ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/356187502

Çok amaçlı müzik sınıflarında akustik problemlerin kafes analizi ile tanılanması / Identification of acoustical problems in multipurpose music classrooms using grid analysis

Conference Paper · November 2021

CITATIONS
0

READS
20

2 authors:



Ahmet Aslan
Abdullah Gul University
3 PUBLICATIONS **0** CITATIONS
SEE PROFILE



Akın Oktav
Alanya Alaaddin Keykubat University
35 PUBLICATIONS **65** CITATIONS
SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Akın Oktav on 13 November 2021.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

ÇOK AMAÇLI MÜZİK SINIFLARINDA AKUSTİK PROBLEMLERİN KAFES ANALİZİ İLE TANILANMASI

Ahmet Aslan[1]
Abdullah Gül Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Kayseri, Türkiye
e-posta: ahmet.aslan@agu.edu.tr

Akın Oktav[2]
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye
e-posta: akin.oktav@alanya.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, çok amaçlı müzik sınıflarındaki akustik problemleri lokal olarak tanılamak için bir prosedür önerilmektedir. Üç farklı okulda birer adet çok amaçlı müzik sınıfı belirlenmiş ve akustik performansları üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu sınıfların her biri, aynı kampüste kurulu olan ilkokul, ortaokul ve lise binalarındadır. Mekânların akustik performansları araştırıldıktan sonra akustik problemlerin tanılanmasına dönük bir çalışma da gerçekleştirilmiştir. 3 boyutlu bir geometrinin, yine 3 boyutlu kafes yapılarına bölünmesi ve her bir kafes uzayındaki akustik kalitede sayısal analiz yapılarak akustik niceliklere dair bir değerlendirme yapılması mümkündür. Tanılama için mekânlar önce 2 metre ayrıtlı kafeslere bölünmüştür. Daha sonra sistematik olarak ayrıtların ölçüleri 1 metreye ve sonrasında 0.5 metreye düşürülmüştür. Her bir kafes uzayında T30, EDT, D50, C80, STI değişkenlerinin sayısal değerleri benzetim yolu ile elde edilmiştir. Ayrıt ölçüleri azaltıldıkça mekânlardaki yüzeylere göre tanılanan akustik problemleri de lokalize etmek mümkün olmuştur. Lokalde tanılanan problemlerin azaltılması ve akustik performansın iyileştirilmesi için çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çok amaçlı müzik sınıfı, kafes analizi, akustik performans

IDENTIFICATION OF ACOUSTICAL PROBLEMS IN MULTIPURPOSE MUSIC CLASSROOMS USING GRID ANALYSIS

ABSTRACT

In this study, a procedure to locally identify the acoustic problems of multipurpose music classrooms (MMCs) is proposed. Three MMCs in total are determined in three different schools, and a study is conducted on the acoustic performances of them. These MMCs are in primary, secondary and high school buildings located in the same campus. Next to the determination of acoustic performances of the spaces, a study is conducted to identify the acoustic problems, as well. It is possible to divide a 3D geometry into 3D grids and to make an assessment using the acoustic quantities obtained from the computational analysis that is performed in acoustic cavities of each grid. In the first step of the identification procedure, the spaces are divided into 2 m-grids. The sizes of grids are then systematically reduced to 1 m and 0.5 m. The numerical values of the variables, T30, EDT, D50, C80, STI, are obtained in each grid space through simulations. As the sizes of grids are reduced, it becomes possible to localize the acoustic problems, which are identified according to the surfaces. Solutions are proposed to reduce the locally identified problems and to improve acoustic performance.

Keywords: *Multipurpose music classroom, grid analysis, acoustic performance*

1. GİRİŞ

Eğitim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği mekânlarda sesli iletişimin ve bu minvalde eğitimin kalitesini belirleyen temel faktörlerden birisi de akustik performanstır. *Çok amaçlı kullanım için* tasarlanan mekânların akustik performans göstergelerinin mekânın farklı fonksiyonları ile uyumlu olması gerekir. Türkiye'de birçok okulda mevcut olan müzik sınıfları da bu bağlamda değerlendirilebilir. Bu mekânlar, teorik ders anlatımı, vokal ve enstrüman eğitimleri gibi farklı faaliyetler için kullanıldığından çok amaçlı müzik sınıfı olarak anılabilir.

Bu çalışmada, çok amaçlı müzik sınıflarının akustik performans göstergeleri için hangi parametrelerin kullanılması gerektiği, kullanılan parametrelere göre akustik problemlerin nasıl teşhis edilebileceğine dair hususlar sayısal akustik teorisi üzerinden tartışılmaktadır. Teorik tartışmanın yanı sıra üç farklı sınıfta gerçekleştirilen deneysel ve hesaplamalı analizlerin sonuçları da paylaşılmaktadır.

Dizin incelendiğinde, teorik ders anlatımı yapılan sınıflardaki akustik performansı inceleyen çalışmalar olduğu görülmektedir. Aynı şekilde, müzik provası yapılan mekânların akustik performansına dair de çok sayıda çalışma mevcuttur. Ancak, bu çalışmalar çok amaçlı müzik sınıflarının akustik performansını belirlemek için yeterli değildir. Zira, akustik performans göstergeleri belirlenirken sadece teorik ders anlatımı veya müzik icrası dikkate alınmıştır. Çok amaçlı müzik sınıflarının akustik performansı için daha geniş bir parametre seti tanımlanmasına ihtiyaç vardır.

Teorik ders anlatımı yapılan sınıflardaki akustik performansın incelendiği bazı çalışmalarda [1-6] yansışım *süresi (RT) ve arka* plan gürültü seviyelerinin (BNL) *ölçüldüğü*, ölçüm sonuçlarının ise ilgili yönetmelikler ve dizindeki ilgili çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılarak değerlendirildiği görülmektedir. Sınıflarda konuşmanın anlaşılabilirliğinin araştırıldığı farklı çalışmalarda [7-13], RT ve BNL parametrelerinin yanı sıra konuşma iletim indeksi (STI) parametresinin de dikkate alındığı görülmektedir. Bu çalışmalara göre STI, sınıflarda konuşmanın anlaşılabilirliğinin belirlenmesinde önemli bir parametre olarak öne çıkmaktadır. Bazı referanslarda [14-16] sınıfların akustik performansı, RT, BNL, STI parametrelerine ek olarak erken sönümlenme süresi (EDT) ve belirginlik (D50) parametreleri de dikkate alınarak araştırılmıştır. Bu çalışmalar farklı boyutlara ve mekânsal konfigürasyonlara sahip hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğine dair akustik performansa odaklanmaktadır. Anılan çalışmalar teorik ders anlatımına ilişkin akustik performansın değerlendirilmesi için *RT, BNL, EDT, D50* ve *STI* parametrelerinin incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

Müzik prova odaları ve müzik uygulama odaları gibi hacim olarak *çok amaçlı müzik sınıflarına benzer mekâ*nlar üzerinde yapılan çalışmalarda [17-22] kullanılan akustik parametre setleri incelenmiştir. Bu çalışmalarda mekânların yansışım *sürelerine* (RT) ve hacimlerine odaklanıldığı görülmektedir. Konser salonlarının müzik icrası esnasındaki akustik performanslarını deneysel yöntemlerle inceleyen çalışmalar da dikkate alınmıştır [23-24]. Bu çalışmalarda farklı konser salonlarının akustik performansları, RT, EDT ve netlik (C80) parametreleri *üzerinden* istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve mekânların müzikal *açıdan akustik özellikleri karşılaştırılmıştır.* Rindel [25] müzik öğretimi, provası ve icrası dahil olmak üzere çeşitli işlevlere sahip müzik odalarının akustik kalitesini iyileştirmek için oluşturulmuş Norveç Standardı NS 8178'i incelemiştir. *Çalışma, müzik odalarının farklı kullanım konfigürasyonları için gereksinimleri vurgulamaktadır. İncelenen çalışmalar çok* amaçlı müzik sınıflarının müzik fonksiyonu ile ilgili akustik performansını değerlendirmek için kullanılabilecek parametrelere ve yöntemlere dair faydalı örnekler sunmaktadır.

Dizindeki çalışmalar farklı boyut ve özelliklerdeki hacimlerde konuşma ve müzik fonksiyonları ayrı ayrı ele alındığında akustik gereksinimlere dair önemli sonuçlar ortaya koymaktadır. Konuşma fonksiyonu dikkate alındığında öne çıkan hacim akustiği parametreleri RT, EDT, D50 ve STI iken, sadece müzik icrası gerçekleştirilen küçük prova ve uygulama odalarında RT parametresine odaklanılmaktadır. Ancak, *müzik hacimlerinin akustik performansı araştırılırken müziğin netliğinin ve* akustik kalitesinin değerlendirilmesi için kullanılan netlik (C80) ve erken sönümlenme süresi (EDT) parametreleri de dikkate alınmalıdır.

Mevcut çalışmada, çok amaçlı müzik sınıflarının teorik ders anlatımı ve müzik icrası durumlarındaki akustik performanslarını incelemek için RT (T30), EDT, D50, C80 ve STI parametrelerini içeren bir akustik set kullanılmıştır. Farklı okul binalarında yer alan üç adet çok amaçlı müzik sınıfı belirtilen parametre seti üzerinden deneysel ve hesaplamalı yöntemlerle değerlendirilmiştir. Deneysel ve hesaplamalı modellerden elde edilen sonuçlar sentezlenmiş ve güncellenmiş hesaplamalı modeller elde edilmiştir. *Güncellenmiş* modeller üzerinden mekânların akustik problemlerin tanılanmasına yönelik bir çalışma yürütülmüştür. Tanılama çalışmasında kafes analizi yöntemi kullanılmış ve akustik problemlerin mekân *içerisindeki konumlarının spesifik olarak tespit edilmesi* hedeflenmiştir. Burada amaç, mekânların akustik performanslarının iyileştirilmesi için yapılabilecek tadilat çalışmalarında kullanılabilecek veri elde etmek ve lokalize edilmiş problemlerin uygun konfigürasyonlarla çözülmesine olanak sağlamaktır.

2. GÜNCELLENMİŞ HESAPLAMALI MODEL

Çalışma kapsamında ele alınan çok amaçlı müzik sınıflarının her biri aynı kampüste yer alan ilkokul, ortaokul ve lise binalarında bulunmakta, aktif olarak ders anlatımı ve müzik öğretisi (vokal ve enstrümantal) için kullanılmaktadır. Bu üç hacmin fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Hacimlerin konuşma ve müzik fonksiyonlarına göre akustik performansı deneysel ve hesaplamalı olarak analiz edilmiş ve sonrasında bu iki analizden elde edilen veriler sentezlenerek hesaplamalı model güncellenmiştir.

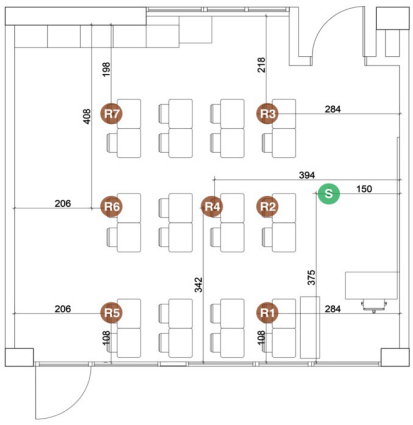
Tablo 1. Çok amaçlı müzik sınıflarının fiziksel özellikleri

Çok amaçlı müzik sınıfı	Uzunluk	Genişlik	Yükseklik	Hacim	Kapasite
İlkokul	8.20 m	7.50 m	2.85 m	171.60 m^3	24 öğrenci
Ortaokul	12.85 m	7.50 m	2.85 m	272.17 m^3	24 öğrenci
Lise	5.90 m	5.20 m	3.10 m	93.9 m^3	18 öğrenci

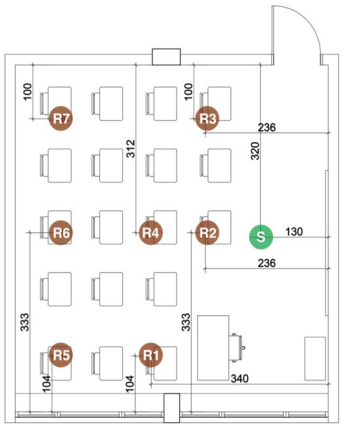
2.1. Deneysel çalışmalar

Deneysel çalışmalar iki aşamada uygulanmıştır.

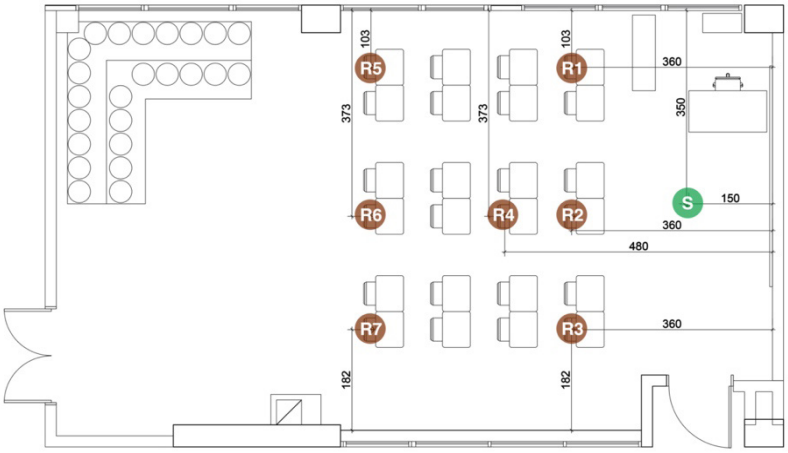
i. *İlk olarak sınıfların arka plan gürültü seviyeleri (BNL) günün üç farklı zaman diliminde* (sabah, öğle, akşam) uygulanan ölçüm setleri ile 8 oktav bandında (63 Hz – 8,000 Hz) ölçülmüştür. Bu ölçümlerden elde edilen sonuçlar hesaplamalı analiz aşamasında STI parametresinin tespit edilmesi için tamamlayıcı veri olarak kullanılmıştır. Akustik benzetim yazılımında STI parametresinin doğru hesaplanması için ölçülen BNL değerleri yazılımın ilgili ara yüzüne tanımlanmıştır. Ayrıca BNL değerleri kullanılarak hacimlerin NC seviyeleri hesaplanmış ve okullar için belirlenen referans NC eğrileri ile karşılaştırılarak sınıfların arka plan gürültü seviyeleri değerlendirilmiştir. BNL ölçümleri 1996-2 [26] standardına göre titreşim ve spektrum analizörü ile bir ses seviyesi ölçer kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. (a) İlkokul



(b) lise



(c) ortaokul çok amaçlı müzik sınıflarında gerçekleştirilen hacim akustiği parametreleri ölçüm noktaları (S: Kaynak, R1-R7: Alıcılar)

ii. Deneysel çalışmanın ikinci aşamasında her üç sınıfta da RT, EDT, D50 ve C80 parametreleri ISO 3382-1 [27] standardındaki prosedürler temel alınarak ölçülmüştür. Ölçümler 6 oktav bandında (125 Hz – 4,000 Hz) dürtü yanıtı testi yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm prosedürü ISO 3382-1 standardında belirtilmediği için STI parametresi bu aşamada dikkate alınmamıştır. Ölçümlerde bir adet 12 yüzeyli ses kaynağı, 2 adet mikrofon, 1 adet güç amplifikatörü, 1 adet harici ses arabirimi, Odeon Auditorium yazılımının çalıştığı bir adet dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. Ölçümlerde ses kaynağı, öğretmeni temsil etmesi amacıyla yazı tahtasının önünde konumlandırılmıştır (bkz. Şekil 1). Mikrofonlar her sınıfta öğrencilerin oturdukları sıraların bulunduğu alanı temsil

edecek şekilde 7 farklı noktaya konumlandırılmıştır. Kullanılan mikrofonlardan birincisi referans mikrofon olarak ölçüm boyunca R1 alıcı noktasında sabit iken, ikinci mikrofon gezici mikrofon olarak diğer alıcı konumlarına (R2-R6) sırasıyla yerleştirilerek ölçümler tamamlanmıştır (bkz. Şekil 1).

2.2. *Hesaplamalı analiz*

Hesaplamalı analizde Sketchup Pro modelleme yazılımı kullanılarak her üç hacmin 3B modelleri oluşturulmuştur. Bu modeller Odeon Auditorium akustik benzetim yazılımına yüklenmiş ve yazılımın malzeme kütüphanesinde yer alan malzemeler kullanılarak yüzeylerin ses yutum katsayıları tanımlanmıştır. Ardından, deneysel ölçümlerde kullanılan kaynak ve alıcılar, özellikleri ve konumları birebir aynı olacak şekilde tanımlanarak benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmanın sonuçları ile benzetim çalışmasından elde edilen ön hesaplama sonuçları RT, EDT, D50 ve C80 parametreleri bazında karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma JND (akustik olarak algılanabilirlik *sınır değeri) farkına göre yapılmıştır. Buradaki* korelasyon kriteri sonuçlar arasındaki farkın 1 JND değerinden küçük olmasıdır. (1 JND değerinden küçük bir fark akustik olarak algılanma sınırının altında olacağından ihmal edilebilir.) Gerçekleştirilen çalışmaya dair karşılaştırmalar, deneysel ve hesaplama sonuçları arasındaki korelasyonun bazı oktav bantlarında 1 JND'den fazla olduğunu göstermektedir. Bunun temel nedeni, hesaplamalı modellere atanan malzemelerin yutum katsayılarının gerçek durumla tam olarak eşleşmemesidir. Bu nedenle, bir sentez çalışması gerçekleştirilmiş ve hesaplamalı modeller güncellenmiştir. *Güncellenen hesaplamalı modeller kullanılarak STI parametresinin hesaplanması için* de benzetim çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen beş akustik parametrenin değerleri ilgili dizindeki ve standartlarda yer alan referans değerler ile karşılaştırılarak hacimlerin akustik performansları değerlendirilmiştir.

2.3. *Sentez*

Deneysel ve hesaplamalı verilerin uyumsuzluğ*u açısından en etkili parametreler, malzemelerin* yutum ve saçılma katsayıları gibi akustik özellikleridir. Ancak, saçılma katsayılarının etkisi yutum katsayılarının etkisine kıyasla oldukça azdır [28]. Ön hesaplama sonuçlarının deneysel sonuçlarla uyumlu olmamasından dolayı malzemelerin yutum katsayıları Odeon yazılımının kütüphanesi ve dizindeki ilgili çalışmalardan [29-30] alınan veriler ile güncellenmiş ve belirli frekanslardaki JND değerlerinin 0 ile 1 arasında bir değere düşürülmesi mümkün olmuştur. *Güncellenmiş modeller kullanılarak* gerçekleştirilen benzetim çalışmalarının sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. G*üncellenmiş modellerle g*erçekleştirilen benzetim *çalışmalarının* sonucunda elde edilen parametre değerlerinin referans değerler ile karşılaştırılması [27, 31-35]

Parametre	*İlkokul*	Ortaokul	Lise	Konuşma için referans değer	Müzik için referans değer
T30*	1.67 s	1.68 s	1.15 s	0.45 – 0.80 s	0.95 – 1.4 s
EDT*	1.66 s	1.62 s	1.14 s	< 1.0 s	> 1.0 s
D50*	0.40	0.41	0.49	> 0.5	-
C80*	0.95 dB	1.1 dB	2.6 dB	> +2 dB	-1 dB - +3 dB
STI	0.51	0.50	0.58	0.00 – 0.30 Kötü 0.30 – 0.45 Zayıf 0.45 – 0.60 Orta 0.60 – 0.75 İyi 0.75 – 1.00 Çok iyi	-

*500-1,000 Hz ortalama değer

3. KAFES ANALİZİ

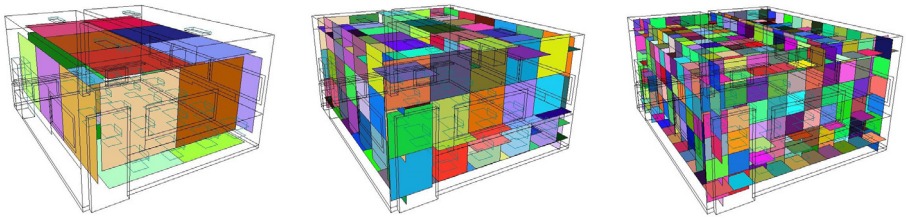
Çok amaçlı müzik sınıflarının akustik performansları orta frekanslardaki (500 – 1,000 Hz) referans değerler baz alınarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre incelenen parametre setinde referans değerlerin dışında kalan bazı sonuçlar tespit edilmiştir. Bu nedenle, bu bölümde akustik problemlerin potansiyel kaynakları araştırılmıştır. Güncellenmiş modeller üzerinde hesaplamalı analizler yapılarak sınıfların akustik performansını olumsuz etkileyen yüzeyler belirlenmiştir. Sınıfların yüzeylerinde kafesler tanımlanmış ve itki girdilerine verilen akustik tepkiler beş oda akustik parametresi (T30, EDT, D50, C80, STI) cinsinden hesaplanmıştır. Bu bölümde, Tablo 2'de verilen referans limitler içinde olmayan değerler akustik problemler olarak tanımlanmıştır.

Kafes analizi yaklaşımı dinleyicilerin yer aldığı alanlardaki dürtü cevaplarının analizinin yanı sıra, hacim içerisindeki akustik problemlerin konumlarının belirlenmesinde de kullanılabilmektedir. Mekânın akustiğini etkileyeceği *düşünülen yüzeylerdeki değerlerin analiz*i ile bu yüzeyler içerisinde akustik problem teşkil eden bölümlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu veri mekânda akustik iyileştirme çalışmaları için kullanılabilir. *Böylece akustik tasarım öncesinde problem kaynaklarının bölgesel olarak tespiti yapılarak tasarım süreci desteklenebilecektir.*

Kafes analizleri Odeon benzetim yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kafes boyutları her bir hacim için sistematik olarak küçültülerek problemli

olduğu tespit edilen alanlar daraltılmaya çalışılmıştır. Böylece, akustik probleme yol açmayan ilgisiz yüzeyler analizlerden çıkarılarak, çalışmanın odak noktası problemli yüzeylere yönlendirilmiştir. Kafes analizinde daha önce hesaplamalı analiz için kullanılan 12 yüzeyli ses kaynağı aynı konumda ve aynı özellikleri kullan*ıla*rak modellere tanımlanmıştır. Tanımlanan akustik problemlerin kaynakları ilgili oldukları yüzeylerle birlikte belirtilmiştir. Kafeslerdeki itki cevapları orta frekanslarda (500 Hz – 1,000 Hz) analiz edilmiştir.

Kafeslerin geometrik şekli küptür. *İlk kafes simülasyonunda alıcı kafesler*in ayrıt uzunluğu 2 m olarak belirlenmiştir. Birinci aşamanın sonuçlarına göre, kafeslerin ayrıt uzunluğu sistematik olarak sırasıyla 2 m'den 1 m'ye ve 1 m'den 0.5 m'ye düşürülmüştür. Şekil 2'de kafes alıcı boyutlarının sistematik olarak azaltılması örneklenmiştir.



a) 2 m ayrıtlı kafes **b)** 1 m ayrıtlı kafes **c)** 0.5 m ayrıtlı kafes

Şekil 2. Lise çok amaçlı müzik sınıfı iç yüzeylerinde 2 m ayrıtlı kafes alıcıların 0.5 m ayrıtlı kafes alıcı boyutuna sistematik olarak düşürülmesi ve alıcıların dağılımı

Kafes alıcılarının sistematik olarak 0.5 m ayrıtlı birim *küplere düşürülmesi ile gerçekleştirilen nihai* benzetim *çalışmalarının* sonuçlarına göre aşağıdaki gözlemler yapılmıştır:

İlkokul çok amaçlı müzik sınıfı

- T30 parametresinin, 500-1,000 Hz ortalama değeri 1.60 s – 1.70 s arasında değişmektedir. Bu değerler hacim boyunca tutarlıdır. Bu sonuç hacmin düzgün dağılımlı bir ses alanına sahip olduğunu göstermektedir. Ancak zeminin sağ–arka ve orta–sağ bölümleri (PVC malzeme) ve bazı kitaplıkların *iç yüzeyleri* (18 mm sunta malzeme) 1.85 s – 2.15 s arasında değişen değerlerle akustik açıdan en problemli alanları ortaya koymaktadır.
- Sınıfın ön-sağ bölümleri ve arka kısmın tamamı, 1.90 s – 2.10 s ile zemin ve tavan yüzeylerinde en yüksek EDT değerlerini göstermektedir. EDT sonuçları, ilk 10 dB'lik *sönümlenme aralığı dikkate alındığı için*, en problemli yüzeylerin tanılanması *açısından daha belirleyicidir.* Kitaplık raflarının iç yüzeyleri ve bazı dolap kapakları 1.95 s – 2.20 s arasında en yüksek EDT

sonuçlarına sahiptir. Şekil 3'te 0.5 m ayrıtlı kafesler ile gerçekleştirilen analizin 500 Hz oktav bandındaki EDT değerleri gösterilmektedir.

- Sınıfın ön tarafında, D50 parametresinin değeri %50 ve üzerindedir, bu da konuşmanın belirginliği *için uygun* bir aralıktır. Sınıfın ön bölümlerinden arka *bölümler*ine doğru D50 değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Rafların iç yüzeyleri, tavanın arka–sağ ve orta–sol bölümleri (taş yünü üzerine alçı panel ve sıva), %20 – %30 arasında değişmekte, bu değerler hacim içerisindeki en düşük D50 sonuçlarını göstermektedir.
- Minimum C80 değerlerine sahip yüzeyler zeminde, arka sıraların çevresinde –2.5 dB ve kitaplıkların iç yüzeylerinde –2.3 dB ile sıralanmaktadır.
- STI sonuçları, hacim boyunca *orta* seviyeye karşılık gelen homojen bir dağılım grafiği ortaya koymuştur.

Ortaokul çok amaçlı müzik sınıfı

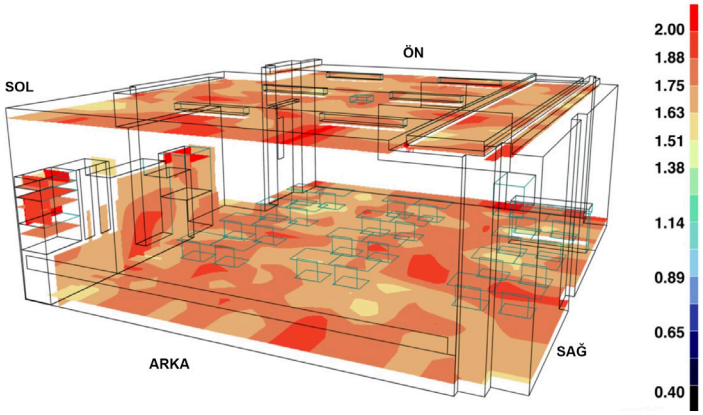
- T30 sonuçları, tavanın orta ve arka bölümlerinde (taş yünü üzerine alçı panel ve sıva) 1.8 s – 2.0 s arasında değişmektedir. Bu değer aralığına, duvarların sağ–*ön* bölümleri (alçı üzeri boya ve sıva) ve pencerelerin sol–arka bölümleri (6 mm – 8 mm kalınlığında çift cam) de dahildir. Koro platformunun bazı bölümleri 2.2 s değerini göstermektedir. (Koro platformunun konumu Şekil 1.c'de gösterilmiştir.) Şekil 4'te 0.5 m ayrıtlı kafesler ile gerçekleştirilen analizin 1,000 Hz oktav bandındaki T30 değerleri gösterilmektedir.
- EDT sonuçlarının en yüksek olduğu alanlarda değerler 1.9 s – 2.0 s arasında değişkenlik göstermektedir. Bu alanlar, tavanın ve duvarların orta-sağ bölümleri, arka-sol bölümdeki pencerelerin yüzeyleri, zeminin ön bölümleri (PVC malzeme) ve arka bölümdeki bazı öğrenci sıralarının yatay yüzeyleri (Werzalit malzeme) şeklinde sıralanmaktadır.
- Tavanın ve zeminin arka bölümleri %15 – %30 arasında değişen D50 değerlerine sahiptir. Sınıfın sol-arka bölümündeki cam yüzeyler ve orta-sağ bölümdeki duvarlar %20'nin altında sonuç vermiştir. Buna göre hacmin arka bölümlerindeki yüzeylerin D50 parametresi açısından akustik probleme sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak, teorik ders anlatımı sınıfın ön bölümünde yapıldığı için bu durum ders anlatımı esnasında konuşmanın anlaşılabilirliğini olumsuz yönde etkilemeyecektir.
- C80 parametresi sınıfın ön bölümünden arka bölümlere doğru azalan değerlerdedir. Hacmin orta bölümlerinde, tavanın, zeminin, duvarların ve pencerelerin yüzeylerinde –3 dB ile –1.5 dB aralığında sonuçlar gözlemlenmiştir. Referans değerler ile kıyaslandığında bunlar gözlemlenen

en problemli değerlerdir. Bu durum müziğin netliğinin sınıfın orta kısımlarında en düşük seviyede olduğunu göstermektedir.

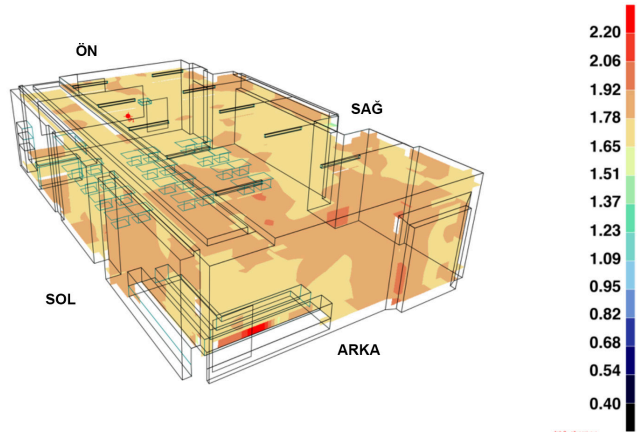
- STI sonuçları sınıfın ön bölümlerinde *orta* değerde iken, arka bölümlerde *zayıf* sonuçlara tekabül etmektedir. Bu açıdan STI parametresinin D50 ile paralel sonuçlar ortaya koyduğu söylenebilir.

Lise çok amaçlı müzik sınıfı

- T30 parametre değerleri 1.00 s – 1.30 s aralığında değişmektedir. Bu değerler konuşma işlevi için referans aralığın üzerinde olmakla birlikte müzik işlevi için referans aralığın içerisindedir.

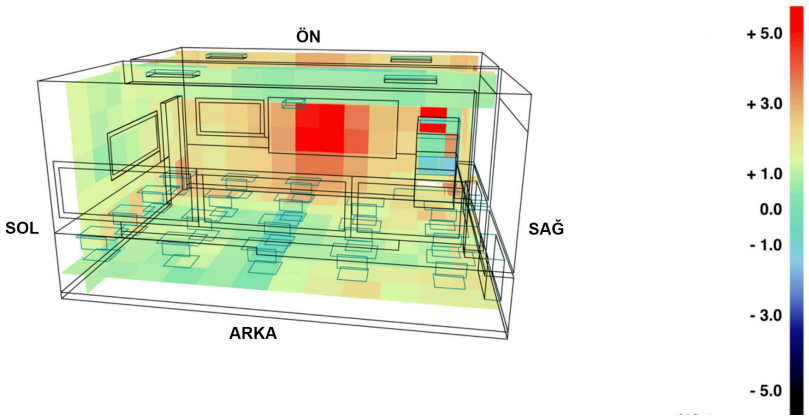


Şekil 3. İlkokul çok amaçlı müzik sınıfı iç yüzeylerinde 0.5 m ayrıtlı kafesler ile gerçekleştirilen analizin 500 Hz oktav bandındaki EDT değerleri



Şekil 4. Ortaokul çok amaçlı müzik sınıfı iç yüzeylerinde 0.5 m ayrıtlı kafesler ile gerçekleştirilen analizin 1,000 Hz oktav bandındaki T30 değerleri

- EDT sonuçları 1.00 s – 1.30 s aralığı ile T30 değerleri ile uyumludur. İncelenen yüzeyler hacim genelinde homojen sonuçlar göstermiştir ve problem kaynakları açısından neredeyse eşdeğerdir.
- D50 parametresi sınıfın ön bölümlerinde (yazı tahtası ve ön duvar) %50 – %80 değerler ile referans aralıktadır. Tavan (betonarme üzeri sıva ve boya), zemin (PVC malzeme), ve kitaplıkların iç yüzeyleri (18 mm sunta malzeme) %40'ın altında D50 değerine sahiptir.
- C80 parametresi sınıfın orta ve arka bölümlerinde 0 dB – 3 dB aralığındadır. Bu aralık hem konuşma hem de müzik işlevi için referans limitler arasındadır. Ancak, ön taraftaki pencerelerin cam yüzeylerinde, yazı tahtası ve yazı tahtasının bulunduğu duvar yüzeylerinde C80 değeri referans limitlerin üzerindedir. Şekil 5'te 0.5 m ayrıtlı kafesler ile gerçekleştirilen analizin 500 Hz oktav bandındaki C80 değerleri gösterilmektedir.
- STI parametresi hacmin ön bölümlerindeki yüzeylerin genelinde *iyi* aralıkta ve hatta çok iyi aralıktadır. Yüzeylerin geri kalanları, sınıf genelinde *orta* değerdedir.



Şekil 5. Lise çok amaçlı müzik sınıfı iç yüzeylerinde 0.5 m ayrıtlı kafesler ile gerçekleştirilen analizin 500 Hz oktav bandındaki C80 değerleri

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, *güncellenmiş modelin elde edilmesinden sonra* akustik problemler kafes analizi tekniği kullanılarak lokal olarak başarılı bir şekilde tanılanmıştır. Akustik problemlere dair çözüm önerilerinde bulunulabilmesi için problemlerin lokal olarak tanılanması önemlidir.

Çözüm önerisinin ilk adımı, akustik açıdan problemli yüzeylerdeki ses yutum katsayılarını güncelleyerek akustik parametre değerlerini referans aralıklara yaklaştırmaktır. Daha sonra, güncellenmiş ses yutum katsayılarına en uygun malzemelerin hesaplamalı modelde ilgili yüzeylere atanması ile sonuca gidilebilir. Bir diğer uygulama da mekân içerisindeki tefriş elemanlarının konumlarının değiştirilmesi olabilir.

Mekânların akustik tasarımının iyileştirilmesi sürecinde kafes analizi çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak yüzeylerdeki güncellenecek malzeme gruplarının seçileceği aralık daraltılabilmektedir. Sonrasında, bu aralıkta yer alan malzemeler arasından denenecek seçenekler ile en uygun malzeme ve uygulama şekline ulaşılabilir. Bu sayede, tasarım sürecinin baştan sona deneme-yanılma yöntemi ile yürüt*ülmesi* yerine, daraltılmış ve sonuç almaya yaklaştırılmış bir aralık üzerinden ilerlenmesi daha isabetli sonuçlara ulaşılmasını sağlayabilecektir.

Bu çalışmada, çok amaçlı müzik sınıfları için belirlenen akustik parametre setinin bazı bileşenlerinin birbiri ile çatıştığı gösterilmiştir. Bu bağlamda, bir diğer çözüm önerisi de değiştirilebilir akustik tasarım araçlarından yararlanmak olabilir. Teorik ders anlatımı ve müzik icrası sırasında operasyonel kullanıma uygun olan konfigürasyon seçilerek akustik performans iyileştirilebilir.

5. KAYNAKLAR

[1] Bottalico, P., Astolfi, A., Investigations into vocal doses and parameters pertaining to primary school teachers in classrooms, J. Acoust. Soc. Am. 131, pp.2817-2827, 2012.

[2] Ronsse, L.M., Wang L.M., Relationships between unoccupied classroom acoustical conditions and elementary student achievement measured in eastern Nebraska, J. Acoust. Soc. Am. 133, pp.1480-1495, 2013.

[3] Zannin, P.H.T., Fiedler, P.E.K., Bunn, F., Reverberation time in classrooms – case study: when administrative decision changes acoustic quality, J. Sci. Ind. Res. 72, pp.506-510, 2013.

[4] Durup, N., Shield, B., Dance, S., Sullivan, R., An Investigation into Relationships between Classroom Acoustic Measurements and Voice Parameters of Teachers, Build. Acoust. 22, pp.225-242, 2015.

[5] Cantor Cutiva, L.C., Puglisi, G.E., Astolfi, A., Carullo, A., Four-day follow-up study on the self-reported voice condition and noise condition of teachers: relationship between vocal parameters and classroom acoustics, J. Voice. 31, pp.120.E1-120.E8, 2016.

[6] Pinho, P.G., Pinto, M., Almeida, R.M.S.F., Lemos, L.T., Lopes, S.M., Aspects concerning the acoustical performance of school cafeterias, Appl. Acoust. 136, pp.36-40, 2018.

[7] Eggenschwiler, K., Room acoustics of classrooms with different shapes, Euronoise 2006, Tampere, pp.1-6, 2006.

[8] Astolfi, A., Pellerey, F., Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms, J. Acoust. Soc. Am. 123, pp.163-173, 2008.

[9] Rabello, A.T.V., Santos, J.N., Oliveira, R.C., Magalhães, M.C., Effect of classroom acoustics on the speech intelligibility of students, Codas. 26, pp.360-366, 2014.

[10] Peng, J., Jiang, P., Chinese word identification and sentence intelligibility in primary school classrooms, Arch. Acoust. 41, pp.213-219, 2016.

[11] Sala, E., Rantala, L., Acoustics and activity noise in school classrooms in Finland, Appl. Acoust. 114, pp.252-259, 2016.

[12] Radosz, J., Speech intelligibility test for polish language – relation to the acoustic properties of classrooms and comparison to other languages, Arch. Acoust. 43, pp.129-135, 2018.

[13] Polewczyk, I., Jarosz, M., Teachers' and students' assessment of the influence of school rooms acoustic treatment on their performance and wellbeing, Arch. Acoust. 45, pp.401-417, 2020.

[14] Tang, S.K., Speech related acoustical parameters in classrooms and their relationships, Appl. Acoust. 69, pp.1318-1331, 2008.

[15] Elkhateeb, A., The acoustical design of the new lecture auditorium, Faculty of Law, Ain Shams University, Ain Shams Eng. J. 3, pp.219-235, 2012.

[16] Escobar, V.G., Morillas, J.M.B., Analysis of intelligibility and reverberation time recommendations in educational rooms, Appl. Acoust. 96, pp.1-10, 2015

[17] Zha, X., Fuchs, H.V., Drotleff, H., Improving the acoustic working conditions for musicians in small spaces, Appl. Acoust. 63, pp.203-221, 2002.

[18] Paek, H., Siebein, G.W., Kim, B., Case studies of acoustical design of rooms for music instruction in schools, Noise-Con 2003, Cleveland, Ohio, 2003.

[19] Osman, R., Designing small music practice rooms for sound quality, Proceedings of 20th International Congress on Acoustics (ICA 2010), Sydney, pp.1-8, 2010.

[20] Cunha, I.B., Mattos, T., Stelamaris, R.B., Sound quality in small music classrooms, Proceedings of 21st International Congress on Acoustics (ICA), Montreal, 2013.

[21] Knöfel, B., Weisheit, L., Troge, J., Musicians and their practice rooms: What do they think about present room acoustics and what would they prefer? Euronoise 2018, Crete, pp.2183-2188, 2018

[22] Pop, C., Osman, R., Knight, J., Music practice rooms: Ambitions, limitations, and practical acoustic design, Proceedings of International Symposium on Music Acoustics (ISMA), Detmold, pp.195-205, 2019.

[23] Kalkandjiev, Z.S., Weinzierl, S., The Influence of Room Acoustics on Solo Music Performance: An Experimental Study, Psychomusicology: Music, Mind, and Brain, 25, pp.195-207, 2015.

[24] Pätynen, J., Lokki, T., Concert halls with strong and lateral sound increase the emotional impact of orchestra music, J. Acoust. Soc. Am. 139, pp.1214-1224, 2016.

[25] Rindel, J.H., New Norwegian standard on the acoustics of rooms for music rehearsal and performance, Forum Acusticum, Krakow, 2014.

[26] International Organization for Standardization [ISO]. (2017), Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of sound pressure levels (1996-2)

[27] International Organization for Standardization [ISO]. (2009), Acoustics – Measurement of Room Acoustic Parameters, Part 1: Performance Spaces (3382-1)

[28] Christensen, C.L., Koutsouris, G., Rindel, J.H., The ISO 3382 parameters: Can we measure them? Can we simulate them? International Symposium on Room Acoustics (ISRA), Toronto, pp.1-26, 2013.

[29] Seep, B., Glosemeyer, R., Hulce, E., Linn, M., Aytar P., Classroom Acoustics: A resource for creating environments with desirable listening conditions, Acoust. Soc. Am., Melville, 2000.

[30] Vorländer, M., Auralization, RWTH Aachen, Aachen, 2008.

[31] Houtgast, T., Steeneken, H.J.M., Plomp, R., Predicting speech intelligibility in rooms from the modulation transfer function, Acta. Acust. united Ac. 46, pp.60-72, 1980.

[32] Deutsches Institut für Normung [DIN]. (2016), Acoustic Quality in Rooms – Specifications and Instructions for The Room Acoustic Design

[33] Bistafa, S.R., Granado, M.V., A survey of the acoustic quality for speech in auditoriums, Acoust. Sci. Technol. 15, pp.1-16, 2005.

[34] Kuttruff, H., Room Acoustics, 5th ed. Spon Press, New York, 2009.

[35] Odeon: Odeon Help Files, 2020.

View publication stats