

An Example of Comparison of Internal Surface Materials for Room Acoustics in Conference Hall

Zuhal Ozcetin

Faculty of Fine Arts and Design, Department of Architecture,
Siirt University, Siirt, Turkey
E-mail: zuhalozcetin@gmail.com

Merve Gorkem

Mego Consulting Architecture and Engineering Construction Industry and Trade Limited
Company, Ankara, Turkey
E-mail: mervedogangorkem@gmail.com

Abstract

Conference halls are the places where speeches are made to give information to the community on a subject. Conference rooms are often preferred for presentations, project shows and many other activities. Due to the high number of listeners, the sounds are quite echoing. From these disturbing sounds, audience may be disturbed and the efficiency of the event may be reduced. In such environments, it is very important to regulate the acoustics of the volume and to use material. In this context; in the sample conference hall, the case of untreated perforated wood panels used and the case of currently used perforated gypsum panels, were evaluated and compared with the Odeon simulation program. reverberation time (T30), early decay time (EDT), speech transmission index (STI), A-weighted sound pressure level (SPL (A)), definition (D50) parameters were evaluated. As a result of the study; perforated gypsum board and perforated wood panel usage in the existing hall; similar results were obtained in terms of volume acoustic parameters.

Keywords: Acoustic, room acoustics, conference room.

DOI: 10.7176/JSTR/6-01-02

Konferans Salonunda Hacim Akustiğine Yönelik İç Yüzey Malzeme Karşılaştırmasına Bir Örnek

Özet

Konferans salonları, topluluğa bir konu üzerinde bilgi vermek amacıyla yapılan konuşmaların yapıldığı mekânlardır. Sunu, proje gösterisi ve çok daha farklı faaliyetler için konferans salonları sıklıkla tercih edilmektedir. Dinleyicinin fazla olması nedeniyle sesler, oldukça yankılı çıkar. Rahatsız edici duruma gelen bu seslerden, kişiler rahatsız olabilir ve etkinliğin verimliliği düşebilir. Bu tür ortamlarda hacmin akustiğinin düzenlenmesi ve bununla birlikte malzeme kullanımı oldukça önemlidir. Bu kapsamda bu çalışmada; örnek konferans salonunda uygulanmamış perfore ahşap panellerin kullanıldığı durum ile mevcut durumda kullanılmış perfore alçı panellerin kullanıldığı durum, Odeon simülasyon programı ile değerlendirilmiş ve karşılaştırmaları yapılarak, malzeme farklılığı açısından, reverberasyon süresi (T₃₀), erken sönümlenme süresi (EDT), konuşmanın iletim indeksi (STI), A-ağırlıklı ses basınç seviyesi (SPL(A)), konuşmanın belirginliği (D₅₀) parametrelerinin performansları değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda; mevcut salonda uygulanan perfore alçı panel levha ile perfore ahşap panel kullanım durumları değerlendirildiğinde; hacim akustiği parametreleri bakımından birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akustik, hacim akustiği, konferans salonu.

1. Giriş

Günümüzde, teknolojinin gelişmesi ile birlikte binalarda; aydınlatma, akustik, iklimlendirme, enerji ve yangın güvenliği gibi konularda, ihtiyaç duyulan konfor düzeyi giderek artmaktadır. Akustik biliminin tarihsel gelişimi incelendiğinde, tüm dünyada hacim akustiği alanında çalışan araştırmacıların amacının; mimari tasarım parametrelerinin, hacimlerin akustik performansına etkisinin tespit edilmesine yönelik olduğu görülmektedir. Bunun yanında son zamanlarda literatürde, tasarım parametrelerinin yanı sıra kullanılan yapı malzemelerinin de akustik performansa etkisi, araştırma konuları içerisinde yer almaktadır.

Akustik konforun önem kazandığı hacimlerde, mimari tasarım sürecinde alınan tasarım kararları, malzeme seçimi gibi etmenler hacimlerin akustik performansı üzerinde oldukça etkilidir. Malzeme seçimi konusunda akustik uzman görüşü istenmesinin yanında, malzeme bilgisinin olması ve önerilecek malzemelerin performansının bilinmesi, özellikle kullanılan simülasyon programlarına veri girişi için önemlidir. Bunun yanında malzemelerin mekân içinde gösterdiği performansın bilinmesi, sonraki çalışmalara ışık tutması açısından değerlidir.

Ölçüm yönteminin her mekan ve durumda yapılamadığı koşullarda simülasyon programları ile değerlendirme yapılması gerekmektedir. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte simülasyon programlarının güvenilirliği artmıştır.

Bu kapsamda çalışmada, incelenen Konferans Salonu için; projede yer alan ve uygulanmamış olan perfore ahşap panellerin kullanıldığı durum ile mevcut durumda uygulanmış perfore alçı panellerin kullanıldığı durum değerlendirilmiş ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Odeon simülasyon programı ile malzeme farklılığı değerlendirildiğinde, reverberasyon süresi (T_{30}), erken sönümlenme süresi (EDT), konuşmanın iletim indeksi (STI), A-ağırlıklı ses basınç seviyesi (SPL(A)), konuşmanın belirginliği (D_{50}) parametreleri incelenmiş ve hacim akustiğine yönelik olarak yapılan analizler ışığında; konferans salonunun ülkemizde yürürlükte olan yönetmelikler ve uluslararası standartlara göre analizi yapılmıştır.

2. Yöntem

Konuşmanın anlaşılabilirliğinin sağlanması ve yankı gibi akustik problemlerin önlenmesi konferans işlevli hacim akustiği analizleri için önemlidir. Bu kapsamda çalışmada yöntem olarak; konuşma işlevi için ihtiyaç duyulan akustik koşulların, hacim akustiğine yönelik analizleri için, ODEON (V 15.14 Auditorium) hacim akustiği simülasyon programı kullanılmıştır [1]. Ülkemizde yürürlükte olan yönetmelikler ve uluslararası standartlara göre; elde edilen veriler iki malzeme için konferans salonunda değerlendirilmiştir.

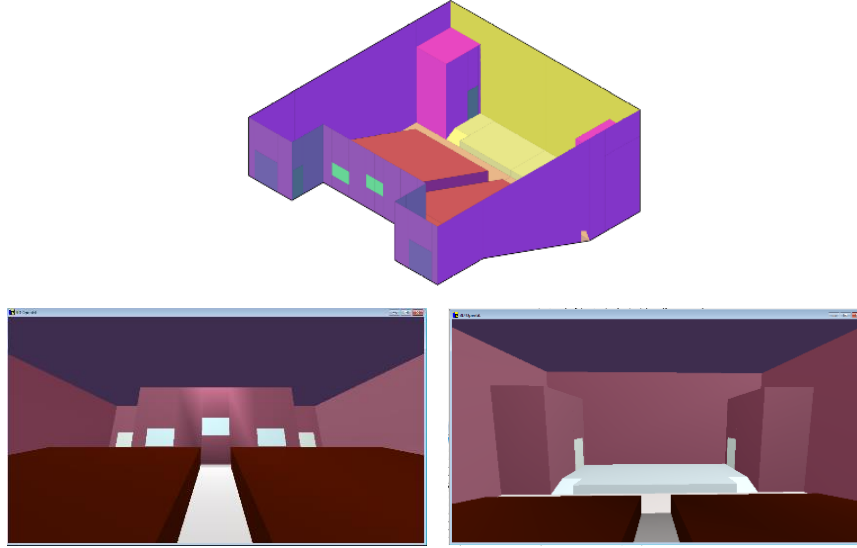
3. Konferans Salonu İç Yüzey Malzemeleri ile Akustik Simülasyon Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Eğitim binası konferans salonunda karşılaştırması yapılacak olan perfore ahşap panel ve perfore alçı panel kullanımına göre, ayrı ayrı yapılan değerlendirmeler ve kıyaslamalar; reverberasyon süresi (T_{30}), erken sönümlenme süresi (EDT), konuşmanın iletim indeksi (konuşmanın anlaşılabilirliği) (STI), A-ağırlıklı ses basınç seviyesi (SPL(A)), konuşmanın belirginliği (D_{50}) parametreleri doğrultusunda yapılmıştır. Salon içerisinde kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları çizelge 1’de verilmiştir.

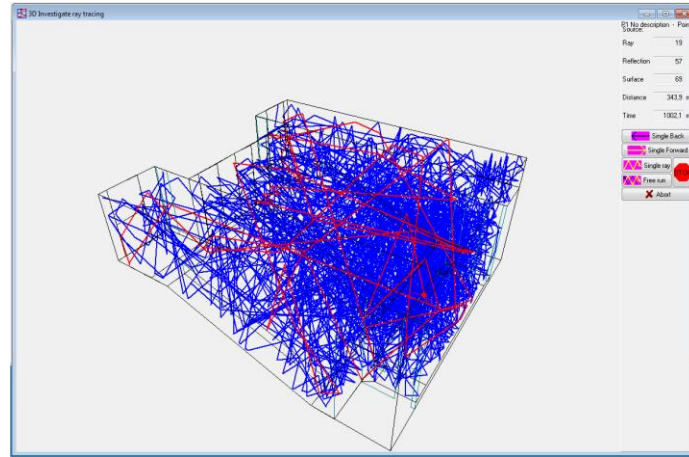
Çizelge 1. Kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları

NO	Ses Yutma Katsayıları (Sound Absorption Coefficients) [6]							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
3002	SALON DÖŞEME: Ahşap parke							
	0.04000	0.04000	0.04000	0.07000	0.06000	0.06000	0.07000	0.07000
3004	SAHNE DÖŞEME: Ahşap parke (kadronajlı)							
	0.15000	0.15000	0.11000	0.11000	0.07000	0.06000	0.07000	0.07000
11009	SALON İZLEYİCİ: Hafif yoğunluklu, kolçaklı koltuk (izleyicili)							
	0.51000	0.51000	0.64000	0.75000	0.80000	0.82000	0.83000	0.83000
10005	SALON CAM YÜZEYLER: Lamine cam							
	0.18000	0.18000	0.06000	0.04000	0.03000	0.02000	0.02000	0.02000
10007	SALON KAPILAR: Ahşap kapı							
	0.14000	0.14000	0.10000	0.06000	0.08000	0.10000	0.10000	0.10000

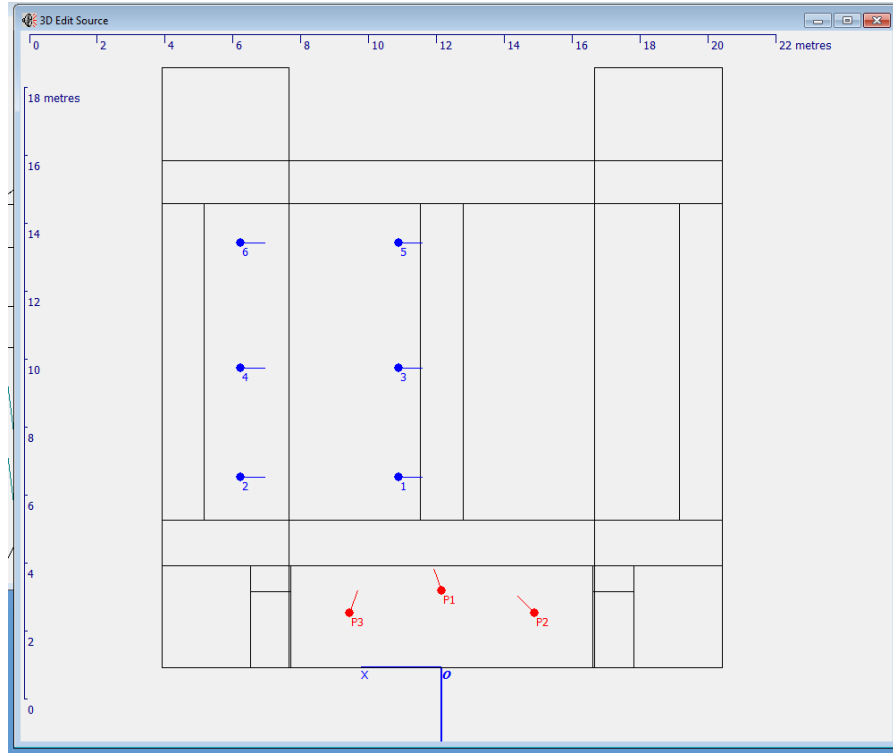
Salonun üç boyutlu simülasyon modeli yapılarak, ODEON programına aktarılmış ve malzeme değişikliği sonucu oluşan akustik tasarımların analizleri elde edilmiştir (Şekil 1). Elde edilen verilerin, ülkemiz yönetmelik, ulusal ve uluslararası mevzuatlar ile karşılaştırmaları yapılarak, değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Konferans Salonu - 3 boyutlu görselleri



Şekil 2. Konferans Salonu - hacim içi yansıyan seslerin ışın analizi



Şekil 3. Konferans Salonu - kaynak ve alıcı konumları - plan

Konferans salonunda, standartlara uygun olarak sahnede 3 kaynak noktası, salon içerisinde 6 alıcı noktası belirlenmiştir (Şekil 3).

3.1. Perfore Ahşap Paneller ile Yapılan Analiz

Konferans salonu projesinde yer alan ve yerinde uygulanmamış olan perfore ahşap panellerin özellikleri aşağıda verilmiştir:

- Tam Delikli Ahşap Panel: 18 mm MDF/Lam, delik çapı 8 mm ve delik merkezleri aks aralığı 32 mm*32 mm'dir. Arkasında 0.2 mm akustik bez ve 4 cm kalınlığında 50 kg/m³ yoğunluğunda taş yünü uygulanmıştır.
- Kanallı Ahşap Panel: 18 mm MDF/Lam, delik çapı 8 mm ve delik merkezleri aks aralığı 16 mm*32 mm'dir. Panelin salona bakan ön yüzünde boşluk genişliği 4 mm olan kanallar bulunacaktır. Arkasında 0.2 mm akustik bez ve 4 cm kalınlığında 50 kg/m³ yoğunluğunda taş yünü uygulanmıştır.

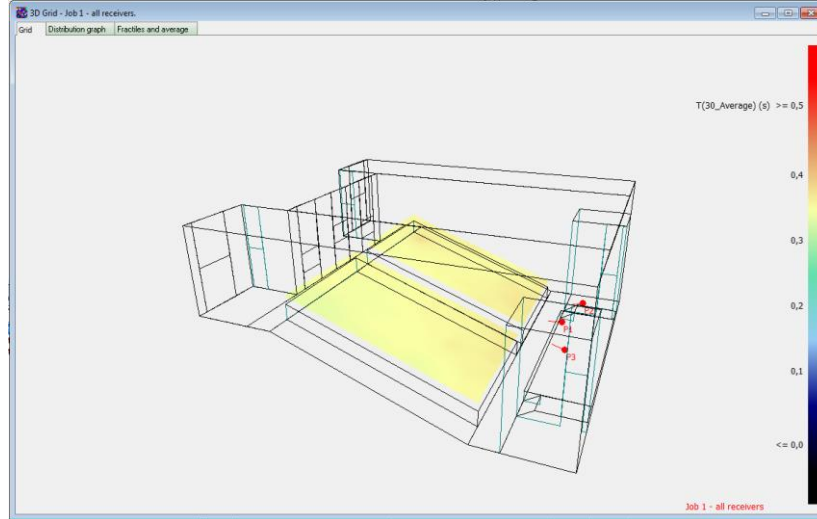
Çizelge 2. Kullanılan perfore ahşap panellerin ses yutma katsayıları

NO	Ses Yutma Katsayıları (Sound Absorption Coefficients) [6]							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
14314	SALON ASMA TAVAN (YUTUCU): 18 mm MDF/Lam kaplama (delikli) + Akustik kumaş 0,2 mm + Taşyünü 40 mm (50 kg/m ³)							
	-----	0.34000	0.62000	0.58000	0.49000	0.36000	0.25000	0.31000
14315	SALON DUVAR YÜZEYLERİ (YUTUCU): 18 mm MDF/Lam kaplama (kanallı-delikli) + Akustik kumaş 0,2 mm + Taşyünü 40 mm (50 kg/m ³)							
	-----	0.31000	0.68000	0.66000	0.60000	0.50000	0.52000	0.61000

Reverberasyon Süresi Parametresi (T_{30})

Çizelge 3. Perfore ahşap panel için 6 alıcı noktasında reverberasyon süresi parametresinin değerleri

T_{30}	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	0,68	0,69	0,35	0,35	0,38	0,48	0,50	0,36
2	0,68	0,70	0,33	0,33	0,37	0,47	0,49	0,35
3	0,69	0,70	0,33	0,33	0,37	0,47	0,48	0,34
4	0,71	0,73	0,33	0,33	0,37	0,46	0,48	0,34
5	0,67	0,69	0,33	0,33	0,37	0,46	0,46	0,34
6	0,66	0,67	0,32	0,32	0,36	0,44	0,45	0,33

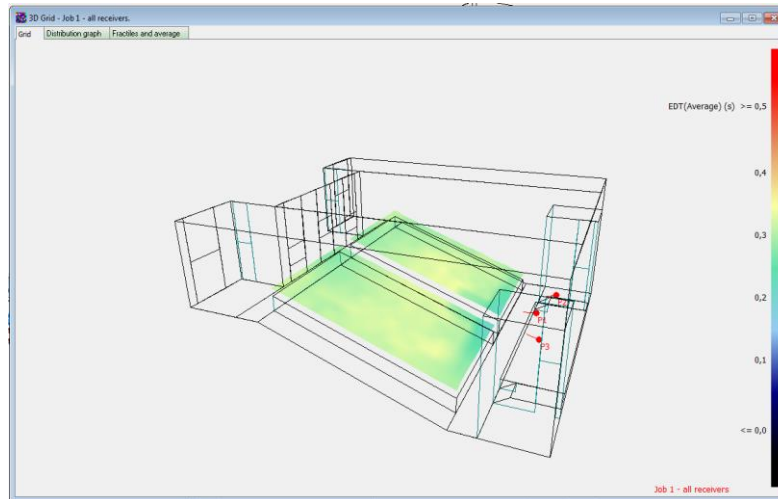


Şekil 4. Konferans salonu - reverberasyon süresi (T_{30}) parametresinin dağılımı (ortalama)

Erken Sönümlenme Süresi Parametresi (EDT)

Çizelge 4. Perfore ahşap panel için 6 alıcı noktasında erken sönümlenme süresi parametresinin değerleri

EDT	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	0,70	0,71	0,21	0,24	0,28	0,39	0,40	0,26
2	0,72	0,73	0,28	0,30	0,34	0,45	0,46	0,31
3	0,67	0,68	0,30	0,31	0,34	0,42	0,42	0,31
4	0,69	0,70	0,28	0,29	0,34	0,43	0,42	0,30
5	0,60	0,61	0,26	0,28	0,30	0,36	0,36	0,27
6	0,65	0,66	0,28	0,28	0,32	0,39	0,38	0,28

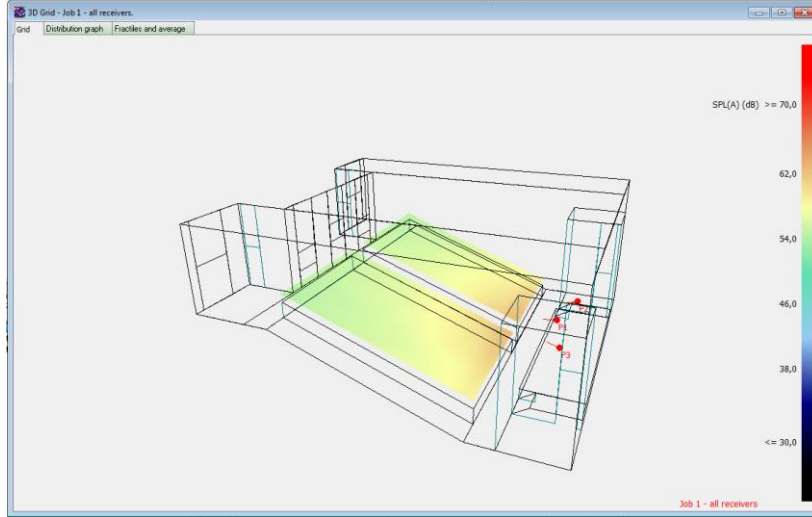


Şekil 5. Konferans salonu - erken sönümlenme süresi (EDT) parametresinin dağılımı (500 Hz)

A - Ağırlıklı Ses Basınç Seviyesi Parametresi (SPL (A))

Çizelge 5. Perfore ahşap panel için 6 alıcı noktasında A-ağırlıklı ses basınç seviyesi parametresinin değerleri

SPL (A)	
1	60,7
2	58,2
3	57,7
4	56,6
5	55,9
6	55,3

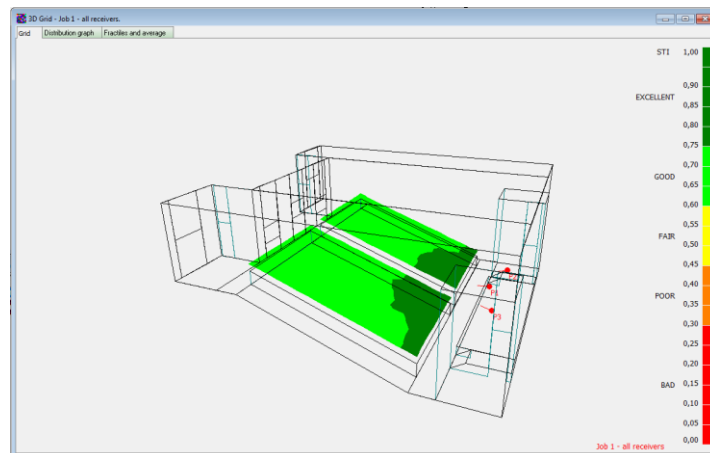


Şekil 6. Konferans Salonu – A-ağırlıklı ses basınç seviyesi (SPL(A)) parametresinin dağılımı

Konuşmanın İletim İndeksi Parametresi (STI)

Çizelge 6. Perfore ahşap panel için 6 alıcı noktasında konuşmanın iletim indeksi parametresinin değerleri

STI	
1	60,7
2	58,2
3	57,7
4	56,6
5	55,9
6	55,3

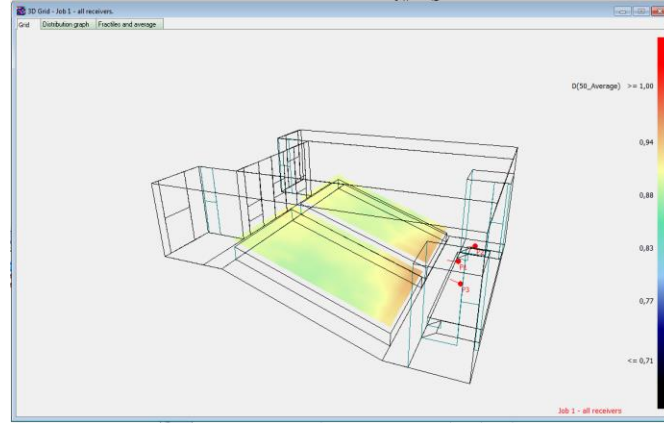


Şekil 7. Konferans Salonu - konuşmanın iletim indeksi (STI) parametresinin dağılımı

Konusmanın Belirginliği Parametresi (D50)

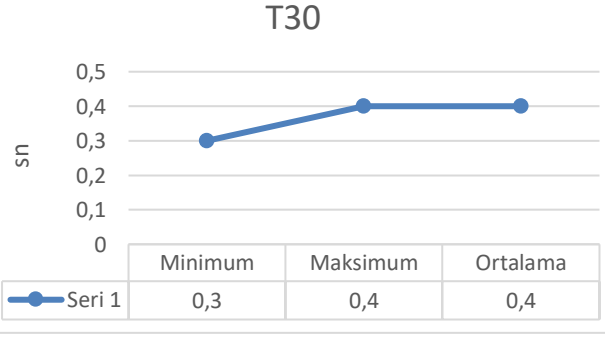
Çizelge 7. Perfore ahşap panel için 6 alıcı noktasında konuşmanın belirginliği parametresi değerleri

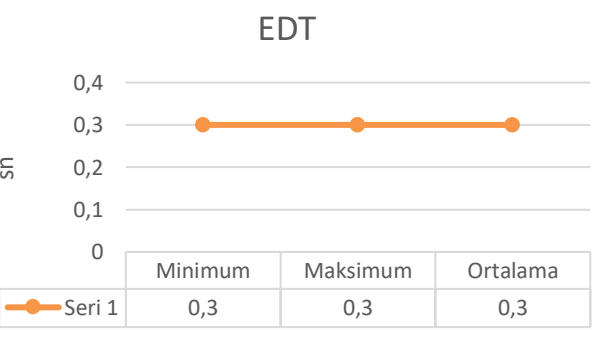
D50	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	0,77	0,77	0,95	0,94	0,92	0,88	0,87	0,94
2	0,70	0,70	0,93	0,92	0,89	0,84	0,84	0,91
3	0,69	0,69	0,92	0,92	0,89	0,83	0,83	0,91
4	0,68	0,67	0,92	0,91	0,88	0,82	0,82	0,91
5	0,74	0,73	0,94	0,93	0,90	0,85	0,85	0,92
6	0,70	0,69	0,93	0,92	0,89	0,83	0,84	0,92

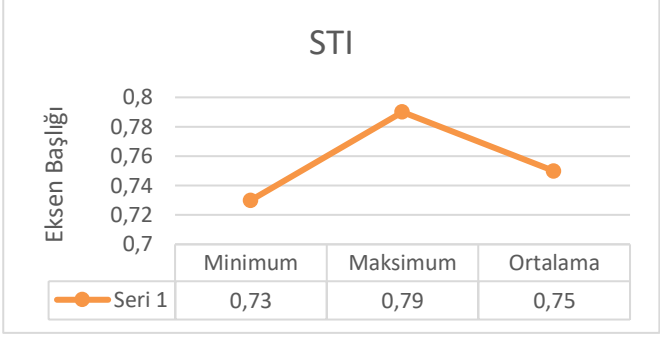
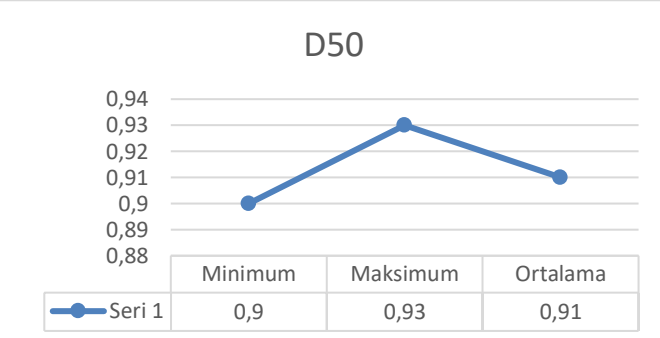
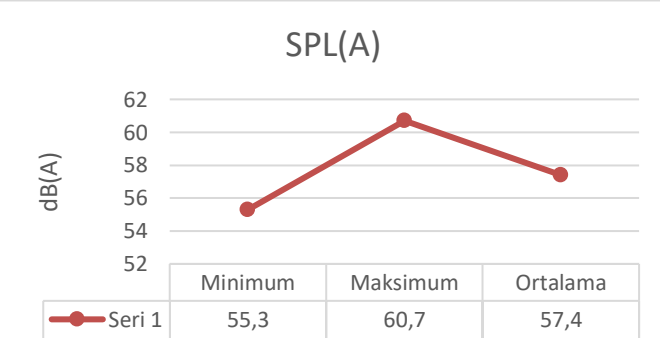


Şekil 8. Konferans Salonu - konuşmanın belirginliği (D₅₀) parametresinin dağılımı (ortalama)

Parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri aşağıda verilmiştir.

T30, reverberasyon süresi	Minimum	0,3	
	Maksimum	0,4	
	Ortalama	0,4	

EDT, erken sönümlenme süresi	Minimum	0,3	
	Maksimum	0,3	
	Ortalama	0,3	

STI, konuşmanın iletim indeksi	Minimum	0,73	
	Maksimum	0,79	
	Ortalama	0,75	
D50, konuşmanın belirginliği	Minimum	0,90	
	Maksimum	0,93	
	Ortalama	0,91	
SPL (A), A-Ağırlıklı ses basınç seviyesi	Minimum	55,3	
	Maksimum	60,7	
	Ortalama	57,4	

3.2. Perfore Alçı Paneller ile Yapılan Analiz

Konferans salonu mevcut durumunda uygulanmış olan perfore alçı panellerin özellikleri aşağıda verilmiştir:

- Perfore Alçı Panel: 12.5 mm alçı panel, şaşırtmalı dairesel delikli, delik çapları 12 ve 20 mm, delik merkezleri aks aralığı 66 mm'dir (12/20/66D). Arkasında 0.2 mm akustik bez ve 4 cm kalınlığında 50 kg/m³ yoğunluğunda taş yünü uygulanmıştır.

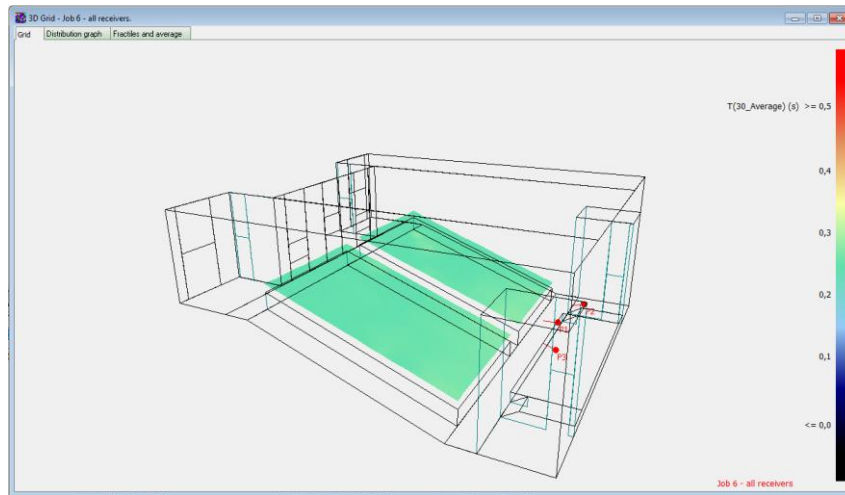
Çizelge 8. Kullanılan perfore alçı panellerin ses yutma katsayıları

NO	Ses Yutma Katsayıları (Sound Absorption Coefficients) [6]							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
14316	SALON ASMA TAVAN (YUTUCU): 12.5 mm alçıpanel kaplama (şaşırtmalı dairesel delikli-12/20/66D) + Akustik kumaş 0,2 mm + Taşyünü 40 mm (50 kg/m ³) + 65 mm hava boşluğu							
	-----	0.30000	0.55000	0.80000	0.85000	0.60000	0.65000	-----
14317	SALON DUVAR YÜZEYLERİ (YUTUCU): 12.5 mm alçıpanel kaplama (şaşırtmalı dairesel delikli-12/20/66D) + Akustik kumaş 0,2 mm + Taşyünü 40 mm (50 kg/m ³) + 400 mm hava boşluğu							
	-----	0.60000	0.70000	0.70000	0.80000	0.60000	0.65000	-----

Reverberasyon Süresi Parametresi (T₃₀)

Çizelge 9. Perfore alçı panel uygulaması için 6 alıcı noktasında reverberasyon süresi parametresinin değerleri

T(30)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	0,66	0,68	0,45	0,30	0,24	0,42	0,35	0,31
2	0,66	0,69	0,44	0,30	0,23	0,41	0,35	0,30
3	0,68	0,69	0,45	0,28	0,22	0,42	0,34	0,29
4	0,71	0,74	0,42	0,29	0,22	0,40	0,35	0,30
5	0,67	0,69	0,43	0,28	0,22	0,41	0,35	0,30
6	0,66	0,68	0,42	0,28	0,21	0,40	0,33	0,29

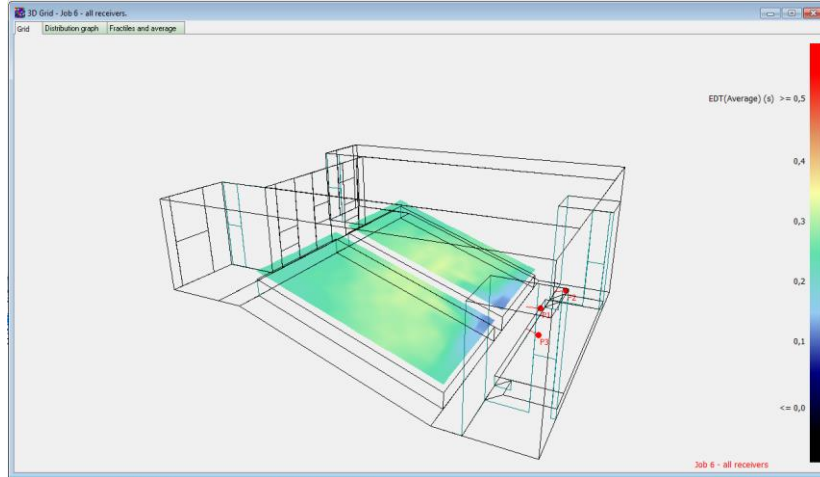


Şekil 9. Konferans Salonu - reverberasyon süresi (T₃₀) parametresinin dağılımı (ortalama)

Erken Sönümlenme Süresi Parametresi (EDT)

Çizelge 10. Perfore alçı panel için 6 alıcı noktasında erken sönümlenme süresi parametresinin değerleri

EDT	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	0,66	0,69	0,30	0,24	0,14	0,41	0,33	0,26
2	0,69	0,72	0,40	0,31	0,26	0,45	0,37	0,32
3	0,68	0,70	0,39	0,33	0,29	0,43	0,37	0,33
4	0,66	0,69	0,38	0,31	0,27	0,41	0,35	0,31
5	0,58	0,60	0,31	0,27	0,24	0,34	0,30	0,28
6	0,63	0,65	0,35	0,25	0,20	0,35	0,31	0,28

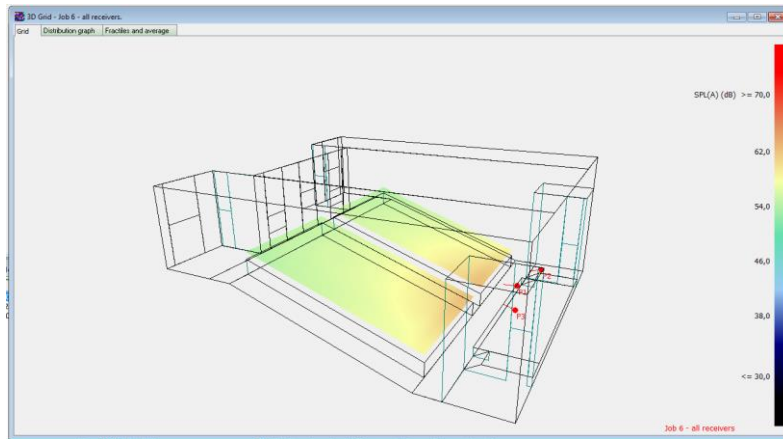


Şekil 10. Konferans Salonu - erken sönümlenme süresi (EDT) parametresinin dağılımı (500 Hz)

A - Ağırlıklı Ses Basıncı Seviyesi Parametresi (SPL(A))

Çizelge 11. Perfore alçı panel için 6 alıcı noktasında A-ağırlıklı ses basınç seviyesi parametresinin değerleri

SPL (A)	
1	608
2	58,0
3	57,5
4	56,5
5	55,8
6	55,1

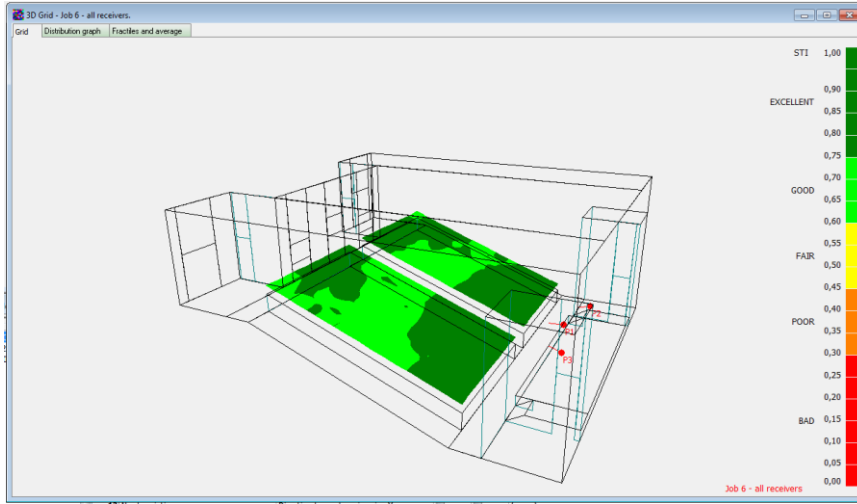


Şekil 11. Konferans Salonu – A-ağırlıklı ses basınç seviyesi (SPL(A)) parametresinin dağılımı

Konuşmanın İletim İndeksi Parametresi (STI)

Çizelge 12. Perfore alçı panel için 6 alıcı noktasında konuşmanın iletim indeksi parametresinin değerleri

STI	
1	0,81
2	0,76
3	0,75
4	0,74
5	0,76
6	0,75

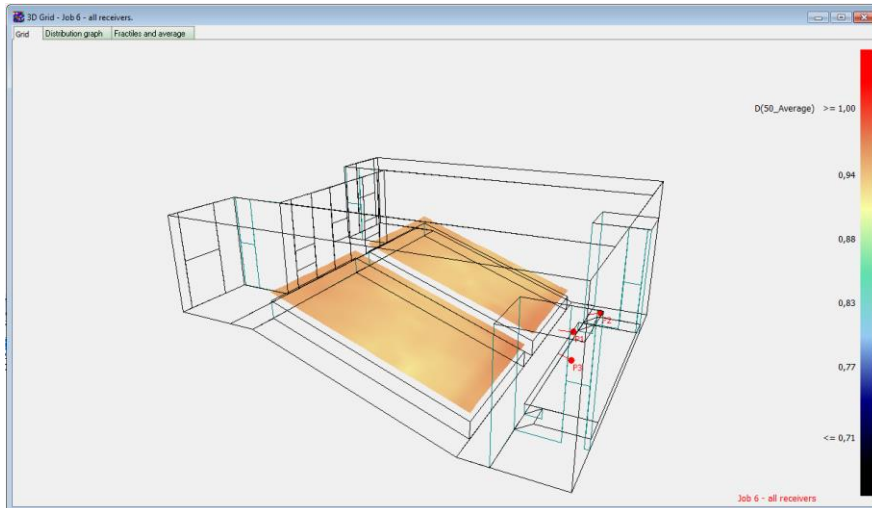


Şekil 12. Konferans Salonu - konuşmanın iletim indeksi (STI) parametresinin dağılımı

Konusmanın Belirginliği Parametresi (D50)

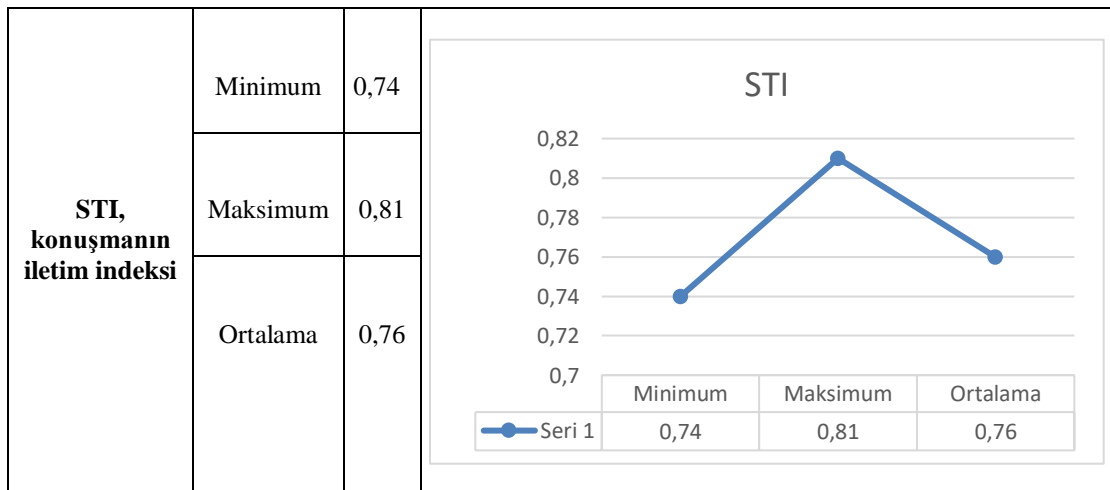
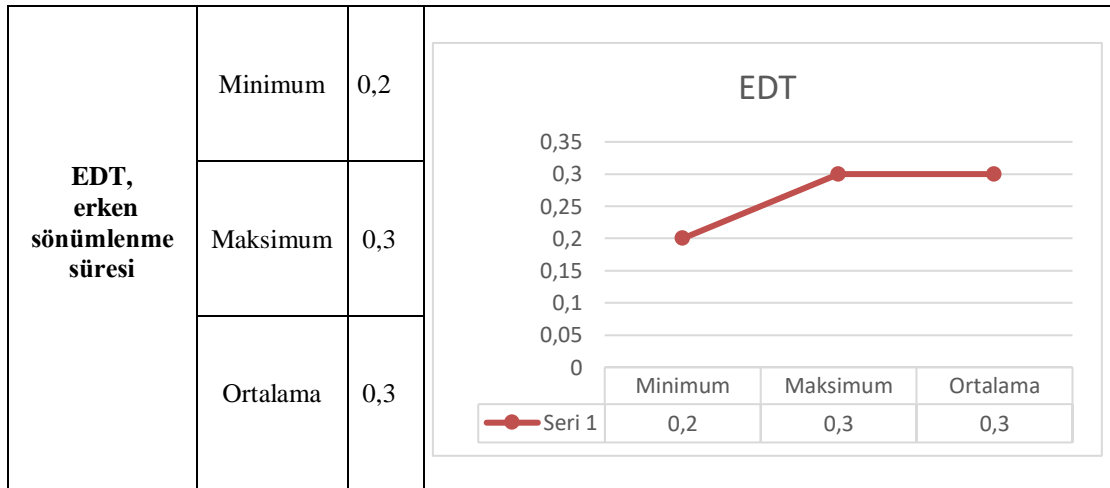
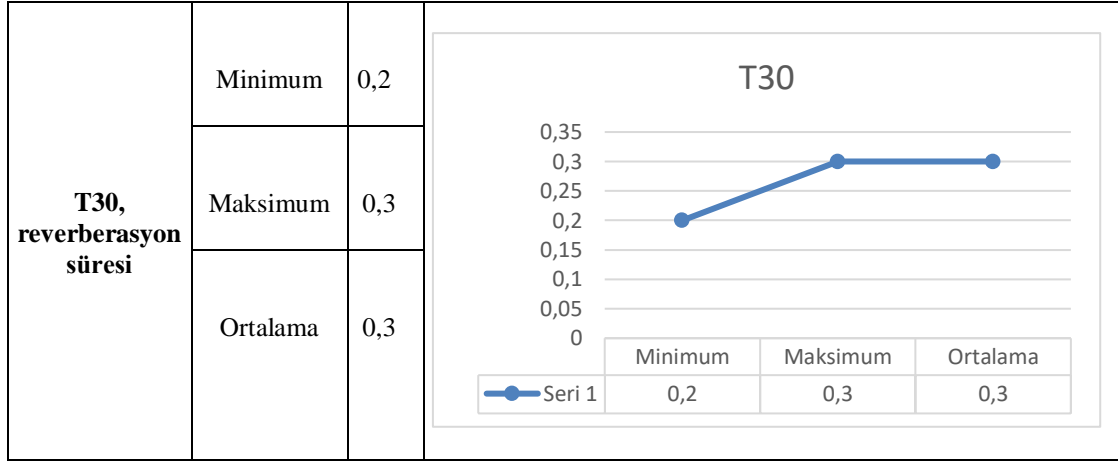
Çizelge 13. Perfore alçı panel için 6 alıcı noktasında konuşmanın belirginliği parametresi değerleri

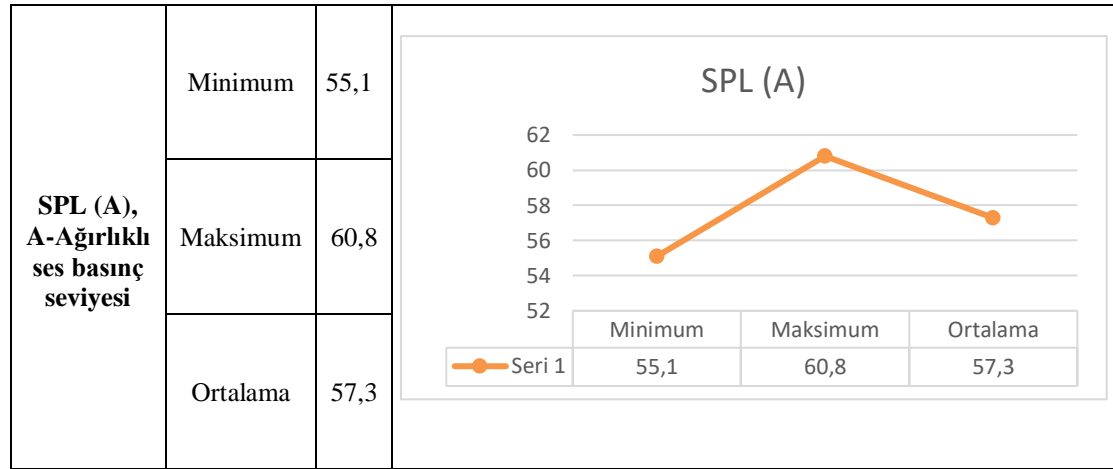
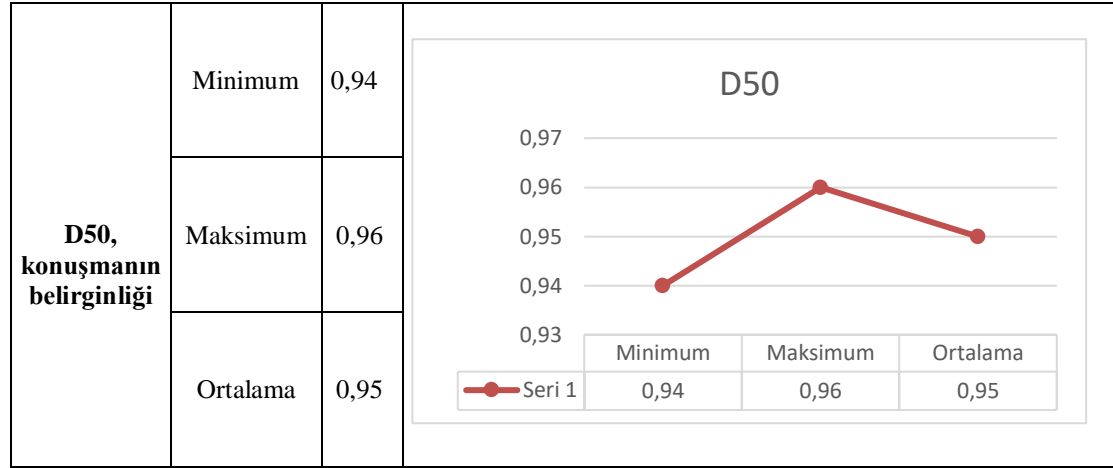
D50	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	0,80	0,79	0,91	0,95	0,97	0,87	0,91	0,94
2	0,74	0,72	0,87	0,92	0,95	0,83	0,88	0,91
3	0,71	0,70	0,87	0,92	0,96	0,82	0,87	0,91
4	0,70	0,69	0,85	0,92	0,96	0,82	0,87	0,91
5	0,75	0,74	0,89	0,95	0,97	0,86	0,90	0,93
6	0,71	0,70	0,87	0,95	0,97	0,86	0,90	0,93



Şekil 13. Konferans Salonu - konuşmanın belirginliği (D50) parametresinin dağılımı (ortalama)

Parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri aşağıda verilmiştir.





4. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışma kapsamında; konferans salonu için; projede yer alan ve uygulanmamış olan perfore ahşap panellerin kullanıldığı durum ile mevcut durumda uygulanmış perfore alçı panellerin kullanıldığı durum değerlendirilmiş ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Ülkemizde yürürlükte olan yönetmelik, ulusal/uluslararası standartlarda ve literatürde önerilen hacim akustiği parametrelerine göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.1'de optimum hacim akustiği parametre değerleri ve perfore ahşap/alçı panel kullanım durumu analiz sonuçları tablo olarak verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere; mevcut salonda uygulanan perfore alçı panel levha ile projede yer alan perfore ahşap panel kullanım durumları değerlendirildiğinde, hacim akustiği parametreleri bakımından birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Fakat bu salon için gerekli optimum hacim akustiği değerleri ile kıyaslandığında en önemli parametre olan reverberasyon süresinin, her iki koşul için de istenilen değer in altında kaldığı görülmektedir. Reverberasyon süresi sonuçlarının uygun değer aralığına getirilmesine yönelik olarak; yansıtıcı yüzey kullanımının artırılması ya da yutucu malzeme kullanımının frekansa bağlı ses yutma katsayıları değerlendirilerek yapılması önerilebilir.

Bu kapsamda ayrıca salon tasarımlarında akustik düzenlemenin proje bittikten sonra analiz edilmesinin uygun olmadığı, akustik tasarım ya da raporun proje aşamasında akustik uzman ile birlikte çalışarak malzeme kararlarına gidilmesi gerektiği öngörülmektedir.

Çizelge 14. Konferans salonunun hacim akustiği açısından analiz sonuçlarının değerlendirilmesi [8,9]

Hacim Akustiği Parametreleri	Optimum Değerler	Perfore Ahşap Panel	Değerlendirme (Perfore Ahşap Panel)	Perfore Alçı Panel	Değerlendirme (Perfore Alçı Panel)	Hissedilen Fark (JND)	
T30,mid Reverberasyon Süresi, sn (Reverberation Time)	$0,56 \leq T_{30,mid} \leq 0,84$ (500 Hz - 1000 Hz) [4,5]	0,40	UYGUN DEĞİL	0,30	UYGUN DEĞİL	%5	
EDT Erken Sönümlenme Süresi, sn (Early Decay Time)	$EDT \leq T_{30,mid}$ (500 Hz - 1000 Hz) [4,5]	0,30	UYGUN	0,30	UYGUN	%5	
Δ SPL(A) Ses Basınç Seviyesi Farkı, dBA (Sound Pressure Level)	Δ SPL(A) < 10 dBA [7]	5,4	UYGUN	5,7	UYGUN	-	
STI Konuşmanın İletim İndeksi (Speech Transmission Index)	0,75 < Çok iyi < 1,00	0,75	UYGUN DEĞİL	0,76	UYGUN	-	
	0,60 < İyi < 0,75						
	0,45 < Orta < 0,60						
	0,30 < Zayıf < 0,45						
	0,00 < Kötü < 0,30						
	[6]						
D ₅₀ Konuşmanın Belirginliği (Definition)	D ₅₀ > 0,50 tüm frekanslar [7]	125 Hz	0,71	UYGUN	0,72	UYGUN	%5
		250 Hz	0,93		0,88		
		500 Hz	0,92		0,93		
		1000 Hz	0,90		0,96		
		2000 Hz	0,84		0,84		
		4000 Hz	0,84		0,89		

Kaynaklar

- [1] Odeon A/S, “Room Acoustics Modelling Software, V 15.00 Auditorium”, Denmark, (2018).
- [2] ODEON Material Library
- [3] Mehta, M., Johnson, J., Rocafort, J., “Architectural Acoustics Principles and Design”, Merrill Prentice Hall, 301-306, (1999).
- [4] Ahnert, W. and H.P. Tennhardt, “Acoustics for Auditoriums and Concert Halls,” in Handbook for Sound Engineers, ed. G.M. Ballou, 4th ed., Elsevier Focal Press, (2008).
- [5] Everest, F. A., Pohlmann, K. C., “Master Handbook of Acoustics” McGraw Hill, (2009).
- [6] TS EN 60268-16: 2012-01, “Ses sistem cihazları-Bölüm 16: Konuşma iletim indeksi ile konuşma anlaşılabilirliğinin tarafsız sınıflandırılması”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (2012).
- [7] TS EN ISO 3382-1, “Akustik- Odaların Akustik Parametrelerinin Ölçülmesi - Bölüm 1: Performans Boşlukları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (2010).
- [8] DEMİREL, F., ÖZÇETİN, Z., EMİNEL, M., “Kongre ve Kültür Merkezi Örneğinde Çok Amaçlı Salon Akustiği İncelemesi”, Social Science Development Journal, ISSN 2630-6212, Volume 3 Issue 113, 15.10.2018.
- [9] DEMİREL, F., İLİSULU, G., GÖRKEM, M., (2018). “Acoustic Design of Sivas Cultural Center Multipurpose Hall”, Journal of Polytechnic (E - SCI), 21(3) (535-542).