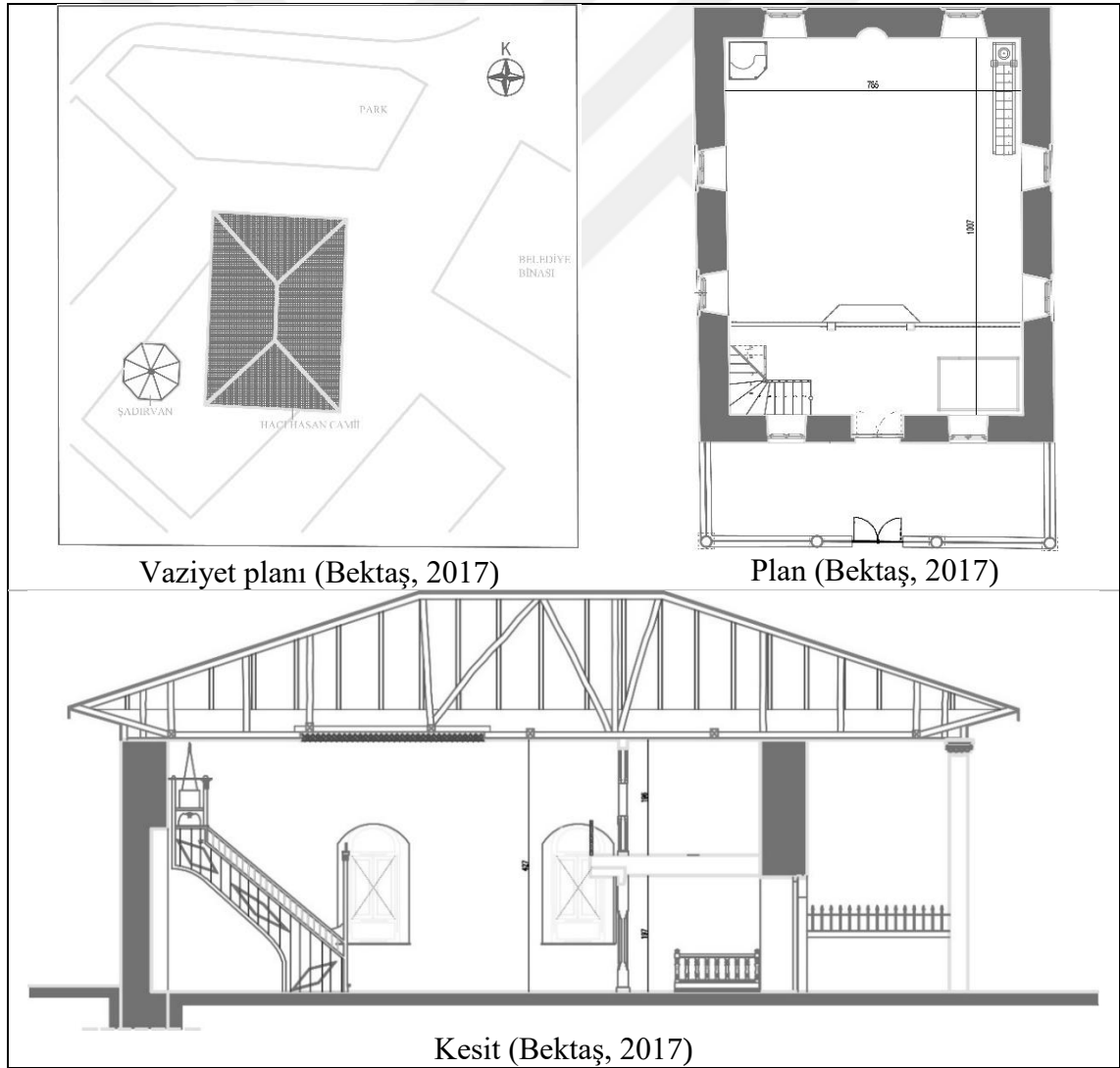


Şekil 44. Araklı Hacı Hasan Camii'nin restorasyon öncesindeki dış ve iç görünüşleri

Caminin dış duvarı moloz taş ile inşa edilmiş olup iç yüzeyi sıva kaplanmıştır. Tek sıra pencereleri bulunmakta olup pencere boşlukları yarım daire kemerlidir. Mahfile erişim ana ibadet salonunun kuzeybatı köşesinde bulunan çift kollu merdiven ile sağlanmaktadır. Mahfilin ön kısmında dekoratif amaçlı dörtgensel bir çıkıntı vardır. Yarı açık alan şeklinde olan son cemaat yerinin açık kısımları cam paneller ile kapatılmıştır. Caminin minaresi bulunmamaktadır (Tablo 18, 19).

Caminin hacmi 350 m^3 , tavan yüksekliği 4,25 m, brüt zemin alanı $78,9 \text{ m}^2$, net zemin alanı $74,5 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $16,5 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 86 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 18. Araklı Hacı Hasan Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 19. Araklı Hacı Hasan Camii'nin iç ve dış görünüşleri



Dış görünüm (Kişisel arşiv, 2017)

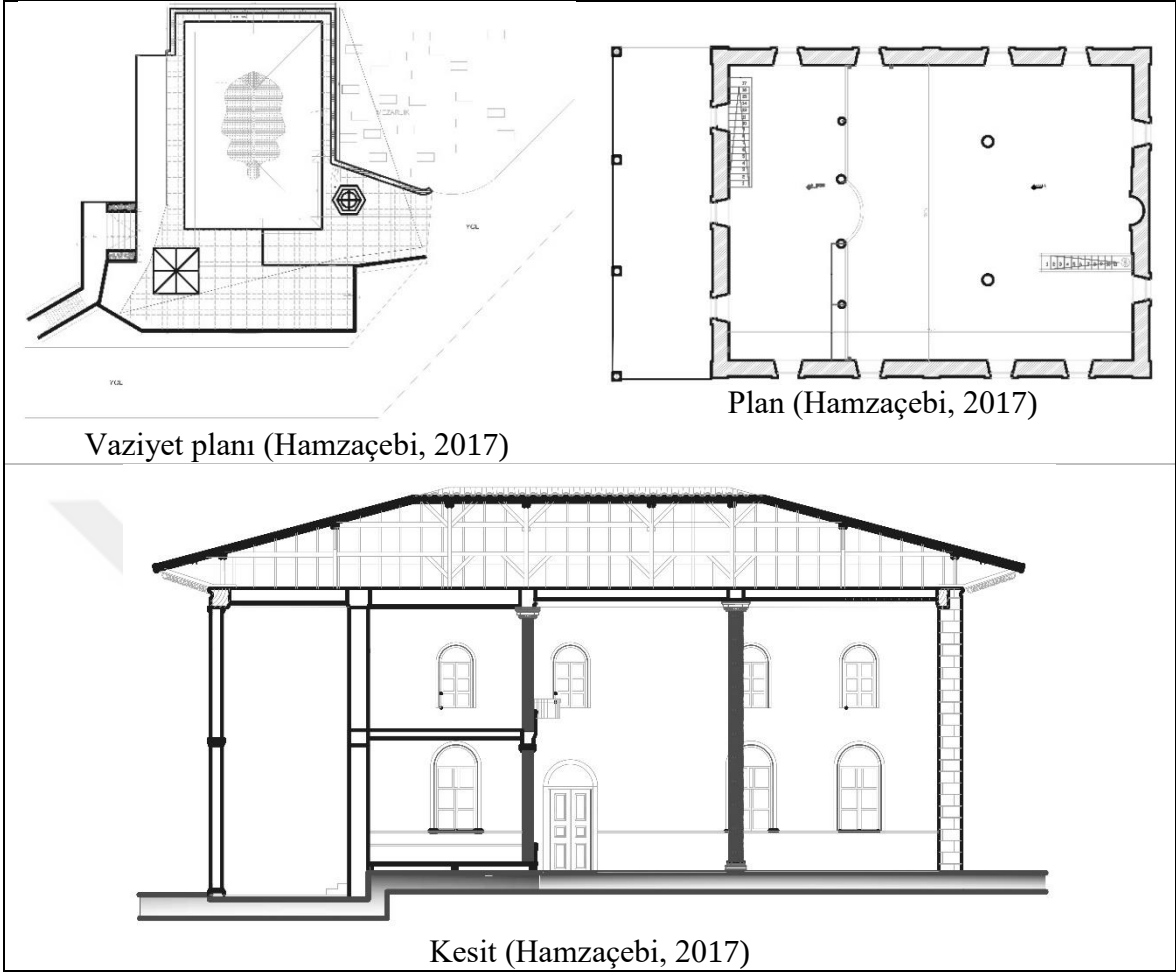
İç görünüm (Kişisel arşiv, 2017)

2.1.9. Arsin Atayurt Camii

Trabzon'un Arsin ilçesi Atayurt Beldesine bağlı Çatak Köyünde bulunmaktadır. Dik bir tepenin yamacında inşa edilmiştir. Üzerinde bulunan levhaya göre H. 1317 / MS 1899 yılında inşa edilmiştir ve kim tarafından inşa edildiği bilinmemektedir. Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından 2007 yılında restore edilmiştir. Büyük kapasiteli merkez camilerinden biridir. Ahşap oymaları ve duvarlarındaki kalem işçiliği ile estetik olarak öne çıkan camilerdendir. Örneklemedeki diğer camilerden farklı olarak kuzey ve doğu duvarlarında olmak üzere iki adet giriş kapısına sahiptir. Dış yüzeyi kesme taş olup iç yüzeyi sıva ile kaplanmıştır. Çift sıra pencereleri olan caminin pencere boşlukları yarım daire kemerli, çerçeveleri ise dikdörtgendir. Çatısı, duvarlar dışında ana ibadet mekanında bulunan iki adet ahşap kolon ile desteklenmektedir. Mahfile erişim kuzeydoğu köşesinde bulunan çift kollu merdiven ile sağlanmaktadır. Mahfilinin ön kısmında dekoratif amaçlı dairesel bir çıkıntı bulunmaktadır. Son cemaat yeri yarı açık alandır. Minaresi caminin kuzeybatı köşesinde ve ana kütle ile bağı yoktur. Betonarme olan çift şerefeli minaresi camiye sonradan eklenmiştir (Tablo 20, 21).

Caminin hacmi 1185 m^3 , tavan yüksekliği 7 m, brüt zemin alanı $161,3 \text{ m}^2$, net zemin alanı $157,3 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $45,5 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 206 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 20. Arsin Atayurt Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 21. Arsin Atayurt Camii'nin iç ve dış görünüşleri

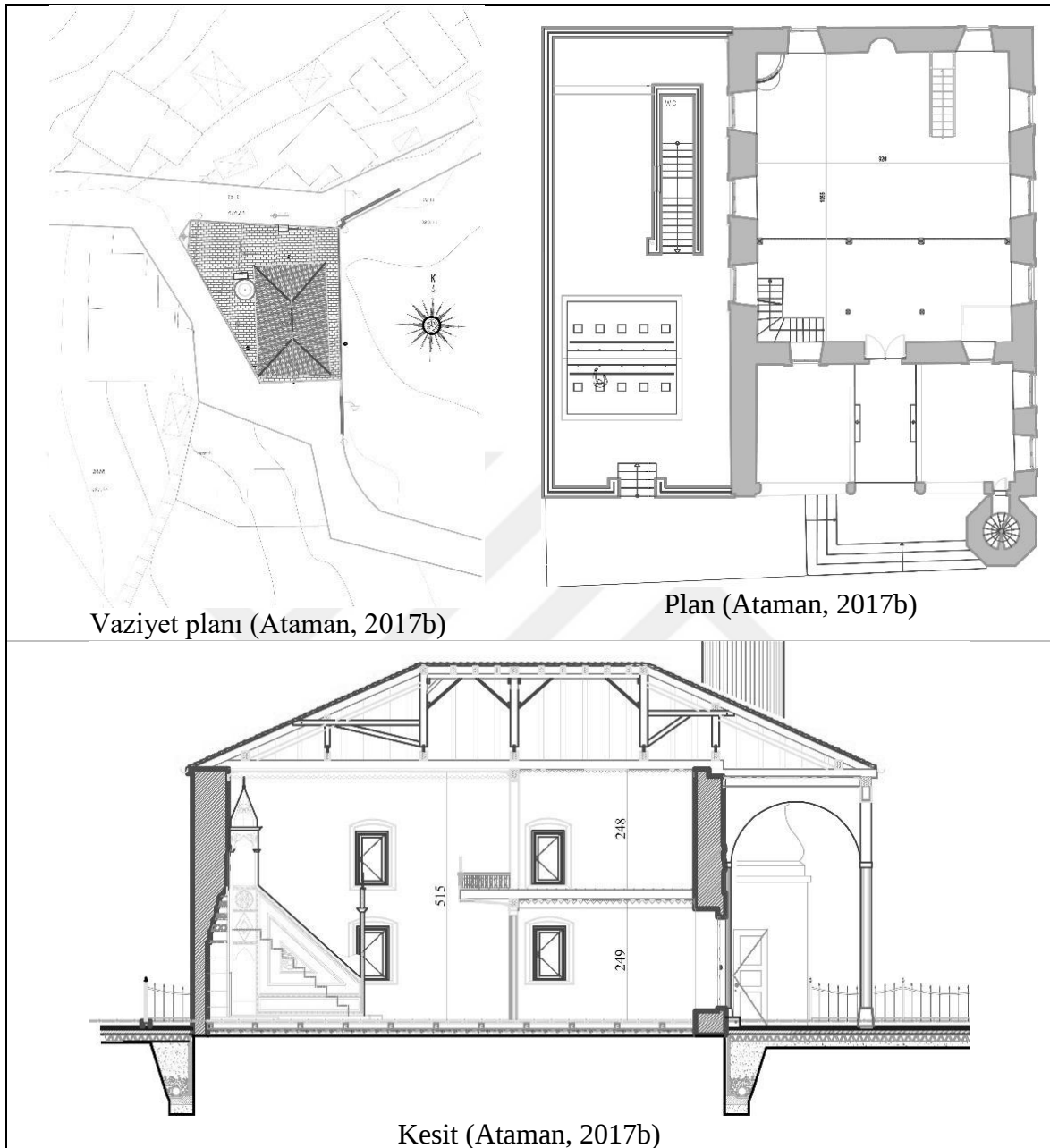


2.1.10. Tonya Karşular Camii

Trabzon'un Tonya İlçesi Karşular Mahallesi'nde (Karşular Köyü) bulunmaktadır. Cami, üzerindeki tabelaya göre 1888 yılında yapılmıştır. Şu anda mevcut olan betonarme minaresi 1980 yılında eklenmiştir (URL 23, 2020). Karacakaya Camii gibi Karşular Camii'nin de çevresinde geniş bir mezarlık bulunmaktadır. Camide iki sıra halinde kemerli pencereler yer almaktadır. Pencere boşlukları basık kemerli, çerçeveler dikdörtgen şeklindedir. Mahfil katına ana ibadet mekânının kuzeydoğu köşesindeki çift kollu merdiven ile erişilmektedir. Mahfilin ön kısmında dekoratif amaçlı dairesel bir çıkıntı bulunmaktadır. Minaresi son cemaat yerinin kuzeyindedir. Minareye erişim son cemaat yerine açılan bir kapı ile sağlanmaktadır (Tablo 22, 23).

Caminin hacmi 415 m^3 , tavan yüksekliği 5,15 m, brüt zemin alanı 77 m^2 , net zemin alanı $72,6 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $29,4 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 104 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 22. Tonya Karşular Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 23. Tonya Karşular Camii'nin iç ve dış görünüşleri



2.1.11. Yomra Kohalı Camii

Trabzon'un Yomra İlçesi Sancak Mahallesinde bulunmaktadır. Orijinal kitabesinin bulunamamasından dolayı yapım tarihi ve kim tarafından yaptırıldığı kesin olarak bilinmemektedir. Üzerindeki bilgi levhasında ifade edildiğine göre 20. yüzyılın ilk yarısında inşa edildiği tahmin edilmektedir. Süreç içinde geçirdiği onarımlar sonucu orijinal mimari yapısını kaybetmiştir (Şekil 45).



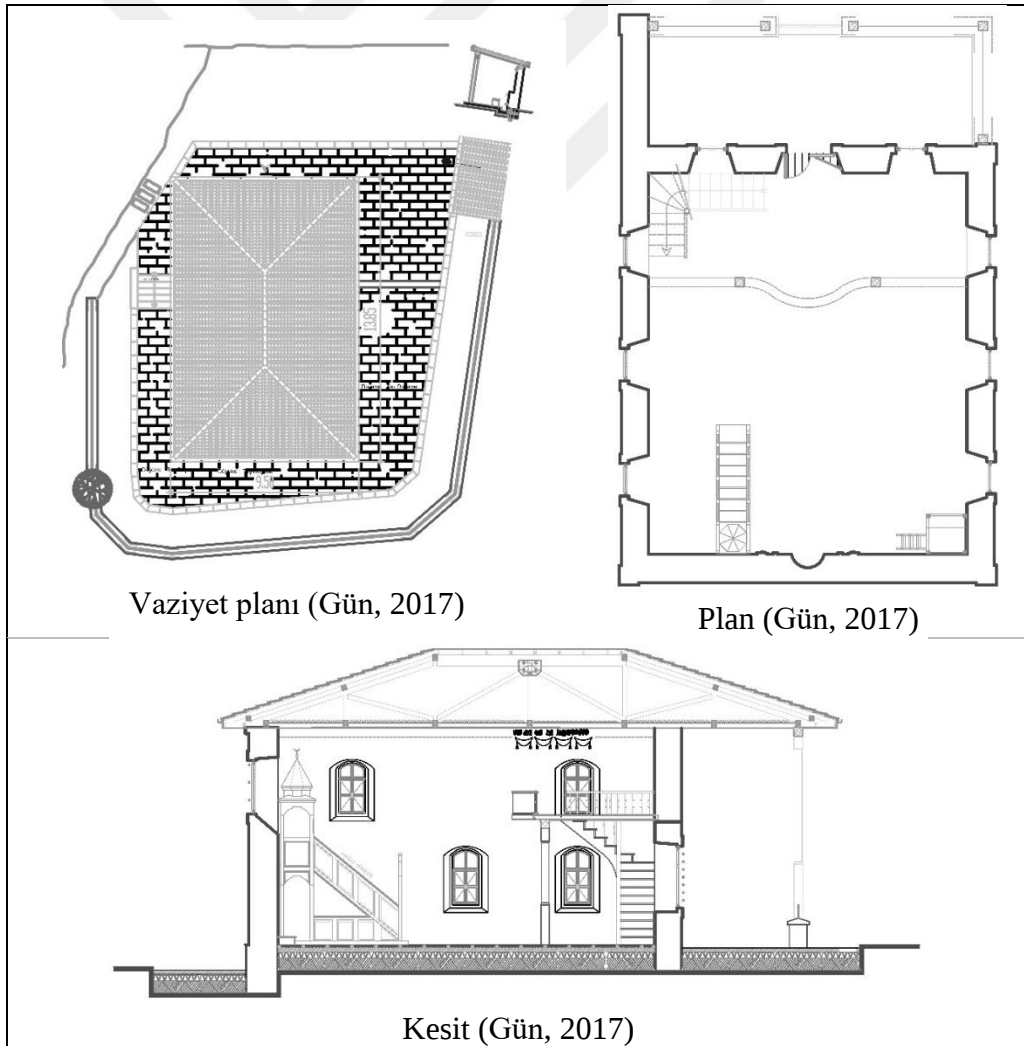
Şekil 45. Yomra Kohalı Camii restorasyon öncesi dış ve iç görünümü (URL 24, 2017)

Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen restorasyon çalışması sonrasında orijinal mimarisine uygun hale getirilmiştir. Restorasyon sırasında caminin özgün yapısında bulunmayan kubbeler ve betonarme olarak düzenlenen

mahfili kaldırılmış, özgün yapısına uygun olarak ahşap çatı, tavan ve mahfil inşa edilmiştir. Duvar ile kapatılan son cemaat yeri açılarak yarı açık mekân haline getirilmiştir. Caminin dış yüzeyi kesme taş olup iç yüzeyi sıva ile kaplanmıştır. Çift sıra pencerelere sahip olan camide pencere boşlukları basık kemerlidir. Mahfilin ön kısmında dekoratif amaçlı oval bir çıkıntı bulunmaktadır. Mahfile erişim ana ibadet mekânının kuzeybatı köşesindeki çift kollu merdiven ile sağlanmaktadır. Caminin mevcut durumunda ve rölöve çizimlerinde minaresi bulunmamaktadır (Tablo 24, 25).

Caminin hacmi 330 m^3 , tavan yüksekliği 4,9 m, brüt zemin alanı $61,1 \text{ m}^2$, net zemin alanı $53,6 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $15,6 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 69 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 24. Yomra Kohalı Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 25. Yomra Kohalı Camii'nin iç ve dış görünüşleri



Dış görünüm (Kişisel arşiv, 2017)

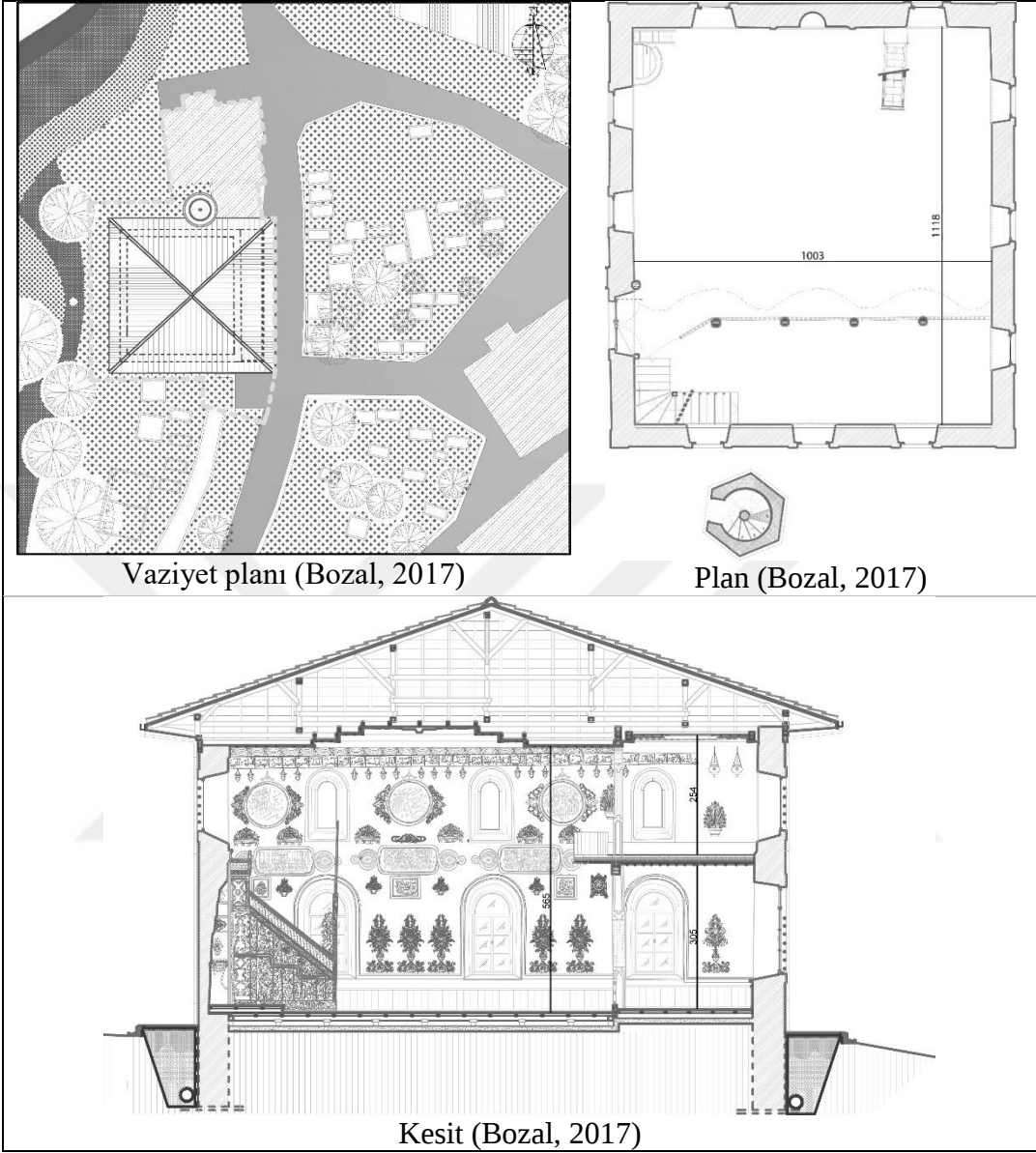
İç görünüm (Kişisel arşiv, 2017)

2.1.12. Sürmene Karacakaya Camii

Trabzon'un Sürmene İlçesi Karacakaya Mahallesinde (Karacakaya Köyü) bulunan cami 1880 yılında inşa edilmiştir (Yavuz, 2009). Çevresinde geniş bir mezarlık bulunmaktadır. Girişinin diğer camiler gibi ana ibadet mekânının kuzey tarafında değil doğu tarafında bulunması ile genel ahşap çatılı cami tipolojisinden farklılık göstermektedir. İç duvar yüzeylerindeki kalem işçiliği, ayrıca tavan, mahfil ve minberindeki ahşap işlemleri ile dikkat çekmektedir. Pencereleri çift sıra ve yarım daire kemerlidir. Mahfil katına ana ibadet mekânının doğu tarafında, giriş kapısının yanında bulunan çift kollu merdiven ile erişilmektedir. Mahfilin ön tarafı oval çıkıntılar şeklindedir. Son cemaat yeri de caminin doğu tarafındadır. Son cemaat yerinin üstünde, mahfil katına açılan bir kapı ile erişilen ahşap bir teras bulunmaktadır. Terasın üstü caminin ana çatısı ile örtülüdür. Caminin kuzey tarafında bulunan minaresine ve kuzey tarafına, ana ibadet mekânından ya da son cemaat yerinden herhangi bir doğrudan erişim bulunmamaktadır (Tablo 26, 27).

Caminin hacmi 660 m^3 , tavan yüksekliği 5,55 m, brüt zemin alanı $112,6 \text{ m}^2$, net zemin alanı $109,3 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $32,7 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 144 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 26. Sürmene Karacakaya Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 27. Sürmene Karacakaya Camii'nin iç ve dış görünüşleri



Dış görünüm (Kişisel arşiv, 2017)

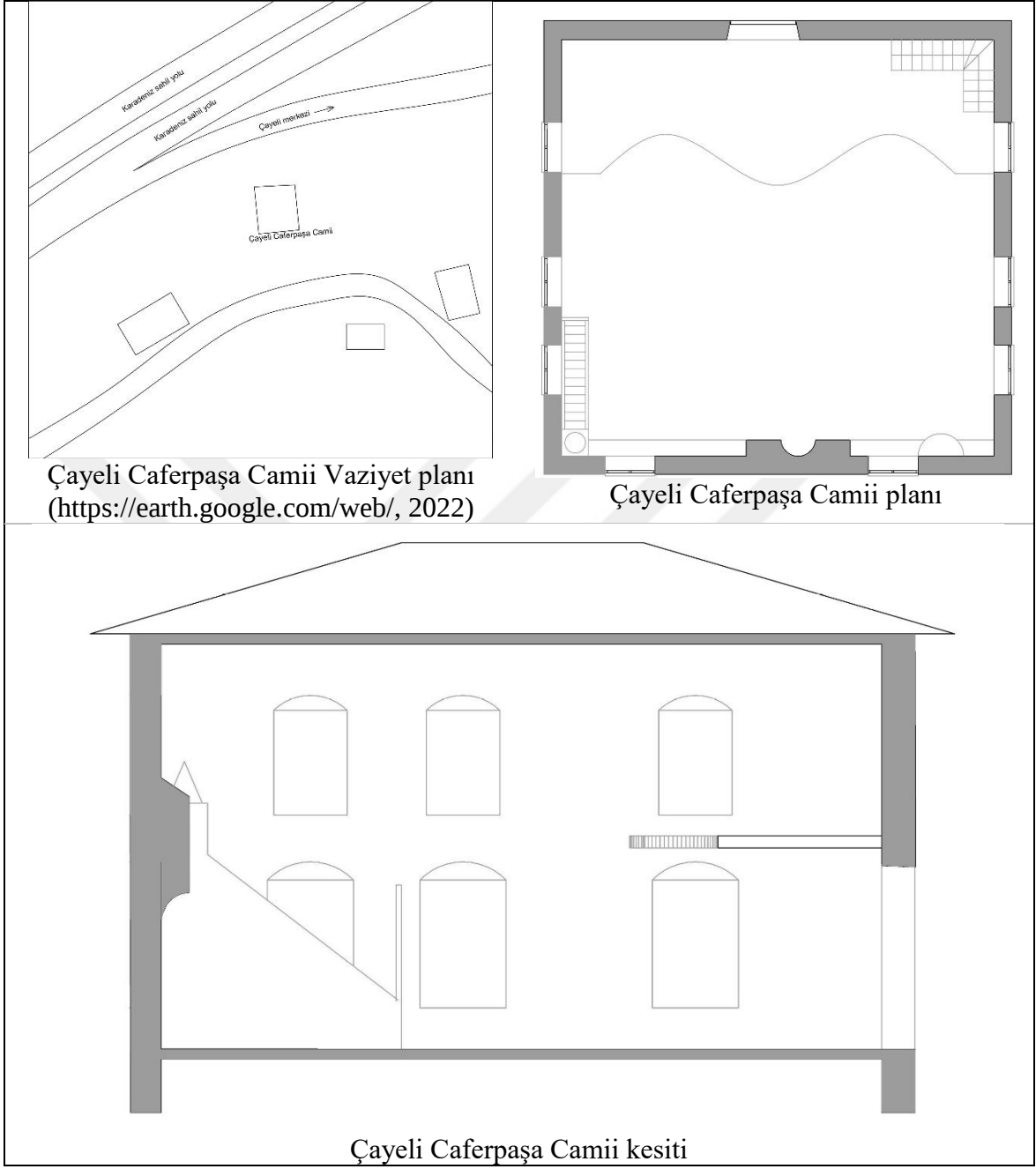
İç görünüm (Kişisel arşiv, 2017)

2.1.13. Çayeli Caferpaşa Camii

Rize'nin Çayeli İlçesinde, Caferpaşa Mahallesinde bulunmaktadır. Denize hakim bir tepenin üzerinde inşa edilmiştir ve çevresinde bir mezarlık bulunmaktadır. İlk olarak Rize'yi fetheden Osmanlı komutanı Cafer Paşa tarafından MS 1467 yılında yaptırıldığı görüşü olmakla birlikte bu kesin değildir. Üzerindeki kitabede H. 1261 (MS 1845) ve MS 1908 yıllarında tadilat gördüğü yazılıdır. Banisi olan Rize fatihi Cafer Paşa'nın da caminin çevresindeki mezarlıkta gömülü olduğu iddia edilmektedir (URL 25, 2021) (Goloğlu, 1975). Çift sıra pencereleri bulunmaktadır. Pencere açıklıkları yarım daire kemerli, çerçeveleri ise dikdörtgendir. Geçirdiği tadilatlar sonrası orijinal görünümünü kaybetmiştir. Dış duvarları taş kaplama olup iç duvarları ise sıva ile kaplanmıştır. Mahfilin ön kısmında oval girinti ve çıkıntılar bulunmaktadır. Mahfil katına erişim batı tarafında bulunan çift kollu merdiven ile sağlanmaktadır. Tadilatlarda son cemaat yeri kapatılarak üstüne bir imam odası eklenmiştir. Minaresi caminin doğu tarafında mahfil hizasındadır. Minareye erişim mahfil katındaki kapıdan sağlanmaktadır. Ayrıca mahfil katında imam odasına açılan bir kapı da bulunmaktadır (Tablo 4, 5).

Caminin hacmi 810 m^3 , tavan yüksekliği 6,25 m, brüt zemin alanı $122,1 \text{ m}^2$, net zemin alanı $114,1 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $132,9 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 149 kişidir (Tablo 28, 29).

Tablo 28. Çayeli Caferpaşa Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 29. Çayeli Caferpaşa Camii'nin iç ve dış görünüşleri



Dış görünüm (Kişisel arşiv, 2017)

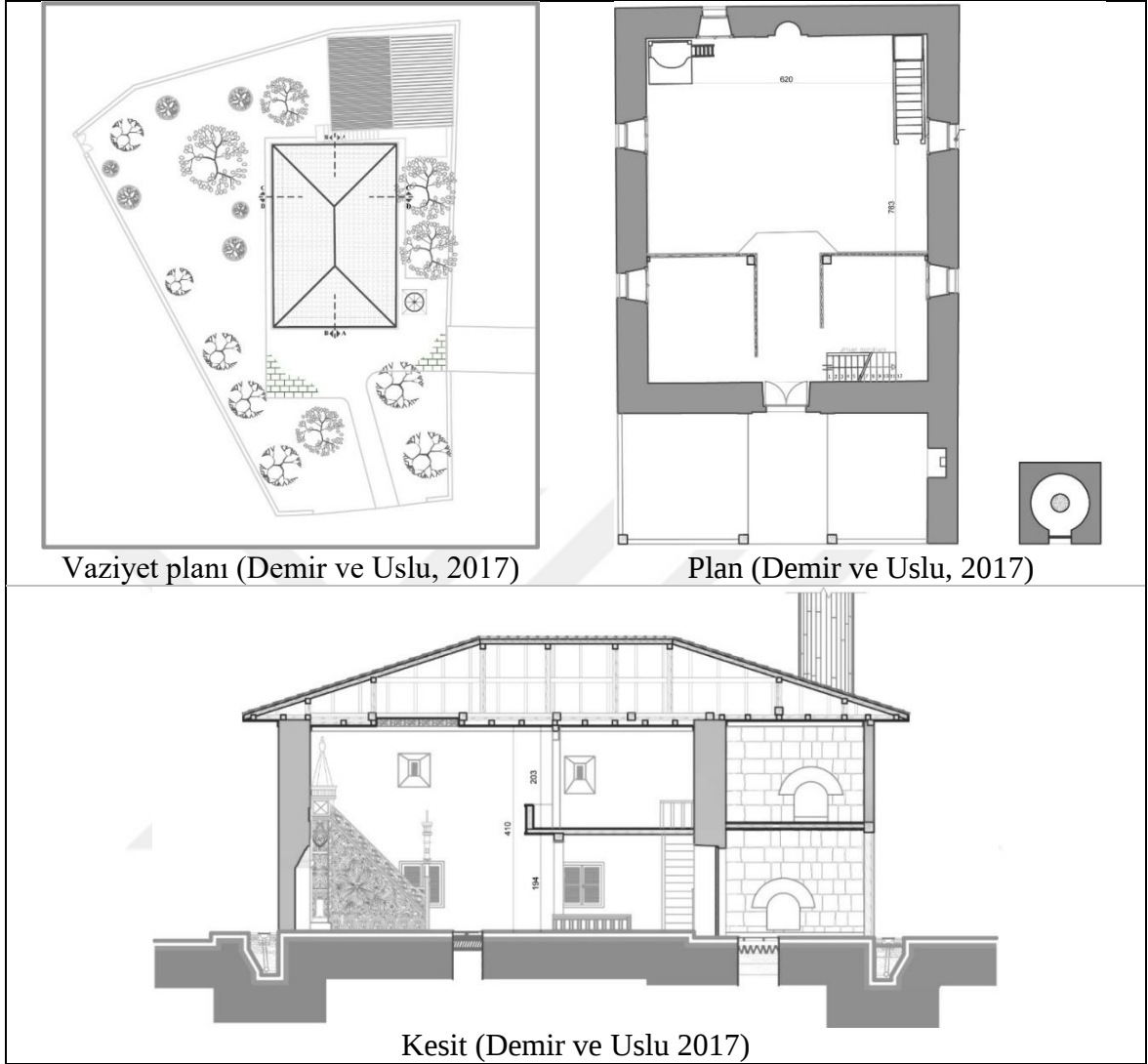
İç görünüm (Kişisel arşiv, 2017)

2.1.14. Ardeşen Pirinçlik Camii

Rize'nin Ardeşen İlçesine bağlı Pirinçlik Köyünde bulunmaktadır. Küçük bir köy mescidi olan Pirinçlik Camii 1886 yılında inşa edilmiş olup banisi bilinmemektedir. Ardeşen İlçesi 114 ada 81 no'lu parselde kayıtlı olan cami 2015 yılında restore edilmiştir. Duvarları kesme taştan örülmüş olan caminin dış yüzeyleri kaplamasız, iç yüzleri ise sıva ile kaplanmıştır. Orijinal halinde minaresi bulunmayan camiye restorasyon sırasında ahşaptan bir minare eklenmiştir (Çalık, 2017). Alt sırada düz lentolu pencereler bulunurken üst sıralarda karesel boşluklar bulunmaktadır. Mahfil katının ön kısmında dekoratif amaçlı dörtgensel bir çıkıntı bulunmaktadır. Mahfil katına erişim ana ibadet mekânının kuzeydoğu tarafında bulunan çift kollu merdiven ile sağlanmaktadır. Son cemaat yerinin üstünde kapalı bir mekân bulunmaktadır. Bu bölüme erişim mahfil katında kuzey duvarının üzerindeki kapıdan sağlanmaktadır. Ahşap olan minaresi restorasyon sırasında sonradan eklenmiştir ve ana küttleden ayrıdır (Tablo 4, 5).

Caminin hacmi 200 m^3 , tavan yüksekliği 4,1 m, brüt zemin alanı $47,4 \text{ m}^2$, net zemin alanı $44,9 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $16,6 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 61 kişidir (Tablo 30, 31). Çalışma kapsamında incelenen camiler içerisinde boyut ve kapasitesi en küçük camidir.

Tablo 30. Ardeşen Piriñçlik Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 31. Ardeşen Piriñçlik Camii'nin iç ve dış görünüşleri

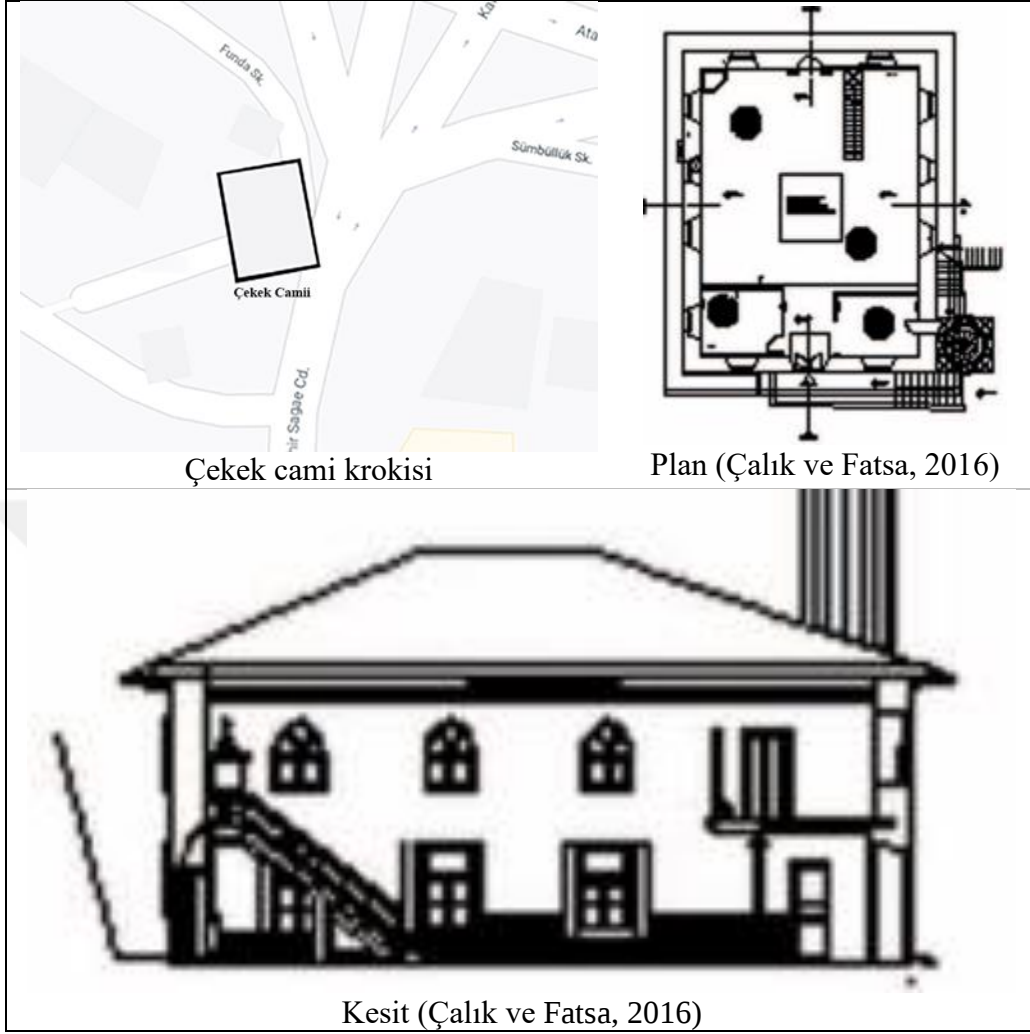


2.1.15. Giresun Çekek Camii

Giresun il merkezinde Gemilerçekeği Mahallesinde bulunmaktadır. Bulunduğu mahallenin ismi ile Gemilerçekeği Camii olarak da adlandırılmaktadır. H. 1301 (MS 1884) yılında inşa edilmiştir (Demirkan ve Salbacak, 2018). Kitabesinde verilen bilgilere göre, Hortumzade Hüseyin Ağa tarafından bilinmeyen bir tarihte yaptırılan ve zamanla harap olmuş olan bir mescid yıkılarak, yerine yeni cami 1884 yılında Sarıalemdarzade Mehmet İzzet Kaptan kızı Hatice Hatun adına yaptırılmıştır (Fatsa ve Sarıtaş, 2012). Caminin dış yüzeyi kaplamasız olup iç yüzeyi ise sıva ile kaplanmıştır. Pencereleri çift sıra halindedir. Alt sıra pencereleri düz lentolu, üst sıra pencereleri ise sivri kemerlidir. Mahfili tam dikdörtgen şeklindedir. Mahfil katına ana ibadet mekânının kuzeydoğu köşesindeki çift kollu bir merdiven ile erişilmektedir. Minaresi kuzeybatı tarafında, son cemaat yeri hizasında bulunmaktadır. Minarenin girişine ana ibadet mekânından doğrudan bir erişim bulunmamaktadır (Tablo 32, 33).

Caminin hacmi 780 m^3 , tavan yüksekliği 5,25 m, brüt zemin alanı $134,3 \text{ m}^2$, net zemin alanı $129,3 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $37,3 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 169 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 32. Giresun Çekek Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 33. Giresun Çekek Camii'nin iç ve dış görünüşleri

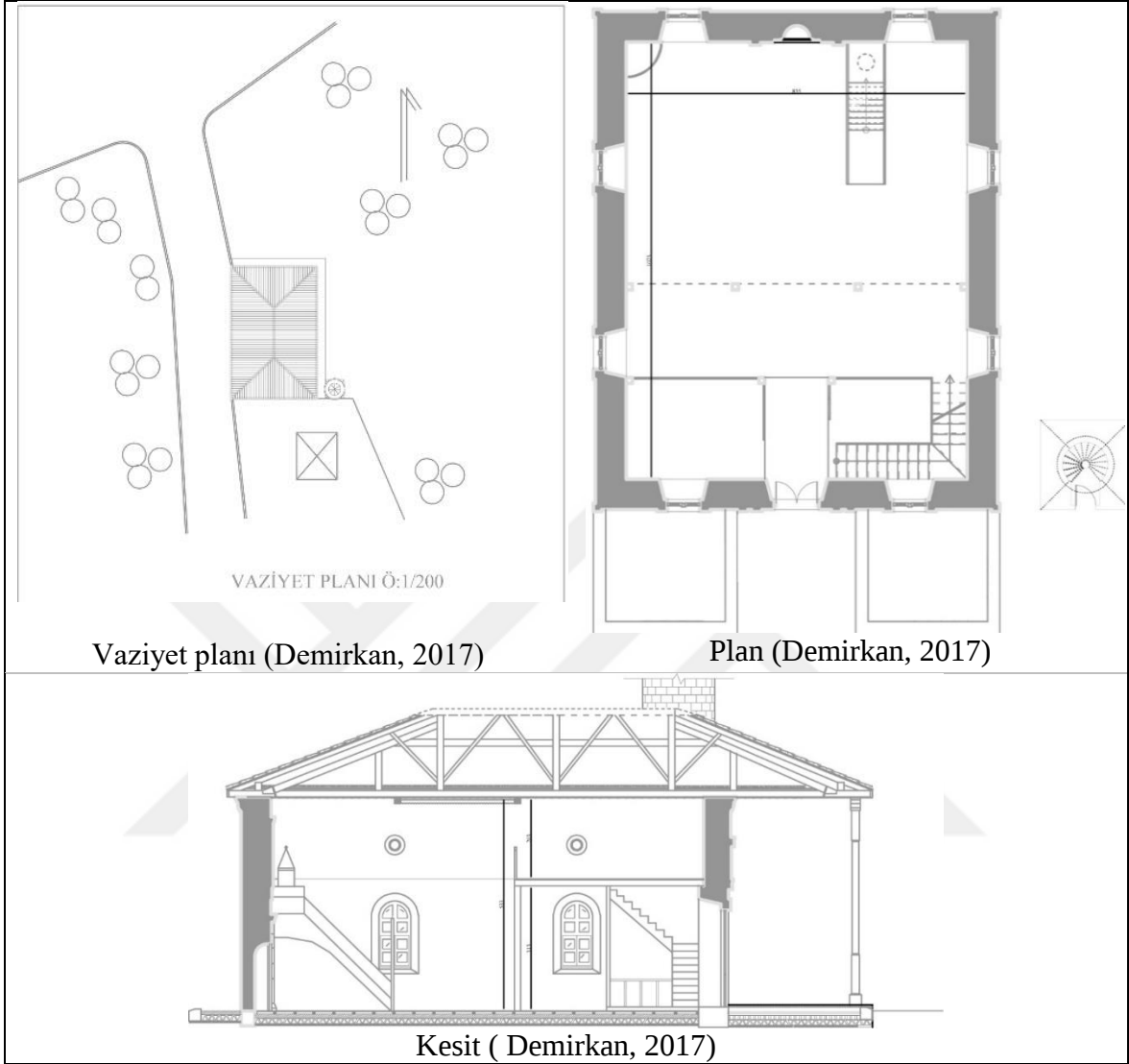


2.1.16. Bulancak Ahmetli Camii

Giresun İli Bulancak İlçesine bağlı Ahmetli Köyünde bulunan cami, H. 1330 (MS 1914) yılında inşa edilmiştir (Altınkaynak, 2008). Kim tarafından yaptırıldığına dair bilgi bulunamamıştır. Caminin çevresinde geniş bir mezarlık alanı yer almaktadır. Duvarların dış yüzeyleri çıplak (kaplamasız), iç yüzeyleri ise sıvalıdır. Pencereleleri tek sıra halinde ve yarım daire kemerlidir. Pencerelelerin üzerlerinde ikinci sıra pencere yerine duvarların üst kısmında küçük dairesel açıklıklar bulunmaktadır. Mahfili tam dikdörtgen şeklindedir. Mahfile ana ibadet mekânının kuzeybatısında bulunan çift kollu bir merdiven ile erişilmektedir. Minaresi caminin kuzeybatı köşesinde bulunmaktadır ve ana binadan kütle olarak ayrıdır (Tablo 34, 35).

Caminin hacmi 495 m^3 , tavan yüksekliği 5,35 m, brüt zemin alanı $89,8 \text{ m}^2$, net zemin alanı $83,7 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise $35,3 \text{ m}^2$ 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 121 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 34. Bulancak Ahmetli Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 35. Bulancak Ahmetli Camii'nin iç ve dış görünüşleri

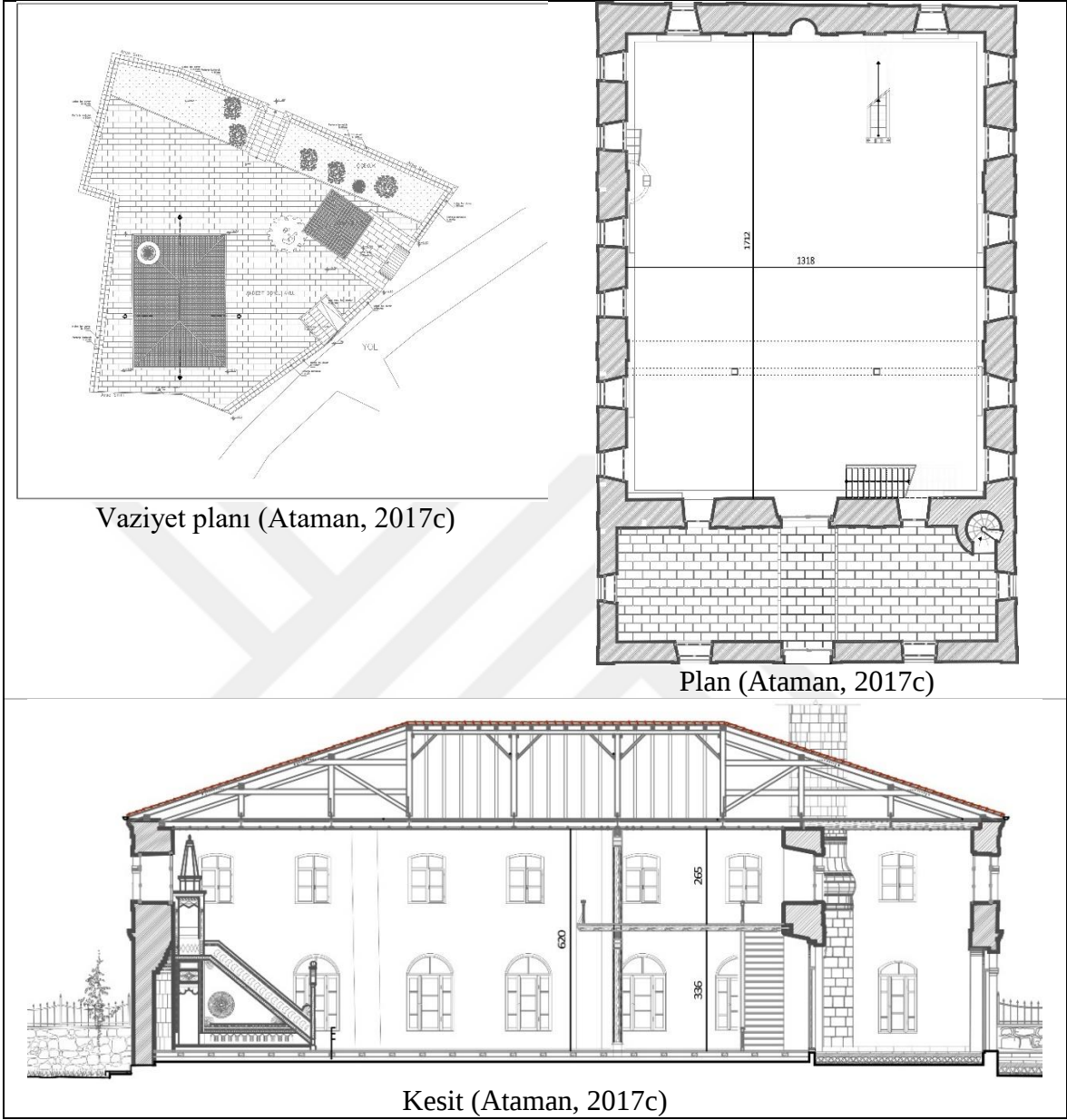


2.1.17. Kelkit Ulu Camii

Büyük Cami adı ile de bilinmektedir. Gümüşhane İli Kelkit İlçesinin merkezinde, ismini bu camiden alan Büyükcami Mahallesinde bulunmaktadır. Çalışma kapsamındaki en yeni camilerden birisi olan Kelkit Ulu Camii'nin yapımı yazılı kaynaklardan elde edilen bilgilere göre 1915 yılıdır. 1940'lı yıllarda bir dönem askeri amaçlı depo olarak kullanıldığı bilinmektedir (URL 26, 2021). Çevresinde, güney ve doğu tarafını çevreleyen küçük bir mezarlık bulunmaktadır. Tasarımı geleneksel ahşap çatılı cami mimarisinin 20. yüzyıl yorumu olarak değerlendirilmektedir. Oldukça büyük kapasitesi ve geniş açıklıklarıyla geleneksel ahşap çatılı cami mimarisinin sadece küçük köy ve mahalle mescitlerine özgü olmadığını, büyük kapasiteli hatta şehir merkezindeki bir caminin de kubbesiz olarak bu mimari ile inşa edilebileceğini göstermesi bakımından önemlidir. Dış yüzeyi kesme taş olup iç yüzeyi sıva ile kaplanmıştır. İç yüzeyinde dekoratif amaçlı kesme taş yüzeyler de bulunmaktadır. Pencerelemeleri çift sıra halindedir. Alt sıra pencereler yarım daire, üst sıra pencereler ise basık kemerlidir. Dış mekâna açılan pencere boşluklarının her birinde iç ve dış olarak iki adet çerçeve bulunmaktadır. Kuzey duvarda bulunan ve son cemaat yerine açılan pencere boşluklarında ise tek çerçeve bulunmaktadır. Minberi diğer camilerden farklı olarak mermerdir. Mahfili tam dikdörtgen şeklindedir. Mahfile ana ibadet mekanının kuzeybatı köşesindeki tek kollu merdiven ile erişilmektedir. Caminin minaresi kuzeybatı köşesinde bulunmaktadır. Minareye erişim son cemaat yerinin batı tarafında ve mahfil katında bulunan iki kapıdan sağlanmaktadır (Tablo 36, 37).

Caminin hacmi 1550 m^3 , tavan yüksekliği 6,2 m, brüt zemin alanı $225,7 \text{ m}^2$, net zemin alanı $216,3 \text{ m}^2$, net mahfil alanı ise 72 m^2 'dir. Kullanıcı kapasitesi mahfil katı ile birlikte yaklaşık olarak 293 kişidir (Tablo 4, 5).

Tablo 36. Kelkit Ulu Camii'ne ait vaziyet planı, plan ve kesiti



Tablo 37. Kelkit Ulu Camii'nin iç ve dış görünüşleri



2.2. Yerde Yapılan Ölçümler

Bilimsel çalışmalarda sonuçların güvenilir ve tutarlı olması en önemli şarttır. Simülasyonların en yüksek doğrulukta gerçekleştirilmesi için mevcut gerçek şartlar ile simülasyonlarda yapılan kabullerin mümkün olduğunca birbirine yakın olması gerekmektedir. Ayrıca simülasyon sonuçlarının istatistiki analizleri ile elde edilen bağıntıların gerçek fiziksel sonuçlarla karşılaştırılarak doğruluk düzeylerinin tespit edilmesi, simülasyon sonuçlarının güvenilirliği açısından önem taşımaktadır.

Simülasyon sonuçları ile gerçek ölçüm sonuçlarının aralarında farklılık oluşmasının sebebi simülasyonların gerçek fiziksel şartları tam olarak temsil etmemesidir. Bunun bir sebebi simülasyon programlarının kullandıkları yöntem ve algoritmaların, sesin mekanlar içerisindeki davranışını tam olarak tanımlayamamalarıdır. Farklı simülasyon programlarında, aynı veriler ile simülasyon işlemi gerçekleştirilen bir mekanda farklı sonuçlar alınabilmektedir (Tablo 38).

Tablo 38. Aynı mekana ait iki farklı akustik simülasyon programı, matematiksel formüller ve fiziksel ölçüm sonucu elde edilen çınlama sürelerinin karşılaştırılması (Raymond, 2018)

Frekans (Hz)	Ease (sn)	I-Simpa (sn)	Excel (sn)	Fiziksel ölçüm (sn)
125	3,2	2,1	3,7	1,2
250	3,9	2	3,6	1,6
500	6,7	1,9	4,8	2,5
1000	5,3	1,8	5,3	3,4
2000	3,8	1,6	4,8	2,5
4000	2,3	1,1	3,8	2,7

Bir diğer ve daha önemli sebep ise simüle edilecek olan mekânın kullanıcı tarafından doğru olarak sayısallaştırılamamasıdır. Mekanların geometrileri, alıcı ve kaynak noktaları, yüzeyleri oluşturan malzemelerin ses yutma ve saçıcılık katsayıları gibi parametreler sayısallaştırma işlemi sırasında akustik simülasyon programlarına kullanıcı tarafından tanımlanan verilerdir. Simülasyon işlemleri için bu kabullerin gerçek duruma en yakın şekilde yapılıp simülasyon programlarına tanımlanması gerekmektedir. Simülasyon işlemlerinde kabullerin gerçek değerlere uygun şekilde yapılması, simülasyon sonuçlarının gerçek değerlere yaklaştırılması açısından önem taşımaktadır.

Simülasyon için yapılacak olan kabullerin gerçeğe en yakın değerlerde elde edilmesi için fiziksel ölçüm ile doğrulanması ve fiziksel ölçüm sonuçlarına göre düzenlenmesi yoluna gidilmiştir. Bu sebeple öncelikli olarak seçilen iki adet camide fiziksel akustik ölçümler gerçekleştirilmiştir. İlk fiziksel ölçüm için Trabzon'un Ortahisar ilçesinde bulunan İčkale Camii belirlenmiştir. Örneklem içerisinde İčkale Camii, çalışma konusu olan dikdörtgen planlı ve kırma çatılı camiler içerisinde standart geometriye en uygun olan camilerden biridir. Kullanıcı kapasitesi olarak da örneklem içerisinde orta kapasiteli camilerden biridir. Ayrıca yakın dönemde kapsamlı bir restorasyon geçirmiştir. Birçok yüzey malzemesinin yenilenmiş olması sebebiyle caminin yüzey malzemelerinin, ilk yapıldığı haline en yakın akustik karaktere sahip olduğu ve zamanın etkisinin diğer camilere göre daha asgari düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu camide gerçekleştirilen fiziksel ölçümlerden elde edilecek sonuçların örneklem tamamını daha doğru şekilde temsil edeceği öngörülmüştür. Bu sebeplerden dolayı simülasyon çalışmalarında referans olarak kullanılacak verilerin elde edilmesi amacıyla fiziksel ölçüm için Ortahisar İčkale Camii seçilmiştir (Şekil 46).



Şekil 46. Ortahisar İçkale Camii fiziksel akustik ölçüm çalışmaları

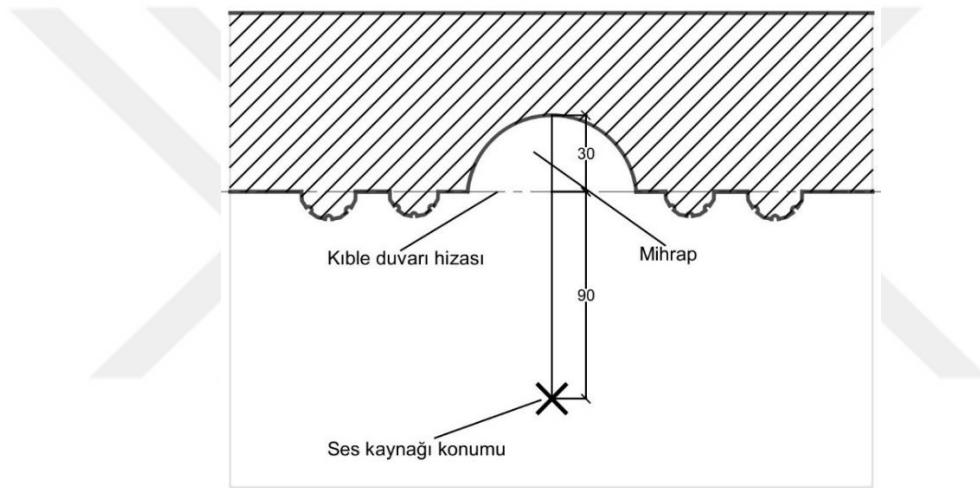
Akustik ölçümlerde ses kaynağı olarak Brüel-Kjaer marka omnidirectional hoparlör, alıcı olarak ta yine Brüel-Kjaer Type-2250 marka ses seviyesi ölçüm cihazı kullanılmıştır. Hoparlör için gerekli ses sinyalleri bir taşınabilir dizüstü bilgisayarda kurulu olan Odeon 12 programı tarafından üretilerek harici bir ses kartı üzerinden Brüel-Kjaer marka Type 2734 seyyar amplifikatöre (Şekil 47), oradan da güçlendirilerek omnidirectional hoparlöre verilmiştir. Elde edilen sonuçlar yine dizüstü bilgisayarda kurulu olan yazılıma işlenerek sesin nesnel parametrelerine ait sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 39).

Tablo 39. Ses kaynağı ve alıcı



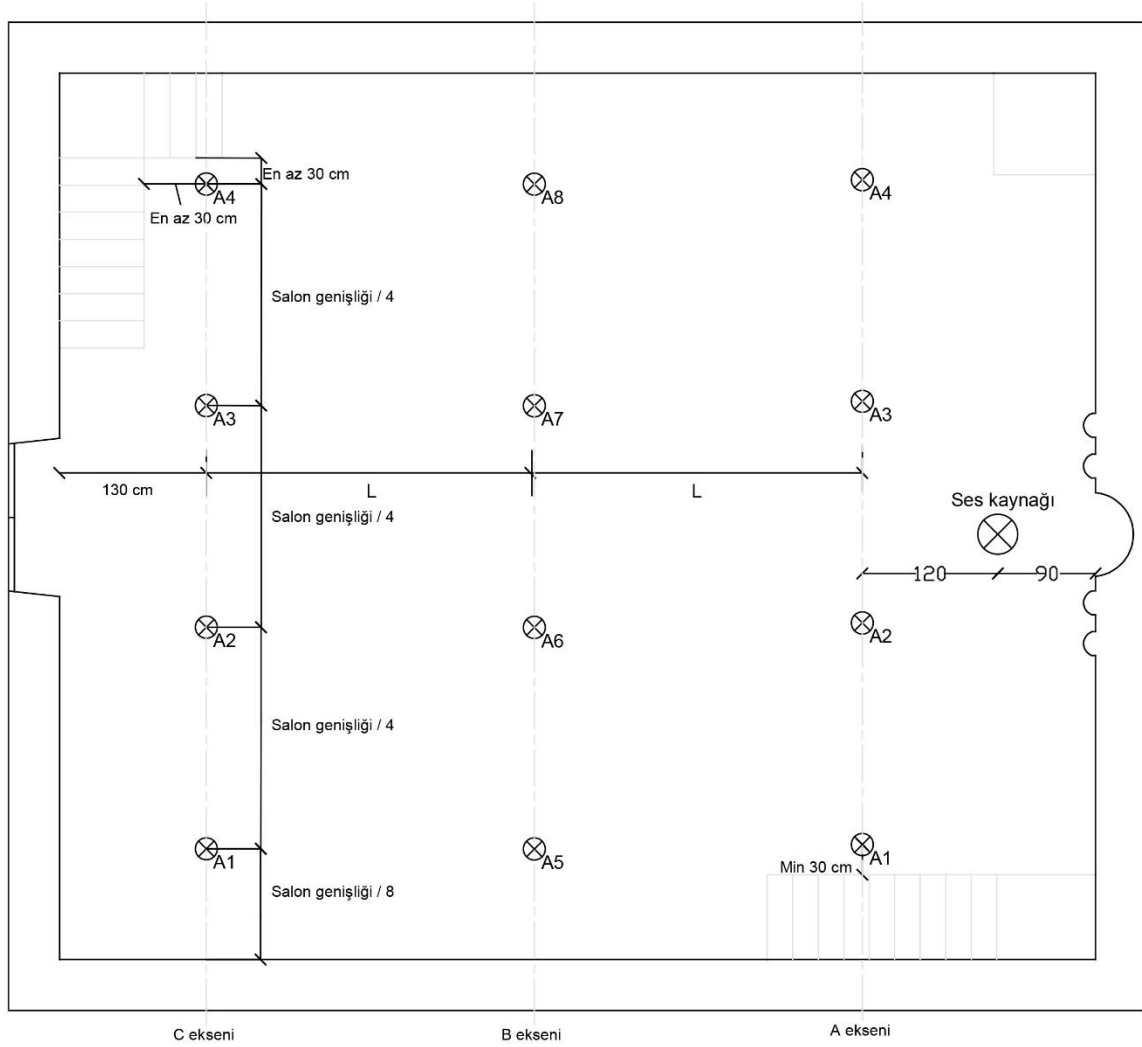
Şekil 47. Brüel-Kjaer Type 2734 seyyar amplifikatör

Namaz esnasında bir kişinin secde durumunda önünde 120 cm. engelsiz boş alan bulunması gerekmektedir (Neufert, 2019). Omnidirectional hoparlör, camilerde namaz esnasında imamın durduğu mihraba, ISO standartlarına göre yerden 150 cm yükseğe konumlandırılmıştır (ISO, 2009). Her camide mihrabın derinliği farklı olduğu için ses kaynağının konumlandırılmasında kible duvarı referans alınmıştır. Örneklemedeki camiler içerisinde mihrap derinliği en düşük olan Araklı Hacı Hasan Camii'nde bu mesafe 30 cm olarak tespit edilmiştir. 30 cm mihrap derinliği çıkarılınca kible duvarı ile imamın bulunduğu nokta arasında en küçük cami için 90 cm kalmaktadır. Bütün camiler için standart olarak kible duvarı çizgisinin 90 cm gerisi, ses kaynağı konumu olarak belirlenmiştir (Şekil 43).



Şekil 48. Ses kaynağının cami içindeki konumu

Alıcı noktaları yerleştirilirken alanları ve büyüklükleri birbirinden farklı olan camiler için ortak bir standart belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için her camide 12 alıcı noktası, ön ve arka duvarlara olan mesafeleri sabit olacak şekilde 3 sıra halinde yerleştirilmiştir. Her cami için ön sıra kible duvarına 210 cm, arka sıra arka duvara 130 cm ve orta sırada ön ve arka sıraların ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Aynı sırada bulunan alıcı noktalarının yerleri, sıra aksının dörde bölünmesiyle elde edilen doğru parçalarının merkez noktaları ile belirlenmiştir (Şekil 49). Alıcı noktaların, ayakta ibadet eden kişileri temsil ettiği kabul edilmiştir. Bu yüzden alıcı noktaların ana ibadet mekânı zemininden yüksekliği, ayakta duran bir insanın ortalama kulak seviyesi olan 165 cm (Abdou, 2003) olarak belirlenmiştir.



Şekil 49. Camiler içerisine tanımlanacak ses kaynağı ve alıcı noktalarının konumları

Ses faaliyetlerinin gerçekleştirildiği tüm mekânlar gibi camilerin de akustik performanslarını etkileyen diğer bir etken mekânların doluluk oranlarıdır. Mekan içerisinde bulunan insanlar toplam iç mekan hacmini azaltmakta, özellikle üzerlerindeki kıyafetler de ilave ses yutucu bir iç yüzey oluşturmaktadır. İbadet eden bir kişiden boşalan yerin halı kaplı olması ve kişinin kıyafetlerine benzer ses yutucu özellikler taşıması da göz önüne alınmış ve doluluk oranının akustik performansa etkisi bu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Doluluk oranının sesin nesnel parametrelerine ve akustik performansa etkisi, ayrı bir çalışma konusu olarak değerlendirilmiştir.

Fiziksel akustik ölçümler Ortahisar İçkale Camii'nde belirlenen 12 noktada gerçekleştirilmiştir. Her noktada elde edilen çınlama sürelerinin 1/1 oktav band frekansları için ortalama alınarak camiye ait ortalama çınlama süresi belirlenmiştir. Gerçekleştirilen

fiziksel akustik ölçümler sonucu elde edilen çınlama süreleri aşağıda verilmektedir (Tablo 40).

Tablo 40. Fiziksel akustik ölçümlerde elde edilen çınlama süreleri

	T30₁₂₅	T30₂₅₀	T30₅₀₀	T30₁₀₀₀	T30₂₀₀₀	T30₄₀₀₀
Ortahisar İçkale Camii	1,05	1,26	1,21	1,01	0,93	0,86

2.3. Akustik Simülasyon

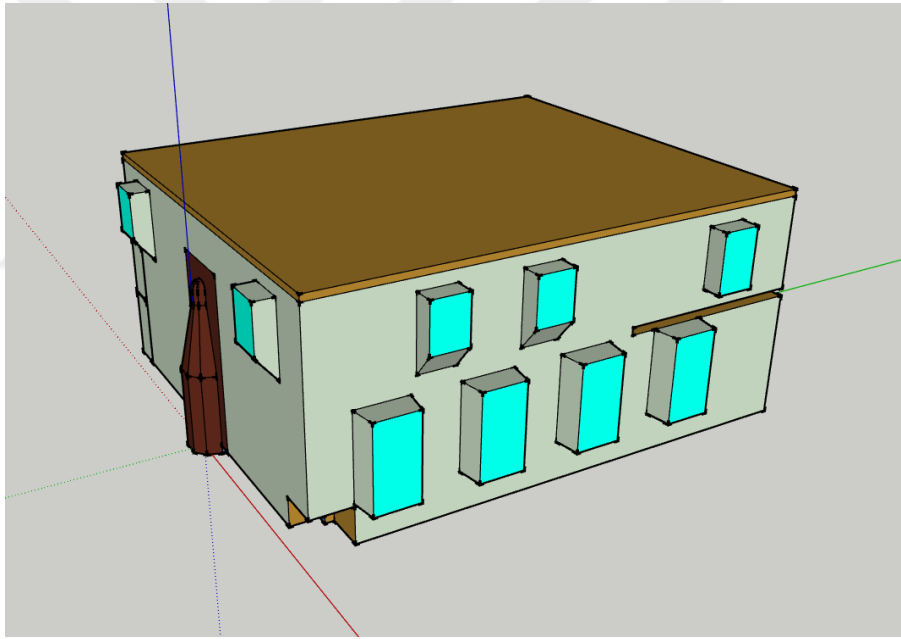
Çalışma kapsamında istatistiki analizlerde kullanılacak olan camilere ait sesin nesnel parametre değerleri akustik simülasyon yöntemi ile elde edilmiştir. Gerçek ölçümler mekanların mevcut durumdaki akustik niteliklerini en doğru şekilde tespit etmektedir. Fakat özellikle yüzey malzemelerinde zamanın etkisi ile gerçekleşen fiziksel değişimler ses yutma karakteristiğini de değiştirmektedir. Bu değişimlerin her camide farklı ve özgün nitelikte olması standart bir değerlendirmeyi ve analizi imkansız kılmaktadır. Ayrıca amaç yeni cami tasarımları olduğu için camilerin mevcut durumlarının değil ilk inşa edildiklerinde, yüzey malzemelerinin zamana bağlı fiziksel değişim geçirmediği zamanki akustik nitelikleri daha önemlidir.

Diğer taraftan simülasyonlar ile gerçek ölçümler arasında fark oluşmasının en önemli sebebi yüzey malzemelerinin ve bu malzemelerin ses yutma katsayılarının kabullerinin gerçeğe uygun olarak yapılamamasıdır. Camilerin tarihi nitelikte olmaları sebebiyle nem, rutubet, yüzey aşınması gibi sebepler ile aynı camide aynı malzemeden oluşan yüzeylerin bulundukları yere göre bile akustik nitelikleri değişebilmektedir. Bu durum, alınan numuneler ile yüzey malzemelerinin ses yutma katsayılarının laboratuvar ortamında tespit edilmesi durumunda bile tam doğru bir malzeme kabulü gerçekleştirmeyi imkansız kılmaktadır.

Yüzey malzemelerinde zamana bağlı bu fiziksel değişimlerin getirdiği olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve olabildiğince camilerin, inşa edildikleri ilk hallerine en yakın şekilde simüle edebilmek için fiziksel ölçüm sonuçları referans alınarak ses yutma katsayıları modifiye edilmiştir. Bunun için önce ön simülasyon gerçekleştirilmiş, ön simülasyonda elde edilen verilerle yüzey malzemeleri modifiye edilerek bütün camilerin simülasyonları gerçekleştirilmiştir.

2.3.1. Ön Simülasyon

Çalışma kapsamında fiziksel akustik ölçümleri gerçekleştirilen iki caminin her birinin ilk olarak Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivinden elde edilen rölöve çizimleri ve restorasyon projeleri ile yerinde yapılan gözlemlere göre geometrileri ve iç yüzey malzemeleri tespit edilmiştir. Camilerin tümünün beş farklı iç yüzey malzemesinden oluştukları görülmektedir. Bu beş yüzey malzemesi; zeminlerde bulunan halı, duvarlarda bulunan sıva, tavanlar ve kapılar ile bazı camilerin minberlerindeki ahşap, pencerelerde bulunan cam ve mihrab ile pencere denizliklerindeki mermerdir. Elde edilen verilere göre camilerin Sketchup 2016 programında üç boyutlu sayısal modelleri oluşturulmuştur (Şekil 50).



Şekil 50. Ortahisar İckale Camii 3D modeli

Oluşturulan modellerde her farklı malzeme türü farklı bir katman (layer) olarak tanımlandıktan sonra ODEON 10.1 programına aktarılmıştır. ODEON 10.1 programında ilk olarak Ortahisar İckale Camii için akustik simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bir mekânın akustik performansını belirleyen en önemli etkenlerden birisi iç yüzeylerini oluşturan malzemeler ve bu malzemelerin ses yutuculuğudur (Akdağ vd, 2011). Doğru bir yüzey malzemesi seçimi gerçekleştirmek amacıyla ilk adım olarak her yüzey tipi için ODEON 10.1

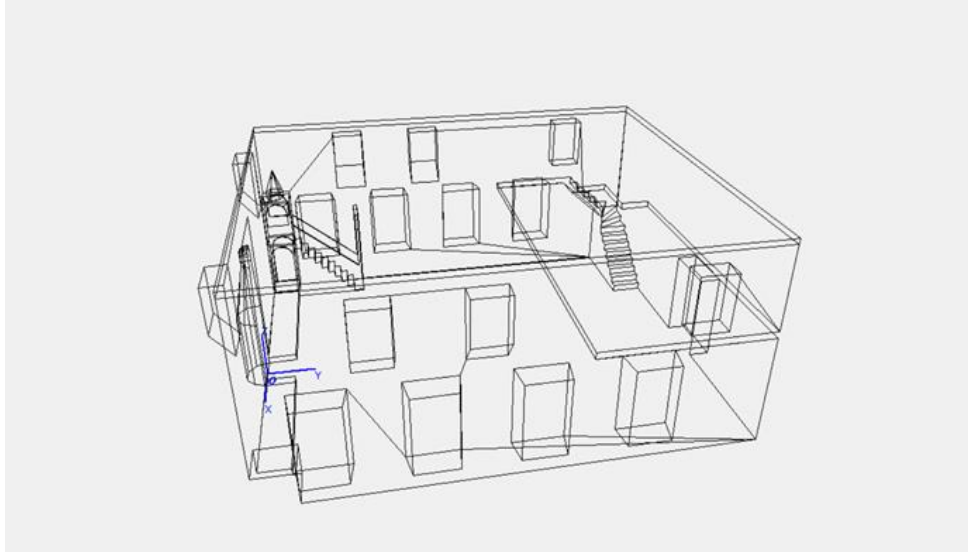
programı kütüphanesinden ve bilimsel literatürden ilgili yüzeylerin ses yutma özelliklerine en yakın özellikteki malzemeler bulunup malzeme kabulleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 41). Ön simülasyonda kullanılacak malzeme kabulleri yapılırken yerinde yapılan gözlemlerde elde edilen verilere göre malzemelerin fiziksel nitelikleri belirlenerek seçim yapılmıştır. Ayrıca literatürde daha önce gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarındaki malzeme kabulleri dikkate alınmıştır. Kabul edilen malzemeler ilgili yüzeylere tanımlanmış ve Ortahisar İçkale Camii 3D modeli ön simülasyon işlemi için hazırlanmıştır.

Tablo 41. Ön simülasyonda yapılan malzeme kabulleri

Yüzey	Malzeme	ODEON Kütüphane Kodu	Ses Yutma Katsayıları					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Ana ibadet salonu ve mahfil zemini, merdiven basamakları, bazı camilerde pencere denizlikleri	Halı	7001	0,08	0,24	0,57	0,69	0,71	0,73
Duvar yüzeyleri	Sıva	4002	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Pencereler	Cam	10003	0,1	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Mihrablar, pencere denizlikleri, bazı camilerde zemin ve duvar üzerinde dekorasyonlar	Mermer	2001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Tavan, Mahfil katları, kapılar, minberler, bazı camilerde duvar dibi kaplamaları	Ahşap	*	0,15	0,22	0,15	0,1	0,14	0,16

* (Altunok ve Ayan, 2012)

Alıcı ve kaynak noktalarının kabullerinde ise gerçek fiziksel ölçümlerdeki alıcı ve kaynak noktalarının konumları simülasyon ortamında da aynı şekilde tanımlanmıştır. Gerekli diğer ayarlar yapıldıktan sonra ön simülasyon gerçekleştirilmiştir (Şekil 51). Simülasyon işlemleri sonucunda Ortahisar İçkale Camii'ne ait çınlama süresi değerleri elde edilmiştir.



Şekil 51. Ortahisar İçkale Camii simülasyonu

Ortahisar İçkale Camii'nde ön simülasyon işlemi ile elde edilen ortalama çınlama süreleri ile fiziksel ölçümde elde edilen çınlama süreleri karşılaştırılmış, aralarındaki farklılıklar tespit edilmiştir. Sonuçlara göre en yüksek farklılık 2,45 oran ile 125 Hz frekansındaki çınlama sürelerinde, en düşük farklılık ise 1,22 oran ile 4000 Hz frekansındaki çınlama sürelerinde meydana gelmiştir (Tablo 42).

Tablo 42. Ortahisar İçkale Camii için elde edilen fiziksel ölçüm ve ön simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması

T30	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Ölçüm	1,05	1,26	1,21	1,01	0,93	0,86
Ön Simülasyon	2,58	1,72	1,51	1,61	1,39	1,05
Oran	2,45	1,36	1,24	1,59	1,49	1,22

2.3.2. Validasyon

Ortahisar İçkale Camii'nde fiziksel ölçüm ve simülasyon sonucu elde edilen çınlama süreleri karşılaştırılarak aradaki farklılıklar tespit edilmiştir. Simülasyon işleminde, fiziksel ölçüme göre daha yüksek çınlama süreleri elde edildiği görülmektedir. Simülasyon işleminin gerçek ortamı en doğru şekilde temsil edebilmesi için simülasyon sonucu elde edilen çınlama

sürelerinin belli bir sistematik dahilinde düşürülerek fiziksel akustik ölçümde elde edilen sonuçlarına yaklaştırılması gerekmektedir.

Sabine formülüne göre kapalı bir mekândaki çınlama süresi mekânın hacmi ile doğru, mekânın iç yüzeylerinin ortalama yutuculuğu ile ters orantılıdır. Bu formülden yola çıkılarak, Ortahisar İçkale Camii'nde yapılan yüzey kabullerindeki malzemelerin ses yutma katsayıları bütün malzemeler için ölçüm/simülasyon oranlarında artırılarak simülasyonda elde edilen çınlama sürelerinin fiziksel ölçüm sonuçlarına yaklaştırılması sağlanmıştır. Modifiye edilmiş ses yutma katsayıları ile gerçekleştirilen simülasyonun sonuçları yeniden fiziksel ölçüm sonuçları ile karşılaştırılarak simülasyon sonuçlarının fiziksel ölçüm sonuçlarına ne düzeyde yaklaştığı tespit edilmiştir. Ölçüm ve simülasyon sonuçlarının kabul edilebilir bir düzeyde (%10 ve altı) (Abdulrahimov, 2006) birbirine yaklaştığı simülasyon işleminde kullanılan modifiye malzemeler belirlenmiştir. Belirlenen modifiye malzemelerin ses yutma katsayılarının, program kütüphanesi ve bilimsel literatürde bulunan aynı özelliklerdeki malzemelere ait ses yutma katsayılarının alt ve üst sınırları içerisinde yer almalarına dikkat edilmiştir. Bu modifiye malzemeler nihai ses yutma katsayıları olarak çalışma kapsamındaki bütün camilerin simülasyonlarında kullanılmıştır (Tablo 43).

Tablo 43. Modifiye ses yutma katsayıları

Yüzey	Ses yutma katsayıları					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Halı	0,08	0,13	0,35	0,56	0,56	0,59
Ahşap	0,39	0,31	0,21	0,18	0,24	0,21
Sıva	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
Cam	0,26	0,1	0,07	0,05	0,03	0,03
Mermer	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01

2.4. Nihai Simülasyonlar

Ön simülasyonda elde edilen sonuçlara göre ses yutma katsayılarının modifiye edilmesi ile elde edilen yeni modifiye malzemeler çalışma kapsamındaki bütün camiler için standart olarak kabul edilerek ODEON 10.1 programında camilerin akustik simülasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Simülasyon işlemlerinde, yüzey malzemeleri ve mekan geometrileri dışındaki diğer tüm kabuller Ortahisar İçkale Camii'nin ön simülasyon

işleminde olduğu gibi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen simülasyon kabulleri detaylı şekilde bu bölümde açıklanmaktadır.

2.4.1. Geometri Kabulleri

Simülasyon çalışmaları, camilere ait arşivlerden elde edilen rölöveler ile yerinde yapılan ölçümler sonucu hazırlanan rölöveler esas alınarak oluşturulan sayısal 3D modeller üzerinden gerçekleştirilmiştir. Akustik simülasyonun gerçekleştirildiği ODEON 10.1 Combined yazılımının kullanım kılavuzunda 15 cm den daha küçük yüzeylerin modelde bulundurulmaması önerilmektedir (Christensen, 2009). Bu sebeple 3D sayısal modellerde bulunan 15 cm'den daha küçük detaylar kaldırılarak ilgili yüzeyler düzleştirilmiştir.

Minberler bazı camilerde sol ön köşede yer alırken (Şekil 52), bazı camilerde ise yine sol tarafta fakat orta aksa daha yakın konumlarda yer almıştır (Şekil 53). Bazı camilerin rölöve çizimleri ile restorasyon projeleri karşılaştırıldığında, restorasyon sırasında minberlerin yerlerinin değiştiği belirlenmiştir. Diğer taraftan ODEON 10.1 Combined yazılımı, ses kaynağı ile alıcı nokta arasında bir engel bulunması ve doğrudan ses iletiminin gerçekleşmemesi durumunda, özellikle LF80, D50 ve C80 değerlerinde hatalı sonuçlar verebilmektedir (Christensen, 2009). Bu nedenle minberin orta aksa yakın olduğu durumlarda minberin sol tarafında kalan ibadet alanlarını temsil edecek alıcı noktalarından doğru sonuç alınamayacak ve ortalama değerler yanlış olarak elde edilecektir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırabilmek için, restorasyonlar sırasındaki minber konumu değişiklikleri de göz önüne alınarak bütün camilerde minberler sol ön köşeye yaslanmış olarak konumlandırılmıştır.



Şekil 52. Bulancak Ahmetli Camii minberi (Kişisel arşiv, 2019)



Şekil 53. Sürmene Karacakaya Camii minberi (Kişisel arşiv, 2017)

Araştırmalar, gözlemler ve gerçekleştirilen kabullere göre Sketchup 2019 programında örneklemedeki bütün camilerin 3D modelleri hazırlanıp ODEON 10.1 programına aktarılmıştır.

2.4.2. Yüzey Malzemesi Kabulleri

Bütün camilerin iç yüzeyleri 5 farklı malzemeden oluşmaktadır. Bu malzemeler dışında camilerin iç yüzeylerinde bulunabilen elektrik teçhizatı, kablolar, aydınlatma elemanları gibi yüzeyler simülasyonlarda ihmal edilmiştir. Beş farklı yüzey için Ortahisar İckale Camii referans alınarak elde edilen modifiye yüzey malzemeleri, örneklemedeki bütün camiler için kabul edilmiştir.

Camilerin bazılarında pencere denizliklerinde, mihrapta, pencere içlerinde ve duvarlarında mozaik, taş gibi yüzey malzemelerine rastlanılmıştır. Mermer ile benzer özellik gösteren bu malzemelerin hepsi mermer gibi kabul edilip mermer yüzeyler için elde edilen modifiye malzeme bu yüzeylere tanımlanmıştır.

2.4.3. Kaynak ve Alıcı Noktaları Kabulleri

Alıcı ve ses kaynağı noktaları bütün camiler için fiziksel ölçümlerde ve ön simülasyonlarda kullanılan yöntem ile belirlenmiştir. ODEON 10.1 yazılımının kullanım kılavuzunda alıcı noktalar ile en yakın yüzey arasında 30-50 cm bir mesafe bulunması gerektiği belirtilmektedir (Christensen, 2009). Bazı camilerde alıcı noktaları minbere ya da arka kısımlarda mahfil merdivenine bu mesafeden daha yakın olabilmektedir. Böyle durumlarda ilgili alıcı noktanın konumu bir miktar değiştirilerek yakınlığı yüzey ile arasında en az 30 cm mesafe olması sağlanmıştır.

2.4.4. Simülasyon ile İlgili Ayarlar

Geometri kontrolü gerçekleştirilip yapılan kabullere göre simülasyon ortamı düzenlendikten sonra diğer simülasyon ayarları gerçekleştirilmiştir. ODEON 10.1 programında simülasyon üç hassasiyet düzeyinde gerçekleştirilmektedir. “Survey”, “Engineering” ve “Precision” olarak adlandırılan bu hassasiyet düzeylerinde hassasiyet

arttıkça simülasyon süresi de uzamaktadır. Simülasyonların tamamı, en hassas sonuçları elde etmek için “Precision” hassasiyet düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Modifiye yüzey malzemeleri ile çalışma kapsamındaki bütün camilerin akustik simülasyonları gerçekleştirilerek, gerçek koşullara en yakın şekilde sesin nesnel parametre değerleri elde edilmiştir.

Simülasyonlar ile camilerde elde edilen T30, EDT, C80, D50, LF80, Ts ve STI parametre değerleri EXCEL programında tablolar halinde düzenlenerek değerlendirilmiş ve SPSS versiyon 23 programında istatistiki yöntemlerle analiz edilmiştir.



3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, gerçekleştirilen alan çalışması ve rölöve çizimlerinden elde edilen camilerin geometrik yapıları ile ilgili bilgiler ve simülasyon çalışmalarında elde edilen veriler değerlendirilmiştir. İlk olarak, camilerin geometrik özellikleri değerlendirilmiş ve örneklem kapsamındaki camiler arasındaki geometrik farklılıklar ortaya konularak geometrik ölçü ve oranların örneklem içerisindeki alt ve üst değerleri tespit edilmiştir. İkinci olarak, çalışma kapsamındaki camilerde gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu elde edilen sesin nesnel parametre değerleri tablolar ve grafikler üzerinden değerlendirilmiştir. Üçüncü olarak, geometrik değişkenlerin ve malzeme miktarlarının camilerdeki ortalama nesnel parametre değerleri üzerindeki etkileri istatistiksel analizler üzerinden incelenerek ortaya konulmuştur. Dördüncü olarak, sesin nesnel parametrelerinin camiler içerisindeki bölgesel değişimleri incelenerek bağıntılar üzerinden ortaya konulmuştur. Beşinci ve son olarak ise, örnek tasarımlar üzerinden istatistiksel analizler ile elde edilen bağıntıların doğrulaması yapılmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen camiler dikdörtgen planlı, kâgir konstrüksiyon üzeri ahşap kırma çatılıdır. Duvar konstrüksiyonlarında camilerin çoğunda moloz taş kullanılmışken Tonya Karşular, Yomra Kohalı, Sürmene Karacakaya, Ardeşen Pirinçlik ve Kelkit Ulu Camii'nde kesme taş kullanıldığı görülmektedir. Dış yüzeyi kaplamalı olan Çayeli Caferpaşa Camii'nin ise konstrüksiyonunda kullanılan taş tipi dışarıdan görülememektedir. Genellikle köy ve mahalle camileri olarak inşa edildikleri için kapasiteleri ve hacimleri genelde kubbeli cami tiplerine göre daha düşüktür. Örneklem içerisindeki istisnalar, bir selatin camii olarak inşa edilmiş olan Kelkit Ulu Camii ile bir köy camii olmasına rağmen geniş hacmi ve büyük kapasitesiyle önce çıkan Arsin Atayurt Camii'dir. Camilerin tamamının ahşap konstrüksiyon olan kırma çatıları kiremit örtü ile kaplıdır.

3.1. Camilerin Geometrik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Bu bölümde camilerin; proje, ölçüm ve gözlemlere dayalı olarak elde edilen bazı geometrik özellikleri incelenmektedir. En, boy, yükseklik, pencere alanları, zemin, duvar,

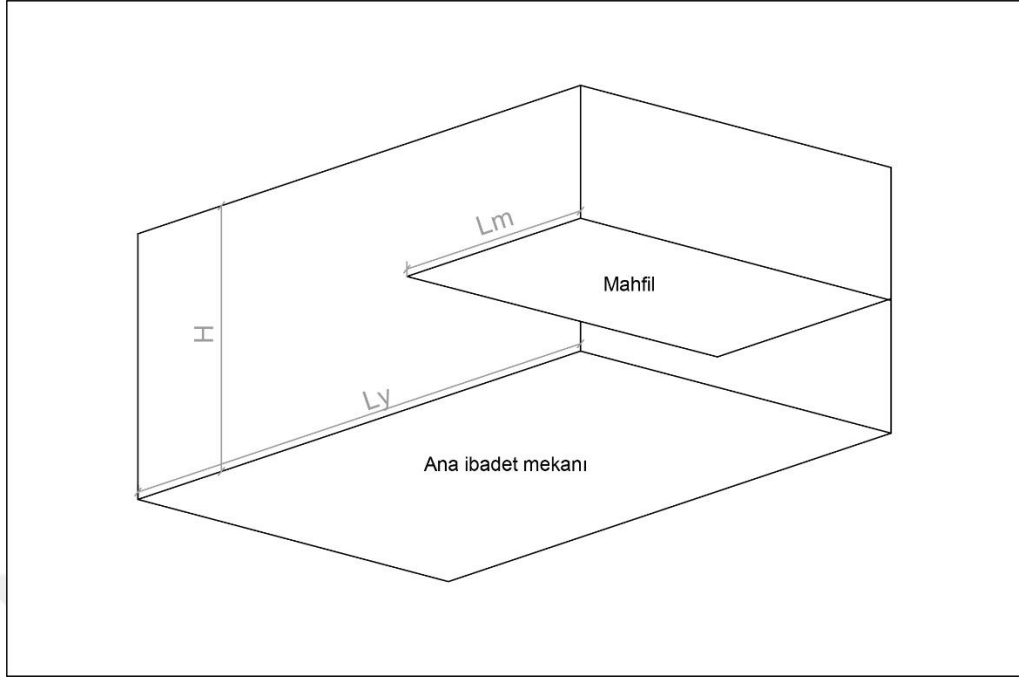
mahfil alanı ve bunların birbirleriyle ilişkileri üzerinden camilerin geometrik yapıları değerlendirilmektedir. Bu inceleme ile standart bir geometrik yapıda olan camilerin aralarındaki farklılıklar ortaya konulmakta, bu farklılıkların sebepleri ve akustik performansa olası etkileri değerlendirilmektedir.

Sabine formülüne göre bir mekânın çınlama süresi o mekânın hacmine, toplam yüzey alanına ve yüzeylerini oluşturan malzemelerin ses yutuculuklarına göre ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yutucu ve yansıtıcı yüzeylerin mekân içerisindeki dağılımı (Olechowska vd. 2018), mekân içerisindeki geometrik unsurlar çınlama süresi ve diğer sesin nesnel parametrelerine ait değerleri etkilemektedir. Erken yansımaları artıran yansıtıcı yüzeyler ve ses gölgesi oluşturacak geometrik yapıların mekân içerisinde varlığı, özellikle EDT, D50, C80 gibi erken yansıyan ses enerjilerinin toplam yansıyan ses enerjisine oranı üzerine kurgulanan parametreleri etkilemekte ve bu parametrelerin mekânların farklı noktalarında farklı değerler almalarına sebep olmaktadır. Bu nedenle sesin nesnel parametre değerlerinden önce camilerin geometrik nitelikleri incelenmiştir. Tez kapsamındaki camilerin ortak geometrik değişkenleri olan zemin ve mahfil alanları, pencere boşlukları, uzunluk ve genişlik ile tavan yükseklikleri sayısal değerler ve oranlar üzerinden değerlendirilmiştir.

3.1.1. Zemin ve Mahfil Boyutlarının İncelenmesi

Camilerin karakteristik yapılarını ve akustik performanslarını belirleyen geometrik değişkenlerden biri zemin alanlarına göre mahfil katlarının büyüklüğüdür. Mahfil katları camilere ilave kapasite kazandırarak toplam kapasitelerinin artırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca İslami geleneğe göre kadın ve erkeklerin farklı alanlarda ibadet etmeleri gerekmektedir. Birçok camide ana ibadet mekânından ayrı olması sebebiyle mahfil katları kadınların kullanımına ayrılmaktadır.

Değerlendirmede ana ibadet mekânlarının ve mahfil katlarının kenar uzunlukları esas alınmıştır. Ana ibadet mekânının yan duvar uzunluğu (L_y) ile mahfil katlarının yan kenar uzunlukları (L_m) yaklaşık olarak mahfil katı ile ana ibadet mekânı arasındaki oransal ilişkiyi vermektedir (Şekil 54).



Şekil 54. Oranların belirlenmesinde referans alınan ölçüler

Çalışma kapsamındaki camilere ait hacim, genişlik, uzunluk ve mahfil uzunluğu ile mahfil uzunluklarının ana ibadet mekânı uzunluklarına oranları aşağıda verilmektedir (Tablo 44).

Tablo 44. Camilere ait hacim, genişlik, uzunluk ve mahfil uzunluğu değerleri

Cami	Hacim (m ³)	Genişlik (m)	Ana ibadet mekanının uzunluğu (m)	Mahfil uzunluğu (m)	L_m/L_y Oranı
Ortahisar Erdoğan Camii	560	11,9	8,3	2,9	0,35
Ortahisar İçkale Camii	640	9,8	11,55	4,2	0,36
Ortahisar Tavanlı Camii	560	9,3	10,6	3,72	0,35
Ortahisar Hoca Halil Camii	435	8,5	8,45	3,65	0,43
Keşap Uğurca Camii	445	8,55	9,65	3,68	0,38
Akçaabat Dürbinar Camii	720	9,1	10,6	3,96	0,37
Araklı Hacı Hasan Camii	350	7,9	10,1	2,48	0,25

Tablo 44'ün devamı

Cami	Hacim (m ³)	Genişlik (m)	Ana ibadet mekanının uzunluğu (m)	Mahfil uzunluğu (m)	Lm/Ly Oranı
Arsin Atayurt Camii	1185	10,9	14,8	4,4	0,3
Tonya Karşular Camii	415	7,9	9,75	3,9	0,4
Yomra Kohalı Camii	330	7,15	8,55	2,65	0,31
Sürmene Karacakaya Camii	660	10,05	11,2	3,58	0,32
Çayeli Caferpaşa Camii	810	11,25	10,85	3,5	0,32
Ardeşen Pirinçlik Camii	200	6,2	7,65	2,87	0,38
Giresun Çekkek Camii	780	10,1	13,3	4,05	0,3
Bulancak Ahmetli Camii	495	8,35	10,75	4,73	0,44
Kelkit Ulu Camii	1550	13,2	17,1	5,83	0,34

Tablo incelendiğinde en küçük mahfilin 2,48 m uzunlukla Araklı Hacı Hasan Camii'nde, en büyük mahfil alanının ise 5,83 m uzunluk ile Kelkit ulu Camii'nde olduğu görülmektedir. Mahfil uzunluklarının ana ibadet mekanlarının uzunluklarına oranları dikkate alındığında ise en küçük mahfil oranı 0,25 ile Araklı Hacı Hasan Camii'nde, en büyük mahfil oranı 0,44 ile Bulancak Ahmetli Camii'nde elde edilmektedir (Tablo 44). Örneklem kapsamındaki bütün camiler dikkate alındığında mahfil uzunluklarının ana ibadet mekânlarının uzunluklarına oranlarının ortalaması 0,35 olarak elde edilmiştir.

3.1.2. Duvarlar Üzerindeki Pencere Boşluklarının İncelenmesi

Pencere boşluklarının miktar ve oranları, özellikle camilerin aydınlatma düzeyleri üzerinde etkili olmaktadır. Yüzey malzemesi farklılığı ve pencere boşluklarının içerdiği ilave hacimler sebebiyle de akustik performans üzerinde küçükte olsa etkileri söz konusu olmaktadır. Camilerin geometrik farklılıklarını tespit etmek açısından duvarlardaki pencere boşluklarının miktarları ve toplam yanal yüzeylerdeki oranları incelenmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen camilerde farklı geometrik yapıda pencere tipleri bulunmaktadır. Bazı pencereler duvar iç yüzeyleri ile aynı düzlemdeyken bazıları dış yüzeyde veya iç ve dış yüzeylerin aralarında konumlandırılarak duvarda niş oluşturmaktadır. Arada ve duvar dış yüzeylerinde konumlandırılan pencerelerin bazılarında pencere ile iç duvar yüzeyindeki pencere boşluğu eşit alana sahip iken bazılarında duvar boşluğu

daraltılmış ve pencere, iç duvardaki pencere boşluğundan daha küçük yüzey alanına sahip olarak tasarlanmıştır. Bu geometrik farklılıklar sebebiyle, değerlendirmelerde standart bir kriter olması için bütün camilerde pencerelerin iç duvarlar üzerinde oluşturdukları boşluklar esas alınmıştır. Tablodaki bütün sayılar, virgülden sonra 2 basamak olacak şekilde yuvarlanmıştır.

Yanal yüzeylerde pencere oranı en yüksek olan cami 0,21 (%21) ile Giresun Çekek Camii, en düşük olanı ise 0,06 (%6) ile Ardeşen Pirinçlik Camii'dir. Örneklem kapsamındaki camilerin tamamı dikkate alındığında ortalama pencere boşluğu oranı 0,14 (%14) olarak elde edilmiştir (Tablo 45).

Tablo 45. Camilerin yanal yüzey ve pencere alanları

Cami	Yanal yüzey alanı (m ²)	Pencere alanı (m ²)	Pencere alanlarının yanal yüzeyler alanlarına oranı
Ortahisar Erdoğan Camii	215,33	27,65	0,13
Ortahisar İçkale Camii	226,31	29,70	0,13
Ortahisar Tavanlı Camii	204,97	41,48	0,20
Ortahisar Hoca Halil Camii	193,23	27,88	0,14
Akçaabat Dürbinar Camii	265,95	52,58	0,20
Araklı Hacı Hasan Camii	153	18,20	0,12
Arsin Atayurt Camii	359,8	51,84	0,14
Tonya Karşular Camii	181,8	20,77	0,11
Yomra Kohalı Camii	153,86	21,54	0,14
Sürmene Karacakaya Camii	235,88	31,80	0,13
Çayeli Caferpaşa Camii	276,25	37,32	0,14
Ardeşen Pirinçlik Camii	113,57	6,49	0,06
Giresun Çekek Camii	245,7	52,23	0,21
Bulancak Ahmetli Camii	204,37	19,21	0,09
Keşap Uğurca Camii	183,82	24,37	0,13
Kelkit Ulu Camii	375,72	73,99	0,20

3.1.3. Uzunluk ve Genişlik Oranlarının İncelenmesi

Camilerin geometrik yapılarındaki en belirgin farklılıklardan birisi de ana ibadet mekânlarının en ve boylarının oranıdır. Örneklem kapsamındaki camilerin çoğunluğu, uzunluğu genişliğinden daha fazla olan dikdörtgensel biçimdedir. Örneklem kapsamındaki camiler içerisinde istisna olarak Ortahisar Erdoğan Camii'nde ana ibadet mekânının

genişliği uzunluğundan oldukça fazladır ve enlemesine bir dikdörtgen söz konusudur. Ortahisar Hoca Halil ve Çayeli Caferpaşa camilerinde ise en/boy oranları birbirine çok yakın değerlerdedir ve ana ibadet mekânlarının formları tam kareye yakındır. Örneklem kapsamındaki diğer camilerin tamamında ana ibadet mekânlarının uzunlukları genişliklerinden daha büyüktür ve camilerin formları boylamasına dikdörtgen şeklindedir. En/boy oranının en yüksek olduğu cami 1,43 ile Ortahisar Erdoğdu Camii, en düşük olduğu cami ise 0,74 ile Arsin Atayurt Camii'dir (Tablo 46).

Tablo 46. Camilerin uzunluk ve genişlikleri

Cami	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Oran (G/U)
Ortahisar Erdoğdu Camii	8,3	11,9	1,43
Ortahisar İçkale Camii	11,55	9,8	0,85
Ortahisar Tavanlı Camii	10,6	9,3	0,88
Ortahisar Hoca Halil Camii	8,45	8,5	1,01
Akçaabat Dürbinar Camii	10,6	9,1	0,86
Araklı Hacı Hasan Camii	10,1	7,9	0,78
Arsin Atayurt Camii	14,8	10,9	0,74
Tonya Karşular Camii	9,75	7,9	0,81
Yomra Kohalı Camii	8,55	7,15	0,84
Sürmene Karacakaya Camii	11,2	10,05	0,9
Çayeli Caferpaşa Camii	10,85	11,25	1,04
Ardeşen Pirinçlik Camii	7,65	6,2	0,81
Giresun ekek Camii	13,3	10,1	0,76
Bulancak Ahmetli Camii	10,75	8,35	0,78
Keşap Uğurca Camii	9,65	8,55	0,89
Kelkit Ulu Camii	17,1	13,2	0,77

3.1.4. Tavan Yükseklikleri ve Zemin Alanlarının Analizi

Örneklem kapsamındaki camilerin geometrik karakteristiklerini belirleyen ve akustik performans üzerinde en fazla etkisi olan geometrik değişkenlerden birisi tavan yüksekliğidir. Ana ibadet mekân alanının artmasıyla tavan yüksekliğinin de artması her örnekte olmasa bile genel olarak gözlenen bir durumdur.

Değerlendirmede zemin alanları brüt alanlar olarak (ibadet edilen kısım dışında kalan minber, mahfil merdiveni gibi bileşenlerin zeminde kapladıkları alanlar da dahil edilerek)

alınmış olup, ana ibadet mekânlarının yaklaşık uzunluk ve genişliklerinin çarpımıyla elde edilmiştir. Yükseklikler ise ana ibadet mekânının zemin düzlem kotu ile tavan kotu arasındaki yaklaşık mesafeyi ifade etmektedir (Camilerin uzunluk, genişlik ve yükseklik değerlerinde bölgesel deformasyonlar ve gönye hataları sebebiyle küçük farklılıklar olabilmektedir).

Veriler incelendiğinde tavan yüksekliği en fazla olan cami 7 m ile Arsin Atayurt Camii, en düşük olan ise 4,1 m ile Ardeşen Pirinçlik Camii'dir. Örneklem kapsamındaki camilerin ortalama tavan yüksekliği 5,46 m'dir.

Tavan yüksekliklerinin zemin alanlarına oranı dikkate alındığında, en yüksek oran 0,07 ile Tonya Karşılar Camii'nde, en düşük oran ise 0,03 ile Kelkit Ulu Camii'nde tespit edilmiştir. Örneklemdeki camilerin yükseklik/zemin alanlarının ortalama değeri 0,06'dır (Tablo 47).

Tablo 47. Camilerin zemin alanları ve tavan yükseklikleri

Cami	Brüt zemin alanı (m²)	Tavan yüksekliği (m)	Tavan yüksekliği/ Zemin alanı
Ortahisar Erdoğan Camii	98,8	5,33	0,05
Ortahisar İçkale Camii	113,2	5,3	0,05
Ortahisar Tavanlı Camii	98,6	5,15	0,05
Ortahisar Hoca Halil Camii	71,8	5,7	0,08
Akçaabat Dürbina Camii	96,5	6,75	0,07
Araklı Hacı Hasan Camii	79,79	4,25	0,05
Arsin Atayurt Camii	161,3	7	0,04
Tonya Karşılar Camii	77	5,15	0,07
Yomra Kohalı Camii	61,1	4,9	0,08
Sürmene Karacakaya Camii	112,6	5,55	0,05
Çayeli Caferpaşa Camii	122,1	6,25	0,05
Ardeşen Pirinçlik Camii	47,4	4,1	0,09
Giresun Çekerek Camii	134,3	5,25	0,04
Bulancak Ahmetli Camii	89,8	5,35	0,06
Keşap Uğurca Camii	82,5	5,05	0,06
Kelkit Ulu Camii	225,7	6,2	0,03

Camilerin genel ölçüleri ve geometrik verileri incelenerek örneklem kapsamındaki camilerin geometrik parametrelerinin alt ve üst değerleri belirlenmiştir. Belirlenen alt ve üst değerler aşağıda verilmektedir (Tablo 48).

Tablo 48. Çalışmak kapsamındaki camilerin geometrik verilerinin alt ve üst sınırları

Geometrik parametre	En düşük	En yüksek
Hacim	200 m ³	1550 m ³
Genişlik	6,2 m	13,2 m
Uzunluk	8,3 m	17,1 m
Tavan yüksekliği	4,1 m	7 m
Mahfil oranı	0,25	0,44
Pencere/ Yanal yüzey oranı	0,06	0,21
Uzunluk/genişlik ortanı	0,74	1,43
Zemin alanı	47,4 m ²	225,7 m ²
Tavan yüksekliği / Zemin alanı oranı	0,03	0,09

3.2. Camilerin Akustik Performanslarının Değerlendirilmesi

Camilerin geometrik özellikleri incelendikten sonra bu başlık altında modifiye malzemeler ile gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucunda elde edilen sesin nesnel parametreleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Sesin nesnel parametrelerine ait değerler daha anlaşılır olması için hem tablolar hem de grafikler halinde düzenlenmiştir. Elde edilen sonuçlar bilimsel literatürde önerilen optimum değerler ile karşılaştırılarak camilerin akustik performansları tespit edilmiştir. T30, EDT, BR, TR, D50, C80, LF80, SPL, STI, BR, TR nesnel parametreleri, ayrıca T30 ve EDT parametreleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

3.2.1. Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen T30 Değerleri

Konuşma eyleminin ön planda olduğu mekânlarda çınlama süresinin değerlendirmesinin sadece orta frekanslarda yapılması yeterli görülmektedir (Ateş, 2007), (Aknesil, 1998). Camiler içerisinde gerçekleştirilen faaliyetlerde enstrümantal müzik faaliyetleri bulunmamaktadır. Faaliyetlerin tümü konuşma ve makamlı Kur'an-ı Kerim okumalarından oluştuğu için değerlendirme ve analizler orta frekanslarda (500 Hz ve 1000 Hz) ve bunların ortalamaları üzerinden gerçekleştirilecektir.

Camilerin orta frekanslardaki çınlama sürelerinin değerlendirilmesinde Kayılı'nın (2005) orta frekanslar için önerdiği optimum çınlama süreleri esas alınmıştır (Kayılı, 2005). Abdülrahimov (2005) çınlama sürelerinde tolerans aralığı olarak $\pm \%10$ değerini

önermektedir. Buna göre optimum çınlama süresinin %10 üst sınırına ve %10 alt sınırına kadar olan değerler optimum sınırlarda kabul edilmiştir (Abdülrahimov, 2005). ISO (2009) Standartlarına göre ise bu tolerans aralığı 5 JND'dir (ISO, 2009). Camilerin hacimlerine göre Kayılı'nın orta frekanslar için önerdiği optimum çınlama sürelerinin Abdülrahimov (2005) ve ISO (2009) standartlarında önerilen tolerans değerlerine göre hesaplanmasıyla elde edilen optimum çınlama süresi değerleri aşağıda verilmektedir (Tablo 49).

Tablo 49. Çalışma kapsamındaki camilerin hacimlerine göre optimum çınlama süresi değer aralıkları.

Cami	Hacim (m ³)	T30 _{opt} (sn)	Abdülrahimov		ISO	
			T30 _{min} (sn)	T30 _{max} (sn)	T30 _{min} (sn)	T30 _{max} (sn)
Ortahisar Erdoğdu Camii	560	1,63	1,47	1,79	1,22	1,83
Ortahisar İçkale Camii	640	1,65	1,49	1,82	1,24	1,86
Ortahisar Tavanlı Camii	560	1,63	1,47	1,79	1,22	1,83
Ortahisar Hoca Halil Camii	435	1,58	1,43	1,74	1,19	1,78
Akçaabat Dürbinar Camii	720	1,67	1,51	1,84	1,25	1,88
Araklı Hacı Hasan Camii	350	1,55	1,39	1,70	1,16	1,74
Arsin Atayurt Camii	1185	1,77	1,59	1,94	1,32	1,99
Tonya Karşular Camii	415	1,58	1,42	1,73	1,18	1,77
Yomra Kohalı Camii	330	1,54	1,38	1,69	1,15	1,73
Sürmene Karacakaya Camii	660	1,66	1,49	1,82	1,24	1,86
Çayeli Caferpaşa Camii	810	1,69	1,52	1,86	1,27	1,91
Ardeşen Pirinçlik Camii	200	1,46	1,31	1,60	1,09	1,64
Giresun Çekrek Camii	780	1,69	1,52	1,86	1,27	1,90
Bulancak Ahmetli Camii	495	1,61	1,45	1,77	1,20	1,81
Keşap Uğurca Camii	445	1,59	1,43	1,75	1,19	1,79
Kelkit Ulu Camii	1550	1,82	1,64	2,00	1,36	2,04

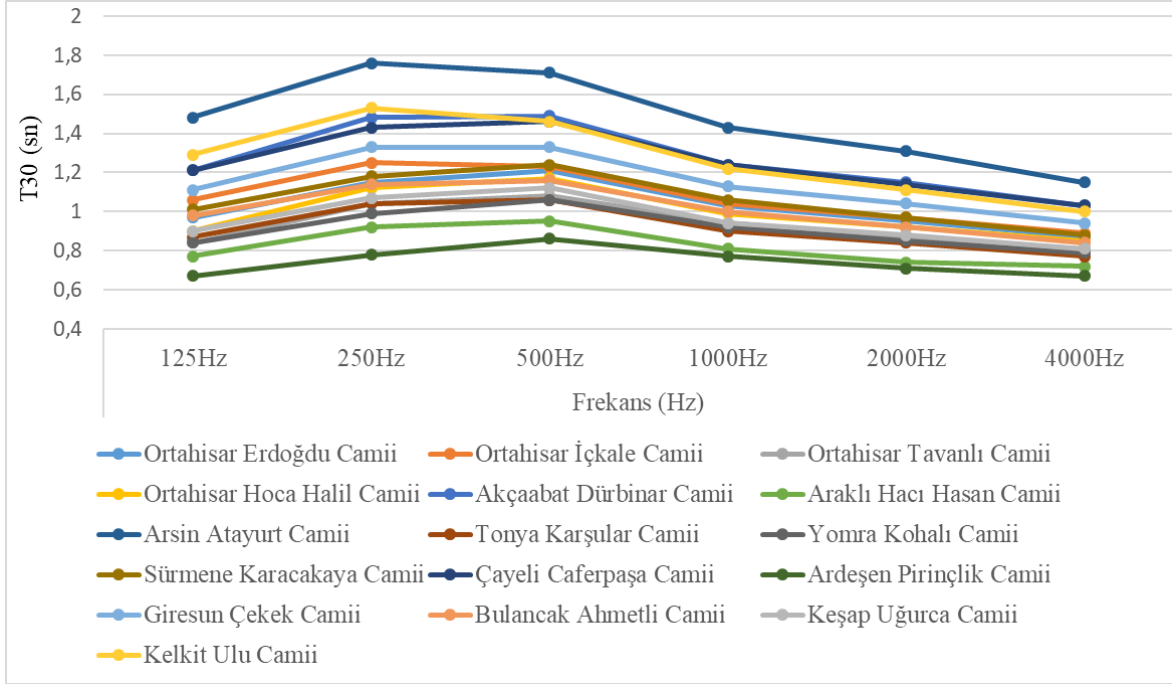
Bilgisayar ortamında gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu camilere ait T30 parametresi değerleri aşağıda verilmektedir. Tablo 50 incelendiğinde hacmine göre en yüksek T30 değerlerine sahip olan caminin Arsin Atayurt Camii olduğu görülmektedir. Bu durumun örneklem içerisinde tavan yüksekliği en büyük cami olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Orta frekanslardaki sonuçlar incelendiğinde 500 Hz frekansta en düşük T30 değeri 0,86 Hz ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde, en yüksek T30 değerleri ise 1,72 sn ile Arsin Atayurt Camii'nde elde edilmiştir. 1000 Hz frekansta en düşük T30 değeri 0,77 sn ile yine Ardeşen Pirinçlik Camii'nde, en yüksek T30 değeri ise 1,43 sn ile yine Arsin Atayurt Camii'nde elde edilmiştir. 500 Hz frekanstaki T30 sonuçlarından sadece Arsin Atayurt

Camii’nde Abdülrahimov (2005)’un önerdiği tolerans aralığında değerler elde edilebilmiştir. Akçaabat Dürbinar, Çayeli Caferpaşa, Giresun Çekrek ve Kelkit Ulu Camii’nde ise JND tolerans aralığında (ISO, 2009) elde edilmiştir. 1000 Hz frekansta ise yalnızca Arsin Atayurt Camii’ne ait sonuçlar Abdülrahimov (2005)’un önerdiği tolerans aralığına göre optimum değerlerde elde edilmiştir. 500 Hz ve 1000 Hz frekanslarda elde edilen diğer tüm T30 sonuçları optimum düzeylerin altında kalmıştır (Tablo 50).

Tablo 50. Örneklemdeki camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant aralığında elde edilen T30 değerleri

Cami	T30 (sn)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Ortahisar Erdoğan Camii	0,97	1,15	1,21	1,03	0,95	0,87
Ortahisar İçkale Camii	1,06	1,25	1,23	1,04	0,97	0,89
Ortahisar Tavanlı Camii	0,84	1,04	1,08	0,94	0,87	0,81
Ortahisar Hoca Halil Camii	0,9	1,12	1,17	0,99	0,92	0,85
Akçaabat Dürbinar Camii	1,21	1,48	1,49	1,24	1,15	1,03
Araklı Hacı Hasan Camii	0,77	0,92	0,95	0,81	0,74	0,72
Arsin Atayurt Camii	1,48	1,76	1,71	1,43	1,31	1,15
Tonya Karşular Camii	0,87	1,04	1,06	0,9	0,84	0,77
Yomra Kohalı Camii	0,84	0,99	1,06	0,92	0,85	0,79
Sürmene Karacakaya Camii	1,01	1,18	1,24	1,06	0,97	0,88
Çayeli Caferpaşa Camii	1,21	1,43	1,46	1,24	1,14	1,03
Ardeşen Pirinçlik Camii	0,67	0,78	0,86	0,77	0,71	0,67
Giresun Çekrek Camii	1,11	1,33	1,33	1,13	1,04	0,94
Bulancak Ahmetli Camii	0,98	1,14	1,16	1	0,92	0,84
Keşap Uğurca Camii	0,9	1,07	1,12	0,94	0,88	0,81
Kelkit Ulu Camii	1,29	1,53	1,46	1,22	1,11	1

Örneklemdeki camilerin akustik simülasyonlarda elde edilen çınlama sürelerinin frekanslara göre grafiği aşağıda verilmektedir. T30 değerlerinin tüm camilerde genel olarak birbirlerine paralel olarak değişim gösterdikleri görülmektedir. 125 Hz frekansta düşük değerlerde elde edilen T30 değerleri 250 Hz ve 500 Hz frekanslarda en yüksek değerlerini almakta, daha sonra frekansın yükselmesi ile T30 değerleri 4000 Hz frekansa yaklaştıkça azalmaktadır. Arsin Atayurt Camii tüm frekanslarda en yüksek, Ardeşen Pirinçlik Camii ise tüm frekanslarda en düşük çınlama sürelerine sahiptir (Şekil 55).



Şekil 55. Camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen T30 değerleri

3.2.2. Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen Bass ve Tiz Oranları

Bilgisayar ortamında gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu camilerin iç mekânlarında elde edilen Bas ve Tiz Oranları aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 51). Çalışma kapsamındaki camilerde BR (Bas oranı) değerlerinin ortalaması 0,97, TR (Tiz oranı) değerlerinin ortalaması ise 0,81'dir. En yüksek BR değeri 1,05 ile Kelkit Ulu Camii, en düşük BR değeri ise 0,89 ile Ardeşen Piriçli Camii'nde elde edilmiştir. Buradan, iç mekân hacmi ile BR değeri arasında bir bağlantı olduğu, iç mekân hacminin artmasıyla alçak frekanslardaki çınlama sürelerinin oranının yükseldiği söylenebilir. Bu durum, cami boyutları arttıkça alçak frekanslardaki ortalama yutuculuğun orta frekanslardaki ortalama yutuculuğa göre azaldığını göstermektedir. TR parametresi için ise en yüksek değer 0,85 ile Ardeşen Piriçlik Camii'nde, en düşük değer ise 0,78 ile Kelkit Ulu Camii'nde elde edilmiştir. Bu durum BR parametresinin tersine TR parametresi değerlerinin iç mekân hacminin artması ile azaldığı sonucunu vermektedir. BR değerlerinde olduğu gibi, camilerin boyutları arttıkça yüksek frekanslardaki ortalama yutuculuğun orta frekanslardaki ortalama yutuculuğa göre arttığı görülmektedir.

Tablo 51. Örneklem kapsamındaki camilerde elde edilen bas ve tiz oranları

Cami	BR	TR
Ortahisar Erdoğan Camii	0,95	0,81
Ortahisar İçkale Camii	1,02	0,82
Ortahisar Tavanlı Camii	0,93	0,83
Ortahisar Hoca Halil Camii	0,94	0,82
Akçaabat Dürbinar Camii	0,99	0,80
Araklı Hacı Hasan Camii	0,96	0,83
Arsin Atayurt Camii	1,03	0,78
Tonya Karşular Camii	0,97	0,82
Yomra Kohalı Camii	0,92	0,83
Sürmene Karacakaya Camii	0,95	0,80
Çayeli Caferpaşa Camii	0,98	0,80
Ardeşen Pirinçlik Camii	0,89	0,85
Giresun Çekek Camii	0,99	0,80
Bulancak Ahmetli Camii	0,98	0,81
Keşap Uğurca Camii	0,96	0,82
Kelkit Ulu Camii	1,05	0,79

3.2.3. Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen EDT Değerleri

Bilgisayar ortamında gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu camilerin iç mekânlarında elde edilen EDT parametresi değerleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 52). Orta frekanslardaki EDT sonuçları incelendiğinde 500 Hz frekansta en düşük EDT değeri 0,78 Hz ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde, en yüksek EDT değerleri ise 1,60 sn ile Arsin Atayurt Camii'nde elde edilmiştir. 1000 Hz frekansta en düşük EDT değeri 0,65 sn ile yine Ardeşen Pirinçlik Camii'nde, en yüksek EDT değeri ise 1,28 sn ile yine Arsin Atayurt Camii'nde elde edilmiştir (Tablo 52).

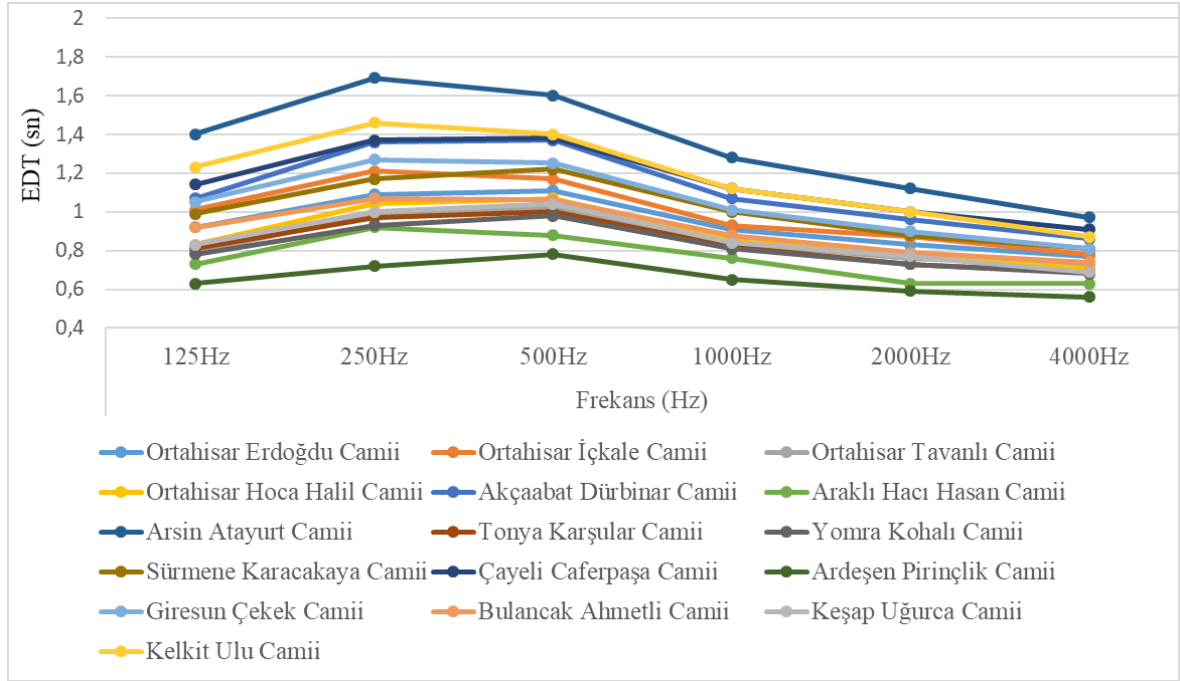
Tablo 52. Örneklemdeki camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen EDT değerleri

Cami	EDT (sn)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Ortahisar Erdoğan Camii	0,92	1,09	1,11	0,91	0,83	0,77
Ortahisar İçkale Camii	1,01	1,21	1,17	0,93	0,87	0,78
Ortahisar Tavanlı Camii	0,79	0,99	1,02	0,84	0,76	0,73
Ortahisar Hoca Halil Camii	0,83	1,04	1,07	0,86	0,77	0,71
Akçaabat Dürbinar Camii	1,07	1,36	1,37	1,07	0,96	0,86
Araklı Hacı Hasan Camii	0,73	0,92	0,88	0,76	0,63	0,63

Tablo 52'nin devamı

Cami	EDT (sn)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Arsin Atayurt Camii	1,4	1,69	1,6	1,28	1,12	0,97
Tonya Karşular Camii	0,81	0,97	1	0,82	0,73	0,69
Yomra Kohalı Camii	0,78	0,93	0,98	0,81	0,73	0,68
Sürmene Karacakaya Camii	0,99	1,17	1,22	1	0,88	0,81
Çayeli Caferpaşa Camii	1,14	1,37	1,38	1,12	1	0,91
Ardeşen Pirinçlik Camii	0,63	0,72	0,78	0,65	0,59	0,56
Giresun Çekek Camii	1,05	1,27	1,25	1,01	0,9	0,81
Bulancak Ahmetli Camii	0,92	1,07	1,06	0,88	0,79	0,74
Keşap Uğurca Camii	0,83	1	1,04	0,84	0,77	0,69
Kelkit Ulu Camii	1,23	1,46	1,4	1,12	1	0,87

Örneklemdaki camilerin akustik simülasyonlarda elde edilen EDT değerlerinin frekanslara göre dağılımları aşağıdaki grafikte verilmektedir (Şekil 56). EDT değerlerinin de T30 değerlerinde olduğu gibi tüm camilerde genel olarak birbirlerine paralel olarak değişim gösterdikleri görülmektedir. 125 Hz frekansta düşük değerlerde elde edilen EDT, 250 Hz ve 500 Hz frekanslarında en yüksek değerleri almakta, daha sonra frekansın yükselmesi ile 4000 Hz frekansa doğru azalmaktadır. Örneklemdaki Arsin Atayurt Camii'nde tüm frekanslarda en yüksek, Ardeşen Pirinçlik Camii'nde ise tüm frekanslarda en düşük EDT değerleri elde edilmiştir (Şekil 56).



Şekil 56. Camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen EDT değerleri

3.2.4. Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen T30 Değerlerinin EDT Değerlerine Oranları

Her cami için tüm frekanslarda elde edilen ortalama T30 değerlerinin ortalama EDT sonuçlarına oranı aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 53). Elde edilen EDT değerleri, her camide, tüm frekanslarda T30 değerlerinin altında yer almıştır. 500 Hz frekansta en düşük T30/EDT oranı 1,02 ile Sürmene Karacakaya Camii'nde, en yüksek T30/EDT oranı ise 1,10 ile Ortahisar Hoca Halil ve Ardeşen Pirinçlik Camilerinde elde edilmiştir. 1000 Hz frekansta ise en düşük oran 1,07 ile Sürmene Karacakaya Camii'nde, en yüksek oran ise 1,18 ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde elde edilmiştir. Genel olarak T30/EDT oranının frekansın yükselmesi ile artma eğiliminde olduğu görülmektedir (Tablo 53).

Tablo 53. Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant aralığında elde edilen T30/EDT değerleri

Cami	T30/EDT					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Ortahisar Erdoğan Camii	1,05	1,06	1,09	1,13	1,14	1,13
Ortahisar İçkale Camii	1,05	1,03	1,05	1,12	1,11	1,14
Ortahisar Tavanlı Camii	1,06	1,05	1,06	1,12	1,14	1,11
Ortahisar Hoca Halil Camii	1,08	1,08	1,09	1,15	1,19	1,20
Akçaabat Dürbinar Camii	1,13	1,09	1,09	1,16	1,20	1,20
Araklı Hacı Hasan Camii	1,05	1,00	1,08	1,07	1,17	1,14
Arsin Atayurt Camii	1,06	1,04	1,07	1,12	1,17	1,19
Tonya Karşular Camii	1,07	1,07	1,06	1,10	1,15	1,12
Yomra Kohalı Camii	1,08	1,06	1,08	1,14	1,16	1,16
Sürmene Karacakaya Camii	1,02	1,01	1,02	1,06	1,10	1,09
Çayeli Caferpaşa Camii	1,06	1,04	1,06	1,11	1,14	1,13
Ardeşen Pirinçlik Camii	1,06	1,08	1,10	1,18	1,20	1,20
Giresun Çekek Camii	1,06	1,05	1,06	1,12	1,16	1,16
Bulancak Ahmetli Camii	1,07	1,07	1,09	1,14	1,16	1,14
Keşap Uğurca Camii	1,08	1,07	1,08	1,12	1,14	1,17
Kelkit Ulu Camii	1,05	1,05	1,04	1,09	1,11	1,15

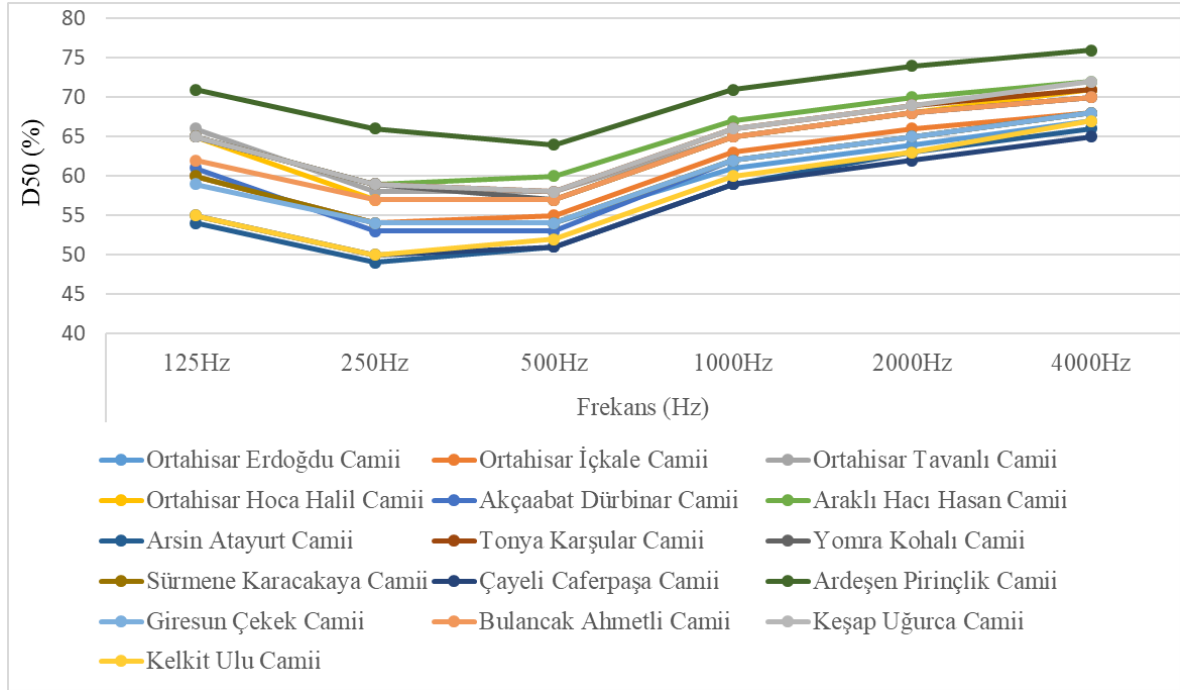
3.2.5. Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen D50 Değerleri

Gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu örneklemdeki camilerin bütün frekanslarda elde edilen Belirginlik (D50) değerleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır. Orta frekanslardaki sonuçlar incelendiğinde; 500 Hz frekansta en düşük D50 değeri %51 ile Arsin Atayurt ve Çayeli Caferpaşa Camilerinde, en yüksek D50 değerleri ise %64 ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde elde edilmiştir. 1000 Hz frekansta en düşük D50 değerleri %59 ile Arsin Atayurt ve Çayeli Caferpaşa Camilerinde, en yüksek D50 değerleri ise %71 ile Çayeli Caferpaşa Camii'nde elde edilmiştir. T30 ve EDT parametreleri sonuçları ile D50 parametresi sonuçlarında bir negatif korelasyon olduğu görülmektedir (Tablo 54).

Tablo 54. Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen D50 değerleri

Cami	D50 (%)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Ortahisar Erdoğan Camii	60	54	54	61	64	67
Ortahisar İckale Camii	60	54	55	63	66	68
Ortahisar Tavanlı Camii	66	58	58	65	68	70
Ortahisar Hoca Halil Camii	65	57	57	65	68	71
Akçaabat Dürbina Camii	61	53	53	62	65	68
Araklı Hacı Hasan Camii	65	59	60	67	70	72
Arsin Atayurt Camii	54	49	51	59	63	66
Tonya Karşular Camii	65	59	58	66	69	71
Yomra Kohalı Camii	65	59	57	65	68	70
Sürmene Karacakaya Camii	60	54	54	62	65	68
Çayeli Caferpaşa Camii	55	50	51	59	62	65
Ardeşen Pirinçlik Camii	71	66	64	71	74	76
Giresun Çekek Camii	59	54	54	62	65	68
Bulancak Ahmetli Camii	62	57	57	65	68	70
Keşap Uğurca Camii	65	59	58	66	69	72
Kelkit Ulu Camii	55	50	52	60	63	67

Örneklemdaki camilerin akustik simülasyonlarda elde edilen D50 değerlerinin frekanslara göre dağılımları aşağıdaki grafikte yer almaktadır (Şekil 57). T30 ve EDT değerleri ile D50 değerleri arasındaki negatif korelasyon grafikte görülmektedir. D50 değerlerinin değişim eğrisi, T30 ve EDT eğrilerinin yaklaşık olarak tersi şeklinde gerçekleşmiştir. 125 Hz frekansta nispeten yüksek olan değerler 250 Hz ve 500 Hz frekanslarda en düşük değerleri vermekte, 1000 Hz frekansta yine yükselerek 4000 Hz frekansta en yüksek değerlerine ulaşmaktadır (Şekil 57).



Şekil 57. Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen D50 değerleri

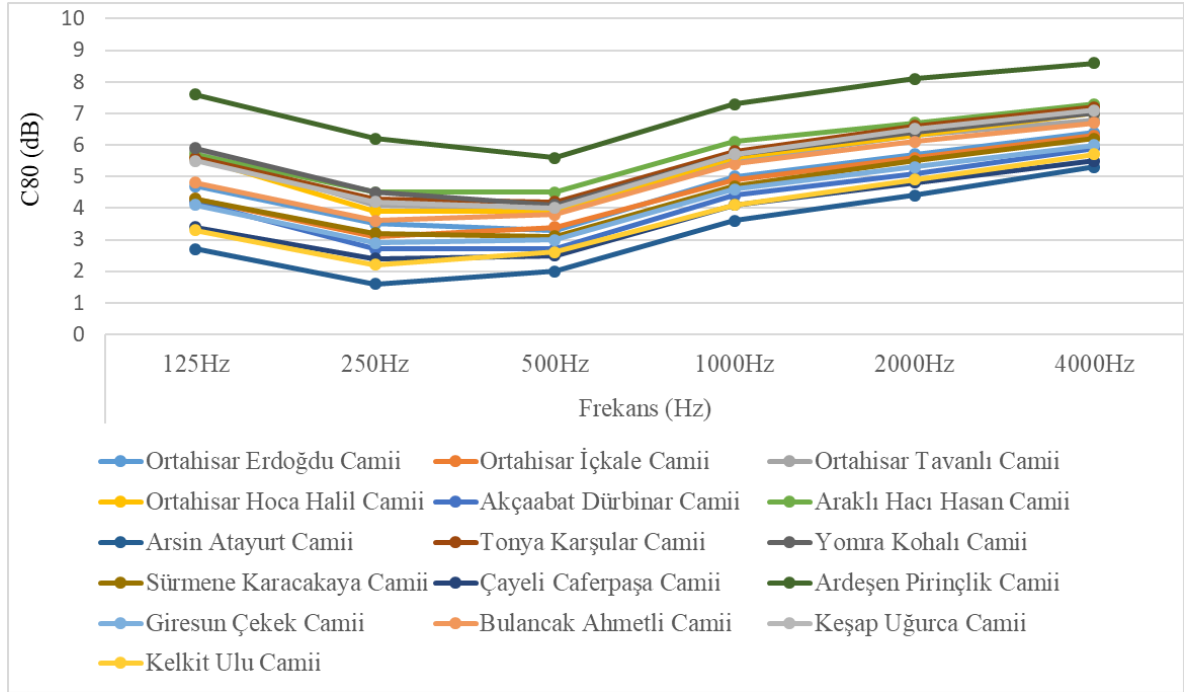
3.2.6. Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen C80 Değerleri

Gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu örneklemdeki camilerin tüm frekanslarda elde edilen Netlik (C80) değerleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 55). Ortalama C80 değerleri elde edilirken virgülden sonraki 1 basamak değerlendirmeye alınmıştır. Orta frekanslar dikkate alındığında; 500 Hz frekansta en düşük netlik (C80) değeri 2,0 dB ile Arsin Atayurt Camii'nde, en yüksek değeri 5,6 dB ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde elde edilmiştir. 1000 Hz frekansta en düşük C80 değeri 3,6 dB ile Arsin Atayurt Camii'nde, en yüksek C80 değeri 7,3 dB ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde elde edilmiştir. C80 parametresi değerlerin değişiminin D50 parametresi değerleri ile paralellik gösterdiği görülmektedir. D50 ve C80 parametreleri arasında pozitif bir korelasyon olduğu sonucuna görülmektedir (Tablo 55).

Tablo 55. Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen C80 değerleri

Cami	C80 (dB)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Ortahisar Erdoğan Camii	4,7	3,5	3,3	5,0	5,7	6,4
Ortahisar İçkale Camii	4,3	3,1	3,4	4,9	5,6	6,3
Ortahisar Tavanlı Camii	5,8	4,1	4,0	5,5	6,3	6,8
Ortahisar Hoca Halil Camii	5,6	3,9	3,9	5,6	6,3	7,0
Akçaabat Dürbinar Camii	4,2	2,7	2,7	4,4	5,1	5,9
Araklı Hacı Hasan Camii	5,7	4,5	4,5	6,1	6,7	7,3
Arsin Atayurt Camii	2,7	1,6	2,0	3,6	4,4	5,3
Tonya Karşular Camii	5,6	4,3	4,2	5,8	6,6	7,2
Yomra Kohalı Camii	5,9	4,5	4,1	5,7	6,4	7,0
Sürmene Karacakaya Camii	4,3	3,2	3,1	4,7	5,5	6,2
Çayeli Caferpaşa Camii	3,4	2,4	2,5	4,1	4,8	5,5
Ardeşen Pirinçlik Camii	7,6	6,2	5,6	7,3	8,1	8,6
Giresun Çekek Camii	4,1	2,9	3,0	4,6	5,3	6,0
Bulancak Ahmetli Camii	4,8	3,6	3,8	5,4	6,1	6,7
Keşap Uğurca Camii	5,5	4,2	4,0	5,7	6,5	7,1
Kelkit Ulu Camii	3,3	2,2	2,6	4,1	4,9	5,7

Gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu örneklemdeki camiler için tüm frekanslarda elde edilen Netlik (C80) değerleri aşağıdaki grafikte yer almaktadır (Şekil 58). D50 ve C80 parametreleri arasındaki pozitif korelasyon grafikte daha belirgin şekilde gözlemlenmektedir. Ardeşen Pirinçlik Camii’nde tüm frekanslarda en yüksek, Arsin Atayurt Camii’nde ise tüm frekanslarda en düşük C80 parametresi değerleri elde edilmiştir (Şekil 58).



Şekil 58. Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen C80 değerleri

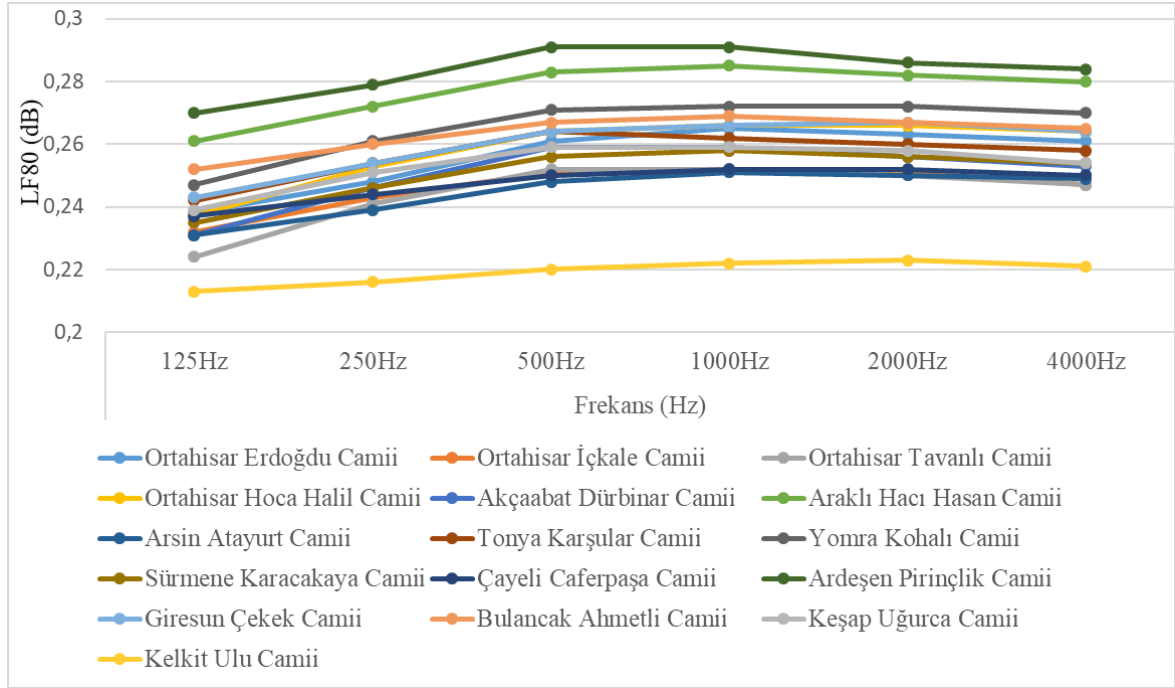
3.2.7. Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen LF80 Değerleri

Gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu örneklemdeki camiler için tüm frekanslarda elde edilen Yanal Enerji Oranı (LF80) değerleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 56). Ortalama değerler elde edilirken virgülden sonraki 3 basamak değerlendirmeye alınmıştır. Orta frekanslardaki 500 Hz’de en düşük LF80 değerleri 0,220 dB ile Kelkit Ulu Camii’nde, en yüksek LF80 değerleri ise 0,291 dB ile Ardeşen Pirinçlik Camii’nde elde edilmiştir. 1000 Hz’de ise en düşük değerler 0,222 dB ile yine Kelkit Ulu Camii’nde, en yüksek değerler ise 0,291 dB ile yine Ardeşen Pirinçlik Camii’nde elde edilmiştir. En düşük LF80 değerlerinin tavan yüksekliği en fazla olan Arsin Atayurt Camii yerine iç mekân hacmi en fazla olan Kelkit Ulu Camii’nde elde edilmiş olması dikkati çekmektedir (Tablo 56). Bu durum dikkate alındığında diğer parametrelerden farklı olarak iç mekân hacmi LF80 parametresi üzerinde tavan yüksekliğinden daha etkili olmuştur.

Tablo 56. Örnekleme camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen LF80 değerleri

Cami	LF80 (dB)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Ortahisar Erdoğan Camii	0,238	0,248	0,261	0,265	0,263	0,261
Ortahisar İçkale Camii	0,232	0,243	0,251	0,251	0,251	0,247
Ortahisar Tavanlı Camii	0,224	0,241	0,252	0,252	0,25	0,247
Ortahisar Hoca Halil Camii	0,237	0,253	0,264	0,266	0,266	0,264
Akçaabat Dürbinar Camii	0,231	0,246	0,259	0,259	0,256	0,253
Araklı Hacı Hasan Camii	0,261	0,272	0,283	0,285	0,282	0,28
Arsin Atayurt Camii	0,231	0,239	0,248	0,251	0,25	0,249
Tonya Karşular Camii	0,242	0,254	0,264	0,262	0,26	0,258
Yomra Kohalı Camii	0,247	0,261	0,271	0,272	0,272	0,27
Sürmene Karacakaya Camii	0,235	0,246	0,256	0,258	0,256	0,254
Çayeli Caferpaşa Camii	0,237	0,244	0,25	0,252	0,252	0,25
Ardeşen Pirinçlik Camii	0,27	0,279	0,291	0,291	0,286	0,284
Giresun Çekerek Camii	0,243	0,254	0,264	0,266	0,267	0,264
Bulancak Ahmetli Camii	0,252	0,26	0,267	0,269	0,267	0,265
Keşap Uğurca Camii	0,239	0,251	0,259	0,259	0,258	0,254
Kelkit Ulu Camii	0,213	0,216	0,22	0,222	0,223	0,221

Gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu örnekleme camiler için tüm frekanslarda elde edilen LF80 değerleri aşağıdaki grafikte yer almaktadır (Şekil 59). Tüm frekanslarda en yüksek değerler Ardeşen Pirinçlik Camii'nde, en düşük değerler ise Kelkit Ulu Camii'nde elde edilmiştir (Şekil 59).



Şekil 59. Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen LF80 değerleri

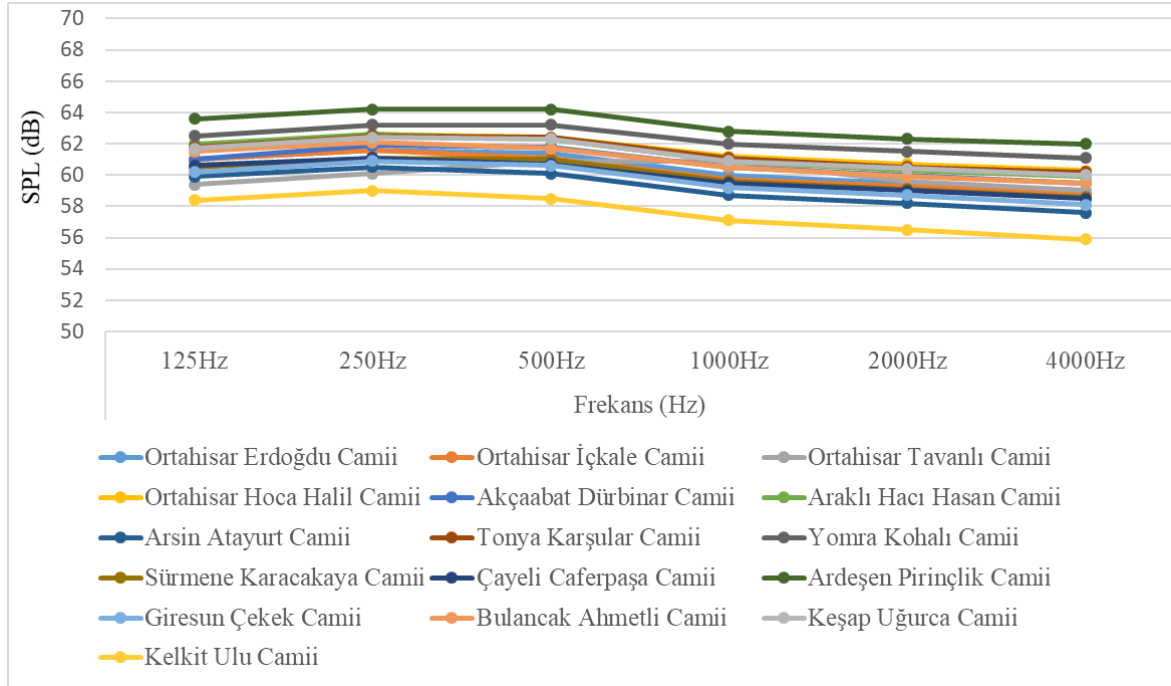
3.2.8. Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen SPL Değerleri

Gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu örneklemdeki camiler için tüm frekanslarda elde edilen Ses Basınç Düzeyi (SPL) değerleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 57). Simülasyonda tüm camiler için ses kaynağının düzeyi 75 dB olarak tanımlanmıştır. Orta frekanslardaki sonuçlar incelendiğinde, 500 Hz frekansta en düşük SPL değerleri 58,5 dB ile Kelkit Ulu Camii'nde, en yüksek SPL değeri ise 64,2 dB ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde elde edilmiştir. 1000 Hz frekansta ise en düşük SPL değeri 57,1 dB ile Kelkit Ulu Cami, en yüksek SPL değeri ise 62,8 ile Ardeşen Pirinçlik Cami'nde elde edilmiştir (Tablo 57). SPL değerleri üzerinde de iç mekân hacminin, tavan yüksekliğine göre daha etkili olduğu görülmektedir. İç mekan hacmi ile SPL değerleri arasında, iç mekan hacminin artması ile sesin daha geniş bir hacme yayılması nedeniyle negatif bir korelasyon bulunmaktadır.

Tablo 57. Örnekleme camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen SPL değerleri

Cami	SPL (dB)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Ortahisar Erdoğan Camii	61	61,6	61,4	60	59,5	59
Ortahisar İçkale Camii	61	61,6	61,1	59,7	59,3	58,8
Ortahisar Tavanlı Camii	59,4	60,1	60,9	60,9	59,6	59
Ortahisar Hoca Halil Camii	61,8	62,6	62,4	61,2	60,7	60,3
Akçaabat Dürbinar Camii	61	61,9	61,8	60,5	60	59,5
Araklı Hacı Hasan Camii	62	62,6	62,3	60,9	60,3	59,9
Arsin Atayurt Camii	59,9	60,5	60,1	58,7	58,2	57,6
Tonya Karşular Camii	61,8	62,5	62,4	61,1	60,5	60,2
Yomra Kocalı Camii	62,5	63,2	63,2	62	61,5	61,1
Sürmene Karacakaya Camii	60,5	61,1	61	59,6	59,1	58,6
Çayeli Caferpaşa Camii	60,6	61,1	60,7	59,5	59	58,5
Ardeşen Pirinçlik Camii	63,6	64,2	64,2	62,8	62,3	62
Giresun Çekek Camii	60,2	60,9	60,6	59,2	58,7	58,1
Bulancak Ahmetli Camii	61,5	62,1	61,7	60,5	59,9	59,5
Keşap Uğurca Camii	61,7	62,4	62,3	60,9	60,4	60
Kelkit Ulu Camii	58,4	59	58,5	57,1	56,5	55,9

Gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu örneklemedeki camiler için tüm frekanslarda elde edilen ses basınç düzeyi (SPL) değerleri aşağıdaki grafikte yer almaktadır (Şekil 60). İç mekan hacmi ile SPL parametresi değerleri arasındaki negatif korelasyon grafikte görülmektedir. Camilerin ortalama SPL değerlerindeki frekanslara göre değişimin genellikle birbirine paralel şekilde gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 60).



Şekil 60. Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen SPL değerleri

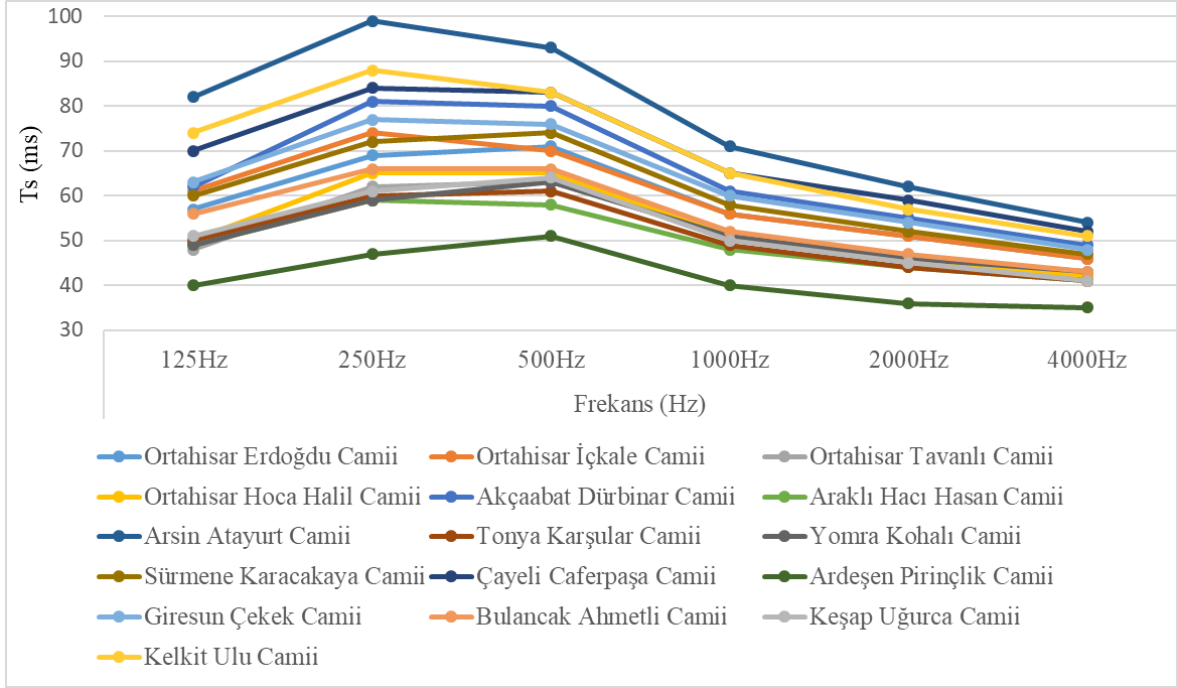
3.2.9. Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen Ts Değerleri

Gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu örneklemdeki camiler için tüm frekanslarda elde edilen Merkez Zamanı (Ts) değerleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 58). Orta frekanslarda, 500 Hz için en düşük Ts değeri 51 msn ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde, en yüksek Ts değeri ise 93 msn ile Arsin Atayurt Camii'nde elde edilmiştir. 1000 Hz frekansta ise en düşük Ts değeri 40 msn ile yine Ardeşen Pirinçlik Camii'nde, en yüksek Ts değeri 71 msn ile Arsin Atayurt Camii'nde elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Ts parametresinin iç mekân hacminden çok tavan yüksekliğine bağlı olduğu görülmektedir (Tablo 58).

Tablo 58. Örnekleme camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen Ts değerleri

Cami	Ts (msn)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Ortahisar Erdoğan Camii	57	69	71	56	51	46
Ortahisar İçkale Camii	61	74	70	56	51	46
Ortahisar Tavanlı Camii	48	62	63	51	46	42
Ortahisar Hoca Halil Camii	50	65	65	51	46	42
Akçaabat Dürbinar Camii	62	81	80	61	55	49
Araklı Hacı Hasan Camii	49	59	58	48	44	41
Arsin Atayurt Camii	82	99	93	71	62	54
Tonya Karşular Camii	50	60	61	49	44	41
Yomra Kohalı Camii	49	59	63	51	46	43
Sürmene Karacakaya Camii	60	72	74	58	52	47
Çayeli Caferpaşa Camii	70	84	83	65	59	52
Ardeşen Pirinçlik Camii	40	47	51	40	36	35
Giresun Çekek Camii	63	77	76	60	54	48
Bulancak Ahmetli Camii	56	66	66	52	47	43
Keşap Uğurca Camii	51	61	64	50	45	41
Kelkit Ulu Camii	74	88	83	65	57	51

Gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu örneklemedeki camiler için tüm frekanslarda elde edilen Merkez zamanı (Ts) değerlerinin değişim grafikleri aşağıdaki grafikte yer almaktadır (Şekil 61). Ts değerlerindeki değişim grafiğinin EDT değerlerine benzer olduğu, Ts değerleri ile T30 ve EDT değerleri arasında pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir (Şekil 61).



Şekil 61. Örneklem camilerde 125 Hz-4000 Hz oktav bant frekans aralığında elde edilen T_s değerleri

3.2.10. Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen STI Değerleri

Gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu örneklemdeki camiler için elde edilen Konuşmanın İletim Endeksi (STI) değerleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 59). En düşük STI değeri 0,65 ile Arsin Atayurt Camii'nde, en yüksek STI değeri ise 0,74 ile Ardeşen Piriçlik Camii'nde elde edilmiştir. Bütün camilerde STI parametresi değerleri 0,60-0,75 aralığında olup “iyi” kategorisindedir (Tablo 59).

Tablo 59. Örneklem camilerde elde edilen STI değerleri ve değerlendirme kategorileri

Cami	STI	Değerlendirme Kategorisi
Ortahisar Erdoğdu Camii	0,68	İyi
Ortahisar İçkale Camii	0,68	İyi
Ortahisar Tavanlı Camii	0,70	İyi
Ortahisar Hoca Halil Camii	0,70	İyi
Akçaabat Dürbina Camii	0,67	İyi
Araklı Hacı Hasan Camii	0,71	İyi
Arsin Atayurt Camii	0,65	İyi
Tonya Karşular Camii	0,71	İyi
Yomra Kohalı Camii	0,71	İyi

Tablo 59'un devamı

Cami	STI	Değerlendirme Kategorisi
Sürmene Karacakaya Camii	0,68	İyi
Çayeli Caferpaşa Camii	0,66	İyi
Ardeşen Pirinçlik Camii	0,74	İyi
Giresun Çekek Camii	0,68	İyi
Bulancak Ahmetli Camii	0,70	İyi
Keşap Uğurca Camii	0,71	İyi
Kelkit Ulu Camii	0,66	İyi

3.3. Camilerin İç Mekânlarında Elde Edilen Sesin Nesnel Parametre Değerlerinin İstatistiki Analizleri

Camilerin akustik simülasyon işlemleri sonucu elde edilen sesin nesnel parametre değerleri ile bazı geometrik değişkenler ve yüzey malzemelerinin miktarları üzerinde istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizlerde amaçlanan geometrik değişkenler ve malzeme yüzeyleri ile sesin nesnel parametreleri arasında var olan korelasyonları tespit etmek ve bu değişkenler arasındaki ilişkiyi ampirik bağıntılar ile ortaya koymaktır. Bunun için regresyon analizi kullanılmıştır. Geometrik değişkenler ve malzeme miktarlarının sesin nesnel parametreleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve formüle edilmesi ileride gerçekleştirilecek olan bu tipteki cami tasarımlarının şekillendirilmesinde ve farklı nesnel parametrelerin önceden ön görülebilmesinde tasarımcılara yardımcı olacaktır. Elde edilecek istatistiksel bağıntıların amacı tasarım aşamasında sesin nesnel parametrelerine ait değerlerin kesin olarak tespit edilmesi değildir. Nesnel parametre değerlerinin belirli ve kabul edilebilir bir tolerans payı dahilinde ön görülüp simülasyon ya da ölçekli fiziksel modeller üzerinde gerçekleştirilecek denemelerin sayısını en aza indirerek hızlı, pratik ve ekonomik bir şekilde akustik performansı yüksek yapıların tasarlanmasına yardımcı olmaktadır.

İstatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesinde IBM SPSS Statistics Version 26 programı kullanılmıştır. Analizler, akustik simülasyonlar sonucu elde edilen sesin nesnel parametre sonuçlarından orta frekanslardaki (500 Hz ve 1000 Hz) değerlerinin ortalamaları esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Camiler içerisindeki farklı tip ve ses yutma katsayılarına sahip malzemelerin m² cinsinden miktarları, yüzey tiplerinin alanları, tavan yükseklikleri ve iç hacim bağımsız değişkenler olarak SPSS programına aktarılmıştır. Bağımlı değişkenler olarak ise simülasyonlarda orta frekanslarda elde edilen sesin nesnel parametre değerlerinin

ortalamaları tanımlanmıştır. Analizler için tabloların ve grafiklerin oluşturulmasında, oran hesaplarının yapılmasında ve diğer matematiksel işlemlerde ise Excel 2016 programı kullanılmıştır.

Malzeme miktarlarının analizlerinde camilerin iç yüzeylerini oluşturan beş farklı malzeme tipinden halı ve sıva yüzeylerinin alanları kullanılmıştır. Ahşap yüzeyler, küçük farklılıklar dışında halı yüzeyleri ile aynı alana sahiptir. Her camide yaklaşık olarak tabandaki halı yüzeyi kadar tavanda ahşap yüzey, mahfil katındaki halı yüzeyi kadar ise mahfilin alt yüzünde ahşap yüzey bulunmaktadır. Bundan dolayı regresyon analizlerinde anlamlı bir değişken olarak etki göstermemektedir. Ahşap yüzeyler regresyon analizlerinde yüksek (0,05 sınırının üzerinde) anlamlılık (significance) değerleri vermediği için analizlerin bağımsız değişkenlerinden çıkartılmıştır. Cam ve mermer yüzeyler ise halı ve sıvaya göre çok küçük alanları kapladıkları için regresyon analizlerinde sonuç üzerinde anlamlı bir etkileri olmadığı (anlamlılık değerlerinin 0,05 sınırının üzerinde olduğu) için yine bağımsız değişkenler arasından çıkartılmışlardır. Analizlerdeki “halı” ifadesi; m^2 cinsinden cami iç yüzeylerinde halı kaplı alanları, “sıva ifadesi ise; m^2 cinsinden cami iç yüzeylerinde sıva kaplı alanları belirtmektedir.

Yüzey tipleri olarak zemin ve yanal alan kullanılmıştır. Zemin olarak; camilerin dört duvarı arasında kalan, uzunluk ve genişliğinin çarpımı ile elde edilen alan (m^2) esas alınmıştır. Yanal alan olarak ise her bir caminin dört yanındaki duvarların brüt alanları (m^2) esas alınmıştır. Yanal alanlar hesaplanırken uzunluk ve genişliğin toplamının yükseklik ve 2 sayısı ile çarpılmasıyla elde edilmiştir.

Sesin nesnel parametrelerinden bazılarında sonuç üzerinde halı ve sıva miktarları etkili olurken bazılarında sıva tek başına etkili olmuştur, bu durumda halının anlamlı bir etkisi olmamıştır. Aynı durum zemin ve yanal yüzeylerde de görülmüştür. Bu sebeple ilgili nesnel parametrelerin analizlerinde anlamlı etkisi bulunmayan değişken çıkartılıp analiz tek bağımsız değişken üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Yapılan denemeler sonucu değişkenler arasında anlamlı bir korelasyon veren analizler çalışma kapsamına alınmıştır. Farklı bağımsız değişkenler ile sonuçlar arasında tutarlı bir ilişki ve kabul edilebilir bir korelasyon görülmeyen ya da bağımsız değişkenlerin bazılarının anlamlılık değerlerine göre sonuç üzerinde kabul edilebilir düzeyde belirleyici etkilerinin bulunmadığı analizler çalışma kapsamına alınmamıştır.

Regresyon analizlerinde kullanılan veriler ve çıktılar, tablolar şeklinde düzenlenmiştir. Tablolarda regresyon sonucu elde edilen değerler SPSS programında “Unstandartised

Predicted Values” fonksiyonu ile otomatik olarak hesaplanmıştır. Bağlı sapma sütununda ise simülasyon sonuçları ile regresyon sonuçlarının (Unstandartised Predicted Values) farkının simülasyon sonuçlarına oranı ifade edilmektedir

3.3.1. Yüzey Malzemelerinin T30 Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki her caminin yüzey malzemelerinden halı ve sıva alanları bağımsız değişken, orta frekanslardaki T30 değerlerinin ortalamaları ise bağımlı değişken olarak tanımlanarak istatistiki analiz gerçekleştirilmiştir. Önceki bölümde açıklandığı şekilde ahşap, cam ve mermer yüzeyler sonuç üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadıkları için bağımsız değişkenlerden çıkarılmışlardır. Regresyon analizinin tüm verileri aşağıda gösterilmektedir (Tablo 60).

Tabloda akustik simülasyon sonucu elde edilen ortalama T30 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen T30 değerleri arasındaki en büyük farklılık 0,06 ile Ortahisar Hoca Halil ve Tonya Karşular Camilerinde elde edilmiştir.

Tablo 60. Halı ve sıva miktarlarına göre T30 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Halı (m ²)	Sıva (m ²)	T30 _{sim} (sn)	T30 _{reg} (sn)	Bağlı sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	131,12	196,25	1,12	1,14	0,02
Ortahisar İçkale Camii	158,5	210,92	1,14	1,17	0,03
Ortahisar Tavanlı Camii	145,12	176,21	1,01	1,02	0,01
Ortahisar Hoca Halil Camii	106,25	161,78	1,08	1,02	-0,06
Akçaabat Dürbina Camii	136,13	241,52	1,37	1,36	-0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	106,55	139,67	0,88	0,91	0,03
Arsin Atayurt Camii	213,03	314,87	1,57	1,58	0,01
Tonya Karşular Camii	111,61	168,77	0,98	1,04	0,06
Yomra Kohalı Camii	82,47	148,06	0,99	0,99	0
Sürmene Karacakaya Camii	151,31	195	1,15	1,1	-0,04
Çayeli Caferpaşa Camii	160,54	241,25	1,35	1,31	-0,03
Ardeşen Pirinçlik Camii	68,13	103,63	0,82	0,8	-0,02
Giresun Çekerek Camii	173,22	225,23	1,23	1,21	-0,02
Bulancak Ahmetli Camii	131,71	184,07	1,08	1,08	0
Keşap Uğurca Camii	113,21	175,78	1,03	1,07	0,04
Kelkit Ulu Camii	304,12	301,15	1,34	1,34	0

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,985 ve R^2 değeri 0,971 olarak elde edilmiştir. Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 61).

Tablo 61. Regresyon analizi sonuçları

R	0,985
R²	0,971
Sabit katsayı	0,404468
Halı katsayısı	-0,001875
Sıva katsayısı	0,005015

$$T30 = 0,404468 - \text{Halı} \times 0,001875 + \text{Sıva} \times 0,005015 \quad (21)$$

3.3.2. Zemin ve Yanal Alanın T30 Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki her caminin zemin ve yanal alanları bağımsız değişken, orta frekanslardaki T30 değerlerinin ortalamaları ise bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıda gösterilmektedir. Simülasyon sonucu elde edilen ortalama T30 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen T30 değerleri arasındaki en bağıl sapma 0,09 ile Giresun Çekek Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 62).

Tablo 62. Zemin ve yanal alanlara göre T30 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Zemin alanı (m²)	Yanal alan (m²)	T30_{sim} (sn)	T30_{analiz} (sn)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	98,77	215,33	1,12	1,11	-0,01
Ortahisar İckale Camii	113,19	226,31	1,14	1,11	-0,03
Ortahisar Tavanlı Camii	98,58	204,97	1,01	1,06	0,05
Ortahisar Hoca Halil Camii	71,83	193,23	1,08	1,11	0,03
Akçaabat Dürbinar Camii	96,46	265,95	1,37	1,37	0
Araklı Hacı Hasan Camii	79,79	153	0,88	0,89	0,01
Arsin Atayurt Camii	161,32	359,8	1,57	1,57	0
Tonya Karşular Camii	77,03	181,8	0,98	1,04	0,06

Tablo 62'nin devamı

Cami	Zemin alanı (m ²)	Yanal alan (m ²)	T30 _{sim} (sn)	T30 _{analiz} (sn)	Bağıl sapma
Sürmene Karacakaya Camii	112,56	235,88	1,15	1,16	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	122,06	276,25	1,35	1,32	-0,02
Ardeşen Pirinçlik Camii	47,43	113,57	0,82	0,82	0
Giresun Çekek Camii	134,33	245,7	1,23	1,12	-0,09
Bulancak Ahmetli Camii	89,76	204,37	1,08	1,09	0,01
Keşap Uğurca Camii	82,51	183,82	1,03	1,02	-0,01
Kelkit Ulu Camii	225,72	375,72	1,34	1,39	0,04

Regresyon analizi sonuçları incelendiğinde R değeri 0,979 ve R² değeri 0,957 olarak elde edilmiştir. Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 63).

Tablo 63. Regresyon analizi sonuçları

R	0,979
R²	0,957
Sabit sayı	0,458315
Zemin katsayısı	-0,003911
Yanal katsayısı	0,004833

$$T30 = 0,458315 - \text{Zemin} \times 0,003911 + \text{Yanal} \times 0,004833 \quad (22)$$

3.3.3. Halı Yüzeyi ve Tavan Yüksekliğinin T30 Parametresi Üzerindeki Etkisi

Her cami için halı yüzeylerinin alanı ve caminin tavan yüksekliğinin bağımsız değişken, akustik simülasyon sonucu elde edilen orta frekanslardaki T30 değerlerinin ortalamalarının ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucu elde edilen ortalama T30 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen T30 değerleri arasındaki en büyük farkın 0,09 ile Giresun Çekek Camii'nde olduğu görülmektedir (Tablo 64).

Tablo 64. Halı yüzeyleri ve tavan yüksekliğine göre T30 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Halı alanı (m ²)	Yükseklik (m)	T30 _{sim} (sn)	T30 _{analiz} (sn)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	131,12	5,33	1,12	1,1	-0,02
Ortahisar İçkale Camii	158,5	5,3	1,14	1,11	-0,03
Ortahisar Tavanlı Camii	145,12	5,15	1,01	1,07	0,06
Ortahisar Hoca Halil Camii	106,25	5,7	1,08	1,15	0,06
Akçaabat Dürbinar Camii	136,13	6,75	1,37	1,39	0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	106,55	4,25	0,88	0,86	-0,02
Arsin Atayurt Camii	213,03	7	1,57	1,5	-0,04
Tonya Karşular Camii	111,61	5,15	0,98	1,05	0,07
Yomra Kohalı Camii	82,47	4,9	0,99	0,97	-0,02
Sürmene Karacakaya Camii	151,31	5,55	1,15	1,16	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	160,54	6,25	1,35	1,31	-0,03
Ardeşen Pirinçlik Camii	68,13	4,1	0,82	0,8	-0,02
Giresun Çekek Camii	173,22	5,25	1,23	1,12	-0,09
Bulancak Ahmetli Camii	131,71	5,35	1,08	1,1	0,02
Keşap Uğurca Camii	113,21	5,05	1,03	1,03	0,00
Kelkit Ulu Camii	304,12	6,2	1,34	1,41	0,05

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,964 ve R² değeri 0,929 olarak elde edilmiştir. Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 65).

Tablo 65. Regresyon analizinin verileri

R	0,964
R²	0,929
Sabit sayısı	-0,080384
Halı katsayısı	0,000778
Yükseklik katsayısı	0,202121

$$T30 = -0,080384 + \text{Halı} \times 0,000778 + \text{Yükseklik} \times 0,202121 \quad (23)$$

3.3.4. Zemin Alanı ve Tavan Yüksekliğinin T30 Parametresi Üzerindeki Etkisi

Her cami için zemin alanının ve caminin tavan yüksekliğinin bağımsız değişken, simülasyon sonucu elde edilen orta frekanslardaki T30 değerlerinin ortalamalarının ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucu elde edilen ortalama T30 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen T30 değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,10 ile Giresun Çekek Camii'nde ortaya çıkmıştır (Tablo 66).

Tablo 66. Zemin alanı ve yüksekliğe göre T30 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Zemin alanı (m ²)	Yükseklik (m)	T30 _{sim} (sn)	T30 _{analiz} (sn)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	98,77	5,33	1,12	1,1	-0,02
Ortahisar İçkale Camii	113,19	5,3	1,14	1,1	-0,04
Ortahisar Tavanlı Camii	98,58	5,15	1,01	1,06	0,05
Ortahisar Hoca Halil Camii	71,83	5,7	1,08	1,15	0,06
Akçaabat Dürbinar Camii	96,46	6,75	1,37	1,39	0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	79,79	4,25	0,88	0,85	-0,03
Arsin Atayurt Camii	161,32	7	1,57	1,5	-0,04
Tonya Karşular Camii	77,03	5,15	0,98	1,04	0,06
Yomra Kohalı Camii	61,13	4,9	0,99	0,97	-0,02
Sürmene Karacakaya Camii	112,56	5,55	1,15	1,15	0,00
Çayeli Caferpaşa Camii	122,06	6,25	1,35	1,31	-0,03
Ardeşen Pirinçlik Camii	47,43	4,1	0,82	0,79	-0,04
Giresun Çekek Camii	134,33	5,25	1,23	1,11	-0,10
Bulancak Ahmetli Camii	89,76	5,35	1,08	1,09	0,01
Keşap Uğurca Camii	82,51	5,05	1,03	1,02	-0,01
Kelkit Ulu Camii	225,72	6,2	1,34	1,39	0,04

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,968 ve R² değeri 0,938 olarak elde edilmiştir. Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 67).

Tablo 67. Regresyon analizi sonuçları

R	0,968
R²	0,938
Sabit sayı	-0,064873
Zemin katsayısı	0,001152
Yükseklik katsayısı	0,197652

$$T30 = -0,064873 + \text{Zemin} \times 0,001152 + \text{Yükseklik} \times 0,197652 \quad (24)$$

3.3.5. Yüzey Malzemelerinin EDT Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örnekleme kapsamındaki her caminin yüzey malzemelerinden halı ve sıva alanları bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi, bağımlı değişkenin EDT olarak tanımlanmasıyla EDT parametresi için gerçekleştirilmiştir. Ortalama EDT değerleri, her camide simülasyon sonucu elde edilen orta frekanslardaki EDT değerlerinin ortalamaları olarak alınmıştır. Akustik simülasyon sonucu elde edilen ortalama EDT değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen EDT değerleri arasındaki en büyük farklılık 0,09 ile Sürmene Karacakaya Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 68).

Tablo 68. Halı ve sıva alanlarına göre EDT değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Halı (m²)	Sıva (m²)	EDT_{sim} (sn)	EDT_{reg} (sn)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	131,12	196,25	1,01	1,04	0,03
Ortahisar İckale Camii	158,5	210,92	1,05	1,07	0,02
Ortahisar Tavanlı Camii	145,12	176,21	0,93	0,94	0,01
Ortahisar Hoca Halil Camii	106,25	161,78	0,97	0,93	-0,04
Akçaabat Dürbina Camii	136,13	241,52	1,22	1,23	0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	106,55	139,67	0,82	0,83	0,01
Arsin Atayurt Camii	213,03	314,87	1,44	1,45	0,01
Tonya Karşular Camii	111,61	168,77	0,91	0,95	0,04
Yomra Kohalı Camii	82,47	148,06	0,9	0,9	0,00
Sürmene Karacakaya Camii	151,31	195	1,11	1,01	-0,09
Çayeli Caferpaşa Camii	160,54	241,25	1,25	1,2	-0,04
Ardeşen Pirinçlik Camii	68,13	103,63	0,72	0,72	0,00
Giresun Çekek Camii	173,22	225,23	1,13	1,11	-0,02
Bulancak Ahmetli Camii	131,71	184,07	0,97	0,99	0,02
Keşap Uğurca Camii	113,21	175,78	0,94	0,98	0,04
Kelkit Ulu Camii	304,12	301,15	1,26	1,28	0,02

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,981 ve R^2 değeri 0,962 olarak elde edilmiştir. Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 69)

Tablo 69. Regresyon analizi sonuçları

R	0,981
R²	0,962
Sabit sayı	0,362055
Halı katsayısı	-0,001258
Sıva katsayısı	0,004309

$$EDT = 0,362055 - \text{Halı} \times 0,001258 + \text{Sıva} \times 0,004309 \quad (25)$$

3.3.6. Zemin ve Yanal Alanın EDT Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örnekleme kapsamındaki her caminin zemin ve yanal alanları bağımsız değişken, orta frekanslardaki EDT değerlerinin ortalamaları ise bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 70). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama EDT değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen EDT değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,08 ile Giresun Çekek Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 70).

Tablo 70. Zemin ve yanal alanlara göre EDT değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Zemin alanı (m²)	Yanal alan (m²)	EDT_{sim} (sn)	EDT_{reg} (sn)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	98,77	215,33	1,01	1,02	0,01
Ortahisar İçkale Camii	113,19	226,31	1,05	1,02	-0,03
Ortahisar Tavanlı Camii	98,58	204,97	0,93	0,98	0,05
Ortahisar Hoca Halil Camii	71,83	193,23	0,97	1	0,03
Akçaabat Dürbina Camii	96,46	265,95	1,22	1,23	0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	79,79	153	0,82	0,81	-0,01
Arsin Atayurt Camii	161,32	359,8	1,44	1,44	0,00
Tonya Karşular Camii	77,03	181,8	0,91	0,94	0,03
Yomra Kohalı Camii	61,13	153,86	0,9	0,87	-0,03

Tablo 70'in devamı

Cami	Zemin alanı (m ²)	Yanal alan (m ²)	EDT _{sim} (sn)	EDT _{reg} (sn)	Bağıl sapma
Sürmene Karacakaya Camii	112,56	235,88	1,11	1,06	-0,05
Çayeli Caferpaşa Camii	122,06	276,25	1,25	1,2	-0,04
Ardeşen Pirinçlik Camii	47,43	113,57	0,72	0,74	0,03
Giresun Çekek Camii	134,33	245,7	1,13	1,04	-0,08
Bulancak Ahmetli Camii	89,76	204,37	0,97	1	0,03
Keşap Uğurca Camii	82,51	183,82	0,94	0,93	-0,01
Kelkit Ulu Camii	225,72	375,72	1,26	1,32	0,05

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değerinin 0,978 ve R² değeri 0,956 olarak elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde zemin alanı ve yanal alanları ile EDT değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 71).

Tablo 71. Regresyon analizi sonuçları

R	0,978
R²	0,956
Sabit sayı	0,410467
Zemin katsayısı	-0,002876
Yanal katsayısı	0,004143

$$EDT = 0,410467 - Zemin \times 0,002876 + Yanal \times 0,004143 \quad (26)$$

3.3.7. Zemin Alanı ve Tavan Yüksekliğinin EDT Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki her caminin zemin alanları ve tavan yükseklikleri bağımsız değişken, orta frekanslardaki EDT değerlerinin ortalamaları ise bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 72). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama EDT değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen EDT değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,07 ile Giresun Çekek Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 72).

Tablo 72. Zemin alanı ve tavan yüksekliğine göre EDT değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Zemin alanı (m ²)	Yükseklik (m)	EDT _{sim} (sn)	EDT _{reg} (sn)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	98,77	5,33	1,01	1,01	0,00
Ortahisar İçkale Camii	113,19	5,3	1,05	1,03	-0,02
Ortahisar Tavanlı Camii	98,58	5,15	0,93	0,98	0,05
Ortahisar Hoca Halil Camii	71,83	5,7	0,97	1,03	0,06
Akçaabat Dürbinar Camii	96,46	6,75	1,22	1,25	0,02
Araklı Hacı Hasan Camii	79,79	425	0,82	0,8	-0,02
Arsin Atayurt Camii	161,32	7	1,44	1,38	-0,04
Tonya Karşular Camii	77,03	5,15	0,91	0,95	0,04
Yomra Kohalı Camii	61,13	4,9	0,9	0,88	-0,02
Sürmene Karacakaya Camii	112,56	5,55	1,11	1,07	-0,04
Çayeli Caferpaşa Camii	122,06	6,25	1,25	1,2	-0,04
Ardeşen Pirinçlik Camii	47,43	4,1	0,72	0,73	0,01
Giresun Çekek Camii	134,33	5,25	1,13	1,05	-0,07
Bulancak Ahmetli Camii	89,76	5,35	0,97	1	0,03
Keşap Uğurca Camii	82,51	5,05	0,94	0,94	0,00
Kelkit Ulu Camii	225,72	6,2	1,26	1,34	0,06

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,969 ve R² değeri 0,939 olarak elde edilmiştir. Zemin alanı ve tavan yüksekliği ile EDT değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 73).

Tablo 73. Regresyon analizi sonuçları

R	0,969
R²	0,939
Sabit sayı	-0,03721
Zemin katsayısı	0,001467
Yükseklik katsayısı	0,169246

$$EDT = -0,03721 + Zemin \times Yükseklik \times 0,169246 \quad (27)$$

3.3.8. Yanal Alan ve Tavan Yüksekliğinin EDT Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki her caminin halı yüzeyleri ve tavan yükseklikleri bağımsız değişken, orta frekanslardaki EDT değerlerinin ortalamaları ise bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 74). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama EDT değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen EDT değerleri arasındaki en büyük farklılık 0,07 ile Giresun Çekek Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 74).

Tablo 74. Yanal alan ve tavan yüksekliğine göre EDT değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Yanal alan (m ²)	Yükseklik (m)	EDT (sn)	EDT _{reg} (sn)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	215,33	5,33	1,01	1,01	0,00
Ortahisar İckale Camii	226,31	5,3	1,05	1,03	-0,02
Ortahisar Tavanlı Camii	204,97	5,15	0,93	0,98	0,05
Ortahisar Hoca Halil Camii	193,23	5,7	0,97	1,02	0,05
Akçaabat Dürbinar Camii	265,95	6,75	1,22	1,24	0,02
Araklı Hacı Hasan Camii	153	4,25	0,82	0,81	-0,01
Arsin Atayurt Camii	359,8	7	1,44	1,4	-0,03
Tonya Karşular Camii	181,8	5,15	0,91	0,94	0,03
Yomra Kohalı Camii	153,86	4,9	0,9	0,88	-0,02
Sürmene Karacakaya Camii	235,88	5,55	1,11	1,07	-0,04
Çayeli Caferpaşa Camii	276,25	6,25	1,25	1,2	-0,04
Ardeşen Pirinçlik Camii	113,57	4,1	0,72	0,73	0,01
Giresun Çekek Camii	245,7	5,25	1,13	1,05	-0,07
Bulancak Ahmetli Camii	204,37	5,35	0,97	1	0,03
Keşap Uğurca Camii	183,82	5,05	0,94	0,94	0,00
Kelkit Ulu Camii	375,72	6,2	1,26	1,34	0,06

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,973 ve R² değeri 0,947 olarak elde edilmiştir. Yanal alan ve tavan yüksekliği ile EDT değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 75).

Tablo 75. Regresyon analizi sonuçları

R	0,973
R²	0,947
Sabit	0,130786
Yanal katsayısı	0,001475
Yükseklik katsayısı	0,105899

$$EDT = 0,130786 + \text{Yanal} \times 0,001475 + \text{Yükseklik} \times 0,105899 \quad (28)$$

3.3.9. Yüzey Malzemelerinin D50 Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin halı ve sıva yüzeylerinin alanları bağımsız değişken, orta frekanslardaki D50 ortalama değerleri ise bağımlı değişken olarak tanımlanıp regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre bu iki bağımsız değişkenin (halı ve sıva alanları) bağımlı değişken üzerinde kabul edilebilir bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bunun üzerine bağımlı değişken üzerindeki anlamlı etkisi daha düşük olan halı yüzeyleri çıkarılarak sadece sıva yüzeylerin tek bağımsız değişken olarak tanımlandığı haliyle regresyon analizi tekrarlanmıştır. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 76). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama D50 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen D50 değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,05 ile Çayeli Caferpaşa Cami'nde gerçekleşmiştir (Tablo 76).

Tablo 76. Sıva yüzeylere göre D50 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Sıva (m²)	D50_{sim} (%)	D50_{reg} (%)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	196,25	58	60	0,03
Ortahisar İckale Camii	210,92	59	59	0,00
Ortahisar Tavanlı Camii	176,21	62	61	-0,02
Ortahisar Hoca Halil Camii	161,78	61	62	0,02
Akçaabat Dürbina Camii	241,52	58	58	0,00
Araklı Hacı Hasan Camii	139,67	64	63	-0,02
Arsin Atayurt Camii	314,87	55	54	-0,02
Tonya Karşular Camii	168,77	62	62	0,00
Yomra Kohalı Camii	148,06	61	63	0,03
Sürmene Karacakaya Camii	195	58	60	0,03

Tablo 76'nın devamı

Cami	Sıva (m ²)	D50 _{sim} (%)	D50 _{reg} (%)	Bağıl sapma
Çayeli Caferpaşa Camii	241,25	55	58	0,05
Ardeşen Pirinçlik Camii	103,63	68	65	-0,04
Giresun Çekek Camii	225,23	58	58	0,00
Bulancak Ahmetli Camii	184,07	61	61	0,00
Keşap Uğurca Camii	175,78	62	61	-0,02
Kelkit Ulu Camii	301,15	56	54	-0,04

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,895 ve R² değeri 0,802 olarak elde edilmiştir. Sıva alanı ile D50 değerleri arasında yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 77).

Tablo 77. Regresyon analizi sonuçları

R	0,895
R²	0,802
Sabit sayı	70,822879
Sıva katsayısı	-0,055012

$$D50 = 70,822879 - \text{Sıva} \times -0,055012 \quad (29)$$

3.3.10. Yanal Alanların D50 Parametresi Üzerindeki Etkisinin Analizi

Örnekleme kapsamındaki camilerin zemin ve yanal yüzeylerinin alanları bağımsız değişken, orta frekanslardaki D50 değerlerinin ortalamaları ise bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre bu iki bağımsız değişkenin (zemin ve yanal alanlar) bağımlı değişken üzerinde kabul edilebilir bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bunun üzerine bağımlı değişken üzerindeki anlamlı etkisi daha düşük olan zemin yüzeyleri çıkarılarak sadece yanal yüzeylerin tek bağımsız değişken olarak tanımlandığı haliyle regresyon analizi tekrarlanmıştır. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 78). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama D50

değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen D50 değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,05 ve ile Çayeli Caferpaşa ve Kelkit Ulu Camiinde gerçekleşmiştir (Tablo 78).

Tablo 78. Yanal alanlara göre D50 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Yanal alan (m ²)	D50 _{sim} (%)	D50 _{reg} (%)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	215,33	58	60	0,03
Ortahisar İçkale Camii	226,31	59	60	0,02
Ortahisar Tavanlı Camii	204,97	62	61	-0,02
Ortahisar Hoca Halil Camii	193,23	61	61	0,00
Akçaabat Dürbinar Camii	265,95	58	58	0,00
Araklı Hacı Hasan Camii	153	64	63	-0,02
Arsin Atayurt Camii	359,8	55	54	-0,02
Tonya Karşular Camii	181,8	62	62	0,00
Yomra Kohalı Camii	153,86	61	63	0,03
Sürmene Karacakaya Camii	235,88	58	59	0,02
Çayeli Caferpaşa Camii	276,25	55	58	0,05
Ardeşen Pirinçlik Camii	113,57	68	65	-0,04
Giresun Çekek Camii	245,7	58	59	0,02
Bulancak Ahmetli Camii	204,37	61	61	0,00
Keşap Uğurca Camii	183,82	62	62	0,00
Kelkit Ulu Camii	375,72	56	53	-0,05

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,876 ve R² değeri 0,767 olarak elde edilmiştir. Sıva alanı ile D50 parametresi değerleri arasında yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 79).

Tablo 79. Regresyon analizi sonuçları

R	0,876
R²	0,767
Sabit sayısı	69,510303
Yanal katsayı	-0,042948

$$D50 = 69,510303 - \text{Yanal} \times 0,042948 \quad (30)$$

Orta frekanslardaki D50 değerlerinde sıvalı yüzey miktarı yanal yüzeylere göre daha etkili olmuştur.

3.3.11. Sıva Yüzeyi ve Tavan Yüksekliğinin D50 Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin sıva yüzeyleri ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, orta frekanslardaki D50 değerlerinin ortalamalarının ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır. Simülasyon sonucu elde edilen ortalama D50 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen D50 değerleri arasındaki en büyük farklılıklar 0,04 ile Arsin Atayurt, Çayeli Caferpaşa ve Ardeşen Pirinçlik Camilerinde gerçekleşmiştir (Tablo 80).

Tablo 80. Sıva alanları ve tavan yüksekliğine göre D50 parametresinin regresyon analizi değerleri

Cami	Sıva (m ²)	Yükseklik (m)	D50 _{sim} (%)	D50 _{reg} (%)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	196,25	5,33	58	60	0,03
Ortahisar İçkale Camii	210,92	5,3	59	60	0,02
Ortahisar Tavanlı Camii	176,21	5,15	62	61	-0,02
Ortahisar Hoca Halil Camii	161,78	5,7	61	61	0,00
Akçaabat Dürbinar Camii	241,52	6,75	58	57	-0,02
Araklı Hacı Hasan Camii	139,67	4,25	64	64	0,00
Arsin Atayurt Camii	314,87	7	55	53	-0,04
Tonya Karşular Camii	168,77	5,15	62	61	-0,02
Yomra Kohalı Camii	148,06	4,9	61	63	0,03
Sürmene Karacakaya Camii	195	5,55	58	60	0,03
Çayeli Caferpaşa Camii	241,25	6,25	55	57	0,04
Ardeşen Pirinçlik Camii	103,63	4,1	68	65	-0,04
Giresun Çekek Camii	225,23	5,25	58	59	0,02
Bulancak Ahmetli Camii	184,07	5,35	61	61	0,00
Keşap Uğurca Camii	175,78	5,05	62	61	-0,02
Kelkit Ulu Camii	301,15	6,2	56	55	-0,02

Regresyon analizi sonuçlarına göre R değeri 0,906 ve R² değeri 0,82 olarak elde edilmiştir. Sıva alanı ile D50 değerleri arasında yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 81).

Tablo 81. Regresyon analizi sonuçları

R	0,906
R²	0,82
Sabit	74,54205
Sıva katsayısı	-0,039597
Yükseklik katsayısı	-1,244139

$$D50 = 74,54205 - \text{Sıva} \times 0,039597 - \text{Yükseklik} \times 1,244139 \quad (31)$$

3.3.12. Yanal Alan ve Tavan Yüksekliğinin D50 Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin yanal yüzeyleri ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, orta frekanslardaki D50 değerlerinin aritmetik ortalamalarının ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 82). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama D50 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen D50 değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,05 ile Kelkit Ulu Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 82).

Tablo 82. Yanal alan ve tavan yüksekliğine göre D50 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Yanal alan (m²)	Yükseklik (m)	D50 (%)	D50reg (%)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	215,33	5,33	58	60	0,03
Ortahisar İçkale Camii	226,31	5,3	59	59	0,00
Ortahisar Tavanlı Camii	204,97	5,15	62	60	-0,03
Ortahisar Hoca Halil Camii	193,23	5,7	61	60	-0,02
Akçaabat Dürbinar Camii	265,95	6,75	58	56	-0,03
Araklı Hacı Hasan Camii	153	4,25	64	63	-0,02
Arsin Atayurt Camii	359,8	7	55	53	-0,04
Tonya Karşular Camii	181,8	5,15	62	61	-0,02
Yomra Kohalı Camii	153,86	4,9	61	62	0,02
Sürmene Karacakaya Camii	235,88	5,55	58	59	0,02
Çayeli Caferpaşa Camii	276,25	6,25	55	56	0,02
Ardeşen Pirinçlik Camii	113,57	4,1	68	65	-0,04
Giresun Çekerek Camii	245,7	5,25	58	59	0,02
Bulancak Ahmetli Camii	204,37	5,35	61	60	-0,02
Keşap Uğurca Camii	183,82	5,05	62	61	-0,02
Kelkit Ulu Camii	375,72	6,2	56	53	-0,05

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,896 ve R^2 değeri 0,802 olarak elde edilmiştir. Yanal alan ve yükseklik ile D50 değerleri arasında yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 83).

Tablo 83. Regresyon analizi sonuçları

R	0,896
R²	0,802
Sabit	74,85662
Yanal katsayısı	-0,027021
Yükseklik katsayısı	-1,635105

$$D50 = 74,85662 - \text{Yanal} \times 0,027021 - \text{Yükseklik} \times 1,635105 \quad (32)$$

3.3.13. Yüzey Malzemelerinin C80 Parametresi Üzerindeki Etkisi

D50 parametresinde olduğu gibi, C80 parametresinde de halı ve sıva miktarlarının bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bu sebeple bu iki değişken içerisinde sonuç üzerinde diğerine göre daha etkili olan sıva yüzeyi tek bağımsız değişken ve simülasyon sonucu elde edilen orta frekanslardaki C80 değerlerinin ortalaması bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 84). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama C80 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen C80 değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,18 ile Kelkit Ulu Camii'nde gerçekleşmiştir. En büyük aritmetik farklılık ile 0,7 dB düzey ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 84).

Tablo 84. Sıva alanına göre C80 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Sıva (m²)	C80_{sim} (dB)	C80_{reg} (dB)	Bağıl sapma	Fark (dB)
Ortahisar Erdoğdu Camii	196,25	4,2	4,4	0,05	0,2
Ortahisar İçkale Camii	210,92	4,2	4,2	0,00	0
Ortahisar Tavanlı Camii	176,21	4,8	4,7	-0,02	-0,1
Ortahisar Hoca Halil Camii	161,78	4,8	4,9	0,02	0,1
Akçaabat Dürbinar Camii	241,52	3,6	3,7	0,03	0,1

Tablo 84'ün devamı

Cami	Sıva (m ²)	C80 _{sim} (dB)	C80 _{reg} (dB)	Bağıl sapma	Fark (dB)
Araklı Hacı Hasan Camii	139,67	5,3	5,3	0,00	0
Arsin Atayurt Camii	314,87	2,8	2,6	-0,07	-0,2
Tonya Karşular Camii	168,77	5	4,8	-0,04	-0,2
Yomra Kohalı Camii	148,06	4,9	5,2	0,06	0,3
Sürmene Karacakaya Camii	195	3,9	4,4	0,13	0,5
Çayeli Caferpaşa Camii	241,25	3,3	3,7	0,12	0,4
Ardeşen Pirinçlik Camii	103,63	6,5	5,8	-0,11	-0,7
Giresun Çekek Camii	225,23	3,8	4	0,05	0,2
Bulancak Ahmetli Camii	184,07	4,6	4,6	0,00	0
Keşap Uğurca Camii	175,78	4,9	4,7	-0,04	-0,2
Kelkit Ulu Camii	301,15	3,4	2,8	-0,18	-0,6

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,937 ve R² değeri 0,877 olarak elde edilmiştir. Sıva alanı ile ortalama C80 değerleri arasında yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 85).

Tablo 85. Regresyon analizi sonuçları

R	0,937
R²	0,877
Sabit sayı	7,415125
Sıva katsayısı	-0,015276

$$C80 = 7,415125 - Sıva \times 0,015276 \quad (33)$$

3.3.14. Yanal Alanların C80 Parametresi Üzerindeki Etkisi

D50 parametresinde olduğu gibi, C80 parametresinde de zemin ve yanal alanların bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bu sebeple bu iki değişken içerisinde sonuç üzerinde diğerine göre daha etkili olan yanal alan tek bağımsız değişken ve simülasyon sonucu elde edilen orta frekanslardaki C80 değerlerinin ortalaması bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıda yer almaktadır. Simülasyon sonucu elde edilen ortalama C80 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen C80

değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,15 ile Çayeli Caferpaşa Camii'nde gerçekleşmiştir. En büyük aritmetik fark ise 0,8 dB ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 86).

Tablo 86. Yanal alanlara göre C80 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Yanal alan (m ²)	C80 _{sim} (dB)	C80 _{reg} (dB)	Bağıl sapma	Fark (dB)
Ortahisar Erdoğan Camii	215,33	4,2	4,5	0,07	0,3
Ortahisar İckale Camii	226,31	4,2	4,4	0,05	0,2
Ortahisar Tavanlı Camii	204,97	4,8	4,6	-0,04	-0,2
Ortahisar Hoca Halil Camii	193,23	4,8	4,7	-0,02	-0,1
Akçaabat Dürbinar Camii	265,95	3,6	3,9	0,08	0,3
Araklı Hacı Hasan Camii	153	5,3	5,2	-0,02	-0,1
Arsin Atayurt Camii	359,8	2,8	2,8	0,00	0
Tonya Karşular Camii	181,8	5	4,9	-0,02	-0,1
Yomra Kohalı Camii	153,86	4,9	5,2	0,06	0,3
Sürmene Karacakaya Camii	235,88	3,9	4,2	0,08	0,3
Çayeli Caferpaşa Camii	276,25	3,3	3,8	0,15	0,5
Ardeşen Pirinçlik Camii	113,57	6,5	5,7	-0,12	-0,8
Giresun Çekek Camii	245,7	3,8	4,1	0,08	0,3
Bulancak Ahmetli Camii	204,37	4,6	4,6	0,00	0
Keşap Uğurca Camii	183,82	4,9	4,9	0,00	0

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,912 ve R² değeri 0,832 olarak elde edilmiştir. Yanal alan ile ortalama C80 değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 87).

Tablo 87. Regresyon analizi sonuçları

R	0,912
R²	0,832
Sabit sayı	7,040088
Yanal katsayısı	-0,011879

$$C80 = 7,040088 - \text{Yanal} \times 0,011879$$

(34)

3.3.15. Sıva Yüzeyi ve Tavan Yüksekliğinin C80 Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin sıva yüzeyleri ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, orta frekanslardaki C80 parametresi değerlerinin ortalamalarının ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 88). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama C80 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen C80 değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,13 ile Sürmene Karacakaya Camii, en büyük aritmetik fark ise 0,6 dB düzey ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 88).

Tablo 88. Sıva alanları ve tavan yüksekliğine göre C80 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Sıva (m ²)	Yükseklik (m)	C80 _{sim} (dB)	C80 _{reg} (dB)	Oran	Fark (dB)
Ortahisar Erdoğan Camii	196,25	5,33	4,2	4,4	0,05	0,2
Ortahisar İçkale Camii	210,92	5,3	4,2	4,3	0,02	0,1
Ortahisar Tavanlı Camii	176,21	5,15	4,8	4,7	-0,02	-0,1
Ortahisar Hoca Halil Camii	161,78	5,7	4,8	4,7	-0,02	-0,1
Akçaabat Dürbinar Camii	241,52	6,75	3,6	3,5	-0,03	-0,1
Araklı Hacı Hasan Camii	139,67	4,25	5,3	5,4	0,02	0,1
Arsin Atayurt Camii	314,87	7	2,8	2,6	-0,07	-0,2
Tonya Karşular Camii	168,77	5,15	5	4,8	-0,04	-0,2
Yomra Kohalı Camii	148,06	4,9	4,9	5,1	0,04	0,2
Sürmene Karacakaya Camii	195	5,55	3,9	4,4	0,13	0,5
Çayeli Caferpaşa Camii	241,25	6,25	3,3	3,6	0,09	0,3
Ardeşen Pirinçlik Camii	103,63	4,1	6,5	5,9	-0,09	-0,6
Giresun Çekek Camii	225,23	5,25	3,8	4,2	0,11	0,4
Bulancak Ahmetli Camii	184,07	5,35	4,6	4,6	0,00	0
Keşap Uğurca Camii	175,78	5,05	4,9	4,8	-0,02	-0,1
Kelkit Ulu Camii	301,15	6,2	3,4	3	-0,12	-0,4

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,947 ve R² değeri 0,897 olarak elde edilmiştir. Sıva alanı ve yükseklik ile ortalama C80 değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 89).

Tablo 89. Regresyon analizi sonuçları

R	0,947
R²	0,897
Sabit sayı	8,425785
Sıva katsayısı	-0,011087
Yükseklik katsayısı	-0,338087

$$C80 = 8,425785 - \text{Sıva} \times 0,011087 - \text{Yükseklik} \times 0,338087 \quad (35)$$

3.3.16. Yanal Alan ve Tavan Yüksekliğinin C80 Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin yanal yüzeyleri ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, orta frekanslardaki C80 değerlerinin ortalamalarının ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 90). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama C80 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen C80 değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,15 ile Kelkit Ulu Camii'nde, en büyük aritmetik fark ise -0,7 dB ile Ardeşen Pirinçlik Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 90).

Tablo 90. Yanal alanlar ve tavan yüksekliğine göre C80 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Yanal alan (m ²)	Yükseklik (m)	C80 _{sim} (dB)	C80 _{reg} (dB)	Bağıl sapma	Fark (dB)
Ortahisar Erdoğan Camii	215,33	5,33	4,2	4,5	0,07	0,3
Ortahisar İçkale Camii	226,31	5,3	4,2	4,4	0,05	0,2
Ortahisar Tavanlı Camii	204,97	5,15	4,8	4,7	-0,02	-0,1
Ortahisar Hoca Halil Camii	193,23	5,7	4,8	4,5	-0,06	-0,3
Akçaabat Dürbinar Camii	265,95	6,75	3,6	3,5	-0,03	-0,1
Araklı Hacı Hasan Camii	153	425	5,3	5,5	0,04	0,2
Arsin Atayurt Camii	359,8	7	2,8	2,7	-0,04	-0,1
Tonya Karşular Camii	181,8	5,15	5	4,8	-0,04	-0,2
Yomra Kohalı Camii	153,86	4,9	4,9	5,2	0,06	0,3
Sürmene Karacakaya Camii	235,88	5,55	3,9	4,2	0,08	0,3
Çayeli Caferpaşa Camii	276,25	6,25	3,3	3,6	0,09	0,3
Ardeşen Pirinçlik Camii	113,57	4,1	6,5	5,8	-0,11	-0,7
Giresun Çekrek Camii	245,7	5,25	3,8	4,3	0,13	0,5
Bulancak Ahmetli Camii	204,37	5,35	4,6	4,6	0,00	0
Keşap Uğurca Camii	183,82	5,05	4,9	4,9	0,00	0
Kelkit Ulu Camii	301,15	6,2	3,4	2,9	-0,15	-0,5

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,934 ve R^2 değeri 0,872 olarak elde edilmiştir. Yanal alan ve yükseklik ile ortalama C80 değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 91).

Tablo 91. Regresyon analizi sonuçları

R	0,934
R²	0,872
Sabit sayı	8,54988
Yanal katsayısı	-0,007382
Yükseklik katsayısı	-0,461751

$$C80 = 8,54988 - \text{Yanal} \times 0,007382 - \text{Yükseklik} \times 0,461751 \quad (36)$$

3.3.17. Yüzey Malzemelerinin LF80 Parametresi Üzerindeki Etkisi

LF80 parametresinde de halı ve sıva miktarlarının bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bu sebeple bu iki değişken içerisinde sonuç üzerinde diğerine göre daha etkili olan sıva yüzeyi tek bağımsız değişken ve simülasyon sonucu elde edilen orta frekanslardaki LF80 değerlerinin ortalaması bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 92). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama LF80 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen LF80 parametresi değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,07 ile Kelkit Ulu Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 92).

Tablo 92. Sıva alanlarına göre LF80 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Sıva (m²)	LF80_{sim} (dB)	LF80_{reg} (dB)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	196,25	0,263	0,261	-0,01
Ortahisar İçkale Camii	210,92	0,251	0,258	0,03
Ortahisar Tavanlı Camii	176,21	0,252	0,266	0,06
Ortahisar Hoca Halil Camii	161,78	0,265	0,269	0,02
Akçaabat Dürbina Camii	241,52	0,259	0,251	-0,03
Araklı Hacı Hasan Camii	139,67	0,284	0,274	-0,04
Arsin Atayurt Camii	314,87	0,25	0,234	-0,06

Tablo 92'nin devamı

Cami	Sıva (m ²)	LF80 _{sim} (dB)	LF80 _{reg} (dB)	Bağıl sapma
Tonya Karşular Camii	168,77	0,263	0,268	0,02
Yomra Kohalı Camii	148,06	0,272	0,272	0,00
Sürmene Karacakaya Camii	195	0,257	0,262	0,02
Çayeli Caferpaşa Camii	241,25	0,251	0,251	0,00
Ardeşen Pirinçlik Camii	103,63	0,291	0,282	-0,03
Giresun Çekerek Camii	225,23	0,265	0,255	-0,04
Bulancak Ahmetli Camii	184,07	0,268	0,264	-0,01
Keşap Uğurca Camii	175,78	0,259	0,266	0,03
Kelkit Ulu Camii	301,15	0,221	0,237	0,07

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,816 ve R² değeri 0,666 olarak elde edilmiştir. Sıva alanı ile ortalama LF80 değerleri arasında yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 93).

Tablo 93. Regresyon analizi sonuçları

R	0,816
R ²	0,666
Sabit sayı	0,305985
Sıva katsayısı	-0,000228

$$LF80 = 0,305985 - Sıva \times 0,000228 \quad (37)$$

3.3.18. Yanal Alanların LF80 Parametresi Üzerindeki Etkisi

Zemin ve yanal alanların bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizinde LF80 parametresinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bu sebeple bu iki değişken içerisinde sonuç üzerinde diğerine göre daha etkili olan yanal alan tek bağımsız değişken ve simülasyon sonucu elde edilen orta frekanslardaki LF80 değerlerinin ortalaması bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 94). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama LF80 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen LF80 değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,06 ile Arsin Atayurt Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 94).

Tablo 94. Yanal alanlara göre LF80 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Yanal alan (m ²)	LF80 _{sim} (dB)	LF80 _{reg} (dB)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	215,33	0,263	0,262	0,00
Ortahisar İçkale Camii	226,31	0,251	0,26	0,04
Ortahisar Tavanlı Camii	204,97	0,252	0,264	0,05
Ortahisar Hoca Halil Camii	193,23	0,265	0,267	0,01
Akçaabat Dürbinar Camii	265,95	0,259	0,253	-0,02
Araklı Hacı Hasan Camii	153	0,284	0,274	-0,04
Arsin Atayurt Camii	359,8	0,25	0,235	-0,06
Tonya Karşular Camii	181,8	0,263	0,269	0,02
Yomra Kohalı Camii	153,86	0,272	0,274	0,01
Sürmene Karacakaya Camii	235,88	0,257	0,259	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	276,25	0,251	0,251	0,00
Ardeşen Pirinçlik Camii	113,57	0,291	0,282	-0,03
Giresun Çekkek Camii	245,7	0,265	0,257	-0,03
Bulancak Ahmetli Camii	204,37	0,268	0,264	-0,01
Keşap Uğurca Camii	183,82	0,259	0,268	0,03

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,85 ve R² değeri 0,722 olarak elde edilmiştir. Yanal alan ile ortalama LF80 değerleri arasında yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 95).

Tablo 95. Regresyon analizi sonuçları

R	0,85
R ²	0,722
Sabit sayı	0,303134
Yanal katsayısı	-0,000189

$$LF80 = 0,303134 - \text{Yanal} \times 0,000189 \quad (38)$$

3.3.19. Halı Yüzeyi ve Tavan Yüksekliğinin LF80 Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin halı yüzeyleri ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, orta frekanslardaki LF80 değerlerinin ortalamalarının ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 96). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama LF80 değerleri

ile regresyon analizi sonucu elde edilen LF80 değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,04 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 96).

Tablo 96. Halı alanları ve tavan yüksekliğine göre LF80 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Halı (m ²)	Yükseklik (m)	LF80 _{sim} (dB)	LF80 _{reg} (dB)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	131,12	5,33	0,263	0,264	0,00
Ortahisar İçkale Camii	158,5	5,3	0,251	0,258	0,03
Ortahisar Tavanlı Camii	145,12	5,15	0,252	0,262	0,04
Ortahisar Hoca Halil Camii	106,25	5,7	0,265	0,267	0,01
Akçaabat Dürbinar Camii	136,13	6,75	0,259	0,256	-0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	106,55	4,25	0,284	0,274	-0,04
Arsin Atayurt Camii	213,03	7	0,25	0,239	-0,04
Tonya Karşular Camii	111,61	5,15	0,263	0,269	0,02
Yomra Kohalı Camii	82,47	4,9	0,272	0,276	0,01
Sürmene Karacakaya Camii	151,31	5,55	0,257	0,259	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	160,54	6,25	0,251	0,254	0,01
Ardeşen Pirinçlik Camii	68,13	4,1	0,291	0,282	-0,03
Giresun Çekek Camii	173,22	5,25	0,265	0,255	-0,04
Bulancak Ahmetli Camii	131,71	5,35	0,268	0,264	-0,01
Keşap Uğurca Camii	113,21	5,05	0,259	0,269	0,04
Kelkit Ulu Camii	304,12	6,2	0,221	0,224	0,01

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,896 ve R² değeri 0,802 olarak elde edilmiştir. Halı alanı ve yükseklik ile ortalama LF80 değerleri arasında yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 97).

Tablo 97. Regresyon analizi sonuçları

R	0,896
R²	0,802
Sabit	0,314832
Halı katsayısı	-0,000206
Yükseklik katsayısı	-0,004523

$$LF80 = 0,314832 - \text{Halı} \times 0,000206 - \text{Yükseklik} \times 0,004523 \quad (39)$$

3.3.20. Zemin Alanı ve Tavan Yüksekliğinin LF80 parametresi Üzerindeki Etkisi

Örnekleme kapsamındaki camilerin zemin alanı ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, orta frekanslardaki LF80 değerlerinin ortalamalarının ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 98). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama LF80 değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen LF80 değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,05 ile Ortahisar Tavanlı Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 98).

Tablo 98. Zemin alanı ve tavan yüksekliğine göre LF80 değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Zemin alanı (m ²)	Yükseklik (m)	LF80 _{sim} (dB)	LF80 _{reg} (dB)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	98,77	5,33	0,263	0,263	0,00
Ortahisar İçkale Camii	113,19	5,3	0,251	0,259	0,03
Ortahisar Tavanlı Camii	98,58	5,15	0,252	0,264	0,05
Ortahisar Hoca Halil Camii	71,83	5,7	0,265	0,268	0,01
Akçaabat Dürbina Camii	96,46	6,75	0,259	0,256	-0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	79,79	4,25	0,284	0,273	-0,04
Arsin Atayurt Camii	161,32	7	0,25	0,238	-0,05
Tonya Karşular Camii	77,03	5,15	0,263	0,269	0,02
Yomra Kohalı Camii	61,13	4,9	0,272	0,274	0,01
Sürmene Karacakaya Camii	112,56	5,55	0,257	0,258	0,00
Çayeli Caferpaşa Camii	122,06	6,25	0,251	0,252	0,00
Ardeşen Pirinçlik Camii	47,43	4,1	0,291	0,282	-0,03
Giresun Çekek Camii	134,33	5,25	0,265	0,254	-0,04
Bulancak Ahmetli Camii	89,76	5,35	0,268	0,265	-0,01
Keşap Uğurca Camii	82,51	5,05	0,259	0,268	0,03
Kelkit Ulu Camii	225,72	6,2	0,221	0,226	0,02

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,877 ve R² değeri 0,77 olarak elde edilmiştir. Zemin alanı ve yükseklik ile ortalama LF80 değerleri arasında yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 99).

Tablo 99. Regresyon analizi sonuçları

R	0,877
R²	0,77
Sabit	0,315093
Zemin katsayısı	-0,000251
Yükseklik katsayısı	-0,005164

$$LF80 = 0,315093 - \text{Zemin} \times 0,000251 - \text{Yükseklik} \times 0,005164 \quad (40)$$

3.3.21. Yüzey Malzemelerinin SPL Parametresi Üzerindeki Etkisi

SPL parametresinde de halı ve sıva miktarlarının bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bu sebeple bu iki değişken içerisinde sonuç üzerinde diğerine göre daha etkili olan halı yüzeyi tek bağımsız değişken ve simülasyon sonucu elde edilen orta frekanslardaki SPL değerlerinin ortalaması bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 100). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama SPL değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen SPL parametresi değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,01 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 100).

Tablo 100. Halı alanlarına göre SPL değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Halı (m²)	SPL_{sim} (dB)	SPL_{reg} (dB)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	131,12	60,7	61,2	0,01
Ortahisar İckale Camii	158,5	60,4	60,6	0,00
Ortahisar Tavanlı Camii	145,12	60,9	60,9	0,00
Ortahisar Hoca Halil Camii	106,25	61,8	61,8	0,00
Akcaabat Dürbinar Camii	136,13	61,2	61,1	0,00
Araklı Hacı Hasan Camii	106,55	61,6	61,8	0,00
Arsin Atayurt Camii	213,03	59,4	59,3	0,00
Tonya Karşular Camii	111,61	61,8	61,6	0,00
Yomra Kohalı Camii	82,47	62,6	62,3	0,00
Sürmene Karacakaya Camii	151,31	60,3	60,7	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	160,54	60,1	60,5	0,01
Ardeşen Pirinçlik Camii	68,13	63,5	62,6	-0,01
Giresun Çekkek Camii	173,22	59,9	60,2	0,01
Bulancak Ahmetli Camii	131,71	61,1	61,2	0,00
Keşap Uğurca Camii	113,21	61,6	61,6	0,00
Kelkit Ulu Camii	304,12	57,8	57,2	-0,01

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,962 ve R^2 değeri 0,925 olarak elde edilmiştir. Halı alanı ile ortalama SPL değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 101).

Tablo 101. Regresyon analizi sonuçları

R	0,962
R²	0,925
Sabit sayı	64,210391
Halı katsayısı	-0,022968

$$SPL = 64,210391 - Halı \times 0,022968 \quad (41)$$

3.3.22. Zemin Alanının SPL Parametresi Üzerindeki Etkisi

D50 parametresinde olduğu gibi, SPL parametresinde de zemin ve yanal alanlarının bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bu sebeple bu iki değişken içerisinde sonuç üzerinde diğerine göre daha etkili olan zemin alanı tek bağımsız değişken ve simülasyon sonucu elde edilen orta frekanslardaki SPL parametresi değerlerinin ortalaması bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 102). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama SPL değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen SPL parametresi değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,01 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 102).

Tablo 102. Zemin alanına göre SPL değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Zemin alanı (m²)	SPL_{sim} (dB)	SPL_{reg} (dB)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	98,77	60,7	61,1	0,01
Ortahisar İckale Camii	113,19	60,4	60,7	0,00
Ortahisar Tavanlı Camii	98,58	60,9	61,1	0,00
Ortahisar Hoca Halil Camii	71,83	61,8	61,9	0,00
Akçaabat Dürbinar Camii	96,46	61,2	61,2	0,00
Araklı Hacı Hasan Camii	79,79	61,6	61,7	0,00
Arsin Atayurt Camii	161,32	59,4	59,2	0,00
Tonya Karşular Camii	77,03	61,8	61,7	0,00

Tablo 102'nin devamı

Cami	Zemin alanı (m²)	SPL_{sim} (dB)	SPL_{reg} (dB)	Bağıl sapma
Yomra Kohalı Camii	61,13	62,6	62,2	-0,01
Sürmene Karacakaya Camii	112,56	60,3	60,7	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	122,06	60,1	60,4	0,00
Ardeşen Pirinçlik Camii	47,43	63,5	62,6	-0,01
Giresun Çekek Camii	134,33	59,9	60	0,00
Bulancak Ahmetli Camii	89,76	61,1	61,4	0,00
Keşap Uğurca Camii	82,51	61,6	61,6	0,00
Kelkit Ulu Camii	225,72	57,8	57,3	-0,01

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,966 ve R² değeri 0,933 olarak elde edilmiştir. Zemin alanı ile ortalama SPL değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 103).

Tablo 103. Regresyon analizi sonuçları

R	0,966
R²	0,933
Sabit sayısı	64,044291
Zemin katsayısı	-0,029901

$$\text{SPL} = 64,044291 - \text{Zemin} \times -0,029901 \quad (42)$$

3.3.23. Sıva Yüzeyi ve Tavan Yüksekliğinin SPL Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin sıva yüzeyleri ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, orta frekanslardaki SPL değerlerinin ortalamalarının ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 104). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama SPL değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen SPL değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,01 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 104).

Tablo 104. Sıva alanları ve tavan yüksekliğine göre SPL değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Sıva (m ²)	Yükseklik (m)	SPL _{sim} (dB)	SPL _{reg} (dB)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	196,25	5,33	60,7	60,9	0,00
Ortahisar İçkale Camii	210,92	5,3	60,4	60,4	0,00
Ortahisar Tavanlı Camii	176,21	5,15	60,9	61,4	0,01
Ortahisar Hoca Halil Camii	161,78	5,7	61,8	62,4	0,01
Akçaabat Dürbinar Camii	241,52	6,75	61,2	60,8	-0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	139,67	425	61,6	61,7	0,00
Arsin Atayurt Camii	314,87	7	59,4	58,6	-0,01
Tonya Karşular Camii	168,77	5,15	61,8	61,6	0,00
Yomra Kohalı Camii	148,06	4,9	62,6	62,1	-0,01
Sürmene Karacakaya Camii	195	5,55	60,3	61,1	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	241,25	6,25	60,1	60,3	0,00
Ardeşen Pirinçlik Camii	103,63	4,1	63,5	62,8	-0,01
Giresun Çekek Camii	225,23	5,25	59,9	59,9	0,00
Bulancak Ahmetli Camii	184,07	5,35	61,1	61,3	0,00
Keşap Uğurca Camii	175,78	5,05	61,6	61,3	0,00
Kelkit Ulu Camii	301,15	6,2	57,8	58,3	0,01

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,933 ve R² değeri 0,87 olarak elde edilmiştir. Sıva alanı ve yükseklik ile ortalama SPL değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 105).

Tablo 105. Regresyon analizi sonuçları

R	0,933
R²	0,87
Sabit sayı	62,242351
Sıva katsayısı	-0,033135
Yükseklik katsayısı	0,966190

$$SPL = 62,242351 - Sıva \times 0,033135 + Yükseklik \times 0,966190 \quad (43)$$

3.3.24. Yanal Alan ve Tavan Yüksekliğinin SPL Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin yanal yüzeyleri ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, orta frekanslardaki SPL değerlerinin ortalamalarının ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 106). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama SPL değerleri ile analiz sonucu elde edilen SPL değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,01 düzeyinde gerçekleşmiştir (Tablo 106).

Tablo 106. Yanal alan ve tavan yüksekliğine göre SPL değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Yanal alan (m ²)	Yükseklik (m)	SPL _{sim} (dB)	SPL _{reg} (dB)	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	215,33	5,33	60,7	61	0,00
Ortahisar İçkale Camii	226,31	5,3	60,4	60,7	0,00
Ortahisar Tavanlı Camii	204,97	5,15	60,9	61,1	0,00
Ortahisar Hoca Halil Camii	193,23	5,7	61,8	62	0,00
Akçaabat Dürbina Camii	265,95	6,75	61,2	61	0,00
Araklı Hacı Hasan Camii	153	425	61,6	61,7	0,00
Arsin Atayurt Camii	359,8	7	59,4	58,8	-0,01
Tonya Karşular Camii	181,8	5,15	61,8	61,8	0,00
Yomra Kohalı Camii	153,86	4,9	62,6	62,3	0,00
Sürmene Karacakaya Camii	235,88	5,55	60,3	60,7	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	276,25	6,25	60,1	60,3	0,00
Ardeşen Pirinçlik Camii	113,57	4,1	63,5	62,6	-0,01
Giresun Çekek Camii	245,7	5,25	59,9	60,2	0,01
Bulancak Ahmetli Camii	204,37	5,35	61,1	61,4	0,00
Keşap Uğurca Camii	183,82	5,05	61,6	61,6	0,00
Kelkit Ulu Camii	375,72	6,2	57,8	57,6	0,00

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,961 ve R² değeri 0,923 olarak elde edilmiştir. Yanal alan ve yükseklik ile ortalama SPL değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 107).

Tablo 107. Regresyon analizi sonuçları

R	0,961
R²	0,923
Sabit sayı	61,720026
Yanal katsayısı	-0,026637
Yükseklik katsayısı	0,948603

$$SPL = 61,720026 - \text{Yanal} \times 0,026637 + \text{Yükseklik} \times 0,948603 \quad (44)$$

3.3.25. Yüzey Malzemelerinin Ts Parametresi Üzerindeki Etkisi

Ts parametresinde de halı ve sıva miktarlarının bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bu sebeple bu iki değişken içerisinde sonuç üzerinde diğerine göre daha etkili olan halı yüzeyi tek bağımsız değişken ve simülasyon sonucu elde edilen orta frekanslardaki Ts değerlerinin ortalaması bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 108). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama Ts değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen Ts parametresi değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,08 ile Sürmene Karacakaya Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 108).

Tablo 108. Halı ve Sıva alanlarına göre Ts değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Halı (m²)	Sıva (m²)	T_{Ssim}	T_{Sanaliz}	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	131,12	196,25	64	63	-0,02
Ortahisar İçkale Camii	158,5	210,92	63	64	0,02
Ortahisar Tavanlı Camii	145,12	176,21	57	58	0,02
Ortahisar Hoca Halil Camii	106,25	161,78	58	57	-0,02
Akçaabat Dürbinar Camii	136,13	241,52	71	72	0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	106,55	139,67	53	52	-0,02
Arsin Atayurt Camii	213,03	314,87	82	83	0,01
Tonya Karşular Camii	111,61	168,77	55	58	0,05
Yomra Kohalı Camii	82,47	148,06	57	56	-0,02
Sürmene Karacakaya Camii	151,31	195	66	61	-0,08
Çayeli Caferpaşa Camii	160,54	241,25	74	71	-0,04
Ardeşen Pirinçlik Camii	68,13	103,63	46	47	0,02

Tablo 108'in devamı

Cami	Halı (m²)	Sıva (m²)	T_{Ssim}	T_{Sanaliz}	Bağıl sapma
Giresun Çekkek Camii	173,22	225,23	68	67	-0,01
Bulancak Ahmetli Camii	131,71	184,07	59	60	0,02
Keşap Uğurca Camii	113,21	175,78	57	60	0,05
Kelkit Ulu Camii	304,12	301,15	74	75	0,01

Regresyon analiz sonuçlarına göre R değeri 0,975 ve R² değeri 0,95 olarak elde edilmiştir. Halı alanı ile ortalama Ts değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 109).

Tablo 109. Regresyon analizi sonuçları

R	0,975
R²	0,95
Sabit sayı	29,042628
Halı katsayısı	-0,058813
Sıva katsayısı	0,211729

$$T_s = 29,042628 - \text{Halı} \times 0,058813 + \text{Sıva} \times 0,211729 \quad (45)$$

3.3.26. Zemin ve Yanal Alanın Ts Parametresi Üzerindeki Etkisi

Ts parametresinde zemin ve yanal alanların bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bu sebeple bu iki değişken içerisinde sonuç üzerinde diğerine göre daha etkili olan zemin alanı tek bağımsız değişken ve simülasyon sonucu elde edilen orta frekanslardaki Ts parametresi değerlerinin ortalaması bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 110). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama Ts değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen Ts parametresi değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,07 ile Giresun Çekkek Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 110).

Tablo 110. Zemin ve yanal alanlara göre Ts değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Zemin alanı (m ²)	Yanal alan (m ²)	T _{Ssim}	T _{Sanaliz}	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	98,77	215,33	64	62	-0,03
Ortahisar İçkale Camii	113,19	226,31	63	62	-0,02
Ortahisar Tavanlı Camii	98,58	204,97	57	60	0,05
Ortahisar Hoca Halil Camii	71,83	193,23	58	61	0,05
Akçaabat Dürbinar Camii	96,46	265,95	71	72	0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	79,79	153	53	52	-0,02
Arsin Atayurt Camii	161,32	359,8	82	82	0,00
Tonya Karşular Camii	77,03	181,8	55	58	0,05
Yomra Kohalı Camii	61,13	153,86	57	54	-0,05
Sürmene Karacakaya Camii	112,56	235,88	66	64	-0,03
Çayeli Caferpaşa Camii	122,06	276,25	74	71	-0,04
Ardeşen Pirinçlik Camii	47,43	113,57	46	48	0,04
Giresun Çekek Camii	134,33	245,7	68	63	-0,07
Bulancak Ahmetli Camii	89,76	204,37	59	61	0,03
Keşap Uğurca Camii	82,51	183,82	57	58	0,02
Kelkit Ulu Camii	225,72	375,72	74	77	0,04

Regresyon analiz sonucuna göre R değeri 0,969 ve R² değeri 0,928 olarak elde edilmiştir. Zemin alanı ile ortalama Ts değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 111).

Tablo 111. Regresyon analizi sonuçları

R	0,963
R²	0,928
Sabit sayı	31,897717
Zemin katsayısı	-0,122131
Yanal katsayısı	0,194424

$$Ts = 31,897717 - \text{Zemin} \times 0,122131 + \text{Yanal} \times 0,194424 \quad (46)$$

3.3.27. Sıva Alanı ve Yüksekliğin Ts Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin sıva yüzeyleri ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, orta frekanslardaki Ts değerlerinin aritmetik ortalamalarının ise bağımlı değişken

olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 112). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama Ts değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen Ts değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,05 ile Tonya Karşular, Kelkit Ulu, Sürmene Karacakaya ve Çayeli Caferpaşa Camilerinde gerçekleşmiştir (Tablo 112).

Tablo 112. Sıva alanı ve tavan yüksekliğine göre Ts değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Sıva (m ²)	Yükseklik (m)	T _{Ssim}	T _{Sanaliz}	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	196,25	5,33	64	62	-0,03
Ortahisar İçkale Camii	210,92	5,3	63	64	0,02
Ortahisar Tavanlı Camii	176,21	5,15	57	59	0,04
Ortahisar Hoca Halil Camii	161,78	5,7	58	59	0,02
Akçaabat Dürbinar Camii	241,52	6,75	71	72	0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	139,67	4,25	53	52	-0,02
Arsin Atayurt Camii	314,87	7	82	82	0,00
Tonya Karşular Camii	168,77	5,15	55	58	0,05
Yomra Kohalı Camii	148,06	4,9	57	55	-0,04
Sürmene Karacakaya Camii	195	5,55	66	63	-0,05
Çayeli Caferpaşa Camii	241,25	6,25	74	70	-0,05
Ardeşen Pirinçlik Camii	103,63	4,1	46	47	0,02
Giresun Çekek Camii	225,23	5,25	68	65	-0,04
Bulancak Ahmetli Camii	184,07	5,35	59	61	0,03
Keşap Uğurca Camii	175,78	5,05	57	59	0,04
Kelkit Ulu Camii	301,15	6,2	74	77	0,04

Regresyon analiz sonucuna göre R değeri 0,97 ve R² değeri 0,941 olarak elde edilmiştir. Sıva alanı ve tavan yüksekliği ile ortalama Ts değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 113).

Tablo 113. Regresyon analizi sonuçları

R	0,97
R²	0,941
Sabit sayı	21,383426
Sıva katsayısı	0,120321
Yükseklik katsayısı	3,193691

$$T_s = 21,383426 + Sıva \times 0,120321 + \text{Yükseklik} \times 3,193691 \quad (47)$$

3.3.28. Yanal Alan ve Yüksekliğin T_s Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin yanal yüzeylerinin ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, orta frekanslardaki T_s değerlerinin aritmetik ortalamalarının ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 114). Simülasyon sonucu elde edilen ortalama T_s değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen T_s değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,06 ile Giresun Çekek Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 114).

Tablo 114. Yanal alan ve yüksekliğe göre T_s değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Yanal alan (m ²)	Yükseklik (m)	T_{sim}	$T_{Sanaliz}$	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	215,33	5,33	64	61	-0,05
Ortahisar İçkale Camii	226,31	5,3	63	62	-0,02
Ortahisar Tavanlı Camii	204,97	5,15	57	60	0,05
Ortahisar Hoca Halil Camii	193,23	5,7	58	61	0,05
Akçaabat Dürbinar Camii	265,95	6,75	71	72	0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	153	4,25	53	52	-0,02
Arsin Atayurt Camii	359,8	7	82	81	-0,01
Tonya Karşular Camii	181,8	5,15	55	58	0,05
Yomra Kohalı Camii	153,86	4,9	57	55	-0,04
Sürmene Karacakaya Camii	235,88	5,55	66	64	-0,03
Çayeli Caferpaşa Camii	276,25	6,25	74	70	-0,05
Ardeşen Pirinçlik Camii	113,57	4,1	46	48	0,04
Giresun Çekek Camii	245,7	5,25	68	64	-0,06
Bulancak Ahmetli Camii	204,37	5,35	59	61	0,03
Keşap Uğurca Camii	183,82	5,05	57	58	0,02
Kelkit Ulu Camii	375,72	6,2	74	78	0,05

Regresyon analiz sonucuna göre R değeri 0,965 ve R^2 değeri 0,931 olarak elde edilmiştir. Yanal alan ve yükseklik ile ortalama T_s değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 115).

Tablo 115. Regresyon analizi sonuçları

R	0,959
R²	0,919
Sabit sayı	20,529698
Yanal katsayısı	0,08263
Yükseklik katsayısı	4,341429

$$Ts = 20,529698 + \text{Yanal} \times 0,08263 + \text{Yükseklik} \times 4,341429 \quad (48)$$

3.3.29. Yüzey Malzemelerinin STI Parametresi Üzerindeki Etkisi

STI parametresinde de halı ve sıva miktarlarının bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bu sebeple bu iki değişken içerisinde sonuç üzerinde diğerine göre daha etkili olan sıva yüzeyi tek bağımsız değişken ve STI değerleri bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 116). Simülasyon sonucu elde edilen STI değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen STI değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,02 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 116).

Tablo 116. Sıva alanlarına göre STI değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Sıva (m²)	STI_{sim}	STI_{reg}	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	196,25	0,68	0,69	0,01
Ortahisar İckale Camii	210,92	0,68	0,69	0,01
Ortahisar Tavanlı Camii	176,21	0,7	0,7	0,00
Ortahisar Hoca Halil Camii	161,78	0,7	0,7	0,00
Akçaabat Dürbinar Camii	241,52	0,67	0,67	0,00
Araklı Hacı Hasan Camii	139,67	0,71	0,71	0,00
Arsin Atayurt Camii	314,87	0,65	0,64	-0,02
Tonya Karşular Camii	168,77	0,71	0,7	-0,01
Yomra Kohalı Camii	148,06	0,71	0,71	0,00
Sürmene Karacakaya Camii	195	0,68	0,69	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	241,25	0,66	0,67	0,02
Ardeşen Pirinçlik Camii	103,63	0,74	0,73	-0,01
Giresun Çekek Camii	225,23	0,68	0,68	0,00
Bulancak Ahmetli Camii	184,07	0,7	0,7	0,00
Keşap Uğurca Camii	175,78	0,71	0,7	-0,01
Kelkit Ulu Camii	301,15	0,66	0,65	-0,02

Regresyon analiz sonucuna göre, R değeri 0,94 ve R^2 değeri 0,884 olarak elde edilmiştir. Sıva alanı ile STI parametresi değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 117).

Tablo 117. Regresyon analizi sonuçları

R	0,94
R²	0,884
Sabit sayı	0,76996
Sıva katsayısı	-0,000402

$$STI = 0,76996 - Sıva \times 0,000402 \quad (49)$$

3.3.30. Yanal Alanların STI Parametresi Üzerindeki Etkisi

STI parametresinde zemin ve yanal alanların bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bu sebeple bu iki değişken içerisinde sonuç üzerinde diğerine göre daha etkili olan yanal alan tek bağımsız değişken ve simülasyon sonucu elde edilen STI değerleri bağımlı değişken olarak tanımlanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 118). Simülasyon sonucu elde edilen STI değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen STI değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,03 ile Kelkit Ulu Camii'nde gerçekleşmiştir (Tablo 118).

Tablo 118. Yanal alanlara göre STI değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Yanal alan (m²)	STI_{sim}	STI_{reg}	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	215,33	0,68	0,69	0,01
Ortahisar İçkale Camii	226,31	0,68	0,69	0,01
Ortahisar Tavanlı Camii	204,97	0,7	0,7	0,00
Ortahisar Hoca Halil Camii	193,23	0,7	0,7	0,00
Akçaabat Dürbina Camii	265,95	0,67	0,68	0,01
Araklı Hacı Hasan Camii	153	0,71	0,71	0,00
Arsin Atayurt Camii	359,8	0,65	0,65	0,00
Tonya Karşular Camii	181,8	0,71	0,7	-0,01
Yomra Kohalı Camii	153,86	0,71	0,71	0,00

Tablo 118'in devamı

Cami	Yanal alan (m ²)	STI _{sim}	STI _{reg}	Bağıl sapma
Sürmene Karacakaya Camii	235,88	0,68	0,69	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	276,25	0,66	0,67	0,02
Ardeşen Pirinçlik Camii	113,57	0,74	0,73	-0,01
Giresun Çekek Camii	245,7	0,68	0,68	0,00
Bulancak Ahmetli Camii	204,37	0,7	0,7	0,00
Keşap Uğurca Camii	183,82	0,71	0,7	-0,01
Kelkit Ulu Camii	375,72	0,66	0,64	-0,03

Regresyon analiz sonucuna göre, R değeri 0,926 ve R² değeri 0,858 olarak elde edilmiştir. yanal alan ile STI değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 119).

Tablo 119. Regresyon analizi sonuçları

R	0,926
R²	0,858
Sabit sayısı	0,760895
Yanal katsayısı	-0,000316

$$STI = 0,760895 - \text{Yanal} \times 0,000316 \quad (50)$$

3.3.31. Sıva Yüzeyi ve Tavan Yüksekliğinin STI Parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin sıva yüzeyleri ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, STI değerlerinin ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 120). Simülasyon sonucu elde edilen STI değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen STI değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,02 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 120).

Tablo 120. Sıva alanı ve tavan yüksekliğine göre STI değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Sıva (m ²)	Yükseklik (m)	STI _{sim}	STI _{reg}	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğan Camii	196,25	5,33	0,68	0,69	0,01
Ortahisar İçkale Camii	210,92	5,3	0,68	0,69	0,01
Ortahisar Tavanlı Camii	176,21	5,15	0,7	0,7	0,00
Ortahisar Hoca Halil Camii	161,78	5,7	0,7	0,7	0,00
Akçaabat Dürbina Camii	241,52	6,75	0,67	0,67	0,00
Araklı Hacı Hasan Camii	139,67	4,25	0,71	0,72	0,01
Arsin Atayurt Camii	314,87	7	0,65	0,64	-0,02
Tonya Karşular Camii	168,77	5,15	0,71	0,7	-0,01
Yomra Kohalı Camii	148,06	4,9	0,71	0,71	0,00
Sürmene Karacakaya Camii	195	5,55	0,68	0,69	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	241,25	6,25	0,66	0,67	0,02
Ardeşen Pirinçlik Camii	103,63	4,1	0,74	0,73	-0,01
Giresun Çekerek Camii	225,23	5,25	0,68	0,68	0,00
Bulancak Ahmetli Camii	184,07	5,35	0,7	0,7	0,00
Keşap Uğurca Camii	175,78	5,05	0,71	0,7	-0,01
Kelkit Ulu Camii	301,15	6,2	0,66	0,65	-0,02

Regresyon analiz sonucuna göre, R değeri 0,946 ve R² değeri 0,895 olarak elde edilmiştir. Sıva alanı ve yükseklik ile STI değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 121).

Tablo 121. Regresyon analizi sonuçları

R	0,946
R ²	0,895
Sabit sayı	0,7901
Sıva katsayısı	-0,000318
Yükseklik katsayısı	-0,006737

$$STI = 0,7901 - Sıva \times 0,000318 - Yükseklik \times 0,006737 \quad (51)$$

3.3.32. Yanal Alan ve Tavan Yüksekliğinin STI parametresi Üzerindeki Etkisi

Örneklem kapsamındaki camilerin yanal yüzeyler ve tavan yüksekliklerinin bağımsız değişken, STI değerlerinin ise bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizi

gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinin verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 122). Simülasyon sonucu elde edilen STI değerleri ile regresyon analizi sonucu elde edilen STI değerleri arasındaki en büyük bağıl sapma 0,02 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 122).

Tablo 122. Yanal alan ve tavan yüksekliğine göre STI değerlerinin regresyon analizi değerleri

Cami	Yanal alan (m ²)	Yükseklik (m)	STI _{sim}	STI _{reg}	Bağıl sapma
Ortahisar Erdoğdu Camii	215,33	5,33	0,68	0,69	0,01
Ortahisar İçkale Camii	226,31	5,3	0,68	0,69	0,01
Ortahisar Tavanlı Camii	204,97	5,15	0,7	0,7	0,00
Ortahisar Hoca Halil Camii	193,23	5,7	0,7	0,69	-0,01
Akçaabat Dürbina Camii	265,95	6,75	0,67	0,67	0,00
Araklı Hacı Hasan Camii	153	425	0,71	0,72	0,01
Arsin Atayurt Camii	359,8	7	0,65	0,65	0,00
Tonya Karşular Camii	181,8	5,15	0,71	0,7	-0,01
Yomra Kohalı Camii	153,86	4,9	0,71	0,71	0,00
Sürmene Karacakaya Camii	235,88	5,55	0,68	0,69	0,01
Çayeli Caferpaşa Camii	276,25	6,25	0,66	0,67	0,02
Ardeşen Pirinçlik Camii	113,57	4,1	0,74	0,73	-0,01
Giresun Çekerek Camii	245,7	5,25	0,68	0,69	0,01
Bulancak Ahmetli Camii	204,37	5,35	0,7	0,7	0,00
Keşap Uğurca Camii	183,82	5,05	0,71	0,7	-0,01
Kelkit Ulu Camii	375,72	6,2	0,66	0,65	-0,02

Regresyon analiz sonucuna göre, R değeri 0,938 ve R² değeri 0,881 olarak elde edilmiştir. Yanal alan ve yükseklik ile STI değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 123).

Tablo 123. Regresyon analizi sonuçları

R	0,938
R²	0,881
Sabit sayısı	0,790646
Yanal katsayısı	-0,000227
Yükseklik katsayısı	-0,009099

$$STI = 0,790646 - Yanal \times 0,000227 - Yükseklik \times 0,009099 \quad (52)$$

3.3.33. Hacim ve Tavan Yüksekliklerinin Sesin Nesnel Parametrelerine Etkileri

Sabine formülüne göre çınlama süresini etkileyen değişkenlerden birisi iç mekân hacmidir. Ayrıca Kayılı'ya (2005) ve diğer bir çok araştırmacıya göre bir mekan için optimum çınlama süresini doğrudan belirleyen değişkendir. Diğer taraftan hacim ile doğru orantılı bir değişken olan tavan yüksekliği de çınlama süresini etkilemektedir. T30 başta olmak üzere çalışma kapsamında değerlendirilen bütün nesnel parametreler için mekan hacmi ve tavan yüksekliği değişkenlerinden hangisinin daha etkili olduğunu belirlemek için korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 124).

Tablo 124. Hacim ve tavan yüksekliğinin sesin nesnel parametreleri üzerindeki etkilerinin analizi

Parametre	Değer	T30	EDT	D50	C80	LF80	STI	Ts	SPL
Hacim	Pearson korelasyon katsayısı	,949**	,932**	-,852**	-,890**	-,694**	-,935**	,906**	-,631**
	Anlamlılık	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,009
Yükseklik	Pearson korelasyon katsayısı	,834**	,864**	-,795**	-,825**	-,862**	-,653**	,863**	-,919**
	Anlamlılık	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000

Analiz sonuçları incelendiğinde hacim ve yükseklik değişkenleri ile T30, EDT ve Ts parametreleri arasında pozitif korelasyon olduğu görülmektedir. D50, C80, LF80, STI ve SPL parametreleri ile her iki geometrik değişken arasında ise negatif korelasyon ortaya çıkmıştır. Analiz sonuçlarına göre iç mekan hacmi LF80 ve SPL parametreleri üzerinde tavan yüksekliğine göre daha belirleyici iken tavan yüksekliği T30, EDT, D50, C80, STI ve Ts parametreleri üzerinde iç mekan hacmine göre daha belirleyici olduğu görülmüştür.

3.4. Nesnel Parametre Değerlerinin Ana İbadet Mekânları İçerisindeki Dağılımları

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen diğer bir inceleme konusu, sesin nesnel parametrelerinin ibadet mekanlarında farklı noktalardaki değişim ve dağılımlarının analizidir. Sesin nesnel parametrelerinin değerlerini ve dolayısıyla mekânların akustik performansını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Ses kaynağı, mekânın geometrisi,

yüzey malzemeleri, kullanım yoğunluğu ve doluluk, gürültü düzeyi gibi faktörlerin yanında birçok nesnel parametre için alıcı noktanın mekân içerisindeki konumu, ilgili parametrenin değerlerini etkileyebilmektedir. Alıcı noktanın ses kaynağına yakınlığı, yansıtıcı yüzeylere yakınlığı, zeminden yüksekliği, duvarlara ve yansıtıcı yüzeylere olan mesafesi ve ses kaynağı ile arasında bulunan fiziksel engeller gibi faktörler, birçok nesnel parametrenin değerini etkilemektedir.

Çalışma kapsamındaki camilerin dikdörtgen planlı ve düz tavanlı olmaları, standart bir geometriye sahip olmaları açısından sesin nesnel parametre değerlerinin alıcı nokta konumlarına göre değişimlerinin belli karakteristik özelliklerde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bu da alıcı noktaların ana ibadet mekânları içerisindeki konumlarının farklılıklarına göre sesin nesnel parametre değerlerinin değişimlerini birçok durumda ön görülebilir kılmaktadır. Regresyon analizleri ile bu değişim karakteristiklerinin belirlenmesi, ileride gerçekleştirilecek olan tasarımlarda farklı nesnel parametrelerin farklı konumlardaki değerlerinin değişimlerinin tasarım aşamasında belirli bir hata payı ile ön görülebilmesini sağlayacaktır.

Nesnel parametre değerlerinin ana ibadet salonları içerisindeki dağılımlarının belirlenmesinde ön, orta ve arka sıra olarak belirlenen üç sırada konumlandırılan dörder adet alıcı nokta kullanılmıştır. Bu noktalarda elde edilen sesin nesnel parametre değerlerinin her sıra için ortalamaları alınarak sıra1, sıra2 ve sıra3 şeklinde üç değer üzerinden incelemeler gerçekleştirilmiştir (Şekil 49). Camilerin genel ortalama değerlerinin bağımsız değişken, her bir sıradaki nesnel parametre değerlerinin bağımlı değişken olarak tanımlandığı regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu regresyon analizleri sonucunda ortalama değere göre her bir sıradaki değer ortalamasını ön görecektir bağıntılar ortaya konulmuştur. Analizlerde Ort_{genel} ile camideki nesnel parametre değerlerinin genel ortalaması, $Ort_{sıra1}$ ile ön sıradaki alıcı noktalarında elde edilen nesnel parametre değerlerinin ortalaması, $Ort_{sıra2}$ orta sıradaki alıcı noktalarında elde edilen nesnel parametre değerlerinin ortalaması, $Ort_{sıra3}$ ise arka sıradaki alıcı noktalarında elde edilen nesnel parametre değerlerinin ortalaması ifade edilmektedir.

Mekân içerisinde dağılım analizleri EDT, D50, C80, STI, SPL ve Ts parametreleri için gerçekleştirilmiştir. T30 parametresinin ise mekan içerisinde dağılımının homojen ya da homojene yakın olması nedeniyle, alıcı noktalardaki farklılıkları düşük düzeylerde oldukları için analizleri yapılmamıştır. LF80 parametresi ise elde edilen bağıntıların sonuçları yeterli doğruluk düzeyinde ön görememesi sebebiyle bu bölümde çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Analizde kullanılan değerler, orta frekanslarda (500 Hz ve 1000 Hz) elde edilen

nesnel parametrelerin ortalamalarıdır. EDT ve STI parametrelerine ait değerler virgülden sonra iki basamak, C80 ve SPL parametrelerine ait değerler virgülden sonra tek basamak, D50 ve Ts parametresine ait değerler ise tam sayı yer alacak şekilde değerlendirmeye alınmıştır.

3.4.1. EDT Parametresi Değerlerinin Dağılımları

Her cami için EDT parametresine ait değerlerin cami içerisindeki genel ortalamaları ile Sıra1, Sıra2 ve Sıra3 ortalamaları aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 125). Genel olarak değerlerin mihrabın bulunduğu duvara yakın alanda en düşük düzeylerde oldukları, orta alanda yükselirken arka duvara yakın alanda yine azalma eğiliminde oldukları görülmektedir (Tablo 125).

Tablo 125. Alıcı noktalarının konumlarına göre EDT değerlerinin regresyon analizi verileri

Cami	Ort _{genel}	Ort _{sıra1}	Ort _{sıra2}	Ort _{sıra3}
Ortahisar Erdoğan Camii	1,01	0,99	1,04	1,01
Ortahisar İckale Camii	1,05	1,00	1,08	1,07
Ortahisar Tavanlı Camii	0,93	0,91	0,94	0,95
Ortahisar Hoca Halil Camii	0,97	0,96	0,97	0,97
Akçaabat Dürbinar Camii	1,22	1,20	1,24	1,23
Araklı Hacı Hasan Camii	0,82	0,82	0,84	0,80
Arsin Atayurt Camii	1,44	1,38	1,49	1,46
Tonya Karşular Camii	0,91	0,92	0,90	0,91
Yomra Kohalı Camii	0,90	0,86	0,92	0,91
Sürmene Karacakaya Camii	1,11	1,07	1,12	1,13
Çayeli Caferpaşa Camii	1,25	1,20	1,27	1,28
Ardeşen Pirinçlik Camii	0,72	0,71	0,74	0,71
Giresun Çekek Camii	1,13	1,09	1,19	1,13
Bulancak Ahmetli Camii	0,97	0,97	0,98	0,97
Keşap Uğurca Camii	0,94	0,91	0,94	0,97
Kelkit Ulu Camii	1,26	1,16	1,34	1,29

Her cami için ortalama EDT değerlerinin bağımsız, her bir sıra ortalamasının bağımlı değişken olarak tanımlandığı üç regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizlerinin üçünde de bağımsız değişken ile bağımlı değişkenler arasında çok yüksek

korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 126). En yüksek R^2 değeri 0,996 ile Sıra 3'te, en düşük R^2 değeri ise 0,986 ile Sıra 1'de elde edilmiştir.

Tablo 126. Regresyon analizi çıktıları

	Sıra1	Sıra2	Sıra3
R	0,993	0,995	0,998
R²	0,986	0,991	0,996
Sabit sayı	0,076928	-0,051165	-0,040956
Katsayı	0,897123	1,071476	1,049026

$$EDT_{sıra1} = 0,076928 + EDT_{ort} \times 0,897123 \quad (53)$$

$$EDT_{sıra2} = -0,051165 + EDT_{ort} \times 1,071476 \quad (54)$$

$$EDT_{sıra3} = -0,040956 + EDT_{ort} \times 1,049026 \quad (55)$$

3.4.2. D50 Parametresi Değerlerinin Dağılımları

Her cami için elde edilen D50 parametresine ait değerlerin cami içerisindeki genel ortalamaları ile Sıra1, Sıra2 ve Sıra3 ortalamaları aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 127). Genel olarak değerlerin mihrabın bulunduğu duvara yakın alanda yüksek düzeylerde oldukları, arka duvara doğru gidildikçe azalma eğiliminde oldukları görülmektedir (Tablo 127).

Tablo 127. Alıcı noktalarının konumlarına göre D50 değerlerinin regresyon analizi verileri

Cami	Ort_{genel}	Ort_{sıra1}	Ort_{sıra2}	Ort_{sıra3}
Ortahisar Erdoğdu Camii	58	64	55	56
Ortahisar İçkale Camii	59	67	56	54
Ortahisar Tavanlı Camii	62	69	59	58
Ortahisar Hoca Halil Camii	61	66	60	58
Akçaabat Dürbinar Camii	58	66	54	53
Araklı Hacı Hasan Camii	64	68	62	61
Arsin Atayurt Camii	55	69	48	48

Tablo 127'nin devamı

Cami	Ort_{genel}	Ort_{sıra1}	Ort_{sıra2}	Ort_{sıra3}
Tonya Karşular Camii	62	67	62	58
Yomra Kohalı Camii	61	69	58	56
Sürmene Karacakaya Camii	58	67	55	53
Çayeli Caferpaşa Camii	55	63	52	49
Ardeşen Pirinçlik Camii	68	72	65	66
Giresun Çekek Camii	58	68	53	54
Bulancak Ahmetli Camii	61	69	57	58
Keşap Uğurca Camii	62	69	60	57
Kelkit Ulu Camii	56	72	46	50

Her cami için ortalama D50 değerlerinin bağımsız, her bir sıra ortalamasının bağımlı değişken olarak tanımlandığı üç regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Sıra 2 ve Sıra 3 ortalama D50 değerlerinin analizlerinde çok yüksek korelasyon ortaya çıkarken Sıra 1'deki regresyon analizinde ise orta şiddette bir korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 128). En yüksek R^2 değeri 0,949 ile Sıra 3'te, en düşük R^2 değeri ise 0,176 ile Sıra 1'de elde edilmiştir (Tablo 128).

Tablo 128. Regresyon analizi sonuçları

	Sıra1	Sıra2	Sıra3
R	0,42	0,924	0,974
R²	0,176	0,853	0,949
Sabit sayı	50,085795	-25,73207	-21,954993
Katsayı	0,296062	1,371308	1,294655

$$D50_{sıra1} = 50,085795 + D50_{ort} \times 0,296062 \quad (56)$$

$$D50_{sıra2} = -25,732068 + D50_{ort} \times 1,371308 \quad (57)$$

$$D50_{sıra3} = -21,954993 + D50_{ort} \times 1,294655 \quad (58)$$

3.4.3. C80 Parametresi Değerlerinin Dağılımları

Her cami için elde edilen C80 parametresine ait değerlerin cami içerisindeki genel ortalamaları ile Sıra1, Sıra2 ve Sıra3 ortalamaları aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 129). Genel olarak değerlerin mihrabın bulunduğu duvara yakın alanda en yüksek düzeylerde oldukları, arka duvara doğru gidildikçe azalma eğiliminde oldukları görülmektedir (Tablo 129).

Tablo 129. Alıcı noktalarının konumlarına göre C80 değerlerinin regresyon analizi verileri

Cami	Ort _{genel}	Ort _{sıra1}	Ort _{sıra2}	Ort _{sıra3}
Ortahisar Erdoğdu Camii	4,2	5,1	3,6	3,7
Ortahisar İçkale Camii	4,2	5,7	3,5	3,2
Ortahisar Tavanlı Camii	4,8	6	4,3	3,9
Ortahisar Hoca Halil Camii	4,8	5,6	4,5	4,1
Akçaabat Dürbinar Camii	3,6	5	3	2,8
Araklı Hacı Hasan Camii	5,3	6,2	4,9	4,8
Arsin Atayurt Camii	2,8	4,8	1,9	1,8
Tonya Karşular Camii	5,0	5,9	4,9	4,2
Yomra Kohalı Camii	4,9	6,2	4,4	4,1
Sürmene Karacakaya Camii	3,9	5,5	3,4	2,8
Çayeli Caferpaşa Camii	3,3	4,8	2,8	2,3
Ardeşen Pirinçlik Camii	6,5	7,2	6	6,3
Giresun Çekek Camii	3,8	5,3	3	3,1
Bulancak Ahmetli Camii	4,6	5,9	4	3,8
Keşap Uğurca Camii	4,9	6,2	4,5	3,9
Kelkit Ulu Camii	3,4	5,9	1,9	2,4

Her cami için ortalama C80 değerlerinin bağımsız, her bir sıra ortalamasının bağımlı değişken olarak tanımlandığı üç regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizlerinde üçünde de bağımsız değişken ile bağımlı değişkenler arasında sıra 1’de yüksek, sıra2 ve sıra3’te çok yüksek korelasyon ortaya çıkmıştır (Tablo 130). En yüksek R^2 değeri 0,974 ile Sıra 3’te, en düşük R^2 değeri ise 0,781 ile Sıra 1’de elde edilmiştir.

Tablo 130. Regresyon analizi sonuçları

	Sıra1	Sıra2	Sıra3
R	0,884	0,974	0,987
R²	0,781	0,948	0,974
Sabit sayı	3,055237	-1,413268	-1,582123
Katsayı	0,605946	1,188747	1,178771

$$C80_{sıra1} = 3,055237 + C80_{ort} \times 0,605946 \quad (59)$$

$$C80_{sıra2} = -1,413268 + C80_{ort} \times 1,188747 \quad (60)$$

$$C80_{sıra3} = -1,582123 + C80_{ort} \times 1,178771 \quad (61)$$

3.4.4. SPL Parametresi Değerlerinin Dağılımları

Her cami için elde edilen SPL parametresine ait değerlerin cami içerisindeki genel ortalamaları ile Sıra1, Sıra2 ve Sıra3 ortalamaları aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 131). Genel olarak değerlerin mihrabın bulunduğu duvara yakın alanda en yüksek düzeylerde oldukları, arka duvara doğru gidildikçe azalma eğiliminde oldukları görülmektedir (Tablo 131).

Tablo 131. Alıcı noktalarının konumlarına göre SPL değerlerinin regresyon analizi verileri

Cami	Ort_{genel}	Ort_{sıra1}	Ort_{sıra2}	Ort_{sıra3}
Ortahisar Erdoğan Camii	60,7	62,0	60,3	59,9
Ortahisar İçkale Camii	60,4	62,3	60,1	58,9
Ortahisar Tavanlı Camii	60,9	62,5	60,7	59,6
Ortahisar Hoca Halil Camii	61,8	63,0	61,6	60,9
Akçaabat Dürbina Camii	61,2	62,9	60,8	59,7
Araklı Hacı Hasan Camii	61,6	63,1	61,5	60,1
Arsin Atayurt Camii	59,4	61,7	58,9	57,6
Tonya Karşular Camii	61,8	63,2	61,8	60,3
Yomra Kohalı Camii	62,6	64,2	62,3	61,4
Sürmene Karacakaya Camii	60,3	62,1	60,0	58,9
Çayeli Caferpaşa Camii	60,1	61,8	59,8	59,1
Ardeşen Pirinçlik Camii	63,5	64,9	59,7	58,9

Tablo 131'in devamı

Cami	Ort _{genel}	Ort _{sıra1}	Ort _{sıra2}	Ort _{sıra3}
Giresun Çekek Camii	59,9	62,0	59,7	58,1
Bulancak Ahmetli Camii	61,1	62,8	60,7	59,9
Keşap Uğurca Camii	61,6	63,2	61,4	60,3
Kelkit Ulu Camii	57,8	60,9	57,0	55,7

Her cami için ortalama SPL değerlerinin bağımsız, her bir sıra ortalamasının bağımlı değişken olarak tanımlandığı üç regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bağımsız değişken ile bağımlı değişkenler arasında ilk sıra için gerçekleştirilen regresyon analizinde çok yüksek, diğer iki sırada ise yüksek düzeyde korelasyon ortaya çıkmıştır. En yüksek R^2 değeri 0,933 ile Sıra 1'de, en düşük R^2 değeri ise 0,591 ile Sıra 2'de elde edilmiştir (Tablo 132).

Tablo 132. Regresyon analizi sonuçları

	Sıra1	Sıra2	Sıra3
R	0,966	0,769	0,793
R²	0,933	0,591	0,629
Sabit sayı	19,228877	14,960555	9,376411
Katsayı	0,712976	0,7458	0,820024

$$SPL_{sıra1} = 19,228877 + SPL_{ort} \times 0,712976 \quad (62)$$

$$SPL_{sıra2} = 14,960555 + SPL_{ort} \times 0,7458 \quad (63)$$

$$SPL_{sıra3} = 9,376411 + SPL_{ort} \times 0,820024 \quad (64)$$

3.4.5. STI Parametresi Değerlerinin Dağılımları

Her cami için elde edilen STI parametresine ait değerlerin cami içerisindeki genel ortalamaları ile Sıra1, Sıra2 ve Sıra3 ortalamaları aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 133). Genel olarak değerlerin mihrabın bulunduğu duvara yakın alanda ve orta alanda en yüksek değerlerde oldukları, arka duvara yakın alanda ise orta alana eşit ya da bir miktar düşük değerlerde oldukları görülmektedir (Tablo 133).

Tablo 133. Alıcı noktalarının konumlarına göre STI değerlerinin regresyon analizi verileri

Cami	Ort _{genel}	Ort _{sıra1}	Ort _{sıra2}	Ort _{sıra3}
Ortahisar Erdoğan Camii	0,68	0,70	0,67	0,68
Ortahisar İçkale Camii	0,68	0,71	0,67	0,67
Ortahisar Tavanlı Camii	0,70	0,73	0,69	0,69
Ortahisar Hoca Halil Camii	0,70	0,72	0,69	0,69
Akçaabat Dürbina Camii	0,67	0,71	0,65	0,66
Araklı Hacı Hasan Camii	0,71	0,73	0,70	0,71
Arsin Atayurt Camii	0,65	0,71	0,62	0,63
Tonya Karşular Camii	0,71	0,73	0,71	0,70
Yomra Kohalı Camii	0,71	0,73	0,69	0,70
Sürmene Karacakaya Camii	0,68	0,72	0,67	0,66
Çayeli Caferpaşa Camii	0,66	0,69	0,64	0,64
Ardeşen Pirinçlik Camii	0,74	0,75	0,73	0,74
Giresun Çekek Camii	0,68	0,72	0,65	0,67
Bulancak Ahmetli Camii	0,70	0,73	0,68	0,69
Keşap Uğurca Camii	0,71	0,73	0,70	0,69
Kelkit Ulu Camii	0,66	0,73	0,62	0,64

Her cami için ortalama STI değerlerinin bağımsız, her bir sıra ortalamasının bağımlı değişken olarak tanımlandığı üç regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Sıra 1 için gerçekleştirilen regresyon analizinde yüksek, Sıra 2 ve Sıra 3 için gerçekleştirilen regresyon analizlerinde ise çok yüksek düzeyde korelasyon ortaya çıkmıştır. En yüksek R^2 değeri 0,959 ile Sıra 3'te, en düşük R^2 değeri ise 0,586 ile Sıra 1'de elde edilmiştir (Tablo 134).

Tablo 134. Regresyon analizi sonuçları

	Sıra1	Sıra2	Sıra3
R	0,765	0,967	0,979
R²	0,586	0,935	0,959
Sabit sayı	0,40032	-0,20079	-0,131599
Katsayı	0,465116	1,267442	1,174419

$$STI_{sıra1} = 0,40032 + STI_{ort} \times 0,465116 \quad (65)$$

$$STI_{sıra2} = -0,20079 + STI_{ort} \times 1,267442 \quad (66)$$

$$STI_{sıra3} = -0,131599 + STI_{ort} \times 01,174419 \quad (67)$$

3.4.6. Ts Parametresi Değerlerinin Dağılımları

Her cami için elde edilen Ts parametresine ait değerlerin cami içerisindeki genel ortalamaları ile Sıra1, Sıra2 ve Sıra3 ortalamaları aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 135). Genel olarak değerlerin mihrabın bulunduğu duvara yakın alanda en düşük düzeylerde oldukları, arka duvara doğru gidildikçe yükselme eğiliminde oldukları görülmektedir (Tablo 135).

Tablo 135. Alıcı noktalarının konumlarına göre Ts değerlerinin regresyon analizi verileri

Cami	Ort _{genel}	Ort _{sıra1}	Ort _{sıra2}	Ort _{sıra3}
Ortahisar Erdoğan Camii	64	54	68	68
Ortahisar İçkale Camii	63	50	69	72
Ortahisar Tavanlı Camii	57	46	61	64
Ortahisar Hoca Halil Camii	58	50	61	64
Akçaabat Dürbina Camii	71	56	77	79
Araklı Hacı Hasan Camii	53	45	57	58
Arsin Atayurt Camii	82	58	94	96
Tonya Karşular Camii	55	47	57	62
Yomra Kohalı Camii	57	45	61	64
Sürmene Karacakaya Camii	66	51	71	77
Çayeli Caferpaşa Camii	74	59	80	84
Ardeşen Pirinçlik Camii	46	40	49	47
Giresun Çekkek Camii	68	52	76	76
Bulancağ Ahmetli Camii	59	46	65	66
Keşap Uğurca Camii	57	46	60	65
Kelkit Ulu Camii	74	49	89	85

Her cami için ortalama Ts değerlerinin bağımsız, her bir sıra ortalamasının bağımlı değişken olarak tanımlandığı üç regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Ts parametresi için gerçekleştirilen regresyon analizlerinde ilk sıra için yüksek, diğer iki sıra için çok yüksek düzeyde korelasyon ortaya çıkmıştır. En yüksek R² değeri 0,98 ile Sıra 3'te, en düşük R² değeri ise 0,775 ile Sıra 1'de elde edilmiştir (Tablo 136).

Tablo 136. Regresyon analizi sonuçları

	Sıra1	Sıra2	Sıra3
R	0,88	0,984	0,99
R²	0,775	0,968	0,98
Sabit sayı	18,731581	-12,456063	-9,444743
Katsayı	0,492325	1,28914	1,273024

$$T_{Sıra1} = 18,731581 + T_{Sort} \times 0,492325 \quad (68)$$

$$T_{Sıra2} = -12,456063 + T_{Sort} \times 1,28914 \quad (69)$$

$$T_{Sıra3} = -9,444743 + T_{Sort} \times 1,273024 \quad (70)$$

3.5. Bağıntıların Seçilmesi ve Doğrulanması

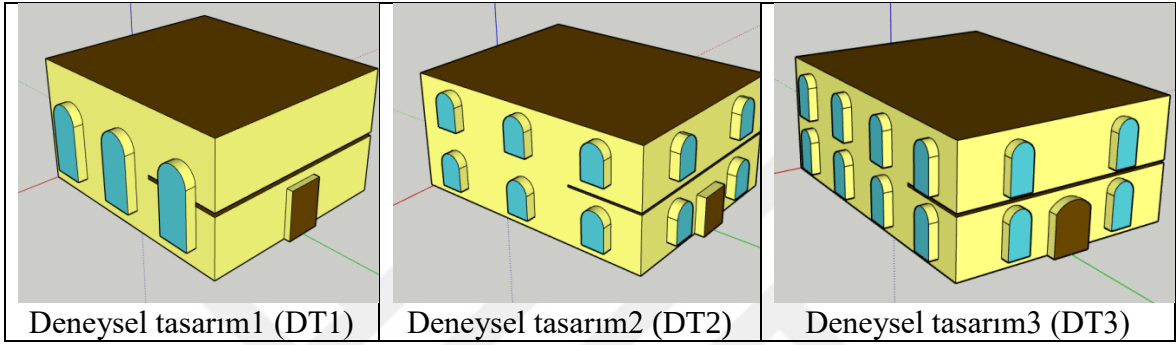
İstatistiksel analizler sonucunda elde edilen bağıntıların doğrulanması için deneysel amaçlı 3 adet, farklı geometrik özelliklerde kırma çatılı ve dikdörtgen planlı cami tasarlanmıştır. Tasarımların geometrik özellikleri belirlenirken örneklem kapsamındaki camilerin geometrik analizlerinde tespit edilen en düşük ve en yüksek değer aralıkları dikkate alınmıştır. Camilerin en, boy ve yükseklikleri ile mahfil alanları gibi değişkenlere göre tasarlanan camiler büyüklüklerine göre “Deneysel Tasarım” ifadesinin kısaltmasıyla DT1, DT2 ve DT3 olarak adlandırılmıştır. Tasarlanan camilerin ana ibadet mekanlarının boyutları (uzunluk, genişlik ve yükseklik) sırasıyla 8m x 9m x 5m, 10m x 13m x 6m ve 12m x 16m x 6,5m’dir. Bu camilerin geometrik boyutları, mahfil oranları, kapasiteleri ile halı ve sıva kaplı yüzeylerin alanları aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 137).

Tablo 137. Deneysel tasarımların geometrik boyutları ve yüzey alanları

İsmi	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Pencere (m ²)	Mahfil oranı	Pencere oranı	Yanal yüzeyler (m ²)	Zemin yüzeyi (m ²)	Halı yüzeyleri (m ²)	Sıva yüzeyleri (m ²)
DT1	9	8	5	27,2	3,15	0,16	170	72	97,6	144,76
DT2	13	10	6	41,4	3,9	0,15	276	130	127,44	261,38
DT3	16	12	6,5	65,52	4	0,18	364	192	241,36	337,51

Tasarımların mahfil katları düzlemsel olarak tasarlanmıştır. Pencerelelerin tamamı duvarların iç yüzeylerinin düzleminden 50 cm derinlikte tasarlanmıştır. Minber olarak deneysel tasarımların hepsinde Çayeli Caferpaşa Camii'nin minberi kullanılmıştır. Pencere denizliklerinin tamamı mermer olarak tasarlanmıştır. Tasarlanan 3 adet deneysel caminin 3D sayısal modellerine ait resimler aşağıda verilmektedir (Tablo 138).

Tablo 138. Tasarlanan camilerin 3D modelleri



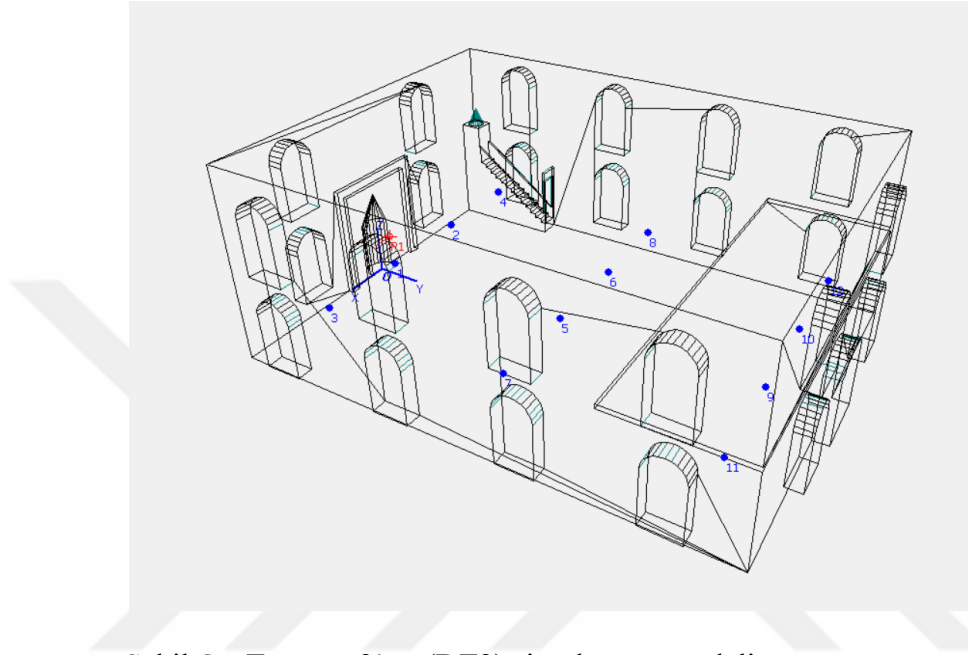
Bu tasarımlara göre camilerin kapasiteleri, kullanılabilir zemin alanlarının her bir kullanıcı için gerekli alan olan $0,96 \text{ m}^2$ değerine bölünmesi ile ana ibadet mekanı ve mahfil katları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Zemin alanından minber alanı ($2,53 \text{ m}^2$), hem zemin hem de mahfil alanından ise merdivenin kapladığı alan (yaklaşık $2,5 \text{ m}^2$) çıkarılmıştır (Tablo 139).

Tablo 139. Tasarlanan camilerin kişi kapasiteleri

Tasarım	Zemin yüzeyi (m^2)	Mahfil yüzeyi (m^2)	Zemin kapasitesi (kişi)	Mahfil kapasitesi (kişi)	Toplam kapasite (kişi)
DT1	72	25,2	69	23	92
DT2	130	39	130	38	168
DT3	192	48	194	47	241

Örneklem kapsamında incelenen ve akustik simülasyonları yapılan camilerde olduğu gibi, bu deneysel tasarımların da 3D modelleri Sketchup programında oluşturularak ODEON 10.1 programına aktarılmıştır. Örneklem kapsamındaki diğer camilerde uygulanan kaynak ve alıcı nokta kuralına göre ODEON 10.1 programında kaynak ve alıcı konumları

belirlenmiştir. Örneklem kapsamındaki camilerin tamamında kullanılan modifiye malzemeler de ilgili yüzeylere tanımlanarak simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneysel tasarımlardan Tasarım 3'ün (DT3) simülasyon modeli örnek olarak aşağıda yer almaktadır (Şekil 62).



Şekil 62. Tasarım 3'ün (DT3) simülasyon modeli

3.5.1. Elde Edilen Ortalama Değerler

Belirlenen koşullarda gerçekleştirilen akustik simülasyon sonucu elde edilen sesin nesnel parametre değerleri aşağıda yer almaktadır (Tablo 140).

Tablo 140. Tasarlanan camilerin akustik simülasyonlarında elde edilen nesnel parametre değerleri ortalamaları

Parametre	Tasarım	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
EDT	DT1	0,64	0,86	0,93	0,77	0,69	0,66
	DT2	1,04	1,3	1,34	1,1	0,98	0,87
	DT3	1,26	1,6	1,52	1,23	1,11	0,96
T30	DT1	0,72	0,92	1,02	0,89	0,82	0,77
	DT2	1,11	1,39	1,45	1,24	1,14	1,01
	DT3	1,38	1,71	1,68	1,42	1,3	1,14

Tablo 140'ın devamı

Parametre	Tasarım	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
SPL	DT1	61,2	62,2	62,3	61,1	60,5	60,1
	DT2	59,8	60,6	60,5	59,1	58,5	57,9
	DT3	58,8	59,6	59,3	57,7	57,3	56,7
C80	DT1	7,3	5,3	4,7	6,2	7	7,5
	DT2	4,4	2,8	2,6	4,2	4,9	5,7
	DT3	3,4	2,1	2,4	3,8	4,6	5,4
D50	DT1	71	63	61	67	71	73
	DT2	61	53	53	61	64	67
	DT3	57	50	52	58	63	66
Ts	DT1	40	53	58	47	42	39
	DT2	61	78	81	63	56	50
	DT3	73	93	89	69	62	54
LF80	DT1	0,232	0,254	0,271	0,273	0,271	0,27
	DT2	0,225	0,237	0,25	0,253	0,253	0,251
	DT3	0,222	0,235	0,245	0,245	0,244	0,242
STI	DT1	0,72					
	DT2	0,67					
	DT3	0,66					

3.5.2. Ortalama Değerlerin Bağlılıklarının Doğrulanması

Regresyon analizlerinde elde edilen bağıntılardaki sabit sayılar ile katsayılar, sonuçları genelde 2 basamaklı sayılardan oluşan Ts ve SPL parametreleri için virgülden sonra 2 basamak, D50 parametresi için virgülden sonra 3 basamak olacak şekilde alınmıştır. Sonuçları genelde tek basamaklı sayılar şeklinde olan diğer nesnel parametrelerde ise sabit sayılar ve katsayılar, virgülden sonra 4 basamak olacak şekilde alınmıştır. Her parametre için elde edilen bağıntılar, b1, b2, b3, b4 şeklinde ifade edilmiştir (Tablo 141).

Tablo 141. Önerilen ortalama değer bağıntıları

Bağıntı İsmi	Nesnel Parametre	Bağıntı	R ²
T30 _{b1}	T30=	0,4045 - Halı X 0,0019 + Sıva X 0,005	0,971
T30 _{b2}		0,4583 - Zemin X 0,0039 + Yanal X 0,0048	0,957
T30 _{b3}		-0,0804 + Halı X 0,0008 + Yükseklik X 0,2021	0,929
T30 _{b4}		-0,0649 + Zemin X 0,0012 + Yükseklik X 0,1977	0,938

Tablo 141'in devamı

Bağıntı İsmi	Nesnel Parametre	Bağıntı	R ²
EDT _{b1}	EDT =	0,3621 - Halı X 0,0013 + Sıva X 0,0043	0,962
EDT _{b2}		0,4105 - Zemin X 0,0029 + Yanal X 0,0041	0,965
EDT _{b3}		-0,0372 + Zemin X 0,0015 + Yükseklik X 0,1692	0,939
EDT _{b4}		0,1308 + Yanal X 0,0015 + Yükseklik X 0,1059	0,947
D50 _{b1}	D50=	70,82 - Sıva X 0,06	0,802
D50 _{b2}		69,51- Yanal X 0,043	0,767
D50 _{b3}		74,54- Sıva X 0,04- Yükseklik X 1,24	0,82
D50 _{b4}		74,86- Yanal X 0,03- Yükseklik X 1,64	0,82
C80 _{b1}	C80=	7,4151 - Sıva X 0,0153	0,877
C80 _{b2}		7,0401 - Yanal X 0,0119	0,839
C80 _{b3}		8,4258 - Sıva X 0,0111 - Yükseklik X 0,3381	0,897
C80 _{b4}		8,5499 - Yanal X 0,0074 - Yükseklik X 0,4618	0,872
LF80 _{b1}	LF80=	0,306 - Sıva X 0,0002	0,666
LF80 _{b2}		0,3031 - Yanal X 0,0002	0,722
LF80 _{b3}		0,3148 - Halı X 0,0002 - Yükseklik X 0,0045	0,802
LF80 _{b4}		0,3151 - Zemin X 0,0003 - Yükseklik X 0,0052	0,77
SPL _{b1}	SPL=	64,21 - Halı X 0,02	0,925
SPL _{b2}		64,04 - Zemin X 0,03	0,933
SPL _{b3}		62,24 - Sıva X 0,03 + Yükseklik X 0,97	0,87
SPL _{b4}		61,72 - Yanal X 0,03 + Yükseklik X 0,95	0,923
TS _{b1}	TS=	29,04 - Halı X 0,06+ Sıva X 0,21	0,95
TS _{b2}		31,9- Zemin X 0,12 + Yanal X 0,19	0,928
TS _{b3}		21,38 + Sıva X 0,12 + Yükseklik X 3,19	0,941
TS _{b4}		20,53 + Yanal X 0,08 + Yükseklik X 4,34	0,919
STI _{b1}	STI=	0,77 - Sıva X 0,0004	0,884
STI _{b2}		0,7609 - Yanal X 0,0003	0,858
STI _{b3}		0,7901 - Sıva X 0,0003 - Yükseklik X 0,0067	0,895
STI _{b4}		0,7906 - Yanal X 0,0002 - Yükseklik X 0,0091	0,881

Deneysel tasarımların geometrik değişkenleri ve yüzey malzeme alanları ile istatistiksel analizler sonucu elde edilen bağıntılar kullanılarak nesnel parametre değerleri elde edilmiştir. Regresyon bağıntıları ile elde edilen nesnel parametre değerleri, deneysel tasarımlara ait akustik simülasyonların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar, nesnel parametrelerin orta frekanslardaki (500 Hz ve 1000 Hz) değerlerinin ortalamaları üzerinden gerçekleştirilmiştir.

3.5.2.1. T30 Parametre Değerleri Bağlılıklarının Doğrulanması

T30 parametresi için gerçekleştirilen regresyon analizlerinden dört tanesinin r^2 değerleri yeterli görülmüş ve nihai öneri olarak alınmıştır. Nihai öneri olarak alınan dört regresyon analizine ait bağıntılar ile her üç deneysel tasarım için T30 değerleri hesaplanmıştır. Bağıntılarla hesaplanan T30 değerleri ile simülasyonlar sonucu elde edilen T30 değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar incelendiğinde en yüksek bağıl sapmanın 0,1 düzeyinde gerçekleştiği ve elde edilen sonuçların yeterli doğrulukta olduğu belirlenmiştir (Tablo 142).

Tablo 142. Ortalama T30 değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar

T30 (sn)	Sonuç	DT1	DT2	DT3
	Simülasyon	0,96	1,34	1,55
	T30 _{b1}	0,95	1,48	1,64
	T30 _{b2}	0,99	1,28	1,46
	T30 _{b3}	1,01	1,23	1,43
	T30 _{b4}	1,01	1,28	1,45
	BS _{b1}	-0,01	0,10	0,06
	BS _{b2}	0,03	-0,05	-0,06
	BS _{b3}	0,05	-0,08	-0,08
	BS _{b4}	0,05	-0,05	-0,06

3.5.2.2. EDT Parametre Değerleri Bağlılıklarının Doğrulanması

EDT parametresi için gerçekleştirilen regresyon analizlerinden, korelasyon katsayıları en yüksek olan dört tanesi yeterli seçilmiş ve nihai öneri olarak alınmıştır. Nihai öneri olarak alınan dört regresyon analizine ait bağıntılar ile her üç deneysel tasarım için EDT değerleri hesaplanmıştır. Bağıntılarla hesaplanan EDT değerleri ile simülasyonlar sonucu elde edilen EDT değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar incelendiğinde en yüksek bağıl sapmanın 0,09 olarak gerçekleştiği ve elde edilen sonuçların yeterli doğrulukta olduğu belirlenmiştir (Tablo 143).

Tablo 143. Ortalama EDT değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar

EDT (sn)	Sonuç	DT1	DT2	DT3
	Simülasyon	0,85	1,22	1,38
	EDT_{b1}	0,86	1,32	1,50
	EDT_{b2}	0,90	1,17	1,35
	EDT_{b3}	0,92	1,17	1,35
	EDT_{b4}	0,92	1,18	1,37
	BS_{b1}	0,01	0,08	0,09
	BS_{b2}	0,06	-0,04	-0,02
	BS_{b3}	0,08	-0,04	-0,02
	BS_{b4}	0,08	-0,03	-0,01

3.5.2.3. D50 Parametre Değerleri Bağlılıklarının Doğrulanması

D50 parametresi için gerçekleştirilen regresyon analizlerinden korelasyon katsayıları en yüksek olan iki tanesi yeterli seçilmiş ve nihai öneri olarak alınmıştır. Nihai öneri olarak alınan iki regresyon analizine ait bağıntılar ile her üç deneysel tasarım için D50 değerleri hesaplanmıştır. Bağıntılarla hesaplanan D50 değerleri ile simülasyonlar sonucu elde edilen D50 değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar incelendiğinde en yüksek bağıl sapmanın 0,08 olarak gerçekleştiği ve elde edilen sonuçların yeterli doğrulukta olduğu belirlenmiştir (Tablo 144).

Tablo 144. Ortalama D50 değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar

D50 (%)	Sonuç	DT1	DT2	DT3
	Simülasyon	64	57	55
	EDT_{b1}	62	55	51
	EDT_{b2}	63	58	55
	EDT_{b3}	63	57	53
	EDT_{b4}	62	57	53
	BS_{b1}	-0,03	-0,03	-0,08
	BS_{b2}	-0,02	0,03	0,00
	BS_{b3}	-0,02	-0,01	-0,04
	BS_{b4}	-0,04	0,00	-0,03

3.5.2.4. C80 Parametre Değerleri Bağlılıklarının Doğrulanması

C80 parametresi için gerçekleştirilen regresyon analizlerinden korelasyon katsayıları en yüksek olan iki tanesi seçilmiş ve nihai öneri olarak alınmıştır. Nihai öneri olarak alınan iki regresyon analizine ait bağıntılar ile her üç deneysel tasarım için C80 değerleri hesaplanmıştır. Bağıntılarla hesaplanan C80 değerleri ile simülasyonlar sonucu elde edilen C80 değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar incelendiğinde, en büyük farklılık 1 dB düzeyini geçmediği için elde edilen sonuçların yeterli doğrulukta olduğu kabul edilmiştir (Tablo 145).

Tablo 145. Ortalama C80 değerleri için elde edilen sonuçlar, bağıl sapmalar ve farklar

C80 (dB)	Sonuç	DT1	DT2	DT3
	Simülasyon	5,5	3,4	3,1
	C80 _{b1}	5,2	3,4	2,3
	C80 _{b2}	5,0	3,8	2,7
	C80 _{b3}	5,1	3,5	2,5
	C80 _{b4}	5,0	3,7	2,9
	BS _{b1}	-0,05	0,00	-0,27
	BS _{b2}	-0,09	0,10	-0,13
	BS _{b3}	-0,07	0,03	-0,20
	BS _{b4}	-0,09	0,10	-0,08
	Fark _{b1}	-0,3	0,0	-0,8
	Fark _{b2}	-0,5	0,4	-0,4
	Fark _{b3}	-0,4	0,1	-0,6
	Fark _{b4}	-0,5	0,3	-0,2

3.5.2.5. LF80 Parametre Değerleri Bağlılıklarının Doğrulanması

LF80 parametresi için gerçekleştirilen regresyon analizlerinden korelasyon katsayıları en yüksek olan dört tanesi seçilmiş ve nihai öneri olarak alınmıştır. Nihai öneri olarak alınan dört regresyon analizine ait bağıntılar ile her üç deneysel tasarım için LF80 değerleri hesaplanmıştır. Bağıntılarla hesaplanan LF80 değerleri ile simülasyonlar sonucu elde edilen LF80 değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar incelendiğinde en yüksek bağıl sapmanın 0,09 düzeyinde gerçekleştiği ve elde edilen sonuçların yeterli doğrulukta olduğu belirlenmiştir (Tablo 146).

Tablo 146. Ortalama LF80 değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar

LF80	Sonuç	DT1	DT2	DT3
	Simülasyon	0,272	0,251	0,245
	LF80_{b1}	0,277	0,254	0,238
	LF80_{b2}	0,269	0,248	0,230
	LF80_{b3}	0,273	0,262	0,237
	LF80_{b4}	0,268	0,245	0,224
	BS_{b1}	0,02	0,01	-0,03
	BS_{b2}	-0,01	-0,01	-0,06
	BS_{b3}	0,00	0,05	-0,03
	BS_{b4}	-0,02	-0,02	-0,09

3.5.2.6. SPL Parametre Değerleri Bağıntılarının Doğrulanması

SPL parametresi için gerçekleştirilen regresyon analizlerinden korelasyon katsayıları en yüksek olan dört tanesi seçilmiş ve nihai öneri olarak alınmıştır. Nihai öneri olarak alınan dört regresyon analizine ait bağıntılar ile her üç deneysel tasarım için SPL değerleri hesaplanmıştır. Bağıntılarla ile hesaplanan SPL değerleri ile simülasyonlar sonucu elde edilen SPL değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar incelendiğinde en yüksek bağıl sapmanın 0,03 düzeyinde gerçekleştiği ve elde edilen sonuçların yeterli doğrulukta olduğu belirlenmiştir (Tablo 147).

Tablo 147. Ortalama SPL değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar

SPL	Sonuç	DT1	DT2	DT3
	Simülasyon	61,7	59,8	58,5
	SPL_{b1}	62,3	61,7	57,5
	SPL_{b2}	61,9	60,1	58,3
	SPL_{b3}	62,7	60,2	58,4
	SPL_{b4}	61,4	59,1	57,0
	BS_{b1}	0,01	0,03	-0,02
	BS_{b2}	0,00	0,01	0,00
	BS_{b3}	0,02	0,01	0,00
	BS_{b4}	-0,01	-0,01	-0,03

SPL parametresi, regresyon denklemleri ile sonuçların en yüksek doğrulukla ön görülebildiği parametrelerden biri olarak ortaya çıkmaktadır.

3.5.2.7. Ts Parametre Değerleri Bağıntılarının Doğrulanması

Ts parametresi için gerçekleştirilen regresyon analizlerinden korelasyon katsayıları en yüksek olan dört tanesi seçilmiş ve nihai öneri olarak alınmıştır. Nihai öneri olarak alınan dört regresyon analizine ait bağıntılar ile her üç deneysel tasarım için Ts değerleri hesaplanmıştır. Bağıntılar ile hesaplanan Ts değerleri ile simülasyonlar sonucu elde edilen Ts değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar incelendiğinde en büyük bağıl sapmanın 0,08 düzeyinde gerçekleştiği ve elde edilen sonuçların yeterli doğrulukta olduğu belirlenmiştir (Tablo 148).

Tablo 148. Ortalama Ts değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar

Ts	Sonuç	DT1	DT2	DT3
	Simülasyon	53	72	79
	TS _{b1}	54	76	85
	TS _{b2}	56	69	78
	TS _{b3}	55	72	83
	TS _{b4}	56	69	78
	BS _{b1}	0,01	0,06	0,08
	BS _{b2}	0,05	-0,05	-0,01
	BS _{b3}	0,03	0,00	0,05
	BS _{b4}	0,05	-0,05	-0,01

3.5.2.8. STI Parametre Değerleri Bağıntılarının Doğrulanması

STI parametresi için gerçekleştirilen regresyon analizlerinden korelasyon katsayıları en yüksek olan dört tanesi seçilmiş ve nihai öneri olarak alınmıştır. Nihai öneri olarak alınan dört regresyon analizine ait bağıntılar ile her üç deneysel tasarım için STI değerleri hesaplanmıştır. Bağıntılarla hesaplanan STI değerleri ile simülasyonlar sonucu elde edilen STI değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar incelendiğinde en yüksek bağıl sapmanın 0,04 düzeyinde gerçekleştiği ve elde edilen sonuçların yeterli doğrulukta olduğu belirlenmiştir (Tablo 149).

Tablo 149. Ortalama STI değerleri için elde edilen sonuçlar ve bağıl sapmalar

	Sonuç	DT1	DT2	DT3
STI	Simülasyon	0,72	0,67	0,66
	STI _{b1}	0,71	0,67	0,63
	STI _{b2}	0,71	0,68	0,65
	STI _{b3}	0,71	0,67	0,65
	STI _{b4}	0,71	0,68	0,66
	BS _{b1}	-0,01	-0,01	-0,04
	BS _{b2}	-0,01	0,01	-0,01
	BS _{b3}	-0,01	0,00	-0,02
	BS _{b4}	-0,01	0,02	0,00

3.5.3. Bölgesel Sonuç Bağıntılarının Doğrulanması

Deneysel tasarımların geometrik değişkenleri ve yüzey malzeme alanları ile istatistiksel analizler sonucu bölgesel değerler için elde edilen bağıntılar kullanılarak nesnel parametre değerleri elde edilmiştir. Değerlendirmede ön, orta ve arka sıralardaki noktasal alıcılarda elde edilen değerler ve istatistiksel analizler sonucu ortaya çıkan regresyon bağıntıları ile hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır (Tablo 150).

Tablo 150. Bölgesel değerler için önerilen bağıntılar

Parametre	Sıra	Bağıntı	R ²
EDT	Sıra1 =	$0,077 + EDT_{ort} \times 0,897$	0,986
	Sıra2 =	$-0,051 + EDT_{ort} \times 1,071$	0,991
	Sıra3 =	$-0,041 + EDT_{ort} \times 1,049$	0,996
D50	Sıra2 =	$-25,73 + D50_{ort} \times 1,37$	0,853
	Sıra3 =	$-21,95 + D50_{ort} \times 1,29$	0,949
C80	Sıra1 =	$3,04 + C80_{ort} \times 0,61$	0,781
	Sıra2 =	$-1,41 + C80_{ort} \times 1,19$	0,948
	Sıra3 =	$-1,58 + C80_{ort} \times 1,19$	0,974
SPL	Sıra1 =	$19,23 + SPL_{ort} \times 0,71$	0,933
	Sıra2 =	$14,96 + SPL_{ort} \times 0,75$	0,591
	Sıra3 =	$9,38 + SPL_{ort} \times 0,82$	0,629
Ts	Sıra1 =	$18,73 + Ts_{ort} \times 0,49$	0,88
	Sıra2 =	$-12,46 + Ts_{ort} \times 1,29$	0,984
	Sıra3 =	$-9,44 + Ts_{ort} \times 1,27$	0,99
STI	Sıra1 =	$0,4 + STI_{ort} \times 0,47$	0,765
	Sıra2 =	$-0,2 + STI_{ort} \times 1,27$	0,967
	Sıra3 =	$-0,13 + STI_{ort} \times 1,17$	0,979

3.5.3.1. EDT Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağıntılarının Doğrulanması

Deneysel tasarımlar için gerçekleştirilen simülasyonlarda elde edilen EDT değerleri ile regresyon bağıntıları ile hesaplanan EDT değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada en yüksek bağıl sapmanın 0,02 olduğu görülmektedir. EDT parametresinin bölgesel değerleri için önerilen regresyon bağıntıları, EDT değerlerinin mekân içerisindeki dağılımını en fazla %2 bağıl sapma ile ön görebilmektedir (Tablo 151).

Tablo 151. Bölgesel EDT değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları

Tasarım	EDT _{ort}	Sıra	EDT _{sim} (Sn)	EDT _{reg} (Sn)	Bağıl sapma
DT1	0,85	Sıra1	0,84	0,84	0,00
		Sıra2	0,88	0,86	-0,02
		Sıra3	0,84	0,85	0,01
DT2	1,22	Sıra1	1,19	1,17	-0,02
		Sıra2	1,24	1,26	0,02
		Sıra3	1,24	1,24	0,00
DT3	1,38	Sıra1	1,32	1,31	-0,01
		Sıra2	1,42	1,43	0,01
		Sıra3	1,4	1,41	0,01

3.5.3.2. D50 Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağıntılarının Doğrulanması

Deneysel tasarımlar için gerçekleştirilen simülasyonlarda elde edilen D50 değerleri ile regresyon bağıntıları ile hesaplanan D50 değerleri karşılaştırılmıştır. Ön sırada bulunan alıcı noktaları için gerçekleştirilen regresyon analizinde sonuçlarda yeterli korelasyon düzeyi sağlanamadığı için ön sıraya ait bağıntı önerilerden çıkarılmıştır. Karşılaştırmada en yüksek bağıl sapmanın 0,04 olduğu görülmektedir. D50 parametresinin bölgesel değerleri için önerilen regresyon bağıntıları, D50 değerlerinin mekân içerisindeki dağılımını en fazla %4 hata payı ile ön görebilmektedir (Tablo 152).

Tablo 152. Bölgesel D50 değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları

Tasarım	D50 _{ort}	Sıra	D50 _{sim}	D50 _{reg}	Bağıl sapma
DT1	64	Sıra2	61	62	0,02
		Sıra3	62	61	-0,02
DT2	57	Sıra2	52	52	0,00
		Sıra3	51	52	0,02
DT3	55	Sıra2	49	50	0,02
		Sıra3	47	49	0,04

3.5.3.3. C80 Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağıntılarının Doğrulanması

Deneysel tasarımlarda gerçekleştirilen simülasyonlarda elde edilen C80 değerleri ile regresyon bağıntıları ile hesaplanan C80 değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada en yüksek farkın 0,11 olduğu görülmektedir. C80 parametresinin bölgesel değerleri için önerilen regresyon bağıntıları, C80 değerlerinin mekân içerisindeki dağılımını en fazla %11 hata payı ve en fazla 0,3 dB fark ile ön görebilmektedir (Tablo 153).

Tablo 153. Bölgesel C80 değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları

Tasarım	C80 _{ort}	Sıra	C80 _{sim}	C80 _{reg}	Bağıl sapma	Fark
DT1	5,5	Sıra1	6,5	6,4	-0,02	-0,1
		Sıra2	4,8	5,1	0,06	0,3
		Sıra3	5,1	4,9	-0,04	-0,2
DT2	3,4	Sıra1	5	5,1	0,02	0,1
		Sıra2	2,8	2,6	-0,07	-0,2
		Sıra3	2,5	2,4	-0,04	-0,1
DT3	3,1	Sıra1	5,2	5	-0,04	-0,2
		Sıra2	2,3	2,3	0,00	0
		Sıra3	1,9	2,1	0,11	0,2

3.5.3.4. SPL Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağıntılarının Doğrulanması

Deneysel tasarımlar için gerçekleştirilen simülasyonlarda elde edilen SPL değerleri ile regresyon bağıntıları ile hesaplanan SPL değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada en yüksek bağıl sapmanın 0,01 düzeyinde olduğu görülmektedir. SPL parametresinin bölgesel

değerleri için önerilen regresyon bağıntıları, SPL değerlerinin mekân içerisindeki dağılımını en fazla %1 hata payı ile ön görebilmektedir (Tablo 154).

Tablo 154. Bölgesel SPL değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları

Tasarım	SPL _{ort}	Sıra	SPL _{sim}	SPL _{reg}	Bağıl sapma
DT1	61,7	Sıra1	63,3	63,0	0,00
		Sıra2	61,6	61,2	-0,01
		Sıra3	60,9	60,0	-0,01
DT2	59,8	Sıra1	61,5	61,7	0,00
		Sıra2	59,4	59,8	0,01
		Sıra3	58,1	58,4	0,01
DT3	58,5	Sıra1	60,4	60,8	0,01
		Sıra2	58,3	58,8	0,01
		Sıra3	56,7	57,4	0,01

3.5.3.5. Ts Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağıntılarının Doğrulanması

Deneysel tasarımlar için gerçekleştirilen simülasyonlarda elde edilen Ts değerleri ile regresyon bağıntıları ile hesaplanan Ts değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada en yüksek bağıl sapmanın 0,05 düzeyinde olduğu görülmektedir. Ts parametresinin bölgesel değerleri için önerilen regresyon bağıntıları, Ts değerlerinin mekân içerisindeki dağılımını en fazla %5 hata payı ile ön görebilmektedir (Tablo 155).

Tablo 155. Bölgesel Ts değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları

Tasarım	T _{Sort}	Sıra	T _{Ssim}	T _{Sreg}	Bağıl sapma
DT1	53	Sıra1	43	45	0,05
		Sıra2	58	56	-0,03
		Sıra3	56	58	0,04
DT2	72	Sıra1	54	54	0,00
		Sıra2	79	80	0,01
		Sıra3	83	82	-0,01
DT3	79	Sıra1	55	57	0,04
		Sıra2	89	89	0,00
		Sıra3	94	91	-0,03

3.5.3.6. STI Parametresine Ait Bölgesel Değerler Bağlıntılarının Doğrulanması

Deneysel tasarımlar için gerçekleştirilen simülasyonlarda elde edilen STI değerleri ile regresyon bağıntıları ile hesaplanan STI değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada en yüksek bağıl sapmanın 0,03 düzeyinde olduğu görülmektedir. STI parametresinin bölgesel değerleri için önerilen regresyon bağıntıları, STI değerlerinin mekân içerisindeki dağılımını en fazla %3 hata payı ile ön görebilmektedir (Tablo 156).

Tablo 156. Bölgesel STI değerleri için regresyon formülleri ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçlarına oranları

Tasarım	STI _{ort}	Sıra	STI _{sim}	STI _{reg}	Bağıl sapma
DT1	0,72	Sıra1	0,74	0,74	0,00
		Sıra2	0,71	0,71	0,00
		Sıra3	0,72	0,71	-0,01
DT2	0,67	Sıra1	0,71	0,71	0,00
		Sıra2	0,65	0,65	0,00
		Sıra3	0,65	0,65	0,00
DT3	0,66	Sıra1	0,72	0,71	-0,01
		Sıra2	0,62	0,64	0,03
		Sıra3	0,63	0,64	0,02

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan kırma çatılı, düz tavanlı, dikdörtgen planlı camiler akustik açıdan incelenmiştir. İnceleme ve araştırma safhalarında literatür araştırması, arşiv taraması, gözlem, geometrik ölçüm, fiziksel akustik ölçüm, bilgisayar simülasyonları ve istatistik analiz teknikleri kullanılmıştır. Çalışmanın çıktısı olarak tasarımcılara bir başlangıç verisi ve referans olarak Tablo 48'deki alt ve üst sınırlar, akustik performansın ön görülebilmesi için Tablo 141'deki bağıntılar ve sesin nesnel parametre değerlerinin tasarlanacak camiler içerisindeki bölgesel değişimlerini değerlendirebilmek için Tablo 150'deki bağıntılar elde edilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında gerçekleştirilen literatür araştırması sürecinde her camiye gidilerek yerinde yapılan gözlem ve geometrik ölçümlerde camilerin genel mimari karakteristiklerini oluşturan geometrik yapıları tespit edilmiştir. Genel olarak dört omuzlu, kiremit kaplı ahşap çatı, ahşap düz tavan ve dikdörtgen plan ile bu camilerin diğerlerinden ayrıldığı belirlenmiştir. Hepsinin taş yığma konstrüksiyon ile inşa edilmiş olmaları, dış yüzeylerinin kaplamasız iç yüzeylerinin ise sıva kaplı olması geleneksel anlamda diğer ortak özellikleri arasında ortaya konulmuştur. Dış yüzeyleri kaplamalı olan, örneklemdaki tek istisna Çayeli Caferpaşa Camii'dir. Bunun da sebebi, caminin orijinal yapısının geçmişte geçirdiği onarımlar ile bozulması ve henüz restorasyon çalışması yapılmamış olmasıdır. Orijinal yapısında dış yüzeyinin örneklemdaki diğer camiler gibi sıvasız ve kaplamasız olduğu düşünülmektedir. Bu camilerin kendi aralarındaki başlıca farklılıkların ise boyut, kapasite, mahfil geometrisi, pencere düzeni, pencere geometrisi ve çatı taşıyıcıları olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca minber, mihrap ve kürsü gibi donatıların hepsi her camide özgün olarak tasarlanmıştır.

Camilerin plan tipleri ve ana hatları benzer olmakla birlikte mimari detayları incelendiğinde aralarında bazı farklılıklar olduğu görülmektedir. Camilerin büyük çoğunluğu çift sıralı pencere düzenine sahipken Ortahisar Tavanlı ve Araklı Hacı Hasan camilerinin tek sıra pencereye sahip oldukları görülmektedir. Ardeşen Pirinçlik, Ortahisar Hoca Halil ve Bulancak Ahmetli camilerinde üst sıra pencerelerin yerini kare, oval ve daire biçimli boşluklar almaktadır. Keşap Uğurca Camii'nde ise pencerelerin dağılımı düzensizdir. Pencerelerde yarım daire, basık, sivri kemer tipleri yanında Ardeşen Pirinçlik Camii ile Ortahisar Erdoğan Camii'nde ve Giresun Çekerek Camii'nin alt sıra pencerelerinde

olduğu gibi düz lentolu pencere örnekleri de görmek mümkündür. Duvarlar dışında taşıyıcı olarak ahşap dikmeler genellikle mahfil katını taşımak amacıyla kullanılmaktadır. Duvarlar arasında açıklık arttıkça çatıyı taşımak için mahfilin ön kısmındaki dikmelerin yukarıya uzatılıp çatının da desteklenmesi yaygın bir uygulamadır. Bunun da yetersiz görüldüğü, geniş kapasiteli ve büyük açıklıklı Arsin Atayurt Camii'nde ise ayrıca ana ibadet mekânının içinde dikmeler uygulanmıştır. Gelecekte tasarlanacak camilerde geleneksel mimari dokuya uyum sağlanması amaçlanıyorsa, tasarımlarda bu belirtilen detayların uygulanması ya da referans alınarak yeniden yorumlanması, geleneksel mimarinin yaşatılması ve mimari gelişimin sürekliliği açısından faydalı olacaktır.

Geleneksel mimari ile görsel uyum dışında akustik performansın yeni tasarlanacak olan camilerde Tablo 48'de verilen sınırlar, tasarımcılara hızlı bir başlangıç noktası sağlayacak ve tasarlanacak camilerin başlangıç aşamasında geometrik parametrelerinin hangi aralıklarda olması gerektiği konusunda bir şablon oluşturacaktır. Tablo 48'de önerilen değerler ve camilerin genel mimari özelliklerinin korunması ya da modern tasarım yaklaşımları ile yorumlanması yeni tasarımlarda geleneksel mimariye uyum ve yapı fiziki koşullarının ön görülebilmesi açısından faydalı olacaktır. Bu kriterler çerçevesinde gerçekleştirilecek yeni tasarımlar geleneksel mimarinin ve geçmişten gelen bilgi birikiminin geleceğe taşınmasında, yeni tasarım yaklaşımlarının geçmişteki bilgi birikimi üzerinde şekillenmesinde ve bu camileri kullanacak insanların yeni tasarım yaklaşımlarını daha kolay benimsemelerinde önemli bir etki sağlayacaktır.

Çalışma kapsamındaki camilerin akustik niteliklerinin, günümüzde sesin nesnel parametreleri üzerinden ortaya konan akustik performans düzeylerini ve optimum değerleri yeterince sağlayamadıkları görülmektedir. Genel olarak küçük hacimleri dolayısıyla düşük çınlama süreleri en çok göze çarpan durum olarak ortaya çıkmaktadır. Orta frekanslardaki T30 değerlerinin ortalamalarında, örneklem kapsamındaki hiçbir camide mevcut durumda Abdülrahimov'un (2005) önerdiği tolerans aralığındaki optimum düzeylerde çınlama süreleri elde edilememiştir. Daha geniş bir tolerans aralığı öneren ISO (2009) standartlarına göre ise sadece Arsin Atayurt, Akçaabat Dürbinar ve Çayeli Caferpaşa camilerinde optimum düzeylerde çınlama süreleri elde edilebilmiştir. Diğer camilerin tamamında çınlama süreleri, optimum düzeylerin altında kalmıştır. Çınlama sürelerine göre değerlendirildiğinde akustik performansı en yüksek olan cami Arsin Atayurt, en düşük olan cami ise Ardeşen Pirinçlik Camii olarak ortaya çıkmaktadır. Arsin Atayurt Camii'nin örneklem içerisinde tavan yüksekliği en fazla olan cami iken Ardeşen Pirinçlik Camii'nin örneklemde tavan yüksekliği

en az olan cami olması, tavan yüksekliğinin önemini ve akustik performans üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. EDT değerleri de T30 değerlerine paralel olarak optimum düzeylerin altında kalmıştır. Bilimsel literatürde EDT değerlerinin çınlama sürelerinden daha yüksek olmaları önerilmekteyken örneklem kapsamında incelenen camilerde çınlama sürelerinin daha yüksek olması, sönümlenmelerin çınlamanın erken aşamalarında yoğunlaştığını göstermektedir. Bu durum optimum düzeylerden düşük olan çınlama sürelerinin ibadet edenlerce daha da düşük düzeylerde algılanması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Camilerin dikdörtgen planlı olup kible duvarları dışında erken yansımaları güçlendirecek yüzeylerin bulunmamasının bu duruma sebep olduğu düşünülmektedir.

Camilerin kullanım amaçları göz önüne alındığında genellikle küçük köy ve mahalle mescitleri oldukları düşünüldüğünde aslında orta frekanslardaki düşük çınlama süreleri beklenen bir durumdur. İnşa edildikleri dönemlerde köy ve mahallelerdeki ibadethane ihtiyacının minimalist bir yaklaşımla basit, hızlı, maliyetsiz bir şekilde karşılanması tercih edilerek akustik konforun fazla önemsenmediği düşünülmektedir. Fakat günümüz yapı teknikleri, yüzey malzemeleri ve ses sistemleri teknolojilerinin sağladığı imkânlar sayesinde yeni yapılacak tasarımlarda bu durumun üstesinden gelinebilecektir. Gelecekte geleneksel mimariye uygun ve akustik performansı yüksek camiler, modern teknik ve teknolojiler sayesinde inşa edilebilecektir.

Camilerin akustik simülasyonlarında bas oranları 0,89 ile 1,05 arasında elde edilmiştir. Genel olarak alçak frekanslardaki çınlamaların orta frekanslardaki çınlamalara yakın ve bir miktar daha düşük olduğu görülmektedir. Sıcaklık hissini olumsuz etkileyen bu durum uygun yüzey malzemeleri seçimi ile kolaylıkla düzenlenebilecek niteliktedir.

Elde edilen D50 parametresi değerleri incelendiğinde bütün camilerde yeterli düzeyde oldukları görülmektedir. Küçük iç mekân hacimleri ve düşük çınlama sürelerinin sonucu olarak camilerin hepsinde orta frekanslardaki D50 değerleri oldukça yüksek düzeylerde elde edilmiştir. ISO (2009) standartlarında önerilen optimum değerlerin elde edildiği D50 parametresi değerleri, bütün camilerde orta frekanslarda Barron'un (1993) önerdiği sınır olan %50'nin üzerinde elde edilmiştir.

Elde edilen C80 parametresi değerleri incelendiğinde, D50 parametresi ile paralel olarak bu parametre değerlerinin oldukça yüksek oldukları görülmektedir. Bu durum vaazlar sırasında konuşmaların anlaşılmasına olumlu yönde etki ederken makamı Kuran-ı Kerim okumalarının dinleyenler tarafından algılanma biçimine olumsuz yönde etki edebilmektedir.

LF80 parametresi sonuçları değerlendirildiğinde değerlerin tamamının Long'un (2006) klasik müzik salonları için önerdiği optimum değer aralığında elde edildiği görülmektedir. Makamlı Kuran-ı Kerim okumaları için bu değerlerin yeterli olduğu düşünülmektedir.

Ortalama SPL değerleri, camilerde hacim ve kapasite artışıyla beraber azalmaktadır. Düşük hacimli camilerde ses kaynağının gücüne oldukça yakın değerler elde edilmiştir.

STI parametresi sonuçları değerlendirildiğinde, D50 parametresine paralel olarak, düşük çınlama süreleri sebebiyle yüksek değerlerde elde edildikleri görülmektedir. Bütün camilerde değerler "iyi" kategorisinde elde edilmiştir.

LF80, D50 ve STI parametreleri, optimum değerlere ulaşma açısından en sorunsuz parametreler olarak ortaya çıkmaktadır.

Küçük kapasiteli camilerin akustik performansları itibariyle konuşma ağırlıklı vaaz, ders gibi faaliyetler için daha uygun oldukları, Kuran-ı Kerim, mevlit, ilahi gibi makamlı okumaların ağırlıkta olduğu faaliyetler için ise daha büyük kapasiteli, büyük hacme sahip camilerin daha uygun oldukları görülmüştür.

Camilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarında elde edilen ortalama nesnel parametre değerlerinin istatistiki analizleri incelendiğinde, farklı değişkenlere bağlı olarak nesnel parametre değerlerinin belli hassasiyet oranları dahilinde ön görülebileceği anlaşılmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen ve camiler içerisinde ses alanının şekillenmesine etki eden değişkenler; hacim, tavan yüksekliği, yanıl alanlar, zemin alanı, toplam sıva yüzeyleri alanı ve toplam halı yüzeyleri alanıdır. Çalışmada bu parametrelerin tek başlarına ya da ikisi birlikte bağımsız değişken olarak tanımlandığı regresyon analizleri kapsamında sesin nesnel parametre değerlerinin nasıl elde edildiği incelenmiştir. Her parametre üzerinde etkili olan bağımsız değişkenler farklılık göstermektedir. Öncelikle camilerdeki iç mekânın büyüklüğünü temsil eden iki geometrik değişken olan toplam iç mekân hacmi ve tavan yüksekliğinin etkileri dikkate alındığında bazı parametrelerde tavan yüksekliğinin bazılarında ise iç mekân hacminin daha etkili olduğu görülmektedir. T30, EDT, C80, Ts ve STI parametrelerinin ortalama değerleri üzerinde camilerin tavan yükseklikleri daha etkili iken D50, LF80 ve SPL parametrelerinde iç mekân hacminin daha etkili olduğu görülmektedir.

Gerçekleştirilen regresyon analizleri ile elde edilen bağıntılar içerisinde yapılan seçim ile Tablo 141'de, gelecekte yapılacak camilerin tasarımları sürecinde kullanılabilecek, caminin muhtemel akustik performansını belli bir hassasiyet düzeyinde ön

görebilecek bağıntılar önerilmiştir. Önerilen bağıntıların, sesin nesnel parametre değerlerini yüksek bir doğruluk ile ön görebildiği, gerçekleştirilen denemeler sonucunda doğrulanmıştır. Bu bağıntıların tasarımlarda kullanılması ile hedeflenen akustik performans düzeyine tasarım aşamasında daha az bilgisayar simülasyonu denemesi ve daha kısa tasarım süresi ile daha pratik bir şekilde ulaşılabilecektir. Nitelikli ve hassas akustik simülasyon programlarının çok pahalı olduğu günümüz piyasa şartlarında bir çok tasarımcı akustik simülasyon ihtiyaçlarını bu konuda uzman olan ve akustik simülasyon programlarına sahip olan kuruluşlardan hizmet alımı şeklinde karşılamaktadır. Bu program lisans ücretleri ya da hizmet alımları da tasarım süreçlerine ciddi bir maliyet getirmektedir. Çalışmada önerilen bağıntıların kullanımı, tasarım aşamalarında akustik simülasyon sayısını da azaltacağı için önemli bir maliyet avantajı sağlayacaktır. Akustik simülasyon kullanılmayacak tasarımlarda da sadece bu önerilerin kullanılması ile hedeflenen akustik performans düzeylerinin büyük oranda elde edileceği, oluşacak farklılıklardan kaynaklanacak sorunların da yıkım ve tadilat gibi yüksek maliyetli geometrik değişikliklere gerek kalmadan basit yüzey malzemesi değişimleri ile çözülebileceği ön görülmektedir.

Ayrıca bu bağıntıların tasarımlarda kullanımı, tasarımcılara bir referans ve çıkış noktası kazandıracaktır. Bağıntıların R^2 değerleri 0,666 ile 0,971 arasında değişmektedir. Çalışma kapsamında değerlendirilen sesin nesnel parametreleri içerisinde bağıntıların en yüksek doğrulukla ön görebildiği parametre T30, hata payının en yüksek olduğu parametre ise LF80 olarak ortaya çıkmaktadır.

Her nesnel parametre için, sonuçları etkileyen bağımsız değişkenler farklılık göstermektedir. T30 parametresi sonuçlarını en yüksek doğrulukta ön gören bağımsız değişkenler halı ve sıva yüzeylerin alanları iken en düşük doğrulukta ön gören bağımsız değişkenler halı yüzeyleri ile tavan yüksekliğidir. EDT için ise zemin ve yanal yüzey alanları en yüksek doğrulukta sonuç verirken zemin alanı ve tavan yüksekliği en düşük doğrulukta sonuç veren bağımsız değişkenlerdir. Yüzey malzemelerinden halı ve sıva miktarlarının, genel olarak nesnel parametre değerleri üzerinde geometrik değişkenler olan yanal alan, zemin alanı, hacim ve yüksekliğe göre daha belirleyici olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu durum, camilerin inşasından sonra belirlenen akustik sorunların yüzey malzemelerinde yapılacak düzenlemelerle giderilmesinde bir esneklik ile önemli avantaj sağlamaktadır.

Akustik performansın sesin nesnel parametre değerlerinin mekân ortalamaları üzerinden değerlendirilmesinden sonra nesnel parametre değerlerinin mekân içerisindeki değişimi ve ses alanının mekân içerisindeki dağılımı da toplam akustik performansın önemli

bir kısmını teşkil etmektedir. Mekân içerisinde dağılımı, diğer parametrelere göre daha homojen olan ve noktasal değerlerdeki farklılıkların diğer parametrelere göre daha düşük düzeylerde kaldığı çınlama süresi için bölgesel analizler gerçekleştirilmemiştir. Diğer parametrelerin tamamında değerler, sesi algılayan kişinin mekân içerisinde bulunduğu konuma göre önemli düzeyde değişim göstermektedir. Bu konumsal farklılıkların da tasarım süreçlerinde yaklaşık olarak öngörülebilmesi için sesin nesnel parametrelerinin bölgesel değişimleri üzerine gerçekleştirilen istatistiki analizler sonucu Tablo 150’de verilen bağıntılar elde edilerek tasarımcıların kullanımı için önerilmiştir. Bölgesel değişimlerin simülasyon sonuçları ve istatistiksel analizleri incelendiğinde, bölgesel sonuçlar arasındaki en yüksek farklılaşmanın C80 parametresinde, en düşük farklılaşmanın ise SPL parametresi değerlerinde olduğu görülmektedir. Sonuçlar EDT, D50 ve Ts parametrelerinde orta sıralarda en yüksek değerlerde iken C80 ve STI parametrelerinde orta sıralarda en düşük değerler elde edilmiştir. SPL parametresinde ise ses kaynağından uzaklaşıldıkça değerler doğrusal bir şekilde azalma eğilimindedir. Bağıntıların R^2 değerleri 0,587 ile 0,996 arasında değişim göstermektedir. Düşük R^2 değerlerinin tamamının ön sıralar için gerçekleştirilen regresyon analizlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. D50 parametresinde ise ön sıralarda elde edilen değerlerin regresyon analizlerinde R^2 değeri oldukça düşük olarak elde edildiği için önerilere dâhil edilmemiştir. Camilerin kible duvarlarından gelen erken yansımaların camiden camiye yüksek değişim göstermesi ve düzensiz oluşu sebebiyle farklı camilerde güçlü bir korelasyon oluşturmadığı düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında önerilen bağıntılar kullanılarak ortalamaları elde edilen sesin nesnel parametre değerlerinin, caminin farklı bölgelerinde nasıl değişimler göstereceği, nesnel parametrelerin mekan içerisindeki en düşük ve en yüksek değerlerinin ne kadar olacağı, tasarım sırasında yaklaşık olarak ön görülebilecektir.

5. ÖNERİLER

Çalışma kapsamında yapılan araştırmalar, analizler ve değerlendirmeler sonucunda bazı önerilerde bulunulmuştur. Tasarım, araştırma, teknoloji ve eğitim konularında yapılan bu öneriler ile camiler başta olmak üzere akustik tasarımın önemli olduğu bütün yapı tiplerinde ideal tasarımlarla akustik konforun ve ergonominin artırılması ile toplumsal yaşamın kalitesinin artırılması amaçlanmaktadır.

Yeni yapılacak camilerin tasarımlarında, çağdaş ve fütüristik yaklaşımların olması, cami mimarisinin yeni mimari akımlara göre şekillenmesi, estetik ve ergonomi açısından olumlu gelişmelerdir. Bunun yanında geçmişte uygulanmış geleneksel cami mimarisi yaklaşımlarının da korunması ve geliştirilmesi çeşitlilik ve kültürel zenginlik açısından topluma olumlu katkı sağlayacak eylemlerdir. Salt gelenekçi ve sentezci yaklaşımlarla geleneksel cami mimarisinin devam ettirilmesi ve geliştirilmesi de çağdaş yaklaşımlarla bağımsız bir cami mimarisi oluşturmak kadar önemlidir. Ayrıca gelişim, belli bir birikimin üzerinde yeni oluşumların eklenmesi ile sağlanmaktadır. Bu sebeple mevcut geleneksel cami mimarisi korunarak ya da çağdaş tasarım yaklaşımlarıyla geleneksel mimarinin yorumlanması ile yeni tasarımlar gerçekleştirilerek, geçmişin teknikleri, üslubu ve kültürel birikimi geleceğe taşınmalıdır.

Öncelikle camiler başta olmak üzere bütün yapı tiplerinde akustik performansın sağlanmasına daha fazla özen gösterilmelidir. Akustik performansı yüksek yapıların inşa edilme süreçlerinin en önemli etkenlerinin birisi de tasarım aşamalarında akustik performansın göz önünde bulundurulması ve yapıların hedeflenen akustik performansı yakalayacak şekilde tasarlanmalarıdır. İnşa aşaması tamamlandıktan sonra yapılan ölçümlerde akustik performansı yetersiz olduğu ortaya çıkan yapılarda gerekli iyileştirmeleri yapmak zor ve maliyetli olabilmekte, bazı durumlarda ise mümkün olmamaktadır. Yüzey malzemelerinde yapılacak değişimlerle bazı sorun ve eksikliklerin üstesinden gelinebilse de bu durum her zaman mümkün ya da basit olamamaktadır. Mümkün olmadığı durumlarda yapının bazı kısımlarının yıkılarak yeniden inşa edilmesini gerektirecek büyük ve maliyetli tadilatlar gerektirebilmektedir. Bu durum da binayı kullanacak olan kişileri maliyetli ve kapsamlı tadilatlar yapmak ya da yapıyı kötü bir akustik performansla kullanmaya devam etmek arasında seçim yapmak durumunda bırakacaktır.

Gelecekte inşa edilecek olanların yanında mevcut bulunan camilerin de akustik performansları belirlenmeli, yetersiz görülen durumlarda sınırlı düzeyde de olsa iyileştirme çözümleri düşünülmelidir.

Akustik performans hedeflerinin belirlenmesi için camiler özelinde performans kriterlerinin daha detaylı ve özgün biçimde ortaya konması gerekmektedir. Mevcut durumda sesin nesnel parametrelerinin birçoğunun optimum düzeyleri konser ve performans salonlarından elde edilen deneyimlere göre belirlenmiştir. Kullanıcı deneyimlerinden yola çıkılarak memnuniyet anketleri, kullanıcı grupları ile gerçekleştirilecek deneyler gibi öznel çalışmalarla akustik performansı en iyi olan camiler belirlenmeli, bu camiler referans alınarak camiler özelinde sesin nesnel parametreleri için optimum düzeyleri tespit edilmelidir.

Bu çalışmada izlenen yönteme benzer yöntemler ile farklı tipteki camiler için de çalışmalar yapıp tasarımlarda akustik performansı ön görebilecek matematiksel modeller geliştirilmelidir. Aynı şekilde akustik dışında aydınlatma, ısıtma gibi yapı fiziğinin diğer alanlarında da benzer çalışmalar gerçekleştirilerek tasarım sırasında kullanılabilecek ve tasarımcıya yardımcı olabilecek modeller geliştirilmesi, tasarım süreçlerinin pratikleşmesi ve kullanıcı ergonomisinin sağlanmasına katkı sunacaktır.

Bilgisayar teknolojileri günümüzde büyük bir gelişmişlik düzeyine ulaşmış bulunmakta ve hızlı biçimde, sürekli olarak gelişmeye devam etmektedir. Geçmişte laboratuvarlarda ve farklı fiziksel ortamlarda gerçekleştirilen yüksek maliyetli ve riskli birçok deney ve fiziksel çalışma günümüzde simülasyon yazılımları sayesinde bilgisayar ortamına taşınmış durumdadır. Tasarım, inşa ve kullanım süreçlerine bilgisayar teknolojisi daha fazla dâhil edilmelidir. Çalışma kapsamında önerilen bağıntılar ve benzer çalışmalarda farklı cami tipleri ve nesnel parametreler için önerilen bağıntılar bilgisayar ortamındaki programlar ile sistemleştirilerek daha basit ve pratik bir biçimde tasarımcılar tarafından kullanılabilecektir. Bunun dışında akustik performansın yetersiz olduğu camilerde yapay reverberasyon gibi uygulamalar ile akustik performansın iyileştirilmesi imkânları elde edilebilecektir.

Yapılacak araştırmalarla teknolojinin getirdiği imkânlar kullanılarak farklı özelliklerde yüzey malzemeleri üretilmeli ve akustik performansın güçlendirilmesinde kullanılmalıdır.

Tasarımcı, üretici ve kullanıcılarda akustik konfor ve performans konusunda daha fazla farkındalık oluşturulmalıdır. Tasarımcılar için üniversite müfredatlarında akustik

konfora daha fazla ağırlık verilmeli, mezuniyet sonrasında meslek içi kurslar başta olmak üzere çeşitli etkinliklerle farkındalıkları artırılmalıdır.



6. KAYNAKLAR

- Abdou, A. A., 2003. Comparison of the Acoustical Performance of Mosque Geometry Using Computer Model Studies. Eighth International IBPSA Conference, Ağustos 2003, Eindhoven, Hollanda, Bildiriler Kitabı: 39-49.
- Abdülrahimov, R., 2005. Salonların Akustiği ve Tasarımı, Trabzon.
- Akdağ, N. Y., Aknesil, A. E., Sözen, M. Ş. ve İlgürel, N., 2011. The Importance of Interior Surface Materials on Acoustic Performance: A Case Study of the Yıldız Technical University Auditorium, Turkey, Architectural Science Review, 51, 4, 382-390.
- Akın, A., 2016. Tarihi Süreç İçinde Cami ve Fonksiyonları Üzerine Bir Deneme, Hitit Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, 15,29, 179-211.
- Aknesil, A. E., 1998. Salonların Hacim Akustiği Yönünden Değerlendirilmesinde Akustik Koşul Dağılımlarının Öneminin Ortaya Konulması ve İrdelenmesine Yönelik Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aknesil, A. E., Akdağ, N. Y. ve Yüksel, Z., 2011. Acoustic Evaluation of a 19th Century Ottoman Palace Theatre, Architectural Science Review, 48, 179-186.
- Aktürk T., Akyol F., Kılıç O., Asar, H., Kılıç, H. T., Arkan E., Özkan N., İçözlü, C., 2017. Ortahisar Tavanlı Camii Restorasyon Projesi, TC Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivi, Trabzon.
- Akyüz A., 2017. Dürbinar Camii Restorasyon Projesi, TC Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivi, Trabzon.
- Altınkaynak, E., 2008. Giresun Kent Kültürü, Giresun Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayınları, Giresun.
- Altunok, M. ve Ayan S., 2012. Lamine Panellerde Ses Yutma Katsayısı Değerlerinin Belirlenmesi, Politeknik Dergisi, 15, 3, 117-125.
- Apak, A. Mescid-i Nebevî'nin İnşası ve İlk Fonksiyonları, <http://www.islamtarihi.net/2017/12/mescid-i-nebevinin-insas-ve-ilk.html>, 3 Nisan 2022
- Arau, H., 1999. ABC de la Acoustica Architectonica, Ediciones, CEAS, Barcelona.
- Ataman M., 2017a. Keşap Uğurca Camii Restorasyon Projesi, TC Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivi, Trabzon.
- Ataman M., 2017b. Tonya Karşular Camii Restorasyon Projesi, TC Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivi, Trabzon.

- Ataman M., 2017c. Kelkit Ulu Cami Restorasyon Projesi, TC Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivi, Trabzon,.
- Ateş, E. G., 2007. Kültürel Mirasımız Olan Yerebatan Sarnıcının Akustik Sorunlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Balcı, H., Esenler, İ. I. ve Kurban, M., '2012. Regresyon Analizi Kullanılarak Kısa Dönem Yük Tahmini, ELECO Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Kasım 2012. Bildiriler Kitabı: 796-801
- Barron, M., 1993. Auditorium Acoustics and Architectural Design. Taylor & Francis, London.
- Barron, M., 1995. Interpretation of Early Decay Times in Concert Auditoria, Acustica, 81, 4, 320-331.
- Bayazıt, N. T., 1999. Dikdörtgen Kesitli Konser Salonlarının Akustik Değerlendirilmesi İçin Bir Tasarım Yöntemi, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bektaş K., 2017. Araklı Hacı Hasan Camii Restorasyon Projesi, TC Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivi, Trabzon.
- Benian, E., 2011. Mimar Sinan ve Osmanlı Cami Mimarisinin Gelişimindeki Rolü, Bilim ve Teknik Dergisi, 518, 40-47.
- Beranek, L., 1996. Concert and Opera Halls: How They Sound, Acoustical Society of America, New York.
- Biber, K. ve Açıcı, F. K., 2021. Trabzon'da Yer Alan Kırmızı Çatılı Camilerin Mimari Özelliklerinin İncelenmesi . Mimarlık ve Yaşam, 6, 3, 969-982.
- Bilgiç, E. ve Sadıkhov, E., 1994. Gürültü ve Titreşim, Ulusal Metroloji Enstitüsü, Aralık 1994, Kocaeli.
- Boyacıoğlu, D., 2012. Sivas'ta Bir Kerpiç Cami; Sarızade Mehmet Paşa Cami Restitüsyon Denemesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11, 24, 81-97.
- Bozal M., Yıldırım S., 2011. Akçaabat Dürbina Camii Rölöve, Restitüsyon, Restorasyon ve Sanat Tarihi Raporu, Trabzon.
- Bozal M., 2017. Sürmene Karacakaya Camii Restorasyon Projesi, TC Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivi, Trabzon.
- Bradley, J. S., 1986. Predictors of Speech Intelligibility in Rooms, J. Acoust.Soc. Am, 80, 3, 837-845.
- Bradley, J. S., 2011. Review of objective room acoustics measures and future needs, Applied Acoustics 72, 713-720.

- Brothanek, M., Jandak, V., Jiricek, O. ve Svec, P., 2012. Monaural and Binaural Parameters of Rudolfinum Concert Halls in Prague. Applied Acoustics, 73, 1201-1208.
- Christensen, C.L., 2009. Odeon Room Acoustics Program Version 10.1 Industrial, Auditorium and Combined Editions, odeon A/s, Denmark.
- Clark, J. H. ve Dobinson, N., The Practical Application of G and C50 in Classrooms, Proceedings of the Institute of Acoustics, 35, 1, 51-65.
- Cremer, L. ve Müller, H.A., 2013. (translated by T.J. Schultz), Principles and applications of room acoustics, Vol. 1, Applied Science, London, 1982.
- Cunha, I. B., Smiderle, R. ve Bertoli, S. R., 2013. Influence of Sound Reinforcement System on Acoustic Performance in a Catholic Church, International Symposium on Room Acoustics Haziran 2013, Toronto, Kanada, Bildiriler Kitabı: 1-10.
- Çakır, E. G., 2017. İçkale Camii Restorasyon Projesi, TC Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivi, Trabzon.
- Çalık, B., 2015. Camilerde ve Mescitlerde Dinlen Caiz Olan ve Olmayan Davranışlar, Kafkas Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, 3, 110-132.
- Çalık, İ. ve Fatsa, M., 2016. Giresun İl Merkezinde Restore Edilen Vakıf Camileri. Restorasyon Yıllığı Dergisi, 12, 70-89.
- Çalık, İ., Bayraktar, A. ve Türker, T., 2016a. Tarihi Ahşap Çatılı Yığma Taş Camilerin Deneysel Dinamik Karakteristikleri, Vakıflar Dergisi, 45, 189-207.
- Çalık, i., Bayraktar, A. ve Türker, T., 2016b. Betonarme kubbelerin taş yığma duvarlı camilerin dinamik davranışına etkisinin çevresel titreşim yöntemiyle incelenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31, 3, 621-630.
- Çalık, i., 2017. Tarihi Cami Ve Minarelerin Deneysel Dinamik Karakteristiklerinin Belirlenmesi Ve Restorasyon Etkilerinin Değerlendirilmesi, Doktora tezi, KTU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çalık, İ. ve Konak, E., 2021. Doğu Karadeniz Kırsal Cami Mimarisinin Hayata Tutunuşu: Dernekpazarı Kondu Güney Mahallesi Camisi ve Restorasyonu, Vakıflar Dergisi, 55, 171-197.
- Demir N. ve Uslu A., 2017. Ardeşen Pirinçlik Camii Restorasyon Projesi, TC Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivi, Trabzon.
- Demirkale, S. Y., 2007. Çevre ve Yapı Akustiği, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Demirkan, Ö. ve Salbacak, S., 2018. II. Abdülhamid Dönemi İmar Faaliyetleri Çerçevesinde Giresun'da Son Osmanlı Camileri, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11, 61, 460-466.

- Eguez, F., Cancer Treatment and Research Center Acoustics, <https://commercial-acoustics.com/cancer-treatment-research-center-case-study/>, 2 Nisan 2022
- Eker, H., 2016. İstanbul'un Fethi'nin Osmanlı Cami Mimarisi Üzerindeki Etkiler, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 9, 43, 728-732.
- Ekinci, C. E., 2008. Bordo Kitap: Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı, DATA Yayınları, Elazığ.
- Eldien, H. H., 2014. Impact Of Mosque Geometry On Its Acoustical Performance, The First International Conference of the CIB Middle East and North Africa Research Network, Aralık 2014, Abu Dhabi, BAE, Bildiriler Kitabı: 325-340.
- Elkhateeb, A., Adas, A., Attia, M. ve Balila, Y., 2016. The Acoustics of Masjids, Looking for Future Design Criteria. 23rd International Congress on Sound & Vibration, Haziran 2016, Atina, Yunanistan Bildiriler Kitabı: 2940-2947.
- Ermann, M., 2015. Architectural Acoustics Illustrated, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Erol, H. B., 2006. İç Mekanda Malzeme Kullanımında Akustik Performans Kriterleri, Yüksek Lisans Tezi. MSGSÜ, FBE, İstanbul.
- Eröz, F., 2013. Use of Scale Modeling for Architectural Acoustic Measurements. Gazi University Journal of Science Part B: Art, Humanities, Design and Planning, 1, 3, 49-56.
- Eyring C.F., 1930. Reverberation time in “dead” rooms, J. Acoust. Soc. Am., 1,168, 217–241.
- Fatsa, M. ve Sarıtaş, H. İ., 2012. Giresun Merkezde Osmanlı Devri Vakıf Eser Kitabeleri. Vakıflar Dergisi, 38, 141-154.
- Fitzroy, D., 1959. Reverberation Formulae Which Seems to be More Accurate with Non-Uniform Distribution Of Absorption, The Journal of the Acoustical Society of America, 31, 893-897.
- Fricke, F., Nannariello , J. ve Cabrera , D., 2006. A Statistical Approach to Concert Hall Design, Proceedings of Acoustics, Kasım 2006, Christchurch, Yeni Zelanda, Bildiriler Kitabı: 399-404.
- Gade A. C., 1989. Acoustical Survey of Eleven European Concert Halls, The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark, report no: 44.
- Gade, A. C., 2007. Acoustics in Halls for Speech and Music Springer Handbook of Acoustics. Springer Science+Business, Media New York.
- Genç, F., 2017. Hoca Halil Camii Restorasyon Projesi. Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü Arşivi, Trabzon.

- Goloğlu, M., 1975. Trabzon Tarihi. Kalite Matbaası, Ankara.
- Gün A. K. ve Nohut, D. Ö., 2017. Erdoğan Bey Camii Restorasyon Projesi, Günart Mimarlık, TC Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü arşivi, Trabzon.
- Gün, A. K., 2017. Yomra Kohalı Camii Rölövesi, Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü Arşivi, Trabzon.
- Hamzaçebi, M., 2017. Atayurt Beldesi Merkez Camii Restorasyon Projesi. Vakıflar genel müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü Arşivi, Trabzon.
- Hough, C. M., 2010. Note on the Applications of a Simple Acoustic Immersion Index, Acoustics Australia, 38, 2, 87-93.
- Inacio, O., Fundamentals of Room Acoustic, https://www.arauacustica.com/files/publicaciones_relacionados/pdf_esp_175.pdf, 2 Nisan 2022.
- İnal, C. ve Günay, S., 2013. Olasılık ve Matematiksel İstatistik, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- İsmail, M. R., 2012. A Parametric Investigation of the Acoustical Performance of Contemporary Mosques. Frontiers of Architectural Research, 2, 30-41.
- ISO 3382-1, 2009. Acoustics – Measurement of Room Acoustic Parameters – Part 1: Performance Spaces.
- Jordan, V. L., 1970. Acoustical Criteria for Auditoriums and Their Relation to Model Techniques. J. Acoust. Soc. Amer. 47, 408-412.
- Karabiber, Z., 1991. Mimari Akustikle İlgili Başlıca Tanım, Terim, Formül Ve Büyüklükler, YTÜ Mimarlık Fakültesi İşliğı, İstanbul.
- Karpuz, H., 1993. Trabzon’da Türk Devri Yapıları, Kültür ve Sanat Dergisi, 18, 15-18.
- Kavraz, M., 2014. Comparisons Of Acoustic Characteristics For Different Ceiling Forms in The Boztepe Osmanlı Mosque, Turkey, International Journal Of Academic Research, 6, 3, 136-144.
- Kavraz, M., 2017. Mimar Sinan Camilerinde Akustik Tasarım, ICADET, Bayburt, Eylül 2017, Bildiriler Kitabı: 269-275.
- Kavraz, M., 2019. Salonların Mimari ve Akustik Açısından Tasarım Süreçleri Gürültü Kontrolü. Gece Akademi, Ankara.
- Kayılı, M., 2005. Acoustic Solutions in Classic Ottoman Architecture, Foundation for Science Technology and Civilisation, Publication ID: 4087.

- Koçyiğit, F. B., Akbaş, G. ve Ozal, G., 2014. Evaluation of Acoustic Diversity of Religious Buildings; Case Study From Churches and Mosques in Turkey. The Journal of the Acoustical Society of America, 135,4, 2237, 2014.
- Koçyiğit, F. B., 2019. Amasya’da Ahşap Tavanlı İki Cami Örneği: Şıhlar ve Kızılkışlacık Köyü Camileri. MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi, 8, 2, 1641-1658.
- Kurtulan, F., 2009. M.S.G.S.Ü. Sedat Hakkı Eldem Oditoryumunun Hacim Akustiği Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kuttruff, H., 2000. Room Acoustics, Fourth Edition, Spon Press, Londra.
- Long, M., 2006. Architectural Acoustics, Elsevier Academic Press, London.
- Lowry, H. W. ve Emecen F., 2012. “Trabzon” maddesi, TDV İslam Ansiklopedisi, TDV İslam Araştırmaları Merkezi, İstanbul.
- Mehta, M., Johnson, J. ve Rocafort, J., 1999. Architectural Acoustics Principles and Design, Prentice Hall, New Jersey.
- Neubauer, R. O., 2000. Estimation of Reverberation Time in Rectangular Rooms With Non Uniformly Distributed Absorbtion Using a Modified Fitzroy Equation, Seventh International Congress on Sound and Vibration, Haziran 2000, Garmisch-Partenkirchen, Almanya, Bildiriler Kitabı: 1709-1716.
- Neufert, E., 2019. Yapı Tasarımı (41. Baskıdan Çeviri), Beta Basın Yayın Dağıtım AŞ, İstanbul.
- Nowoswiat, A. ve Olechowska, M., 2016. Investigation Studies on the Application of Reverberation Time, Archives of Acoustics, 41,1, 15-26.
- Olechowska, M., Nowoswiat, A., Slusarek, J. ve Latawiec, M., 2018. The influence of the Distribution of Sound Absorbing Materials on the Estimation of Reverberation Time in Rooms. E3S Web of Conferences 49, Ağustos 2018, Solina, Polonya, Bildiriler Kitabı: 1-8.
- Önkal, A., Bozkurt, N., 1993. “Cami” maddesi, TDV İslam Ansiklopedisi, TDV İslam Araştırmaları Merkezi.
- Özarslan, N., Karasözen, R., Aksoylu, S., Koca, G. ve diğ., 2013. Mimarlık Tarihi, Açıköğretim Fakültesi Yayını, Eskişehir.
- Öziş, F., 2007. Dikdörtgen Kesitli Alanların Yansıyım Süresi Hesaplamaları: Daad Yazılımı Temelli Formül Geliştirme ve Sabine Formülünün Uyarlanması, Doktora Tezi, DEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Poroşin, S. M. ve Usik, V. V., 2018. Методология Оценки Акустических Свойств Помещений Зрительских Залов. World Science, 1,29, 8-15.
- Prawirasasra, M. S., Sampurna, M. S., ve Suwandi, R., 2016. The Effect of Boundary Shape to Acoustic Parameters, 8th International Conference on Physics and its Applications, Agustus 2016, Bali, Endonezya. Bildiriler Kitabı: 1-6.
- Raymond, D., 2018. Room Modelling Software Comparisons, Proceedings of Acoustics, Kasım 2018, Adelaide, Avustralya, Bildiriler Kitabı: 1-9.
- Rindel, J.H., 2000. The Use of Computer Modeling in Room Acoustics. Journal of Vibroengineering, 4, 219-224.
- Rindel, J. H., 2002. Modelling in Auditorium Acoustics- From Ripple Tank and Scale Models to Computer Simulations. Revista de Acustica, 33,3, 31-35.
- Rindel, J. H., 2011. Room Acoustic Modelling Techniques: A Comparison of a Scale Model and a Computer Model for a New Opera Theatre, Building Acoustics, 18, 3, 259-280.
- Sarı, Y., 2021. Geleneksel Trabzon Cami Mimarisinin Son Temsilcilerinden İki Örnek; Arsin Güneyce Mahallesi Orta Camii ve Elmaalan Mahallesi Merkez Camii, Tokat İlmîyat Dergisi, 9, 1, 376-406.
- Sari, L. H. ve Zulfian, 2020. An Assesment of Room Acoustics Performance of Baiturrahman Grand Mosque, Elkawnie, Journal of Islamic Science and Technology, 6, 1, 24-36.
- Schober, P., Boer, C. ve Schwarte, L. A., 2018. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation, Anesthesia & Analgesia, 126, 5, 1763-1768.
- Seoane, S., 2014. Teaching Room Acoustics with Scale Models. Forum Acusticum, Eylül 2014, Krakow.
- Skalevik, M., 2010. Reverberation Time – The Mother of All Room AcousticParameters, Acustica, 81, 4, 320-331.
- Steeneken, H. T. ve Houtgast, T., Basics of the STI measuring method, <https://dokumen.tips/documents/basics-of-the-sti-measuring-method.html?page=2>, 2 Ocak 2023
- Sukaj, S., Bevilacqua, A., Ciaburro, G., Iannace, G. ve Trematerra, A., 2021. Ottoman Mosques in Albania: Building Acoustic Exploration Inside Five Case Studies, Buildings, 11, 430, 1-16.
- Sü, Z. ve Yılmaz S., 2007. The Acoustical Characteristics of the Kocatepe Mosque in Ankara, Turkey, Architectural Science Review, 51,1, 21-30.

- Sü, G. Z. ve Çalışkan, M., 2013. Acoustic Design of Turkish Religious Affairs Mosque. Proceedings of Meetings on Acoustics, Haziran 2013, Montreal, Kanada, Bildiriler Kitabı: 1-9.
- Şahin, M., 2013. Giresun İlindeki Bağdadi Kubbeli Camiler. TÜBA-KED Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi, 11, 71-89.
- Şahinler, S., 2000. En Küçük Kareler Yöntemi ile Doğrusal Regresyon Modeli Oluşturmanın Temel Prensipleri, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5, 57-73.
- Torun, T., 2019. An Approach On Determining Optimum Acoustic Conditions For Turkish Classical Music, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tuluk, Ö. İ. ve Kazaz E., 2016. Günümüz Cami Mimarisi İçin Ufuk Açıcı Bir Miras: Doğu Karadeniz Kırsal Camileri. Çağımızda Cami Mimarisinde Arayışlar Uluslararası Sempozyumu, Kasım 2016, Giresun, Bildiriler Kitabı: 236-244.
- Tuluk, Ö., İ. ve Düzenli, H., İ., 2010. Trabzon Kent Mirası Yer-Yapı-Hafıza, Klasik, İstanbul.
- Tuna, R., Semerci, F., Başar, M. E. ve Kaygısız, A., 2021. Mahalle Mescitlerinin Akustik Konfor Analizi: Konya'dan İki Örnek. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 25, 3, 594-609.
- Türkmen, R., 2013. Oditoryumlarda Akustik Performansın İyileştirilmesine Yönelik Tasarım Parametrelerinin Geliştirilmesi ve Bir Örneklem, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tüysüz, N., Abanuz, G. Y., 2012. Jeostatistik Kavramlar ve Bilgisayar Uygulamaları, KTÜ matbaası, Trabzon.
- URL-1, <https://www.gzt.com/mecra/kuba-mescidi-24-saat-ibadete-acik-olacak-3435528> Kuba Mescidi. 19 Nisan 2022
- URL-2, <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/mescid-i-nebevi-pazar-gununden-itibaren-kademeli-olarak-acilacak/1858407> Mescid-i Nebevi. 19 Nisan 2022
- URL-3, <https://www.tarihlisanat.com/sam-emeviye-cami/> Emevi Camii. 9 Nisan 2022
- URL-4, <https://www.yeniakit.com.tr/haber/anadoluda-ilk-hangi-cami-yapildi-234123.html> Habib-i Neccar Camii. 19 Nisan 2022
- URL-5, <https://qha.com.tr/haberler/kultur-sanat/turklerin-anadolu-daki-ilk-camisi-ebu-l-manucehr-de-yeniden-ezan-sesi-yukselecek/311815/> Manuçehr Camii. 19 Nisan 2022
- URL-6, <https://www.yeniakit.com.tr/foto-galeri/ayasofya-neden-bu-kadar-onemli-ayasofya-camii-ibadete-acilacak-mi-23110> Ayasofya Camii. 15 Aralık 2022

- URL-7, <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/istanbul/gezilecekyer/sultanahmet-camii>, Sultan Ahmed Camii. 15 Aralık 2022
- URL-8, <https://kulturenvanteri.com/tr/yer/nusretiye-camii/#16/41.027365/28.983122>, Nusretiye Camii. 15 Aralık 2022
- URL-9, <https://www.arkeolojikhaber.com/haber-ortahisar-buyuk-fatih-camiinde-mozaikler-bulundu-3977/> Ortahisar Fatih Camii. 15 Aralık 2022
- URL-10, <https://www.yenisafak.com/hayat/trabzonda-muzeye-cevrilen-ayasofya-i-sagir-cami-i-serifi-sali-gunu-ibadete-aciliyor-3550678> Trabzon Ayasofya Camii. 15 Aralık 2022
- URL-11, <https://www.kent61.com/gulbahar-hatun-camii-ve-turbesi/> Trabzon Gülbahar Hatun Camii, 15 Aralık 2022
- URL-12, <https://karadeniz.gov.tr/carsi-camii-2/> Trabzon Çarşı Camii, 15 Aralık 2022
- URL-13, <http://www.islamtarihi.info/2017/12/mescid-i-nebevinin-insas-ve-ilk.html> Mescid-i Nebevî'nin İnşası ve İlk Fonksiyonları. 2 Nisan 2022
- URL-14, <http://www.samsunkavak.gov.tr/kavak-bekdemir-civisiz-camii>, Bekdemir Çivisiz Camii. 2 Nisan 2022
- URL-15, <https://www.amplifon.com/au/blog/human-hearing-range> Optimum Çınlama Süresi Aralıkları. 2 Nisan 2022
- URL-16, <http://ekous.net/index.php/acoustics/> Optimum Çınlama Süresi Aralıkları. 30 Aralık 2019
- URL-17, <https://acousticalsolutions.com/reverberation-examples-and-explanations/optimum-çınlama-süreleri>, 3 Ocak 2020
- URL-18, <http://www.mh-audio.nl/Measurement.html> Akustik ölçüm düzeneği. 2 Nisan 2022
- URL-19, <https://karadeniz.gov.tr/ickale-camii/> Ortahisar İçkale Camii. 2 Nisan 2022
- URL-20, <https://karadeniz.gov.tr/nemlioglu-tavanli-camii/> Ortahisar Tavanlı Camii. 2 Nisan 2022
- URL-21, <https://www.alibayir.com/hoca-halil-camii-trabzon-hatip-camii/> Hoca Halil Camii. 2 Nisan 2022
- URL-22, <http://giresun.gov.tr/sayin-valimiz-kesap-ugurca-cami-acilisinda> Keşap Uğurca Camii. 2 Nisan 2022

- URL-23, <https://www.haberler.com/karsular-mahallesi-ndeki-tarihi-cami-restore-4165817-haberi/> Tonya Karşular Camii. 20 Şubat 2020
- URL-24, www.benderrestorasyon.com Yomra Kohalı Camii. 15 Aralık 2017
- URL-25, <http://trabzon-yazarlardenegi.com/rize-fatih-gazi-cafer-pasa-ve-ogullari> Cafer Paşa. 2 Nisan 2022
- URL-26, <https://karadeniz.gov.tr/kelkit-ulu-camii/> Kelkit Ulu Camii. 2 Nisan 2022
- Wenmaekers, R. H. C., Hak, C. C. J. M. ve Hornikx, C. J., 2014. The Effective Air Absorption Coefficient for Predicting Reverberation Time in Full Octave Bands. The Journal Acoustic Society of America, 136, 6, 3063–3071.
- Wilmshurst, L. I., Thompson, D. J., 2012. A Method for Predicting the Reverberation Time and Decay Curves of Rectangular Rooms with Non-Uniform Absorption Distribution Using Statistical Energy Analysis, Proceedings of the Acoustics, Nisan 2012, Nantes, Fransa, Bildiriler Kitabı:1435-1440.
- Yaman, M., Sağiroğlu, Ö., 2020. Osmanlı Dini Mimarisinde Akustik Performansın Geleneksel Yapım Teknikleri Çerçevesinde İncelenmesi, TÜBAV Bilim, 13, 1, 38-49.
- Yavuz, M., 2009. Doğu Karadeniz Köy Camilerinde Bezeme Anlayışı, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 2, 6, 306-322.
- Zhang, Y., 2005. A Method to Predict Reverberation Time in Concert Hall Preliminary Design Stage, Doktora Tezi, Georgia Institute of Technology, Atlanta, ABD.

ÖZGEÇMİŞ

İlköğrenimini Turgutlu Kurtuluş İlkokulu'nda, ortaöğretimini Turgutlu Orta Okulu'nda, lise eğitimini de Turgutlu Endüstri Meslek Lisesi'nde tamamladı. Moldova Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nden 2009 yılında mezun oldu. Piyasada bir süre çeşitli inşaatlarda yöneticilik yaptıktan sonra 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans eğitimini 2016 yılında tamamladı. Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi'nde halen Araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Evli olup iyi derecede İngilizce ve Rusça bilmektedir.