

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAPALI YÜZME HAVUZLARINDA AKUSTİK
ORTAM KOŞULLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ: İZMİR ÖRNEĞİ



Aynur GÜNDÜZ

Ağustos, 2021

İZMİR

KAPALI YÜZME HAVUZLARINDA AKUSTİK ORTAM KOŞULLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: İZMİR ÖRNEĞİ

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı**

Aynur GÜNDÜZ

Ağustos, 2021

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

AYNUR GÜNDÜZ, tarafından **DOÇ.DR. ÖZGÜL YILMAZ KARAMAN** yönetiminde hazırlanan “**KAPALI YÜZME HAVUZLARINDA AKUSTİK ORTAM KOŞULLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ İZMİR ÖRNEĞİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Özgül YILMAZ KARAMAN

Yönetici

Doç. Dr. Neslihan GÜZEL

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep SEVİNÇ KARCI

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Özgür ÖZÇELİK

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince çok kıymetli görüşleriyle, çözüm odaklı yaklaşımlarıyla, sabrıyla, bilimsel tutumuyla bana çok istediğim bir uzmanlık alanının kapılarını açan sayın danışmanım Doç. Dr. Özgül YILMAZ KARAMAN'a sonsuz teşekkürler. Bana birçok alanda bilgi katmakla da kalmayıp zarif kişiliğiyle, her zaman yanımda olmasıyla danışmanım olduğu için ve ömrüm boyunca da kendisini böyle göreceğim için çok mutluyum. Akademik hayatımın ve mimari mesleki özgüvenimin mihenk taşları olarak gördüğüm sayın Prof. Dr. Yeşim Kamile AKTUĞLU, Doç Dr. Ahmet Vefa ORHON ve Dr. Öğr Üyesi Kutluğ SAVAŞIR'a teşekkür ederim. Ayrıca alan çalışmalarım ve simülasyon çalışmalarım kendi yoğunluklarının yanında bir de benim yardımına koşan sayın Arş. Gör. Fatma YELKENCİ SERT'e teşekkür ederim.

Dokuz Eylül Üniversitesi İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda ölçüm yapmama imkân sağlayan ve gerekli verileri paylaşan Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğüne ve Spor Bilimleri çalışanlarına teşekkür ederim.

Yüksek lisans hayatımın başlamasına destek ve vesile olan sayın Dr. Öğr Gör. Işıl RUHİ SİPAHIOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi Pelin GÜROL ÖNGÖREN, Seden CİNASAL AVCI ve Ramazan AVCI'ya teşekkürler.

Son olarak maddi ve manevi, her aşamada beni destekleyen, iyi ve güzel ne varsa kendilerinden öğrendiğim babam Muzaffer GÜNDÜZ, annem Zöhre GÜNDÜZ, ablam İlknur GÜNDÜZ ÖZDEMİR ve ağabeyim Ahmet GÜNDÜZ'e teşekkürlerim sonsuzluk ve ötesine.

Aynur GÜNDÜZ

KAPALI YÜZME HAVUZLARINDA AKUSTİK ORTAM KOŞULLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: İZMİR ÖRNEĞİ

ÖZ

Bu çalışmanın amacı İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzundaki akustik konfor koşulları üzerinden yapılan değerlendirmeler ile ilgili hacimler için akustik açıdan dikkate alınması gereken tasarım ölçütlerini ortaya koymaktır. Literatür araştırmaları sonucunda kapalı yüzme havuzlarında birçok konfor koşulu standartlarla belirlenmiş olmakla birlikte, akustik konfor koşullarının sıklıkla göz ardı edildiği görülmüştür. Kapalı yüzme havuzlarında akustik konfor koşullarını tespit edebilmek ve etkin çözümler sunabilmek havuz hacmini oluşturan yapı malzemeleri, uygulamaları ve kullanılan mekanik sistemler incelenerek akustik ortam koşulları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında, belirlenen çalışma alanı, yerinde yapılan ölçümler ve akustik simülasyonlar ile nesnel akustik parametreler kullanılarak değerlendirilmiştir. Literatür verileri ve yerinde yapılan gözlemler doğrultusunda akustik ortamın değerlendirilmesi için kullanılan temel parametreler yansıma süresi ve arka plan gürültü düzeyi olarak belirlenmiştir. Havuz yapılarının akustik ortamının da belirleyicisi olan mimari özellikleri ve konfor gereksinimlerinin ortaya konulabilmesi amacıyla, havuz örnekleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu ise genel ortam koşullarını örnekleyen ve yaygın kullanılan mimari özellikleri ve yoğun kullanımı nedeni ile çalışma alanı olarak belirlenmiş ve yapılan akustik belgeleme çalışması verileri değerlendirildiğinde, akustik açıdan belirlenen optimum değer aralıklarının dışında kaldığı tespit edilmiştir. Hacmin akustik konfor koşullarını iyileştirebilmek adına güncel uygulamalarda, havuz yapılarında kullanılan yapı malzemeleri incelenerek sınıflanmış ve ilgili malzemelerin yutma çarpanı değerleri kullanılarak, mekân içerisinde akustik konfor koşullarını iyileştirmeye yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir. Söz konusu önerilerin etkinliğini ortaya koyabilmek adına, yapının akustik modeli üzerinden parametre değerleri hesaplanarak öneriler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kapalı yüzme havuzu, mimari akustik, yansıma süresi, arka plan gürültüsü

EVALUATION OF ACOUSTICAL ENVIRONMENT CHARACTERISTICS OF INDOOR SWIMMING POOLS: CASE OF İZMİR

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the acoustic comfort conditions in Izmir Dokuz Eylül University İnciraltı Indoor Swimming Pool and to create new suggestions to improve it. For this purpose, the architectural design of swimming pools, whether they comply with national and international standards, and the comfort requirements have been investigated considering the effects on swimmers, spectators and employees. As a result of the inquiries, it was determined that while many comfort conditions were determined and applied with standards in indoor swimming pools around the world, acoustic comfort conditions were ignored. Afterwards, in order to determine the acoustic comfort conditions and to offer effective solutions, building materials, their applications and the mechanical systems that used in indoor swimming pools were examined and their effects on the acoustics were evaluated in detail.

As a method, in-situ measurements and acoustic simulation program were used. Firstly, as determined in the literature, it was revealed that acoustic parameters were used for reflection time and background noise levels. Afterwards, examples from the world built in line with acoustic requirements and in our city of Izmir were determined. Among them, the architectural and acoustic features of DEÜ İnciraltı Indoor Swimming Pool were examined and the necessary architectural data were obtained from the university rectorate. As a result of the measurements, it was determined that the acoustic parameters of the DEÜ İnciraltı Indoor Swimming Pool were not in the optimum range. In order to improve the acoustic comfort conditions of the structure, the building materials used in the world market were examined and a model was created and simulated in order to understand the effectiveness of the suggestions. Considering the sustainability of the materials in indoor swimming pool ambient conditions, suggestions are presented with new materials and design approaches.

Keywords: Indoor swimming pool, architectural acoustics, reverberation time, equivalent sound pressure level

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
BÖLÜM 1 - GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	3
1.2 Araştırmanın Amacı	9
1.3 Araştırmanın Kapsamı ve Yöntemi.....	10
BÖLÜM 2 - KAPALI YÜZME HAVUZLARINDA MİMARİ TASARIM	12
2.1 Kapalı Yüzme Havuzlarının Tarihsel Gelişimi	12
2.2 Yüzme Havuzu Tasarım Standartları (FINA Kuralları).....	17
2.3 Kapalı Yüzme Havuzları Fiziksel Konfor Koşulları	19
2.3.1 Kapalı Yüzme Havuzlarında Sıcaklık ve Nem Gereklilikleri.....	19
2.3.2 Kapalı Yüzme Havuzlarında Aydınlatma Gereklilikleri	21
2.3.3 Kapalı Yüzme Havuzlarında Akustik Konfor ve Akustik Ortam Koşullarını Etkileyen Parametreler	21
2.3.3.1 Yansıım (Reverberasyon) ve Mekânsal Belirleyicileri	25

2.3.3.1.1 Yansışım Süresi (Reverberation Time) (RT); T60(s) T30(s), T20(s).	26
2.3.3.2 Kapalı Yüzme Havuzu Hacminde Yansışımı Etkileyen Faktörler	27
2.3.3.2.1 Yüzeylerde Kullanılan Malzeme Özellikleri (Yutuculuk Değerleri).	28
2.3.3.2.2 Suyun Akustik Özellikleri	33
2.3.3.2.3 Havuzların Kimyasal Ortam Koşulları (Nem-Sıcaklık).....	36
2.3.3.2.4 Hacim Biçimi ve Boyutları.....	37
2.3.3.2.5 Çatı ve Plan Şekli Etkisi	39
2.3.3.3 Arka Plan Gürültü Seviyesi (L_{Aeq} ve NC).....	42
2.3.3.3.1 Devir Daim Sistemi.	45
2.3.3.3.2 HVAC Sistemleri.....	48
BÖLÜM 3 - ULUSAL VE ULUSLARARASI KAPALI YÜZME HAVUZU	
ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ	53
3.1 Dünya'dan Örnekler	53
3.1.1 Alfriston Okulu	53
3.1.2 Water Cube	55
3.1.3 London Aquatics Centre	55
3.2 İzmir'den Örnekler	56
3.2.1 Dokuz Eylül Üniversitesi İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu.....	56
3.2.2 Ege Üniversitesi Prof. Dr. Sermed AKGÜN Yüzme Havuzu	57
3.2.3 Buca Belediyesi Yarı Olimpik Yüzme Havuzu	58
3.2.4 Karşıyaka Belediyesi Yüzme Havuzu.....	58
3.2.5 Özel Ege Lisesi	59
3.2.6 İzmir Türk Koleji	60

3.2.7 Aquacity Balçova Termal	60
3.2.8 Şavkar Arena.....	61
3.2.9 M.E.V. Koleji Kapalı Yüzme Havuzu	62
3.2.10 İzmir Atatürk Yüzme Havuzu.....	62
3.2.11 Bornova Belediyesi Işıkkent Muhammet Yıldız Spor Tesisleri	63
3.2.12 İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kapalı Yüzme Havuzu.....	63
3.2.13 Kâtip Çelebi Üniversitesi Kapalı Yüzme Havuzu	64
3.2.14 İzmir Büyükşehir Belediyesi Yarı Olimpik Kapalı Yüzme Havuzu.....	65
3.3 İncelenen Örneklerin Mimari Biçimleniş ve Malzeme Kullanımı Bakımından Değerlendirilmesi	66

BÖLÜM 4 - ALAN ÇALIŞMASI: DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ İNCİRALTI KAPALI YÜZME HAVUZU AKUSTİK DEĞERLENDİRMESİ

4.1 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunun Mimari Özellikleri	70
4.2 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Akustik Belgeleme Çalışması	71
4.2.1 Arka Plan Gürültü Düzeyi Ölçüm ve Sonuçları.....	71
4.2.2. Yansıma Süresi (Reverberation Time) Ölçüm Sonuçları.....	73
4.3 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Hacminin Akustik Açından Değerlendirilmesi	74
4.3.1 Değerlendirmede Kullanılan Akustik Parametreler ve Kabul Edilebilir Değer Aralıkları.....	75
4.3.2 Akustik Değerlendirme	78
4.4 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Akustik Ortamı İçin İyileştirme Önerileri	78
4.4.1 Akustik Model ve Koşulların İyileştirilmesi.....	79
4.4.1.1 Tasarım Aşamasında Uygulanabilecek Önerilen Değişimler	83

4.4.1.2 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu için Kullanılabilecek Yöntem ve Malzemeler İçin Uygulama Örnekleri Üzerinden Bir Sınıflandırma .	86
4.4.1.2.1 Ahşap.....	87
4.4.1.2.2 Mantar panel.....	90
4.4.1.2.3 Plastik esaslı ürünler.....	91
4.4.1.2.4 Kumaş.....	92
4.4.1.2.5 Cam yünü panel.....	93
4.4.1.2.6 Yelken Kumaşı	95
4.4.1.3 Önerilerden Seçimler ile Simülasyonlar	95
4.4.1.3.1 Öneri 1 (Firma F).	96
4.4.1.3.2 Öneri 2 (Firma G).....	101
4.4.1.3.3 Öneri 3 (Firma I).	107
4.4.1.3.4 Öneri 4 (Ahşap panel Firma D).....	112
4.4.1.4 İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu İçin Geliştirilen Önerilerin Karşılaştırılması.....	118
BÖLÜM 5 - SONUÇ	123
KAYNAKLAR	126
EKLER.....	135
EK 1: Kısaltmalar.....	135

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 The Great Bath.....	12
Şekil 2.2 MÖ.306 yılında Roma'daki 3000 kişi kapasiteli Bath of Diocletian	13
Şekil 2.3 Ankara Roma Hamamı	14
Şekil 2.4 Olimpik havuz ölçüleri	17
Şekil 2.5 Kapalı Yüzme Havuzlarında nem/sıcaklık ilişkisi grafiği.....	20
Şekil 2.6 Yansışım süresi ölçüm grafiği	26
Şekil 2.7 Yansışım Süresi ile Hacim ilişkisi	27
Şekil 2.8 Yansışımın mekânda yayılması	29
Şekil 2.9 Buca Belediyesi havuz içinden buharlanan cam görseli.....	32
Şekil 2.10 İnversiyon ses hareketi.....	37
Şekil 2.11 Kapalı spor salonlarında yükseklik-genişlik oranı.....	39
Şekil 2.12 Dinlemeye Yönelik mekanların Tipolojileri	40
Şekil 2.13 NC Eğrileri.....	44
Şekil 2.14 Devir daim sistemi akış şeması.....	45
Şekil 2.15 Skimmer çeşitleri	46
Şekil 2.16 Yarı olimpik havuzlarda kullanılan su pompası	47
Şekil 2.17 Havuzlarda kullanılan filtrenin çalışma prensibi ve ters yıkama yöntemi	47
Şekil 2.18 Havuz suyu ısıtıcı çalışma şeması.....	48
Şekil 2.19 HVAC gürültü şeması.....	50
Şekil 2.20 Strüktür doğuşlu gürültünün ifadesi.....	52
Şekil 3.1 Katlanmış plak inşa aşaması	54
Şekil 3.2 Havuzun içerden görünümü.....	54
Şekil 3.3 Water Cube Olimpik havuz	55
Şekil 3.4 London Aquatics Centre Yarı Olimpik Havuzu	56
Şekil 3.5 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu	57
Şekil 3.6 Ege Üniversitesi Kapalı Yüzme Havuzu	57
Şekil 3.7 Buca Belediyesi Kapalı Yüzme Havuzu.....	58
Şekil 3.8 Karşıyaka Belediyesi Kapalı Yüzme Havuzu.....	59
Şekil 3.9 Ahşap lifi yakından görünüm	59
Şekil 3.10 Özel Ege Lisesi Kapalı Yüzme Havuzu.....	59

Şekil 3.11 İzmir Türk Koleji Kapalı yüzme havuzu	60
Şekil 3.12 Aquacity Balçova Termal	61
Şekil 3.13 Şavkar Arena Kapalı Yüzme Havuzu	61
Şekil 3.14 M.E.V. Koleji Kapalı Yüzme Havuzu	62
Şekil 3.15 İzmir Atatürk Yüzme Havuzu.....	62
Şekil 3.16 Bornova Belediyesi-Işıkkent Muhammet Yıldız Kapalı Yüzme Havuzu.	63
Şekil 3.17 İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kapalı Yüzme Havuzu.....	64
Şekil 3.18 Kâtip Çelebi Üniversitesi Kapalı Yüzme Havuzu	64
Şekil 3.19 İzmir Belediyesi Kapalı Yüzme Havuzu	65
Şekil 4.1 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu	69
Şekil 4.2 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda ölçüm için belirlenen lokasyonların plan üzerinde gösterimi	71
Şekil 4.3 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu yansıma süresi ölçüm sonuçları.....	73
Şekil 4.4 DEÜ Kapalı Yüzme Havuzu Model üzerinde kaynak ve alıcıların gösterimi	73
Şekil 4.5 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu T30 ölçüm sonuçları	74
Şekil 4.6 Yansıma süresi ülke standartları ve diğer örnekler.....	75
Şekil 4.7 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Odeon programı kaynak konumundan görünüm.....	79
Şekil 4.8 1-6 numaralı görseller 3D bilardo simülasyonunun sürecini ve ses kaçırma kontrolleri	81
Şekil 4.9 Odeon Combined programında kaynak ve alıcıların yerleşim lokasyonları	81
Şekil 4.10 Sırasıyla Firma A,B,C,D'ye ait uygulanan projelerin resimleri	88
Şekil 4.11 Firma E'ye ait panel görseli	90
Şekil 4.12 Firma F'ye ait uygulanan projenin resmi	91
Şekil 4.13 Firma G ve H'ye ait uygulanan projenin resimleri.....	92
Şekil 4.14 Firma I ait panelin ve uygulanan projenin resimleri	93
Şekil 4.15 Firma J'ye ait uygulanan projenin resimleri.....	95
Şekil 4.16 Simülasyon öneri 1'in Odeon programında yerleşiminin SketchUp programından ifadesi	96
Şekil 4.17 Öneri 1 için elde edilen T30 verileri	97
Şekil 4.18 Öneri 1 için elde edilen EDT verileri.....	98

Şekil 4.19 Öneri 1 için elde edilen D50 verileri.....	99
Şekil 4.20 Öneri 1 için elde edilen C80 verileri.....	101
Şekil 4.21 Simülasyon öneri 2'in Odeon programında yerleşiminin SketchUp programından ifadesi	102
Şekil 4.22 Öneri 2 için elde edilen T30 verileri	103
Şekil 4.23 Öneri 2 için elde edilen EDT verileri.....	104
Şekil 4.24 Öneri 2 için elde edilen D50 verileri.....	105
Şekil 4.25 Öneri 2 için elde edilen C80 verileri.....	106
Şekil 4.26 Simülasyon öneri 3'ün Odeon programında yerleşiminin SketchUp programından ifadesi	108
Şekil 4.27 Öneri 3 için elde edilen T30 verileri	108
Şekil 4.28 Öneri 3 için elde edilen EDT verileri.....	109
Şekil 4.29 Öneri 3 için elde edilen D50 verileri.....	110
Şekil 4.30 Öneri 3 için elde edilen C80 verileri.....	112
Şekil 4.31 Simülasyon öneri 4'ün Odeon programında yerleşiminin SketchUp programından ifadesi	113
Şekil 4.32 Öneri 4 için elde edilen T30 verileri	114
Şekil 4.33 Öneri 4 için elde edilen EDT verileri.....	115
Şekil 4.34 Öneri 4 için elde edilen D50 verileri.....	116
Şekil 4.35 Öneri 4 için elde edilen C80 verileri.....	117
Şekil 4.36 Öneri 3'ün model üzerinde yerleşimi üst görünüş.....	119
Şekil 4.37 Dört önerinin karşılaştırılması T30 ortalama verileri	120
Şekil 4.38 Dört önerinin karşılaştırılması EDT ortalama verileri	120
Şekil 4.39 Dört önerinin karşılaştırılması D ₅₀ ortalama verileri	121
Şekil 4.40 Dört önerinin karşılaştırılması C ₈₀ ortalama verileri	122

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Kapalı yüzme havuzunda bulunabilecek materyallerin yutuculuk değerleri	29
Tablo 2.2 Havuzlarda kullanılan makinelerin gürültü seviyeleri.....	48
Tablo 3.1 İzmir ilindeki havuzların özellikleri-1	67
Tablo 3.2 İzmir ilindeki havuzların özellikleri-2	68
Tablo 4.1 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Arka Plan Gürültü Düzeyleri.....	72
Tablo 4.2 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Yansıma Süresi Ölçüm Sonuçları.	74
Tablo 4.3 Konuşmanın anlaşılabilirliği için bakılan parametreler.....	76
Tablo 4.4 Akustik Parametreler ve Optimum Değerleri	76
Tablo 4.5 Odeon Combined programında yüzeylere atanan malzemeler ve özellikleri	79
Tablo 4.6 Yerinde ölçüm ile simülasyon işlemi sonucu T30 ortalama değerlerinin karşılaştırılması	82
Tablo 4.7 Yerinde ölçüm ile simülasyon işlemleri sonucu D50 değerlerinin karşılaştırılması	82
Tablo 4.8 Yerinde ölçüm ile simülasyon işlemleri sonucu STI değerlerinin karşılaştırılması	82
Tablo 4.9 Ahşap firmaların kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler	89
Tablo 4.10 Mantar Panel üretici firmaların kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler.....	90
Tablo 4.11 Plastik Baffle üretici firmanın kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler.....	91
Tablo 4.12 Kumaş eleman üretici firmanın kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler.....	93
Tablo 4.13 Cam yünü çekirdekli panel üretici firmanın kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler	94
Tablo 4.14 Yelken kumaşı üretici firmanın kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler.....	95
Tablo 4.15 Öneri 1'in firma kataloğunda belirtilen yutuculuk katsayıları	96

Tablo 4.16 Öneri 1 için elde edilen STI verileri	101
Tablo 4.17 Öneri 2'in firma kataloğunda belirtilen yutuculuk katsayıları	102
Tablo 4.18 Öneri 2 için elde edilen STI verileri	107
Tablo 4.19 Öneri 3'ün firma kataloğunda belirtilen yutuculuk katsayıları	107
Tablo 4.20 Öneri 3 için elde edilen STI verileri	112
Tablo 4.21 Öneri 4'ün firma kataloğunda belirtilen yutuculuk katsayıları	113
Tablo 4.22 Öneri 4 için elde edilen STI verileri	118
Tablo 4.23 Dört önerinin karşılaştırılması STI ortalama verileri.....	122



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yüzme havuzları, yoğun spor aktivitelerine ev sahipliği yapan ve günümüzde kent yaşamında önemli yeri olan yapılardandır. Ancak, söz konusu yapıların tasarım ve uygulama süreci düşünüldüğünde, akustik konfor, akla ilk gelen tasarım parametrelerinden birisi değildir. Tiyatro, konser salonu, derslik, sinema salonu gibi dinleme işlevli olarak nitelendirebileceğimiz yapıların akustik tasarımını irdeleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak, kapalı yüzme havuzu, spor salonları, hastaneler, metro istasyonları gibi birçok kişinin aynı anda ortam koşullarından etkilendiği kamusal kullanımlı yapılarda da akustik koşulların göz önünde bulundurulması özellikle son yıllarda, gürültü kontrolü ve hacim akustiği alanının araştırma konularındandır.

Yapıda kullanıcı konforu göz önüne alındığında gürültü kontrolü öncelikli koşullardan biridir. Özellikle gelişen teknoloji ve beraberinde getirdiği kentleşme sorunları sonucunda ortaya çıkan gürültü kirliliği, akustik konfor koşullarını olumsuz etkilemenin ötesinde, insan sağlığını ciddi biçimde etkileyen bir sorun haline gelmiştir.

Kapalı yüzme havuzları, günlük yüzme sporu aktivitelerinin gerçekleştirildiği, yerel veya uluslararası düzeyde yarışmaların yapıldığı, bu yarışmalara katılan sporcular için ve/veya kişisel yüzme eğitimlerinin verildiği yapılardır. Bir başka deyişle, bu yapılar, kişisel olarak kullanımın yanında eğitim kurumu olma özelliği de taşımaktadır. Günümüzde çoğu okulda (yüksek öğrenim ya da orta öğrenim kurumlarında) havuz bulunması artık lüks değil bir çeşit gereklilik olarak görülmektedir. Bu durumun başlıca sebepleri, genellikle bir yetişkin aktivitesi olarak görülen yüzmenin, çocuk gelişimi açısından önemine yapılan vurgunun son yıllarda artması ve doğumdan itibaren yapılabilecek sınırlı sayıdaki sporlar arasında yer alması olarak sıralanabilir. Yüzme, vücuttaki bütün kasları çalıştıran fiziksel bir aktivitedir. Aynı zamanda su ilişkisi ile bağlantılı olarak ruhsal gelişime de katkıları bulunmaktadır. Bu sebeplerle konfor koşulları düşünüldüğünde akustikğin önemi oldukça fazladır. Ayrıca akustik koşullar, yüzme havuzu kullanım yoğunluğuna göre

yorumlanmalıdır. Bunun temel sebebi, sporcu veya havuz çalışanlarının; antrenman, ders ya da yarışma esnasında oluşan akustik sorunlar sebebiyle veriminin düşmesidir.

Kapalı yüzme havuzlarını çevreleyen büyük hacim akustik konfor koşullarının sağlanmasını zorlaştıran özelliklerdendir. Yüzeylerde suya dayanıklılık ve hijyen gereksinimleri nedeniyle kullanılan sert, gözeneksiz malzemeler, havuz suyu ve hacim iç ortamında istenen koşulları sağlamaya yönelik kullanılan makine ve donanımlar, büyük hacim boyutları ve su yüzeyinin değişken yutuculuk özellikleri nedeniyle hacim içerisinde gürültü düzeyi sınır değerlerin üzerine çıkabilmekte ve yüzme her yaş grubundan kullanıcıya hitap edebildiğinden bu durum birçok kişiyi etkilemektedir.

İç ortam konfor koşullarının en önemlilerinden birisi olan akustik konfor koşullarını sağlamaya yönelik önlemler tasarımın önemli bir parçasıdır ve ilk aşamadan itibaren dikkate alındığında daha etkin ve ekonomik çözümler üretilmesi mümkün olmaktadır. Söz konusu yapılar, genellikle bağımsız birim olarak inşa edilen ve trafik gibi dış gürültü kaynaklarından çok iç mekân akustik koşullarının etkisinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında, yurtdışında ve ülkemizde ve özellikle de İzmir’de inşa edilen havuz örnekleri incelenerek akustik ortama etki etmesi beklenen özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. İzmir’de bulunan ve yaygın özelliklere sahip bir havuzda akustik belgeleme çalışması gerçekleştirilmiş ve havuz hacminin akustik koşulları aktarılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda akustik ortamın iyileştirilmesine yönelik öneriler geliştirilmiş, söz konusu önerilerin, havuzun mevcut koşullarında yapısal değişiklik gerektirmeyen ve piyasada bulunan malzemeler ile uygulanabilir nitelikte olması hedeflenmiştir. İlgili öneriler üç boyutlu akustik benzetim yazılımı kullanılarak değerlendirilmiş, mekânın yapılan öneriler sonrası akustik özellikleri karşılaştırmalı olarak aktarılmıştır. Böylece yarı olimpik ölçülerde sıklıkla karşılaşılan malzemeler ile üretilmiş bir örnek üzerinden havuzların akustik tasarımına ilişkin hem literatür hem de uygulama verisi oluşturulması amaçlanmıştır.

Çalışma konusunun ilgili literatür içerisindeki yeri ile kapsamı ve yöntemi aşağıda ayrı başlıklar altında daha detaylı biçimde aktarılmaktadır.

1.1 Literatür Özeti

Günümüzde kapalı yüzme havuzlarının konfor koşullarına dair çeşitli çalışmalar mevcuttur. Ancak özellikle akustik konfor koşulları konusuna odaklanan çalışma sayısının oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalarda dinleme işlevli olmasa da tüm binalar için akustik konfor koşullarına önem verilmesi gerekliliğini ortaya konulmakla birlikte, dinlemeye yönelik mekanlarda (konferans salonu, tiyatro, kutsal mekanlar) yapılan akustik araştırmaların yoğunluğunun daha fazla olduğu söylenebilir. Kapalı yüzme havuzları ve spor salonlarına ilişkin alan çalışmaları incelendiğinde, sınırlı sayıda makalede daha çok gürültü düzeyleri konusuna odaklanılmış olduğu ve farklı yaklaşımlar bulunduğu tespit edilmiştir. Yalnızca yüzme havuzlarının akustik ortamının ele alındığı çalışmaların sınırlı sayıda olması nedeniyle, yüzme havuzları yanında kapalı spor salonlarını akustik açıdan ele alan çalışmalar ve elde edilen veriler bu bölümde aktarılmaktadır.

Yapıların akustik yeterliliklerinin inceleme ve değerlendirilmesinde yararlanılacak parametreler kadar, bu yapıların fonksiyonları da önemlidir. Spor salonları ve kapalı yüzme havuzları son yıllarda literatürde değinilen önemli fonksiyonlardandır. Spor salonları karakteristik özellikleri açısından konfor koşullarına uygun tasarlanması zor mekanlardandır. Literatürdeki araştırmalar yapımı tamamlanmış mekanlar üzerine yapılmıştır. Çoğunluğu kısa ve sadece bir ya da iki karakteristik özelliğe odaklanarak çözüm önerilerinde bulunmuştur.

Oysaki, Penman, Englund ve Stanier (1977)'nin yaptığı çalışmaya göre; spor salonlarının akustik tasarımı da dinleme işlevli hacimler ile aynı öneme sahiptir. Bu çalışmada spor salonları ve yüzme havuzlarının akustik değerlendirmesi konusunda yayımlanan en eski tarihli çalışmalardan birisidir. Yüzeyde kullanılan malzeme, hacim ve yansıma süresi üzerinden yürütülen bu çalışma temel veri oluşturmak amacıyla yapılmıştır. Özellikle yoğun insan kullanımı olduğundan yoğunluk zamanlarına göre ayrı ölçümler yürütülmüştür. Sonuç olarak spor salonlarının ve yüzme havuzlarının akustik değerleri yeterli bulunmamış ve bu konuya dikkat edilmesi gerekliliği belirtilmiştir.

Yansıım süresinin hacimle bağlantılı olduğu literatürde birçok araştırmada yer alan bir bilgidir. Duanqui, Zheng ve Jinjing (1991)'in yaptığı çalışma 1990 yılında yapımı tamamlanan ulusal olimpiik spor merkezinde yapımdan sonra uygulanabilecek çözüm önerilerini konu almaktadır. Spor salonlarının yansıım sürelerinin hacim, seyirci sayısı ve gürültü düzeyleri arasındaki bağlantı üzerinden çözüm önerileri sunmuştur. Karakteristik olarak kullanılan yansıtıcı malzemeler üzerine durulmuş ve bu malzemelerin gözenekli olmasının çürüme gibi yan etkileri olabileceğinden bahsedilmiştir. Ayrıca nem düzeyinden ve bu durumun akustik olarak etkilerinden kısaca bahsedilmiştir. Makine dairesi ve havalandırma sistemi gibi sürekli gürültü kaynakları da göz önüne alındığından bu kaynak en erken tarihli geniş kapsamlı makalelerden birisidir.

Yoo (2001)' in çalışmasına göre, yapı içindeki ve çevresindeki akustik koşullar, planlama, tasarım ve inşaat süreçleriyle ilişkili birçok faktöre bağlıdır. Herhangi bir yapı tasarımının başlangıcından itibaren, konumu, çevresindeki diğer yapılar, yapı içindeki hacimlerin birbirleriyle bağlantısı ve düzenlenmesi yapılacak akustik önlemlerin niteliklerini belirlemektedir. Bitmiş alanları şekillendiren malzemeler ve yapı elemanları da seslerin o alanlarda nasıl algılanacağı ve bitişik hacimlere nasıl aktaracağını da belirlemektedir. Temel akustik prensipler sayesinde malzemelerin ve yapıların ses karşısında davranışları tespit edilerek konfor koşulları çerçevesinde çözüm üretmek mümkündür. Çünkü geniş spor salonlarında sert ve yansıtıcı materyallerle hacimdeki sönümleyici diğer unsurlar (seyirciler vb.) birleştğinde yansıım süresinin ideal olarak görülen 1-3sn arasında tutulması zorlaşmaktadır.

Conetta, Shield, Cos, Mydlarz, Dockrell ve Connolly (2012)'nin yaptığı çalışma okullardaki spor salonları üzerine yapılmıştır. Öğrenim odaklı mekanlar olduğu için konuşmanın netliği daha fazla önem kazandığından bahsedilmiştir. STI değeriindeki değişimler nedeniyle öğretmenlerin daha çok bağırarak durumunda kaldıkları ve bu durumun stres ve ses sağlığı açısından negatif etkileri olduğundan bahsetmiştir. Yansıım süresi ölçümleri yapılırken seyirci varlığı ve yokluğunun etkileri üzerine durulmuş ve seyirci sayısının artışıyla yansıım süresinde düşün gözleendiğı belirtilmiştir.

Nowicka E. yine okullardaki spor salonlarının hacminin yansıma süresiyle ilgili olduğuna dair iki çalışma yapmıştır. Nowicka (2013)'nın yaptığı çalışma konuşma anlaşılabilirliği üzerinde durulması gerektiği ve bunun çalışanlar üzerindeki etkileri üzerinde durmuştur. Ayrıca bu çalışmada spor salonları jimnastik salonu ile yüzme havuzları yansıma sürelerinin optimum değerlerine dair ayırım yapılmıştır. Birçok kaynakta genellikle aynı optimum değerler uygun görüldüğü için bu ayırımın yapılması önem taşımaktadır. Bu çalışmadan bir bölüm Nowicka (2015) makalesinde de yer almaktadır. Nowicka (2013) makalesinde acil durumda kullanılan ses sistemleri üzerine durulduğu için konu sınırlandırılmış ancak yansıma süresini etkileyen hacimden başka etki eden mimari özellikler kısaca bahsedilmiştir bu sebeple birbirine bağlı olarak düşünülebilir. Nowicka (2015)'nin yaptığı çalışmaya göre ise önceki bulduğu verileri çatı şekli, kesit şekli, hacim büyüklüğü ve akustik saçıcı yüzeyler gibi özelliklere ayırarak bir tabloda toplamış ve akustik iyileştirme de kesin olmasa da yaklaşık olarak yardımcı olabilecek bir yaklaşım sunmuştur. İlk yapılacak şey için ise 5000 m³ sınır hacim olarak kabul edilerek optimum yansıma sürelerini belirlemiştir.

Yüzme havuzlarının karakteristik olarak akustiğini negatif etkileyen diğer bir özellik yüzey kaplamalarındaki malzemelerin yansıtıcı olmasıdır. Ginn (1978) çalışmasında Brüel & Kjaer firmasına ait veriler ile mekanlarda, fonksiyonel emiciler, gerekli ses emici malzemenin montajı için yeterli yüzeyin olmadığı belirtilmiştir. Bu mesafede serbestçe asılı duran üç boyutlu ses emici malzemedir. Ses enerjisi bu birimlerin her tarafını etkileyebileceğinden, verimlilikleri yüksektir. Bu tür emici özel malzemelerin özellikle atölyelerde, spor salonlarında, yüzme havuzlarında tercih edilmesi önerilir.

Gino Iannace spor salonlarındaki bu karakteristik özelliğin akustiğe etkisi üzerine üç araştırmada bulunmuştur. İlk Iannace, Lembo, Maffei ve Nataletti (2006) tarafından yayınlanan araştırmadır. Bu araştırma okullar odaklı olduğu için konuşma anlaşılabilirliği üzerine durulmuş ve bunun stres gibi olumsuz durumlara sebep olmasından bahsedilerek akustik önlem alınması gerekliliğine vurgu yapılmıştır. Araştırmada dört ilkokul, 3 ortaokul ve 2 üniversitede bulunan spor salonları ve yüzme havuzları değerlendirilmiştir. Okulların 3 tanesinde çatıda yutucu materyal kullanıldığı belirtilmiştir. Yansıma süresi, tüm okullarda MLS tekniğiyle, 2 kaynak 6 alıcı yerleştirilerek ölçülmüştür. İtalyan yönetmeliklerine göre 2,2 olması gereken yansıma

süresi iki örnek hariç 7-8 gibi yüksek değerler göstermişlerdir. En yüksek değeri gösteren ise yüzme havuzlarından biridir. Maffei, Iannace, Masullo ve Nateletti (2009) tarafından yapılan yeni çalışma 2006'da yapılan tespitleri genişleterek arka plan gürültüleri de hesaba katılmış ve anketlerle desteklenmiştir. Bu yazıda on beş spor salonu ve 3 yüzme havuzu verileri bulunmaktadır. Bu yazının sonucu olarak spor salonları ve yüzme havuzlarında çalışan öğretmenlerin maruz kaldıkları gürültü 80dB'den fazla olduğundan hafife alınmamalıdır. Iannace (2015)'nin yaptığı diğer çalışma bir spor salonunun farklı fonksiyonlarda kullanıma uygun olup olmadığına dairdir. Yüksek yansım süresinin spor müsabakalarında gerekli coşku ve sporculara destek olduğu görüşünün önemi yanı sıra çok amaçlı kullanımlarda bu durumun ideal olmadığından bahsedilmiştir. Odeon yazılımında yaptığı simülasyonlar neticesinde uygun çözümün çatı çelik makaslarına yapılacak yüksekliği değiştirilebilen yutucu malzemeden asma tavan sistemi olduğunu belirtmiştir.

Sadece asma tavanda malzeme değişikliğinin bile fark oluşturduğunu belirten bazı araştırmalar da bulunmaktadır. Çatının şekli ve malzemesinin, spor salonları ve yüzme havuzlarının akustik konfor koşullarına etkisinden bahseden birçok kaynak mevcuttur. Duanqui ve diğer. (1991)'da kısaca bahsedilen hafif space frame strüktürlü çatılar, genellikle kapalı yüzme havuzlarında tercih edilir ancak akustik açıdan negatif etkileri bulunmaktadır. Bu sebeple ve duvarda değişiklik yapmaktan daha uygun çözüm yolu olarak düşünülmektedir. Seip ve Keen (2008)'in çalışmasına göre spor salonlarının çok amaçlı kullanımında, yansım süresini düşürebilmek için çatıda ahşap malzeme kullanılması önerilmiştir. Wattez, Tenpierik ve Nijs (2018)'in yaptığı araştırma ise çelik makaslı hafif çatılara sahip havuzların 125 ve 250 Hz arası yani düşük frekansta anormal değerlerde olan yansım süresi üzerinedir. Bu durumu anlayabilmek adına 1/20 ölçekte bir model yapıp anekoik odada dört farklı malzemeyle deney yapmışlardır. Sonuç olarak çatının sadece malzeme değil şekliyle de yansım süresi kontrol edilebildiği gözlenmiştir.

Akustik üzerine çalışan uzmanların, teknolojinin gelişmesi ile kendilerine önemli buldukları öznel ve nesnel akustik ölçütler konusunda daha derinlemesine ve daha köklü ve geniş kapsamlı çalışmalara yöneldikleri görülmektedir. Hall (2016) yüksek lisans tezinde kapalı yüzme havuzunun akustik koşulları mühendislik bakış açısıyla aktarılmıştır. Bu tez, şu an yazılan teze literatürdeki en yaklaşık örnek olarak

gösterilebilir ancak mühendislik alanında yazıldığından farklı bir disiplin yaklaşımıdır. Akustik çözümlerin kapalı yüzme havuzlarında uygulanmasının zorluğunun temel sebebi ortam koşulları ve fonksiyonel gerekliliklerden bahsedilmiştir. Örneğin; duvarların alt kısımları suyla teması yüksek oranda maruz kaldığından dolayı suya dayanıklı malzeme tercihi öncelik kazanmaktadır. Genellikle rastlanılan bir diğer problem ise akustik danışmanlığın projenin son aşamalarında düşünülmesidir. Araştırmanın sübjektif kısmını oluşturmak için ise kullanıcılara ve çalışanlara anket yoluyla danışılmıştır. Bu tez çalışması süresince kapalı yüzme havuzları hakkındaki yapısal tecrübeleri yüksek olan hem akustik alanından hem de başka alanlardan profesyonel kişilerle görüşülmüştür. Görüşmelerin hedef grupları farklı olduğundan dolayı yöneltilen sorular oldukça çeşitlidir. Çalışanlara yapılan ankette ise ne kadar yoğunlukla baş ağrısı deneyimliyorsunuz gibi sağlıksal sorular sorulması dikkat çekicidir. Ayrıca bir diğer dikkat çeken soru ise iç görünüş sizin için ne kadar önemli sorusudur. Akustik malzemelerin dekoratif ve estetik görünümlere sahip olması da bir mekânın daha çekici ve iyi bir his vermesine etki gösterdiği bu sayede tercih sebebi olduğu düşünülmüştür. Altıncı bölümde aynı binadaki küçük ve büyük havuzlarda ölçümler yapılmış. Farklı gürültü düzeyleri için belirli tarihlerde ölçümler alınmış. Sadece makinelerin çalıştığı bir gün sabah saatleri “arka plan gürültüsü”, diğer zamanlar için ise “aktif gürültü” başlığı verilmiş. Bu ölçüm yapılırken havuzu kullanan birçok insan var ama seyircinin az olduğu belirtilmiş hatta bazı zamanlarda müzik bile çalmış. Ayrıca simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalara göre tavana ve duvarlara yerleştirilmiş emicilerin bulunduğu yeni yüzme salonları için önerilen yankılanma süresinin elde edildiğini gösteren sonuçlar sunmaktadır. Diğer bir bulgu da uzun kenardaki bir duvarı bir miktar eğerek akustik ortamın iyileştirildiğini kanıtlamıştır. İsviçre’de yapılan bu çalışma spesifik bir yönetmelik olmadığı için talepler doğrultusunda sübjektif kararları göz önünde bulundurmuştur. Sonuç olarak tavan yüksekliği ve duvar açılarına dair önerilerde bulunulmuş ancak; konuşma netliğinin hiçbir zaman istenilen düzeye gelemeyeceği öngörülmüş ve bunun yerine ekranlar kullanılması görsel iletişim yollarına başvurulması gerektiğini öne sürmüştür.

Diğer bir geniş kapsamlı araştırma ise Leistner Kittel ve Liebl (2015)’in yaptıkları çalışmadır. Yüzme havuzları ve spor salonlarının akustik koşulları üzerine Almanya’da üretilmiş bir makaledir. Yapılan akustik ölçümler, yönetmelik bilgileri ile

karşılaştırma yapılarak olumlu sonuçlar için yapılması gerekenlerden bahsedilmiştir. Okullarda bulunan otuz bin spor salonu ve yüzme havuzu üzerine yapılan araştırma uygulamada, tasarım ve maliyet verimliliği açısından akustik, inşaat ve fiziksel bina önlemlerinin dengeli bir kombinasyonunun birçok yönden faydalı olduğu savunulmaktadır. Akustik koşulların oluşturduğu sorunlardan dolayı bağırma oranının yüksekliği pedolojik olarak öğrenim güçlüğüyle bağdaştırılmaktadır. Öğretmenlerin %53'ü gürültünün çoğunlukla yüksek seviyede olmasından rahatsızlık duymaktadır. Kapalı yüzme havuzlarında ise öğretmenlerin %81'i çoğu zaman öğretebilmek için bağırma durumunda kaldıklarını belirtmişlerdir.

Türkiye'de de kapalı spor salonları ve yüzme havuzları üzerine çalışmalar mevcuttur. Erol (2006) tezinde, ses kontrolünün malzeme ve ses mekân ilişkisi bağlamında iç mekânda irdelenmesi başlığında, kapalı spor salonları alt başlığında kısaca yüzme havuzlarının akustik koşullarından bahsedilmiştir. Bu tezde diğerlerinden farklı olarak müziğin sporda kullanımında sıkıntılar yaşanmasına değinilmiştir. Senkronize yüzme, jimnastik ve buz pateni gibi müzik eşliğinde yapılan sporlarda senkronizasyonu ayarlama akustik özelliklerin etkili olduğu belirtilmiştir.

Ulusoy, Tavukçuoğlu ve Çalışkan (2013) Millî Eğitim Bakanlığı'nın hazırladığı 70 kişi izleyici kapasitesi olan tip spor salonu üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Verilen ölçülere göre modellemeler yapılmış ve bilgisayar üzerinden yapılan analizler sonucunda bu tip spor salonunun, spor ve diğer kullanımlar için, akustik olarak yetersiz olduğu kanaatine varılmıştır. Yansıma süresi üzerinden düşünülen akustik sorunlar belirlenip ve çözüm niteliğinde uygun ve ekonomik çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Tavukçuoğlu, Aydın ve Çalışkan (2011)'in yaptığı bir başka çalışmada, ortamda nem etkisinin baskın olduğu yapı türlerinden hamam üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Tarihi yapılarda gerçekleştirilen çalışmada özgün sıvanın hem daha yutucu hem de neme dayanıklı olduğu tespit edilmiş ancak söz konusu malzeme değiştirildiği için mekanların akustik özelliklerinin değiştiği ortaya konmuştur.

Türkiye'de yapılan diğer çalışma Tekin (2019)'a aittir. Bu çalışmada Eskişehir'de spor salonlarına dair bir envanter yapılmış ve biri seçilerek öznel ve nesnel akustik değerlendirmeler yapılarak iyileştirmeye dair önerilerde bulunulmuştur. Çalışmanın

farklılaşan yönü ise; spor salonlarının çok amaçlı kullanımlarından yola çıkılarak yapılan değerlendirmelerde optimum değerler dinlemeye yönelik mekanlar üzerinden belirlenmiştir. Özellikle spor salonlarının konserlerde kullanımı üzerinde durulmuş ve iki farklı müzik türü gerekliliklerine göre değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bağlamda da yanıl yansıma oranı, çalışma kapsamında değerlendirme parametresi olarak ele alınmıştır. Hacim her ne kadar genel bilgiler vermekle birlikte, hacmin boyutları özellikle de yüksekliğin genişliğe oranı akustik koşulların tanımlanmasında daha spesifik bilgiler verebilmektedir. Özellikle müzikle çevrelenmişlik hissi için önemli olan bu değer konuşma odaklı hacimlerde istenmeyen bir özelliktir. İlgili çalışmaya göre, kapalı spor salonlarında bu oran 0,3 ile 06 arasındadır.

1.2 Araştırmanın Amacı

Yüzme sporu birçok açıdan sağlığa faydalı olarak görülmektedir. Bebekten yaşlısına ve hatta engelli kişilere önerilen bir spor olduğundan çok sayıda kişiye hitap etmektedir. Ayrıca suyun kendisinin ve ortamının ruhani iyileştirici etkisi olduğu da bilinmektedir. Spor aktivitelerinde belli bir düzene göre yapılması gerektiğinden optimum koşulların sağlanabilmesi yani sürekliliği kapalı yüzme havuzlarında oldukça önem arz etmektedir. Spor kompleksleri yaygınlaştıkça kişilerin erişimi kolaylaştıkça daha sağlıklı toplulukların oluşumu sağlanabilir.

Ülkemizde, son yıllarda ücretsiz yüzme öğrenme kursları ile yüzme sporunun gelişimi desteklenmektedir ve her ilde irili ufaklı pek çok havuza rastlamak mümkündür. Özellikle Gençlik ve Spor Bakanlığı resmî sitesinde yarı olimpik kapalı yüzme havuzlarının yapımı için yapılan birçok yatırıma dair duyurular mevcuttur. Bu döngüde devlete bağlı kurumların yaptırdığı daha geniş kitlelere hitap eden olimpik ve yarı olimpik havuzların özellikleri konfor koşullarına uyum sağlanmasını gerektirmektedir. Türkiye’de olimpik ölçülere sahip birçok havuz olmasına rağmen çeşitli araştırmalar sonucunda FINA kriterlerinin tamamına uyan kapalı yüzme havuzunun bulunmadığı belirtilmektedir (Yürekli, 2012). Bazı yerel haberlerde Van’da, 2011 yılındaki deprem dolayısıyla yapının hasar almasıyla bitimi geciken, 2014 yılında yapımı tamamlanan olimpik yüzme havuzunun ulusal ve uluslararası

yarışmalara uygun olduğu söylenmekle beraber kesin veri içeren başka bir kaynağa rastlanmamıştır.

Akustik konfor koşullarının yetersizliği ise sadece Türkiye değil Dünya ‘ya özgüdür. Literatürde yapılan araştırmaya göre kapalı yüzme havuzlarının yapısal kaygılarından ziyade havuz suyunun kimyasal özelliklerine daha yoğunlukla yer verilmiştir (Yürekli, 2012). Son yıllarda yapısal araştırmalar artış göstermiştir. Kapalı yüzme havuzlarının akustik koşullarına dair araştırmalar da gün geçtikçe artmaktadır. Literatürdeki çoğu kaynak bir ya da iki faktör üzerine duran kısa makalelere aittir. Bir tek İsviçre’deki Lund Üniversitesi, mühendislik dalından yapılan tez geniş açılı bakış açısı sağlamaktadır (Hall, 2016).

Bu araştırmanın amacı; literatürdeki kapsam eksikliği fark edilerek geniş bir bakış açısıyla kapalı yüzme havuzlarında akustik koşulları üzerine yapılabilecekleri sıralamak, akustik performans parametrelerin ortaya konarak kullanım yoğunluklarına dair bilgiler eşliğinde incelenmesidir. Literatürdeki kaynakların bazıları sadece hacim ve yansışım süresi üzerinden değerlendirmeler yapmış, bazıları ise sadece malzemelerin etkisinden bahsederek tekrarlayan ekodan bahsetmişlerdir. Son yıllarda kapalı yüzme havuzlarına dair yapısal yaklaşımlar yapan araştırmalar da mevcuttur. Çünkü kapalı yüzme havuzları son teknoloji endüstriyel ürünlere (rutubete dayanıklı malzeme, tesisat, mekanik alanlarında) göre değişkenlik gösteren tasarım parametrelerine sahiptir.

1.3 Araştırmanın Kapsamı ve Yöntemi

Bu tezde DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu akustik ve akustiği etkileyen yapısal özellikleriyle ele alınacaktır. Beş ana bölüme ayrılan çalışma kapsamında giriş bölümünde literatür özeti alt başlığında 2021 yılına kadar kapalı yüzme havuzları ve kapalı spor salonları üzerine yapılan çalışmalar bağlantıları sağlanarak açıklanacaktır. Literatürde çıkan kapsayıcı kaynak eksikliği sonucu tezin amacı ortaya çıkmış ve bu doğrultuda amaç, kapsam ve yöntem belirtilerek giriş kısmı tamamlanacaktır.

İkinci bölümde yüzme havuzunun tarihi gelişiminden başlanarak, günümüzde havuzlarda kullanılan standartlar açıklanacaktır. Sonrasında kapalı yüzme havuzlarının yapısal konfor koşullarından bahsedilecektir. Konfor koşullarından akustik başlığı daha detaylı incelenerek, kullanılacak akustik parametreler bunların optimum değerleri bu parametreleri etkileyebilecek kriterler detaylıca incelenecektir.

Üçüncü bölümde daha önce bahsi geçen akustik konfor koşullarının tasarım aşamasında dikkate alınmış olduğu tespit edilen uluslararası örnekler incelenmiştir. Devamında ise İzmir kent merkezinde konumlanan kapalı yüzme havuzu örnekleri incelenmiş ve karşılaştırma yapılarak mimari akustik tasarımda kullanılabilecek veriler derinleştirilmiştir.

Dördüncü bölümde Dokuz Eylül Üniversitesi İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda yürüttüğümüz akustik belgeleme çalışmasının sonuçları tartışılmıştır. Sonrasında akustik iyileştirme için tasarım aşamasında kullanılabilecek ve özellikle DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu söz konusu olduğundan yapı bütünlüğünü bozmayacak iç mimari müdahaleler daha detaylı incelenmiştir. Belirlenen akustik sorunların çözümüne yönelik olarak, incelenen malzeme gruplarından seçilmiş örnekler ile çözüm önerileri geliştirilerek akustik model üzerinden etkinlikleri değerlendirilmiş ve yine verilerine bu bölümde yer verilmiştir.

Özetle; çalışma kapsamında kullanılan yöntemler ve sıralaması, literatür analizi ve veri okuma, yerinde yapılan akustik ölçüm ve mimari belgeleme çalışmaları, akustik verilerin değerlendirilerek sorunların tespiti, çözüm önerileri geliştirilmesi ve bu önerilerin üç boyutlu mimari model üzerine işlenerek, akustik model üzerinden etkinliklerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

Beşinci ve son bölümde ise toplanan tüm verilerden ulaşılan sonuç açıklanmıştır. Bu sonuca göre, kapalı yüzme havuzlarında akustik iyileştirme işlemlerinin gerekliliği vurgulanmıştır. İleriki çalışmalarda yapısal olarak yeni çözümlerin üretilmesi üzerine çalışmak mümkündür.

BÖLÜM 2

KAPALI YÜZME HAVUZLARINDA MİMARİ TASARIM

2.1 Kapalı Yüzme Havuzlarının Tarihsel Gelişimi

Arkeolojik kanıtlar, MÖ 2500 gibi çok erken tarihlerde yüzme için özel alanlar olduğunu göstermektedir. Şu anda Pakistan Mohenjo-daro'da bulunan 5000 yıllık tarihi “the great bath” havuz yapısı olarak ilk örnek olarak gösterilebilir (Wilkinson, 2015; Culley ve Pascoe, 2009). Zemininde bitişik nizamda su geçirmeyecek kadar sıkı tuğla ile örülmüş derzlerde alçı sıva yapılmış ve aynı işlem duvarlarda da uygulanmıştır. Daha su geçirmez olması için tuğla yüzeylerin altında doğal katrandan bir katman daha olduğu düşünülmektedir. 12x7 metre boyutlarında 2,4 metre derinliğindedir. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere uzun kenarından kısa platformlar yapılmış böylece su seviyesi düştüğünde suya değmeden su alınabilmektedir. Bu yapının esas amacı yağmur suyunun biriktirildiği su deposu olmasıdır. Ancak ilk havuz olarak literatürde geçmesinin sebebi dini seremonilerde insanların içine girmesidir (Kenoyer, bt; Culley ve Pascoe, 2009).



Şekil 2.1 The Great Bath (Britannica, bt).

Yine arkeolojik kanıtlara göre, havuz yapıları sayısal olarak Yunan ve Roma kültüründe yoğunluk göstermektedir. Öncelik olarak temizlenme ve arınma amaçlı dini seremoniler için kullanılan bu yapılar zamanla sportif olarak gelişimin parçası

olmuştur (Britannica, bt). MÖ 36 yıllarına ait Japonya’da yüzme yarışlarına ait veriler bulunmaktadır (The history of swimming pools, bt).

Zaman geçtikçe havuzlar sadece temizlenme mekanları olmaktan çıkmış lüksün ve zenginliğin sembolü haline gelmiştir. Antik yıllarda suyun kendisi zaten bir varlık göstergesi olduğundan dolayı havuzlar sayısal olarak da artış göstermiştir. Bu artış antik Yunan mimarisinde Palaestras olarak adlandırılan, kolonlarla çevrili evin avlusu diyebileceğimiz bu mekân yağmur suyu birikimiyle genellikle yüzme ve sosyalleşme alanları olarak kullanılır. Ayrıca boşaltıldığında ve kumla doldurulduğunda güreş ve benzeri spor aktiviteleri için de kullanışlı alanlardır. Bu göz önünde olan spor alanı Yunan ve Romalı ordular için fiziksel gelişim alanları olarak da değerlendirilmiştir. Yunan filozof Eflatun(plato) ya göre her çocuk matematik, yazma ve astronomi dersleriyle beraber yüzme öğrenimi de eğitimin önemli bir parçasıdır (The history of swimming pools, bt).

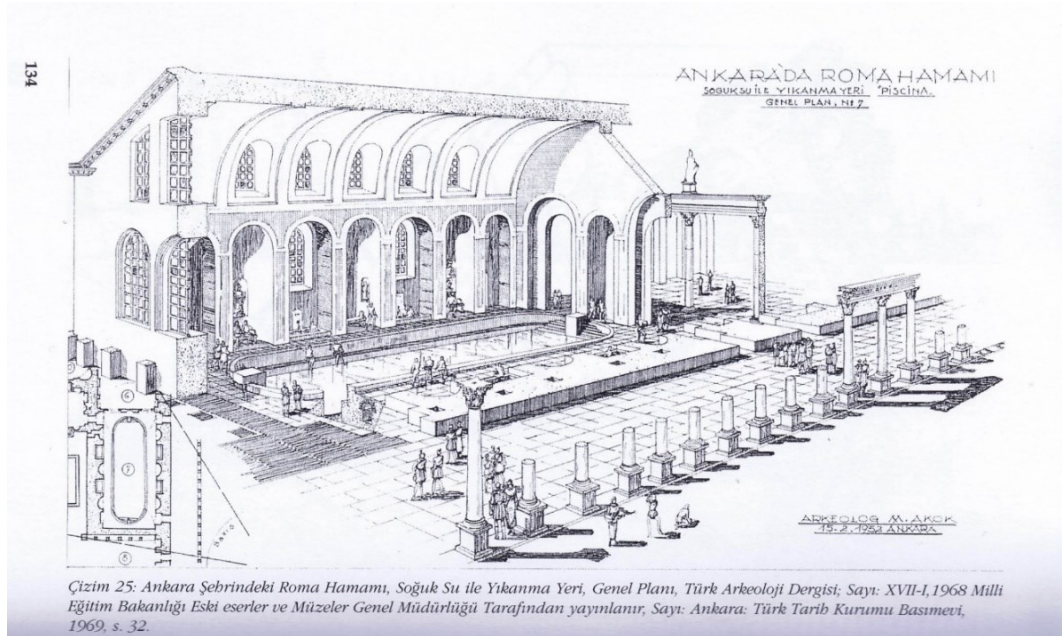
Yunan mimarisinden sonra antik Roma mimarisinde bu yüzme havuzları bir üst seviyeye taşınmıştır. Romalılar, termal kaynak suyunun kullanımıyla, mermerle kaplanmış ve süslü heykeller ve fresklerle süslenmiş tasarımda abartılı ve lüks hamamlar tasarlamışlardır. Roma halkları zenginleştikçe, mimarlar ziyafetlerin ve hatta toplanma faaliyetlerin odak noktası olacak yüzme havuzları tasarımları için görevlendirilmiştir. Bu gösterişli yapay su birikintileri, yüzme havuzlarını hamamlardan ayrılarak Roma'nın ultra elit kesimine hitap etmektedir (A history of swimming pools, bt). Bu sayede yüzme havuzları kültürel ve sosyal bir kimlik de kazanmıştır. MS 306 yılına ait Roma'daki “The Baths of Diocletian” (şekil 2.2) ilk hacimsel açıdan en büyük havuz olarak *Architectural Review* dergisinde bahsedilmektedir. Bir hamamda ilk kubbe kullanımının örneklerindendir (Wilkinson, 2015).



Şekil 2.2 MÖ.306 yılında Roma'daki 3000 kişi kapasiteli Bath of Diocletian (Wilkinson, 2015)

Palaestra çatısı açık olan örnekler sayesinde su toplama ve aydınlatma açısından işlevsel olan tipolojinin aynı zamanda üstü tamamen kapalı versiyonları da mevcuttur. Kapalı örnekler M.Ö. 5-4. Yüzyıllarda ortaya çıktığı belirtilmektedir. Kapalı hacim gerekliliğinin Gymnasium'un palaestra ile birleşmesinden ortaya çıktığı varsayılmaktadır. Vitruvius'da, Yunan jimnastik esaslarında olduğu üzere egzersiz sırasında yağlanıp tozlanıldığından sonrasında temizlenmek için sıcak su olan yıkanma ünitelerinden bahseder (Heyik, 2019). Yani kapalı mekân tasarımının temel amacı sıcaklığı koruyabilmektir. Su ile ilgili eylemlerin birçoğunda insan vücudu çıplak veya çıplığa yakın olduğundan hacmin sıcaklığı önem arz etmektedir. Bu çatılar genellikle solid ve eğimlidir. Eğimli olmasının sebebi rutubeti kolaylıkla atabilmesi içindir (Apaydın, 2009).

Romalılar için hamamlar temizlenme işlevi ötesinde egzersiz, sohbet ve felsefi tartışmaların, eğlenme, sosyalleşme, sağlık ve dinlenme gibi işlevleri yerine getiren sosyal kimlik özellikleri bulunan yapılarıdır. Yönetimin yatırımı sayesinde yapılabilecek bu hacimler bir nevi güç gösterisi ve yönetim ile halkı bağlayan yapılarıdır. Şekil 2.3'te görüldüğü üzere zevkli, estetik ve sağlıkla ilişkilendirilen mekanlar olduğundan "halkın sarayları" olarak nitelendirilmiştir (Heyik, 2019)



Şekil 2.3 Ankara Roma Hamamı (Heyik, 2019)

Romadan başlayan geleneksel hamam mimarisi, İslam mimarisinde dini işlevlere hizmet edecek şekilde yeniden yorumlanarak kullanılmıştır. Türkiye’de birçok örneği bulunan hamam yapılarının en dikkat çekenlerinden biri İstanbul’daki *Haseki Hürrem Sultan Hamamı*’dır (Wilkinson, 2015). İslami hamam yapıları penceresiz, filgözü adı verilen delikli kubbeleri bulunmaktadır. Bu yapının en önemli özelliği ise mimariye kazandırdığı bu termal pencerelerin kullanımıdır. Hamamların akustik performanslarına dair yapılan literatür araştırmasında ise en önemli çalışma Tavukçuoğlu ve arkadaşları (2011) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada ele alınan Şengül Hamamı ve Kadı Hamamı’nın özgün versiyonunda bulunan ses yutuculuğu yüksek tarihi kireç sıvası sayesinde müzikal etkinliklere uygun ortamlar olarak nitelendirilmişlerdir.

İlk dönemlerde genel yıkanma ritüelleri için genellikle göl ya da akarsuların kullanıldığı belirtiliyor (Başaran, 1997). Anadolu kültüründe ise özellikle İstanbul ve İzmir olmak üzere bazı büyük şehirlerimizin kıyılarında denizden yapılan havuzlar mevcuttur. Deniz hamamı denilen bu tahta havuzlar Osmanlı döneminde popülerdir. Ahşap deniz hamamlarının yüzme sporunun sevilip, yerleşmesinde önemli rolü olmuştur. Kıyılarda denizlere çakılan ağaç kazıkların arasına tahta perdeler çakılarak yapılan tahta havuzlarda yaz aylarında İstanbul ve İzmir halkı yüzme sporu yapmaktaydı. En çok rağbet görenleri İstanbul’daki Moda, Boğaziçi ve Kadıköy İzmir’deki Güzelyalı Alsancak ve Karşıyaka kıyılarında bulunmaktaydı (Yürekli, 2012).

1400’lü yıllarda Katolik kilisesi yüzmeyle ilgili yasaklar getirmiştir. Bu sebeple kayıtların azaldığı karanlık bir dönem yaşanmıştır. 19. yüzyıla kadar önemli bir gelişme yaşanmamıştır. 19. yüzyılda havuzlar için önemli gelişmelerin sahnesi İngiltere olmuştur. Love (2007)’in araştırmalarına göre bu gelişmeler 1700’lü yılların ikinci yarısında başlamıştır. Bu yıllarda yüzme daha fazla bir spor dalı olarak görülüyor. Faaliyeti kanıtlanabilir ilk örnek olarak 1743’te açılan, açık hava havuzu, *Pearless Head Pool* gösteriliyor. 1810’da ise ilk kez bir devlet okulunda *Duck Puddle* adlı bir havuz açılmıştır. Bu havuz büyük ölçülere sahip olduğundan diğer havuzlar açılması açısından teşvik edicidir (Love, 2007).

Yüzme havuzlarının gelişimi açısından en önemlisi ise 1828 yılında, Liverpool’da bulunan sivil bir kuruluş tarafından açılan *St. George’s Baths* Kapalı yüzme havuzudur. Love (2007)’a göre havuz doğrudan Mersey Nehri’nden alınan su ile doldurulmuştur. Büyük ihtimalle sadece daha temiz ve güvenli bir yüzme ortamı amaçlandığı düşünülüyor (Love, 2007).

1828 yılında başlayan, yine İngiltere’de, yüzme açısından diğer bir büyük gelişme kulüp sistemine geçilmesidir. Ağustos 1846’da parlamentoda kapalı alanda yapılacak ıslak hacimlere dair kapsam genişletilince spesifik olarak havuzlar belirtilmese de bir çeşit izin doğmuştur. Bu sayede 1850’lerde ve 1860’larda, birçoğu oldukça uzun ömürlü olan çok sayıda yüzme kulübü İngiltere genelinde kuruldu (Culley ve Pascoe, 2009).

Bugün kullanılan havuz teriminin tam karşılığı olabilecek modern havuz yapılarının ilklerinden biri 1920’li yıllarda Amerika’da inşa edilen *Deep Eddy Yüzme Havuzu*’dur. Bu alan aslında Kolorado Nehri’nin bahar aylarında taşarak bir çukur dolusu suda insanların yüzmesiyle başlamış. Ekonomik kriz yaşanan bir zamanda yoğun kullanıldığı için potansiyel bulunan bu arazide beton havuz, kabinler ve kamp alanları yapılarak tesis haline getirilmiştir (The history of swimming pools, bt).

Avrupa ve Amerika’da olduğu gibi yüzme sporu tüm dünyaya hızla yayılmıştır. İlk resmi yüzme yarışı 1837 yılında Londra’da gerçekleşmiştir (tez aydınlatma). Diğer bir önemli gelişme ise 1896 yılında Atina Olimpiyatlarında ilk kez olimpiik branş eklenmesidir (Yürekli, 2012). Bu yarışlar nedeniyle ortak bir dil olması adına standartları belirleyen bir kurum gerekliliği doğmuştur. Londra olimpiik oyunları sırasında 19 Temmuz 1908’de FINA (Fédération Internationale de Natation) kurulmuş, yüzme havuzlarına ve yüzme sporuna dair standartlar belirlenmiştir. Günümüzde de hala bu kurum standartları organize edip denetimi sağlar (Federation Internationale de Natation, 2017). Yüzme havuzları, günlük yüzme sporunun gerçekleştirildiği, yerel veya uluslararası düzeyde yarışmaların yapıldığı yapılardır. Bu yapılar kişisel olarak kullanımın yanında eğitim kurumu olma özelliği de taşımaktadır. Bunun sebebi, genellikle bir yetişkin aktivitesi olarak görülen yüzmenin çocuk gelişimi açısından öneminin son yıllarda artması ve doğumdan itibaren yapılabilecek yegâne sporlar arasında yer almasındandır (Sayın, 2008).

Duvarlar: Uç duvarlar yüzme parkuru ve su yüzeyine dik açıdadır. Rakiplerin temas etmemelerini ve tehlikeye girmeden dönmelerini sağlamak için su yüzeyinin 0,8 m altına inen kaymaz bir yüzeye sahip sağlam bir malzemedan yapılmıştır (Federation Internationale de Natation, 2017).

Havuz duvarları boyunca dinlenme çıkıntılarına izin verilir. Su yüzeyinden en az 1,2 m altında bulunurlar ve 0,15 m genişliğe kadardır. Hem iç hem de dış çıkıntılar kabul edilebilir, ancak iç çıkıntılar tercih edilir (Federation Internationale de Natation, 2017).

Oluklar havuzun dört duvarına da yerleştirilmiştir. Uç duvar (kulvar başı) olukları monte edilirse, dokunmatik panellerin su yüzeyinden (akışa uygun eğimle) 30cm gereklidir. Uygun bir ızgara veya elek ile kaplanmalıdır (Federation Internationale de Natation, 2017).

Kulvar: FINA kurallarına göre Dünya Şampiyonası 8 kulvarlı, Olimpiyat Oyunları ise 10 kulvarlı havuzlarda gerçekleştirilir. Kulvarlar minimum 2,5m genişliğindedir, ancak kenardaki iki kulvar genişliği yüzücülerin hareketlerindeki etkilenmelerden dolayı daha geniş yapılmalıdır (Federation Internationale de Natation, 2017).

Kulvar halatları: 8 şeritli bir havuzda, şeritli halatlar parkurun tam uzunluğunu uzatır ve her bir uç duvarda, uç duvarların içine gömülmüş ankraj braketlerine sabitlenir. Ankrajlar, havuzun her bir uç duvarındaki yüzmeler suyun yüzeyinde kalacak şekilde konumlandırılmıştır. Her şerit ipi uçtan uca yerleştirilmiş yüzerlerden oluşur. Halata yerleştirilen boncuklar minimum 0,10 m 0,15 metre çapa sahiptir (Federation Internationale de Natation, 2017).

Bir yüzme havuzunda şerit boncuk renkleri aşağıdaki gibidir:

- Şerit 1 ve 8 için iki yeşil boncuklar.
- Şerit 2, 3, 6 ve 7 için dört mavi boncuklar.
- Şerit 4 ve 5 için üç sarı boncuklar.

Havuzun her bir ucundan 5 metreye kadar uzayan boncuklar kırmızıdır. Havuzun her bir bitiş duvarından itibaren 15m'lik işaret ile (bayraklar) yüzer yerler belirtilir. 50 metrelik havuzlarda yüzenler 25 metrede belirtilir (Federation Internationale de Natation, 2017).

Atlama Platformu: Başlangıç platformları, su yüzeyinin 0,5m 0,75m yüksekliğindedir. Yüzey alanı en az 1,5 m² ve kaymaz bir malzeme ile kaplanmıştır. Maksimum eğim 10 derecedir. Platformlar sağlam ve yaylı etkisi yoktur (Federation Internationale de Natation, 2017).

2.3 Kapalı Yüzme Havuzları Fiziksel Konfor Koşulları

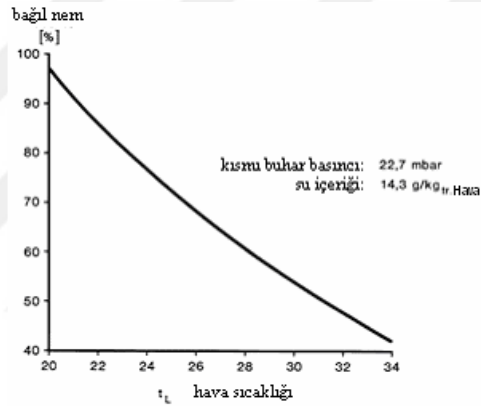
Kapalı yüzme havuzları konfor koşulları açısından özel yaklaşımlar gerektirmektedir. Havuz kullanıcılarının neredeyse hiçbir kıyafet olmadan yaptıkları egzersizden dolayı bu hacimlerin koşullarının stabil ve düzenli olması gerekmektedir. Yapı hacminin belirleyicisi, havuz boyutları ve seyirci alanı bulunduğu kapalı yüzme havuzları genellikle büyük hacimli yapılar olarak tasarlanmaktadır. Ayrıca denge havuzu gibi görünmeyen yapısal eklentiler de mevcuttur. Bu ve benzeri durumlardan dolayı konfor koşullarının kontrol altına alınabilmesi açısından yapısal zorluklarla karşılaşmaktadır. Sonraki başlıklarda bu konfor koşulları ile getirdiği yapısal gereklilikler ve karşılaşılabilecek zorluklar açıklanmıştır.

2.3.1 Kapalı Yüzme Havuzlarında Sıcaklık ve Nem Gereklilikleri

Öncelikle havuz suyunun steril olması ve bu durumun sürekliliği gerekmektedir. Bu durum için mekanik tesisat ve kimyasallar kullanılmaktadır. Bu kullanılan kimyasallar yapı malzemelerine zarar verebilmekte bu durum dayanıklı malzeme seçimini zorunlu hale getirmektedir. Ayrıca, iç mekân suyun sürekli buharlaşmasından dolayı nemlidir ve su yalıtımı önemli bir tasarım ölçütüdür. Bu sebeple hem neme dayanıklı hem kullanılan kimyasallarla tepkimeye girmeyen hem de kolay temizlenen malzeme örnekleri olarak seramik ya da mermer gibi sert yüzeyli, aşınmaya dayanıklı malzemeler sıklıkla tercih edilmekte ve büyük yüzey alanları oluşturmaktadır. Benzer durum aynı zamanda tribün koltukları için de geçerlidir.

Sıcaklık ve nem, kullanıcıların (yüzücülerin) vücut sıcaklıklarının korunabilmesi için önemli bir konfor koşuludur. Bu koşulu sağlayabilmek için hem su sıcaklığı hem de hava sıcaklığı stabilize edilmektedir (Yürekli, 2012). FINA standartlarına göre su

sıcaklığı 25-28 derece arasında seyretmelidir. Sudan çıkan kullanıcının vücut yüzeyindeki suyun buharlaşması sonucunda üşmesi ihtimaline karşı ortam sıcaklığı suyun sıcaklığından 2-4 derece daha fazla olmalıdır ve maksimum 32 derece olabilir. Ortamdaki nem oranını sınırlayıcı iki unsur bulunmaktadır. Yapıdaki metal veya ahşap malzemelerin herhangi bir zarara uğramaması için bağıl nem %40 ile %60 arasında tutulmalıdır (Federation Internationale de Natation, 2017). Diğer sınır ise nemden dolayı elbisesiz insan için ortamın bunaltıcı olması. Şekil 2.5'teki grafiğe göre yorumlarsak ortam sıcaklığı 26 derece olan bir havuz ortamının nem oranı %65 den düşük olmalıdır. Kapalı yüzme havuzları için gerekli sıcaklık ve nem dengesinin sürekliliğinin sağlanabilmesi için iklimlendirme ve HVAC sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. (Arıcı ve Seçilmiş, 2007).



Şekil 2.5 Kapalı Yüzme Havuzlarında nem/sıcaklık ilişkisi grafiği (Arıcı ve Seçilmiş, 2007)

Kapalı yüzme havuzlarında duvardaki izolasyon düşünüldüğünde ilk akla gelen ısı izolasyonudur. Bu yalıtım yapılırken kullanılacak malzemeler yoğunluğu, buhar geçiş katsayısı, mekanik etkilere dayanım ve yangın dayanımı gibi özellikleri dikkate alınarak seçim yapılır. Özellikle suyla temas eden bölümlerde bu kısıtlar dikkate alınır ve gözenekli mineral esaslı malzemeler kullanılmaz. Bu sebeplerle genellikle XPS ve EPS tercih edilir. Bu uygulamada en önemli olan şey ısı köprülerinin engellenebilmesi için tümünden yalıtım yapılmasıdır (Yürekli, 2012).

2.3.2 Kapalı Yüzme Havuzlarında Aydınlatma Gereklilikleri

Aydınlatma ise diğer bir konfor koşuludur. Aydınlatma doğal ve yapay olmak üzere iki çeşittir. Kapalı yüzme havuzları genellikle gün içinde yani güneşin olduğu saatlerde daha yoğun olarak kullanılmaktadır (Sayın, 2008). Bu sebeple bu saatlerde doğal aydınlatmadan yararlanmak hem sürdürülebilir hem de ekonomik bir çözüm sağlar. Ancak bu aydınlatmanın kontrolsüz olması istenmeyen kamaşmalar olmasına sebebiyet verebilir. Kamaşmalar sonucunda en çok yüzücüler olmak üzere seyirciler, antrenörler ve kayıt yapan kameraların çekim kalitesi etkilenebilir. Bu olumsuzluklar ışık ışınlarının su ya da parlak bir yüzeyden yansımalarıyla da yaşanabilmektedir. Bu sebeple genellikle duvarlarda saydam yüzeyler tercih edilir ve özellikle çatıda ışığı geçirgen bir malzeme kullanıldıysa fazladan önlem almak gerekmektedir. Yapay aydınlatma su altı ve su üstü olmak üzere iki çeşittir. Su altı aydınlatmalar sportif havuzlarda pek fazla tercih edilmemektedir. Yarışma havuzları için su üstü aydınlatma elemanı olarak ise yüksek yoğunluklu HID boşalımlı lambalar kullanılır. HID lambaları çok çeşitlidir ama özünde hepsi bir tüpün içine elektrikle doldurulan gaz ve buhar ile üretilir. Diğer aydınlatma elemanlarına göre daha uzun ömürlüdür. Bu elemanların lux derceleri ve bulunması gereken minimum yükseklikleri yine FINA ve DIN standartlarına göre belirlenmiştir. Genellikle gözlenen armatür ise dairesel yansıtıcı armatürdür. Genellikle çelik konstrüksiyonlu tavanlarda kullanılır. Su yüzeyinin oldukça yansıtıcı olmasından dolayı aydınlatmanın homojen olması zorlaşmaktadır. Çözüm önerisi olarak aydınlatma elemanları, su yüzeyini direk aydınlatan elemanlar ve diğer bölgeleri aydınlatanlar olarak ayrıldığında ilk gruptaki ışık kaynaklarının gücü diğerlerine göre azaltıldığında homojenliğin yakalanabilir olduğu gözlemlenmiştir (Sayın, 2008).

2.3.3 Kapalı Yüzme Havuzlarında Akustik Konfor ve Akustik Ortam Koşullarını Etkileyen Parametreler

Önemli bir diğer konfor gerekliliği ise akustik konfor koşullarının sağlanmasıdır. Literatürdeki araştırmalar incelendiğinde akustik konfor koşulları odaklı araştırmalarda spor salonlarıyla ilgili çalışmalar yoğun olarak yapılmıştır. Çünkü bu

yapılar fonksiyonel gerekliliklerinden dolayı büyük hacimler olduklarından ve şehir hayatında halka açık bu büyüklükte hacimlerin, çok sayıda olmamasından dolayı başka işlevlerde de kullanılmaktadır. Özellikle okul kompleksi içinde bulunan spor salonları spor aktivitelerinin yanı sıra diploma törenleri, konferans, konuşma ve müzikal etkinlikler için de kullanılmaktadır (Ulusoy ve diğer., 2013). Bütün bu aktivitelerin akustik olarak ayrı ayrı gereksinimleri olmasına rağmen, spor salonlarında bulunması gereke konfor koşullarının sağlanmasında engel teşkil edebilmektedir. Kapalı yüzme havuzları ise bu kadar çeşitli faaliyetler için kullanılırsa da seyirci alanının büyüklüğünden dolayı farklı fonksiyonlar için de kullanılabilir bir hacimdir. Ancak farklı işlevler için kullanılırsa dahi işitsel iletişime ihtiyaç duyulan tüm mekanlarda akustik koşulların düşünülmesi ve işitsel konforun sağlanması büyük önem taşımaktadır. Kapalı yüzme havuzlarında gereken önemin verilmediğini söylemek yanlış olmayacaktır. Mimari tasarım ile yürütülmesi daha sağlıklı sonuçlar verebilecekken iç mekân tasarım sürecinde yapılan müdahaleler kullanılabilecek çözümlerin sınırlandırılmasına ve böylece yapının potansiyel olarak elde edebileceği akustik kalitenin sağlanamamasına sebep olmaktadır. Çünkü özellikle kapalı mekanlarda hacmin akustik kalitesini sadece kaplama malzemelerinin özellikleri değil hacmin boyutları ve biçimlenişi de belirleyen faktörlerdendir.

Bu noktadan hareketle, mimari tasarım sürecinin bir parçası olarak akustik tasarım; kaynaktan çıkan sesin tüm alıcılara nitelik ve nicelik açısından optimum kalitede ulaşmasını sağlamak ve mekânın istenmeyen seslere karşı korunmasıdır (Çalışkan, 2014). Akustik tasarıma mekânın işlevi ve işlevin gereklilikleri yön vermektedir. Örneğin incelenen örnekler arasında doğal ışığın çatıdan alındığı kapalı yüzme havuzlarında asma tavan yapımına karşı çıkmıştır. Kapalı yüzme havuzlarında çatının sistemi hem seyirci hem de yüzücüler için oldukça önemlidir. Sırt üstü yüzen sporcular bazen çatıdaki elemanlara bakarak bayrak gibi diğer havuz elamanlarına da yaklaştıklarının farkına varabilmektedir. Bu sebeple bazı yapılarda asma tavan çözümleriyle akustik iyileştirme işlemleri yapmak uygun değildir.

Örnekler incelendiğinde akustik tasarım uygulanan stadyum, spor salonları ve yüzme havuzlarında polikarbon membran gibi malzemeler ve sistemler tercih edilmiştir. Hem müzik hem de konuşma odaklı mekanlarda da tercih edilen bu malzeme birçok açıdan farklı fonksiyonlarda akustik iyileştirme işlemleri için tercih

edilmektedir. Böyle malzemelerin ve sistemlerin tercihi yapılırken dikkat edilen kriterler koşulları özetle;

- İşleve uygun arka plan gürültü düzeyinin sağlanması,
- Mekânın fonksiyonuna/ programına uygun yansım özelliklerine sahip olması,
- Oluşan sesin fonksiyona/ programa uygun berrak/net ve yüksek ya da gür olması (yeterli toplam ses basın düzeyi elde edilmesi) ve mekân içerisinde konumlara göre büyük değişimler göstermemesi,
- Elektro-akustik güçlendirme söz konusu olan durumlarda ise seslerin aslına uygun olarak/ bozulmadan dinleyiciye ulaştırılması,
- Mekân içerisinde akustik kusurların (yankı, vurgusal yankı, odaklanma vb.) bulunmaması olarak sıralanmaktadır (Çalışkan, 2014).

Öte yandan bir diğer gürültü kaynağı da tezahüratlardır. Futbol basketbol gibi sporlarda tezahürat sporcular tarafından istenilen ve sevilen bir durum olarak gözlemlense de tenis gibi bazı sporlarda ise tam bir sessizlik uygulandığı uluslararası müsabakalarda gözlemlenebilmektedir. Kapalı yüzme havuzlarındaki yarışlar sırasında ise yüzücünün kafası sürekli su içine girip çıktığından bu tezahüratlar zaten anlaşılamayacağından genellikle rastlanmaz. Ancak tenisteki gibi tam bir sessizlik ortamı da gözlemlenmeyebilir. DEÜ kapalı yüzme havuzuna yapılan ziyaretlerde yerel yüzme yarışları gibi kişi sayısının çokluğuna bağlı olarak bu kişilerin kendi aralarında yaptığı konuşmalar neticesinde uğultu oluştuğu gözlemlenmiştir.

Ayrıca kapalı yüzme havuzunda yapılan acil durum anonslarının duyulabilmesi için de ses sistemleri kullanılmaktadır. Yapılan anonsların anlaşılabilirliği de bu yapılar için dikkat edilmesi gereken bir akustik tasarım kriteridir. Kapalı yüzme havuzlarının biçimi, hacmi ve materyal yüzeyleri işitsel konforu sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Kapalı yüzme havuzları genellikle okul komplekslerinde yer alsa bile özel gerekliliklerinden dolayı ayrı yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca genellikle ısı konfor koşullarını stabil tutabilmek adına güçlü izolasyon yöntemleri hali hazırda tercih edilmektedir. Bazı durumlarda spor salonlarıyla yan yana çözümler de

gözlemlenebilmektedir. Bu anlamda, dış gürültü düzeyi etkileri açısından yapı kabuğu tasarımı önem kazanmaktadır.

Yapıların, özellikle konuşma ve/veya müzik fonksiyonlu mekanların akustik tasarımı ve değerlendirilmesi aşamalarında çeşitli öznel ve nesnel parametreler kullanılır. Bu parametrelerden, anket gibi istatistiksel verilerle belirlenen kişisel değerlendirmeler öznel, ölçme ve hesap verileriyle açıklananlar ise nesnel olarak tanımlanabilir. Hacim akustiğinde yapılacak değerlendirmelerde mekânın fonksiyonu ve gerekliliklerine göre parametreler seçilir ve her parametrenin ayrı bir optimum değeri bulunmaktadır (Sözen, 2008).

Hall (2016)'ın yaptığı araştırmanın öznel kısmında arka plan gürültüsünün akustik bilgilere sahip olan ve olmayan kişiler üzerinde yaptığı anket ilgi çekicidir. Kısaca anlatmak gerekirse ortamda kısa süre bulunan kişilerde kısa süreli bunalmalar gözlene de uzun saatler bu hacimlerde çalışan kişilerde baş ağrıları ve yorulma gibi daha uzun süreli şikayetler gözlenmiştir. Ayrıca ortamdaki gürültü yoğunluğundan dolayı iletişim kurmak adına kullanılan düdük ve alkış gibi seslerin de iletişim için bazı durumlarda yetersiz kaldığından bahsedilmektedir.

Kısacası öznel parametreler incelendiğinde özellikle antrenörler ve diğer çalışanlar uzun süreli gürültüye maruz kalmaktadırlar. Seslerin istenmeyen versiyonun yani gürültünün ise sağlığa negatif etkileri mevcuttur. Gürültü kişilerin fizyolojik ve psikolojik dengelerini bozabilen, iş performansını azaltan, iç mekanlarda ya da açık alanlarda hayatımızı etkileyen bir faktördür. İnsan sağlığına olan etkileri;

- Gürültüye bağlı işitme bozukluğu (duyma eşiğinde yükselme)
- Konuşmanın engellenmesi (arka plan gürültüsüyle alakalı)
- Gürültünün uyku düzenine etkisi
- Kardiyovasküler ve Fizyolojik etkileri (yüksek tansiyon vb.)
- Ruh sağlığı üzerine etkileri
- İş performansı üzerine etkileri (konsantrasyon dağınıklığı gibi)
- Konut alanlarındaki genel davranış ve rahatsızlık üzerine etkileri
- Birleşik gürültü kaynaklarının etkileri
- Gürültüye hassas olan toplum grupları (otizm vb.) tarafından gözlemlenen etkiler olarak sıralanabilir (Demirkale, 2007).

Bahsi geçen etkiler oldukça ağır ve kimi zaman zararları uzun vadede ortaya çıkmaktadır ve gürültü önemli bir çevre kirliliği etkeni olarak ele alınmalıdır. Pek çok ülkenin gürültü kontrolü ve denetimine yönelik optimum ve sınır değerlere ilişkin yönetmelikleri bulunmaktadır. Gürültü tanımı aslında kişiye göre değişkenlik gösterdiğinden öznel bir tanımdır. Ancak sesin frekansı, şiddeti, basıncı gibi ölçülebilen değerlerin işitme organlarına verdiği zarara göre belirli parametreler ve sınır değerler belirlemek mümkündür. Bu sebeple hem nesnel parametrelerle hem de öznel parametrelerle değerlendirme yapmak mümkündür.

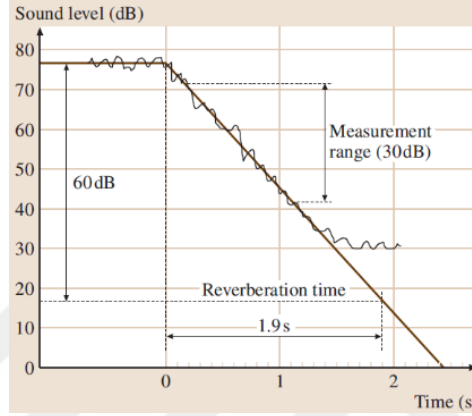
Literatür özetinde de belirtildiği gibi spor salonları ve yüzme havuzları en çok hacim akustiği açısından irdelenmiştir. Kapalı yüzme havuzlarında, konuşmanın anlaşılabilirliği üzerine yapılan çalışmalar doğrultusunda belirlenen değişkenler farklı kategoriler altında incelenebilir. Konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilgili değişkenler, akustik enerji oranına bağlı yöntem, ölçme tabanlı yöntem ve deney tabanlı yöntem olmak üzere üç kategoride incelenmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, kapalı yüzme havuzlarının değerlendirilmesinde konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilgili değişkenler olarak; yansıma süresi (RT) ve arka plan gürültü seviyesi (L_{Aeq}) parametreleri değerlendirilmiş ve bu parametreleri etkileyen kapalı yüzme havuzuna ait etmenler belirtilerek literatürde geçen çözüm önerilerinden bahsedilmiştir.

2.3.3.1 Yansıma (Reverberasyon) ve Mekânsal Belirleyicileri

Bir mekânda bulunan ses dalgaları doğrultulu ve yayınlı ses olmak üzere iki tür olarak incelenmektedir. Kaynaktan çıktıktan sonra hiçbir engelleme takılmadan direkt olarak dinleyiciye ulaşan ses “dolaysız ses” ve yüzeylerden yansıyan ses ise “yansımış ses” olarak adlandırılmaktadır. Yansımış ses ve dolaysız ses değişik oranlarda birleşerek mekandaki toplam sesi oluşturur. Toplam ses düzeyinin yeterliliği bahsi geçen hacimlerdeki gerekli aktivitelerin tüm özelliklerinin algılanabilmesi açısından önem taşımaktadır ve arka plan gürültü düzeyi, mekandaki sesin frekans aralığı ve türü ayrıca hacimdeki yüzeylerin yansıtıcılığı ile bağlantılıdır.

2.3.3.1.1 Yansışım Süresi (Reverberation Time) (RT); $T_{60}(s)$ $T_{30}(s)$, $T_{20}(s)$.

Yansışım süresi, belirli bir hacimdeki ses kaynağının kapatılmasından sonra sesin basınç seviyesinin 60 dB azalması için geçen süre olarak tanımlanır. Uzun yıllardan beri hacim akustiğinin en temel ve en çok kabul gören parametrelerden biridir. Bu tabir ilk kez Walter C. Sabine tarafından yaklaşık 100 yıl önce literatüre geçmiştir (Rossing, 2006).

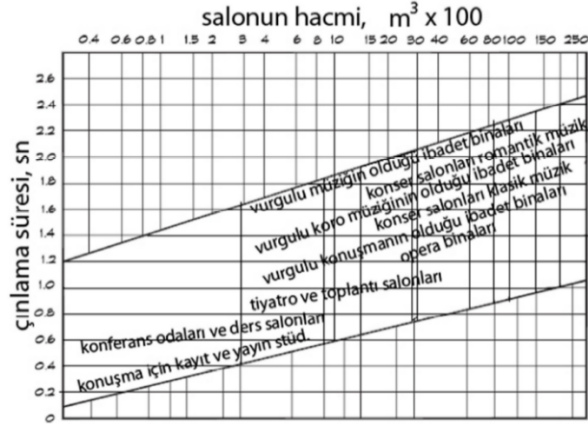


Şekil 2.6 Yansışım süresi ölçüm grafiği (Rossing, 2006)

Teoride 60 dB’lik ses değişiminin ölçülmesi zor olduğundan dolayı pratikte -5 dB ile -35 dB arasındaki değişim incelenerek hesaplamalar yapılır ve şekil 2.6’daki grafik ile ifade edilir;

Yansışım süresi (RT), hacim akustiği söz konusu olduğunda konfor koşullarını tanımlayabilmek için kullanılmaktadır. Hacmin büyüklüğüne ve mevcut yüzeylere bağlı olarak değişiklik gösterir. Genel olarak daha fazla konuşma içeren seslerde, ideal olan T değerinin mümkün olduğunca düşük olmasıdır (Long, 2006).

Belirli bir hacimde yansışım süresi yüksek olduğunda konuşma anlaşılabilirliği azalmaya başlar. Bunun sebebi ünsüz harflerin, ünlü harfler tarafından maskelenmesidir. Konser salonu gibi müzikle ilgili, hacimlerde ise yansışım süresinin yüksek değerlere sahip olması tercih edilmektedir. Bu durumun müziksel gösterilere zenginlik kattığı düşünülmektedir (Rossing, 2006).



Şekil 2.7 Yansışım Süresi ile Hacim ilişkisi (Şeker, 2014; Long, 2006)

Yansışım süresi, belirli bir mekânın tüm kullanımları için sadece bir optimum değeri olan bir parametre değildir. Değişik kaynaklara göre optimum değerlerin değerlendirilmesi değişmektedir. Literatürde kabul gören optimum değerlerle ilgili yapılmış bir grafik şekil 2.7’de verilmiştir.

2.3.3.2 Kapalı Yüzme Havuzu Hacminde Yansışım Etkileyen Faktörler

Bu parametre kapalı yüzme havuzlarının akustik koşullarını irdeleyen bütün kaynaklarda incelenmiştir. Bu sebeple bu tezin ana parametresidir. Spor salonları ve kapalı yüzme havuzlarında yansışım süresinin optimum değeri ülkeden ülkeye fark göstermektedir. Ayrıca bu büyük hacimler müzik konserleri, toplantılar gibi çok amaçlı faaliyetler için de kullanılması sabit bir optimum değerin belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle Yansışım süresinin genellikle düşük olduğu nötral mekanlar tasarlanması savunulmaktadır.

Diğer bir yandan, Iannace (2015), spor salonlarındaki yansışım süresinin yüksekliği spor aktivitelerindeki heyecan ve rekabet duygularını arttırdığı için aslında istenilen bir durum olabileceğini savunmaktadır.

Okul yapılarının akustik tasarımı üzerine 2003 yılında İngiltere’de kullanılan Department of Education and Skills (2004)’te okul mekânlarından beklenen akustik optimum değerler tanımlanmıştır. Burada, seyircisiz kapalı spor salonlarındaki yansışım süresinin orta frekans aralığında, 1,5 saniyenin altında olması gerektiği

belirtilmektedir. 2007 yılına ait İsviçre standartlarına göre 1500 m³'ten küçük kapalı yüzme havuzlarının T20 değeri 1,0 ile 1,2 arasında olmalıdır (Hall, 2016). Türkiye'de ise spor salonlarında ise optimum değer 1,8s'dir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).

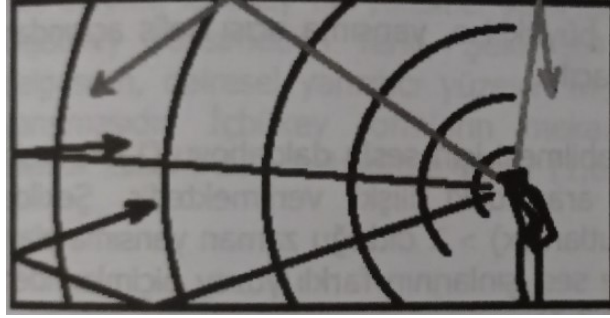
Bu standartlar ve yönetmelikler göz önüne alındığında konuşmanın anlaşılabilirliği açısından kapalı yüzme havuzları ideal koşullarda olmalıdır. Ancak literatürde daha önce yapılan ölçüm çalışmalarına göre inşa edilmiş ve kullanılan yüzme havuzlarında bu değerler yakalanamamıştır.

Yansıma süresinin bu yapılarda kontrol edilememesinin sebepleri; geniş hacimlere sahip olmaları, çatı ve plan şekli gibi geometrik özellikleri ya da nem ve sıcaklık gibi kimyasal ortam koşullarının etkisi olabileceği düşünülmektedir.

2.3.3.2.1 Yüzeylerde Kullanılan Malzeme Özellikleri (Yutuculuk Değerleri). Bir yüzeye çarpan ses enerjisi iletilebilir, emilebilir veya yansıtılabilir; bunlardan herhangi birinin miktarı, yüzeyin akustik özelliğine bağlıdır. Ses dalga ışınlarının yansıması, ışık ışınlarının yansımasıyla aynı geometrik prensiplere sahiptir. Ses dalgası farklı bir yüzeye çarptığında yansırken enerjisi azalır. Bu azalan enerji ısı enerjisine dönüşür ve bu enerjinin büyüklüğü o malzemenin yutuculuğunu belirler. Özellikle dokusu yumuşak ve gözenekli olan yüzeyler ve insan bedenleri yüksek yutuculuk özelliklere sahiptirler. Tüm yapısal malzemeler belirli oranda yutuculuğa sahiptir. Akustik konfor koşulları irdelenen mekanlarda kullanılacak malzemelerin yutuculuk değerleri ise oldukça önemlidir. Ele alınan malzemenin, belli bir frekans aralığında nasıl bir performans sergileyeceği o malzemenin yutuculuk katsayısıyla değerlendirilir. Malzemeye ait bu değerler alpha değerleridir ve α ile gösterilir. Bu değer 0 ile 1 arasında değişir ve frekans ile geliş açısına bağlı olarak değişir ve malzeme kataloglarında belirtilir. Örneğin, bir malzeme 500 Hz frekansında gelen ses enerjisinin %65'ini yutuluyor ise bu malzemenin 500 Hz' deki yutuculuk katsayısı 0,65'dir. Yani bu değer 0'a daha yakın ise yansıtıcı bir malzeme 1'e yakın ise yutucu özellikte bir malzeme olarak nitelendirilmektedir (Demirkale, 2007).

Yutucu malzemeler odadaki gürültü seviyelerini azaltmak için kullanılır. Dağıtıcı yüzeyler ise akustik açıdan ses dağıtımına ihtiyaç duyulan konser salonları gibi akustik

açından özel mekanlarda tercih edilir. Şekil 2.8, ses enerjisi herhangi bir yüzeye çarptığında ne olabileceğini gösterir.



Şekil 2.8 Yansımaların mekânda yayılması (Demirkale, 2007).

Bir kaynak tarafından oluşturulan sesin alıcı tarafından algılanan sesler direk seslerdir. Kısa süre sonra bu direk sesler çevre yüzeylere çarparak tekrar tekrar yansımaya uğrar. Alıcıya giden direk ses ile yansıyan ses arasındaki süre farkı arttıkça gürültü seviyesi yükselir. Yüzme havuzları gibi sert yüzeylerden oluşan bu hacimlerde ise yansıyan sesler rahatsız edici düzeylere ulaşabilmektedir. Bir sonraki bölümlerde bu sert yüzeylerin özellikleri detaylıca açıklanacaktır. Aşağıdaki tablo 2.1’de bahsi geçecek bazı malzemelerin 500 Hz’deki α değerleri verilmiştir.

Tablo 2.1 Kapalı yüzme havuzunda bulunabilecek materyallerin yutuculuk değerleri (Mehta ve diğer, 1999)

Beton	0,35
Alçı levha (Düz)	0,05
İnce ahşap	0,15
6 mm cam	0,03
Çelik makas	0,1
İnsan	0,56
Seramik	0,01
Sıva	0,02

İleriki çalışmalarda araştırılması için seyircilerin bu duruma etkisi üzerine çalışılması önerilebilir. Tiyatro, sinema, kongre salonu gibi akustik özellikleri ön planda olan fonksiyonlarla ilgili bu araştırmalar literatürde mevcuttur. Ancak yüzme havuzlarıyla ilgili çalışmalarda bu özellikten bahsedilmemiştir. Akustik tasarımların yapıldığı fonksiyonlarda seyirci koltukları dolu ve boş durumuna göre özellikle

tasarlanırken yüzme havuzlarında sadece plastik malzemeden koltuklar kullanıldığı için yansıtıcı yüzeylere daha fazlası eklenmekte ve istenmeyen yansımalar giderek artmaktadır.

Çeperler düşünüldüğünde akustiğe etkileyebilecek bir özelliği de o çeperde kullanılan malzemelerdir. Bu sebeple akustik tasarımda, hacim iç çeperinde kullanılacak yüzey kaplamalarının yutuculuk değerleri incelenir ve uygun malzeme seçimleri yapılır. Gerekli yerlere yansıtıcı veya yutucu malzemeler yerleştirmek hem yansımın süresini kontrol etmek için hem de form sebebiyle oluşabilecek tekrarlanan yankı, odaklanma gibi akustik kusurların önüne geçmek için gereklidir (Hall, 2016).

Kapalı yüzme havuzlarında malzeme seçimini etkileyen en önemli unsur ise kimyasallara ve neme dayanım özellikleridir. Dolayısıyla, sert ve pürüzsüz yüzeyler oluşturacak malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemeler fiziksel, kimyasal, mekanik, kullanım ve uygulama özellikleriyle oldukça karakteristik ve sınırlı seçeneklere sahiptir. Kullanılan malzemeler, hijyeninin kolay sağlanabilmesi ve havuz kimyasallarına dayanıklılığı gibi gereklilikleri dolayısıyla teknolojik ve endüstriyel gelişmelere bağımlıdır. FINA ve TSE gibi yönetmeliklerde bu malzemelere dair talimatlar bulunmaktadır. Ayrıca kapalı yüzme havuzları büyük hacimler olduğundan çatı çözümlemelerinde, kolonsuz geniş açıklıkları geçmek amacıyla korozyon ve deprem yüküne dayanabilecek hafif malzemeler tercih edilmektedir. Bu malzemeler yapısal açıdan ihtiyaçları karşılarsa da akustik konfor koşullarının kontrol altına alınmasını zorlaştırmaktadır. Çünkü gerekliliklerden dolayı sağlanan sert yüzeyler ses yutumuna olanak vermediği gibi tam tersi yansımaların artışına ve bu hacimlerdeki iletişimin zorlaşmasına sebebiyet vermektedir (Ulusoy ve diğer., 2013; Knudsen, 1951)

Öncelikle zemin kaplaması olarak seramik, fayans, mermer, mozaik vb. sert yüzeylere sahip, temizlemesi kolay malzemeler kullanılır. Bazı durumlarda kaydırmaz seramikler havuzun drenaj sonrası 50-60 cm civarı sınırlı bir çerçeve içine döşenip zeminde kalan diğer kısımlara kaydırmazlığı daha düşük olan seramik ya da mermer gibi ürünler tercih edilebilerek iki çeşit ürünle zemin döşemesi de yapılabilir. Havuzlarda suyun bazı yerlerde toplanmaması için %2'lik bir eğim olması gereklidir. Neme dayanıklı olması gereken en önemli düzlem zemin olduğundan su yalıtımı da

fazladan önem kazanmaktadır. Herhangi bir kot farklılığı olmaması için seçilen karolar mümkün olduğunca büyük tercih edilmeli ve derzleri itina ile kapatılmalıdır (Özhan, 2005). Genellikle burada kullanılan zemin kaplama malzemesi havuz girişi, ayak yıkama bölümü, duş, tuvalet ve soyunma odalarında da kullanılır. Su yalıtımı için en önemli unsurlardan biri de duvar-zemin ve duvar-duvar birleşimleridir. Bu birleşim yerlerinde ise iç bükey ya da dışbükey birleştirme elemanları kullanılabilir (Yürekli, 2012). Bahsi geçen malzemelerin tümü yansıtıcı yüzeylere sahip olduğundan yankı gibi akustik kusurlara sebebiyet vermektedir. Ancak mevzu bahis yüzme havuzunun zemini olduğu için akustik bir müdahale yapılması mümkün görünmemektedir. Diğer yüzeylerden daha fazla ve yoğunlukla neme maruz kalmasından dolayı bu bölgeye halı gibi gözenekleri olan ve yutuculuğu yüksek malzeme kullanımı hijyenik olmayacağından ötürü kullanılamaz. Literatürde ise spor salonlarında bile yapılan çözüm önerileri duvar ve çatı üzerinden tartışılmıştır.

İkinci olarak duvar malzemelerinden bahsetmek gerekir. Bazı durumlarda yerdeki seramik kaplama 1,5-2 m yüksekliğinde duvarda da devam ettirilmektedir. Onun dışında neme dayanıklı alçı sıva tercih edilmektedir. Başka bir kullanım ise doğal aydınlatmayı artırma amacıyla yapılan alüminyum ya da PVC doğramalı cam kompozit cephe uygulamalarıdır. Örneği çokça görülen bu uygulama kolay temizlenmesi, aydınlatma ve doğal havalandırma açısından avantajları olsa da buğulanma açısından dezavantajlıdır. Diğer bir dezavantaj da akustik konfor koşullarıyla ilgilidir. Cam ve pürüzsüz sıva yüzeyleri yine yansıtıcı olduklarından dolayı akustik kusurlara yol açmaktadır. Sporcuların erişebileceği noktalara kadar yine hijyenik önlemlerin devam ettirilmesi üst kısımlarda neme dayanıklı paneller kullanılması yönündedir. Ancak bu durum da tribün olan yüzme havuzlarında kullanılamamaktadır. Ayrıca şekil 2.9’da görüldüğü gibi sıcaklık ve nem dolayısıyla cam yüzeylerde ve diğer yüzeylerde su buharının bulunması da malzeme yüzeyinin yansıtıcılığı arttıracı etki yapabilmektedir.



Şekil 2.9 Buca Belediyesi havuz içinden buharlanan cam görseli (Kişisel arşiv, 2019)

Son olarak çatıda kullanılan tipik malzemelere bakarsak galvanizli çelik makaslar, metal uzay kafes sistem ile üzeri yine metal sac gibi hafif malzemeler genellikle tercih edilmektedir. Çok karşılaşılan diğer bir durum ise betonarme düz çatı üzerine duvarda kullanılan malzemenin devamlılığı sağlanarak su izolasyonu bölmek için sıvayı devam ettirmektir. Çatı malzemelerinde en çok dikkat edilen etmen korozyona dayanıklılığıdır. Korozyona dayanım uzun süreli sağlanamasa da bakıma yapılabilecek ya da parçaları kolay demonte edilebilecek malzemeler de tercih edilmektedir. Çatı kaplamasında kullanılan sac gibi ince malzemeler akustik için çok uygun değildir. Özellikle düşük frekansta titreşime müsait olduğundan yankıdan daha büyük akustik sorunlara yol açabilmektedir. Kalınlığı fazla olan ve ses titreşimlerinden etkilenmeyecek malzeme seçimi önemlidir (Hall, 2016).

Akustik olarak eleştirilebilecek diğer bir malzeme ise çatıda çok fazla cam kullanımıdır. Gün ışığının mümkün olduğunca kullanılması için tercih edilmektedir. Ancak bu durum yansıtıcı yüzeylere bir yenisini daha eklemek anlamına gelir (Nowicka, 2015). Ayrıca çatıda cam kullanımı yüzücüler tarafından dikkat dağıtıcı özellikler taşımaktadır. Bu sorunu çözerek ikincil yansıyan ışık alması için asma tavan önerilmektedir (Sayın, 2008). Aynı çözüm önerisi akustik koşulları iyileştirmek için de kullanılmaktadır. Genellikle eski spor salonlarında ve kapalı yüzme havuzlarında yeni bir akustik iyileştirme gündeme geldiğinde asma tavan çözümleri ilk akla gelen seçeneklerdendir. Gün ışığına uygun şekilde yapılmış bir tavanı tamamen kapatmak doğru olmayacağından yüzeyi tamamen örtecek malzemeler ilk elenen

seçenektir. Ayrıca kullanılacak kumaş veya alçı gibi malzemeler bu ortamdaki nem ve sıcaklığın değişkenliğinden dolayı çabuk etkilenebileceğinden tercih edilmemektedir. Hem havuz koşullarına dayanıklılık hem de yükseklikten dolayı bakım yapılması güç olduğu için yangına dayanıklılık da göz önünde tutulmaktadır. 1976 yılında yapılan Çin'deki bir spor salonunda üre formaldehit köpükten yapılan ahşap bağlantılı grid şeklinde hafif bir strüktürle akustik iyileştirme çalışması yapılmıştır (Yuan ve Yuan, 1990). Panel malzemesi olarak ise cam yünü ve perfore alüminyum paneller tercih edilebilir (Duanqi ve diğer., 1991). Bir diğer kaynakta asma tavan panellerinin seviyeleri şaşırtılarak yapılması simülasyon çalışmalarında olumlu sonuç vermiştir (Tekin, 2019).

2.3.3.2.2 Suyun Akustik Özellikleri. Mimaride su ögesinin varoluşu çok eskilere dayanmaktadır. Fiziksel olarak çoğu yapı malzemesiyle uyuşmayan ve hatta zarar veren bir unsur olmasına rağmen doğru bir kurgu ve kullanımla tasarımı zenginleştiren vazgeçilmez öğelerden biridir. Su ögesi mimari olarak çoğu fonksiyonda yıllardır kullanılmaktadır. Bunun sebebi yaşam için temel gereklilik olmasının yanı sıra imgesel, sembolik ve duygusal anlamlara sahip olmasıdır (Sakarya, 2018). Örneğin birçok dinde su ögesini içeren ritüeller bulunmaktadır. Kısacası günlük hayatımızda çokça yeri olan su en kalabalık ortak alanlardan (Avrupa meydanları gibi) en saklı özel alanlar olan evlerimizde (örneğin; geleneksel Mardin evinde eyvanda bulunan su öğeleri) mimari eleman olarak kullanılmaktadır. Özellikle görsellik ve ferahlık sağlayan su öğeleri akustik açıdan da bazı faydalara sahiptir. Bu bölümde suyun akustik ile arasındaki bağlantı irdelenmiştir.

Ses dalgasının tanımlaması yapılırken görünmez olan bu fenomenin daha iyi anlaşılması için birçok temel kaynakta genellikle su dalgasının fiziksel özellikleri üzerinden benzetme yapılır. Mesela rüzgârsız hava koşulunda durgun bir su birikintisine atılan bir taş su yüzeyine değdiği an taşın çarpma noktasından bir dalga çapı artarak ilerler. İşte bu durum bir ses kaynağından çıkan ses dalgaları için de geçerlidir (Özyıldırım, 2010). Bu örnek su ile ses arasındaki en temel bağlantı olarak gösterilebilir.

İkinci bağlantı ise suyun akustik tarihindeki yeridir. Büyük hacimlerin akustik tasarımı hakkında bilgi edinebilmek için orjinaline benzeyen küçük ölçekli modelini yaparak sesin yayılımını incelemek uzun yıllardır kullanılan bir yöntemdir. Su ve ışık dalgalarının yayılmasının çoğu özelliği ses dalgasıyla ortak olduğundan model ölçümlerinde kullanılmaktadır (Kuttruff, 1973). 19. yy ortalarında kullanılan bu yöntemlerden biri masa üzerine yapılan derinliği az bir su tankına hacmin planı ve/veya kesiti yerleştirilerek gönderilen titreşimler sonucu oluşan dokulanma üzerinden sesin nasıl yayıldığına dair veriler elde edildiği bilinmektedir (Ökten, 2010).

Birçok duyuya hitap ederek mekâna huzur, hareket, ses ve görsellik kattığından su elemanları özellikle peyzaj tasarımlarında çokça tercih edilmektedir. Serinlik renk ve ışık katmasının yanı sıra işitsel (musiki) faydaları da mevcuttur (Tanrıverdi, 1987). Su elemanları, şehir içi park, bahçe ve buluşma yerlerinde uygulanan önemli bir peyzaj bileşenidir. Su dalgalanması veya sıçrayan suyun sesi, evrensel olarak hoş bir his olarak kabul edilir. Örneğin, bir kumsalda sahile vuran dalgaların sesi veya denizin köpük köpük olması. Su elemanlarından çıkan sesler, kulağa hoş gelmesinin yanında gürültüyü maskelemek gibi daha önemli bir göreve de sahiptir. Örneğin trafiğin yakın olduğu park ve bahçelerde özellikle tercih edilen yapay şelale, göl ya da fıskiye gibi su elemanları trafik gürültüsünü maskelemek konusunda çok etkilidirler (Brown ve Rutherford, 1994).

Peyzaj alanlarında kullanılmasının bir diğer önemli sebebi ise suyun hareketliliği sonucu oluşan sesin faydalı özellikleridir. Brown ve Rutherford (1994)'un yaptığı bir araştırmada yaptıkları ölçümlere göre hareketli su strüktürleri 65 ile 85 dB arasında değişen ses düzeyine sahiptir. Yine iki şehirde bu yapılara yakın trafik vb. gürültülerin ses düzeyi ise 64 ile 67 dB arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre su öğeleri daha yüksek ses düzeyine sahip olduğundan diğer istenmeyen gürültüleri maskeleyerek başka bir mekân algısı yaratır. Bu kaynağa göre gürültünün tamamen maskelenebilmesi için su strüktürünün ses düzeyi 8 ila 10 dB daha yüksek olmalıdır. Hareketli su öğesinin çıkarttığı sesin diğer bir özelliği, gelen sesin frekans spektrumlarının aslında beyaz gürültü (tüm frekanslardaki sesler sinyalde mevcuttur ve baskın tonlar olmaksızın nispeten eşit enerjiye sahiptir) olmasıdır (Brown ve Rutherford, 1994).

Suyun akustik ile ilişkilendirebileceğimiz diğer özelliği ise suyun hava doğuşlu ses karşısında davranışıdır. Suda ses iletiminin hızından dolayı sualtı araştırmalarına dair özellikle su altı canlılar arası iletişim ve sonar gibi diğer iletişim yolları üzerine birçok çalışma mevcuttur (Rossing, 2007). Suyun sesi olduğuna dair genel yanlışlı aslında su yüzeyine yine bir su damlası düştüğünde bir miktar hava baloncucu oluşturarak önce hafif birleşme sesi ardından kabarcıktan oluşan tiz bir ses oluşması ve benzeri hava veya başka bileşenlerin denkleme eklenmesiyle oluşur (Bragg, 1921; Doel, 2005). Su yüzeyi, akustik olarak sert bir yansıtıcı malzeme görevi görür. Bu durum yüzme havuzu durgun olduğunda gözlenir. (Knudsen ve Harris, 1951). Ses dalgası yüzeye çok fazla nüfuz edemediğinden, aynı açıyla geri döner. Yüzeyden geri dönen bu ses yankı yaratır. Öte yandan, su ile hava arasındaki sınırda su kaynaklı bir ses dalgası meydana gelirse, yansıma faktörü 1'e eşittir. Su yüzeyi, akustik olarak yumuşak bir yansıtıcı gibi davranır; pozitif bir akustik basınç darbesi, yansımadan sonra bir negatif basınç darbesi haline gelir (Meyer ve Neumann, 1972). Yüzey dalgalı olduğunda ise dağılma (diffusion) gözlenir. Ses dalgası dalgalı su yüzeyi gibi düzensiz bir yüzeye çarptığında, titreşim parçalanır ve çok daha küçük parçalara bölünerek ilerler. Bu dalgalar gelen dalganın enerjisinin bölünerek, enerjisini daha hızlı tüketen birçok farklı yöne saçılır.

Sesin yutulması su ortamında, hava ortamına göre daha az yaşanır. Gaz ortamında bulunan katı veya sıvı partikülleri ses yutuculuğuna çok küçük bir miktar katkıda bulunur. Bunun tam aksine sıvı içindeki gaz kabarcıkları yüksek oranda ses emilimi sağlar. Bir gaz kabarcığı elastik bir hacim gibi davranır ve ortamda bulunan bu hareketli sistem, ses dalgası tarafından zorla titreşime sokulur. Gaz hacminin değişken ısı olması ve hacim değişikliği nedeniyle, gaz kabarcığının titreşimi ses dalgasının enerjisinin kaybına yol açar. Isı değişimi bu değişimin ana kaynağıdır (Meyer ve Neumann, 1972).

Rüzgâr, göl ve havuz benzeri büyük su kütlelerinin yansıtıcı olduğundan artan yansıma süresini arttırır. Açık yüzme havuzlarında bu durum göz önünde bulundurulurken kapalı yüzme havuzları için değerlendirmeye almamız gerekmeyen bir etmendir (Demirkale, 2007).

2.3.3.2.3 *Havuzların Kimyasal Ortam Koşulları (Nem-Sıcaklık)*. Bir kaynak tarafından çıkan enerjiyle madde moleküllerinin titreşimi sayesinde ses dalgaları oluşur. Ses dalgaları mekanik dalgalar olduğundan dolayı maddesel bir ortama ihtiyaç duyar ve bu ortamın koşullarından sıcaklık ve nemden etkilenmektedir. Sıcaklık, sesin yayılım hızını etkileyen en önemli parametredir ve doğru orantılı olarak değişim gösterir. Nem de moleküler olarak daha yoğun bir ortam sağladığından fiziksel olarak ses hızını arttırır.

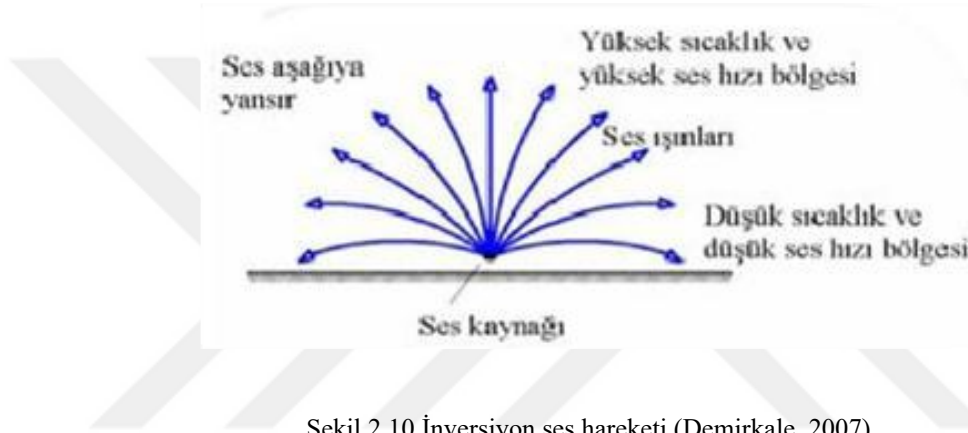
Dinlemeye yönelik tasarlanan hacimlerde uygulanan sıcaklık ve nem değerleri ortalama değerlerde (20 °C-%50 nem) kullanıldığından hacim akustiği değerlendirmelerinde normalize standart koşullar elde etmek için genellikle uğraşılır (Bennetto, 1982). Ancak kapalı yüzme havuzlarında hem sıcaklık hem de nem değerleri olağandan yüksek derecelerde stabil tutulan ortam koşullarındandır. Bu sebeple literatürde havanın ses yutuculuğuna dair yapılan çalışmalar, kapalı yüzme havuzlarının ortam koşullarının akustik üzerine etkilerini yorumlamak adına incelenmiştir. Havanın ses yutuculuğu sadece yüksek frekanstaki sesler üzerinden incelenebilir çünkü düşük frekanstaki değişimler göz ardı edilebilecek kadar azdır. Havanın ses yutuculuğu başlıca uzaklığa, sıcaklığa ve neme ayrıca viskoziteye, ısı iletimi ve ısı radyasyonuna bağlı muhtemel dalga bozulması ve moleküler yutuculuk gibi bir dizi başka faktöre bağlıdır. (Knudsen, 1931). Genellikle normalize edilen havanın yutuculuğu 340m/s olarak kabul görülmektedir (Bennetto, 1982).

Havanın ses yutuculuğu, yansıma süresini hesaplamada kullanılan Sabine, Meyer ve Eyring formüllerinde kullanılmaktadır. Direkt olarak gözlemlenemeyen bu değer yutucu yüzey katsayısını elde etmek için açıldığında denklemdeki yerini almaktadır (Knudsen, 1931).

Sıcaklığın hareketi sonucu dalgalanmalar oluşması ve nemli havadaki su moleküllerinin dağınık olması sonucu havanın homojen olmaması tamamen doğru ya da ters orantı elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Knudson (1931)'deki çalışmasında yaklaşık 172 m³ hacimde 21 °C sabit sıcaklıkta yaptığı deneye göre %60 bağıl neme kadar yansıma süresi doğru orantı göstermiş ve yansıma süresi artmıştır sonrasında %80'e kadar stabil kalmış en sonunda ise ters orantı göstererek düşüşe geçmiştir. Benedetto (1983)'nin yaptığı çalışma ise kapalı yüzme havuzları gibi daha geniş

hacimler üzerine çalışmalar yapmıştır. 314 m³ Hacminde İtalya'daki bir üniversitenin akustik bölümünde yapılan ölçümlere göre ise hem sıcaklık hem nem arttırılmış ve 2 koşul üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmeye göre ise 25 °C-%80 bağıl nemli ortamın yansıma süresi, 10 °C-%20 bağıl nemli ortama göre daha fazladır.

Hava sıcaklığının yüksekliği ve zemin sıcaklığı arasında fark yaşanması durumunda ses dalgalarının hızının değişimi ve eğilmesi mümkündür. Kapalı yüzme havuzlarını ele alırsak hava sıcak zemin soğuk olduğunda ses daha düşük hız oluşumunu sağlayan tabakaya doğru yani aşağıya doğru eğilmektedir (İnversiyon) (Şekil 2.10). Böylece ses daha uzağa ulaşabilmektedir (Demirkale, 2007).



Şekil 2.10 İnversiyon ses hareketi (Demirkale, 2007)

2.3.3.2.4 Hacim Biçimi ve Boyutları. Yapının büyüklüğünü hem uzunluk, genişlik, yükseklik, hacim yani geometrik parametreler hem de dinleyici sayısı belirler. Yansıma süresini en çok etkileyen mimari parametre denildiğinde ilk akla gelenlerden biri hacimdir. Yapının hacmi arttıkça yansıma süresi de artar. Yansıma süresini etkileyen diğer bir etmen ise toplam yutuculuktur. Toplam yutuculuk ise büyük ölçüde dinleyici sayısına ve oturma alanının kapladığı alana bağlıdır. Dinleyici sayısı ile yansıma süresi ise ters orantılıdır. Bu sebeple hacim/ dinleyici sayısı tasarımın ilk aşamalarında kullanılan formüllerdendir. Bu oran ne kadar düşük çıkarsa mekân o kadar dinlemeye uygun olarak nitelendirilmektedir. Konser salonu gibi yansıma süresinin daha uzun olması istenen mekanlarda ise bu oran daha yüksektir (yaklaşık 5,7-9,2 arası). Beranek'in yaptığı çalışmalara göre ise hacim/dinleyici alanı oranı daha tutarlı sonuçlar vermektedir. Bu çalışmaya göre orta frekans bandında her bir bireyin yutuculuğu (α): 0,85 değerinde olduğu tespit edilmiş ve toplam yutuculuğun %75'inin ortamda bulunan bireyler tarafından sağlandığı belirtilmiştir.

Kapalı yüzme havuzlarının karakteristik özelliklerinden biri büyük hacimlere sahip olmalarıdır. İçinde yapılacak spor etkinliğinin standartları gereğine göre değişebilen bu ölçüler durum nasıl olursa olsun gürültü kontrolünü zorlaştırmaktadır. Bu durum en çok yansıma süresini etkilemektedir. Hacim ne kadar büyürse yansıma yani gürültü kontrolü zorlaşır (Duanqi ve diğer., 1991). Orta frekans derecelerinde örneğin Çin standartlarına göre maksimum değer 2 saniyedir (Duanqi ve diğer., 1991).

Kapalı spor salonlarını hacimlerine göre sınıflandırmak gerekirse 2000 m³ 'ten küçük olanlar, 2000 ile 8000 m³ arası ve 8000 m³'ten büyük olanlar olarak 3 'e bölebiliriz (Nowicka, 2015).

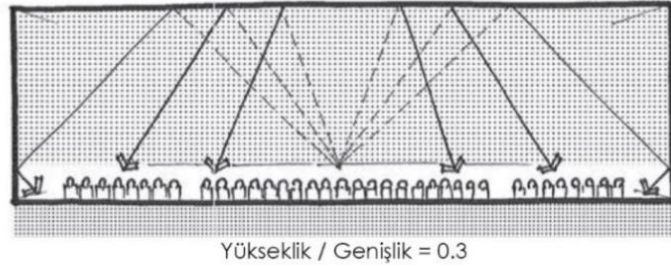
Maffei ve diğer. (2009)'un 15 spor salonu ve 3 kapalı yüzme havuzu üzerinde yaptığı ölçümler ilişki analizi ile incelendiğinde hacimle yansıma süresi arasında "anlamli" bir ilişki olduğu saptanmıştır. İlişki katsayısı (Pearson Correlation = 0.607) aynı yönlü kuvvetli bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir (SPSS 20.0 programı ile analiz edilmiştir). Özetle "Hacim" arttıkça "Yansıma Süresi" de artmaktadır. Regresyon analizi yapıldığında ulaşılan sonuca göre hacim parametresiyle tek başına yansıma süresinin %36,8 oranında açıklamaktadır.

$$RT=3,16+0,00025 \times V$$

$$V=\text{hacim (m}^3\text{)} \quad (2.1)$$

Maffei ve diğer. (2009)'un ölçümlerine göre, spor salonları ve kapalı yüzme havuzları söz konusu olduğunda sadece hacim verileriyle yapılan işlemlerde %95 güvenilirlik düzeyinde kullanılabilecek yukarıdaki denklem oluşturulmuştur (2.1). Kısacası hacimdeki 1 birimlik değişimin yansıma süresinde 0.00025 birimlik değişime neden olmaktadır.

Mimari parametre olarak hacimden bahsedildiğinde yanal yansımaya oranından da bahsetmek doğru olacaktır. Hacim her ne kadar genel bilgiler verse de yüksekliğin genişliğe oranı akustik koşulların tanımlanmasında daha spesifik bilgiler verebilmektedir. Özellikle müzikle çevrelenmişlik hissi için önemli olan bu değer konuşma odaklı hacimlerde istenmeyen bir özelliktir. Genellikle kapalı spor salonlarında ve kapalı yüzme havuzlarında, şekil 2.11'de belirtildiği üzere, bu oran 0,3 ile 0,6 arasındadır (Tekin, 2019).

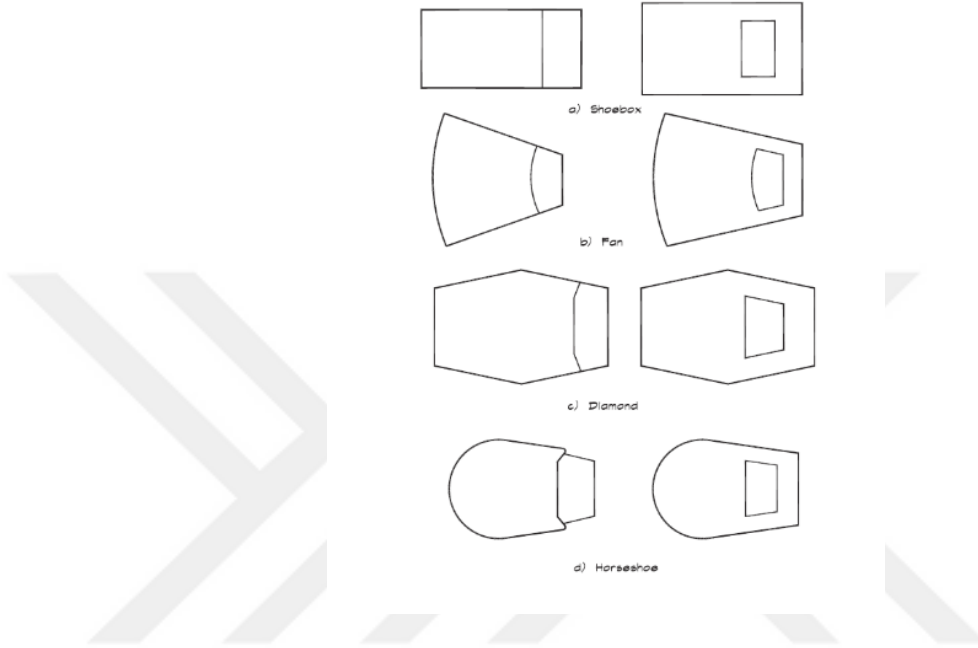


Şekil 2.11 Kapalı spor salonlarında yükseklik-genişlik oranı (Tekin, 2019)

2.3.3.2.5 Çatı ve Plan Şekli Etkisi. Bir önceki konu başlığında bahsedildiği gibi büyük hacimlere sahip kapalı yüzme havuzlarının çatılarının da akustik koşulları etkileyen yapısal bazı gereklilikleri bulunmaktadır. Bu hacimlerde yüzme havuzları kolonlarla bölünemeyeceği için büyük açıklıkları kolonsuz geçmek gerekmektedir. Bu nedenle tonoz ve kubbe gibi çatı çözümleri genellikle tercih edilmektedir. Plan için etkileyici unsur da havuz ölçüleri olduğundan genellikle dikdörtgen planla karşılaşmak mümkündür. Kapalı yüzme havuzları tasarlanırken, mimari tasarımın akustik konforu etkilediği göz önünde bulundurulduğunda geometrik şartlar da optimize edilmeye çalışılmalıdır. Hacimdeki geometrik etkenler akustik parametreleri etkilemektedir. Yapının plan düzlemindeki genişliği, uzunluğu ve plan şekli, en boy oranı, hacimde paralel yüzeylerin bulunması, duvarların acısı, tavan şekli ve kullanıldıysa tavan panellerinin şekli; erken yansımaları, yanal yansımaları, toplam ses enerjisini ve dolayısıyla yansıma süresini etkilemektedir.

Mimarî tasarımda birçok plan tipi mevcuttur. Tasarım sırasında akustik kaygılar gözetildiğinde ise dört plan tipi temel tercihlerdendir. Özellikle dinlemeye yönelik geliştirilen bu tipler yüzyıllardır kullanılmaktadır (Şekil 2.12). En temel olan shoebox olarak adlandırılan dikdörtgen plan tipi karşılıklı duvarlarından dolayı yanal yansımalara uygun ve çevrelenme (envelopment) hissi için tercih edilirken diğer plan tipleri ise bu yanal yansımalarından kaçınmak istendiğinde tercih edilmektedir (Bayazıt, 1999). 21. yüzyıldan sonra geniş konser salonları tasarımlarında arena formu (vineyard, surround hall) oturma düzenli salonlar mimarlarca tercih edilmektedir. Kullanımı artan bu tip ise klasik tiplere göre daha tutarsız akustik koşullara sebep olabilmektedir. Ses kaynağının merkezde olmasıyla kapalı yüzme havuzlarında incelememize benzetebileceğimiz dikdörtgen tipolojisinden (shoebox) sonra en uygun

tipolojidir. Çatıda erken yansımaları sağlayacak şekilde yerleştirilen asma tavan çözümleri uygulanır. Özellikle son dönem örneklerinde müzik ritmine göre ayarlayabilmek adına yüksekliği değiştirilebilen sistemler tercih edilmektedir. Bu tipolojide yan duvarlar genellikle seyirci kapasitesini arttırabilmek için feda edilir ve bu da akustik tasarımda kısıtlamaya sebebiyet verir (Long, 2006).



Şekil 2.12 Dinlemeye Yönelik mekanların Tipolojileri (Long, 2006)

Alıcıya ulaşan ses enerjisi direkt ses enerjisine ve çeperlerden yansıyan sese bağlıdır (Demirkale, 2007). Ses dalgaları, genel olarak ses enerjisinin yutulacağı, yansıtacağı ya da başka hacme etki edeceği bir sınıra gelene kadar yani farklı bir yüzeyle karşılaşana kadar kaynaktan uzağa yayılacaktır. Bu karede bu hacim sınırları önem taşımaya başlar. Çünkü doğrusal yayılan ses dalgaları herhangi bir sınırla karşılaştığında göstereceği karmaşık davranış akustik ortamın kalitesini belirler (Hall, 2016). Ses çeperden yansıdığında, yansıyan ses dalgası belirli koşullar altında yankı olarak algılanmaktadır. İlk ses ile ikinci ses arasındaki gecikme süresi artarsa eko oluşabilir ve rahatsızlık verecek düzeylere ulaşabilir. Yapılan bir deneye göre gecikme süresi 65 milisaniyeyi geçtiğinde katılımcılar rahatsız olmaya başlamıştır. İkincil dalgalar özellikle konuşma odaklı hacimlerde anlaşılabilirliğin önüne geçtiğinden önlem almayı gerektirir.

Spor salonlarının çeperleri içerdiği sporun sahasına göre şekil aldığından genellikle shoebox tipi benzeri karşılıklı duvarlar ile paralel açılarda bulunan zemine dik ve hatta bazı koşullarda zemin ve çatı da birbirine paralel konumlanmaktadır. Bu durum akustik olarak tekrarlayan eko (karşılıklı yankı) (flutter echo) adlı bir probleme sebebiyet vermektedir. Tekrarlayan eko paralel yüzeyler arasında meydana gelir. Ses dalgalarının en az 15 metre mesafeli paralel yüzeyler arasında gidip gelmesiyle azalan şiddette ekolar serisi olarak alıcıya ulaşır (Demirkale, 2007). Genellikle sert paralel duvarlar arasında sürekli yansımaya uğrayan seslerin durumudur. Bu yankılanan ses tekrar tekrar işitildiğinden sesin anlaşılabilirliği açısından negatif sonuçlar doğurmaktadır ve var olan bir gürültü var ise bu gürültünün seviyesini arttırmaktadır. Çeperlerde yutucu özellikte malzemeler kullanılsa bile tekrarlanan ekoyla karşılaşılabilir ancak etkisi azaltılabilmektedir. Bu sebeple karşılıklı seçilen malzemelerin özelliği önemlidir. Hem paralel açılı olması hem de yansıtıcı yüzeye sahip olmaları tekrarlanan eko etkisini arttıracaktır (Nowicka, 2015). Malzeme dışında diğer çözümler ise bir duvarın açısını değiştirerek paralelliği bozmak ya da eğimli yüzeylerden oluşan saçıcı gibi görev yapacak bir duvar şekli kullanılabilir (Tekin, 2019).

Spor salonlarında duvar yüzey malzemelerini değiştirmek fazla tercih edilmediğinden dolayı çatıda çözüm yapmak genellikle tercih edilen yöntemlerdendir. Çözüm olarak sesin açısını değiştirerek saçılmasını sağlamak için karşılıklı yüzeylerin açısını değiştirmek uygun olabilir. Eğimli duvarlar kullanmak ses dalgalarının tavana yönlendirilmesini sağlar böylece verimli bir çözüme ulaşılabilir (Hall, 2016).

Kapalı yüzme havuzlarında ise hem duvarlar birbirine paralel olduğu için hem de zemin ve düz çatı tercih edildiyse bu düzlemler arasında tekrarlanan eko kaçınılmazdır. Özellikle aydınlık mekân elde edilmesi için tercih edilen, hijyen gereklilikleri için gereken ve çatının geniş açıklıkları geçebilmesi için seçilen malzemeler ile su yüzeyinin yansıtıcılığı düşünüldüğünde kontrol altına alınması gereken bir etmen haline gelmektedir.

Bu gibi durumları yapımdan önce ışın-diyagram analizleriyle elde edile verilerle daha uygun tasarlamak mümkündür. Bu analiz özellikle kavisli yüzeyler söz konusu olduğunda daha kullanışlıdır. Kavisli yüzeyler yapısal veya görsel olarak tercih edilse de akustik olarak anormalliklere sebebiyet verebilmektedir. Diğer yüzeylerle

arasındaki açıya, eğrilik yarıçapına, yüzey malzemesine ve kaynak ile alıcıya göre konuma bağlı olarak oluşan etki değişmektedir. Sonuç olarak da işitilen güçlü bir yankı, frekans dengesinde gözle görülür bir renklenme ve düşük frekanslarda uzun yansıma süreleri görülebilmektedir (Foulkes, 2013). Işık dalgalarında olduğu gibi ses de dalga boyuna göre büyük konkav (iç bükey) geometrilerle karşılaştığında yüzeyden yansıyan ses dalgaları ortak bir noktada kesişir ve buna ses odaklanması denir (Tekin, 2019). Ses konsantrasyonu olarak da adlandırılan bu ses yansımaları odak noktalarında ses şiddetinin artışına yol açar. Örneğin kubbe sayesinde yansımalarla oluşan ses hoparlörden çıkıyormuş gibi güçlü ve yankılı olarak alıcıya ulaşır. Kubbenin yarı çapı ve ses kaynağının kubbeye uzaklığıyla sesin odaklanacağı ve saçılacağı açı bağlantılıdır ve aralarındaki büyüklük küçüklük ilişkisi yine ışık analizinde kullanılmaktadır ancak iç bükey ve dış bükey geometrilerin bazı dezavantajları da mevcuttur. İkincil yansılardan sonra ses alanının hacim içerisinde homojen yayılmamasına bağlı olarak yansıma süresi ve ses alanı hesaplamaları yapılamaz hale gelmiştir (Tekin, 2019). Spor salonlarında çatının geometrik şekli seçilirken tonoz ya da kubbe gibi eliptik şekillerden kaçınılması akustik önlemlerden biri olarak sunulmaktadır (Nowicka, 2015).

2.3.3.3 Arka Plan Gürültü Seviyesi (L_{Aeq} ve NC)

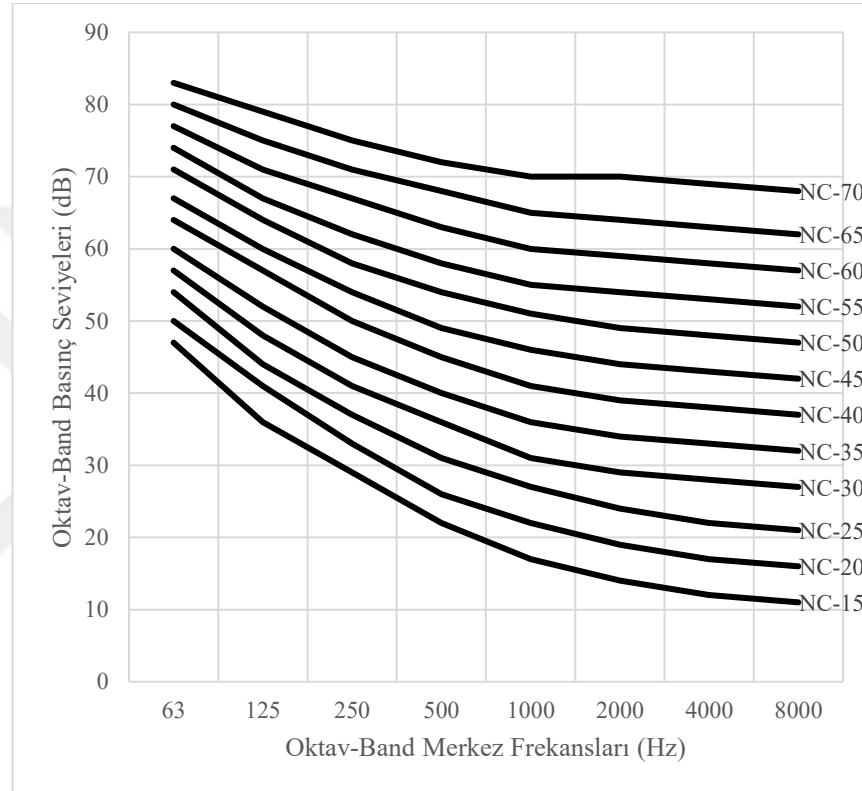
Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi (2017) yönetmeliğine göre “bir çevrede incelenen sesler bastırıldığında, verilen konumdaki ve verilen durumdaki geriye kalan toplam ses” olarak tanımlanmaktadır. Leq değeri hesaplanırken belirli bir T zamandaki ortalama ses basınç düzeyi değerleri kullanılmaktadır (Demirkale, 2007). Bu sebeple literatürde eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi olarak da tanımlanmaktadır. İnsan kulağına uygunluk söz konusu olduğunda A-ağırlıklı ölçümü kullanılmaktadır (Long, 2006). Bu ölçüm; kesin, basit pratik olduğundan ve ölçüm aletleri piyasada kolay bulunabilir olması gibi kolay ve ulaşılabilir özelliklerinden dolayı birçok yönetmelik ve standartta kullanılmaktadır. Örneğin Birleşmiş milletler Çevre Koruma Bölümü, ISO, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (BGKKHB) gibi kurumlar bu parametreye yönetmeliklerinde yer vermektedir (Demirkale, 2007).

Bahsi geçen arka plan gürültülerine örnek olarak topluluk içindeki uğultu, trafik gürültüsü, hava alanı gürültüsü ve mekanik gürültüler ilk akla gelenlerdir (Demirkale, 2007). Kontrolsüz oluşan bu sesler esas kaynağın sesinin önüne geçebilmektedir. Mekânın çeperlerini etkileyecek bu gürültülere örnek olarak bitişik diğer bir gürültülü mekân (restoran, tuvalet), tesisat odası gibi teknik hacimler ya da çatı malzeme seçiminden dolayı oluşabilecek yağın yağmurun oluşturabileceği gürültüler örnek verilebilir. Bir diğer durumda ise mekânın içinde kullanıcılar tarafından oluşabilecek gürültüler de mevcuttur. Bunlara örnek olarak da topuk sesi, sandalye çekme sırasında çıkan ses ve kapı kapatıldığında çıkan ses örnek verilebilir. Bu gürültülere önlem olmak ise yüzey malzemesi tercihleri önemlidir (Uysal, 2015).

Kapalı yüzme havuzlarında havalandırma ve devir daim sistemi yani sürekli çalışan gürültü kaynaklarıyla ortaya çıkan gürültü bu parametreyle değerlendirilecektir. Yüksek arka plan gürültüsü eğitmenlerin sesinin üzerinde bir değerde olduğunda konuşmayı maskeleyerek anlaşılabilirliğe etki eder (Long, 2006). Yüzme havuzlarında ise bu gürültü düzeyini etkileyecek sistemlerin ve elemanlarının sayısı oldukça fazla ve bu elemanların gürültü seviyeleri genellikle hijyen gibi diğer öncelikli konulardan dolayı ikinci planda kalmaktadır. Bu sebeple kontrol altına alınmalı ve ulusal yönetmelikte yer alan kabul edilebilir gürültü seviyesi sağlanmalıdır. Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (BGKKHY) (2017) ye göre spor salonlarında bu değer akustik performans sınıfına göre değişmekle birlikte (A sınıfı – C sınıfı) 41-49 dBA aralığı olarak belirtilmiştir. İsviçre yönetmeliklerine göre ise kapalı yüzme havuzlarında Leq seviyesi 45 dB olarak sınırlandırılmıştır. Ancak Hall (2016)'nın yaptığı çalışmaya göre kullanıcı yokken L_{Aeq} değeri 46,3 kullanıcı varken ise 68 dBA ölçülmüştür (Hall, 2016).

İnsan kulağı bu gürültü düzeyine karşı duyarlılığı frekanslara göre değişmektedir. Her frekansta belirli seviyedeki arka plan gürültüsü farklı kişilerce farklı oranda algılanmaktadır. Yüksek frekans söz konusu olduğunda ise insan kulağı daha duyarlıdır. Düşük frekansta bir gürültünün oluşturduğu uyartı yüksek frekansta daha düşük bir gürültüyle elde etmek mümkündür. Bu sebeple frekans düzeyiyle ilgili verilerle arka plan gürültü düzeyini değerlendiren grafiklere ihtiyaç duyulmuştur (Türk, 2011). Bu grafiklerden birinde sekiz oktav bant merkez frekansındaki ses basınçlarıyla tanımlanan eğriler NC eğrileri olarak adlandırılmaktadır (şekil 2.13). NC

eğrileri ortamdaki en gürültülü durumdaki ses düzeylerinin değerlendirilmesini sağlar. Aynı zamanda ses yalıtımının belirlenmesinde de önemli role sahiptir. Amerika yönetmeliklerinde özellikle tercih edilen bu parametre bina fonksiyonuna ve kullanıcı eylemlerine bağlı olarak değişik eğriler sınır değer olarak kabul edilmektedir (Demirkale, 2007). Amerika yönetmeliklerine göre kapalı yüzme havuzlarında bu eğri NC-45 eğrisidir (ASHRAE).



Şekil 2.13 NC Eğrileri (Demirkale, 2007)

Spor salonlarında, sporcuların aktiviteler esnasında terlemesi ve koku oluşması doğaldır. Bu durumu çözebilmek için doğal havalandırma yöntemleri ise nem ve sıcaklık stabilitesinin sağlanmasının güçlüğünden dolayı genellikle tercih edilmez. Havalandırma ve iklimlendirme sistemleri tercih edilir. Ancak bu makinelerin sürekli çıkardığı sesler gürültü düzeyine ulaşabilmektedir. Özellikle önceki başlıkta bahsedildiği gibi spor salonun karakteristik olarak sahip olduğu özelliklerden dolayı da bu gürültüler büyüyeabilmektedir. Spor salonlarında bu ekipmanlar genellikle diğer fonksiyondaki yapılar gibi asma tavan ile örtülmez ve metal malzemeden olduğu için yansıma açısından başka bir yüzey daha oluşturur ayrıca iç kısımlarında da ses

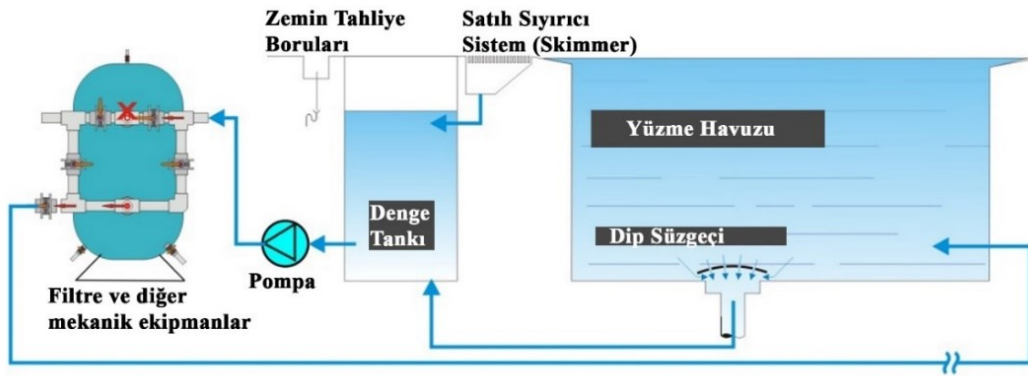
sönümleyici işlemler yapılmazsa gürültünün büyümesine sebebiyet verebilir. Yüksek gürültülü ortamlarda konuşmalar anlaşılmaz hale gelir (hem eğitmenlerden gelen direktifler hem de genel ses sistemlerinde) ve ortamda bulunanlar özellikle uzun süre maruz kalanlar bu işitsel deneyimden ötürü bu alanlarda bulunmayı rahatsız edici bulabilirler (Nowicka, 2015).

Arka plan gürültü kaynağı olan değerlendirebileceğimiz iki sistem;

1. Havuz devir daim sistemi
2. Hvac sistemi

Bu mekanik sistemlerin elbette makine gürültüleri bulunmaktadır. Ticari satışları yapılırken ne kadar sesiz olduklarına dair güvenceler verilse de montaj işlemlerinde de hassasiyetle yaklaşılması gereken noktalar mevcuttur.

2.3.3.3.1 Devir Daim Sistemi. Havuz suyunun yüzeyinden ve zemininden pompalar yardımıyla toplanan suyun önce filtreden sonrasında ısıtıcıdan geçirilerek havuzun duvarlarından ve zemininden besleme ağızlarıyla havuza tekrar verilmesine devir daim sistemi olarak tanımlanır. Bu sistem sayesinde havuz suyu hem temiz kalır hem de sıcaklığı sabitlenebilir (Yürekli, 2012). Mimari projelerde havuz tesisatını anlatan akış şemasında (şekil 2.14) bu sistemin ifadesi havuz projelerinde istenmektedir.



Şekil 2.14 Devir daim sistemi akış şeması (Türkçe çev. Aynur Gündüz) (Accor, 2011)

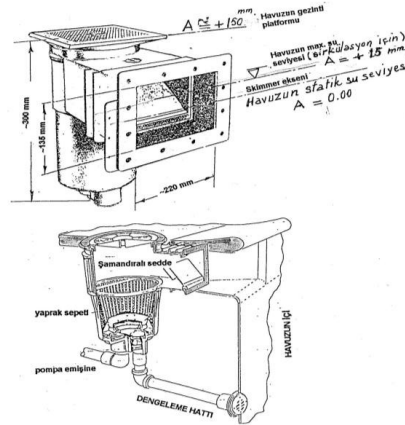
Devir daim sistemindeki oluşturan mekanik sistemler suyun akış yönü sırasına göre açıklanacaktır. Önce kirli suyu toplayan sistemler sonrasında pompalar, filtre, ısıtıcı

ve son olarak besleme ağızları kısaca açıklanacak çıkardıkları gürültülere dair ortalama veriler paylaşılacaktır.

Yüzeyden kirli suyun toplanmasını sağlayan sistem iki çeşittir (Bölükbaşıoğlu ve Bölükbaşıoğlu, 2005). DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu, diğer yarı olimpik havuzlar gibi denge tanklı sistem tercih edilmiştir.

Denge tanklı sistem: Denge tanklı sisteminde devir daim sistemine bir de denge tankı elemanı dahil edilmektedir. Denge havuzunun görevi havuzun içinde insan olsa da olmasa da su seviyesini havuzdan su taşmasını sağlamaktır. Taşma seviyesini yakalayabilmek için hesaplamalar gerektiren kapalı hacimlerdir. Denge tankından gelen su, yine filtre ve ısıtıcı işlemlerinden geçerek havuza verilir ve amaçlandığı üzere yüzeydeki su taşarak havuzun kenarlarındaki ızgaralı kanallara ve tekrar denge tankına gider (Bölükbaşıoğlu ve Bölükbaşıoğlu, 2005).

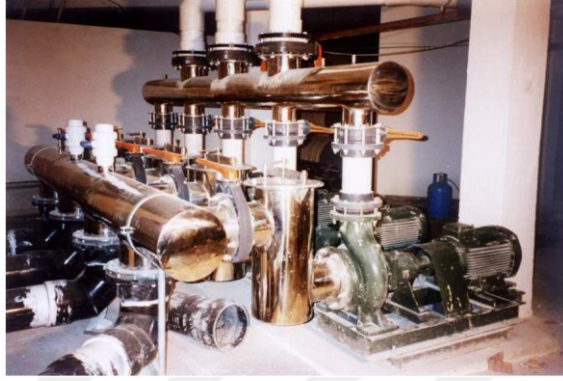
Satış sıyırıcı (skimmer)lı sistem: Skimmerlı sistem denge tankı inşaatına müsait olmayan havuzlarda kullanılmaktadır. Denge Tanklı sisteme göre daha ekonomiktir. Özel ve az kişi tarafından kullanılan havuzlarda genellikle tercih edilir. Yine havuz yüzeyini temizlemek için kullanılır. Havuzun içine su seviyesinde su alışı elemanı yerleştirilir. “Skimmer” olarak geçen eleman emiş için kullanılır (şekil 2.15) (Yürekli, 2012).



Şekil 2.15 Skimmer çeşitleri (Bölükbaşıoğlu ve Bölükbaşıoğlu, 2005)

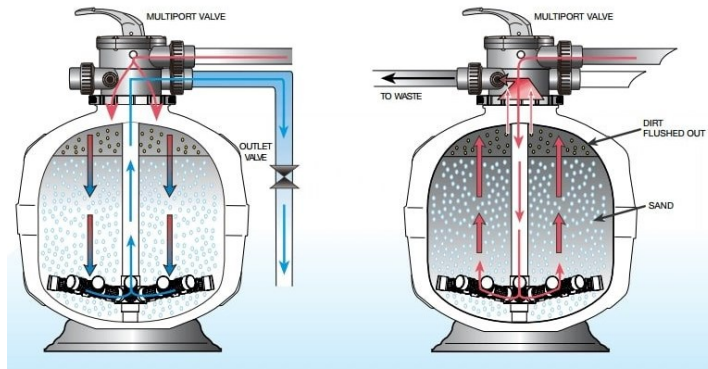
Dip Süzgeci: Havuz zeminindeki kirli suyun toplanmasını sağlar.

Pompa: Havuz suyunun sirkülasyonu için gereklidir. Suyun debisini ayarlayarak suyu havuza basarak yüzeyin temizlenmesini sağlar. Havuzda kullanılan tipik pompalar düşük basınçlı, tek kademeli santrifüj pompası olarak tanımlanmaktadır. Havuz suyunun korozyif etkisinden korunması için termoplastik ya da metal gövdeli versiyonları göz önünde bulundurulmalıdır (şekil 2.16).



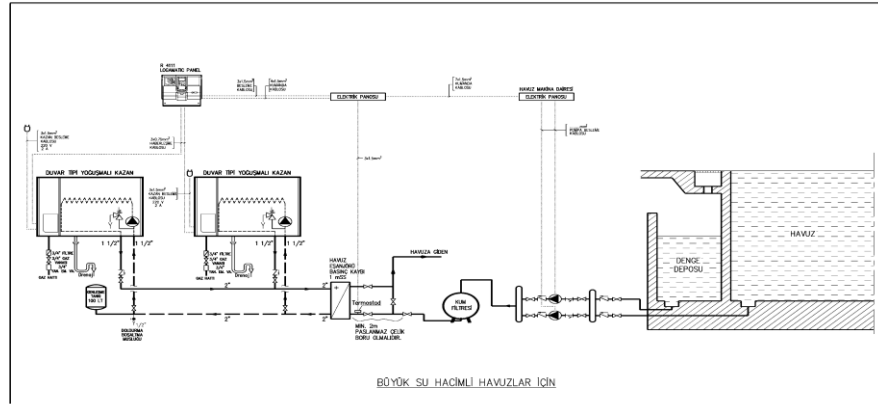
Şekil 2.16 Yarı olimpik havuzlarda kullanılan su pompası (Bölükbaşıoğlu ve Bölükbaşıoğlu, 2005)

Arıtma filtresi: Olimpik ve yarı olimpik yüzme havuzlarında genellikle kuvars kumlu, tek veya çok katmanlı filtreler tercih edilir (şekil 2.17). Diatomit ve kartuş gibi çeşitli filtre seçenekleri de mevcuttur (Bölükbaşıoğlu ve Bölükbaşıoğlu, 2005). Devir daim sisteminin parçası olan bu eleman gelen kirli su içindeki toz, saç benzeri görülen veya görülmeyen yabancı maddeleri ayırarak temiz suyu tekrar sisteme katar (Yürekli, 2012).



Şekil 2.17 Havuzlarda kullanılan filtrenin çalışma prensibi ve ters yıkama yöntemi (Havuz filtresi, 2021)

Havuz suyu ısıtıcı: Kapalı havuzlarda su sıcaklığı 26 °C – 28 °C arasında olmalıdır.



Şekil 2.18 Havuz suyu ısıtıcı çalışma şeması (Bölükbaşıoğlu ve Bölükbaşıoğlu, 2005)

Besleme Ağzları (Jet Nozzles): Temiz suyu havuza yüksek debili olarak basan sistemdir. Bu eleman sayesinde temiz su homojen olarak havuz suyuna karışır. Yandan ve dipten olmak üzere iki çeşidi mevcuttur.

Yukarıda bahsi geçen bütün makinelerin piyasadaki kullanılan markalar parantez içinde belirtilerek çıkardıkları gürültüler desibel cinsinden tablo 2.2’de ifade edilmiştir.

Tablo 2.2 Havuzlarda kullanılan makinelerin gürültü seviyeleri

	dB(A)
Pompa x 7	62 (activ pool) 63,3 (BADU) 81 (Pahlen) 55 (mrpoolman)
Arıtma Filtresi	69 Mauk 749
Isıtıcı	11 (mrpoolman)
Besleme Ağzları (Jet Nozzles)	63-64 (santem)

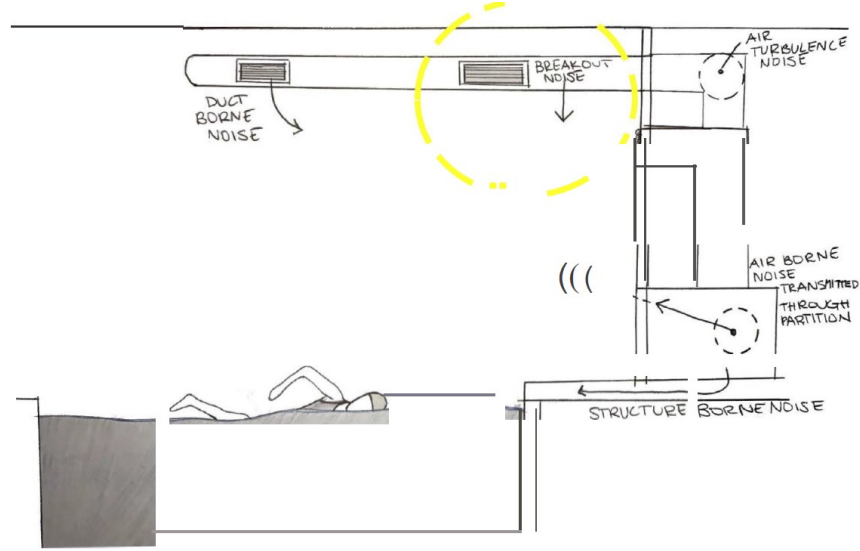
2.3.3.3.2 HVAC Sistemleri. Kapalı yüzme havuzlarının konfor koşullarının önemli belirleyicileri; iklimlendirme elemanları, su sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve nem miktarı olarak belirtilmektedir. Ayrıca, yüzme ortamında, çıplak insan vücudu, hava sirkülasyonuna karşı oldukça hassas tepki vermektedir. Bu nedenle, havalandırma sistemi ve buna bağlı olarak değişen hava hızı, üfleme sıcaklığı (maks. 45°C), havuzun su yüzeyi üzerindeki ve çevresindeki havanın hızı (0.15 – 0.3 m/s) ve hacim içerisindeki hava sirkülasyonu istenen ortam koşullarının sağlanmasında belirleyici rol oynamaktadır. Havuz hacminin yaklaşık %70 oranında ısıtılması ve yüzme havuzunda

buharlaşan suyun emilerek taşınması, koku ve zararlı maddelerin (kimyasalların) uzaklaştırılması da havalandırma sistemiyle sağlanmaktadır (Arıcı ve Seçilmiş, 2007).

Ayrıca havuzun bulunmadığı yan hacimler (soyunma odası gibi), ısıtma yüzeyleri ve hava dağıtım sistemi de kapalı yüzme havuz iklimlendirmesini etkileyen önemli faktörler arasında incelenmelidir. Havuzdaki %30 düzeylerindeki diğer ısı kaybı ise genellikle statik ısıtma yüzeyleri (radyatörler, konvektörler, yerden ısıtma) ile gözlenmektedir. Kapalı yüzme havuz çeperlerinin ısı kayıplarına karşı yalıtılması, ayrıca soğuk dış yüzeylerine (mesela pencerelerin) sıcak (veya ılık) hava üflenmesi, insan vücudunun yüksek ısı kaybını önlemek için kullanılabilecek önlemlerdendir. Ayrıca ısı korumalı çift camlı ısı cam uygulamaları da zorunlu hale gelmektedir (Arıcı ve Seçilmiş, 2007).

Havuzdan buharlaşan suyun miktarı havuzdaki suyun hacmi, mekânda bulunan insan sayısı gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Ancak ne olursa olsun ortamda sürekli buharlaşan ve yoğunlaşan su sistemi bulunduğundan ortamdaki nem kontrol altına alınmalıdır. Ortamda bulunan nem iklimlendirme sistemleriyle kontrol edilir. Kış aylarında dış ortamdaki nem ile havuzdaki nem daha yakın olabileceğinden HVAC sistemi dışardaki havadan yararlanabilmektedir. Ancak bu durum yaz aylarında minimuma düşürülür ve kimyasal nem alma süreçleri uygulanır (Yürekli, 2012). Havadaki nemin kontrol edilmesi kullanıcıların sağlığı yanı sıra yapı malzemesinin korunması için de gereklidir.

Dışarıdan gelen havalandırma kanallarına ait bazı standartlar bulunmaktadır. Bu konuda İngiltere otel standartlarına göre merkezinde HVAC sistemi olan 10 metre yarıçapındaki bir alandaki arka plan gürültü seviyesi 40 dB(A) değerini aşmamalıdır (Accor, 2011). HVAC sistemi kaynaklı oluşabilecek gürültü 5 başlıkta incelenebilir (şekil 2.19).



Şekil 2.19 HVAC gürültü şeması (American Society of Plumbing Engineers, 2013)

Havalandırma Kanalı Doğuşlu Gürültü (Duct Borne noise): Havalandırma kanalı kaynaklı gürültü, HVAC kanallarından geçerek ızgaralardan hacme gelen gürültüdür. Bu gürültü havalandırma kanallarında çok sayıda yansıma maruz kaldığından daha da büyüyerek hacme yayılır. Bu durumda ilk alınacak önlem hava kanallarının plan şeması üzerinden değerlendirilir. Ana besleme kanalından çıkan kanalların dallandırılmaması ve ayırıcı kapakların çıkış ızgaralarından uzağa konumlandırılması önerilebilir (Egan, 1988). Esasen bu konuda önlem almak için ses azaltıcı (silencer) benzeri hava çıkışında geçerli yerleştirilen önlemler ilk akla gelenlerdendir. Ancak kapalı yüzme havuzları sürekli nemli bir ortam olduğundan cam yünü gibi malzemeler zarar görebilir ve bakteri üremesine sebebiyet verme ihtimalinden dolayı nemden etkilenmeyecek önlemler göz önüne alınmalıdır (American Society of Plumbing Engineers, 2013).

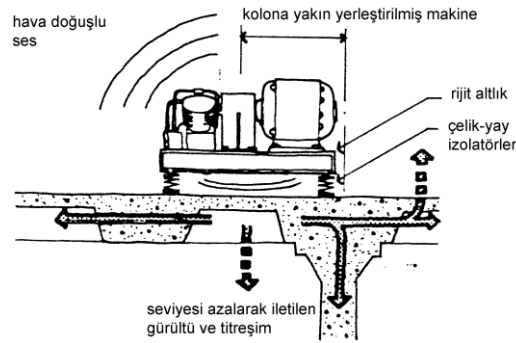
Breakout noise: Kanallara çarpan sesin kanalların çeperlerine çarparak aktardığı enerjiyle oluşan titreşim de bir gürültüye sebep olmaktadır. Kanal içindeki ses alanının kanal çeperlerine yansıması olarak da tanımlanabilir. Bunun sebebi havalandırma kanallarının çeperlerini oluşturan malzemelerin ince sac metal gibi titreşimden kolay etkilenmesidir. Genellikle fan gürültüsünden oluşan ve düşük frekanslı olduğu için kanal kesit şekli değiştirmek ve fana olan uzaklığı arttırmak en etkili çözüm olacaktır.

Yuvarlak ve oval kanal kullanımı ve kanal çeperleri veya tümüyle kanalların açıkta bırakılması bu tür gürültüyü azaltmak için önerilir (Malushte, 2013).

Hava Doğuşlu Gürültü: Mekanik aletlerin bulunduğu mekânın duvarından yan hacimden duyulan gürültü olarak tanımlanabilir. Bu mekandaki gürültü kaynakları; elektrik motorları, fanlar ve pompalar gibi hareketli bileşenlere sahip makineler çalıştığı esnada içlerinde dolaşan akışkanlardan da kaynaklı yüksek frekansta gürültü üreten sistemlerdir. Bu sebeple fonksiyonu ne olursa olsun makine odalarının konumu, içindeki makinelerin birbiri arasındaki ve duvarlara olan uzaklığı yeterli ölçüde olmalıdır. Bakım, kontrol ve onarım için de bu mesafeler gereklidir. Kapalı yüzme havuzlarındaki mekanik odalarda ise sadece havalandırma değil diğer makinelerin de ana bölmeleri bulunduğu normal fonksiyonlarda bulunan makine odalarından daha geniş ve daha yüksek gürültü seviyelerine sahiptir. Ayrıca bulunacağı yeri belirleyen havuz seviyesi gibi başka parametrelerde mevcuttur. Hava doğuşlu gürültüyü önlemek için genellikle iki öneri mevcuttur. İlki seçilen makinelerin gürültü seviyesini düşük tutmak. İkincisi ve en çok tercih edilen ise mekânın ses yalıtımının artırılması üzerinedir. Tavan ve duvarda yapılacak akustik yutucu önlemlere ek olarak havuz hacmiyle bağlantılı olacak duvarın STC 60 gibi normalden daha ağır ve kalın duvarlar tercih edilmesi önerilir (Egan, 1988).

Hava Kanallarında Gürültü Oluşumu: Bu gürültü yüksek hava akışının kanal boyunca edindiği hız sonrası 90° dönüşlerde kanalın çeperlerine çarpan ya da geçiş noktalarında akış hızındaki değişimden kaynaklanır. Orta frekansta gürültülerdir ve havanın hızı hakkında önlemler ile önlenabilir. Bu konuya bahsedilen ilk önlem kanal dönüşlerinin yumuşatılması üzerinedir. 90° dönüşlü bir dirseklerde dönüş köşelerine cam yünü yerleştirmek ya da yuvarlatılmış dirseklerin tercih edilmesi gerekmektedir. İkinci önlem ise farklı yarıçaptaki kanalların birleşim noktaları için geçerlidir. Kanal boyutundaki büyük artışlar türbülansa ve dolayısıyla gürültüye sebebiyet verir. Boyut farklılığı aşamalı olarak arttırılmalı ya da azaltılmalıdır. Böylece köşelerden dolayı oluşabilecek ani değişimlerin önüne geçilir. Üçüncüsü ise ana hava kanalına birleşim noktalarıyla ilgilidir. Kanal birleşimlerinde çıkabilecek gürültüyü önlemek için ya köşeler yuvarlatılmalı ya da havanın geliş yönüne uygun açılı hava birleşimi tercih edilmelidir (Egan, 1988).

Strüktür Doğuşlu Gürültü: Strüktür doğuşlu gürültü mekanik odadaki HVAC'den gelen gürültünün zeminin titreşmesi yoluyla bitişik hacimlere aktarılmasıdır (Şekil 2.20). Bu titreşim nedeniyle yapı elamanları üzerinden ilerleyerek farklı hacimlerde de gürültü iletilmiş olur. Mekanik sistemin neden olduğu titreşimler bazı durumlarda sadece gürültü ile kalmayıp kullanıcılar tarafından da hissedilecek düzeyde olabilmektedir. Bu konfor koşullarını etkileyen durumu önlemek için makineler ile döşeme arasına esnek elemanlar yerleştirilmelidir. Kauçuk izolatör, titreşim izolatörü, mantar ya da cam yünü sistem ihtiyaçlarına bağılı olarak önerilebilir. Ayrıca makinelere direk bağlanılan borular ve kanallar da göz önüne alınmalı ve uygun izolatörler kullanılmalıdır. Diğer bir öneri titreşim kaynağının geniş açıklıklı döşemelerin orta kısmından ziyade kolon ve taşıyıcı duvar gibi sağlam dikey elemanlara yaklaştırılmasıdır. Bu konumlandırmayla yapıya aktarılan titreşimler büyük ölçüde azaltılır (Egan, 1988).



Şekil 2.20 Strüktür doğuşlu gürültünün ifadesi (Egan, 1988)

BÖLÜM 3

ULUSAL VE ULUSLARARASI KAPALI YÜZME HAVUZU

ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ

Önceki bölümlerde bahsedilen akustik endişelere karşılık yapılan havuzların dünya örnekleri araştırılmıştır. Bulunan birçok örnekten sonra yakın çevredeki örnekler arasında ne kadarı akustik konfor koşullarına uygun olma potansiyelleri araştırılmıştır.

3.1 Dünya'dan Örnekler

Havuzların akustik tasarımı konusunda evrensel verilere ulaşmak adına literatür araştırması yapılırken dünya örnekleri de araştırılmıştır. Bu örneklerle göre özellikle Avrupa'daki havuzlarda akustik koşulların dikkate alındığı ve tasarımları etkilediği gözlemlenmiştir. Bu örneklerin arasında dikkat çeken ilk üç örnek aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1 Alfriston Okulu

Alfriston Okulu, konuşma, anlatım ve iletişim sorunları, duygusal problemler veya bazı fiziksel engeller gibi orta düzeyde öğrenme güçlüğü çeken kız öğrenciler içindir. Okul müdürü Jinna Male'nin aktardıklarına göre yüzmenin öğrencileri için bir çeşit terapi rolü var. Yüzme rahatlatır ve güven verir ki bu hisleri öğrenme güçlüğü çeken öğrenciler çok sık deneyimleyememektedir. Bazı durumlarda halka açık havuzların gürültülü yoğun ortamını dayanılmaz buluyorlar bu sebeplerle aileleri bu tür ortamlarda bulunmak konusunda çekinceler yaşamaktadır (Moore, 2015).

2014 Ahşap Ödüllerine aday olan havuz, beton temel üzerine prefabrike ahşap iskelet ve katlanmış plak çatı inşa edilerek yerel mimarinin çağdaş bir ifadesi olması amaçlanmıştır.

Katlanmış plak tasarımı (şekil 3.1) sayesinde mimar Duggan Morris, ekoyu azaltacak “acoustic baffle” oluşturdu, sonuç olarak öğrenciler için sakin ve huzurlu bir ortam oluşturuldu (Moore, 2015).



şekil 3.1 Katlanmış plak inşa aşaması (Moore, 2015)

Bütün bu sebeplerle, okula yapılacak havuzun huzurlu ve koruyucu hissettirmesi çok önemliydi bu da akustiğın önemini arttırmıştır. Tercih edilen düzensiz i şekil ve ahşap kereste kullanımı sayesinde genellikle yüzme havuzlarını kaplayan ekolar kırılıp yumuşatılmıştır. st yapının altındaki cam duvarlar, bahçelerle ve dışarıdaki oyun alanlarıyla temas edebilecek kadar yüksektir, ancak yüzücünün direk doğal ışık almamasını sağlamak için kısa tutulmuştur (şekil 3.2) (Moore, 2015).



şekil 3.2 Havuzun içeriden görünümü (Moore, 2015)

3.1.2 Water Cube

2008 Pekin Olimpiyat Oyunları, uluslararası mimarlık, mühendislik ve inşaat firmalarına tasarım ve proje yönetimi kabiliyetlerini göstermek için harika fırsatlar sundu. Olimpiyat projelerinde benimsenen yeni teknolojiler, yeni malzemeler ve yenilikçi tasarımlar göz önüne alındığında birçok zorluk vardı. Olimpik havuzun 17000 koltuklu tribünü vardır (Elazm ve Saad, 2017).

Water Cube'nin (şekil 3.3) yapımında mimari, termal, temizlik, aydınlatma, yangın ve akustik konuları göz önüne alındığında ETFE malzeme tercih edilmiştir. Arup akustik de danışmanlık hizmeti vermiştir. Bu malzeme gergin zar gibi yapısı sayesinde küçük frekanslı (31,5-250 Hz) sesler için neredeyse %100 akustik transparandır. Orta ve yüksek frekansta ise %30 yutucu olarak görev görmektedir (Chiu, Noble ve Valmont, 2015).

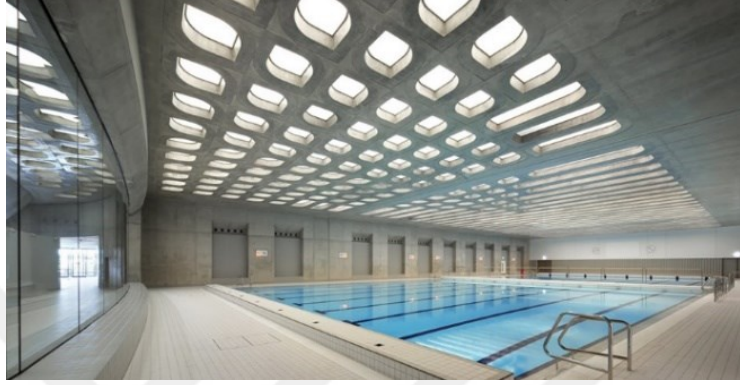


Şekil 3.3 Water Cube Olimpik havuz (Elazm ve Saad, 2017)

3.1.3 London Aquatics Centre

2012 yılı olimpik oyunları için Zaha Hadid Mimarlık ve arup tarafından yapılan London Aquatics Centre (şekil 3.4) tasarım yönünden dikkat çekici özelliklere sahiptir.

Ancak en önemli özelliklerinden biri akustiğe ayrı önemin verildiği ikinci bir havuz bölümünün daha yapılmasıdır. Bu diğer yarı olimpik havuzun beton tavanında solidlığı bölen yaprak şekilli boşluklara takılan 138 translucent panellerden oluşur. Bu panellerin adı “Barrisol Microacoustic sheets”olarak geçiyor ve yüksek yutuculuk değerlerine sahiptir (Barrisol Welch Company, 2012).



Şekil 3.4 London Aquatics Centre Yarı Olimpik Havuzu (Barrisol Welch Company, 2012)

3.2 İzmir’den Örnekler

Dünya örnekleri araştırıldıktan sonra Türkiye’deki genel yayılım incelenmiş ve yarı olimpik havuz oranının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Deniz kenarında oluşu sebebiyle yüzme ile ilgili olabilecek iller incelendiğinde büyükşehir olması ve yeterli sayıda havuz bulunması sebebiyle araştırma İzmir ili ile sınırlandırılmıştır. Şehir merkezine yakın çevredeki örnekler tespit edilmiştir ve bu örnekler hakkında bilgiler detaylıca bir araya getirilmiştir. Bulunan havuzlardan ikisi şehir merkezinden uzakta olmakla beraber üniversitelere ait olup öğrenciler tarafından yoğun olarak kullanıldığından listeye dahil edilmiştir. Ayrıca listelenen havuzlardan üç tanesinde akustik endişeler ile malzeme seçimine gidildiği belirlenmiştir.

3.2.1 Dokuz Eylül Üniversitesi İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu

Dokuz Eylül Üniversitesi İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu yarı Olimpik ölçülere sahiptir (şekil 3.5). Bulundurduğu özellikleriyle birçok yüzme yarışlarına, su topu ve su altı rugby müsabakalarına ev sahipliği yapabilmektedir. Üniversite öğrencileri,

akademik ve idari personel kullanımı yanı sıra özel grupların kullanımına da açıktır. Yoğun olarak kullanılmaktadır.

Havuzun İç ortam ve su sıcaklığı 6 ay kış ve 6 ay yaz periyotu şeklinde planlanmıştır. Kış aylarında ortam sıcaklığı 29 C°, havuz suyu sıcaklığı 28 C° olarak yaz aylarında ise ortam sıcaklığı 27,5 C°, havuz suyu sıcaklığı 26 C° olarak sabit değerlerde tutulmaktadır (Kategori: İzmir yüzme havuzları, bt).



Şekil 3.5 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu (Kişisel arşiv, 2020)

3.2.2 Ege Üniversitesi Prof. Dr. Sermed AKGÜN Yüzme Havuzu

Ege Üniversitesi Prof. Dr. Sermed Akgün Yüzme Havuzu, ilk örnek gibi üniversite havuzu olmasından dolayı birçok aktiviteye uygundur. Çeşitli yüzme yarışlarına, su topu ve su altı rugby müsabakalarına ev sahipliği yapmaktadır. Yapılacak aktivitelere göre farklı kulvar ölçüleri kullanılmaktadır. Günlük kullanımlarda ziyaretçi yoğunluğunu dengelemek adına 21 metrelik 20 kulvar (şekil 3.6) kullanılmakta yarışlar için 50 metrelik 8 kulvar kullanılmaktadır. İç sıcaklık 27 °C. Çok geniş bir kubbeye sahip. Büyük bir hacme sahip (Kategori: İzmir yüzme havuzları, bt).



Şekil 3.6 Ege Üniversitesi Kapalı Yüzme Havuzu (Kişisel arşiv, 2019)

3.2.3 Buca Belediyesi Yarı Olimpik Yüzme Havuzu

Buca’da Mart 2017’de hizmete giren Buca Sosyal Yaşam Kampüsü’nün toplam arazisi 65000 m²’dir. 7.700 m²’lik 3 bloktan oluşan tesiste diğer spor dallarına ait salonlar bulunmaktadır (Kategori: İzmir yüzme havuzları, bt). Yüzme havuzu orta blokta bulunmaktadır (şekil 3.7). 2019 yılında çatı bakımı yapılmış ve kısa süreli bir tadilatın geçmiştir. Galvanizleme tazelenmiş. Sandviç panel ve ince sac malzeme kullanılmıştır.



Şekil 3.7 Buca Belediyesi Kapalı Yüzme Havuzu (Kişisel arşiv, 2019)

3.2.4 Karşıyaka Belediyesi Yüzme Havuzu

1912 Zühtü Işıl Spor Salonunun yanında bulunan yarı olimpik havuzu önceki yıllarda açık yüzme havuzu olarak kullanılmaktaydı. 2017 yılında kenet tipi çatı sistemiyle kapatılarak hizmete açıldı (şekil 3.8). Yeni çatı strüktürü diğer havuz malzemeleri paslanmaz krom, kaydırmaz seramikler ve anti bakteriyel boyalar ile güçlendirildi (Kategori: İzmir yüzme havuzları, bt). Bu havuz ilk akustik önlem alındığı tespit edilen yapıdır. Çatı strüktürü boyunca ahşap yünü 60x60’lık paneller kullanılmıştır (şekil 3.9). Bu paneller sudan korunmak için üstü boyanmış. Havuzun standartları özellikle FINA kuralları dikkate alınarak tasarlanmıştır.



Şekil 3.8 Karşıyaka Belediyesi Kapalı Yüzme Havuzu (Kişisel arşiv, 2019)



Şekil 3.9 Ahşap lifi yakından görünüm (Kişisel arşiv, 2019)

3.2.5 Özel Ege Lisesi

Özel Ege Lisesinin kampüsünde bulunan kapalı yüzme havuzu (şekil 3.10) çoğunlukla öğrenciler tarafından kullanılıyor. Nadir durumlarda Yüzme yarışları ve su topu müsabakaları için de kullanılmakta. Üstünde basketbol sahası var bu sebeple çatıda akustik bazı önlemler bulunmakta. Doğal aydınlatma orta derecede, yapay aydınlatma yoğunlukta kullanılmaktadır.



Şekil 3.10 Özel Ege Lisesi Kapalı Yüzme Havuzu (Kişisel arşiv, 2019)

3.2.6 İzmir Türk Koleji

İzmir Türk Koleji Kapalı Yüzme Havuzu (şekil 3.11) yarı olimpik 5 kulvarlı bir havuzdur. Tribün alanı yoktur. Genellikle öğrenciler tarafından kullanılmaktadır. Yoğun müsabaka programları vardır. Okula kayıtlı olmayan kişiler için kullanıma açık değildir (İzmir Özel Türk Koleji, bt).



Şekil 3.11 İzmir Türk Koleji Kapalı yüzme havuzu (İzmir Özel Türk Koleji, bt)

3.2.7 Aquacity Balçova Termal

Aquacity Balçova Termal Kapalı Yüzme Havuzu, termal kısmı için gelen misafirlere alternatif oluşturmak amacıyla yapılan bir bölümde yapılmıştır (şekil 3.12). Yan tarafında açık yüzme havuzları, jakuziler ve aquapark mevcuttur. Bu havuzun kulvar boyu 26 m'den fazla olduğu için yarı olimpik standartlarına yakın bir örnektir. Ancak seyirci alanının olmaması ve atlama platformunun eksikliği diğer örneklerden oldukça ayırmaktadır. Çatı kubbesi (kaburga kubbe) burada korozyona uğramış ve bakımsız görünmektedir. İlk havalandırma sistemi gizlenen örneğimizdir. 21 adet çıkış ızgarası vardır. Genellikle doğal aydınlatma kullanılmış. Duvarlar, silikonlu cam cephe. 3 adet yapay aydınlatma elemanı var.



Şekil 3.12 Aquacity Balçova Termal (Kişisel arşiv 2019)

3.2.8 Şavkar Arena

Şavkar Arena (şekil 3.13) 2019 yılında hizmete açılmış özel bir spor salonudur. Jimnastik ve diğer sporlar için salonlar mevcuttur (Kategori: İzmir yüzme havuzları, bt). Üç katlı bir yapıdır. Yüzme havuzunu diğer salonlardan ayırmak için plastik çatı malzemesi kullanılmıştır. Bu malzeme ses geçişini engelleyemediğinden bütün salonların sesi yoğun bir şekilde duyulabilmektedir. Herhangi bir yarış benzeri dışardan aktiviteler için kullanılmamaktadır. Doğal aydınlatması çok az yapay aydınlatmasıyla bile hacmin aydınlanması yetersizdir.



Şekil 3.13 Şavkar Arena Kapalı Yüzme Havuzu (Kişisel arşiv, 2019)

3.2.9 M.E.V. Koleji Kapalı Yüzme Havuzu

Millî Eğitim Vakfı Spor Tesisleri (şekil 3.14), MEV Koleji Özel Güzelbahçe Okulları kampüsü içinde bulunmaktadır. 27 Mayıs 2008 tarihinde hizmete açılmıştır. 1200 m² taban alanı olan yüzme havuzu 12,5 metre eninde 24,5 metre boyunda olan 1.40 ve 2 metre olmak üzere iki farklı derinliği bulunan 6 kulvarlıdır (Kategori: İzmir yüzme havuzları, bt). Okul yönetimi öğrencilerini korumak adına havuzda araştırma yapılmasını uygun bulmamış bu nedenle detaylı bilgilere ulaşılammıştır.



Şekil 3.14 M.E.V. Koleji Kapalı Yüzme Havuzu (Kişisel arşiv, 2019)

3.2.10 İzmir Atatürk Yüzme Havuzu

1971 yılında yapılan İzmir Atatürk Yüzme Havuzunun (şekil 3.15) hem açık hem kapalı kısımları bulunmaktadır. Kapalı yüzme havuzunun eni: 12,5 m, boyu: 25m (yarı olimpik), derinliği: 1,80 m'dir (Kategori: İzmir yüzme havuzları, bt). Birçok yarışta ve antrenmanlarda kullanımıyla ilk akla gelen havuzlardan biri olan bu havuz, Eylül 2019'da yan arazideki Dünya Göz Hastanesi inşaatı sırasında bazı tehlikeler oluşmuş bu sebeple kapatılmıştır. 2-3 yıl sonra açılacağı söyleniyor (İzmir'de Alsancak Atatürk Yüzme Havuzu, 2019).



Şekil 3.15 İzmir Atatürk Yüzme Havuzu (Kategori: İzmir yüzme havuzları, bt)

3.2.11 Bornova Belediyesi Işıkkent Muhammet Yıldız Spor Tesisleri

İzmir'in Bornova ilçesinde bulunan bu yapı 2015'te kullanıma açılmıştır. 10000 m²'lik arazide 4 bloktan oluşan bir spor kompleksidir. Kapalı basketbol sahası, fitness salonu, 22 yataklı sporcu konaklama merkezi ve havuzlar bulunmaktadır. Her yıl 1000'den fazla kişinin kullandığı bu tesiste bir adet açık yüzme havuzu yanında küçük antrenman havuzu ve kapalı yüzme yine yanında küçük antrenman havuzu olmak üzere 4 havuz bulunmaktadır (şekil 3.16). Yarı olimpik ölçülerdeki 5 kulvarlı havuz yoğun olarak kullanılmaktadır (Bornova'da yaz-kış yüzme keyfi, 2019).



Şekil 3.16 Bornova Belediyesi-Işıkkent Muhammet Yıldız Kapalı Yüzme Havuzu (Bornova'da yaz-kış yüzme keyfi, 2019)

3.2.12 İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kapalı Yüzme Havuzu

İzmir'in Urla ilçesinde bulunan İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü kampüsünde yer almaktadır (şekil 3.17). Üniversitede kapalı spor salonu, açık tenis kortları gibi geniş spor olanakları için özellikle geniş alan tahsis edilmiş ve son olarak 2015 yılında kapalı yüzme havuzu hizmete açılmıştır. 265 kişilik tek taraflı bir tribün mevcut ve 3.762 m²'lik bir proje alanına sahiptir. Ayrıca su ısıtmasında kullanılmak üzere 262 adet güneş kollektörü kullanılmıştır. Yüzme havuzu 5 kulvarlı yarı olimpik ölçülere sahiptir. Şehir merkezinden uzak olsa da su altı ragbisi gibi müsabakalara ev sahipliği yapmaktadır (İYTE Rektörlüğü, 2013).



Şekil 3.17 İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kapalı Yüzme Havuzu (İYTE rektörlüğü, 2013)

3.2.13 Kâtip Çelebi Üniversitesi Kapalı Yüzme Havuzu

Kâtip Çelebi Üniversitesi Çiğli kampüsü içerisinde bulunmaktadır (şekil 3.18). İki ayrı kanadı olan yapının sağında kapalı spor salonu solunda kapalı yüzme havuzu yer almaktadır. Yüzme havuzu ve kapalı spor salonu kullanımları fuaye, soyunma alanları, sporlar arası geçiş ve idari birimlerin ortak olması avantajları düşünülerek tek yapı içinde tasarlanmıştır. 2017 yılında kullanıma geçen yapıda yarı olimpik özelliklere sahip 8 kulvarlı büyük bir havuzun yanında küçük bir çırpınma havuzu da bulunmaktadır. 900 kişilik tek taraflı bir tribün de mevcuttur (EBC Mimarlık, 2013).



Şekil 3.18 Kâtip Çelebi Üniversitesi Kapalı Yüzme Havuzu (EBC Mimarlık, 2013)

3.2.14 İzmir Büyükşehir Belediyesi Yarı Olimpik Kapalı Yüzme Havuzu

İzmir'in Bornova ilçesinde Aşık Veysel Rekreasyon alanında inşa edilmiştir. 2021 Mayıs ayında hizmete açılacak olan yapıda 5 kulvarlı yarı olimpik havuzu (25x19,5m) ve çırpınma havuzu ve 125 kişilik tribün yer almaktadır (şekil 3.19). Bornova'da bulunan genç yaştaki kesim yoğunluğundan dolayı bu alanda daha da fazla havuz ve spor salonu yapılacağına dair haberler mevcuttur. Özellikle İzmir Belediyesi'nin su altı rugby takımı ve diğer takımların müsabakalara hazırlanabilmesi önemsenmiştir. Ayrıca engelli dostu olması ve sürdürülebilir tasarım öğelerine dikkat edilmiştir. Çatısında yer alan güneş panelleri ile tesisin elektrik ihtiyacının da bir kısmı sağlanıyor (İzmir Belediyesi, 2021). İç mekânda dikkat çeken özelliği ise tavanda kullanılan Alüminyum lineer asma tavan elemanlarıdır. Akustik endişelerle ilk tasarımda ahşap elemanlar tercih edilse de yapım aşamasında kullanılan bu yapı elemanı ile yansımanın önüne geçilmeye çalışılmıştır. Ayrıca tribün altında yer alan delikli ahşap paneller kullanılması da tasarlanmış ancak nemli ortamlara uygun olmaması sebebiyle yapım aşamasında kompozit panel olarak değiştirilmiştir (Not Mimarlık, bt).



Şekil 3.19 İzmir Belediyesi Kapalı Yüzme Havuzu (İzmir Belediyesi, 2021)

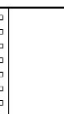
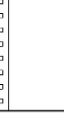
3.3 İncelenen Örneklerin Mimari Biçimleniş ve Malzeme Kullanımı Bakımından Değerlendirilmesi

İzmir kentinde yer alan ve çalışma kapsamında araştırılan yüzme havuzu hacimlerine ilişkin veriler tablo 3.1 ve tablo 3.2’te özetlenmiştir. Yapılar incelendiğinde FINA kurallarına uygun 14 havuz tespit edilmiştir. 14 yapıdan sadece bir tanesinde olimpik ölçülere sahip bir havuz bulunmaktadır; diğer yapılarda yarı olimpik ölçülere sahip havuzlar yer almaktadır. Olimpik havuzu barındıran Ege Üniversitesi Prof. Dr. Sermed Akgün Kapalı yüzme havuzu İzmir kenti ve çevresi için önemli ve kent belleğinde yer etmiş bir örnek olarak ele alınmış ve çalışma kapsamında incelenen örnekler arasında yer verilmiştir. Söz konusu 14 havuz yapısından 3 örnek için akustik konforun, tasarım sürecinde bir ölçüt olarak dikkate alındığı belirlenebilmiştir. Bu örneklerden Karşıyaka Belediyesi Kapalı Yüzme Havuzu; ilk inşa edildiğinde açık yüzme havuzu olarak tasarlanmış olup sonradan bir çatı eklenmiş ve çatının iç yüzeyine ahşap yünü paneller yerleştirilerek nem dayanım sağlayacak bir boyayla boyanmıştır. Diğer örnek ise Özel Ege Lisesi Kapalı Yüzme Havuzu olup yapının üst katında da basketbol sahası bulunduğu için döşemede akustik önlem bulunduğu tespit edilmiştir. Üçüncü örnek de 2021 yılında açılacak İzmir Belediyesi Kapalı Yüzme Havuzudur ve çatı elemanlarında akustik koşulları iyileştirme amaçlanmıştır. Ancak bu üç örnek, kısıtlı seyirci ve kullanıcı sayısı bakımından incelenen diğer yapılardan farklılaşmaktadır.

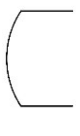
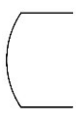
Tablo 3.1 ve 3.2’de akustik için önemli olan hacim-kapasite (m^3 /seyirci) oranları belirtilmiştir. Bu orana göre en yüksek oran Karşıyaka kapalı yüzme havuzunda elde edilse de 50 kişilik kapasitenin sınırlı olmasından ikinci sıradaki DEÜ İnciraltı kapalı yüzme havuzunun $43 m^3$ /seyirci oranı oldukça yüksektir. Bu oranda en aykırılan örnek ise Ege Üniversitesi Prof. Dr. Sermed Akgün Kapalı Yüzme Havuzudur.

Söz konusu yapılar içerisinden kullanım yoğunluğunun fazla oluşu ve genel anlamda incelenen örneklerin mimari özelliklerini temsil ediyor olması nedeni ile Dokuz Eylül Üniversitesi, İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu akustik değerlendirme çalışması için örnek yapı olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.1 İzmir ilindeki havuzların özellikleri-1

Havuz Adı	Dokuz Eylül Üniversitesi İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu	Ege Üniversitesi Prof. Dr. Sermad Akçın Kapalı Yüzme Havuzu	Buca Belediyesi Yan Olimpik Yüzme Havuzu	Karşıyaka Belediyesi Yüzme Havuzu	Bornova Belediyesi İskikent Muhammet Yıldız Spor Tesisleri	Aquacity Bakova Termal	Özel Ege Lisesi
Yapım Yılı	2010	2000 öncesi	2017	2017	2016	1980 öncesi	2012
Çatının Şekli (Kesit)							
Yüzey Malzemeleri	Zemin	Suni mermer ve Prekast kaydırmaz kaplama	Suni Mermer	Kaydırmaz Seramik	Seramik	Mermer	Kaydırmaz Seramik
	Duvar	İsa Yalınm. Alüminyum cam cephe ve Beton üzeri akı şiva	Alçı şiva	Çatı ile yekpare	Seramik, alçı şiva, silikonlu cam cephe	Silikonlu cam cephe	Yarıya kadar seramik kaplama, üst kısmı alçı şiva
	Çatı	Space Frame metal çubuklar ve Alüminyum çatı kaplama	Sarıç; panel-Galvanize ince sac metal kaburga kubbe	Paslanmaz Krom Çatı Sirkülar ve 60x60 alüsp yünü panel kaplama üzere anti bakteriyel boya	Siva	cam ya da benzeri ışık geçirgen metal kaburga kubbe	Siva (ve muntener akustik malzeme ne olduğu bilinmiyor ancak üstünde basketbol sahası olduğundan ve bu görüntünün havuzun vasıtasıyla dış kalıncı masanın var
Akustik önlem mevcudiyeti	yok	yok	yok	var	yok	yok	var
Hacim Yaklaşık	8050 m³	15917 m³	5560 m³	4700 m³	yaklaşık: 2000-2500 m³	8000 m³	yaklaşık: 7000-8000 m³
Havuz Ölçüleri ve Standartı	Boy: 25 m (Yarı Olimpik) En: 12,5 m Derinlik: 2 m	Boy: 50 m (Olimpik) En: 21 m Derinlik: 1,6-2,5 m	Boy: 25 m (Yarı Olimpik) En: 12,5 m Derinlik: 3,1 m	Boy: 25 m (Yarı Olimpik) En: 20 m Derinlik: 2,1 m	Boy: 25 m (Yarı Olimpik) En: 12,5 m Derinlik: 1,2 m	Altıgen planlı tek kenar 15,5 kulvar boyu 26 m	Boy: 25 m (Yarı Olimpik) En: 12,5 m Derinlik: 2 m
Kulvar Sayısı	5	enine 20 (genel kullanım) boyuna 8	5	8	5	3 (2 giriş için)	5
Atlama Platformu	var	var	var	var	var	yok	var
Sevirci kapasitesi	184	2000	220	50	74	yok	500
Kapasite-hacim oranı (Occupancy rate m³/seat)	43,75 m³/sevirci	7,95 m³/sevirci	25,27 m³/sevirci	94 m³/sevirci	27 m³/sevirci	yok	14 m³/sevirci
Kullanıcı Kitlesi	Üniversite Öğrencileri Çocuk ve Yetişkin Kursları Halka açık	Üniversite Öğrencileri Çocuk ve Yetişkin Kursları Halka açık	Çocuk ve Yetişkin Kursları Halka açık	Çocuk ve Yetişkin Kursları Halka açık	Çocuk ve Yetişkin Kursları Halka açık	Çocuk ve Yetişkin Kursları Halka açık	İlkokul, ortaokul ve lise öğrencileri Sadecce okul öğrencileri
Serbest Yüzme Harış Diğer Aktiviteler	Yüzme Yarışları, Su topu, Su altı Rugby	Yüzme Yarışları, Su topu, Yükecek Dahış Platformu Su altı Rugby	Yüzme Yarışları, Su topu, Su altı Rugby	Yüzme Yarışları, Su topu, Su altı Rugby	Yüzme Yarışları, Su topu, Su altı Rugby	Yüzme Yarışları	Yüzme yarışları, Su topu
Sıcaklık	27,5 °C-29 °C	27 °C	28 °C	27 °C	27 °C	29 °C (termal ısıtma)	28 °C

Tablo 3.2 İzmir ilindeki havuzların özellikleri-2

Havuz Adı	İzmir Özel Türk Koleji	M.E.V. Koleji Kapalı Yüzme Havuzu	Şavkar Arena	İzmir Atatürk Yüzme Havuzu	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kapalı Yüzme Havuzu	Katip Çelebi Üniversitesi Kapalı Yüzme Havuzu	İzmir Büyükşehir Belediyesi Kapalı Yüzme Havuzu
Yapım Yılı	2014	2008	2018	1971	2015	2017	2021
Çatına Şekli (Kesit)							
Yüzey Malzemeleri	Zemin	Seramik	Seramik	Seramik	Seramik ve kaydırmaz seramik	Seramik ve kaydırmaz seramik	Seramik
	Duvar	Silikonlu cam cephe, alçı sıva	Silikonlu cam cephe, alçı sıva	Alçı sıva, silikonlu cam cephe	Alçı sıva, silikonlu cam cephe	Alçı sıva, silikonlu cam cephe	Silikonlu cam cephe, seramik
	Çatı	Alışıp ve Metal Strüktür	Alışıp ve Metal Strüktür	Sıva	Sıva	Space Frame metal çubuklar ve alüminyum çatı kaplama	Metal konstrüksiyon, alüminyum lineer asma tavan
Akustik önlem mevcudiyeti	var	yok	yok	yok	yok	yok	var
Hacim Yaklaşık	yaklaşık: 1500-2000 m³	yaklaşık: 3000-3500 m³	3441 m³	yaklaşık: 3000-3500 m³	yaklaşık: 10000-12000 m³	yaklaşık: 20000-22000 m³	yaklaşık: 4000-5000 m³
Havuz Ölçüleri ve Standartı	Boy: 25 m (Yarı Olimpik) En: 12,5 m Derinlik: 1,65 m	Boy: 24,5 m (Standart değil) En: 12,5 m Derinlik: 1,4-2 m	Boy: 25 m (Yarı Olimpik) En: 12,5 m Derinlik: 1,65 m	Boy: 25 m (Yarı Olimpik) En: 15 m Derinlik: 1,80 m	Boy: 25 m (Yarı Olimpik) En: 12,5 m Derinlik: 2 m	Boy: 25 m (Yarı Olimpik) En: 20 m Derinlik: 2,20 m	Boy: 25 m (Yarı Olimpik) En: 12,5 m Derinlik: 4 m
Kulvar Sayısı	5	6	6	6	5	8	5
Atlama Platformu	var	var	yok	var	var	var	var
Seçirici kapasitesi	yok	yok	yok	yok	265	900	125
Kapasite-hacim oranı (Occupancy rate m²/seat)	yok	yok	yok	yok	37 m²/seçirici	22 m²/seçirici	32 m²/seçirici
Kullanıcı Kiti	İlkokul, ortaokul ve lise öğrencileri Sadece okul öğrencileri	İlkokul, ortaokul ve lise öğrencileri Sadece okul öğrencileri	Halka açık	Çocuk ve Yetişkin Kursları Halka açık (2019-2020 arası kapalı)	Çocuk ve Yetişkin Kursları Halka açık	Çocuk ve Yetişkin Kursları Halka açık	Çocuk ve Yetişkin Kursları Halka açık
Serbest Yüzme Hariç Diğer Aktiviteler	Yüzme yarışları	Yüzme yarışları	Yüzme yarışları	Yüzme Yarışları, Su topu, Su altı Rugby	Yüzme Yarışları, Su topu, Su altı Rugby	Yüzme Yarışları, Su topu, Su altı Rugby	Yüzme Yarışları, Su topu, Su altı Rugby
Sıcaklık	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C (Güneş enerjisi ile)	27 °C	27 °C (Güneş enerjisi ile)

BÖLÜM 4

ALAN ÇALIŞMASI: DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ İNCİRALTI KAPALI YÜZME HAVUZU AKUSTİK DEĞERLENDİRMESİ

Akustik ölçümler İzmir ilinin Balçova ilçesinde bulunan Dokuz Eylül Üniversitesi'nin sağlık yerleşkesinde bulunan DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme havuzunda gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1). DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu birçok özelliğiyle akustik inceleme açısından uygun bulunmuştur. 2010 yılında inşa edilen yarı olimpik havuz, yüzme yarışlarına, su topu ve su altı rugby müsabakalarına ev sahipliği yapmasıyla kentlilerin yoğun kullanımındadır. Seyirci alanının büyüklüğü FINA kurallarına göre yapılan yarı olimpik kapalı yüzme havuzları göz önüne alındığında optimum düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca doğal aydınlatma kullanma açısından da cephedeki açıklıkların diğer örneklerle göre optimum olması da cam malzeme yüzey boyutu düşünüldüğünde akustik açıdan da ortalama bir etkiye sahip olacağı düşünülmüştür. Malzeme seçimi de çeşitliliği sebebiyle eklenebilecek ya da çıkarılabilecek yapısal öneriler için uygun ortam oluşmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.1 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu (Kişisel arşiv, 2020)

4.1 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunun Mimari Özellikleri

Yarı olimpik ölçülere sahip bir havuz bulunmaktadır. Hacmi 8050 m³'dür. Ana hacmin yüksekliği 10 metre ile 13 metre arasında değişmektedir. Soyunma odaları, duş ve tuvaletler açık kapıları bulunan hacimler ile havuzun bulunduğu hacme bağlı durumdadır. Bu küçük hacimlerin üstünde de seyirci tribünü bulunmaktadır. Tribünün arkasında üst katta ise dikdörtgen planlı yaklaşık 170 m² lik küçük bir spor salonu mevcuttur.

Alt kat (soyunma odaları dahil) yaklaşık 740 m² taban alanına sahiptir. 184 kişilik plastik koltuklardan oluşan tribün mevcuttur. Tribünün etrafında havuz ortamıyla ilişkisini kesen metal çerçeveli cam malzemelerden parapet mevcuttur. Mekânda doğal ışık sağlanması için çok sayıda alüminyum doğrama pencereler kullanılmıştır. 14 adet 360x210 cm boyutlarında alüminyum doğrama pencere, 4 adet 360x200 cm boyutlarında yine alüminyum doğrama pencere ve 2 tanesinde entegre acil çıkış kapısı, 160x220 cm boyutlarında da 4 adet sürekli açık bulundurulmuş alüminyum doğrama ve aynı boyutlarda 2 adet ahşap (danışma hacminden ayıran ve giriş için kullanılan) çift kanatlı kapılar bulunmaktadır. Havuzun, soyunma odalarının, duşların, tribünün zeminleri tamamen seramik kaplamadır. Duvar yüzeylerinin tamamı neme dayanıklı alçı sıva ile kaplıdır. Çatıda ise metal elemanlardan oluşturulmuş uzay kafes (space frame) sistem mevcuttur. Uzay kafes sisteminde 275 adet düğüm noktası mevcuttur. Üstünde ise trapez ince metal sac kaplama mevcuttur. Çatı şekli ise tonozdur

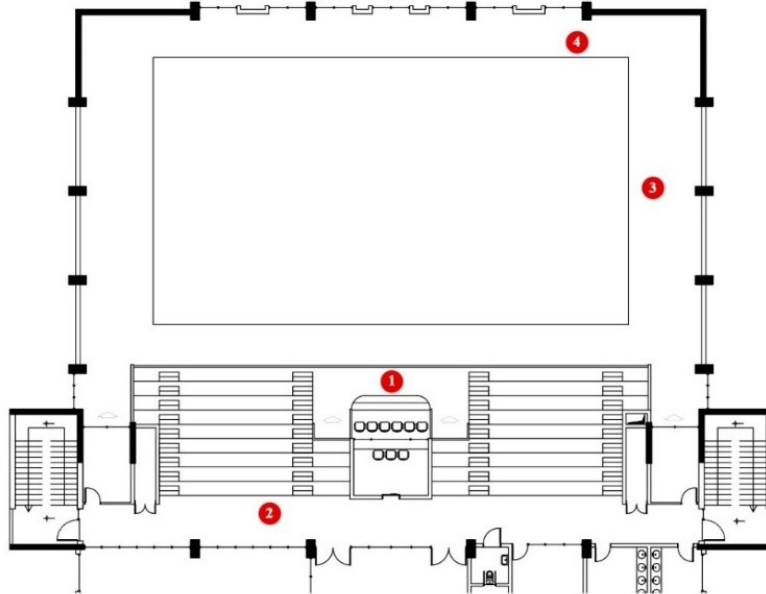
Yüzme havuzu 25x 12,5 m boyutlarında olmakla beraber makine dairesi soyunma odalarının alt katında bulunmaktadır. Havuzun altında da denge havuzu bulunmaktadır. 5 kulvar bulunan havuzun başında ve sonunda olmak üzere 10 adet kaydırmaz plastik ve metal malzemelerden oluşan atlama platformu bulunmaktadır. Havuzun kuzey doğu köşesinde de küçük bir antrenör ofisi bulunmaktadır. Cam ve metal malzemeyle kaplı bu hacmin de genellikle kapısı açık bırakıldığından hacme dahil edilmiştir.

4.2 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Akustik Belgeleme Çalışması

Ölçümler yapıldığında seyirciler ve yüzücülerin etkilenebileceği yerler göz önüne alınmıştır. Yüzeyler ise genellikle sert ve yansıtıcı özellikte olarak nitelenebilir. Ölçümler ISO 3382-2:2008 standartlarına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Hacim akustiği sorunlarının belirlenmesi ve konuşmanın anlaşılabilirliğinin değerlendirilebilmesi için akustik belgeleme çalışması yürütülmüştür. Ölçümlerde, RT, arka plan gürültü seviyesi, EDT, D50, C80 ve STI parametreleri 125 Hz-4000 Hz oktav bandı aralığında ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.2.1 Arka Plan Gürültü Düzeyi Ölçüm ve Sonuçları

DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunun akustik açıdan mevcut durumunu belirlemek amacıyla 31 Ağustos 2020 tarihinde gürültü düzeyi ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. Hacimdeki kullanıcıları etkileyebilecek bölgeler göz önüne alınarak 4 adet ölçme noktası belirlenmiştir. Belirlenen noktalar şekil 4.2’de gösterilmiştir. Bu bölgelerde 15’er dakikalık ölçümler alınmıştır.



Şekil 4.2 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda ölçüm için belirlenen lokasyonların plan üzerinde gösterimi (DEÜ Yapı İşleri Müdürlüğü)

TS 9315/ISO 1996-1 'ye uygun olarak gerçekleştirilen ölçmelerde, Brüel&Kjaer Precision Integrating Sound Level Meter (Type2236) kullanılmıştır. Hacimde etkin gürültü esas kaynağının ve alıcı konumunun da havuzda olması nedeniyle, ölçmeler döşemeden 1,20 m yükseklikte gerçekleştirilmiştir. Havuzun boş olduğu ve havuz ve havalandırma donanımlarının çalışır durumda olduğu durumda ölçülen arka plan gürültü düzeyinin yanı sıra, gürültünün zaman içindeki durumunu değerlendirmeye olanak sağlayan antrenman anlarında da ölçülmüştür. Pandemi koşullarından dolayı havuzu kullanan kişi sayısı oldukça azalmıştır. Arka plan gürültü seviyesi ölçülürken havuzda sadece iki sporcu mevcut idi. Sporcuların yüzdüğü zamanda alınan arka plan gürültü seviyesi ölçüm “antrenmanlı” olarak ayrı bir bölümde belirtilerek tablo 5.1’de ifade edilmiştir.

Tablo 4.1 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Arka Plan Gürültü Düzeyleri (Kişisel arşiv, 2020)

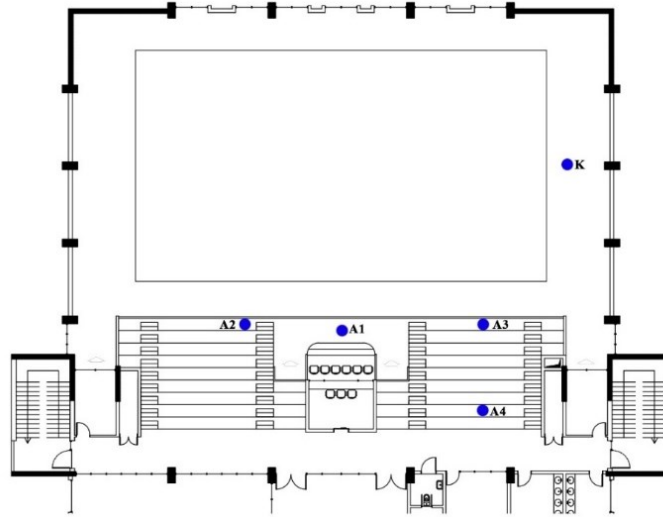
	Konum	Antrenmanlı Gürültü Düzeyi L_{Aeq}	Antrenmansız Gürültü Düzeyi L_{Aeq}
Seyirci Konumları	Protokol Kotu (+165)	62,8 (serbest Yüzme) (67,5 En yüksek)	61,3
	Seyirci Dağılma Holü 1. Kat (+570)	62,2 (Kelebek Yüzme)	60,3-60,5
Yüzücü, Antrenör, Hakem Konumları	Zemin Kat (+150) Atlama Platformunun arkası	63,9	62,2
	Zemin Kat (+150) Süzgeçlerin Yanı	65 (En Yüksek 67) (Kelebek Yüzme)	63,6

Hall (2016)’nın yaptığı çalışma incelendiğinde havuz kenarındaki süzgeçlerin yakınında yapılan arka plan gürültü düzeyi ölçümü oldukça yüksek idi. DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme havuzunda yaptığımız ölçümler bu veriyi doğrular niteliktedir. Yapılan ölçümlerde en yüksek değer 4 numaralı noktada gözlemlenmiştir.

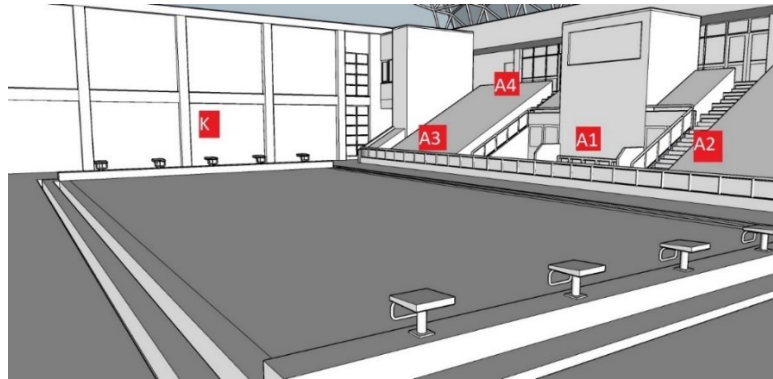
Daha Önce başlık 3. 2 de belirtildiği üzere Türkiye BGKKHY spor salonlarında bu değer akustik performans sınıfına göre değişmekle birlikte (A sınıfı – C sınıfı) 41-49 dBA aralığı olarak sınırlandırılmıştır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017). İsviçre yönetmeliklerine göre ise kapalı yüzme havuzlarında L_{eq} seviyesi 45 dB olarak belirtilmiştir. Kullanımda olan bir havuzdan örnek vermek gerekir ise Hall (2016)’nın yaptığı çalışmaya göre kullanıcı yokken L_{Aeq} değeri 46,3 kullanıcı varken ise 68 dBA ölçülmüştür. SPL ise ortalama 80 değerine sahiptir.

4.2.2. Yansışım Süresi (Reverberation Time) Ölçüm Sonuçları

Yansışım süresi ölçümleri ise 27 Ekim 2020 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Akustik ölçüm esnasında ortam sıcaklığı 31,2 °C, bağıl nem ise %48 olarak ölçülmüştür. Yansışım süresinin seyirciler üzerindeki etkilerini inceleyebilmek adına tribünde dört ayrı noktaya yerleştirilen alıcılar ve antrenörlerin bulunacağı, talimat vererek bir kaynak vazifesi göreceği göz önünde bulunduğu havuzun ön kısmına da kaynak (Omnidirectional Loudspeaker) yerleştirilmiştir (Şekil 4.3). Kullanılan diğer ekipmanlar öncekiyle aynıdır. DIRAC 5.5 yazılımı kullanılarak hacim akustiği ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ölçümde kullanılan lokasyonlar SketchUp programıyla yapılan model üzerinden de belirtilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.3 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu yansışım süresi ölçüm sonuçları (DEÜ Yapı İşleri Müdürlüğü)



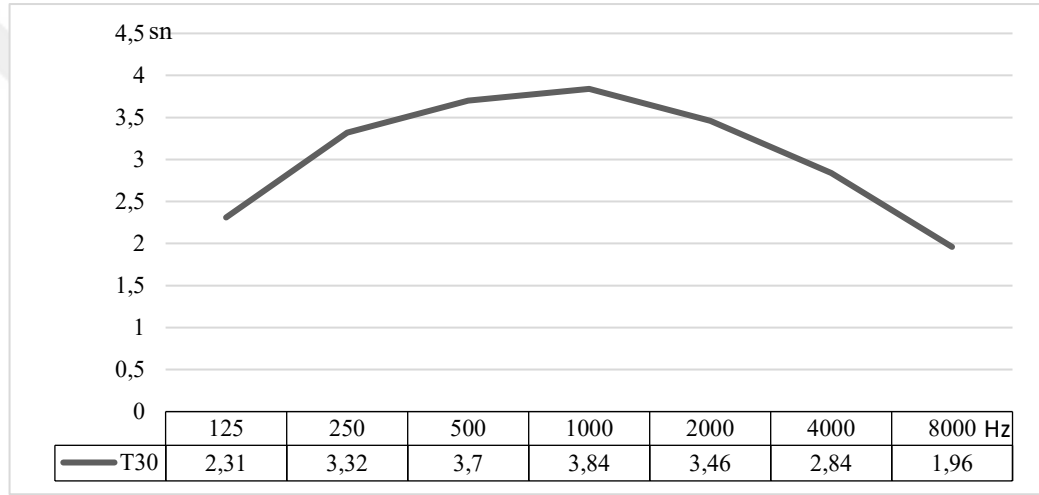
Şekil 4.4 DEÜ Kapalı Yüzme Havuzu Model üzerinde kaynak ve alıcıların gösterimi (Kişisel arşiv, 2021)

DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu büyük hacimli olduğundan, ölçümünde düşük frekanslardaki yansıma süresi önem kazanmıştır. Yansıma süresi (T60) ölçüm sonuçları tablo 5.2’de belirtilmiştir. Ayrıca T30 değerlerinin bulunduğu grafik de şekil 4.5 ile ifade edilmiştir.

Tablo 4.2 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Yansıma Süresi Ölçüm Sonuçları

F Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
RT (A1)	2,26	3,48	4,33	4,47	3,97	3,54	2,29
RT (A2)	2,35	3,53	4,84	4,74	4,46	3,04	2,13
RT (A3)	2,71	3,73	4,04	4,57	4,16	3,36	2,26
RT (A4)	2,74	3,71	4,04	4,32	4,14	3,35	2,14
RT Ortalama	2,51	3,61	4,31	4,52	4,18	3,32	2,20

Yansıma süresi= 4,3

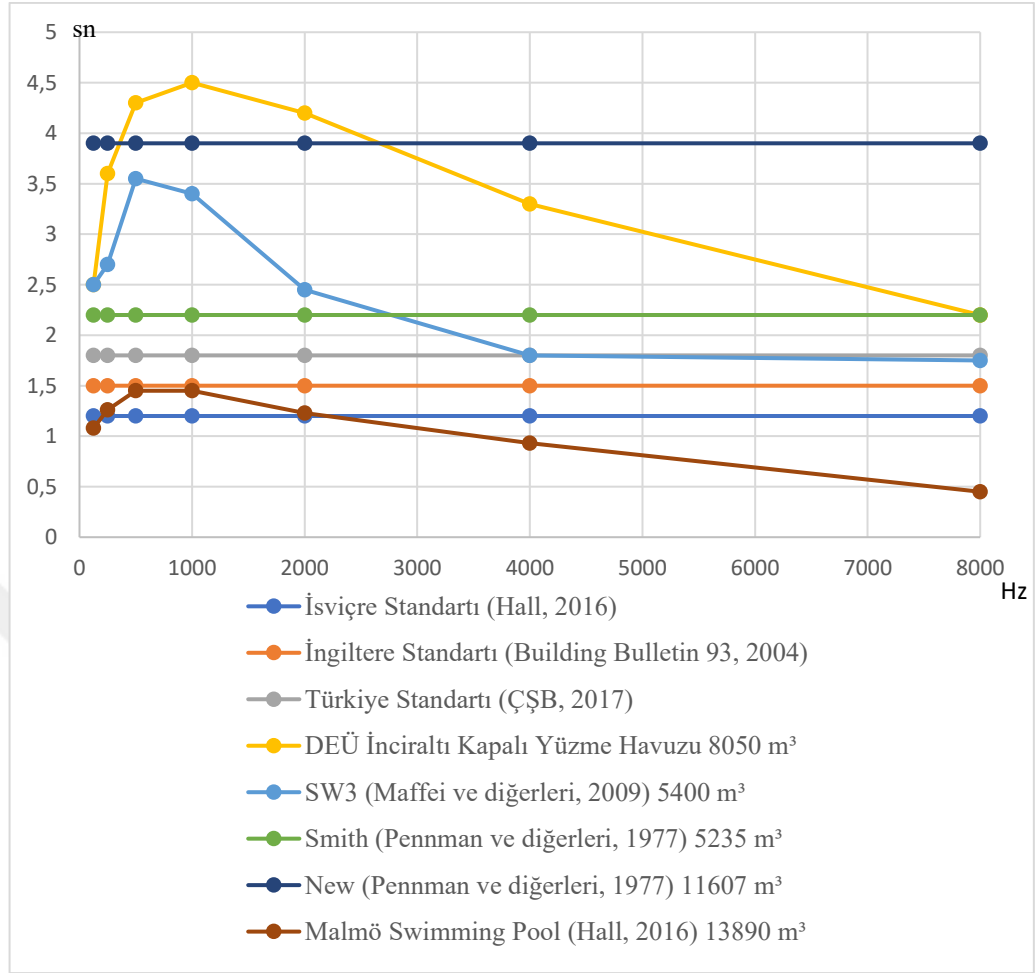


Şekil 4.5 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu T30 ölçüm sonuçları (Kişisel arşiv, 2020)

4.3 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Hacminin Akustik Açidan Değerlendirilmesi

Yukarıdaki ölçümler değerlendirildiğinde özellikle insan kulağının hassas olduğu 500, 1000 ve 2000 Hz oktav bantlarında oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Türkiye’deki spor salonları için belirlenen 1,8’lik standart değerden oldukça yüksektir.

Yansıma süresi sonuçların optimum düzeylerde olup olmadığını anlamak için ise literatürde daha önce yapılan ölçümler ile Türkiye ve diğer iki ülkenin standartlarına dair bir grafik oluşturulmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Yansıma süresi ülke standartları ve diğer örnekler

4.3.1 Değerlendirmede Kullanılan Akustik Parametreler ve Kabul Edilebilir Değer Aralıkları

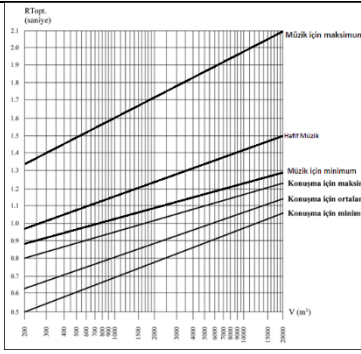
Üçüncü bölümde akustik konfor koşulları başlığında ve literatür özetinde belirtildiği üzere kapalı yüzme havuzlarını akustik koşullarına dair hem öznel hem de nesnel parametreler üzerinden yorumlar yapılmıştır. Ancak bu parametrelerden sadece bazılarının kapalı yüzme havuzlarına özgü optimum sınır değerleri belirlenmiştir. Bir önceki başlıkta yerinde yapılan akustik ölçümler çerçevesinde elde edilen sonuçlardan yansıma süresi ve arka plan gürültü seviyesi verileri ortaya konmuştur. Konuşmanın anlaşılabilirliğinin ortaya konulması adına tablo 4.3’de de D50, C80, EDT ve STI parametre değerleri de ek olarak paylaşılmıştır.

Tablo 4.3 Konuşmanın anlaşılabilirliği için bakılan parametreler (yerinde ölçüm 2020)

Parametre	125Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama
EDT	2,32	3,81	4,32	4,67	4,04	3,20	3,5
D50	0,55	0,22	0,19	0,21	0,19	0,24	0,28
C80	-7,08	-2,84	-4,38	-4,13	-4,25	-3,40	-3,7
STI							0,33

Kapalı yüzme havuzlarında gerçekleştirilen etkinlikler değerlendirildiğinde konuşmanın bulunduğu ve acil durumlar hatta bazen müzik yayını için elektronik ses güçlendirme sisteminin aktif olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir. Yansıma süresi açısından bakıldığında müzik için yüksek istenen değerler bile yaklaşık 2 saniye ile sınırlandırılırken insan kulağı için hassas olan orta frekanslarda 4 saniyenin üzerinde değerler ölçülmüştür. Bu açıdan bakıldığında hem ortam gürültü düzeyinin yansımalar ile artışı engellemek hem de konuşmanın anlaşılabilirliğini sağlamak için yansıma süresini kısaltacak önlemler alınmalıdır. Daha önceki bölümlerde aktarılmaya çalışılan akustik parametreler ve havuz ortamına ilişkin optimum değer aralıkları tablo 4.4 de toparlanarak ve kısa tanımları yapılarak karşılaştırmaya uygun hale getirilmiştir.

Tablo 4.4 Akustik Parametreler ve Optimum Değerleri (Long, 2006; Çalışkan 2014)

Akustik Parametre Adı (Birimi)	Tanımı	Optimum Değer Aralığı
Yansıma Süresi (Çınlama Süresi – Reverberasyon Süresi) RT, T ₆₀ (sn)	Ses kaynağı kapatıldıktan sonra hacimde sesin sönümlenerek başlangıç enerjisinin milyonda birine ya da 60 dB düşmesi için geçen süre olarak tanımlanmaktadır.  Konuşma (4825 m³): 0,9-1,1 Müzik (4825 m³) (min.): 1,2 Müzik (4825 m³) (hafif müzik): 1,4 Konuşma 0.7-1.0 (Barron,1993 for 500 Hz) Opera 1.3-1.8 (Barron,1993 for 500 Hz)	Kapalı Yüzme Havuzlarına özgü T_{mid}<1,50 İngiltere standartı (Department of Education and Skills 93, 2004) İsviçre standartı 1<T₂₀<1,2 (Hall, 2016) BGKKHY (spor salonları için) ≤ RT ≤ 1,8 (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Tablo 4.4 devamı

T₃₀ (sn) – Yansıma Süresi	Uygulamada, ses düzeyinin fon gürültüsünün 60 dB üzerine çıkması her zaman mümkün olmadığından T60 genellikle ilk 30 dB'lik düşüş belirlenerek elde edilir. -5 ile -35 dB arasındaki düşüş süresi belirlenerek bulunan T30 değeri 2 ile çarpılarak T60'a ulaşılmaktadır (Beranek, 1996; Kara, 2009; Mehta ve diğer., 1999).	
Erken Sönümlenme (Düşme) Süresi (EDT) (sn)	EDT değeri, sesin ilk 10 dB'lik düşüşü için geçen sürenin altı katına eşittir. Hacimlerde EDT' nin RT ile paralellik göstermesi, düzgün yayınlılığın göstergesi olarak kabul edilmektedir (Çalışkan, 2014).	EDT<Tmid (konuşma) EDT>Tmid (müzik) (Mehta ve diğer., 1999)
D₅₀ (%) Ayırtedilebilirlik	Dinleyiciye dolaysız gelen sestten sonra, ilk 50 milisaniyelik bölümde ulaşan sesler, doğrudan gelen sesi pekiştirerek, genişlemiş bir ses görüntüsüne ve iyi bir ses seviyesi güçlendirmesine katkıda bulunacağından, yararlı yansımaları oluşturur. Bu yararlı yansımaların enerjisinin toplamının, yararlı-yararsız tüm yansımaların enerjilerinin toplamına oranı ayırtedilebilirlik olarak ifade edilmektedir. (Kurtulan, 2009; Long, 2006; Mehta ve diğer., 1999). Konuşmanın anlaşılabilirliği ile D50 değerinin arasındaki ilişki incelendiğinde, D50'nin %50'nin üzerine çıktığı durumda, anlaşılabilirliğin de %90'ın üzerine çıktığı görülmektedir.	0.34 (Cremer,1982) 0.56 (Bradley,1986) 0.4 - 0.6 (Gimenez, 1988) 0.45-0.55 (Hilbert,1982) Conference ≥0.65 (Riberio, 2002) Music 0.45<D≤ 0.60 (Riberio, 2002)
C₈₀ - Netlik (dB)	İlk 80 ms içerisinde ulaşan sesin enerjisinin bu süreden sonra ulaşan ses enerjisine göreceli değeridir (Çalışkan, 2014). Netlik değerinin müzik için konuşmadan daha uzun olduğu ortaya koyulmuştur. Reichardt müziğin net ve açık bir şekilde algılanabilmesi için gereken sürenin ilk 80 ms olduğunu belirlemiş ve Thiele'nin geliştirdiği konuşmanın belirginliği parametresinin yerine müziğin netliği parametresini ortaya koymuştur. Bu değer ilk yansımaların hem zamana bağlı olarak incelenmesini sağlamak hem de spektral dalgalanma üzerinde etkili olmaktadır. (Yaşaroğlu, 2006)	-4<C ₈₀ <4 (Gade) 0 (Cremer, 1982) -4 - 0 (Beranek, 1996) -2 - +2 (Barron, 1993) -1 - +1 (Hyde, 1994) -5 - +5 (ISO 3382-1)
Konuşma İletim Katsayısı - STI	Konuşma iletim katsayısı, STI, anlaşılabilirliğin belirlenmesinde kullanılan önemli bir parametredir. Dolaysız ses, yansımış sesler ve arka plan gürültü düzeyi ile ilgili önemli bir ölçüt olan STI, ses iletiminin iyi olması durumunda 1'e, kötü olması durumunda 0'a yakın değerler almaktadır. (Long, 2006; Kara, 2009; Kurtulan, 2009; Türk, 2011).	0.00 - 0.30 (Kötü) 0.30 – 0.45 (Zayıf) 0.45 – 0.60 (Orta) 0.60 – 0.75 (İyi) 0.75 – 1.00 (Mükemmel)

4.3.2 Akustik Değerlendirme

Yapılan ölçümlerde, havuz iç hacminde yansıma süresinin sınır değerlerin üzerinde olduğundan bir önceki bölümde de bahsedilmiştir. Yukarıdaki tabloya göre EDT değeri ise $3,5 < 4,3$ olduğundan Mehta ve diğer. (1999)'a göre müzik fonksiyonlu mekanlar için daha uygundur. D50 değeri 0,28 yani %28 olduğundan dolayı yukarıdaki tabloya göre; yeterli ayırt edilebilirlik sağlanamamıştır. C80 parametresini incelediğimizde ise -3,7 değeri ile ISO standartları aralığında bir değer elde edilse de konuşmanın anlaşılabilirliği için yine yeterli seviyede değildir. STI değeri 0,33 olduğu için konuşma iletim katsayısı Zayıf kategorisinde yer almaktadır. Kısacası tüm değerler kapalı yüzme havuzlarının konuşma anlaşımı için akustik müdahalelere ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır.

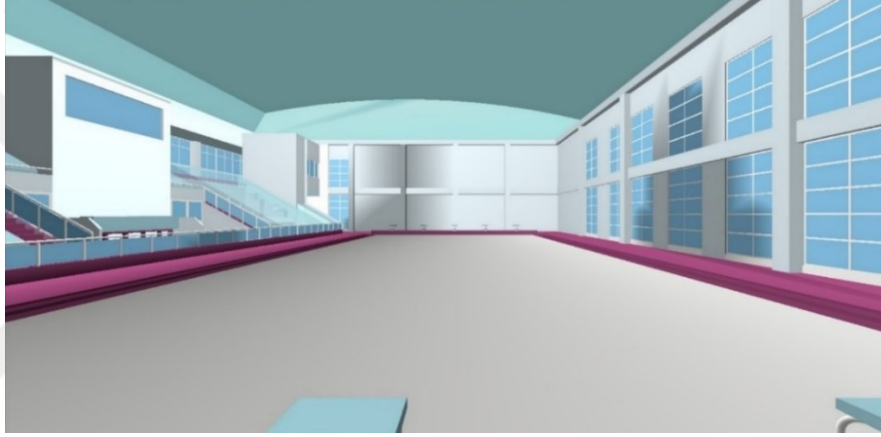
Ayrıca yapılan akustik ölçümler ile arka plan gürültü düzeyinin de sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu düzeyi oluşturan ekipman gürültüsü yanı sıra artışa etken diğer faktörün ise uzun yansıma süresinin olduğu ölçümler ile ortaya konmuştur. Mekânın, yüzme sporu ya da başka faaliyetler için kullanımı durumunda akustik olarak “konforlu” olarak tanımlanamamaktadır. Mekân içinde gerçekleştirilen aktiviteler için elektronik seslendirme sistemi kullanımı durumu için de yansıma süresinin uzunluğu nedeni ile anlaşılabilirlik oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır. Sonuç olarak, ölçümler sonucunda elde edilen veriler ile havuz ortamının akustik açıdan konforu artırmaya yönelik müdahalelere ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir.

4.4 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Akustik Ortamı İçin İyileştirme Önerileri

Ölçümler sonucunda iki parametrenin de bulunan değerlerinin standartlardan oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ancak kullanımda olan örneklerde de gözlemlendiği gibi bu standartlar elde edilmesi zor bir seviyededir. Sonuç olarak geleneksel havuz malzemeleri ve yapım şekilleri akustik konfor koşullarının elde edilmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple yine DEÜ Kapalı Yüzme havuzunun verileri baz alınarak simülasyon çalışması ve öneriler geliştirilmesi uygun bulunmuştur.

4.4.1 Akustik Model ve Koşulların İyileştirilmesi

Simülasyonlar Odeon 16 Combined Programıyla gerçekleştirilmiştir. İlgili yazılım, hacim akustiği alanında, önemli çalışmalarda ve bilimsel yayınlarla güvenilirliği kanıtlanmış olması ve birçok parametre üzerinden karşılaştırma yapmaya imkân sağlaması bakımından çalışma kapsamında kullanımı uygun görülmüştür. DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunun mimari modeli ise SketchUp programı ile yapılmış daha sonra odeona aktarılmıştır (şekil 4.7). Bazı yüzeylerin fazla kırıklı olması akustik simülasyon programının doğru çalışmasına engel olacağından basitleştirilmiş model üzerinden çalışmalar yürütülmüştür.



Şekil 4.7 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu Odeon programı kaynak konumundan görünüm (Kişisel arşiv, 2021)

Modelde bulunan yüzeyler Odeon 2016 Combined kütüphanesindeki materyallerden seçilmiştir. Tablo 4.5'te bu materyallerin kodları ve yüzeylerin genel tanımları ayrıca kapladıkları yüzey metrekaresi belirtilmiştir.

Tablo 4.5 Odeon Combined programında yüzeylere atanan malzemeler ve özellikleri

Genel Tanım	Odeon Kodu Malzeme adı ve yutuculuk katsayısı			Etkilenen alan m ²
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
Metal Yüzeylere	2001 Sırlanmış mermer (Marble Glazed Style)			284
	0,01	0,01	0,02	
Çatı kaplama	5000 Çelik trapez (Steel Trapeze)			1755
	0,2	0,1	0,1	

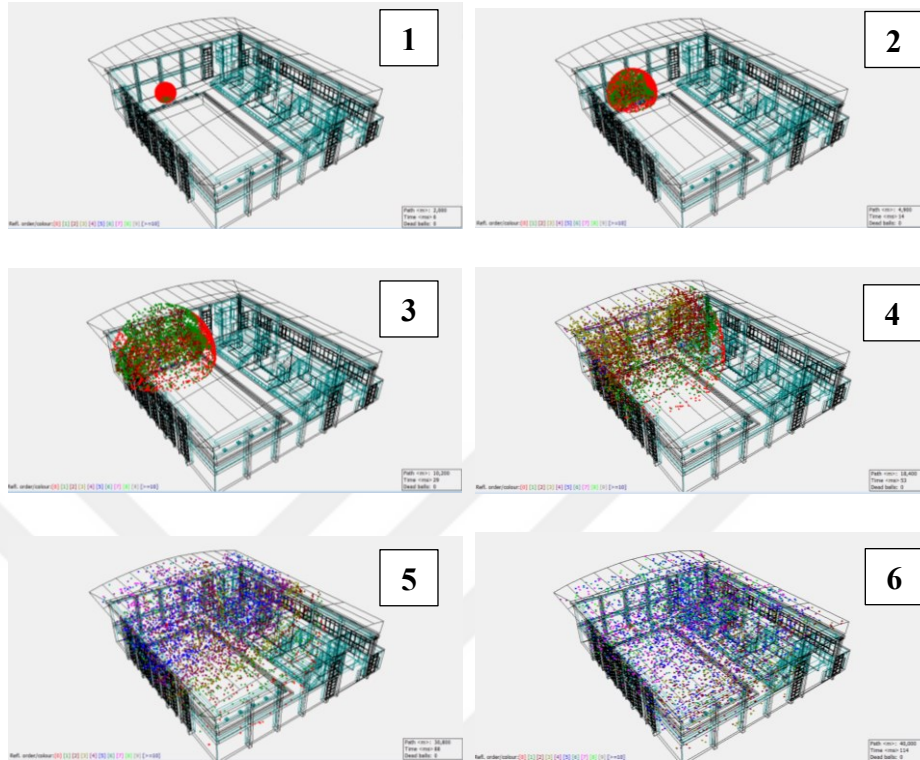
Tablo 4.5 devamı

Uzay kafes taşıyıcı eleman (düz yüzey)	2001 Sırlanmış mermer (Marble Glazed Style) %80 geçirgenlik (transparency) / %10 saçıcılık (scatter)			1005
	0,01	0,01	0,02	
Tüm Duvar (Sıva)	104 Beton blok, sıvalı veya sıvasız, boyalı (Concrete block, with or without plaster, painted)			3897
	0,07	0,06	0,06	
Seyirci Alanı	3068 Kontrplak lambri (Plywood paneling) %40 geçirgenlik (transparency)			191
	0,17	0,09	0,1	
Başlama Bloğu (plastik)	3068 Kontrplak lambri (Plywood paneling)			6
	0,17	0,09	0,1	
Cam yüzeyler	10006 Normal cam (Ordinary Glass)			443
	0,18	0,12	0,07	
Asma Tavan	4036 Alçı pürüzsüz (Plaster Gypsum smooth finish)			511
	0,06	0,04	0,04	
Su yüzeyi	9000 Su yüzeyi (water surface) %10 saçıcılık (Scatter)			306
	0,1	0,1	0,2	
Seramik Zemin	“Kapsamlı materyal optimize edici” ile üretilen yeni materyal (Generic material optimizer)			2756
	0,01	0,18	0,15	

Odeon 16 Combined yazılımının bir özelliği ile; ortamın gerçek ölçüm sonuçlarının yazılıma aktarılması ve böylece gerçek sonuçlara en yakın verilerin sağlanabilmesi için; mekan içerisinde belirlenen bir malzemenin yutuculuk katsayısı program tarafından hesaplanmıştır. Bu hesabı yapabilmek için ölçüm ile elde edilen ses dosyaları Odeon’a yüklenmiş ve “generic material optimizer” seçeneği çalıştırılarak yukarıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir. Zemin yüzeylerinin seçilme sebebi kütüphanede bulunan seramik materyallerinde mineral yünü bulunmasından doğruluğuna etki edeceği düşünülmesi ve ikinci en çok alana sahip yüzey olmasıdır.

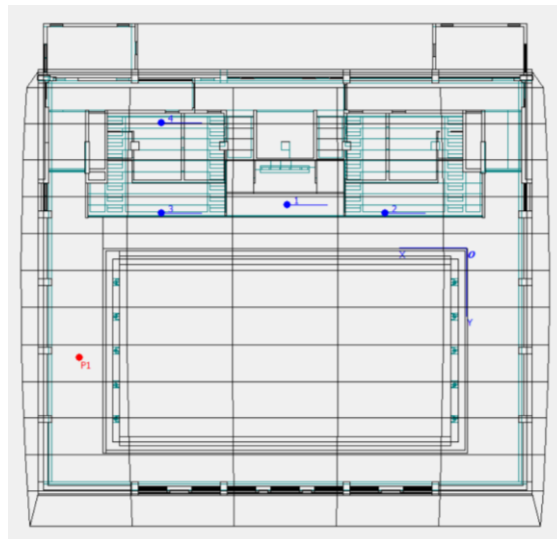
Metal yüzeylerde yansıtıcılığı yüksek olduğundan sırlı yüzey ve yutuculuk değeri mümkün olduğunca sıfıra yakın malzemeler seçilmiştir. Uzay kafes ve seyirci koltuklarının olduğu bölgeler basit yüzeyler olarak modellenerek geçirgenlik eklenmiştir. Uzay kafes sistemi galvanizli çelik olduğundan saçıcılık da eklenmiştir. Kalibrasyonu daha gerçekçi yapabilmek için yansıma süresi ölçümü esnasında havuzda yüzücü bulunmadığı ve düz havuz yüzeyiyle dalgalı yüzeyin ses yansımasına etkisi düşünülerek %10 saçıcılık eklenmiştir.

Malzemeler tanımlandıktan sonra “ray tracing” ve “3D billard” testleri yapılmış ve herhangi bir ses kaçağının olmadığından emin olunmuştur (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 1-6 numaralı görseller 3D bilardo simülasyonunun sürecini ve ses kaçırma kontrolleri (Kişisel arşiv, 2021)

Ölçümler için kaynak ve alıcılar yerleştirilirken yansıma süresi ölçülürken kullanılan düzen uygulanmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Odeon Combined programında kaynak ve alıcıların yerleşim lokasyonları (Kişisel arşiv, 2021)

Sonrasında yapılan ayarlara göre akustik parametreler hesaplanmıştır ve tablo 4.6, tablo 4.7 ve tablo 4.8'deki sonuçlar elde edilmiştir. Literatürde akustik ölçüm ve odeon kalibrasyonu yapılmış çalışmalarda belirtildiğine göre ölçüm ile simülasyon değerleri arasındaki fark %5'i geçmiyorsa anlamlı bir kalibrasyon elde edilmiştir (Alberdi ve diğer., 2021).

Tablo 4.6 Yerde ölçüm ile simülasyon işlemi sonucu T30 ortalama değerlerinin karşılaştırılması

T30	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Yerde Ölçüm	3,7	3,85	3,4
Odeon ölçüm	3,68	3,76	3,57
%5 i	0,16	0,18	0,19

Tablo 4.7 Yerde ölçüm ile simülasyon işlemleri sonucu D50 değerlerinin karşılaştırılması

D50	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Yerde Ölçüm	0,22	0,19	0,20
Odeon ölçüm	0,16	0,17	0,18

Tablo 4.8 Yerde ölçüm ile simülasyon işlemleri sonucu STI değerlerinin karşılaştırılması

STI Ölçüm	0,34
STI Odeon	0,31

Tablolardan anlaşılabileceği üzere yerinde yapılan ölçüm ile elde edilen veriler ile yapılan modelleme ve atanan malzemeler ile paralel veriler elde edilmiştir. Yerde yapılan ölçümde 500, 1000 ve 2000 Hz bandında özellikle görülen yükselmelerden dolayı bu frekanslardaki değerler göz önüne alınmıştır.

DEÜ İnciraltı kapalı yüzme havuzunda önerilecek değişiklikler ile akustik kalitesi artırılmaya, havuz koşullarına uyum sağlayabilecek yapısal müdahaleler, seçilecek malzemelerin sürdürülebilir konfor koşullarına etkileri göz önünde bulundurulmuştur. Öncelikle tasarım aşamasında yapılabilecek müdahaleler bulunsa da bahsi geçen yüzme havuzu göz önüne alındığında uzun inşaat süreçleri gerektirmeyecek mevcut duruma saygılı yaklaşımlar detaylıca incelenmiştir.

4.4.1.1 Tasarım Aşamasında Uygulanabilecek Önerilen Değişimler

Bir mekânın akustik konfor koşullarına uygunluğu, optimum değerlerim saptanması yani sesin duvarlardan, tavandan ve zeminden yansımalarının nasıl manipüle edileceğine dair yapılan incelemeler ve buna uygun öneriler ile sağlanabilmektedir. Bu öneriler tasarım aşamasında uygulanabilir olanlar ve yapı tamamlandıktan sonra uygulanabilecek akustik önlemler olmak üzere iki ana başlıkta ele alınmaktadır.

Kapalı yüzme havuzlarında tasarım sürecinde uygulanabilecek öneriler arasında bağlantı hollerini mümkün olduğunca küçük tutmak ve soyunma odası, tuvalet ve duş gibi bağlantı hacimlerini ayrı mekanlar olarak tasarlanması bulunmaktadır. Ancak bu öneri sporcular düşünülerek tasarlanan mekânsal akışları etkileyebilmektedir. Sporcuların soyunma odasından havuza geçişi sırasında da öncesinden duş alıp girmesi beklendiği ve yüzme sonrasında da ıslak ellerle sürekli kapılara dokunulması hem steril olmayacağından hem de kayganlığa sebebiyet vereceğinden güvenlik açısından da hacimler arasında açılması zor kapılar bulunmaz hatta çoğu örnekte kapı dahi bulunmamaktadır.

Bir diğer öneri de antrenman havuzu gibi daha küçük ölçekli havuzlar yer alacaksa bu havuzları başka bir hacimde çözümlemektir (Yürekli, 2017). Havuz hacmini olabildiğince küçük tutmak yansıma süresini azaltmak için uygun bir hamledir. Ancak antrenör ve cankurtaran sayısı kısıtlı ise farklı hacimlerde çözümlenmesi işveren tarafından istenmeyen bir durum olabilir.

İzmir'deki iki örnekte de gözlemlendiği gibi kubbe kullanımı çatı çözümlemelerinde tercih edilen uygulamalardandır. Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi konkav şekiller noktasal ses yoğunlaşmasına sebebiyet verdiği için yüksekliği ve konumu titizlikle hesaplanmalıdır (Yürekli, 2017).

Diğer büyük bir problem olan tekrarlayan eko için ise karşılıklı paralel duvarlara ses yutucu malzeme tercih edilmesi önerilmektedir (Yürekli, 2017). Bu konuda tasarım sürecinde kullanılabilecek bir diğer öneri ise Hall (2006)'nın yaptığı çalışmada belirtilmiştir. Bu çalışmaya göre, akustik profesyoneller tarafından öne sürülen çözüm, bir duvarın eğimli olması (%3-8 arasında) ve böylece yansıyan seslerin tavanda

kullanılacak yutucu malzemelere gönderilmesiyle çözümlenmesidir. Hall (2006)'nın ODEON'da yaptığı simülasyon çalışmalarına göre duvarın eğimli olması gerçekten de yansım süresini azaltan bir etki yaratmıştır.

Tasarım aşamasında kullanılabilecek bir diğer öneri ise transparan ya da translucent yutucu malzemelerin tercih edilmesidir. Bunlara örnek olarak polikarbonat, PETG, ETFE veya kumaştan yapılan şeffaf mikro delikli plakalar veya folyolar gösterilebilir. Dünya örneklerinde de görüldüğü gibi ETFE kullanımı son yıllarda özellikle doğal aydınlatmaya da uygunluğundan dolayı trend malzemelerdendir. Ancak bu malzemelerin bazı avantajlarından dolayı çok fazla uygulanmış örneği mevcut değildir. Öncelikle yangına karşı dayanımı düşük olduğu için endişe yaratmaktadır. Ayrıca kolayca çizilebilir ve UV ışınına dayanıklı olmadığından sararıp deforme olabilmektedir.

Literatürdeki çoğu akustik iyileştirme araştırmalarında çözüm çatı, duvar ya da zeminde ihtiyaca uygun yutuculuk, yansıtıcılık ya da dağıtıcılıkta malzeme kullanımı önerilmektedir. Kapalı yüzme havuzları söz konusu olduğunda ise genellikle yutucu özellikteki malzemelerin yapı çeperlerinde kullanılması yaygın olarak önerilmektedir. Zemin için herhangi bir öneri mevcut değildir. Mekânda en çok suya maruz kalacak malzeme bu yüzeyde olacağından pratikte akustik bir malzemenin kapalı yüzme havuzunun zemininde kullanılması mümkün değildir. Kapalı yüzme havuzları söz konusu olduğunda, akustik özellikleri bulunan yapı malzemelerinin kullanımı genellikle duvar veya çatı yüzeylerinde uygulanmaktadır.

Alpha değerleriyle akustik özelliklerini belirleyebileceğimiz malzemeler yutucu veya yansıtıcı olarak yapı yüzeyinde kullanıldığında sesin yansıma sonrasında nasıl alıcıya ulaşacağını etkilemektedir. Akustik değerlendirme sonrası verilen kararlara göre seçilebilecek malzeme çeşitliliği oldukça fazladır. Teknolojik, akustik performans ve şekil gibi parametrelere göre en uygun seçim yapılır. Sonrasında seçilen akustik malzemeler mimari ve akustik kararlara uygun olarak yapıya uygulanır. Piyasadaki seçeneklerin çokluğu ve çeşitli mekanlardaki akustik gereksinimler arttıkça daha iyi performans gösteren, daha görsel olarak estetik ve daha kolay çözüm sunan yaratıcı çözümler üreticiler tarafından geliştirilmektedir (Tourlomousi, 2017).

Cam, beton, seramik, mermer, metal gibi sert ve yansıtıcı yüzeylere sahip malzemelerin yoğun kullanımı, mekânın akustik performansını negatif etkilemesine rağmen hijyenik sebeplerin yanı sıra başka sebeplerle de kapalı yüzme havuzlarında kullanılmaktadır. Örneğin kullanılan malzemenin pürüzsüz ve devamlılığı sağlayacak şekilde kullanımı özellikle mimarlar tarafından tercih edilmektedir. Mimarların akustik malzeme kullanımı üzerine diğer endişeleri ise bu malzemelerin kaplayacağı alan, bakım masrafları ve gerekirse değişim masrafları olarak sıralanabilir (Turlomousi, 2017).

Yapılarda cam kullanımı oldukça yaygın olduğundan teknolojik potansiyeline dair keşifler her geçen gün artmaktadır. Sert yüzeyinden dolayı yüksek yansıtıcılık değerlerine sahiptir. Kapalı yüzme havuzlarında da doğal aydınlatmaya verilen önemden dolayı yüksek oranda kullanımı mümkündür. Doğal aydınlatmayı kesebileceğinden dolayı da bilinen akustik malzemelerin kullanımı uygun değildir. 1960’larda keşfedilen camın yutucu özelliklere sahip olmasını sağlayan inovatif gelişmeler ise bu duruma çözüm getirmiştir. Mikroperfore cam adlı bu malzeme kimyasal olarak güçlendirilmiş ince bir camda lazer yardımıyla mikro delikler açılarak başka işlenmemiş bir cama laminasyonu ile elde edilmektedir. Mikro delikleri elde etmek için daha ucuz yöntemler de mevcuttur ancak bu yöntemler küçük çatlaklara yol açabileceğinden malzemenin stabilitesini etkilemektedir (Turlomousi, 2017).

Bakımı temizliği kolay ıslak bir bezle silinebilmektedir. Mikro delikler tıkanmadığı minik titreşimler olduğunda tozların ve diğer partiküllerin dışarı çıktığı gözlemlenmiştir. Temizlik esnasında ise deliklere tutulacak hava akışı sağlayan makineler kullanılması önerilmektedir. Yatay yüzeylerde kullanılmaması önerilir. Kabaca yapılan hesaba göre 1m² lik uygulamanın maliyeti 1000 € (Turlomousi, 2017).

Bu tezin konusu olduğu üzere yapı inşasından sonra bir kapalı yüzme havuzunun akustik renovasyonuna dair öneriler DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu üzerinden verilecektir ve maliyet gibi diğer açılardan değerlendirilecektir.

4.4.1.2 DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu için Kullanılabilecek Yöntem ve Malzemeler İçin Uygulama Örnekleri Üzerinden Bir Sınıflandırma

DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu mimari tasarım özellikleri ile kullanıcı ihtiyaçlarına yüksek oranda hizmet etmektedir. Yıllardır eğitim ve yarışmalar gibi pek çok etkinlikte tercih edilen bu mekân yoğun olarak kullanılmaktadır. Akustik konfor koşullarını sağlamak için belirlenen hedefler;

- Yansıma süresini 1,8 veya altına çekebilmek
- Arka plan gürültü seviyesini düşürmek
- Konuşma anlaşılabilirliğini sağlamak (Hall, 2016)

Bu hedefleri elde edebilmek için literatürde belirtilen çözümler arasında mühendislik gibi farklı disiplinler bakış açıları da bulunduğu mimari tasarım ilkelerine uygun olmayabilecek öneriler de mevcuttur. Örneğin çatı yüksekliğini azaltmak tribün bulunan hacimlerde uygulanamayacak bir çözüm önerisi olabilir. Diğer bir uygun olmayabilecek çözüm ise sağlam kapılarla soyunma odası gibi diğer hacimlerin kesin şekilde ayrılmasıdır. Kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda genellikle açık bırakılan bu kapılar da genellikle steril nedenlerle yansıtıcı yüzeylere sahip olabilmektedirler. Sporcuların duş alarak havuza girmesi beklendiğinden ya da havuzdan çıktıktan sonra ıslak elleriyle kapıyı açmakta zorlanabileceğinden gerekli olan bu durum hacimlerin sağlam kapılarla ayrılmasına bir engeldir.

Yapımı tamamlanmış kapalı yüzme havuzlarında önerilebilecek çözümlerden en önemlisi yutucu yüzeyleri arttırmak olabilir. İç mekân akustik iyileştirme çalışmalarında kullanılan yutucu özellikteki malzemeler üç ana kategoride incelenmektedir. Gözenekli yutucular, panel yutucular, rezonans özellikli yutucular. Bu malzemelerden piyasada en çok kullanılanı gözenekli yutuculardır. Genellikle bu materyallerin çoğunluğunda fiberglas, mineral elyaf ürünler, sunta, preslenmiş ağaç talaşları, pamuk, keçe, açık hücreli neopren köpük, halı, sinterlenmiş metal ve diğer birçok üründen bir veya birkaçıyla karşılaşmak mümkündür. Panel emiciler ise katman katman olup en üst katmanında cam elyafı gibi emici bir malzeme ile doldurulabilen bir hava boşluğuna sahip, katı veya delikli, gözeneksiz hafif tabakalardır. Rezonans emiciler, kütle-hava-kütle rezonanslarında titreşen hafif bölmeler olabilir veya

Helmholtz rezonatörleri veya rezonans frekansları etrafındaki frekans aralığında sesi emen diğer teknolojik malzemeler olabilir (Long). Kapalı yüzme havuzları söz konusu olduğunda da dünya piyasasında da akustik yapısal eleman çeşitliliği çok fazla olmamakla birlikte mevcuttur. Ancak kapalı yüzme havuzlarının ortam koşulları göz önüne alındığında bu malzemelerin sürdürülebilirliğine dair şüphelere yer verilse de tam olarak ne kadar süre performanslarını koruyabildiğine dair veriler eksiktir.

DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda yapılan ölçümler sonucu özellikle orta frekanstaki yansıma süresinin yüksek oluşu bazı önlemler ile daha kontrol altına alınabilir bir düzeye düşürülebilir. Yapılışı tamamlanmış ve aktif kullanımda olan bir yapı olduğu göz önüne alınarak yapısal işlemleri uzun sürmeyecek sistemler göz önünde tutulmuş ve yapıya katacağı akustik konfor koşullarındaki artış düzeyleri açıklanmıştır.

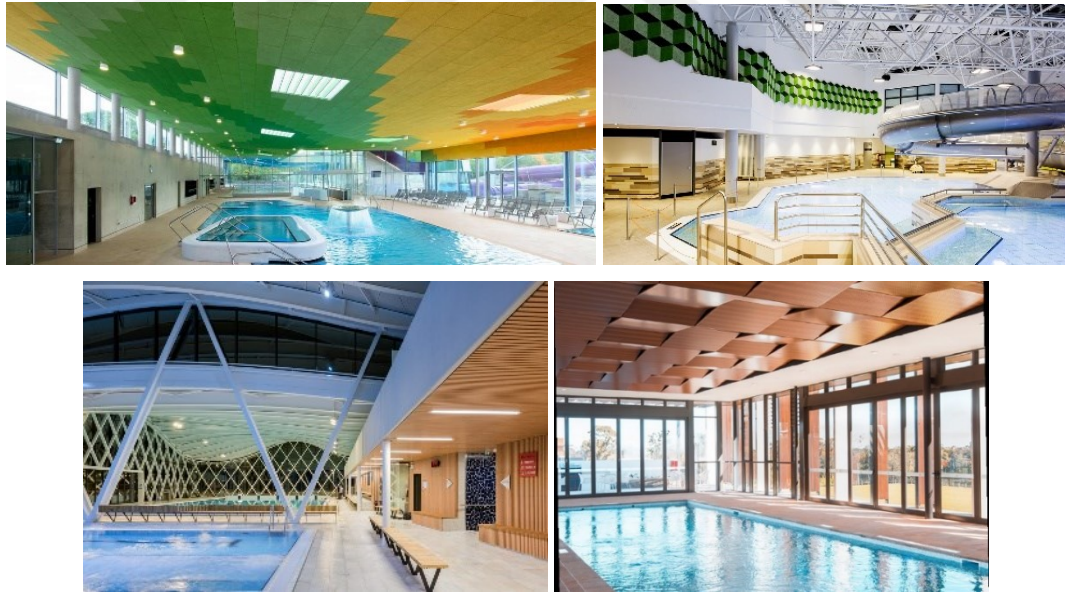
4.4.1.2.1 Ahşap. Ahşap yalın haliyle bazı gözenekleri olduğundan yutucu özelliğe sahip bir materyal olarak görülmektedir. Ancak gözeneksiz yüzeyi genellikle daha geniş alanlar kapladığından hatta üretiminde cila gibi daha da yansıtıcı özellikler eklendiğinden akustik olarak stabil olmayan bir malzemedir. Ancak piyasadaki akustik malzemelerin çoğu ahşaptır. Cam yünü, mineral yünü gibi akustik özellikleri yüksek malzemelerin en alt katmanında (hacimle bağlantısı olan katman) perfore bir şekilde çoğunlukla karşılaşmak mümkündür.

Firmalar

1. Knauf Ahşap yünü Firma A (Knauf, bt).
2. Troldekt (Çimento esaslı ahşap yünü) Firma B (Theme: swimming pools, bt)
3. Lauderscher (doğal ahşap) Firma C (St Gilles Groix, bt)
4. Decorsystem (top akustik) Firma D (St Ives Carine, bt)

Ahşap malzeme söz konusu olduğunda incelenen akustik iyileştirme çalışmaları yapılan kapalı yüzme havuzlarında ahşap yünü, en çok kullanılan malzemelerdendir. Türkiye’de de şubesi bulunan A firmasına göre nemden dolayı en fazla 1 mm genişleyerek birleşim detayı gözükmeyen sistemler elde etmek mevcut. Özellikle

2000’li yılların başında yapılan bu iyileştirme çalışmasının örnekleri son yıllarda biraz daha azalmış durumda. Bu sebeple literatürde buna dair bir kanıt bulunamasa da gözeneklerin zamanla nemden dolayı tıkandığı ve akustik özelliğini kaybettiğinden bu konuda tecrübe yaşayanlar tarafından tercih edilmediği düşünülmektedir. İzmir’deki örnekler araştırırken de Karşıyaka Belediyesi Kapalı yüzme havuzunda bu malzemenin kullanıldığı gözlemlenmiş ancak malzemenin sade versiyonunu korumak adına neme dayanıklı bir boyayla boyandığı tahmin edilmiştir. Kısacası bu malzemenin kapalı yüzme havuzlarındaki kullanımından kolayca vazgeçilmeyip başka yapısal malzemelerle neme dayanımı arttırılmaya çalışılmıştır (Knauf, bt). Firma B neme dayanımı arttırmak için çimento bazlı ahşap yünü üretmiş ve hem duvar hem çatı paneli olarak kullanıma sunmuştur (Theme: swimming pools, bt). Firma C ise doğal ahşap arkası mineral yünü kullanımına dair sistemler geliştirmiştir. Ancak bu kullanım geniş yüzeylerde değil de soyunma odalarına giriş kısmında ve küçük hacimli havuzlarda tercih edilmiştir (St Gilles Groix, bt). Firma D ürünü olan 1,2 mm’lik perfore panellerle birçok örneğe uygulama yapılmıştır (şekil 4.10) (St Ives Carine, bt).



Şekil 4.10 Sırasıyla Firma A,B,C,D'ye ait uygulanan projelerin resimleri (Knauf, bt; Theme: swimming pools, bt; St Gilles Groix, bt; St Ives Carine, bt)

Ayrıca belirtmek gerekir ki bu ahşap sistemlerin her biri diğer önerilen sistemlere göre daha ağırdır. Aşağıdaki tablo 4.9 de malzemelere ait daha detaylı veriler firma kataloglarında belirtildiği gibi işlenmiş ve karşılaştırması daha kolay hale getirilmiştir.

Tablo 4.9 Ahşap firmaların kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler (Knauf, bt; Theme: swimming pools, bt; St Gilles Groix, bt; St Ives Carine, bt)

Firma adı	Knauf (Firma A)			Troldekt (Firma B)		Laudescher (Firma C)			Decorsystem (top akustik)	
Sistem Adı	HERADESIGN+BFA Additive Boya							T24 Grid sistem		
Panel adı	Superfine (yoğunluğu orta)			Troldekt Ultrafine	Troldekt rhomb mini	Linea 2.4.3 Wall	Linea 4.2.1 Wall (Pine)	Linea 4.2.1 Ceiling	Topperfor sade solid panel	
Yöntem	Modüler çatı (Boşluksuz)			Modüler Çatı (boşluksuz)	Duvar (yapıştırma)	Duvar ve çatı kaplama (yapıştırma)	Duvar Metal parçalara monte	Baffle	Modular Ceiling (Boşluksuz)	
Kalınlık (mm)	15	25	35	35	25	69	55	55	16	
Ağırlık (kg/m ²)	7,8	12,6	16,5	13,3	10,6	12,4	11,4	14,6 kg/m ²		
Yutuculuk Katsayısı α	0,3-0,55 (+ 100 mm Mineral Yünü 0,75-0,95)			1'e yakın		0,85 Yüksek frekansta daha etkili	0,85 Yüksek frekansta daha etkili	0,5	0,6 nrc	
Akustik Yutuculuk Sınıfı	Class C (Mineral Yünü eklemesiyle Class A mümkün)					Class B	Class B	Class D		
Malzeme	Ahşap Yünü			Çimento bazlı ahşap yünü		Doğal Ahşap (Çam)	Doğal Ahşap (Çam)	Doğal Ahşap (Meşe)	MDF neme dayanıklı, melamin Meşe	
Nem Dayanımı	Nem %50 nin altına düşerse malzeme küçülür.			Class C						
Panel Boyutu (mm)	600x600 - 625x625 1200x600 1250x625			600x600 600x1200 600x2400		1880x600 1265x600	1880x600 1265x601	1880x600 1265x602	2700x1350	

4.4.1.2.2 *Mantar panel.* Mantar paneller oteller, restoranlar ve mutfaklarda özellikle tercih edilen akustik malzemelerdendir (tablo 4.10). Yangına ve neme dayanımı yüksek olduğundan konut yapılarında da kullanılmaktadır. Özellikle nemin yüksek olduğu kutup bölgelerinde izolasyona da yardımcı olduğundan yaygın olarak tercih edilmektedir. Firma E mantar panellerini biyomimikriyle tasarlamaktadır (şekil 4.11). CNC makinesiyle her paneli özel üreten firma su dalgası şeklindeki panellerinin özellikle kapalı yüzme havuzları için iki karşılıklı kırıklı yüzeyin tekrarlayan eko’yu azaltmada daha etkili olacağı düşünüldüğünden önerilmektedir (Designing the future, bt).

Tablo 4.10 Mantar Panel üretici firmaların kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler (Designing the future, bt)

Firma adı	Panel adı	Yöntem	Kalınlık (mm)	Ağırlık kg/m ²	Yutuculuk Katsayısı α	Malzeme	Bakım	Panel Boyutu (mm)
Gencork (Firma E)	Corkwirl	Modüler duvar (Boşluksuz)	100	7,8	Yaklaşık 0,4 (yüksek frekansta daha fazla)	Mantar	Temiz bezle silmek	1000x1000



Şekil 4.11 Firma E'ye ait panel görseli (Designing the future, bt)

4.4.1.2.3 *Plastik esaslı ürünler.* Plastik materyallerin akustik malzeme olarak tercih edilmesi doğada çözünümü de uzun süren bir materyal olduğundan ortam koşullarına yüksek oranda dayanım sağlayabileceğindendir. Firma F'nin önerdiği ürün sadece kapalı yüzme havuzlarına özgü olabilecek bir tasarım yaklaşımıyla akustik iyileştirme olanağı sağlamaktadır (tablo 4.11). Havuz makarnası ilham alınarak tasarlanan silindirik elemanlardan oluşturulan akustik sistemdir (şekil 4.12). Materyali ise hacmi arttırılmış melamin köpüktür. Bu sayede tüm frekanslarda yüksek yutuculuk sunabilmekte ve oldukça hafif bir sistem olduğundan yapısal açıdan da binaya fazladan gelecek yükleri en aza indirmek açısından oldukça avantajlıdır. Yatay ve dikey versiyonlarıyla kullanılabilir (Splash sculpture, bt).

Tablo 4.11 Plastik Baffle üretici firmanın kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler (Splash sculpture, bt)

Firma adı	Sistem Adı	Panel adı (bağlantı elemanı adı)	Yöntem	Kalınlık (mm)	Ağırlık	Yutuculuk Katsayısı NRC	Malzeme	Nem Dayanımı	Bakım	Panel Boyutu (mm)
Pinta Acoustic (Firma F)	Sonex Rondo	Çatı-mounted cable	Baffle	152 (6") yarıçap	hafif	0,75	hacmi arttırılmış melamin köpük	mantar dayanımı	Değişimi kolay	3000 uzunluğu



Şekil 4.12 Firma F'ye ait uygulanan projenin resmi (Splash sculpture, bt)

4.4.1.2.4 Kumaş. Kapalı yüzme havuzlarında kullanılan polyester maddelerin akustik malzeme olarak tercih edilmesi sürdürülebilirliğe hizmet edebilmektedir. Firma G’de kullanılan baffle elemanlarının üretiminde kullanılan polyesterin %50 si daha önce kullanılmış pet şişelerden elde edilmektedir. Firma G’nin önerdiği ürün üretilirken de sürdürülebilirlik esasları göz önünde bulundurulmuştur. Micro perfore delikleri için iğneleme teknolojisini kullanan ve tamamen çevre dostu olan, düşük enerji kullanımı, emisyon, gaz çıkışı veya VOC, atık su ve herhangi bir yapıştırıcı kullanımı gerektirmeyen son derece temiz bir üretim sürecine sahiptir. Ayrıca kimyasallarla tepkime vermeyen bir materyal olduğundan korozyona karşı dayanıklı olduğu belirtilmektedir. Balık ağı gibi geniş açıklıklı baffle kapalı yüzme havuzları için önerilmektedir (şekil 4.13). Açık hücre yapısı, sprinkler yönetmeliklerine ve ışık geçişi için uygundur. Ayrıca bu materyalden akustik yutucu eleman gibi işlev görececek mobilya yapmak firmanın planları arasında. Ücretleri oldukça pahalı olmakla beraber öneriler arasında en sürdürülebilir çözüm olduğu düşünülmektedir (Acoustical net, bt). Firma H’nin önerdiği baffle elemanı ise yine tamamen polyester liflerden önceki ürün gibi %60’ı pet şişelerden geri dönüştürülerek üretilmektedir. Bu sayede hafif ve estetik bir görünüm elde edilebilmektedir. Yapısal olarak sağlamlığı ve ömrü boyunca performansını koruyacak bir ürün olduğu vaat ediliyor (tablo 4.12) (Sculptural functionality, bt).

1. Ambista -Firma G (Acoustical net, bt)
2. Autexglobal – Firma H (Sculptural functionality, bt)

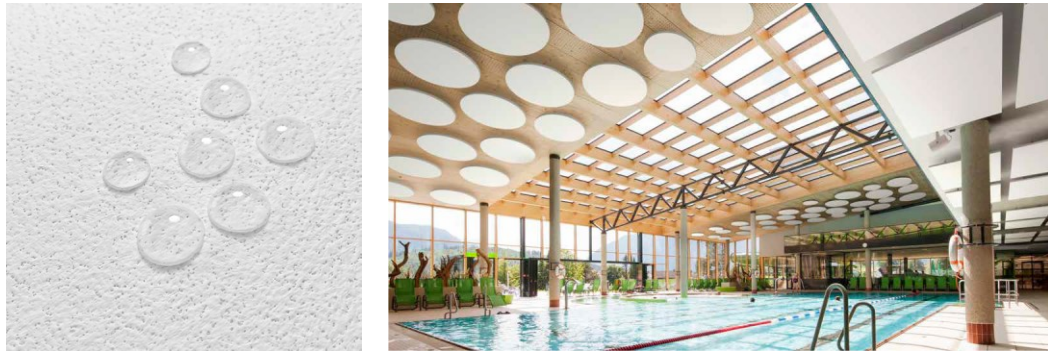


Şekil 4.13 Firma G ve H'ye ait uygulanan projenin resimleri (Acoustical net, bt; Sculptural functionality, bt)

Tablo 4.12 Kumaş eleman üretici firmanın kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler (Acoustical net, bt; Sculptural functionality, bt)

Firma adı	Sistem Adı	Yöntem	Kalınlık (mm)	Ağırlık	Yutuculuk Katsayısı NRC	Akustik Yutuculuk Sınıfı	Malzeme	Panel Boyutu (mm)
Ambista (Firma G)	ezoBord	Baffle (Ağ)	12	13,61	0,8		Polyester Keçe 100% Polyester Thermobonded Fiber Acoustic Sheet	1219.2 (48") x 1371.6 (54")
Autexglobal (Firma H)	Lattice	Lattice Baffle(Ağ)	12		1	Class A	Polyester Keçe 100% Polyester Fiber	1197 x 2346 x 337

4.4.1.2.5 *Cam yünü panel.* Klasik asma tavan panellerine benzeyen neme yüksek dayanımlı katmanları bulunan orta katmanında cam yünü bulunan panellerdir. Firma I özellikle kapalı yüzme havuzlarında kullanılabilmesi için geliştirdiği ürünlerle klasik görünümleri elde etmeyi kolaylaştırmıştır (Tablo 4.13). Sürekli nemli ortama uygun. Buhar ve günlük düşük ya da yoğun basınçlı yıkamaya genel kullanılan deterjan ve dezenfektanlara dayanıklı yüzeye sahiptir (şekil 4.14) (Acoustic solutions, bt).

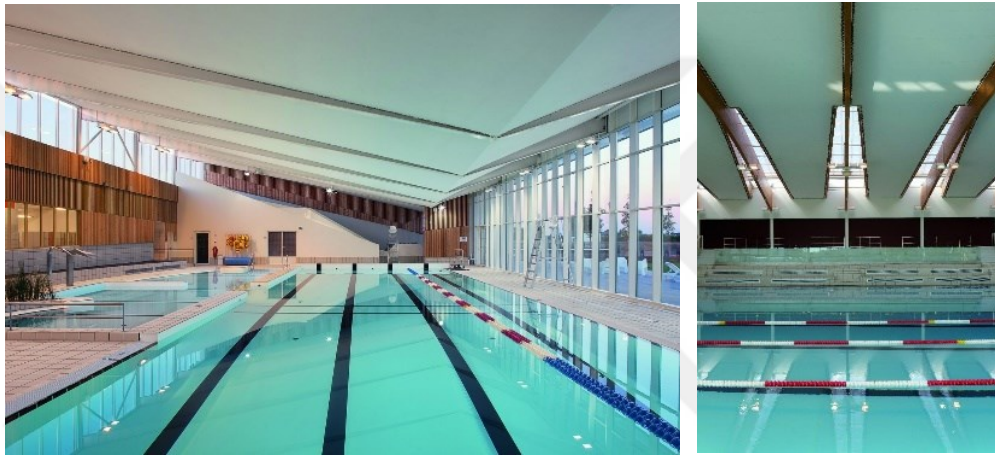


Şekil 4.14 Firma I ait panelin ve uygulanan projenin resimleri (Acoustic solutions, bt)

Tablo 4.13 Cam yünü çekirdekli panel üretici firmanın kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler (Acoustic solutions, bt)

Firma adı		Ecophon Saint Gobain Firma I						
Sistem Adı	Solo Square, Rectangle ve Circle	Hygiene Performance	Akusta Wall C	Hygiene Advance A (duş için öneriliyor)	Hygiene Performance Ds	Hygiene Performance A		
Panel adı (bağlantı elemanı)	Akutex™ HS (Özel)	Akutex™ HS (Connect C4)	Akutex™ HS (Thinline)	Advance™ (Connect C4 ya da C3)	Akutex™ HS (Connect C4)	Akutex™ HS (Connect C4)		
Yöntem	Free Hanging Unit	Baffle	Duvar (Boşluksuz)	Modular Ceiling (Boşluksuz)	Modular Ceiling (Boşluksuz)	Modular Ceiling (Boşluksuz)	Modular Ceiling (Boşluksuz)	Ceiling
Kalınlık (mm)	40	50	40	40	20	40	20	20
Ağırlık kg/m²	2-6,5	5	5	5	3,4	5	3,4	3,4
Yutuculuk katsayısı α	Sistemin kalınlığına göre değişiyor	0,7	1	0,9	0,85	0,9	1	0,95
Akustik Yutuculuk Sınıfı		Class C	Class A	Class A	Class B	Class A	Class A	Class A
Malzeme	Cam yünü çekirdek Üzeri leke kimyasallara dayanıklı boyalı yüzey	Cam yünü çekirdek Üzeri leke kimyasallara dayanıklı	Cam yünü çekirdek Üzeri leke kimyasallar a dayanıklı	Cam yünü çekirdek Üzeri leke kimyasallara dayanıklı film yüzey	Cam yünü çekirdek Üzeri leke kimyasallara dayanıklı boyalı	Cam yünü çekirdek Üzeri leke kimyasallara dayanıklı boyalı yüzey	Cam yünü çekirdek Üzeri leke kimyasallara dayanıklı boyalı yüzey	Class C
Nem Dayanımı	Class C	Class C	Class C	Class C	Class C	Class C	Class C	Class C
Bağıl Nem ve Sıcaklık	%95 - 30 °C	%95 - 30 °C	%95 - 30 °C	%95 - 30 °C	%95 - 30 °C	%95 - 30 °C	%95 - 30 °C	%95 - 30 °C
Panel Boyutu (mm)	1200x1200 1800x1200 2400x1200 Ø800 & Ø1200	1200x600	2700x600	600x600 600x1200	600x600 600x1200	600x600 600x1200	600x600 600x1200	600x600 600x1200

4.4.1.2.6 Yelken Kumaşı. Yelken kumaşıyla yapılan gerilme ile çalışan (tensile) sistemler ile yapılarda mimari olarak heykelsi bir tasarım katmaktadır (şekil 4.15). Akustik amaçlarla kullanılan bu sistem aynı zamanda aydınlatma açısından da birçok avantaja sahip diğer malzemelere göre daha şeffaf bir görünüm elde etmek mümkün. Ayrıca ışığı yansıtan renklerin tercih edilmesiyle de hem aydınlatmaya hem de akustik ortam koşullarına hizmet eden bir eleman elde edilebilir. Firma J'nin ürünleri ve sistem elemanları oldukça hafif olduğundan kapalı yüzme havuzlarında da kullanım için bir avantaj oluşturuyor. Çatıya fazladan yük bindirmeden tek sistemle hem aydınlatma hem de akustik problemler çözülebilmektedir (tablo 4.14) (Acoustic alphalia, bt).



Şekil 4.15 Firma J'ye ait uygulanan projenin resimleri (Acoustic alphalia, bt)

Tablo 4.14 Yelken kumaşı üretici firmanın kapalı yüzme havuzları için önerdiği malzemelere dair veriler (Acoustic alphalia, bt)

Firma adı	Sistem Adı	Ağırlık	Yutuculuk Katsayısı α
Serge Ferrari	Alphalia Silent Aw	620g/m ²	0,65

4.4.1.3 Önerilerden Seçimler ile Simülasyonlar

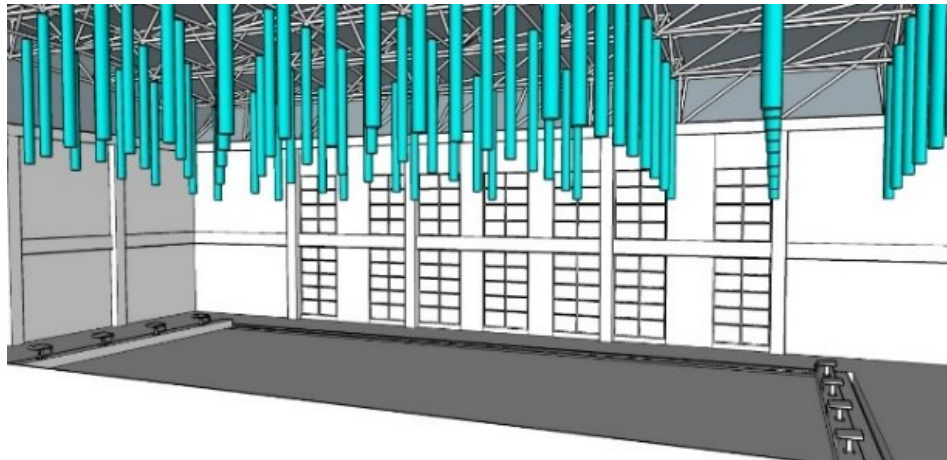
Piyasada tespit edilen ve yukarda detaylıca açıklanan firmalar ve ürettikleri malzemelerden yaygın kullanımda olduğu değerlendirilen dört tanesi seçilerek Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (BGKKHB) 2017 yönetmeliğindeki 1,8'lik yansım süresi sınır değerinin elde edilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Öneriler geliştirilirken, mevcut yapı malzemesi ve mekân kullanımı özelliklerine müdahale

etmeden ve mevcut çatı konstrüksiyonuna ait düğüm noktaları tarafından taşınabilecek nitelikte olmaları belirleyici tasarım kriterleri olarak tanımlanmıştır.

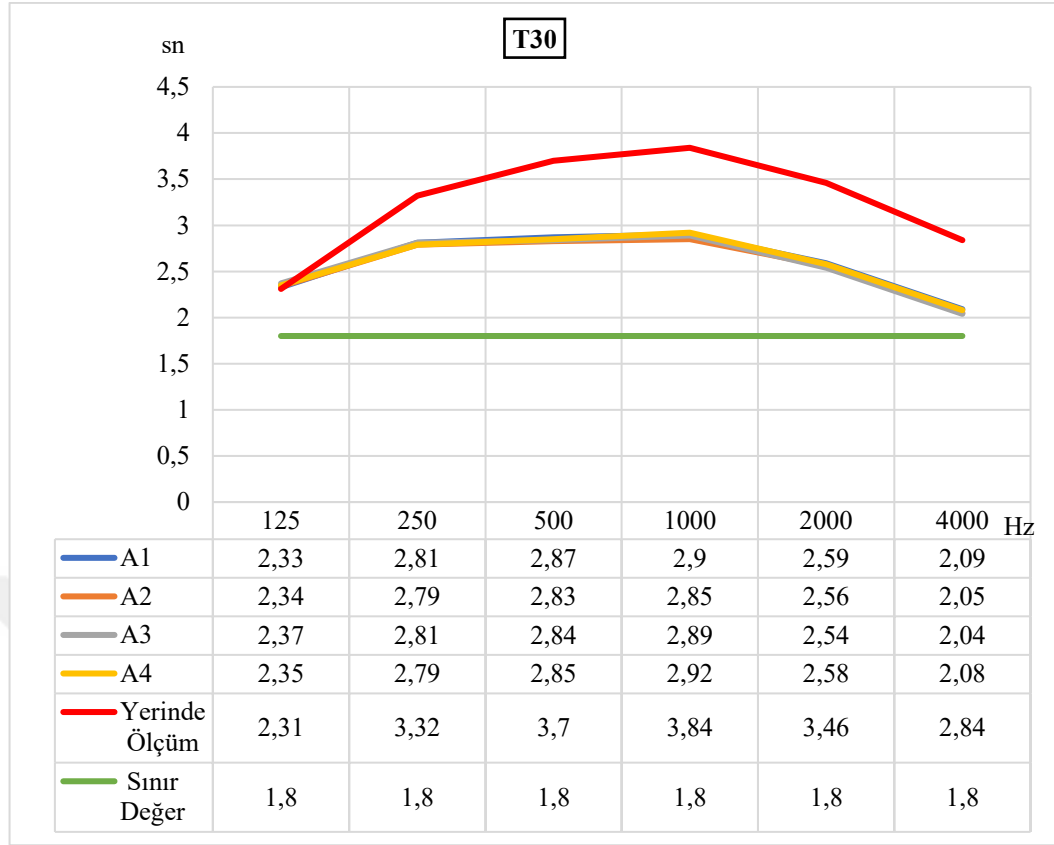
4.4.1.3.1 Öneri 1 (Firma F). Firma F'ye ait plastik bazlı malzeme mimari tasarımsal özellikleri diğer önerilere göre biraz daha karşılayan özelliklere sahiptir. Şekil 4.16'da görüldüğü gibi havuz konseptine uygun olan havuz makarnalarına benzeyen bir malzeme kullanıldığı için görünüş olarak havuz konsepti ile bir bütünlük oluşturmaktadır. Ayrıca geniş renk aralığına sahip olduğu için tasarımsal olarak seçeneklerde çeşitlilik sağlamaktadır. Ağırlıkları da hafif olduğu için çatıya eklenecek yük miktarını minimuma indirmektedir. Bu nedenle ilk simülasyon denemesinde bu malzeme tercih edilmiştir (tablo 4.15). Maliyet olarak da muadillerine göre daha uygun fiyatlı olduğu tahmin edilmektedir. Ancak bu duruma dair kesin bir veriye ulaşamamıştır. Bu önerinin diğer bir avantajı uygulaması ve sökümü kolay bir sistem olduğu için akustik konfor koşullarını sağlamak adına sürdürülebilir ve uzun ömürlü bir malzeme olacağı öngörülmektedir.

Tablo 4.15 Öneri 1'in firma kataloğunda belirtilen yutuculuk katsayıları (Splash sculpture, bt)

Öneri 1	Yutuculuk katsayısı					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Plastik Baffle	0,08	0,3	0,77	1	1	0,97



Şekil 4.16 Simülasyon öneri 1'in Odeon programında yerleşiminin SketchUp programından ifadesi (Kişisel arşiv, 2021)



Şekil 4.17 Öneri 1 için elde edilen T30 verileri

BGKKHY’de bahsedildiği üzere RT değeri 1,8 in altında olmalıdır. Uygulamada ise T 30 değeri 2 ile çarpılarak RT değerine ulaşılmaktadır (bakınız tablo 4.4). Ancak bu uygulama her zaman doğru sonuç vermeyebilir. Başlık 4.2.2’de işlenen ölçüm verilerindeki tablo 4.2 ve şekil 4.5 incelenirse DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda yapılan ölçümlerde RT değeri ile T30 değeri arasında büyük farklar gözlemlenmemiştir. Bu sebeple T30 değeri yorumlanırken 1,8 sn’lik değer sınır olarak kabul edilmiştir.

Şekil 4.17’deki T30 grafiğinde görüldüğü üzere hiçbir frekansta yansıma süresi 1,8 sn’nin altında değildir. Özellikle 250, 500 ve 1000 Hz frekanslarındaki değerler 2,80 ve üzerindedir. Farklı alıcı noktalarındaki T30 değerleri tüm frekanslarda birbirine yakın ve bu sebeple grafik eğrileri hemen hemen birbirine paraleldir. Tüm alıcılardaki her bir frekansta alınan ortalamalara göre öneri 1 ile elde edilen T30 değerleri;

- 125 Hz oktav bandında 2,35 sn ile yerinde ölçümde elde edilen 2,31 sn’lik değer 0,04 sn artmıştır

- 250 Hz oktav bandında 2,80 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,32 sn'lik değer 0,52 sn azalmıştır.
- 500 Hz oktav bandında 2,85 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,70 sn'lik değer 0,85 sn azalmıştır.
- 1000 Hz oktav bandında 2,89 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,84 sn'lik değer 0,95 sn azalmıştır.
- 2000 Hz oktav bandında 2,57 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,46 sn'lik değer 0,89 sn azalmıştır.
- 4000 Hz oktav bandında 2,06 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 2,84 sn'lik değer 0,78 sn azalmıştır.

Öneri 1 simülasyonunda kullanılan firma F'ye ait malzeme yansıma süresini azaltmakta başarılı olmuştur özellikle 500, 1000 ve 2000 Hz oktav bandında etkisi artmıştır.



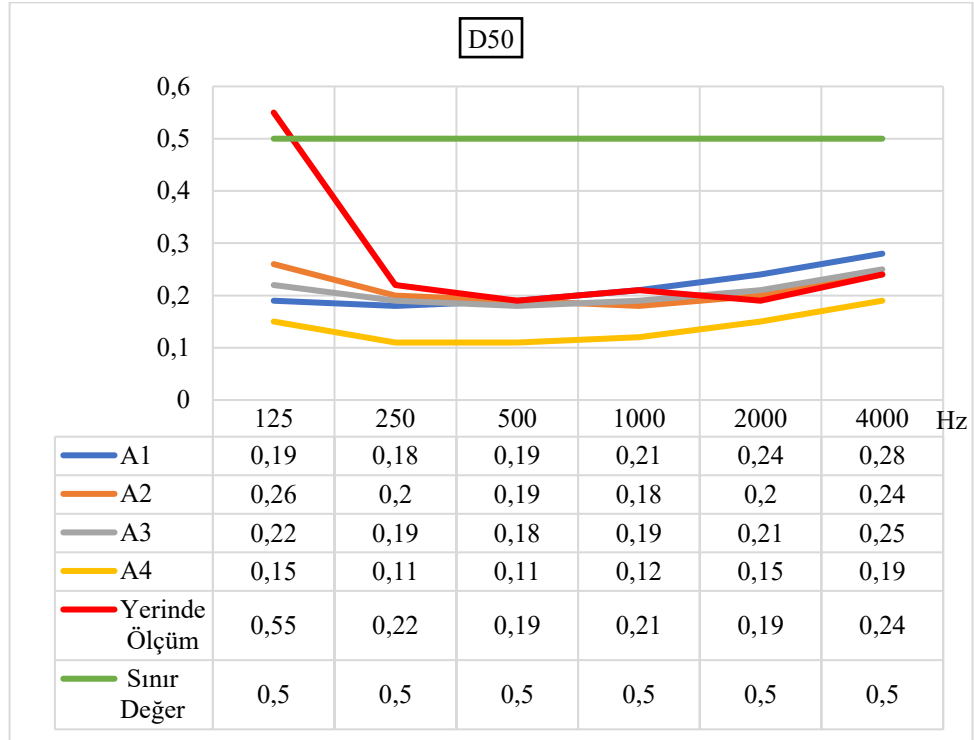
Şekil 4.18 Öneri 1 için elde edilen EDT verileri

Şekil 4.18'de bulunan EDT grafiğinin öneri 1 koşullarında avantajlarını anlayabilmek için T30 değerleri ile arasındaki paralellik incelenmiştir. T30 ile EDT değerinin paralellik göstermemesi mekân içerisinde düzgün yayınlımlığın olmadığı

anlamına gelmektedir. Öneri 1 ile elde edilen EDT değerlerini her bir oktav bandındaki ortalama değerleri incelendiğinde;

- 125 Hz oktav bandında 2,32 sn'lik EDT değeri ile 2,35 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 250 Hz oktav bandında 2,77 sn'lik EDT değeri ile 2,80 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 500 Hz oktav bandında 2,83 sn'lik EDT değeri ile 2,85 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 1000 Hz oktav bandında 2,88 sn'lik EDT değeri ile 2,89 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 2000 Hz oktav bandında 2,52 sn'lik EDT değeri ile 2,57 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 4000 Hz oktav bandında 2,06 sn'lik EDT değeri ile 2,06 sn'lik T30 değeri aynıdır.

Öneri 1 simülasyonundaki akustik ortam koşullarına göre sesin düzgün yayınlımlığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak EDT verileri T30 değerleriyle paralellik göstermiştir.



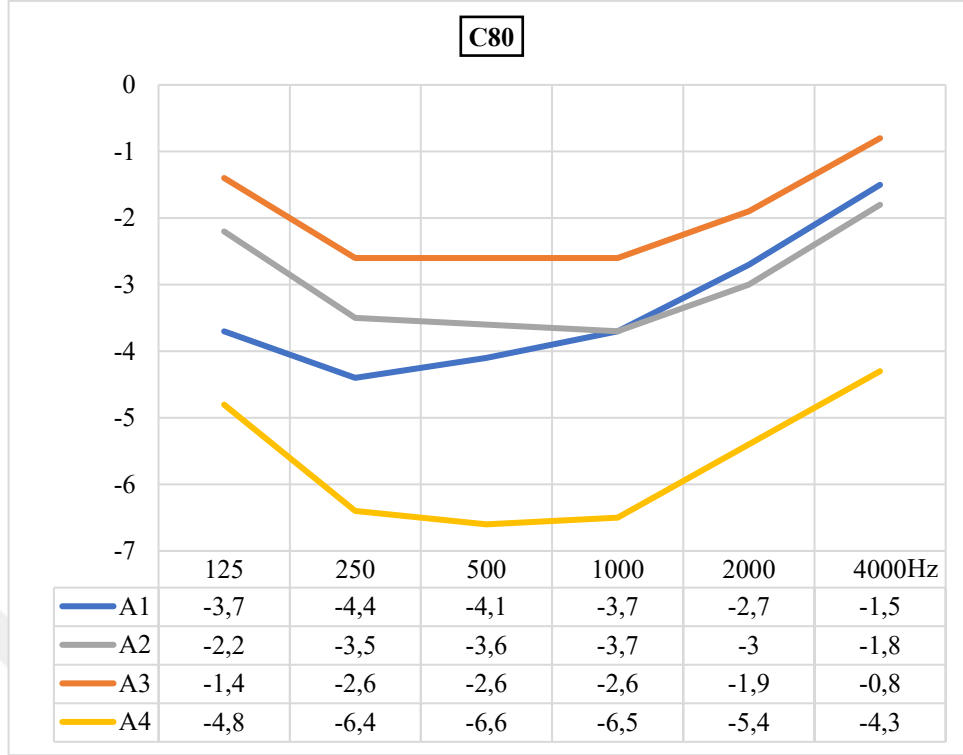
Şekil 4.19 Öneri 1 için elde edilen D50 verileri

Şekil 4.19'deki grafik incelendiğinde %50'nin (yani 0,5'in) üzerinde olması istenen D_{50} 'nin (bakınız tablo 4.4) öneri 1'deki koşullarla elde edilememiştir. Tüm alıcı noktalarında neredeyse tüm frekanslarda DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda yapılan ölçümlerin dahi altında değerler gözlemlenmiştir. Tüm alıcıların ortalaması alındığında D_{50} değerleri;

- 125 Hz oktav bandında 0,2 ile yerinde ölçümde elde edilen 0,55 değer %35 azalmıştır
- 250 Hz oktav bandında 0,17 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,22 değer %5 azalmıştır.
- 500 Hz oktav bandında 0,17 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,19 değer %2 azalmıştır.
- 1000 Hz oktav bandında 0,18 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,21 değer %3 azalmıştır.
- 2000 Hz oktav bandında 0,2 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,19 değer %1 azalmıştır.
- 4000 Hz oktav bandında 0,24 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,24 değer ile stabil kalmıştır.

D_{50} parametresi kaynak-alıcı arası mesafeyle ilişkili olduğu için her alıcı noktasında farklı sonuçlar gözlemlense de çizgilerin eğimleri arasında belirli bir paralellik mevcuttur. Öneri 1 simülasyonunda kullanılan firma F'ye ait malzemenin D_{50} değerini arttırması beklenirken azaltması olumsuz bir sonuç olarak yorumlanabilir. Bu durum öneri 1 ile kurgulanan kapalı yüzme havuzundaki konuşmanın anlaşılabilirliğinin düşük olduğunu göstermektedir.

C_{80} ilk yansımaların hem zamana bağlı incelenmesi hem de spektral dalgalanma üzerinde etkilerini incelemek için kullanılır. Netliği ifade eden bu değer müzik ve konuşma için farklı değerlendirilir (bakınız tablo 4.4). C_{80} değerlerinin T30 ile ters orantılı bir ilişki olması gerekmektedir. Ancak şekil 4.20'de gözlemlendiği üzere tüm alıcı noktalarında farklılaştığı gözlemlenmiştir. Öneri 1 koşullarına göre her frekansa göre ortalama C_{80} değerleri, 125 Hz oktav bandında -3 sn; 250 Hz oktav bandında -4,2 sn; 500 Hz oktav bandında -4,2 sn; 1000 Hz oktav bandında -4,1 sn; 2000 Hz oktav bandında -3,3 sn; 4000 Hz oktav bandında -2,1 sn'dir.



Şekil 4.20 Öneri 1 için elde edilen C80 verileri

STI verileri ise tablo 4.16’da belirtilmiştir. Anlaşılabilirliğin önemli parametrelerinden STI değerinin 1’e yakın olması konuşma fonksiyonlu mekanlarda gereklidir (bakınız tablo 4.4). Öneri 1 ile elde edilen 0,37’lik değer STI değerinde pozitif bir etki yaratsa da 0,45-0,60 (Orta) sınıflandırmasına geçecek kadar etkili bir çözüm getirmemiştir.

Tablo 4.16 Öneri 1 için elde edilen STI verileri

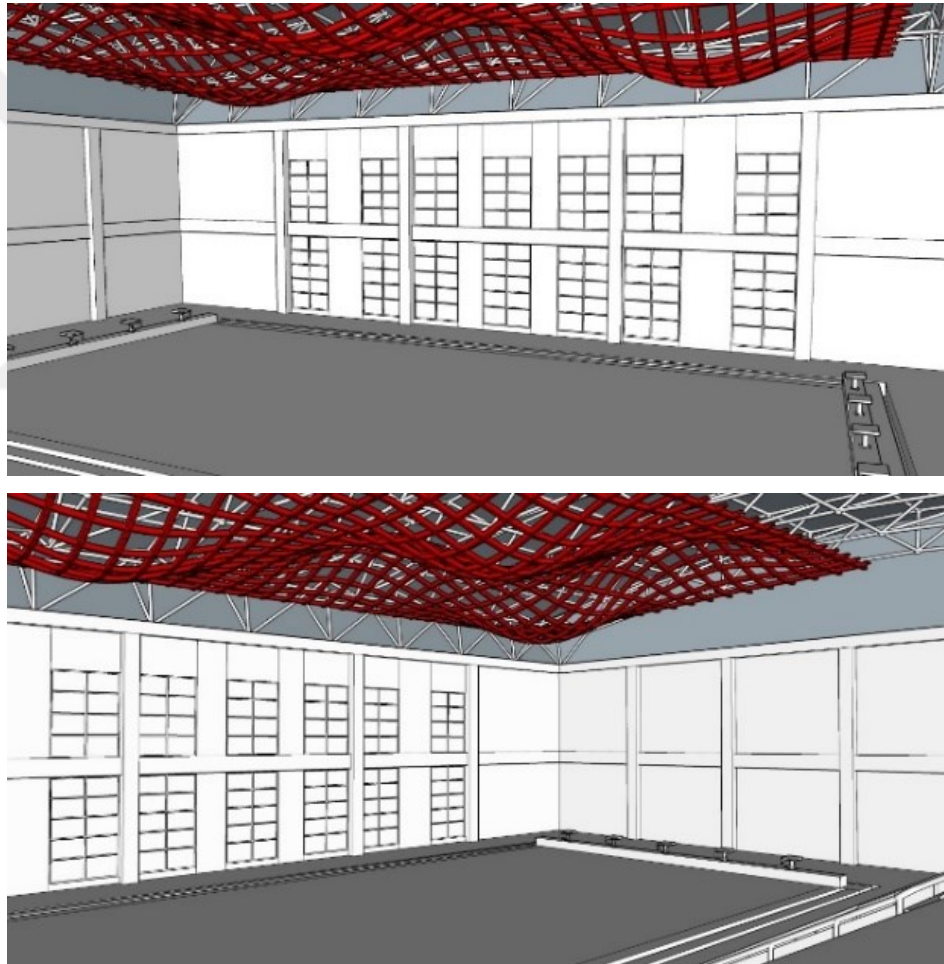
	Öneri 1	Yerinde Ölçüm	Bulunduğu durum
STI	0,37	0,34	0,30-0,45(zayıf)

4.4.1.3.2 Öneri 2 (Firma G). İkinci simülasyon için tercih edilen malzememiz ise kumaş malzemeler arasından tercih edilmiştir. Akustik iyileştirme için tercih edilen malzemeler arasında da hali hazırda çok fazla tercih edildiği için havuzda kullanımını öneren firmaların olması şaşırtıcı değildir. Kumaş malzemeyi öneren firmalardan biri olan firma G’nin önerdiği sisteme göre polyester katmanlardan oluşan elemanlarla balık ağına benzeyen bir sistem yapılmıştır. Bu sistemde büyük boşluklar olduğu için yangın, sprinkler başlıkları ve aydınlatma elemanlarının kullanımına elverişli bir

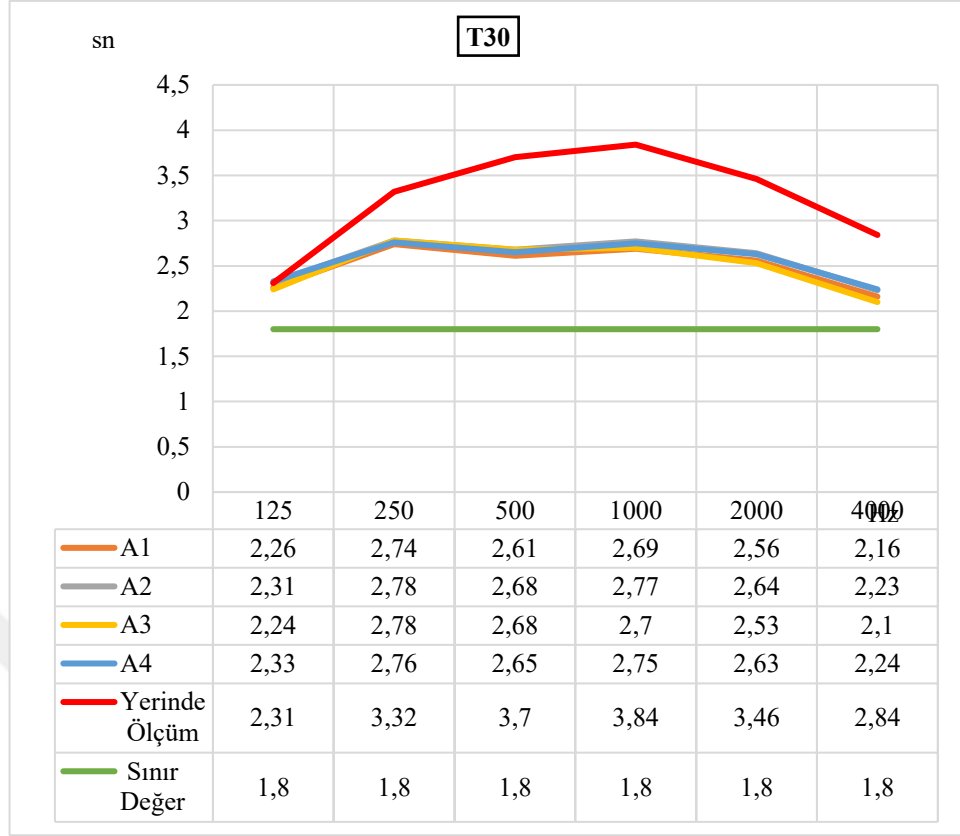
ortam sağlamaktadır. Diğer bir avantajı ise bu malzemenin kolay şekil verilebilir veya kesilebilir olmasından dolayı dalga şekli gibi (Şekil 4.21) tekrarlanan ekoyu önleyecek bir yapı malzemesi olarak kullanılabilir. Ancak ürün kataloğunda bu şeklin üretim maliyetinin yüksek olduğu vurgulanmıştır.

Tablo 4.17 Öneri 2'in firma kataloğunda belirtilen yutuculuk katsayıları (Acoustical net, bt)

Öneri 2	Yutuculuk katsayısı					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Kumaş polyester Materyal	0,13	0,36	0,86	1	1	1



Şekil 4.21 Simülasyon öneri 2'in Odeon programında yerleşiminin SketchUp programından ifadesi (Kişisel arşiv, 2021)



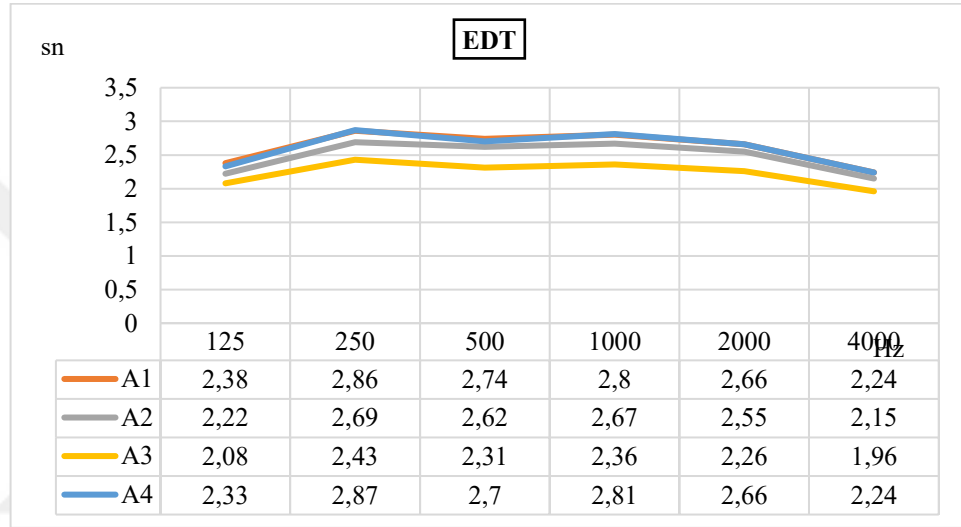
Şekil 4.22 Öneri 2 için elde edilen T30 verileri

Şekil 4.22’deki T30 grafiğinde görüldüğü üzere hiçbir frekansta yansıma süresi 1,8 sn’nin altında değildir. Malzemenin özellikleri sayesinde 500, 1000 ve 2000 Hz frekanslarındaki değerler önceki örneğe göre daha düşük yansıma süreleri elde edilmiştir. Farklı alıcı noktalarındaki T30 değerleri tüm frekanslarda birbirine yakın ve bu sebeple grafik eğrileri hemen hemen birbirine paraleldir. Tüm alıcılardaki her bir frekansta alınan ortalamalara göre öneri 2 ile elde edilen T30 değerleri;

- 125 Hz oktav bandında 2,28 sn ile yerinde ölçümde elde edilen 2,31 sn’lik değer 0,03 sn artmıştır
- 250 Hz oktav bandında 2,77 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,32 sn’lik değer 0,55 sn azalmıştır.
- 500 Hz oktav bandında 2,65 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,70 sn’lik değer 1,05 sn azalmıştır.
- 1000 Hz oktav bandında 2,73 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,84 sn’lik değer 1,11 sn azalmıştır.

- 2000 Hz oktav bandında 2,59 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,46 sn'lik değer 0,87 sn azalmıştır.
- 4000 Hz oktav bandında 2,18 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 2,84 sn'lik değer 0,66 sn azalmıştır.

Öneri 2 simülasyonunda kullanılan firma G'ye ait malzeme yansıma süresini azaltmakta başarılı olmuştur özellikle 500, 1000 ve 2000 Hz oktav bandında etkisi artmıştır.



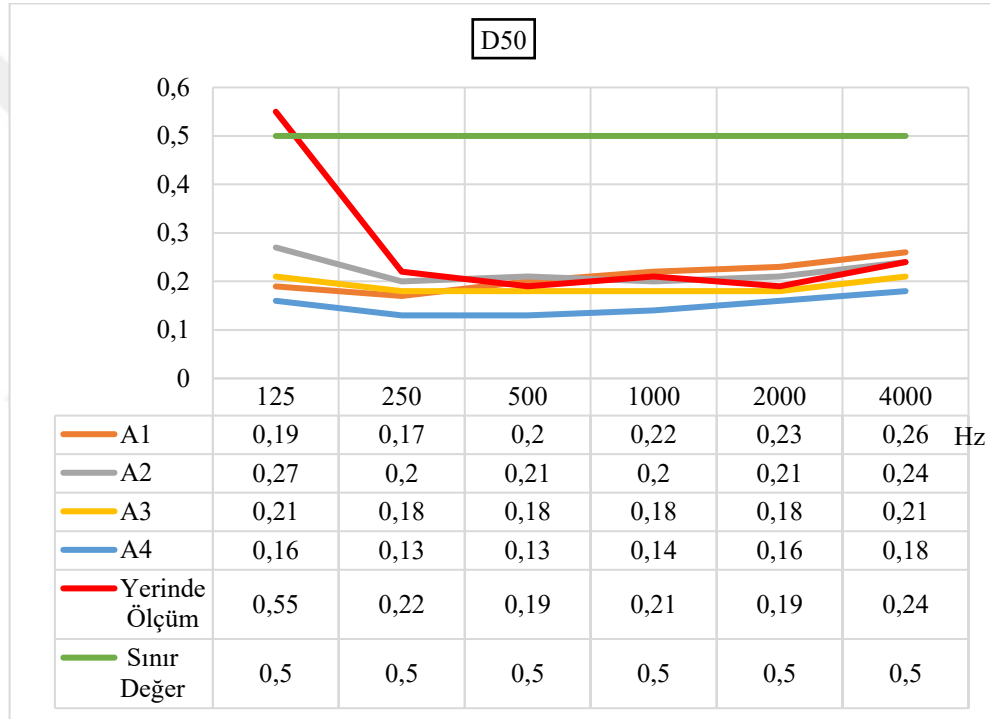
Şekil 4.23 Öneri 2 için elde edilen EDT verileri

Şekil 4.23'te bulunan EDT grafiğinin öneri 2 koşullarında avantajlarını anlayabilmek için T30 değerleri ile arasındaki paralellik incelenmiştir. T30 ile EDT değerinin paralellik göstermemesi mekân içerisinde düzgün yayınlılığın olmadığı anlamına gelmektedir. Öneri 2 ile elde edilen EDT değerlerini her bir oktav bandındaki ortalama değerleri incelendiğinde;

- 125 Hz oktav bandında 2,25 sn'lik EDT değeri ile 2,28 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 250 Hz oktav bandında 2,71 sn'lik EDT değeri ile 2,77 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 500 Hz oktav bandında 2,59 sn'lik EDT değeri ile 2,65 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.

- 1000 Hz oktav bandında 2,66 sn'lik EDT değeri ile 2,73 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 2000 Hz oktav bandında 2,53 sn'lik EDT değeri ile 2,59 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 4000 Hz oktav bandında 2,15 sn'lik EDT değeri ile 2,18 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.

Öneri 2 simülasyonundaki akustik ortam koşullarına göre sesin düzgün yayınlımlığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak EDT verileri T30 değerleriyle paralellik göstermiştir. Grafiklerden de anlaşılacağı gibi benzer eğriler gözlemlenmiştir.



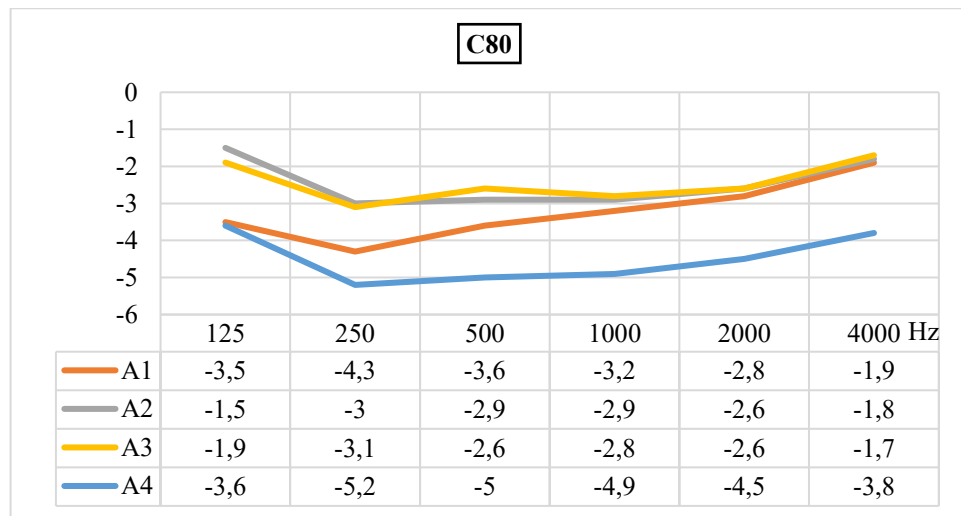
Şekil 4.24 Öneri 2 için elde edilen D50 verileri

Şekil 4.24'deki grafik incelendiğinde %50'nin (yani 0,5'in) üzerinde olması istenen D_{50} 'nin (bakınız tablo 4.4) öneri 2'deki koşullarla elde edilememiştir. Her alıcı noktasında farklı eğriler gözlenmiştir ve bazı değerler ile DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda yapılan ölçümlerden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Tüm alıcıların ortalaması alındığında D_{50} değerleri;

- 125 Hz oktav bandında 0,21 ile yerinde ölçümde elde edilen 0,55 değer %34 azalmıştır
- 250 Hz oktav bandında 0,17 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,22 değer %5 azalmıştır.
- 500 Hz oktav bandında 0,18 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,19 değer %1 azalmıştır.
- 1000 Hz oktav bandında 0,19 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,21 değer %2 azalmıştır.
- 2000 Hz oktav bandında 0,20 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,19 değer %1 azalmıştır.
- 4000 Hz oktav bandında 0,22 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,24 %2 azalmıştır.

D_{50} parametresi kaynak-alıcı arası mesafeyle ilişkili olduğu için her alıcı noktasında farklı sonuçlar gözlemlense de çizgilerin eğimleri arasında belirli bir paralellik mevcuttur. Öneri 2 simülasyonunda kullanılan firma G'ye ait malzemenin D_{50} değerini arttırması beklenirken azaltması olumsuz bir sonuç olarak yorumlanabilir. Alıcı noktasına göre iyi sonuçlar gözlemlense de öneri 2'ye ait simülasyonda tüm frekanslarda, 4 alıcının ortalama D_{50} değeri yerindeki ölçüme göre daha düşük sonuçlar vermiştir.

Bu durum öneri 2 ile kurgulanan kapalı yüzme havuzundaki konuşmanın anlaşılabilirliği için yeterli olmadığını göstermiştir.



Şekil 4.25 Öneri 2 için elde edilen C80 verileri

C_{80} sesin netliği ifade eden bir parametredir (bakınız tablo 4.4). C_{80} değerlerinin T30 ile ters orantılı bir ilişki olması gerekmektedir. Öneri 2 simülasyonundaki kapalı yüzme havuzu ortamına göre A2 ve A3 kaynaklarında beklenen ters orantı ilişkisi gözlemlenmiştir. Ancak şekil 4.25'te gözlemlendiği üzere A1 ve A4 alıcı noktalarında benzer bir oran gözlemlenmemiştir. Öneri 2 koşullarına göre her frekansa göre ortalama C_{80} değerleri, 125 Hz oktav bandında -1,5 sn; 250 Hz oktav bandında -3,9 sn; 500 Hz oktav bandında -3,5 sn; 1000 Hz oktav bandında -3,5 sn; 2000 Hz oktav bandında -3,1 sn; 4000 Hz oktav bandında -2,3 sn'dir. C_{80} 'in optimum değerlerine göre bu veriler değerlendirilirse (bakınız tablo 4.4) tüm değerler ISO standartlarına uygun aralıktadır.

STI verileri ise tablo 4.18'de belirtilmiştir. Anlaşılabilirliğin önemli parametrelerinden STI değerinin 1'e yakın olması konuşma fonksiyonlu mekanlarda gereklidir (bakınız tablo 4.4). Öneri 2 ile elde edilen 0,38'lik değer STI değerinde pozitif bir etki yaratsa da 0,45-0,60 (Orta) sınıflandırmasına geçecek kadar etkili bir çözüm getirmemiştir.

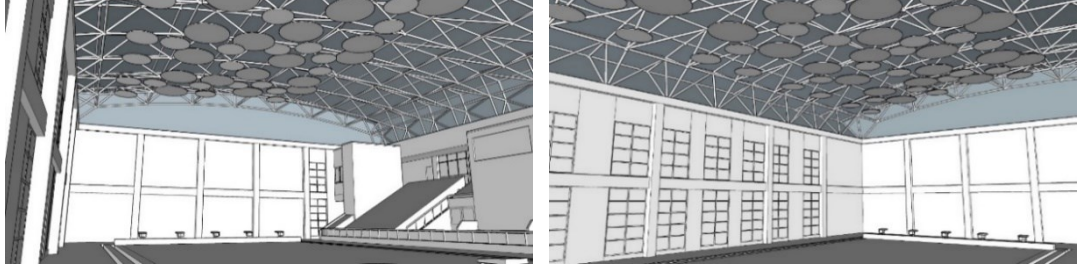
Tablo 4.18 Öneri 2 için elde edilen STI verileri

	Öneri 2	Yerinde Ölçüm	Bulunduğu durum
STI	0,38	0,34	0,30-0,45(zayıf)

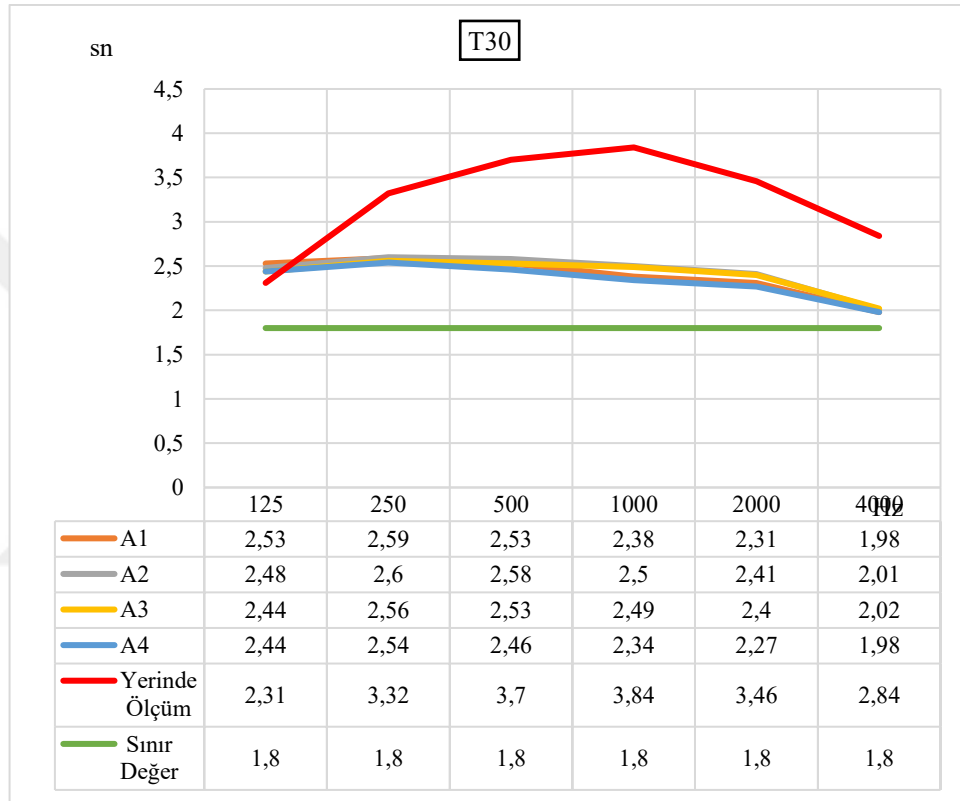
4.4.1.3.3 Öneri 3 (Firma I). Denenen üçüncü malzeme literatür araştırmaları sırasında ilk karşılaşılan firmanın ürünlerindendir. Bu firma sadece havuzlara yönelik ayrı bir katalog (Tablo 4.19) oluşturduğu için bu malzemelerin akustik performansı test edilmek istenmiştir. Cam yünü çekirdekli malzemelerin dışı yüksek neme oldukça dayanıklıdır. Hatta bakımı esnasında tazyikli su kullanılması önerilmektedir. Montesi ve sökümü oldukça kolaydır.

Tablo 4.19 Öneri 3'ün firma kataloğunda belirtilen yutuculuk katsayıları (Acoustic solutions, bt)

Öneri 3	Yutuculuk katsayısı					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Cam yünü çekirdekli panel	0,01	0,4	0,7	0,8	0,8	0,8



Şekil 4.26 Simülasyon öneri 3'ün Odeon programında yerleşiminin SketchUp programından ifadesi (Kişisel arşiv, 2021)



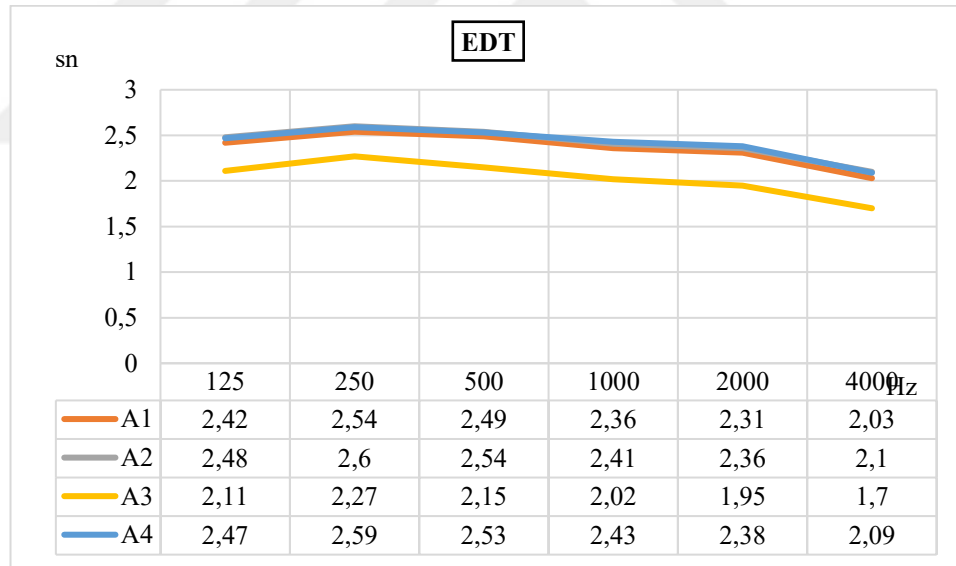
Şekil 4.27 Öneri 3 için elde edilen T30 verileri

Şekil 4.27'deki T30 grafiğinde görüldüğü üzere hiçbir frekansta yansıma süresi 1,8 sn'nin altında değildir. Ancak özellikle orta ve yüksek frekanslarda oldukça yaklaşan değerler elde edilmiştir. Farklı alıcı noktalarındaki T30 değerleri tüm frekanslarda birbirine yakın ve bu sebeple grafik eğrileri hemen hemen birbirine paraleldir. Tüm alıcılardaki her bir frekansta alınan ortalamalara göre öneri 3 ile elde edilen T30 değerleri;

- 125 Hz oktav bandında 2,47 sn ile yerinde ölçümde elde edilen 2,31 sn'lik değer 0,16 sn artmıştır

- 250 Hz oktav bandında 2,57 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,32 sn’lik değer 0,75 sn azalmıştır.
- 500 Hz oktav bandında 2,52 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,70 sn’lik değer 1,28 sn azalmıştır.
- 1000 Hz oktav bandında 2,43 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,84 sn’lik değer 1,41 sn azalmıştır.
- 2000 Hz oktav bandında 2,35 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,46 sn’lik değer 1,11 sn azalmıştır.
- 4000 Hz oktav bandında 2 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 2,84 sn’lik değer 0,84 sn azalmıştır.

Öneri 3 simülasyonunda kullanılan firma I’ya ait malzeme yansıma süresini azaltmakta başarılı olmuştur özellikle 500, 1000 ve 2000 Hz oktav bandında etkisi artmıştır.

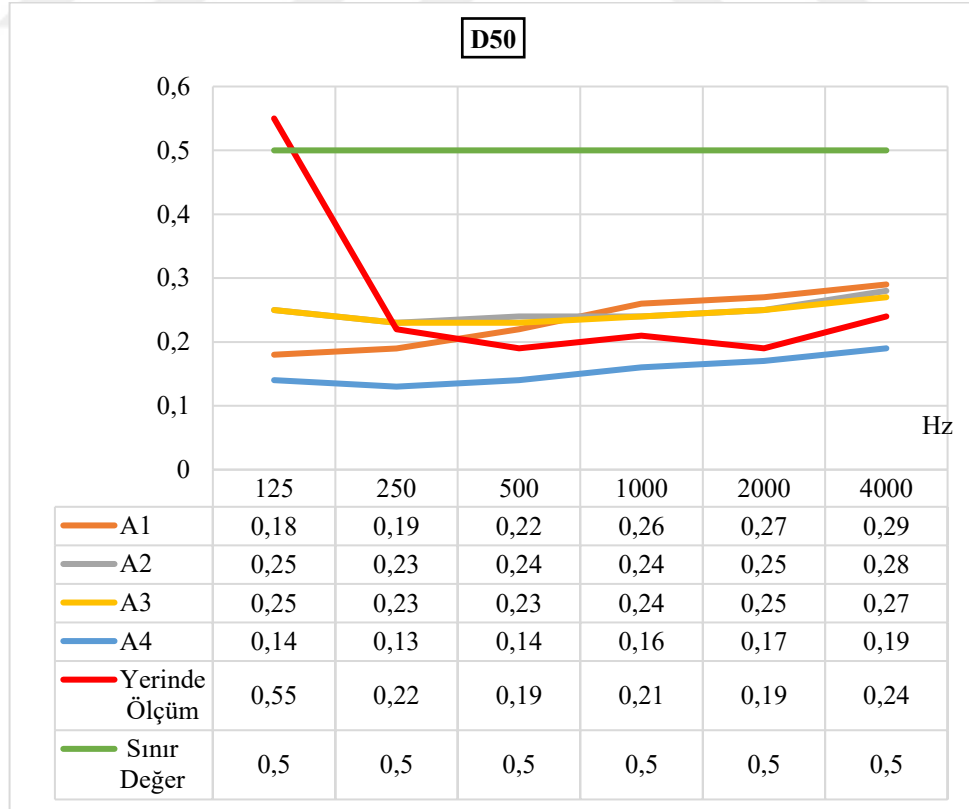


Şekil 4.28 Öneri 3 için elde edilen EDT verileri

Şekil 4.28’de bulunan EDT grafiğinin öneri 3 koşullarında avantajlarını anlayabilmek için T30 değerleri ile arasındaki paralellik incelenmiştir. T30 ile EDT değerinin paralellik göstermemesi mekân içerisinde düzgün yayınlımlığın olmadığı anlamına gelmektedir. Öneri 3 ile elde edilen EDT değerlerini her bir oktav bandındaki ortalama değerleri incelendiğinde;

- 125 Hz oktav bandında 2,37 sn'lik EDT değeri ile 2,47 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 250 Hz oktav bandında 2,5 sn'lik EDT değeri ile 2,57 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 500 Hz oktav bandında 2,43 sn'lik EDT değeri ile 2,52 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 1000 Hz oktav bandında 2,3 sn'lik EDT değeri ile 2,43 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır
- 2000 Hz oktav bandında 2,25 sn'lik EDT değeri ile 2,35 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 4000 Hz oktav bandında 1,98 sn'lik EDT değeri ile 2 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.

Öneri 3 simülasyonundaki akustik ortam koşullarına göre sesin düzgün yayınımlılığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak EDT verileri T30 değerleriyle paralellik göstermiştir.



Şekil 4.29 Öneri 3 için elde edilen D50 verileri

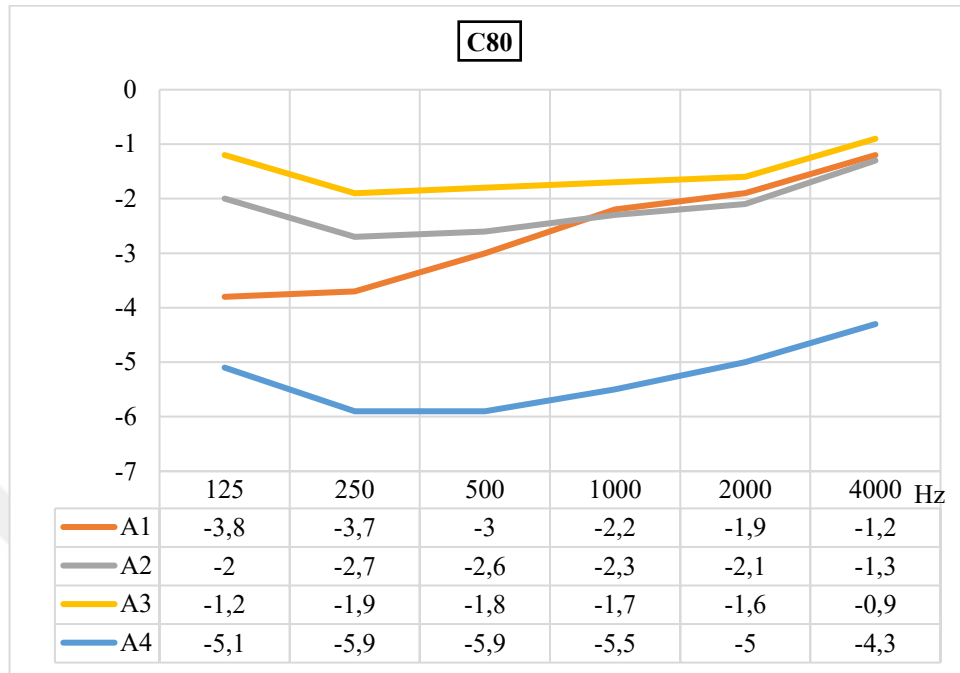
Şekil 4.29'deki grafik incelendiğinde %50'nin (yani 0,5'in) üzerinde olması istenen D_{50} 'nin (bakınız tablo 4.4) öneri 3'teki koşullarla elde edilememiştir. Her alıcı noktasında farklı eğriler gözlenmiştir ve değerlerin çoğunluğu ile DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda yapılan ölçümlerden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Tüm alıcıların ortalaması alındığında D_{50} değerleri;

- 125 Hz oktav bandında 0,21 ile yerinde ölçümde elde edilen 0,55 değer %34 azalmıştır
- 250 Hz oktav bandında 0,19 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,22 değer %3 azalmıştır.
- 500 Hz oktav bandında 0,21 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,19 değer %2 azalmıştır.
- 1000 Hz oktav bandında 0,23 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,21 değer %2 artmıştır.
- 2000 Hz oktav bandında 0,23 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,19 değer %4 artmıştır.
- 4000 Hz oktav bandında 0,26 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,24 değer %2 artmıştır.

D_{50} parametresi kaynak-alıcı arası mesafeyle ilişkili olduğu için her alıcı noktasında farklı sonuçlar gözlemlense de çizgilerin eğimleri arasında belirli bir paralellik mevcuttur. Öneri 3 simülasyonunda kullanılan firma I'ye ait malzemenin D_{50} değerini yüksek frekanslarda arttırmıştır. Bu sayede bu malzemenin konuşmanın anlaşılabilirliğine olumlu etki ettiği söylenebilir. Bu durum öneri 3 ile kurgulanan kapalı yüzme havuzundaki konuşmanın anlaşılabilirliğinin düşük olduğunu ancak ilerleme kaydetmek adına uygun olduğunu göstermektedir.

C_{80} ilk yansımaların hem zamana bağlı incelenmesi hem de spektral dalgalanma üzerinde etkilerini incelemek için kullanılır. Netliği ifade eden bu değer müzik ve konuşma için farklı değerlendirilir (bakınız tablo 4.4). C_{80} değerlerinin T30 ile ters orantılı bir ilişki olması gerekmektedir. Ancak şekil 4.30'de gözlemlendiği üzere tüm alıcı noktalarında farklılaştığı gözlemlenmiştir. Öneri 3 koşullarına göre her frekansa göre ortalama C_{80} değerleri, 125 Hz oktav bandında -3 sn; 250 Hz oktav bandında -3,5 sn; 500 Hz oktav bandında -3,3 sn; 1000 Hz oktav bandında -2,9 sn; 2000 Hz oktav

bandında -2,7 sn; 4000 Hz oktav bandında -1,9 sn'dir. Bu değerler Cremer (1982) kaynağının optimum değer aralığına uygundur.



Şekil 4.30 Öneri 3 için elde edilen C80 verileri

STI verileri ise tablo 4.20’de belirtilmiştir. Anlaşılabilirliğin önemli parametrelerinden STI değerinin 3’e yakın olması konuşma fonksiyonlu mekanlarda gereklidir (bakınız tablo 4.4). Öneri 3 ile elde edilen 0,39’lık değer STI değerinde pozitif bir etki yaratsa da 0,45-0,60 (Orta) sınıflandırmasına geçecek kadar etkili bir çözüm getirmemiştir.

Tablo 4.20 Öneri 3 için elde edilen STI verileri

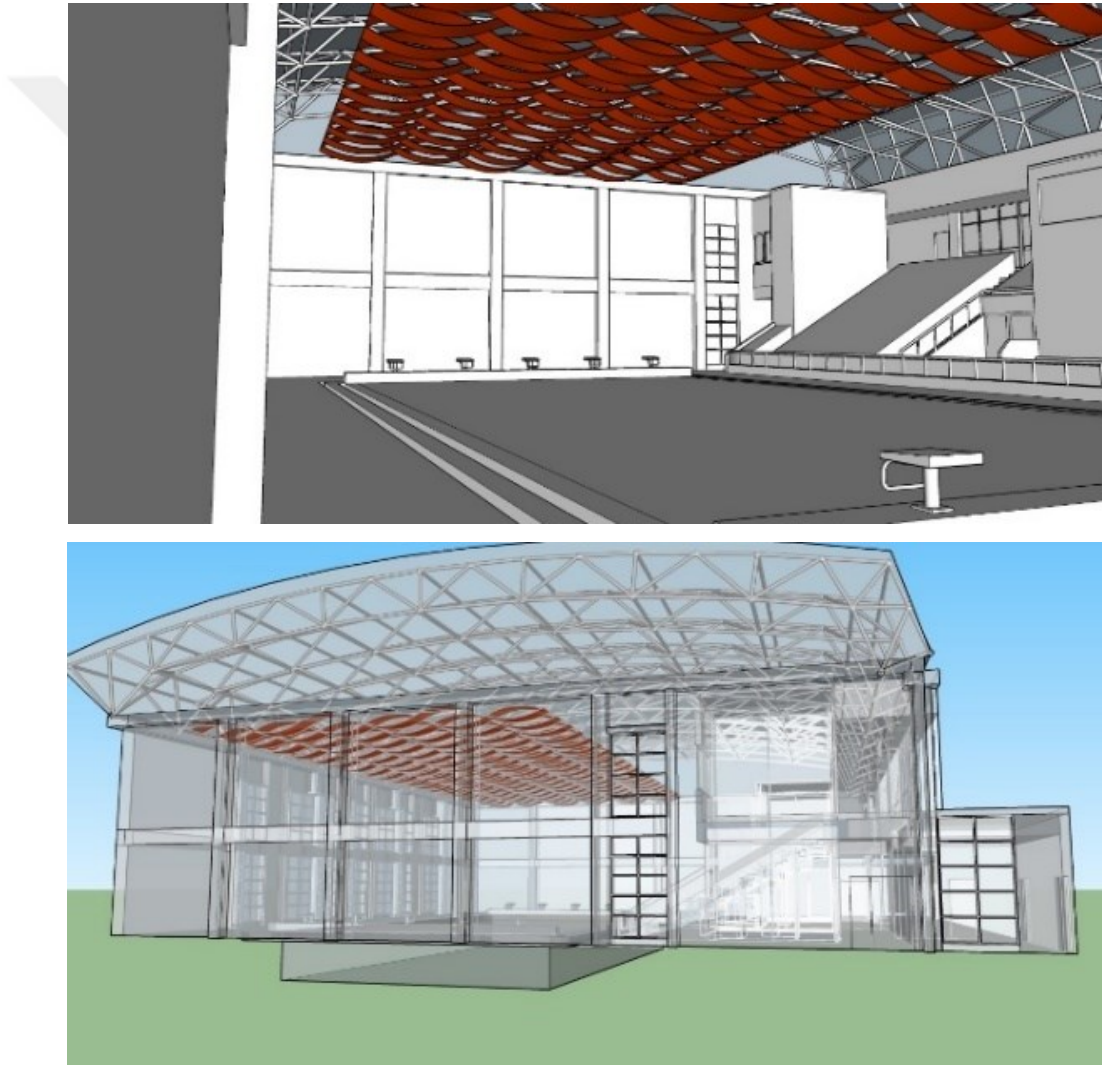
	Öneri 3	Yerinde Ölçüm	Bulunduğu durum
STI	0,39	0,34	0,30-0,45(zayıf)

4.4.1.3.4 Öneri 4 (Ahşap panel Firma D). Simülasyon dörtte, kullanılan malzeme ile tercih edilen şekil iki farklı kaynaktan referans alınarak tasarlanmıştır. Tercih edilen malzeme ahşap olup mikro delikleri bulunan Firma D’ye ait bir malzemedir (Tablo 4.21). Şekil verilebilen bir malzeme olduğu belirtildiğinden dolayı akustik için daha uygun olabileceği öngörülen tasarıma uygulanabileceği değerlendirilmiştir. Kullanılan şekil ise firmanın kataloğundaki keskin hatlı, dalgalı panelleri bulunan projenin daha

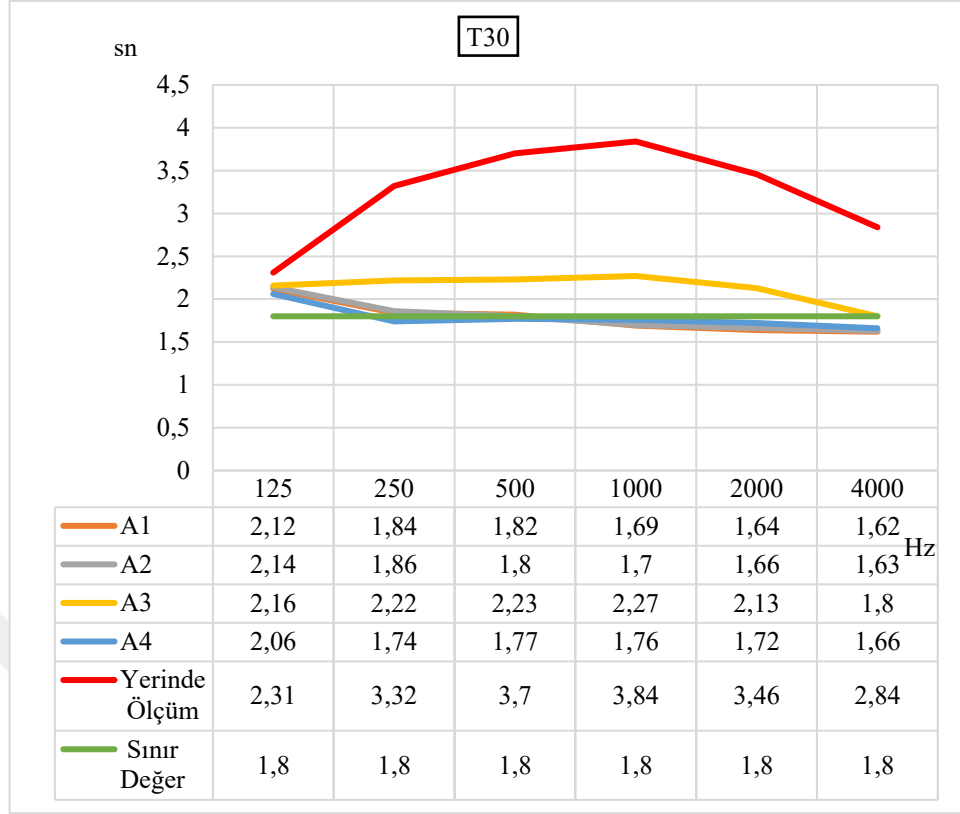
oval açılarla yorumlanmış versiyonudur. Özetle suyun dalgalarına benzer bir şeklin tavanda da oluşturulması ile sesin dağıtıcılığı açısından daha uygun bir tasarım neticesinde ses ışınlarının daha farklı yönlere taşınacağı ve bu sayede yansıma süresinin azalacağı değerlendirilmektedir (şekil 4.31).

Tablo 4.21 Öneri 4'ün firma kataloğunda belirtilen yutuculuk katsayıları (St Ives Carine, bt)

Öneri 4	Yutuculuk katsayısı					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Ahşap plak	0,2	0,65	0,95	0,95	0,95	0,70



Şekil 4.31 Simülasyon öneri 4'ün Odeon programında yerleşiminin SketchUp programından ifadesi (Kişisel arşiv, 2021)



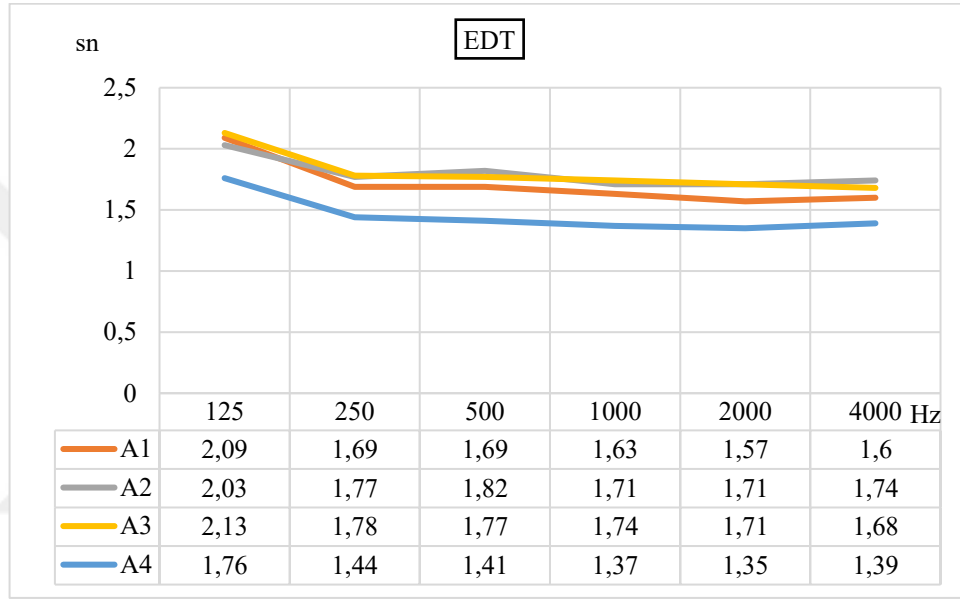
Şekil 4.32 Öneri 4 için elde edilen T30 verileri

Şekil 4.32'deki T30 grafiğinde görüldüğü üzere bazı alıcı noktası ve frekanslarda yansıma süresi 1,8 sn amacı yakalanmıştır. Özellikle 500, 1000 ve 2000 Hz frekanslarındaki değerler 1,80 ve altında olan değerler yoğunluktadır. A3 alıcı noktası hariç farklı alıcı noktalarındaki T30 değerleri tüm frekanslarda birbirine yakın ve bu sebeple grafik eğrileri hemen hemen birbirine paraleldir. Tüm alıcılardaki her bir frekansta alınan ortalamalara göre öneri 1 ile elde edilen T30 değerleri;

- 125 Hz oktav bandında 2,12 sn ile yerinde ölçümde elde edilen 2,31 sn'lik değer 0,19 sn azalmıştır
- 250 Hz oktav bandında 1,92 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,32 sn'lik değer 1,4 sn azalmıştır.
- 500 Hz oktav bandında 1,91 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,70 sn'lik değer 1,79 sn azalmıştır.
- 1000 Hz oktav bandında 1,85 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,84 sn'lik değer 0,99 sn azalmıştır.

- 2000 Hz oktav bandında 1,79 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 3,46 sn'lik değer 1,67 sn azalmıştır.
- 4000 Hz oktav bandında 2,06 sn ile yerinde ölçümle elde edilen 2,84 sn'lik değer 0,78 sn azalmıştır.

Öneri 4 simülasyonunda kullanılan firma D'ye ait malzeme yansıma süresini azaltmakta başarılı olmuştur özellikle 500, 1000 ve 2000 Hz oktav bandında etkisi artmıştır.



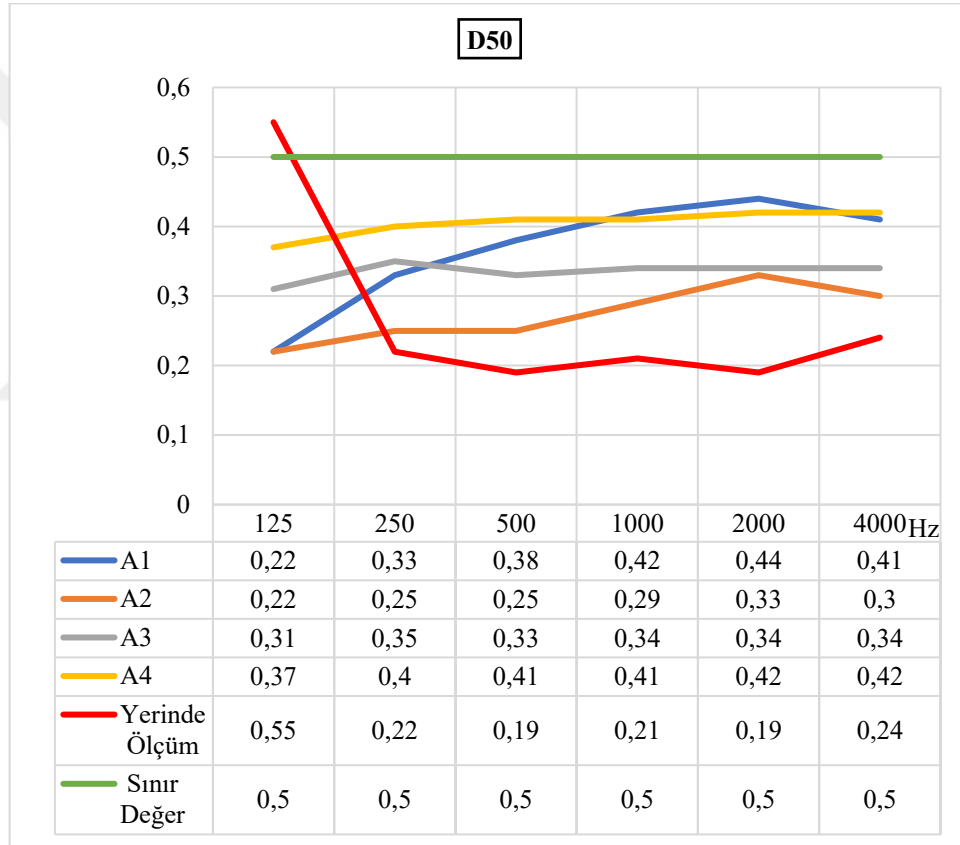
Şekil 4.33 Öneri 4 için elde edilen EDT verileri

Şekil 4.33'de bulunan EDT grafiğinin öneri 4 koşullarında avantajlarını anlayabilmek için T30 değerleri ile arasındaki paralellik incelenmiştir. T30 ile EDT değerinin paralellik göstermemesi mekân içerisinde düzgün yayınlımlığın olmadığı anlamına gelmektedir. Öneri 4 ile elde edilen EDT değerlerini her bir oktav bandındaki ortalama değerleri incelendiğinde;

- 125 Hz oktav bandında 2 sn'lik EDT değeri ile 2,12 sn'lik T30 değeri birbirine yakındır.
- 250 Hz oktav bandında 1,67 sn'lik EDT değeri ile 1,92 sn'lik T30 değeri birbirine yakın değildir.
- 500 Hz oktav bandında 1,67 sn'lik EDT değeri ile 1,91 sn'lik T30 değeri birbirine yakın değildir.

- 1000 Hz oktav bandında 1,61 sn'lik EDT değeri ile 1,85 sn'lik T30 değeri birbirine yakın değildir.
- 2000 Hz oktav bandında 1,58 sn'lik EDT değeri ile 1,79 sn'lik T30 değeri birbirine yakın değildir.
- 4000 Hz oktav bandında 1,6 sn'lik EDT değeri ile 1,68 sn'lik T30 değeri aynıdır.

Öneri 4 simülasyonundaki akustik ortam koşullarına göre sesin düzgün yayınımlılığı gözlemlenmemiştir. Sonuç olarak EDT verileri T30 değerleriyle paralellik göstermemiştir.

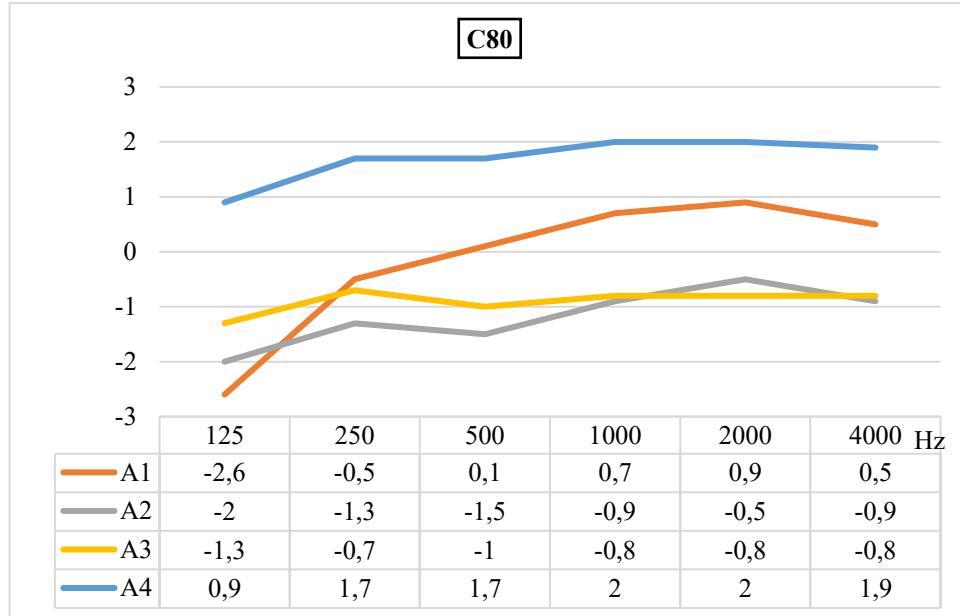


Şekil 4.34 Öneri 4 için elde edilen D50 verileri

Şekil 4.34'deki grafik incelendiğinde %50'nin (yani 0,5'in) üzerinde olması istenen D₅₀'nin (bakınız tablo 4.4) öneri 4'deki koşullarla elde edilememiştir. Tüm alıcı noktalarında neredeyse tüm frekanslarda DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda yapılan ölçümlerin üstünde değerler gözlemlenmiştir. Tüm alıcıların ortalaması alındığında D₅₀ değerleri;

- 125 Hz oktav bandında 0,28 ile yerinde ölçümde elde edilen 0,55 değer %27 azalmıştır
- 250 Hz oktav bandında 0,33 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,22 değer %11 artmıştır.
- 500 Hz oktav bandında 0,34 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,19 değer %15 artmıştır.
- 1000 Hz oktav bandında 0,37 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,21 değer %16 artmıştır.
- 2000 Hz oktav bandında 0,38 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,19 değer %19 artmıştır.
- 4000 Hz oktav bandında 0,37 ile yerinde ölçümle elde edilen 0,24 değer %13 artmıştır.

D₅₀ parametresi kaynak-alıcı arası mesafeyle ilişkili olduğu için her alıcı noktasında farklı sonuçlar gözlemlenmiştir. Öneri 4 simülasyonunda kullanılan firma D'ye ait malzemenin D₅₀ değerini büyük oranda arttırsa da istenilen 0,50 değeri yakalanamamıştır. Bu durum öneri 4 ile kurgulanan kapalı yüzme havuzundaki konuşmanın anlaşılabilirliğinin istenilen düzeye yaklaşık olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.35 Öneri 4 için elde edilen C80 verileri

C₈₀ ilk yansımaların hem zamana bağlı incelenmesi hem de spektral dalgalanma üzerinde etkilerini incelemek için kullanılır. Netliği ifade eden bu değer müzik ve konuşma için farklı değerlendirilir (bakınız tablo 4.4). C₈₀ değerlerinin T30 ile ters orantılı bir ilişki olması gerekmektedir. Ancak şekil 4.20’de gözlemlendiği üzere tüm alıcı noktalarında farklılaştığı gözlemlenmiştir. Öneri 4 koşullarına göre her frekansa göre ortalama C₈₀ değerleri, 125 Hz oktav bandında -1,2 sn; 250 Hz oktav bandında -0,2 sn; 500 Hz oktav bandında -0,2 sn; 1000 Hz oktav bandında 0,2 sn; 2000 Hz oktav bandında 0,4 sn; 4000 Hz oktav bandında 0,2 sn’dir. Bu değerler Barron (1993) kaynağının optimum değerlerine uygundur.

STI verileri ise tablo 4.22’da belirtilmiştir. Anlaşılabilirliğin önemli parametrelerinden STI değerinin 1’e yakın olması konuşma fonksiyonlu mekanlarda gereklidir (bakınız tablo 4.4). Öneri 4 ile elde edilen 0,47’lik değer STI değerinde 0,45-0,60 (Orta) sınıflandırmasına geçecek kadar etkili bir çözüm getirmiştir.

Tablo 4.22 Öneri 4 için elde edilen STI verileri

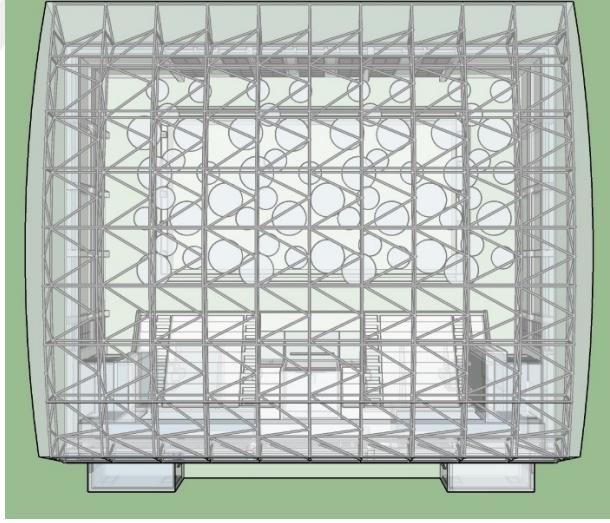
	Öneri 4	Yerinde Ölçüm	Bulunduğu durum
STI	0,47	0,34	0,45-0,60(orta)

4.4.1.4 İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu İçin Geliştirilen Önerilerin Karşılaştırılması

Öncelikle kapalı yüzme havuzlarının mevcut koşullarına karşı, önerilen malzemelerin sürdürülebilirliği üzerine düşünceler değerlendirilecektir. Öneri 1’deki malzeme plastik bazlı bir ürün olduğu için oldukça dayanıklı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Firma F nin belirttiğine göre havuz kimyasalları ve dezenfektanlarla tepkime vermemesi de büyük bir avantaj sağlamaktadır. Öneri 2’deki malzemenin ise uzun vadede dayanıklılığına dair herhangi bir veri bulunamamıştır. Kumaştaki gözeneklerin nemden dolayı tıkanması ve bu malzemenin akustik özelliklerini yitirmesi oldukça yüksek bir ihtimaldir. Firma G bu konuda güvence verse de temizliği ve bakımı ile ilgili yönergelerde neme uzun süre maruz bırakılmaması konusunda uyarılar mevcuttur. Öneri 3’deki materyalin de sürdürülebilirlik ve dayanıklılık konusunda avantajları mevcuttur. Çok katmanlı olması ve tazyikli suyla dahi temizliğinin önerilmesi uzun süre kullanılabilecek bir malzeme olduğunun kanıtı olarak kabul edilebilir. Sürdürülebilirlik konusunda dezavantaja sahip bir diğer ürün öneri 4’te

incelenmiştir. Bu malzeme ahşap bir ürün olduğu için belli bir nem seviyesinden sonra genişleme payının olacağından firma kataloğunda bahsedilmiştir. Bu nedenle belli periyotlarla bu malzemenin değiştirilmesi gerekeceği tahmin edilmektedir. Bu durum maliyetleri arttıracığı için malzemenin tercih edilebilirliğinin düşeceği değerlendirilmektedir.

Diğer bir konu ise yapısal zorunluluklar üzerinedir. Öneriler seçilirken her bir sınıflandırmayı temsil edebilecek malzemeler seçilmiştir ve sadece havuz bölümünde çatıya eklenebilecek asma çatı uygulaması olarak yerleştirilmiştir. Kataloglarda belirtildiği üzere her bir önerinin kendine özgü bağlantı sistemleri mevcuttur. Önerilerin arasından öneri 3 uygulanırken bazı problemlerle karşılaşmıştır. Firma I'nın belirttiği üzere her bir yuvarlak panel en az 3 noktadan çelik kablolar ile bağlanmalıdır. DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda ise uzay kafes sistemli çatı sistemi bulunması sorun teşkil etmiştir. Şekil 4.36'da görüldüğü gibi 3 çelik elemana gelecek şekilde panellerin yerleştirilmesi büyük boşluklara ve rastgele yerleşime sebebiyet vermektedir.



Şekil 4.36 Öneri 3'ün uygulanması üstten görünüm

Eğer öneri 3 de kullanılan uygulama bir kapalı yüzme havuzu için tasarım aşamasındayken kullanılacak ise çatı sisteminin bu sisteme uygun seçilmesi daha verimli sonuçlar verebilecektir.

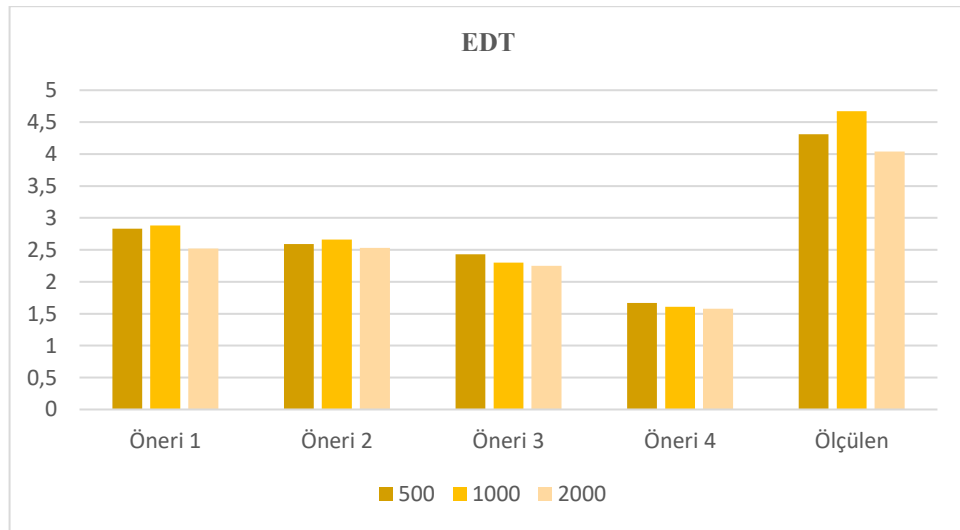
Dört önerinin akustik değerlendirmelerini karşılaştırmak için özellikle insan kulağının hassas olduğu 500, 1000, 2000 Hz oktav bantlarındaki değerler

kullanılmıştır. Şekil 4.37 de bulunan yansışım süresi grafiğine göre yerinde ölçümle elde edilen değerler öneri 1 ile yüksek ölçüde düşürülmüştür. Daha sonra öneri 2 ile özellikle 500 ve 1000 Hz’de istenilen düşüş yakalanmıştır. Öneri 3 ile ise özellikle 2000 Hz de yansışım süresi biraz daha azalmıştır. Son olarak öneri 4 ile büyük bir düşüş yakalanmış ve istenilen değer olan 1,8 sn 1000 ve 2000 Hz’de yakalanmıştır.



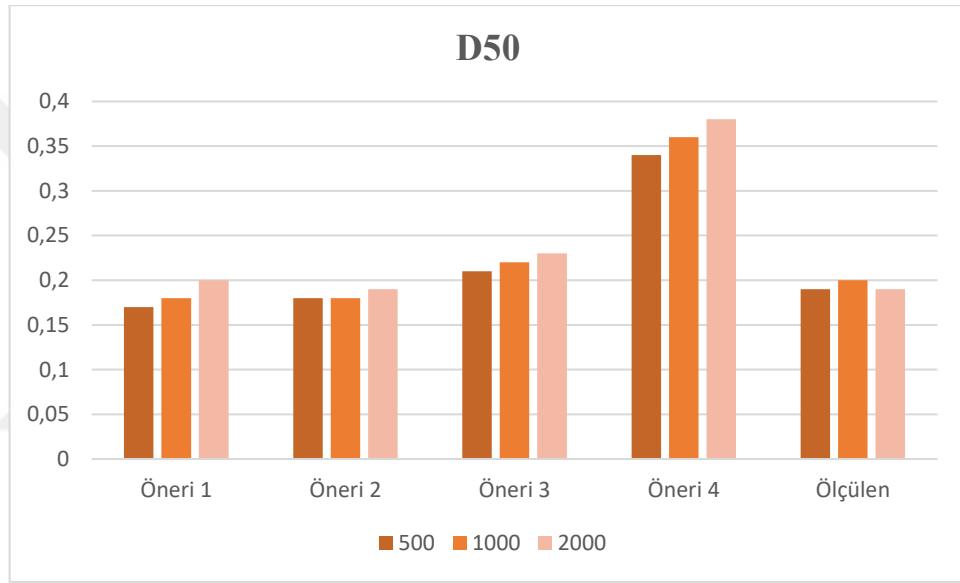
Şekil 4.37 Dört önerinin karşılaştırılması T30 ortalama verileri

Şekil 4.38’de bulunan EDT grafiğinde de yansışım süresinde gözlemlenen değişiklikler gözlemlenmiştir. T30 değerleriyle EDT değerlerinin paralellik göstermesi de sesin düzgün yayınına işaretler. Ancak öneri 4’te bu durum gözlenmemiştir. Yani yansışım süresi verileriyle EDT verileri arasında farklılıklar fazladır.



Şekil 4.38 Dört önerinin karşılaştırılması EDT ortalama verileri

D_{50} değerinin optimum koşulları %50 (0,5) nin üzerinde %90 konuşma anlaşılabilirliği ile ifade edilir. Bu sebeple şekil 4,39’da görüldüğü üzere 0,5 değeri öneriler ile yakalanmaya çalışılmıştır. Öneri 1’deki D_{50} sonuçları 0,5 lik sonuca ulaşamamıştır hatta bu malzeme D_{50} parametresini negatif etkileyerek DEÜ İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu ölçümlerinde elde edilen verilerden daha kötü sonuçlar vermiştir. Öneri 2’de ise öneri 1’e göre de daha kötü D_{50} değerleri ile karşılaşılmıştır. Öneri 3 ‘de ise özellikle 2000 Hz oktav bantında daha iyi sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır. Öneri 4 ile ise ivmeli yükselen bir sonuç elde edilmiştir. 0,5 lik veriler elde edilemese de daha iyi akustik ortam koşullarını destekleyeceği aşikardır.



Şekil 4.39 Dört önerinin karşılaştırılması D_{50} ortalama verileri

Sesin netliğini ifade eden C_{80} parametresi de dört örnek üzerinden incelenmiştir. Şekil 4.40’a göre önerilerin bulunduğu aralıklar oldukça geniş olduğundan konuşmanın netliğini negatif olarak etkilenmektedir. DEÜ İnciraltı kapalı yüzme havuzunda ölçülen netlik seviyesi belirtilen optimum değerlerin dışındadır (bakınız tablo 4.4). Öneri 1 ile ISO standartlarına uygun değer aralığı yakalanmıştır. Öneri 2 ise ana akustik kaynaklarından Beranek (1996)’nın C_{80} için belirlediği aralığa uygundur. Öneri 3 ile de yine ana kaynaklardan Barron (1993)’ün belirlediği aralık yakalanmıştır. Öneri 4 değerleri ise Hyde (1994)’e uygundur.



Şekil 4.40 Dört önerinin karşılaştırılması C₈₀ ortalama verileri

Son olarak STI değerleri tablo 4.23 üzerinden değerlendirilmiştir. Yerinde ölçümle belirlenen 0,34 (zayıf) değeri 0,45 (orta)’ın üzerine çekmek amaçlanmıştır. Öneri 1,2 ve 3 ile 0,03; 0,04; 0,05’lik bir değer artışı yakalanmıştır. Öneri 4 ile 0,47 STI değeri elde edilmiştir.

Tablo 4.23 Dört önerinin karşılaştırılması STI ortalama verileri

	Öneri 1	Öneri 2	Öneri 3	Öneri 4	Yerinde Ölçüm
STI	0,37	0,38	0,39	0,47	0,34

Yansıma süresinin kısalmasına bağlı olarak, konuşmanın anlaşılabilirliği için değerlendirme parametreleri olan D50 ve STI değerlerinin de artmış olduğu, ancak öneri 4 için bile ortalama düzeyde kaldığı görülmektedir. Ancak havuz hacminin, tiyatro salonu, derslik gibi dinleme işlevli bir mekân olmadığı değerlendirildiğinde, elde edilen iyileşme düzeyi yeterli olarak kabul edilebilir.

BÖLÜM 5

SONUÇ

Konfor koşulları göz önüne alındığında gürültü kontrolü önemli niteliklerden biridir. Özellikle gelişen teknoloji ve beraberinde getirdiği kentleşme sorunları sonucunda gürültü yoğunluğunun azaltılması konfor koşulları arasında giderek önem kazanmış, artması ise insan sağlığını ciddi biçimde etkileyebilecek bir sorun haline gelmiştir. Türkiye’de de önemi artan akustik konfor koşulları, kapalı yüzme havuzları gibi birçok kişiye hizmet eden ve yapım süreci zahmetli olan yapılarda daha da önemlidir. Özellikle kapalı yüzme havuzları üzerinden konuşursak, yapı tamamlandıktan sonra, akustik önlemlerin etkin kullanımı daha güç olabilmektedir.

Literatür çalışması ile başlanılan çalışmada spor salonlarının akustik özelliklerine dair ulusal ve uluslararası 3’er adet çalışma spor salonları ve kapalı yüzme havuzlarına dair uluslararası 8 çalışma Türkiye’de 1 çalışma sadece yüzme havuzları akustiğine yönelik ise uluslararası 3 kaynakla karşılaşırken Türkiye’de sadece 1 kaynakta kısaca değinilmiştir. Literatürde bulunan kapalı yüzme havuzlarının akustiği üzerine eksiklik daha çok incelenmiş kapalı yüzme havuzlarında akustik iyileştirme önerilerinin sonradan yapılan müdahaleler ile uygulandığı akustik çalışmalar arasında tespit edilmiştir. Son yıllarda inşa edilen bazı kapalı yüzme havuzlarında ise tasarım aşamasında akustik konfor koşulları göz önünde bulundurulmuş ancak bu yapılara dair akademik çalışmalarda akustik verilerin eksikliği dikkat çekmiştir.

Tespit edilen eksiklik üzerine kapalı yüzme havuzlarının gereklilikleri, yönetmelikleri ve kullanıcı davranışları üzerinden mekânın sahip olması gereken hacim akustiği koşulları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında değerlendirilen havuz hacminde hem arka plan gürültü düzeyinin hem de yansıma süresinin sınır değerlerin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Kapalı yüzme havuzlarında akustik koşullarının genellikle göz ardı söylemek yanlış olmayacaktır. Buradan hareketle; yüksek gürültü düzeyleri ve yansıma kaynaklı en büyük etki çalışanlar üzerine olacak ve bu ortamlarda saatlerce bulunan kişiler birçok psikolojik ve fizyolojik olumsuzlukla karşı karşıya kalacaklardır. Hem bu yorucu koşullarda çalışmak hem de seslerini duyurabilmek için düdük vb. araçlar kullanmak zorunda kalmaktadırlar. Örneğin,

yüzme yarışı sırasında tezahürat yapılmasa da ortamda bulunan seyirci gürültüsünün izleme kalitesine etkisi önemlidir. Akustik koşulların konfor koşullarına uygunluğu arttıkça, yüzme antrenmanları sırasında kurulan iletişim daha sağlıklı olacaktır. Bir kişi yaralandığında ya da acil bir durum yaşandığında sesin daha rahat duyulması sonucu ekipler daha hızlı müdahalede bulunabilecektir.

Dokuz Eylül Üniversitesi İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzunda akustik belgeleme çalışması yürütülmüş ve mevcut durum RT, T30, EDT, D₅₀, C₈₀ ve STI parametre değerleri ve bu parametrelerin kabul edilebilir değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bu bağlamda, Dokuz Eylül Üniversitesi İnciraltı Kapalı Yüzme Havuzu, İzmir'in en çok tercih edilen havuzlarından biri olarak birçok konfor koşuluna hizmet vermesine rağmen akustik iyileştirmelere ihtiyaç duyan bir yapı olarak değerlendirilmektedir.

Bahsi geçen parametrelerin kabul edilebilir değerlerinin kapalı yüzme havuzlarında sağlayabilmek için havuz ortamının mevcut koşullarından, kimyasallarından etkilenmeyecek; tasarım öncesi ve sonrası uygulanabilecek öneriler tespit edilmiştir. Sonrasında Dokuz Eylül Üniversitesi İnciraltı Kapalı yüzme Havuzunda yapılabilecek, mimari bütünlüğünü bozmayacak, sürdürülebilir ve çatıya fazladan yük oluşturmayacak dört öneri değerlendirilmiştir. Böylece, özellikle son yıllarda akustik tasarımı daha sıklıkla dile getirilen okul, hastane gibi yapılara benzer olarak yüzme havuzlarının akustiği de gündelik hayatta birçok kişinin sağlığında önemli farklılıklar yaratacaktır. Dört öneri aşama aşama değerlendirilmiş ve farklı akustik, yapısal ve tasarımsal özellikleriyle farklı yönlerden öne çıkmıştır. Bu değerlendirmeler sırasında sonradan yapılan akustik müdahalelerin pozitif etkileri olmasına rağmen konuşmanın anlaşılabilirliğinde istenilen değerlerin bazıları elde edilememiştir.

Bu bağlamda, tez çalışmasıyla ile yüzme havuzlarının akustik kalitesinin önemine vurgu yapılarak, tasarımcılar ve uygulayıcılar için bir kaynak oluşturulmuştur. Malzeme ve yapım teknolojisindeki gelişmeler, havuzlardaki ortam koşullarına dayanaklı yutucu malzeme ve detay kullanımlarının artmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca kullanılan ekipman ve donanımın daha tasarım aşamasında gürültü düzeyleri açısından değerlendirilmesi düzeyin başlangıçta kontrol altına alınması bakımından önemli bir faktördür. Bu anlamda hem proje tasarımcılarının hem de malzeme ve

ekipman üreticilerinin “gürültü kontrolü” başlığını da özellikle tasarım kriterlerinin birisi olarak dikkate alması gerektiği ortadadır.

Gelecek çalışmalarda kapalı yüzme havuzları için akustik rezonatör olarak çalışacak yapısal sistem geliştirilmesi üzerinde çalışılması önerilebilir konulardandır. Böylece nem ve sıcaklık gibi akustik malzemeleri etkileyen geçici sistemlerin yerine daha kalıcı ve bakımı kolay çözüm önerilerine ulaşılabilecektir.



KAYNAKLAR

A history of swimming pools. (b.t.) 10 Mayıs 2020. <https://www.clear-water-revival.com/history-of-swimming-pools/>.

Accor. (2011), *Swimming Pools Technical Services Standard - Functional & Performance Criteria for Hotel Construction Projects*. İngiltere.

Acoustic alphalia silent aw, (bt), 1 Haziran 2021, <https://www.sergeferrari.com/products/alphalia-range/alphalia-silent-aw>.

Acoustical net, (b.t.), 1 Haziran 2021, <https://www.ambista.com/en/acoustic-ceiling-systems/acoustical-net-46499>.

Acoustic solutions for swimming pools (b.t.). 9 Aralık 2019 <https://www.ecophon.com/en/acoustic-solutions/additional-areas/swimming-pools/>.

Alberdi, E., Galindo, M., ve León-Rodríguez, Á. L. (2021). Evolutionary analysis of the acoustics of the baroque church of san luis de los franceses, *Applied Sciences*, 11(4), 1402, 8-9.

American Society of Plumbing Engineers (2013). *Public swimming pools*, CEU202. 20 Mart 2020, <https://www.scribd.com/document/206561216/Public-Swimming-Pools-American-Society-of-Plumbing-Engineers>.

Apaydın, Başa, B. (2009). Türk hamam kültürünün spa ve wellness mekânlarının tasarımına etkileri. *Zeitschrift für die Welt der Türken/Journal of World of Turks*, 1(1), 207-220.

Arıcı, M., ve Seçilmiş, M. (2007). Kapalı yüzme havuzlarının nem kontrolü ve ekonomik olarak iklimlendirilmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (98), 7-18.

Barrisol Welch Company, (2012). *London 2012 Olympic Aquatics Centre*. 19 Kasım 2019, <http://www.barrisolwelch.com/2012/03/barrisol-stretch-ceiling-london-2012-olympic-games/>.

Başaran, T. (1997). Roma döneminde Hypokaust sisteminin ısı analiz yönünden günümüz yerden ısıtma sistemiyle karşılaştırılması. *III. Uluslararası Tesisat Mühendisliği Kongresi Mmo Yayını Bildiriler Kitabı*, 1008-1018.

Bayazıt, N. T. (1999). *Dikdörtgen kesitli konser salonlarının akustik değerlendirmesi için bir tasarım yöntemi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Benedetto, G. ve Spagnolo, R. (1983). A method for correcting the reverberation times of enclosures as a function of humidity and temperature. *Applied Acoustics*, 16(6), 463-470.

Bornova'da yaz-kış yüzme keyfi (2019), 28 Nisan 2021 <http://www.egedesonsoz.com/haber/Bornova-da-yaz-kis-yuzme-keyfi/1011004>.

Bölükbaşıoğlu, S. ve Bölükbaşıoğlu, S. (2005). *Yüzme havuzlarının mekanik tesisatı için proje hazırlama esasları*, SANTEM Endüstri-Konut San. Ve Tic Aş., 5 Temmuz 2020, <https://www.tesisat.org/yuzme-havuzlarinin-mekanik-tesisati-icin-proje-hazirlama-esaslari-kitabi.html>.

Bragg, S. W. H. (1921). *The world of sound*. Londra: Bell yayıncılık.

Britannica (b.t.). *Swimming: sport and recreation*. 19 Nisan 2020, <https://www.britannica.com/sports/swimming-sport>.

Brown, A.L. ve Rutherford, S. (1994). Using the sound of water in the city. *Landscape Australia*, 16 (2), 103-107.

Chiu, S., Noble, D. ve Valmont, E. (2015). Acoustics in architectural fabric structures: the case of ETFE pillows. *In Fabric Structures in Architecture*. 2015, 241-256.

- Conetta, R., Shield, B., Cos, T., Mydlarz, C., Dockrell, J. ve Connolly, D. (2012). Acoustics of indoor sports halls and gymnasia. *40*, 1-5.
- Culley, P. ve Pascoe, J. (2009). *Sports facilities and technologies*. (1. Baskı). Amerika ve Kanada: Routledge.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2017). Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, Sayı30082. Türkiye.
- Demirkale, S.Y. (2007). *Çevre ve yapı akustiği – mimarlar ve mühendisler için el kitabı*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Department of Education and Skills. (2004)., *Acoustic design of schools: performance standards*. Building bulletin 93. İngiltere.
- Designing the future*, (b.t.), 1 Haziran 2021, <https://www.gencork.com/2020/>.
- Doel, K. V. D. (2005). Physically based models for liquid sounds. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, 2(4), 534-546.
- Duanqi, X., Zheng, W. ve Jinjing, C. (1991). Acoustic design of the gymnasium and natatorium of chinese national olympic sports center. *Applied Acoustics*, 34(4), 267-279.
- EBC Mimarlık (2013), *T.C. Kâtip Çelebi Üniversitesi kapalı yüzme havuzu ve spor salonu*, 28 Nisan 2021, <http://www.ebcmimarlik.com/index.php/portfolio/t-c-katip-celebi-universitesi-kapali-yuzme-havuzu-ve-spor-salonu/>.
- Egan, M. D. (Ed.). (1988). *Architectural acoustics*. (2007 baskı yılı). Lincoln Massachusetts, Amerika: J. Ross Yayıncılık.

Elazm, F. M. A. ve Saad, B. S. (2017). Towards novel and appropriate smart buildings “beijing water cube”. *International Journal of Education and Learning Systems*, 2. 13-22.

Erol, H.B. (2006). *İç mekânda malzeme kullanımında akustik performans kriterleri*. Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.

Federation Internationale de Natation (2017). *FINA Facilities Rules-Part X*. 22 Eylül 2019.
https://www.fina.org/sites/default/files/2017_2021_facilities_19122017_full_medium.pdf.

Ginn, K. (1978). *Architectural acoustics*. Danimarka: Brüel & Kjaer.

Hall M., (2016), *Acoustic design of swimming halls*, Yüksek Lisans Tezi, Lund Üniversitesi, İsveç.

Havuz filtresi ters yıkama nasıl yapılır (2021), 20 Şubat 2021, <https://www.e-havuzmarket.com/blog/icerik/havuz-filtresi-ters-yikama-nasil-yapilir>.

Heyik, M.A. (2019). *Bir kültürel varlık olarak hamamlar ve İstanbul hamamları üzerine haritalama çalışması*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Iannace, G., Lembo, P., Maffei, L. ve Nataletti, P. (2006). Acoustical conditions and noise exposure inside school gymnasias and swimming pools. *In Proceeding of the 6th European Conference on Noise Control*. Finlandiya.

Iannace, G. (2015). Sport hall acoustics. *Noise & Vibration Worldwide*, 46(10), 22-29

İYTE Rektörlüğü (2013). *Yapı İşleri Daire Başkanlığı 2012 Yılı Faaliyet Raporu*, 28 Nisan 2021, <https://iyte.edu.tr/wp-content/uploads/2018/08/2012-faaliyet-raporu.pdf>.

İzmir Belediyesi (2021). *Havuz İzmir Mayıs'ta açılıyor*, 27 Nisan 2021, <https://www.izmir.bel.tr/tr/Haberler/havuz-izmir-mayista-aciliyor/44930/156>.

İzmir Özel Türk Koleji Tanıtım Günleri, (b.t.), 20 Kasım 2020, www.ozelturkkoleji.com.

İzmir'de Alsancak Atatürk Yüzme Havuzu kapatıldı! Özel sporcular açıkta kaldı. (2019). Sözcü Gazetesi, 20 Kasım 2020, <https://skor.sozcu.com.tr/2019/10/12/izmirde-alsancak-ataturk-yuzme-havuzunun-kapatildi-ozel-sporcular-acikta-kaldi-1392923/>.

Kategori: İzmir yüzme havuzları (b.t.). 21 Şubat 2019, <https://www.yuzmehavuzu.org/category/izmir-yuzme-havuzlari/>.

Kenoyer, J.M. (b.t.), "*Great Bath*" *Mohenjo-Daro*. 19 Nisan 2020, <https://www.harappa.com/slide/great-bath-mohenjo-daro-0>.

Knauf AMF, (b.t.), 1 Haziran 2021 <https://www.knaufamf.com/en-tmp/tools-service/planning-aids/acoustic-indoor-swimming-pools-and-spa-areas/>.

Knudsen, V. O. ve Harris, C. M. (1951). *Acoustical designing in architecture* (2. Basım). ABD: John Wiley&sons inc.

Kuttruff, H. (1973). *Room acoustics* (4. Basım). Amerika ve Kanada: Spoon Press.

Leistner, P., Kittel, M. ve Liebl, A. (2015). *Akustische gestaltung von sport-und schwimmbhallen. lärmbekämpfung, Raumakustik*, Almanya. 6 Temmuz 2021, <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/ibp-neu/de/dokumente/publikationen/ak/leistner-kittel-liebl-akustische-gestaltung-von-sport-und-schwimmbhallen.pdf>.

Long, M. (2006). *Architectural acoustics*. Amerika: Elsevier.

- Love, C. (2007). An overview of the development of swimming in england c. 1750-1918. *International Journal of the History of Sport*, 24(5), 568-585.
- Maffei, L., Iannace, G., Masullo, M. ve Nataletti, P. (2009). Noise exposure in school gymnasia and swimming pools. *Noise Control Engineering Journal*, 57(6), 603-612.
- Malushte, H. S. (2013). *Evaluation of statistical energy analysis for prediction of breakout noise from air duct*. Yüksek Lisans Tezi, Nebraska Üniversitesi, Amerika.
- Mehta, M., Johnson, J., ve Rocafort, J. (1999). *Architectural acoustics: principles and design*. New Jersey-Amerika: Merill Prentice Hall.
- Meyer, E. ve Neumann, E.G., (1972). *Physical and applied acoustics: an introduction*. (J.M.Jr Taylor, Çev.). New York ve Londra: Academic Press.
- Moore R. (2015). *Alfriston School Swimming Pool Review – Duggan Morris Makes A Big Splash*. 20 Kasım 2019, <https://www.theguardian.com/artanddesign/2015/jul/12/alfriston-school-swimming-pool-review-duggan-morris-make-big-splash>.
- Not Mimarlık (bt.) *İzmir Büyükşehir Belediyesi Yarı Olimpik Kapalı Havuz*, 27 Nisan 2021, <http://notmimarlik.com/Izmir-Buyuksehir-Beeldiyesi-Yari-Olimpik-Kapali-Havuz#.YIa8AJAzaUk>.
- Nowicka, E. (2013). *Assessment of the acoustics of sports en-closures for emergency sound systems purposes, 20th International Congress on Sound and Vibration*. Tayland.
- Nowicka, E. (2015). *The index method of acoustic design of sports enclosures. EuroNoise: Maastricht*. Hollanda.

Ökten, G. (2010). *Mimari form ve yüzey saçıcılığının akustik parametreler üzerindeki etkisinin araştırılması*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Özhan, A. T. G., (2005). *Yüzme havuzlarında kalite-performans değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Özyıldırım, M. C. (2010). *Kapalı mekânların akustik tasarımında ses güçlendirme sistemlerinin uygulanma koşulları*. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.

Penman, K. A., Englund, J. S. ve Stanier, N. (1977). Reverberation and noise levels in sports areas. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 62(4), 1046-1048.

Rossing, T. D. (Ed.) (2007), *Handbook of Acoustics*. (1. Baskı), New York: Springer.

Sakarya, G. A. (2018). Mimari tasarımda su öğesinin farklı kullanım amaçları bakımından incelenmesi: anadolu örneği. *Asia Minor Studies*, 2018 107-120.

Sayın, E. (2008). *Kapalı yüzme havuzlarında aydınlatma ve gazi üniversitesi kapalı yüzme havuzu örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Sculptural functionality, (bt), 1 Haziran 2021, <https://www.autexglobal.com/au/autex-acoustics/acoustic-solutions/lattice/>.

Seip, C. E. ve Keen, J. (2008). *Noise control in multipurpose rooms*. *AEI 2008: Building Integration Solutions*, 1-13.

Sözen, M.Ş. (2008). Müzik-akustik- mimari etkileşim. *Mimarlıkta Malzeme*, 10, 37-53.

Splash sculpture in the betty t. ferguson recreation center aquatic facility, (bt), 1 Haziran 2021, <https://www.pinta-acoustic.com/en/referenzen/splash-sculpture-in-the-betty-t.-ferguson-recreation-center-aquatic-facility.html>.

St Gilles Croix de vie swimming pool, (bt), 1 Haziran 2021, <https://laudescher.com/en/realisations/centre-aquatique-st-gilles-croix-de-vie/>.

St Ives Carine, wa decorzen, (bt.) 1 Haziran 2021, <https://decorsystems.com.au/portfolio/st-ives-carine/>.

Şeker N. Ç. (2014), *Salonların mimari tasarımının akustik performansa etkileri: dikdörtgen, fan ve elmas salon örnekleri*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.

Tanrıverdi, F. (1987). *Peyzaj mimarlığı bahçe sanatının temel ilkeleri ve uygulama metodları*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Basımevi.

Tavukçuoğlu, A., Aydın, A. ve Çalışkan, M. (2011). *Tarihi Türk hamamlarının akustik nitelikleri: özgün hali ve bugünkü durumu*. 9.Ulusal Akustik Kongresi ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara.

Tekin, O. (2019). *Spor salonlarının çok amaçlı kullanımında akustik performansın malzeme ve tasarım değişkenleri aracılığıyla incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.

The history of pools. (bt). 10 Mayıs 2020. <https://www.swimmingpool.com/pool-living/pool-history-facts-and-terms/the-history-of-pools/>.

Theme: swimming pools and outdoor baths, (bt), 1 Haziran 2021, <https://www.troldtekt.com/news/themes/swimming-pools-and-outdoor-baths/>

Tourlomousi, O. (2017). *Microperforated glass: Turning the innovation into a marketable product*. Yüksek Lisans Tezi, Delft Teknoloji Üniversitesi, Hollanda.

Türk, E., 2011, *İstanbul'daki salonların akustik kalitesinin incelenmesi ve değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Ulusoy, G., Tavukçuoğlu, A. ve Çalışkan, M. (2013). Tip proje spor salonlarındaki akustik özelliklerin çok amaçlı kullanımlar için iyileştirilmesi. *10. Ulusal Akustik Kongresi, TAKDER*, Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu, İstanbul.

Uysal E. (2015). *Camilerde mimari akustik tasarım kriterleri ve bir örnek çalışma: Hasan tanık camii*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Wattez, Y., Tenpierik, M. ve Nijs, L. (2018). The influence of profiled ceilings on sports hall acoustics: ground effect predictions and scale model measurements. *Applied Acoustics*, 130, 156-167.

Wilkinson, T. (2015). Typology: Swimming Pools. *The Architectural Review*, Ağustos 422,28-34.

Yoo, H. C. (2001). The room acoustics of gymnasium building. *5th korea-russia international symposium on science and technology (KORUS 2001)*. 3, 35-38.

Yuan, Z. K., ve Yuan, S. M. (1990). Acoustic refurbishment of a large-volume gymnasium by means of a lightweight suspended absorbing ceiling. *Applied Acoustics*, 29(4), 305-311.

Yürekli, D. (2012). *Olimpik yüzme havuzu binalarının yapısal performanslarının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

EKLER

EK 1: Kısaltmalar

ANSI	: American National Standards Institute (Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü)
ASHRAE	: The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği)
BGKKHY	: Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
dB	: Desibel
dBA	: İnsan kulağının algıladığı ses düzeyi
DEÜ	: Dokuz Eylül Üniversitesi
DIN	: Deutsches Institut für Normung (Alman Standartlar Enstitüsü)
FINA	: Fédération Internationale de Natation
HVAC	: Heating Ventilating and Air Conditioning
Hz	: Hertz
ISO	: International Organization for Standardization (Kalite Yönetim Sistemi Standardı)
LAeq / LeqA	: A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses düzeyi
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
NC	: Noise Criterion
PVC	: Poli Vinil Clorür
RT	: Reverberation Time (Yansıma Süresi)
SPL	: Sound Pressure Level (Ses Basınç Düzeyi-Ses Düzeyi)
STI / RASTI	: Speech Transmission Index (Konuşma İletim İndeksi)
T30	: Yansıma Süresi
TS	: Türkiye Standartları