



## TRABZON MEHMET AKİF ERSOY KAPALI YÜZME HAVUZU ANA ETKİNLİK MEKANININ AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

<sup>1</sup>Ayşegül KANDEMİR, <sup>2</sup>Mustafa KAVRAZ

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, [a.kandemir96@gmail.com](mailto:a.kandemir96@gmail.com), Trabzon, Türkiye

<sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, [mkavraz@ktu.edu.tr](mailto:mkavraz@ktu.edu.tr), Trabzon, Türkiye

**Özet:** Spor aktiviteleri gerçekleştirilmesi amacıyla tasarlanan salonlar bazen ihtiyaç dolayısıyla çok amaçlı olarak da kullanılabilir. Sadece spor etkinlikleri amacıyla kullanılıyor olsalar dahi gerçekleştirilen sportif faaliyetlerin içerikleri dolayısıyla bu mekanlarda çok amaçlı fonksiyonel kullanım gereksinimi ortaya çıkabilmektedir. Her iki durumda da bu salonlarda farklı akustik koşullara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu mekanların en önemlilerinden biri yüzme havuzlarıdır. Özellikle olimpiik etkinlikler gerçekleştirilen, çok sayıda insanın bir arada yer aldığı yüzme havuzlarında mekandaki yüzey kaplama malzemelerinin özelliklerine de bağlı olarak yüksek düzeylerde çınlamalar meydana gelebilmektedir. Bu durum özellikle bilgi vermek amacıyla gerçekleştirilen anonsların anlaşılabilirliğini azaltırken, oyunlar esnasında veya oyunlar arasında gerçekleştirilen müzikal seslerin mekanda aşırı çınlamasına da neden olabilmektedir. Bu çalışmada, Trabzon Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzunun ana etkinlik alanı bilgisayar simülasyon yöntemi ile konuşmanın anlaşılabilirliği, müzikal sesler ve sportif faaliyetlerin gerektirmiş olduğu akustik ihtiyaçlar açısından değerlendirilmiştir. Bu kapsamda mekanın mevcut durumu ile tavan yüzeyine farklı organizasyonlarda yerleştirilen ses yutucu ve yansıtıcı özellikli malzemelerin bulunduğu durumlarda salonun %50 doluluk oranı için ODEON v10 programında sesin nesnel parametre değerleri elde edilmiştir. Tüm farklı organizasyonlar için elde edilen sesin nesnel parametrelere değerleri optimum değerlerle karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Yüzme havuzu mekanının mevcut durumu için tüm faaliyetlerde sesin nesnel parametre değerleri optimum düzey aralıklarının dışında kalırken, tavan yüzeyine yerleştirilen mekanizmaların kapak hareketleri ile birlikte bazı durumlarda sesin nesnel parametreleri açısından optimum düzey aralıkları sağlanabilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yüzme havuzu, ses, nesnel parametre, çınlama, ses yutucu malzeme

## ACOUSTICAL EVALUATION OF TRABZON MEHMET AKİF ERSOY INDOOR SWIMMING POOL'S MAIN EVENT VENUE

**Abstract:** Gyms designed to carry out sports activities can sometimes be used for multiple purposes due to necessity. Even if they are only used for sports activities, there may be a need for multi-purpose functional use in these spaces due to the content of the sports activities carried out. In both cases, different acoustic conditions are needed in these halls. One of the most important of these places is swimming pools. Especially in swimming pools where Olympic events are held and where a large number of people are together, high levels of tinnitus may occur depending on the properties of the surface coating materials in the space. While this reduces the comprehensibility of the announcements made especially for informational purposes, it may also cause the musical sounds performed during or between the games to resonate excessively in the space. In this study, the main activity area of Trabzon Mehmet Akif Ersoy Indoor Swimming Pool was evaluated with the computer simulation method in terms of speech intelligibility, musical sounds and acoustic needs required by sports activities. In this context, the objective parameter values of the sound were obtained in the ODEON v10 program for the 50% occupancy rate of the hall in cases where there are sound-absorbing and reflective materials placed on the ceiling surface in different organizations with the current condition of the space. The values of the sound obtained for all different organizations to the objective parameters were compared and evaluated with the optimum values. For the current situation of the swimming pool space, the objective parameter values of sound in all activities were outside the optimum level ranges. With the cover movements of the mechanisms placed on the ceiling surface, in some cases optimum level ranges have been achieved in terms of objective parameters of the sound.

**Keywords:** Swimming pool, sound, objective parameter, reverberation, sound absorbing material

## 1. GİRİŞ

Beden eğitimi ve sporun temel araçlarından biri olan spor salonları, nesillerin sağlıklı yetiştirilmesine imkan sağlamaktadır. Bu salonlar, her yaştaki bireyi seyirci durumundan kurtararak aktif spor yapmalarına olanak vererek amatör sporcuların uluslararası seviyede başarılı olmaları için kurulmuşlardır. Bu amaçla kurulan tesislerin tasarımında iklim şartları, nüfus yoğunluğu ve ulaşım koşulları gibi belirli parametrelerin yanı sıra ergonomiklik, hijyeniklik koşulları ile mimari estetiğin de dikkate alınması gerekmektedir [1]. Spor etkinlikleri gerçekleştirilen salonlar arasında yer alan yüzme havuzları bir çok su sporunun yapılmasına imkan tanımaktadır. Bu salonlardaki etkinlikler esnasında ergonomik açıdan sesin işitsel algısı büyük önem taşımaktadır.

Akustik iyileştirme gerçekleştirilen özel ya da çok amaçlı mekanlarla ilgili literatürde araştırmalar yer almaktadır. Bu konuda salonlarla ilgili çalışmalar genellikle sosyal ve kültürel etkinlikler gerçekleştirilen mekanları kapsamaktadır. Sportif faaliyetler gerçekleştirilen etkinlik alanlarıyla ilgili akustik iyileştirme içerikli araştırmalar daha kısıtlı olarak yer almaktadır.

Ulusoy ve diğ. (2013) “Tıp Proje Spor Salonlarındaki Akustik Özelliklerin Çok Amaçlı Kullanımlar İçin İyileştirilmesi” başlıklı çalışmalarında öncelikli olarak spor salonlarının akustik niteliklerinin çoğunlukla göz ardı edilmekte olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma kapsamında Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanmış olan 70 kişi kapasiteli spor salonu projesini bilgisayar simülasyon yöntemi ile incelenmişlerdir. Çalışma sonucunda salonun dersler, spor etkinlikleri ve farklı amaçlı kullanımlar açısından yetersiz akustik kaliteye sahip olduğu görülmüştür. Çınlama süresi parametresinin esas alındığı çalışmada akustik sorunları gidermek için çözüm önerisi geliştirilmiştir [2]. Aktı (2014) “Daire Planlı ve Kubbe Bitişli Çok Amaçlı Salonlarda Akustik Performansın Tasarım Değişkenleri Aracılığıyla Simülasyon Programında İrdelenmesi” başlıklı çalışmada, aynı salonun müzik ve konuşma faaliyetleri için kullanılması durumunda, her iki fonksiyon için optimum akustik koşulların sağlanabilmesi amacıyla salon plan tipi önerileri sunmuştur. Hazırlanan öneri plan tipi için salonda müzik ve konuşma faaliyetleri gerçekleştirilmesi sırasında EDT, T30, C80, D50, Ts, LF80, G ve STI parametreleri değerlendirilmiştir. Parametreler (STI değeri hariç) orta frekans bölgesi olarak belirlenen 1000 Hz’de incelenmiştir [3]. Demirel (2018) “Sivas Kültür Merkezi Çok Amaçlı Salonu Akustik Tasarımı” adlı çalışmada, aynı hacim içerisinde konferans, konser, opera/tiyatro gibi farklı özellikteki fonksiyonlara yönelik akustik koşulların sağlanması amacıyla düzenlenen akustik iyileştirme senaryolarının analiz ve değerlendirilmelerini yapmıştır. Sivas Kültür Merkezi Çok Amaçlı Salonunun mevcut durumu için yapılan simülasyon sonucunda ihtiyaç duyulan optimum akustik koşulların sağlanmadığı tespit edilmiştir. Optimum akustik koşulların sağlanabilmesi amacıyla salonda; sınırlar sabit tutularak duvar, döşeme ve asma tavan malzemelerini kapsayan akustik düzenlemeler yapılmıştır. Salonda yapılan konser, opera/tiyatro ve konferans etkinliklerine yönelik uygun akustik iyileştirmeler, sahnede; birleşen hacimler sistemi- akustik perde sistemi tasarımı aracılığı ile sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında T30, EDT, STI, SPL, D50 parametreleri incelemiştir [4]. İlban (2015), Trabzon ve Rize İllerinde bulunan altı farklı caminin ibadet bölümlerinin akustik özelliklerini incelemiştir. Çalışmada camilerin mevcut durumu için doluluk oranlarına göre oluşturulan senaryoların simülasyonu ODEON programı ile yapılarak akustik nesnel parametre değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerler literatürdeki optimum değerlerle karşılaştırılmıştır. Optimum akustik koşulların sağlanmadığı durumlar tespit edilerek bu koşulların iyileştirmesi amacıyla iç mekan yüzey malzemelerinde düzenlemeler yapılması yönünde önerilerde bulunulmuştur. Çalışma kapsamında erken düşme

süresi (EDT), sesin netliği (C80), reverberasyon süresi (RT), ayırt edilebilirlik (D50), ses iletim indeksi (STI) parametreleri incelemiştir [5].

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Trabzon Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzunda yüzme faaliyetleri gerçekleştirilirken müzik dinletileri ve anonslar ile konuşma faaliyetleri de gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda etkili bir akustik ortamın sağlanabilmesi için her fonksiyonel durum için optimum düzeylere bağlı olarak akustik açıdan iyileştirme yapılması gerekmektedir.

Çalışmanın amacı; Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu binasındaki büyük yüzme havuzunun bulunduğu mekanın mevcut durum için ve akustik iyileştirme amacıyla tavan taşıyıcı sistem arasına yerleştirilen hareketli ses yutucu ve yansıtıcı elemanlar ile oluşturulan iyileştirme önerileri doğrultusundaki durumlar için akustik koşulların değerlendirilmesidir. Değerlendirmeler sesin nesnel parametre değerleri aracılığı ile gerçekleştirilmekte olup, bu değerler Odeon Combined v 10 bilgisayar programında elde edilmiştir.

Öncelikle mekanın mevcut durumu için sesin nesnel parametre değerleri aracılığıyla değerlendirmede bulunulmuş, daha sonra akustik koşullarının iyileştirilmesine yönelik önerilerde bulunulmuş ve bu öneriler akustik açıdan değerlendirilmiştir. İyileştirme amacıyla salonun güncel durumdaki mevcut çelik taşıyıcıları arasına, tavan yüzeylerine asılı olarak yerleştirilmek üzere; iç yüzeyleri ses yutucu, dış yüzeyleri ses yansıtıcı özelliğe sahip malzemelerle kaplı, açılır kapanır özellikteki prizmatik mekanizmalar tasarlanmıştır. Bu prizmatik mekanizmalar, salonların kat yükseklikleri de dikkate alınarak seyircilerin görüş alanına olumsuz etki etmeyecek şekilde konumlandırılmıştır.

Prizmatik mekanizmaların kapakları açıldığında ses yutucu yüzey alanı, kapaklar kapatıldığında ise ses yansıtıcı yüzey alanı artmaktadır. Mekanizmaların kapak hareketlerine ve salonların doluluk-boşluk oranlarına göre tasarlanan senaryoların 3D modelleri oluşturularak Odeon Combined Version 10.1 programına aktarılmıştır. Simülasyon programı çalıştırılarak sesin nesnel parametre değerleri elde edilmiştir. Yapılan düzenlemelerin salonların akustik koşullarını iyileştirici katkıları, literatürdeki optimum değerlerle karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

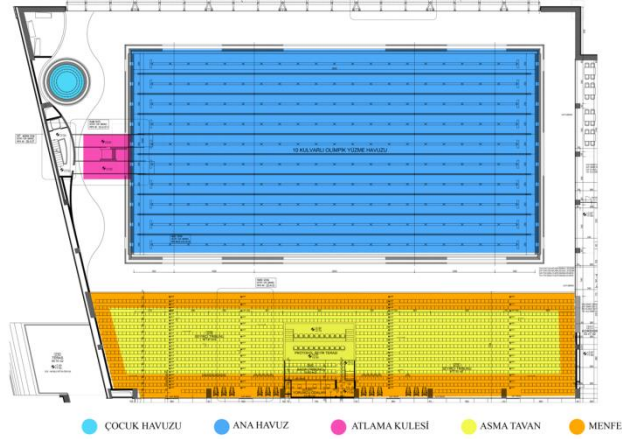
Mehmet Akif Ersoy Yüzme Havuzu: 2011 yılında Trabzon'da düzenlenen EYOF Olimpiyatları'na uygun şekilde, çatısı açılır-kapanır biçimde tasarlanmıştır. Azaksu Mimarlık tarafından tasarlanmış olan kapalı yüzme havuzu, Türkiye'nin ilk büyük, üstü açılır-kapanır olimpik yüzme havuzu olmuştur. On kulvarlı ve değişken derinlikteki tam olimpik havuz, 1400 seyirci kapasiteli ve 14.960 m<sup>2</sup> alana sahip olarak hayata geçirilmiştir [6, 7, 8, 9]. 25x50 m boyutlarındaki olimpik yüzme havuzunun derinliği 2,20 m ile, 5,5 m arasında değişmektedir [6]. Yüzme havuzuna ait alan ve hacim ölçüleri Tablo 1'de belirtilmiştir.

**Tablo 1.** Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzuna ait alan ve hacim ölçüleri

Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu			
Toplam hacim	39.183 m <sup>3</sup>	Platform alanı	~ 22 m <sup>2</sup>
Havuz alanı	1.250 m <sup>2</sup>	Kişi başına düşen hacim	28 m <sup>3</sup>
Seyirci alanı	678 m <sup>2</sup>	Duvar yüzeyleri alanı	1.672 m <sup>2</sup>

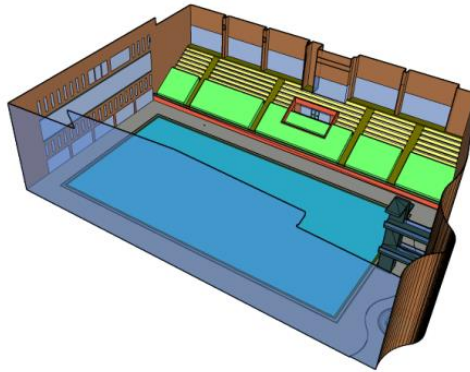
Mehmet Akif Ersoy Kapalı Havuz binasında; ofisler, soyunma odaları, duşlar ve tuvaletlerden oluşan “servis bölümü” ile olimpik yüzme havuzu ve seyirci tribününden oluşan “yüzme

havuzu bölümü” yer almaktadır. Servis bölümünün taşıyıcı sistemi betonarmedir. 65,30 m uzunluğunda ve 35 m genişliğindeki yüzme havuzu biriminin taşıyıcı sistemi ise betonarme ve çelik kafes karma şekilde tasarlanmıştır. Çatısı, galvanizli trapez ile kaplı binanın kuzey cephesi spider cephe sistemi ile inşa edilmiştir. Kapalı yüzme havuzu içerisinde bir adet çelik konstrüksiyonlu atlama kulesi yer almakta olup, alanda ana yüzme havuzuna ek olarak çocuk havuzu da bulunmaktadır (Şekil 1).



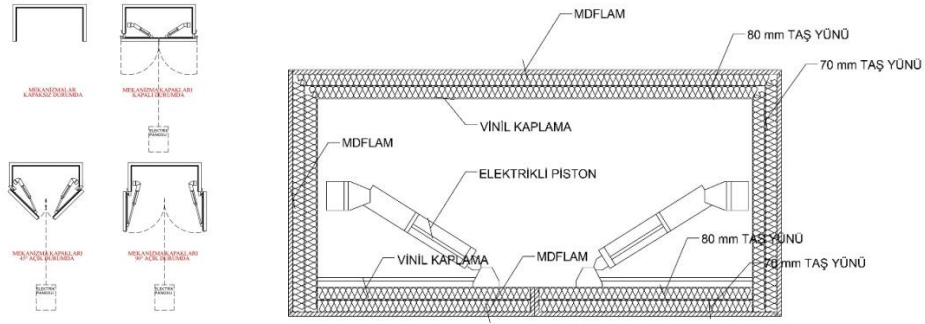
**Şekil 1.** Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu binasının yüzme havuz birimi planı

Doluluk Oranlarına Göre Oluşturulan Senaryolar: Yüzme havuzu mekanındaki seyirci alanı faaliyetler esnasında değişik doluluk oranlarına sahip olabilmektedir. Bundan dolayı seyirci alanı doluluk oranı %50 olarak kabul edilmiştir. Kapalı yüzme havuzunun yarı dolu olduğu durum için seyirci alanı ortadan ikiye bölünerek sahaya yakın bölüm dolu, arka bölüm ise boş olarak kabul edilmiştir (Şekil 2).



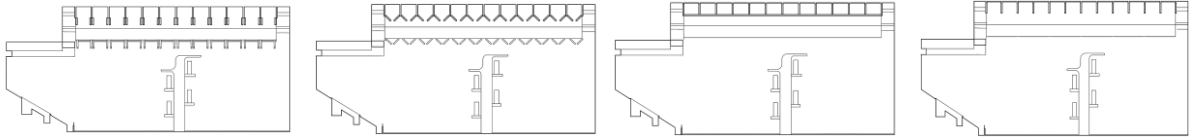
**Şekil 2.** Kapalı Yüzme Havuzu seyirci doluluk oranının %50 dolu durumdaki modeli

Tavan Yüzeyinde Yapılan Uygulamalar: Mekan içindeki yüksek yankılanmayı azaltmak amacıyla tavan yüzeyindeki taşıyıcı sistem arasına prizmatik modüller yerleştirilmiştir. Bu modüllerin iç yüzeylerinde ses yutucu malzeme kullanılırken, dış yüzeyleri ise ses yansıtıcı malzeme ile kaplanmıştır. Bu modüllerin boyutlarının belirlenmesinde mekânın büyüklüğü dikkate alınmış olup seyircilerin sahne ile görsel bağlantısını olumsuz etkilemeyecek şekilde yerleştirilmişlerdir. Modüller kapaklı olarak tasarlanmış olup kapaklar 90 dereceye kadar açılabilir. Modüllerin dışı 30 mm mdf ile kaplanmıştır. Modüllerin iç yüzeyleri ise 70mm ve 80 mm kalınlıktaki çift kat taş yünü ile kaplanmıştır. Taş yünü malzeme toz ve kirden etkilenmemesi için vinil ile kaplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Modüllerin mekanizmalarına ait detay

Yüzme Havuzunda Çatı Düzlemine Monte Edilen Mekanizmalar: Sesin işitsel algısı bakımından değerlendirilen yüzme havuzunun yer aldığı mekan 2.985 m<sup>2</sup> alana sahip olup, kat yüksekliği 8,60 m'den 21,78 m'ye kadar değişmektedir. Tavan yüzeyindeki çelik taşıyıcılar arasına yerleştirilen 2,45x2,45x1,95 m boyutlarındaki prizmatik mekanizmalar arasındaki mesafe 0,2 m'dir. Şekil 4'de yüzme havuzu biriminin tavan yüzeyine yerleştirilen prizmatik mekanizma kapaklarının 90° ve 45° açık olduğu, kapalı olduğu ve kapaksız olduğu senaryoların kesitlerine yer verilmiştir.



Şekil 4. Yüzme havuzunun tavan yüzeyine yerleştirilen prizmatik mekanizmaların kapakların 90° açık olduğu, 45° açık olduğu, kapalı olduğu ve kapaksız olduğu durumların kesitleri

Yüzey Malzemeleri: Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu yüzeyleri, yüzeyleri oluşturan malzemeler ve bu malzemelere ait oktav bantlardaki ses yutma katsayıları Tablo 2'de yer almaktadır. Modüllerin yüzeylerine ait ses yutma katsayıları ise Tablo 3'de yer almaktadır.

Tablo 2. Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu yüzey malzemelerine ait ses yutma katsayıları

Yüzey	Malzeme	Malzeme Kodu [10]	Ses Yutma Katsayıları							
			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Duvarlar	Sıva+Boya	4002	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Pencere	Çift Cam	10004	0,15	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Kapı	Demir Kapı	[11]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,02	0,02
Parapet	Mermer Parapet	2001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Seyirci Alanı	Epoksi Zemin Kaplaması	6000	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05
Çatı	Çelik Çatı	[11]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,02	0,02
Seyirci Sandalye	Plastik Oturak	[12]	0,1	0,06	0,10	0,10	0,20	0,30	0,20	0,20
Seyirci-1	Plastik koltuk+ Seyirci	11009	0,51	0,51	0,64	0,75	0,8	0,82	0,83	0,83
Menfez	Alüminyum	[11]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,02	0,02

Asma Tavan	Alüminyum	[11]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,02	0,02
Saha	Seramik Kaplama	2001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Havuz	Su	9000	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

**Tablo 3.** Akustik iyileştirme önerisi olarak tavan yüzeyine yerleştirilen prizmatik mekanizmaların yüzeylerine ait ses tutma katsayıları

Yüzey	Malzeme	Malzeme Kodu [10]	Ses Yutma Katsayıları							
			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Ses Yutucu	Taş yünü+ Vinil	[13]	0,57	0,57	0,79	0,77	0,9	0,71	0,47	0,47
Ses yansıtıcı	Mdf	3063	0,42	0,42	0,21	0,10	0,08	0,06	0,06	0,06

Sesin Nesnel Parametreleri ve Optimum Değer Aralıkları: Çalışma kapsamında ODEON v10 ile gerçekleştirilen akustik simülasyonlar sonucu Reverberasyon Süresi (T30), Erken Düşme Süresi (EDT), Ayırt Edilebilirlik (D50), Netlik (C80), Erken Yanal Ses Oranı (LF80) ve Ses İletim İndeksi (STI) parametreleri değerlendirmeye alınmıştır.

Reverberasyon Süresi (T30): Bir mekandaki ses kaynağının sönümlenmesi sonucunda düzeyinin 60 dB düşünceye kadar geçen süredir.

Erken Düşme Süresi (EDT): Bir mekandaki ses kaynağının sönümlenmesi sonucunda düzeyinin 10 dB düşünceye kadar geçen sürenin 6 katıdır.

Ayırt Edilebilirlik (D50): Ses kaynağının sönümlenmesini takip eden 50 msn sürede yansımalar sonucunda alıcılar tarafından işitsel olarak algılanan ses enerjisinin, yansımalar sonucu işitsel olarak algılanan toplam ses enerjisine oranıdır.

Netlik (C80): Ses kaynağının sönümlenmesini takiben erken gerçekleşen yansımaların (80 msn içinde) geç yansımalara (80 msn sonrasında) oranı olarak ifade edilmektedir.

Erken Yanal Ses Oranı (LF80): Ses kaynağının sönümlenmesini takiben mekanın yan yüzeylerinden yansıyarak alıcılara ulaşan ses basınç düzeyinin tüm yönlerden yansıyarak alıcıya ulaşan ses basınç düzeyine oranıdır (80ms içerisinde).

Ses İletim İndeksi (STI): Sesin anlaşılabilirlik durumunu ifade eden indekstir.

Mekandaki;

1. T30 parametresi, hem havuzda gerçekleştirilen spor faaliyetleri için, hem müzikal faaliyetler için hem de konuşma faaliyetleri için değerlendirmeye alınmıştır.
2. EDT ve C80 parametreleri, müzikal faaliyetler ile konuşma faaliyetleri için değerlendirmeye alınmıştır.
3. LF80 parametresi yalnızca müzikal faaliyetler için değerlendirmeye alınmıştır.
4. D50 ve STI parametreleri de yalnızca konuşma faaliyetleri için değerlendirmeye alınmıştır.

Spor faaliyetleri kullanımı için; BB93 Standardı [14] optimum çınlama süresinin 530m<sup>2</sup>'den büyük spor salonlar için 2 sn olması gerektiğini belirtmektedir (500 Hz,1000 Hz ve 2000 Hz değerlerinin ortalaması). Optimum değer aralığı olarak bu standartta belirtilen T30 değerinin %10 aşağı ve üzeri değer aralığı esas alınmıştır [15]. Bu kapsamda optimum değer aralığı T30 için; 1,8 < T30 < 2,2 olarak alınmıştır. Müzik faaliyetleri durumu için; optimum T30 değeri Knudsen ve Harris'in [16] önerdiği grafikten elde edilmiştir. Optimum EDT değeri T30'dan %10 daha fazla değer olarak alınmıştır [17]. Optimum LF80 değeri olarak Odeon'un önerdiği > 0.25 alınmıştır [10]. Optimum C80 değeri olarak -4dB ile +4dB değer aralığı alınmıştır [18]

(Tablo 4). Konuşma faaliyetleri durumu için; optimum T30 değeri Knudsen ve Harris (1988)'in önerdiği grafikten elde edilmiştir [16]. Optimum EDT değeri için  $EDT < T_{mid}$  olarak alınmıştır [17]. Optimum D50 değeri için 0.30 - 0.70 aralığı alınmıştır [19]. Optimum C80 değeri olarak -2dB ile +2dB değer aralığı alınmıştır [20]. STI için optimum değer aralığı olarak ise Houtgast vd. (1980)'in önermiş olduğu değerler dikkate alınmıştır [21] (Tablo 5).

**Tablo 4.** Mehmet Akif Ersoy yüzme havuzunun müzik faaliyetleri için kullanımı durumunda değerlendirilen nesnel parametrelerin optimum değer aralıkları

Senaryolar	T30 [16]	EDT [17]	C80 [18]	LF80 [10]
Mevcut Durum	$1,60 < T30 < 1,95$ T30 <sub>(ort)</sub> : 1,78	$1,75 < EDT < 2,14$ EDT:1,95	$-4dB < C80 < 4dB$	LF80>0,25

**Tablo 5.** Mehmet Akif Ersoy yüzme havuzunun konuşma faaliyetleri için kullanımı durumunda değerlendirilen parametrelerin optimum değer aralıkları

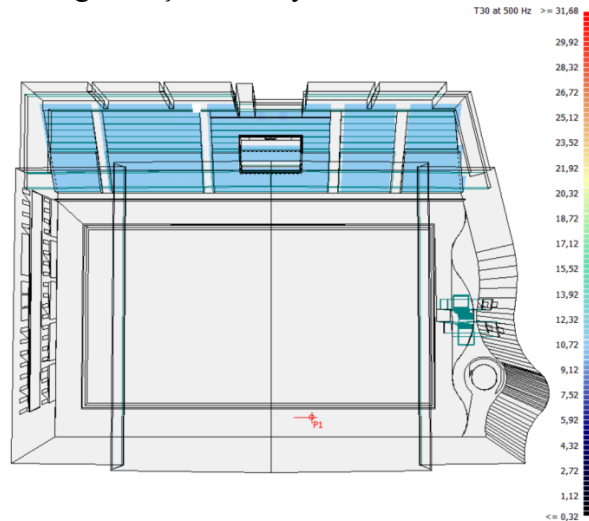
Senaryolar	T30 [16]	EDT [17]	D50 [19]	STI [21]	C80 [20]
Mevcut Durum	$0,99 < T30 < 1,21$ T30 <sub>(ort)</sub> : 1,1	$EDT < 1,1$	$0,3 < D50 < 0,7$	0,00 – 0,30 'kötü', 0,30 – 0,45 'zayıf', 0,45 – 0,60 'orta', 0,60 – 0,75 'iyi' 0,75-1,00 'mükemmel'	$-2 < C80 < +2$

### 3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

Sesin nesnel parametrelerine ait sonuçlar bu bölümde değerlendirilmiştir. Bu kapsamda mekanın mevcut durumu ile akustik açıdan iyileştirmelere yönelik önerilen düzenlemeler için elde edilen değerler kendi aralarında ve optimum değerlerle karşılaştırılmıştır.

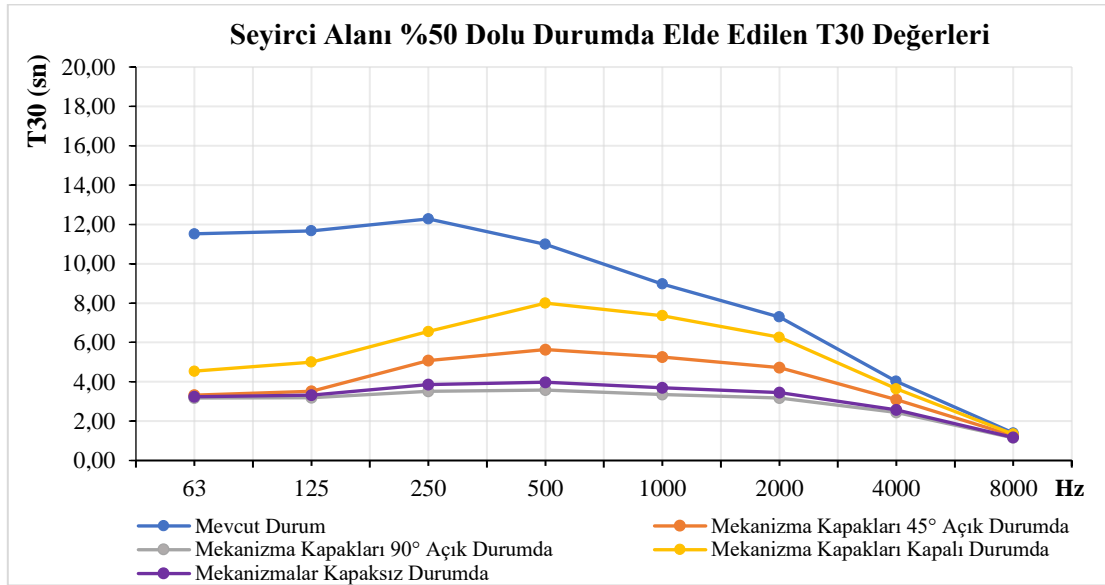
#### 3.1. T30 Değerlerinin Analizleri

Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzunun mevcut durumu için seyirci alanının %50 dolu olduğu durumdaki T30 grid dağılımı Şekil 5'te yer almaktadır.



**Şekil 5.** Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzunun mevcut durumu için elde edilen T30 değerlerinin grid dağılımı (500 Hz).

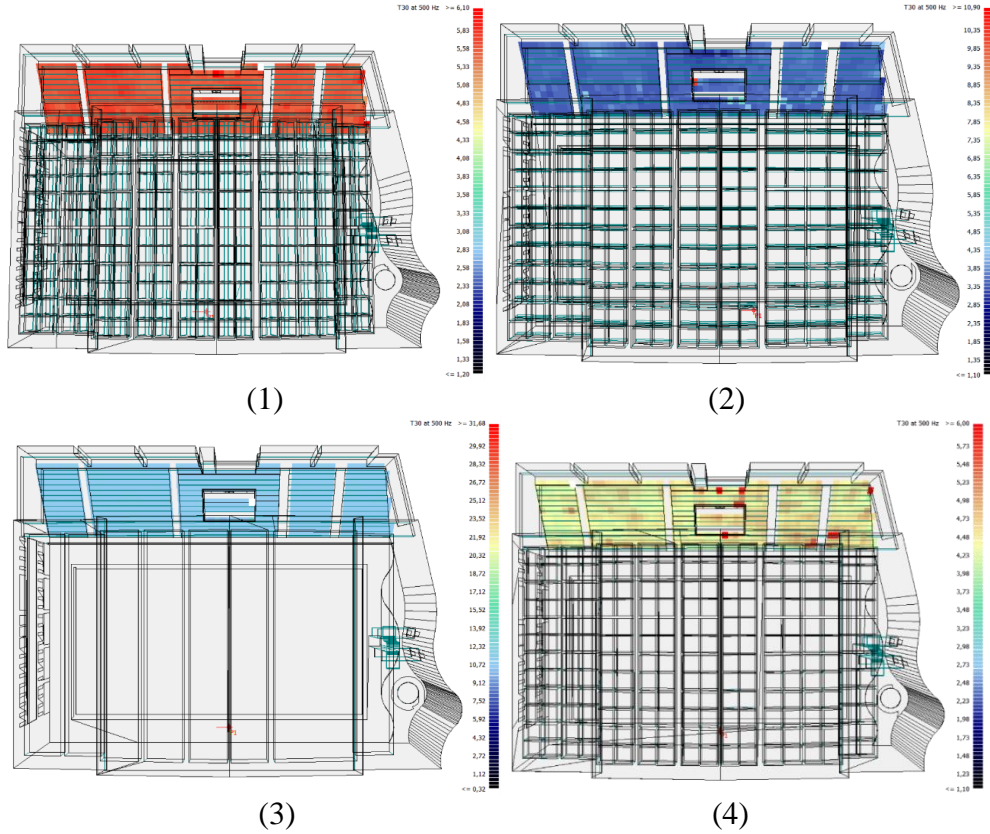
Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu için seyirci alanının %50 dolu olduğu durumda elde edilen ortalama T30 değerleri, Şekil 6'da yer almaktadır. Seyirci alanı %50 dolu olduğunda havuzun mevcut durumu için T30 değerleri, aşağı frekanslarda 250 Hz'e kadar artarken, 250 Hz'in üzerindeki frekanslarda frekans artışıyla birlikte azalmaktadır. Mevcut durum için ortalama T30 değeri spor faaliyetleri için belirlenen orta frekans bölgesinde 9,08 sn olarak elde edilirken, konuşma ve müzik faaliyetleri için belirlenen orta frekans bölgesinde 10,99 sn olarak elde edilmiştir. Bu değerler spor, müzik ve konuşma faaliyetleri için kabul edilen optimum düzey aralıklarının oldukça üzerindedir. Yüzme havuzunun tavan yüzeyindeki çelik taşıyıcı sistem arasına yerleştirilen prizmatik mekanizmaların kapaklarının 90° ve 45° açık olduğu, kapakların kapalı olduğu ve prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumlarda elde edilen ortalama T30 değerleri aşağı frekanslardan orta frekanslara doğru artış gösterirken, orta frekanslardan yukarı frekanslara doğru azalmaktadır. Spor faaliyetleri için orta frekanslarda elde edilen ortalama T30 değerleri, prizmatik mekanizma kapakları 90° açık olduğu durumda 3,37 sn, 45° açık olduğu durumda 5,20 sn, kapalı olduğu durumda ise 7,20 sn'dir. Prizmatik mekanizmalar kapaksız olduğunda orta frekanslarda elde edilen T30 değeri ise 3,71 sn'dir. Konuşma ve müzik faaliyetleri için orta frekanslarda elde edilen ortalama T30 değerleri, prizmatik mekanizma kapakları 90° açık olduğu durumda 3,58 sn, 45° açık olduğu durumda 5,64 sn, kapalı olduğu durumda ise 8 sn'dir. Prizmatik mekanizmalar kapaksız olduğunda orta frekanslarda elde edilen T30 değeri ise 3,98 sn'dir. Tavan yüzeyine yerleştirilen prizmatik mekanizmaların kapaklarının 90° ve 45° açık olduğu, kapakların kapalı olduğu ve prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumlarda elde edilen ortalama T30 değerleri, spor, müzik ve konuşma faaliyetleri için kabul edilen optimum değer aralığının üzerindedir.



**Şekil 6.** Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu için seyirci alanı %50 dolu olduğunda elde edilen T30 değerleri

Yüzme havuzunun mevcut durumu ile tavan yüzeyine prizmatik mekanizmaların yerleştirildiği durumların T30 değerleri karşılaştırıldığında, yeni sistemdeki malzemelerin mevcut duruma göre özellikle aşağı ve orta frekanslarda ses yutma katsayılarındaki artışına bağlı olarak azalma meydana geldiği görülmektedir. Mekanizmanın kapak hareketlerine göre oluşturulan senaryoların 500Hz'deki ortalama reverberasyon sürelerine ait grid dağılımları Şekil 7'de yer almaktadır.



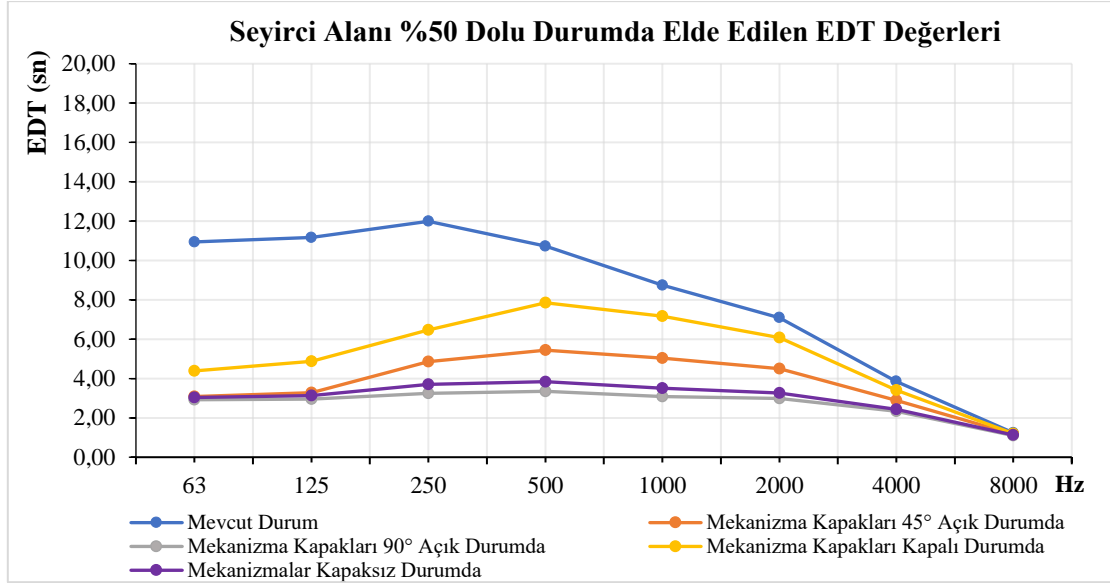


Şekil 7. (1) 90° açık olduğu, (2) 45° açık olduğu, (3) Kapakların kapalı ve (4) Mekanizmaların kapaksız olduğu senaryolara ait T30 değerlerinin grid dağılımları (500 Hz)

### 3.2. EDT Değerlerinin Analizleri

Yüzme Havuzu için seyirci alanının %50 dolu olduğu durumda elde edilen ortalama EDT değerleri Şekil 8’de yer almaktadır. Seyirci alanı %50 dolu olduğunda havuzun mevcut durumu için elde edilen EDT değerlerinin aşağı frekanslardan 250 Hz’e kadar arttığı, 250 Hz üzerindeki frekanslarda frekans artışıyla azaldığı görülmektedir. Mevcut durum için ortalama EDT değeri konuşma ve müzik faaliyetleri için belirlenen orta frekans bölgesinde 10,73 sn olarak elde edilmiştir. Bu değer, müzik ve konuşma faaliyetleri için kabul edilen optimum düzey aralıklarının oldukça üzerindedir. Yüzme havuzunun tavan yüzeyindeki çelik taşıyıcı sistem arasına yerleştirilen prizmatik mekanizmaların kapaklarının 90° ve 45° açık olduğu, kapakların kapalı olduğu ve prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumlarda elde edilen ortalama EDT değerleri, aşağı frekanslardan orta frekanslara doğru artarken orta frekanslardan yukarı frekanslara doğru azalmaktadır. Müzik ve konuşma faaliyetleri için orta frekanslarda elde edilen ortalama EDT değerleri, prizmatik mekanizma kapakları 90° açık olduğu durumda 3,35 sn, 45° açık olduğu durumda 5,44 sn ve kapalı olduğu durumda ise 7,85 sn’dir. Prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumda orta frekanslarda EDT değeri ise 3,84 sn’dir. Kapalı yüzme havuzunda müzik ve konuşma faaliyetleri sırasında prizmatik mekanizmaların kapaklarının 90° ve 45° açık olduğu, kapakların kapalı olduğu ve prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumlarda elde edilen ortalama EDT değerleri, kabul edilen optimum değer aralığının üzerindedir.

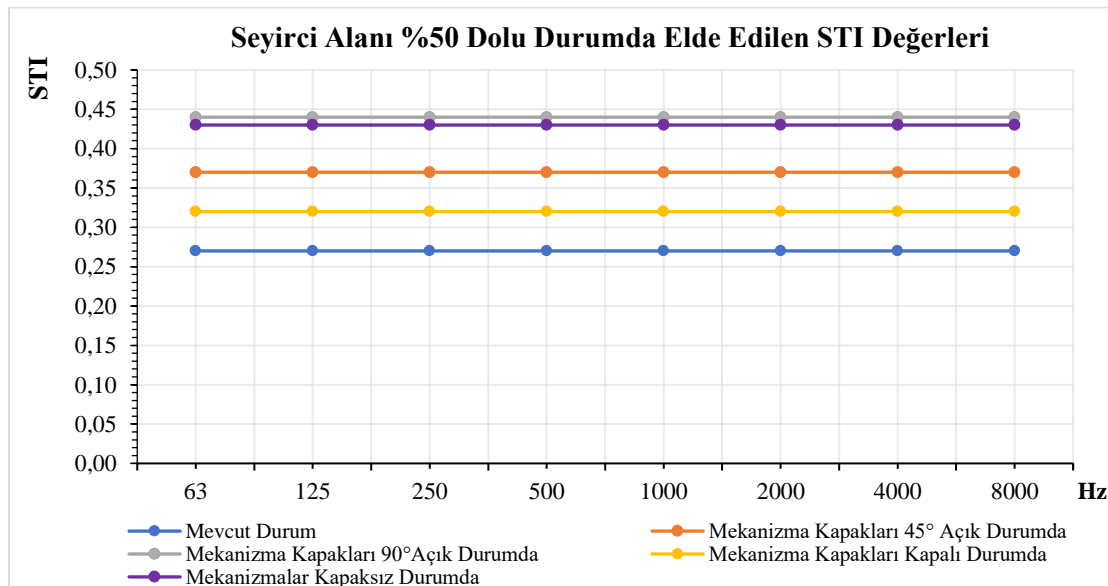
Havuzun mevcut durum ile tavan yüzeyine prizmatik mekanizmaların yerleştirildiği durumların EDT değerleri karşılaştırıldığında, mevcut duruma göre özellikle aşağı ve orta frekanslarda azalma meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 8. Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu için seyirci alanı %50 dolu olduğu durumda elde edilen EDT değerleri

### 3.3. STI Değerlerinin Analizleri

Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu için seyirci alanının %50 dolu olduğu durumda elde edilen STI değerlerinin kümülatif dağılımının eşik değerleri Şekil 9’da yer almaktadır. Yüzme havuzu için konuşma faaliyetleri sırasında kabul edilen STI değer aralıkları Tablo 5’de belirtilmektedir. Seyirci alanı %50 dolu olduğunda havuzun mevcut durumu için elde edilen STI değeri 0,27 olup belirlenen aralıklarda bu değer ‘kötü’ düzeydedir. Yüzme havuzunun tavan yüzeyindeki çelik taşıyıcı sistem arasına yerleştirilen prizmatik mekanizmaların kapakları 90° açık olduğu durumda ortalama STI değeri 0,44 iken, bu değer kapaklar 45° açık olduğu durumda 0,37 ve kapaklar kapalı olduğu durumda ise 0,32 olarak elde edilmiştir. Prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumda elde edilen STI değeri ise 0,43’tür.

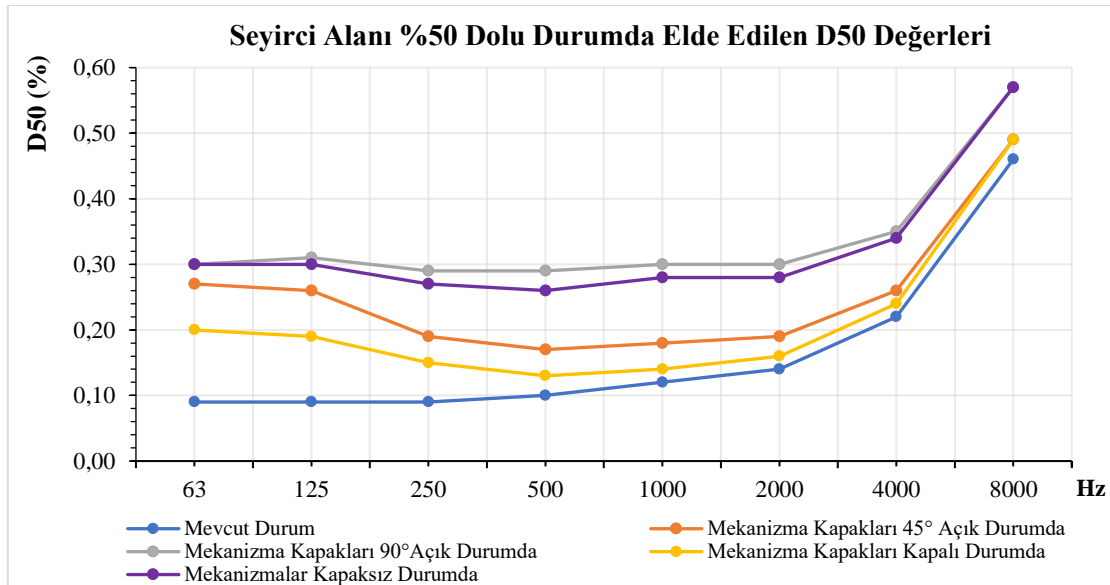


Şekil 9. Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu için seyirci alanı %50 dolu olduğu durumda elde edilen STI değerleri

STI değeri mekanizma kapaklarının 90° açık olduğu, 45° açık olduğu, kapalı olduğu ve mekanizmaların kapaksız olduğu durumlarda ‘zayıf’ düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

### 3.4. D50 Değerlerinin Analizleri

Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu için seyirci alanının %50 dolu olduğu durumda elde edilen ortalama D50 değerleri Şekil 10’da yer almaktadır. Seyirci alanı %50 dolu olduğunda havuzun mevcut durumu için elde edilen D50 değerleri aşağı frekanslardan yukarı frekanslara doğru frekans artışıyla artış göstermektedir. Ortalama D50 değeri mevcut durum için orta frekans bölgesinde 0,11 olarak elde edilmiştir. Bu değer, kabul edilen optimum düzeyin altındadır. D50 parametresi için elde edilen sonuçlar doğrultusunda hacmin genelinde yansıyan ses enerjisinin baskın olduğu ve konuşmanın anlaşılabilirliği için olumsuz bir hacim akustiğinin bulunduğu anlaşılmaktadır. Yüzme havuzunun tavan yüzeyindeki çelik taşıyıcı sistem arasına yerleştirilen prizmatik mekanizma kapaklarının 90° ve 45° açık olduğu, kapakların kapalı olduğu ve prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumlarda elde edilen ortalama D50 değerleri genel olarak aşağı frekanslardan 500 Hz’e doğru azalırken, 500 Hz üzerindeki frekanslara doğru frekans artışıyla artış göstermektedir. Orta frekanslarda ortalama D50 değerleri prizmatik mekanizmaların kapakları 90° açık olduğu durumda 0,29, 45° açık olduğu durumda 0,17 ve kapalı olduğu durumda 0,13 olarak elde edilmiştir. Prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumda ise orta frekanslarda D50 değeri 0,27 olarak elde edilmiştir.



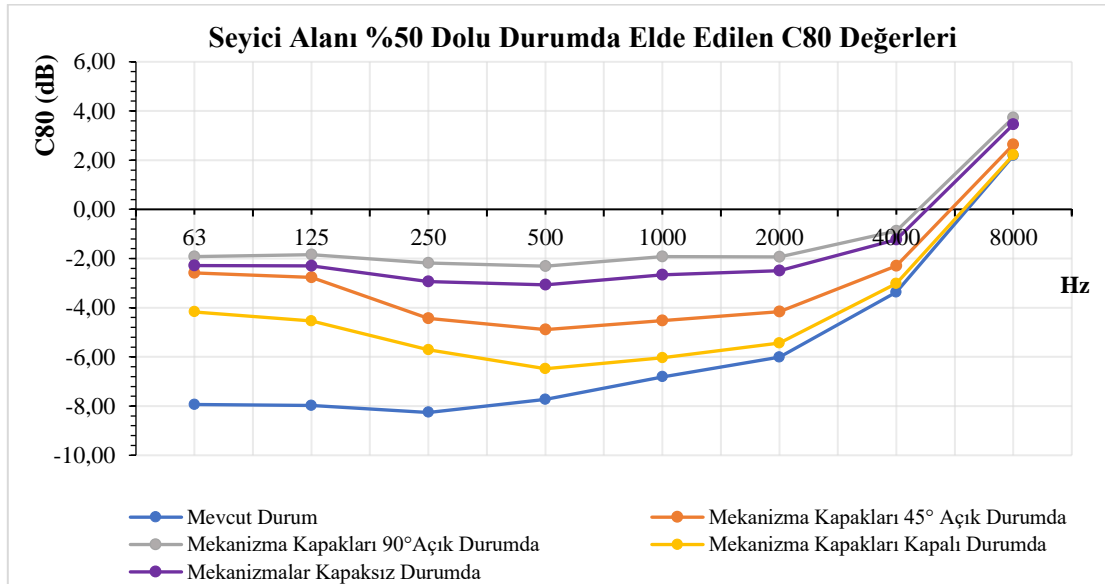
Şekil 10. Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu için seyirci alanı %50 dolu olduğunda elde edilen D50 değerleri

Yüzme havuzunda konuşma faaliyetleri sırasında prizmatik mekanizma kapaklarının 90° açık olduğu ve mekanizmaların kapaksız olduğu durumlar için elde edilen ortalama D50 değerleri, kabul edilen optimum değer aralığının altında kalmış olsa da değerlerin mevcut duruma kıyasla daha iyi durumda olduğu tespit edilmiştir.

### 3.5. C80 Değerlerinin Analizleri

Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu için seyirci alanının %50 dolu olduğu durumda elde edilen ortalama C80 değerleri Şekil 11’de yer almaktadır. Seyirci alanı %50 dolu

olduğunda havuzun müzik ve konuşma faaliyetleri sırasında mevcut durumu için elde edilen C80 değerleri aşağı frekanslardan 250 Hz'e doğru azalmakta, 250 Hz üzerindeki frekanslarda frekans artışıyla artmaktadır. Ortalama C80 değeri mevcut durum için orta frekans bölgesinde -7,27 olarak elde edilmiştir. Bu değer, müzik ve konuşma etkinlikleri için kabul edilen optimum düzeyin altındadır. Yüzme havuzunun tavan yüzeyindeki çelik taşıyıcı sistem arasına yerleştirilen prizmatik mekanizmaların kapaklarının 90° ve 45° açık olduğu, kapakların kapalı olduğu ve prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumlarda elde edilen ortalama C80 değerleri genel olarak aşağı frekanslardan 500 Hz'e doğru azalırken, 500 Hz üzerindeki frekanslarda frekans artışıyla artmaktadır. Orta frekanslarda ortalama C80 değerleri prizmatik mekanizmaların kapakları 90° açık olduğu durumda -2,11, 45° açık olduğu durumda -4,71 ve kapalı olduğu durumda -6,26 olarak elde edilmiştir. Prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumda ise orta frekanslarda C80 değeri -2,86'dır. Yüzme havuzunda müzikal faaliyetler sırasında prizmatik mekanizmalarının kapaklarının 90° açık olduğu ve mekanizmaların kapaksız olduğu durumlar için elde edilen ortalama C80 değeri, kabul edilen optimum değer aralığında yer almaktadır. Yüzme havuzunda konuşma faaliyetler sırasında prizmatik mekanizmalarının kapaklarının 90° açık olduğu, 45° açık olduğu, kapalı olduğu ve mekanizmaların kapaksız olduğu durumlar için elde edilen ortalama C80 değeri, kabul edilen optimum değer aralığında altında yer almaktadır.

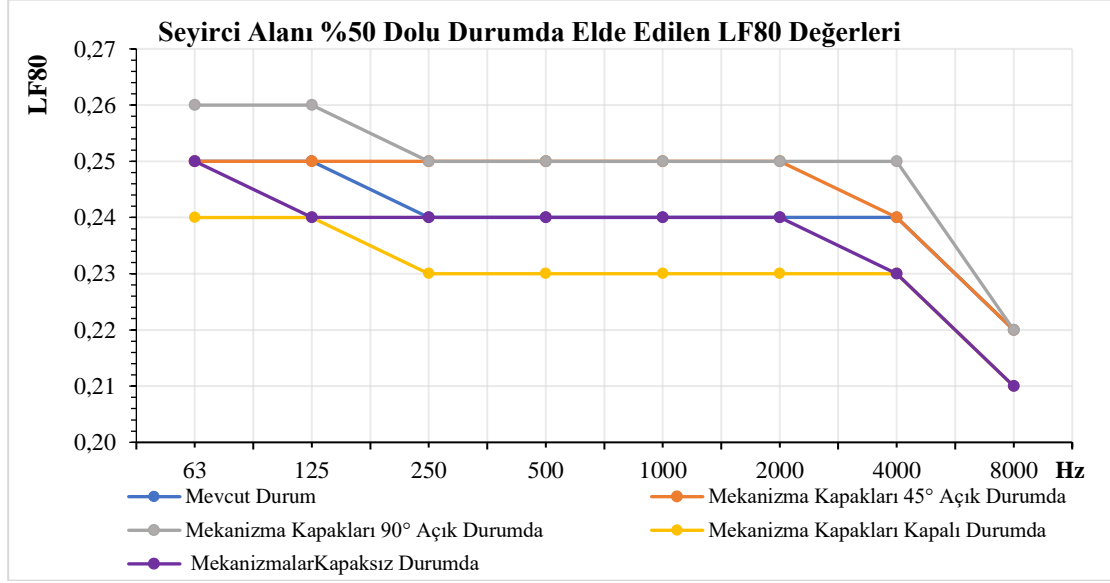


Şekil 11. Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu için seyirci alanının %50 dolu olduğu durumda elde edilen C80 değerleri

### 3.6. LF80 Değerlerinin Analizleri

Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu için seyirci alanının %50 dolu olduğu durumda elde edilen ortalama LF80 değerleri Şekil 12'de yer almaktadır. Seyirci alanı %50 dolu olduğunda müzikal faaliyetler sırasında orta frekanslarda elde edilen ortalama LF80 değeri aşağı frekanslardan yukarı frekanslara doğru azalmaktadır. Ortalama LF80 değeri mevcut durum için orta frekans bölgesinde 0,24 olarak elde edilmiştir. Bu değer, kabul edilen optimum düzey aralığının altındadır. Yüzme havuzunun tavan yüzeyindeki çelik taşıyıcı sistem arasına yerleştirilen prizmatik mekanizmaların kapaklarının 90° açık olduğu, kapakların kapalı olduğu ve prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumlarda elde edilen ortalama LF80 değerleri genel olarak aşağı frekanslarda 125 Hz'e kadar sabit kalmakta, 125 Hz- 250Hz aralığında azalmakta, 250Hz-4000Hz aralığında kadar sabit kalmakta ve 4000

Hz-8000 Hz aralığında azalmaktadır. Prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumda ise elde edilen LF80 değerleri aşağı frekanslarda 125 Hz'e kadar azalmakta, 125Hz-2000 Hz aralığında sabit kalmakta ve 2000 Hz'in üzerindeki frekanslarda frekans artışıyla azalmaktadır. Orta frekanslarda ortalama LF80 değerleri prizmatik mekanizmaların kapakları 90° açık olduğu durumda 0,25, 45° açık olduğu durumda 0,25 ve kapalı olduğu durumda 0,23 olarak elde edilmiştir. Prizmatik mekanizmaların kapaksız olduğu durumda ise orta frekanslarda LF80 değeri 0,24'tür.



**Şekil 12.** Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu için seyirci alanının %50 dolu olduğu durumda elde edilen LF80 değerleri

Kapalı yüzme havuzunda müzik faaliyetleri sırasında prizmatik mekanizma kapaklarının 90° açık olduğu ve 45° açık olduğu durumlarda elde edilen ortalama LF80 değerleri kabul edilen optimum değer aralığında yer almaktadır.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, Trabzon Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu mekanında spor, konuşma ve müzik etkinlikleri dikkate alınarak mekanın bilgisayar simülasyonu yöntemiyle akustik açıdan değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmeler mevcut durum için ve akustik açıdan çözüm amaçlı yapılan senaryolar için gerçekleştirilmiştir. Yüzme havuzu etkinlik mekanının mevcut durumu için genel T30 ortalaması, müzik, konuşma ve spor faaliyetleri sırasında belirlenen optimum değer aralığının oldukça üzerinde kalmıştır. Mevcut durum için genel EDT ortalaması da müzik, konuşma ve spor faaliyetleri sırasında belirlenen optimum değer aralığının oldukça üzerinde kalmıştır. Yüzme havuzunun tavan yüzeyine yerleştirilen mekanizmaların kapak hareketleri ve seyirci doluluk oranlarına göre tasarlanan senaryolara göre elde edilen değerler salonda spor, müzik ve konuşma faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi durumunda kabul edilen optimum EDT değer aralığının üzerinde yer almıştır. Yüzme havuzu mekanının mevcut durumu ve tavan yüzeyine yerleştirilen mekanizmaların kapak hareketleri durumu için genel D50 ortalama değerleri, konuşma faaliyetleri sırasında belirlenen optimum değer aralığının altında kalmıştır. Mekanın mevcut durumu ve tavan yüzeyine yerleştirilen mekanizmaların kapak hareketleri durumu için genel STI ortalaması değerlendirildiğinde 'kötü' düzeydedir. Yüzme havuzu etkinlik alanının

mevcut durumu için genel C80 ortalaması müzik, konuşma ve spor faaliyetleri sırasında belirlenen optimum değer aralığının oldukça üzerinde kalmıştır. Yüzme havuzunun tavan yüzeyine yerleştirilen mekanizmaların kapaklarının 90° açık ve kapaklarının olmadığı durumlarda C80 değeri optimum aralıkta elde edilmiştir. Mehmet Akif Ersoy Yüzme Havuzu mekanının mevcut durumu için genel LF80 ortalaması, müzik faaliyetleri sırasında belirlenen optimum değer aralığının altında kalmıştır. Yüzme havuzunda tavan yüzeyine yerleştirilen mekanizmaların kapaklarının 45° ve 90° açık olduğu durumlarda optimum LF80 değer aralığında sonuçlar elde edilmiştir. T30 ve EDT değerlerinin spor, müzik ve konuşma etkinlikleri için kabul edilen optimum değer aralığından oldukça yüksek olması, D50 ve STI parametrelerinin düşük değerlerde olmasına, dolayısıyla etkinlik alanında sesin anlaşılabilirliğinin yetersiz olmasına neden olmuştur. Etkinlik alanı için hazırlanmış olan tavan yüzeylerinde taşıyıcı sistem arasına yerleştirilen mekanizmalar ile hazırlanan senaryolarla T30 ve EDT değerlerinde düşüş sağlanırken D50 ve STI değerlerinde ise artış sağlanmıştır. Tavan yüzeyindeki mekanizma kapaklarının 90° açık olduğu durumda etkinlik alanlarındaki toplam ses yutucu malzeme alanı, mekanizma kapaklarının 45° açık olduğu, kapalı olduğu ve mekanizmaların kapaksız olduğu durumlara göre daha fazladır. Dolayısıyla da özellikle mekanizma kapaklarının 90° açık olduğu durumların kullanılması durumunda, etkinlik alanlarındaki sesin anlaşılabilirliğinde iyileşmenin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çatı düzlemine yerleştirilen mekanizmalarla C80 değerlerinde de artış elde edilmiştir. Özellikle çok amaçlı olarak kullanılan mekanlar için gerekli optimum işitsel koşulların sağlanabilmesine yönelik çalışmaların mimari tasarım aşamasında dikkate alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda, sadece mekandaki belirli elemanlarla bağlantılı özel akustik sistemlerin tasarım sürecine dahil edilmesiyle yetinilmemeli, mekan tasarımına dahil olan tüm parametrelerin mekan akustiği açısından değerlendirilerek sürece dahil edilmesi gerekmektedir.

**Not:** Bu çalışma “Kapalı Spor Etkinlik Alanlarının Çok Amaçlı Kullanım için Akustik Açından Değerlendirilmesi: Trabzon Örneği” başlıklı Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] D.P.T. (1979), *IV. Beden eğitimi ve spor beş yıllık kalkınma planı özel ihtisas komisyonu raporu*, Yayın No: 1688, Başbakanlık Basımevi. Ankara
- [2] Ulusoy, G., Tavukçuoğlu, A., Çalışkan, M. (2013). *Tip proje spor salonlarındaki akustik özelliklerin çok amaçlı kullanımlar için iyileştirilmesi*, Takder 10. Ulusal Akustik Kongresi, İstanbul, 1-10.
- [3] Aktı, B. (2014). *Daire planlı ve kubbe bitişli çok amaçlı salonlarda akustik performansın tasarım değişkenleri aracılığıyla simülasyon programında irdelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Demirel, F., İlisulu, S. G., Görkem, M. (2018). Sivas kültür merkezi çok amaçlı salonu akustik tasarımı. *Politeknik Dergisi*, 21(3), 535-542.
- [5] İlban, B. (2015). *Trabzon ve Rize’de yer alan tarihi ve modern cami örneklerinin bilgisayar simülasyon yöntemi ile akustik açıdan değerlendirilmesi ve düzenlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [6] Uygulamalarımız. (2021). *Trabzon Kapalı Spor Kompleksi*. Erişim tarihi: 19.09.2022, [https://www.arteshavuzculuk.com/galeri/havuz/olimpik/trabzon\\_olimpik\\_yuzme\\_ve\\_atlama\\_havuzu.aspx](https://www.arteshavuzculuk.com/galeri/havuz/olimpik/trabzon_olimpik_yuzme_ve_atlama_havuzu.aspx)

- [7] Trabzon. (2021). *Mehmet Akif Ersoy Kapalı Yüzme Havuzu*. Erişim tarihi: 10.09.2022, <https://www.trabzon.net.tr/trabzon/mehmet-akif-ersoy-kapali-yuzme-havuzu.html>
- [8] İtez, Ö. (2014). *Mehmet Akif Ersoy Yüzme Havuzu*. Erişim tarihi: 17.09.2022, <https://www.arkitera.com/proje/mehmet-akif-ersoy-yuzme-havuzu/>
- [9] Mehmet Akif Ersoy Yüzme Havuzu. Erişim tarihi: 17.09.2022, <https://www.arkiv.com.tr/proje/mehmet-akif-ersoy-yuzme-havuzu/3240>
- [10] Christensen, C. L. (2009). *Odeon Room Acoustics Program Version 10.1 Industrial, Auditorium And Combined Editions, Odeon A/S*. Denmark.
- [11] Sü, Zühre ve Çalışkan, M. (2007). Acoustical design and noise control in metro stations: case studies of the Ankara metro system, *Building Acoustics*,14(3), 231-249.
- [12] Material Data. Erişim tarihi: 11.06.2022, [https://cds.cern.ch/record/1251519/files/978-3-540-48830-9\\_BookBackMatter.pdf](https://cds.cern.ch/record/1251519/files/978-3-540-48830-9_BookBackMatter.pdf),
- [13] <http://www.gordon-inc.com/acoustics/ceilings/baffles/>, Erişim tarihi: 11.06.2022
- [14] BB93. (2015). *Acoustic desing of schools performance standarts*. Government Publications. London.
- [15] Abdülrahimov, R. (2005). *Salonların akustiği ve tasarımı*, Trabzon.
- [16] Knudsen, V. O., Harris, C. M. (1980). *Acoustical designing in architecture*, New York: John Wiley and Sons Inc.
- [17] Mehta, M. Johnson, J., Rocafort, J. (1998). *Architectural acoustics: principles and design*, New Jersey: Prentice Hall.
- [18] Beranek, L. L. (1988). *Acoustical measurements*, USA: Acoustical Society Of America.
- [19] ISO-3382-1. (2009). Acoustics – measurement of rooms acoustic parameters – part 1: performance spaces.
- [20] Gül, Z.S., Çalışkan, M., Tavukçuoğlu A., (2014). Geçmişten günümüze Süleymaniye Camii akustiği. *Megaron*, 9(3), 201-216.
- [21] Houtgast, T., Steeneken, H. J. M., Plomp, R. (1980). Predicting speech intelligibility in rooms from the modulation transfer function. I. general room acoustics. *Acta Acustica*, 46 (1), 60-72.