SETSCI Conference Proceedings,
7: 167-178, 2019

ISAS 2019
3rd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies
Section: Fine Arts, Design and Architecture
April 19 – 21, 2019, Ankara, Turkey

Ahşap Akustik Panellerin Opera Salonunda Dinleme Sonuçları

Ali TELLİ[1*], Celil ÇELİK[2+] ve Ahmet MESTAN[3]

[1]*Mülkiyet Koruma ve Güvenlik/Sivil Savunma/Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye*
[3]*Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye*
[3]*Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*
[*]*Sorumlu Yazar:* ali.telli@dpu.edu.tr
[+]*Konuşmacı:* celil.celik@dpu.edu.tr
Sunum / Kâğıt Türü: Sözlü / Tam Metin

Özet –Yaşadığımız her ortamda gürültü, yankı ve çift ses vardır. Bu tip durumların yaşandığı en çok ortamların kapalı ortamlar
olduğu ve kapalı ortamlarda ise topluluk alanlarının yoğunlukla bulunduğu ortamlarda sezilmiştir. İnsanların geniş topluluk olarak sergilendiği en büyük ortamlar stadyumlar, konferans salonları derslik fabrika vb. gibi ortamlar başlangıç olarak gelmektedir. Gürültü ortamlarının kendi i Ortamı gürültüden arındırmak insanlar arasında iletişsek sorunların ortadan kaldırılmasını sağlar. Bunun için doğal kaynakların yanında suni kaynaklarında kullanılması kaçınılmazdır. Ahşap akustik paneller duyum kalitesini gürültüden arındıran duyulan seslerin berrak olmasını sağlayarak eko seviyesini en aza indiren malzemelerdir. Ahşap ses absorbsiyonu bakımından doğal bir malzeme olmasından dolayı ses emme kabiliyeti diğer malzemelere göre daha fazladır ve diğer malzemelere göre daha ucuzdur. Bu çalışmada 1381 kapasiteli konferans salonu örnek olarak alınmıştır. Konferans salonunun varsayılan malzemeler sırası ile yansıtıcı panelinde ham MDF panel, yan ve arka duvar emici panellerinde akustik nitelikli MDF panel (8mm çapında ve 16mm aralığında delikli), sahne portal ve tavan emici panel bölümünde akustik nitelikli MDF panel (3mm - 32mm) kullanılmıştır. Ayrıca mekânın zemininde halı, sahne zemininde ahşap parke, seyirci koltuklarında tekstil döşeme kaplaması kullanılmıştır. Sahne ortamı belirtilen materyaller kullanılarak ODEON 14.01 Auditorium benzetim programında incelenmiştir. Simülasyon programında Erken Düşüş Süresi (EDT), Yansışım Süresi T20- T30), Konuşma Anlaşılırlığı (Speech Transmission Index, STI), Netlik (D50) testleri yapılmıştır. Ve elde edilen analizler neticesinde mevcut salondaki ilk ve son değerler arasındaki N değerleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda; EDT 1.12s, T20 1.70s, T30 1.00s, STI 0.65 ve D50 0.50 olarak elde edilen parametreler değerlendirilmiştir.
Anahtar Kelimeler- *Ses Absorbsiyonu, Eko, Ses Emme Kabiliyeti, MDF Panel, Auditorium Simülasyon, Erken Düşüş Süresi Yansışım Süresi, Konuşma Anlaşılırlığı*

Results of Wooden Acoustic Panels on The Opera Hall

Abstract-There are noise, echo and double sound in every environment we live in. It was observed that most environments wheresuch situations were experienced were closed environments and in closed environments where the community areas wereconcentrated. The largest environments where people are exhibited as large communities are stadiums, conference halls,classrooms etc. environments such as; Noise environments have their own I Decompressing the environment noise eliminatesthe communicative problems among people. For this purpose, it is inevitable to use it in artificial sources as well as naturalresources. Wood acoustic panels are the materials that minimize the echo level by making the sounds that are clear of the noisequality of the senses to be clear. Due to the fact that wood is a natural material for sound absorption, its sound absorption abilityis higher than other materials and it is cheaper than other materials. In this study 1381 capacity conference hall was taken as anexample. The default materials of the conference hall were raw MDF panels on the reflective panel, acoustic MDF panels on theside and back wall absorbent panels (8mm diameter and 16mm perforated), stage gantry and acoustic MDF panels (3mm - 32mm)on the ceiling absorbent panel section. In addition, the floor of the floor carpet, wooden parquet on the stage floor, textile flooringin the seats were used. The scene environment was examined in the ODEON 14.01 Auditorium simulation program using thespecified materials. In the simulation program, Early Fall Time (EDT), Reflection Time T20-T30), Speech Transmission Index
(STI), Clarity (D50) tests were performed. As a result of analyzes, N values between the first and last values in the existing hall were examined. As a result of this review; the parameters obtained as EDT 1.12s, T20 1.70s, T30 1.00s, STI 0.65 and D50 0.50 were evaluated.
Keywords- *Sound Absorption, Echo, Sound Absorption Ability, MDF Panel, Auditorium Simulation, Early Decay Time Reflection Time, Speech Understanding*

1. İçerik

Belirtilen veriler standartlar çerçevesinde 1381 kişilik Kültür ve Kongre Merkezinde bulunan opera,, konferans, salonu , tiyatro ve bale amaçlı kullanılması planlanan salonda yapılan simülasyon çalışmasının veri ve sonuçları aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir.

Hesaplamalar

1.1 Tasarım Ölçüt ve Koşulları

1.1.1 Arka Plan Gürültüsü

Arka plan gürültüsü, Gürültü Eğrileri (Noise Curve) ile tanımlanmakta olup havalandırma sistemi ve asansör, mekanik tesisatlar vb. diğer bina hizmetlerinden kaynaklanan gürültüyü kapsamaktadır. Bu tip salanlar için öngörülen gürültü eğrisi NC25 olup frekans bazındaki gürültü karakteristiği aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 1. NC 25– Arka Plan Gürültü Eğrisi

NC 25								
Oktav Bandı Merkez Frekansı (Hz)	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
Ses Basınç Seviyesi SPL (dB)	54	44	37	31	27	24	22	21

1.1.2 Akustik Tasarım için yapılan simülasyonda yukarıdaki NC25 gürültü eğrisi değerleri, arka plan gürültüsü olarak uygulanmıştır. Erken Düşüş Süresi, EDT

Erken düşüş süresi de bir yansışım süresi parametresidir. EDT sesin ilk 5db – 15dB düşüş Aralığındaki 10dB'lik düşüş eğrisinden hesaplanır. EDT salondaki alıcı konumlarındaki yansışım karakterini gösterir.

Salon için hedeflenen EDT değerleri 125Hz-4000Hz frekans aralığı için aşağıdaki tabloda belirtilmiştir: .

Tablo 2. EDT – Hedef Erken Düşüş Süresi Değerleri

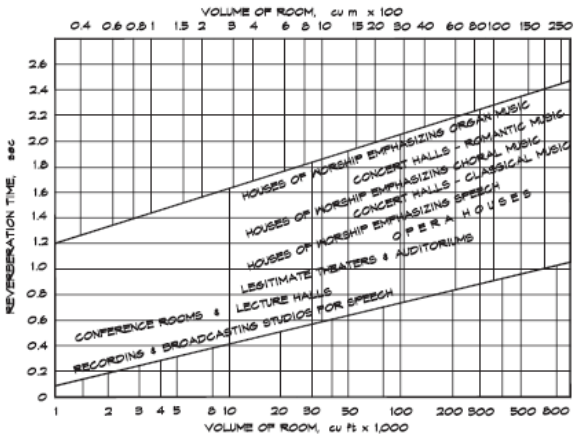
Erken Düşüş Süresi, EDT	
Oktav Bandı Merkez Frekansı (Hz)	**125 - 4000**
EDT	1.00s≤EDT≤1.20s

1.1.3 Yansışım Süresi, T20

Yansışım veya çınlama süresi, kapalı bir hacmin akustik tasarımındaki ana parametredir. Bu parametre sesin 20 dB'lik sönüm eğrisinin regresyon analizi yöntemiyle doğru haline getirilerek aynı eğimle 60 dB'ye tamamlanmasıyla elde edilir. T20 parametresi, ilk 5db – 25dB düşüşteki 20dB'lik düşüş eğrisinden elde edilir. T20 salonun gelen yansışım karakterini gösterir.

Tablo 3. T20 – Hedef Yansışım Süresi Değerleri

Yansışım Süresi, RT	
Oktav Bandı Merkez Frekansı (Hz)	**125 - 4000**
T20	1.00s≤T20≤1.20s



Şekil 1. Hacimlere Göre Yansışım süresi Grafiği

1.1.4 Yansışım Süresi, T30

1.1.5 Yansışım veya çınlama süresi, kapalı bir hacmin akustik tasarımındaki ana parametredir. Bu parametre sesin 30 dB'lik sönüm eğrisinin regresyon analizi yöntemiyle doğru haline getirilerek aynı eğimle 60 dB'ye tamamlanmasıyla elde edilir. T30 parametresi, ilk 5db – 35dB düşüşteki 30dB'lik düşüş eğrisinden elde edilir. T30 salonun gelen yansışım karakterini gösterir.

Tablo 4. T30 – Hedef Yansışım Süresi Değerleri

1.1.6	Yansışım Süresi, RT		
1.1.7	Oktav Bandı Merkez Frekansı (Hz)	1.1.8	125 - 4000
1.1.9	T30	1.1.10	1.00s≤T30≤1.20s

1.1.11 Konuşma Anlaşılırlığı (Speech Transmission Index, STI)

Salonun ana kullanım amacı konuşma ağırlıklı etkinlikleri kapsadığı için salon içindeki konuşmaların anlaşılırlığı salonun hedeflenen işlevi göstermesi bakımından önemlidir. Konuşma anlaşılırlığı, konuşma iletim göstergesi (Speech Transmission Index, STI) ile ölçülmektedir. Salon için hedeflenen STI değeri aşağıda verilmektedir:

Tablo 5. STI– Hedef Konuşma Anlaşılırlığı Değeri

Konuşma Anlaşılırlığı, STI	
STI	≥0.60

1.1.12 Netlik (Definition, D50)

Netlik, D50, parametresi, konuşmada ve aynı zamanda şark içindeki hecelerin netliğini ölçmek için kullanılmaktadır. D50 parametresi, alıcı noktasına doğrudan gelen sesin varışından sonraki ilk 50ms içinde ulaşan sesin enerjisinin bu noktaya ulaşan tüm ses enerjisine oranı ile bulunur.

Salon için hedeflenen D50 değeri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 6. D50– Hedef Değeri

Netlik, D50	
D50	>0.00

1.1.13 Echo

Echo parametresi, 50ms' den sonra gelen, geç yansımaların yarattığı sesin tekrarlanması etkisidir. Konuşma kalitesini direkt olarak etkileyen bu parametre için kabul edilebilir en üst değer 1.5s'dir.

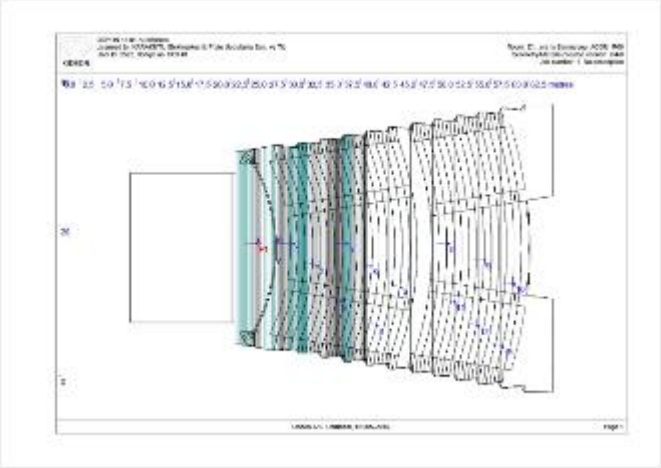
Salon için hedeflenen Echo değer aralığı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 7. Echo– Hedef Değeri

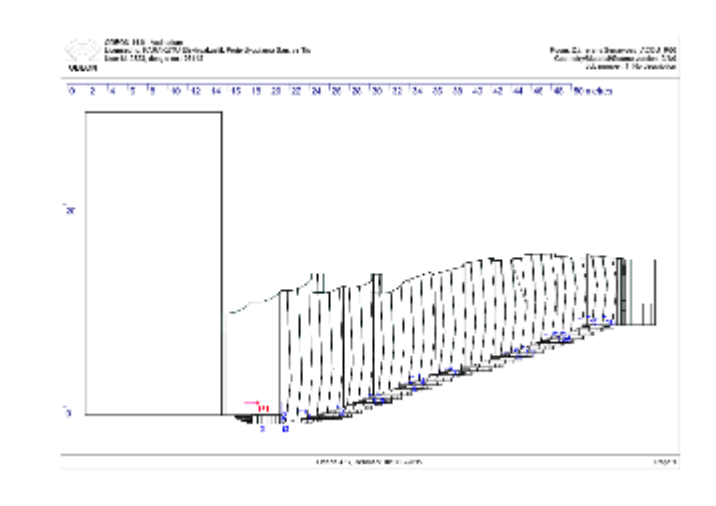
Echo	
Echo	≤0.9s

1.2 Salon Modeli

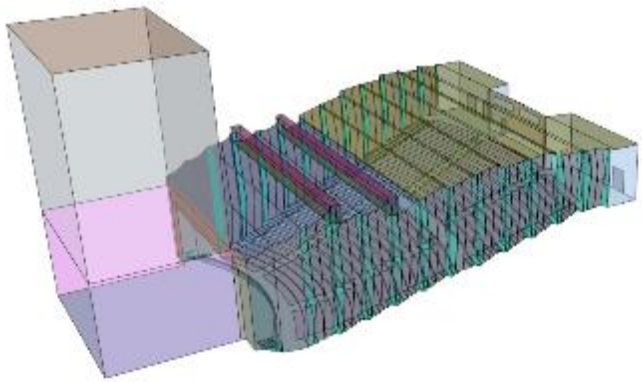
Akustik simülasyonun gerçekleştirildiği salon modelinin plan, kesit ve perspektif görünümleri simülasyonda kullanılan ses kaynağı (kırmızı) ve alıcı noktalarıyla (mavi) birlikte aşağıda görülmektedir.



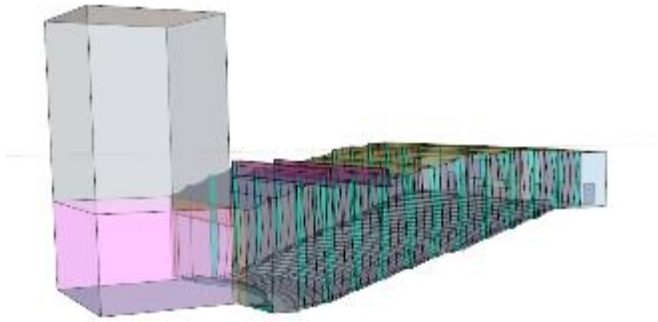
Şekil 2. Akustik Simülasyon Modeli – Plan Görünümü



Şekil 3. Akustik Simülasyon Modeli – Kesit Görünümü



Şekil 4. Akustik Simülasyon Modeli – Perspektif Görünümü



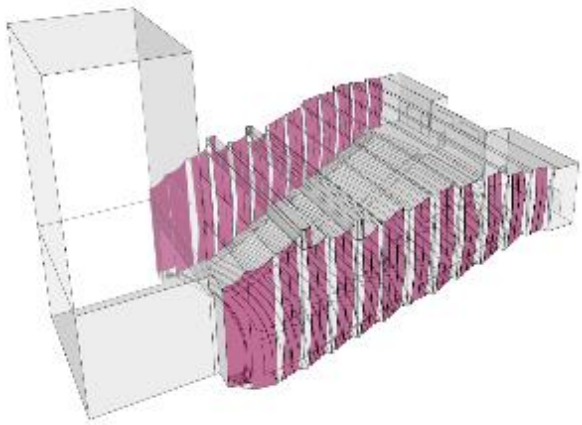
Şekil 5. Akustik Simülasyon Modeli – Perspektif Kesit Görünümü

1.3 Salon Bölümleri ve Akustik Yüzeyler

Aşağıdaki bölümler, simülasyonda kullanılan akustik yüzeylerin konumlarını belirtmektedir. Yüzeyleri kaplaması öngörülen malzemelerin ses yutma katsayıları bu bölümün sonundaki tabloda sunulmuştur.

1.3.1 Yan Duvar Yansıtıcı Panel Uygulaması

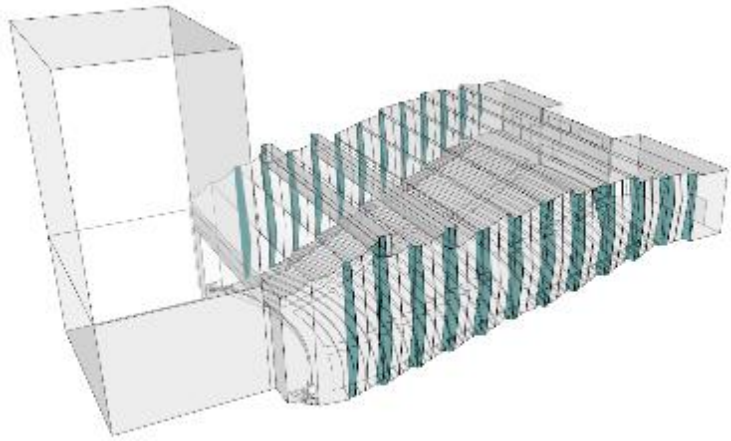
Salonda, seyirci alanlarının, yanal yansımalardan en verimli şekilde faydalanması için, yan duvarlarda belirlenen kısımlara yansıtıcı nitelikli düz ahşap panel uygulaması öngörülmüştür. Yansıtıcı panellerin uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş ve panele ait emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.



Şekil 6. Yan Duvar Yansıtıcı Panel Uygulama Alanı

1.3.2 Yan Duvar Emici Panel Uygulaması

Salonda, seyirci alanlarının yan taraflarında kalan duvarların bir bölümünde, akustik parametrelerin oturması adına, akustik emici nitelikli, delikli MDF panel uygulaması öngörülmüştür. Buraya uygulanacak panellerin delik çapları 8 mm, aks Aralıkları 16 mm olup, panellerin arkalarına 50 mm kalınlığında ve 50 kg/m3 yoğunluğunda taş yünü uygulaması gerekmektedir. Panele ait malzeme detay paftası sayfa 34, şekil 29'da verilmiştir. Akustik emici nitelikli panellerin uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş ve panellere ait emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.



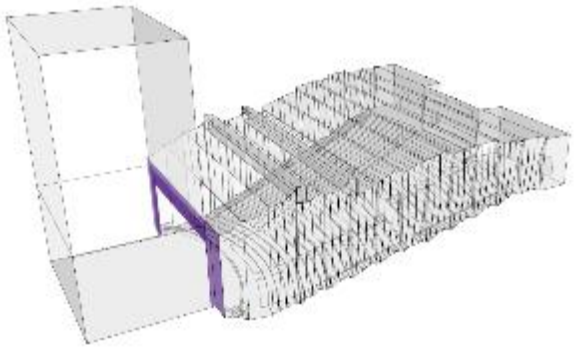
Şekil 7. Yan Duvar Emici Panel Uygulama Alanı

1.3.3 Arka Duvar ve Tavan Emici Panel Uygulaması

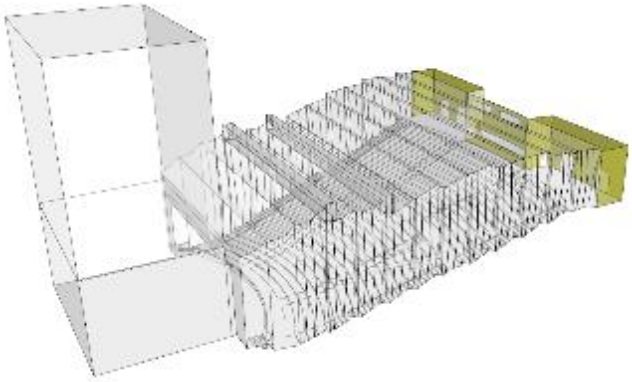
Salonda, dinleyici alanlarının arkasında kalan duvarların ve tavanın akustik emici nitelikli, delikli MDF panel ile kaplanması öngörülmüştür. Buraya uygulanacak panellerin delik çapları 8 mm, aks Aralıkları 16 mm olup, panellerin arkalarına 50 mm kalınlığında ve 50 kg/m3 yoğunluğunda taş yünü uygulaması gerekmektedir. Panele ait malzeme detay paftası sayfa 35, şekil 30'da verilmiştir. Akustik emici nitelikli panellerin uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş ve panellere ait emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.

1.3.4 Portal Uygulaması

Sahne portalı, akustik emici nitelikli, delikli MDF panel ile kaplanması öngörülmüştür. Buraya uygulanacak panellerin delik çapları 3 mm, aks Aralıkları 32 mm olup, panellerin arkalarına 100 mm kalınlığında ve 100 kg/m3 yoğunluğunda taş yünü uygulaması gerekmektedir. Panele ait malzeme detay paftası sayfa 36, şekil 31'de verilmiştir. Akustik emici nitelikli panellerin portal uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş ve panellere ait emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.



Şekil 8. Portal Uygulama Alanı



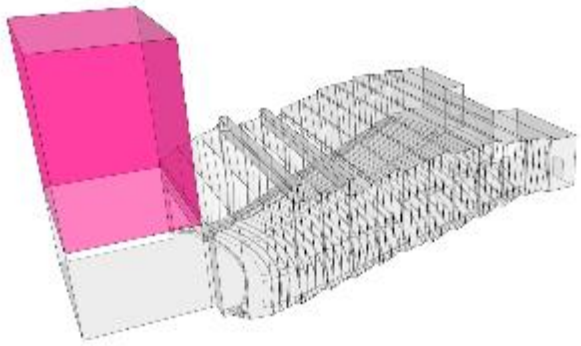
Şekil 9. Arka Duvar Emici Panel Uygulama Alanı

1.3.5 Sahne Perde Uygulaması

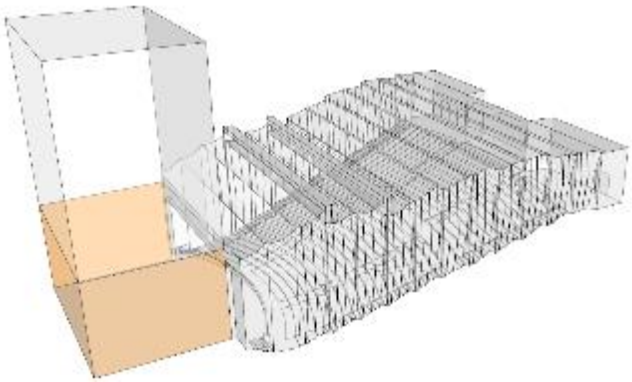
Salonun Konferans Salonu senaryosu için gerekli akustik şartları sağlamak üzere, sahne duvarlarına akustik emici nitelikli perde uygulaması öngörülmüştür. Sahne perde uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş olup, malzemeye ait emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.

1.3.6 Sahne Boşluğu Duvar Uygulaması

Salonun Konferans Salonu senaryosu için gerekli akustik şartları sağlamak üzere, sahne boşluğu duvarlarının akustik emici nitelikli, delikli MDF panel ile kaplanması öngörülmüştür. Buraya uygulanacak panellerin delik çapları 3 mm, aks Aralıkları 16 mm olup, panellerin arkalarına 100 mm kalınlığında ve 70 kg/m3 yoğunluğunda taş yünü uygulaması gerekmektedir. Panele ait malzeme detay paftası sayfa 37, şekil 32'de verilmiştir. Akustik emici nitelikli panellerin sahne boşluğu uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş ve panellere ait emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.



Şekil 10. Sahne Boşluğu Duvar Uygulama Alanı

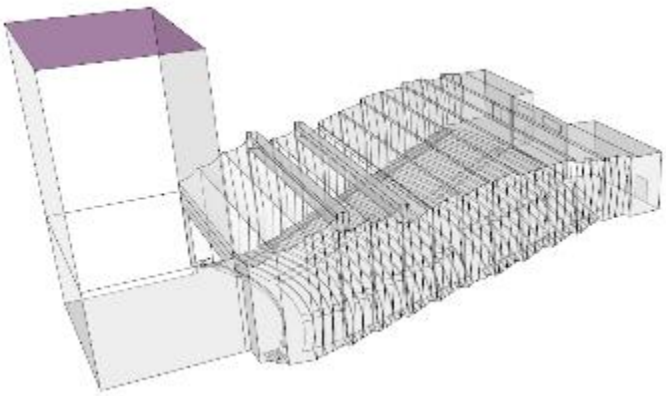


Şekil 11. Sahne Perde Uygulama Alanı

1.3.7 Sahne Tavan Uygulaması

Salonun sahne tavanında, akustik emici nitelikli mineral yünü uygulaması öngörülmüştür. Kullanılacak malzemenin 38 mm kalınlığında ve 95 kg/m3 yoğunluğunda olması gerekmektedir.

Akustik emici nitelikli mineral yünü, sahne tavan uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş ve panellere ait emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.



Şekil 12. Sahne Tavan Uygulama Alanı

1.3.8 Tavan Yansıtıcı Panel Uygulaması

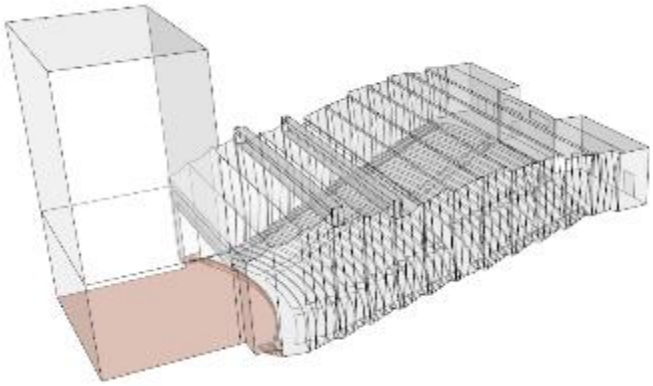
1.3.9 Salonun dinleyici alanının ön tarafında kalan, dışbükey formda tasarlanan tavan panelleri, yansıtıcı nitelikte olup, ahşap malzemeden oluşturulmuştur. Paneller sahneden gelen sesin seyirci alanlarına dengeli ve yeterli dağıtılmasında rol oynamaktadır. Yansıtıcı nitelikli tavan panel uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş olup, emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.

1.3.10 Zemin Halı Uygulaması

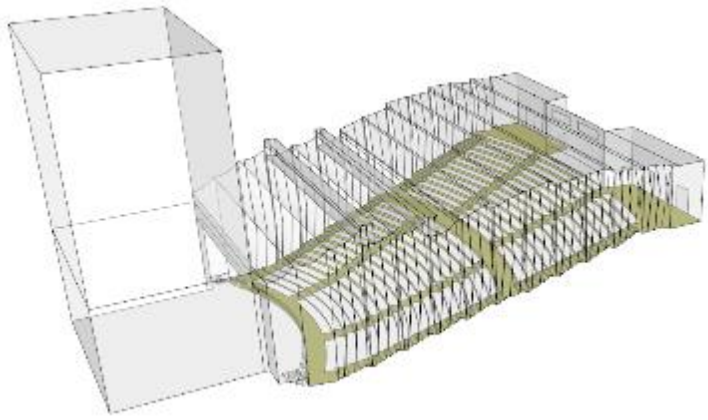
Salon dinleyici bölümü zemini halı ile kaplanmıştır. Akustik simülasyon sonucu alınırken %100 polyamide esaslı, alev almaz, kir ve lekeye karşı ekstra dayanıklı, hav çıkarmayan özellikte, anti statik ve antibakteriyal 1400 gr/m² hav ağırlığında ve keçe tabanlı halı kullanılmıştır. Zemin halı uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş olup, emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.

1.3.11 Sahne Zemin Uygulaması

Sahne zemini, düz ahşap malzeme ile kaplanmıştır. Sahne zemin uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş olup, emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.



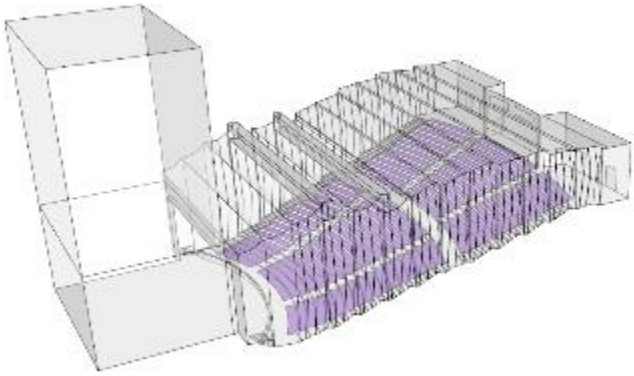
Şekil 13. Sahne Zemin Uygulama Alanı



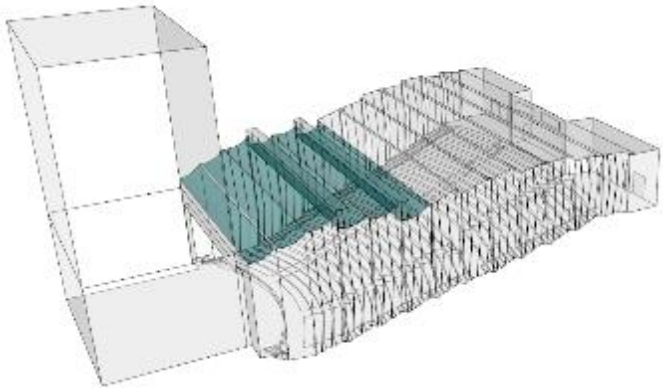
Şekil 14. Zemin Halı Uygulama Alanı

1.3.12 Seyirci Koltukları

Seyirci koltukları döşeme kaplı sabit koltuklardır. Koltuk uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş olup, emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.



Şekil 15. Seyirci Koltukları



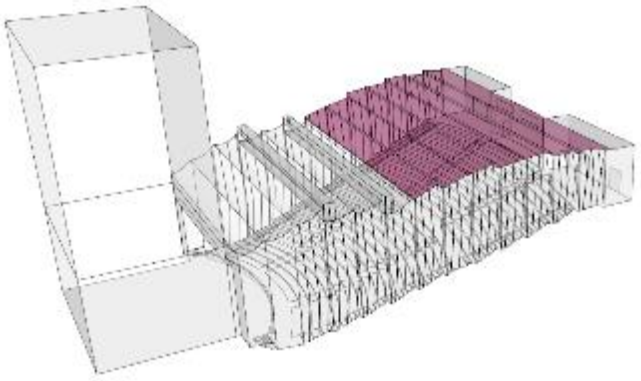
Şekil 16. Tavan Yansıtıcı Panel Uygulama Alanı

1.3.13 Tavan Emici Panel Uygulaması

Salonun dinleyici alanının arka tarafında kalan, düz formda tasarlanan tavan panelleri, emici nitelikte olup, akustik emici nitelikli, delikli MDF panellerden oluşturulmuştur. Buraya uygulanacak panellerin delik çapları 3 mm, aks Aralıkları 32

mm olup, panellerin arkalarına 100 mm kalınlığında ve 100 kg/m3 yoğunluğunda taş yünü uygulaması gerekmektedir. Panele ait malzeme detay paftası sayfa 38, şekil 33'de verilmiştir.

Akustik emici nitelikli panellerin tavan uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş ve panellere ait emicilik detayları, "akustik veriler" başlığındaki "ses yutma katsayısı" tablosunda verilmiştir.



Şekil 17. Tavan Emici Panel Uygulama Alanı

1.3.14 Akustik Veriler

Simülasyonda kullanılan yüzeylerin ses yutma katsayıları simülasyon programında tanımlanan bölümlere göre aşağıdaki tabloda verilmiştir.

BİNA İŞLEVİ	MEKAN	ZAMAN DİLİMİ Gece: 23.00 – 07.00 Akşam: 19.00 – 23.00 Gündüz: 07.00-19.00	L_{Aeq} AKUSTİK KALİTE SINIFI					
			A	B	C	D	E	F
Kültürel Tesisler	Tiyatro-Konferans Salonları-Oditoryum	24 saat	25	27	30	32	35	37
	Sinema Salonları	24 saat	25	27	30	32	35	37
	Konser Salonları	24 saat	15	17	20	22	25	27
	Müzeler	Gündüz	30	27	35	37	40	42
	Kütüphaneler	24 saat	20	25	30	35	40	45
	Müzik-TV Stüdyoları	24 saat	15	17	20	22	25	27

Tablo 8. Tüm Yüzeylerin Ses Yutma Katsayıları Tablosu

	Malzeme Türü	Ses Yutma Katsayısı, α					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Yan Duvar Yansıtıcı Panel	Düz Ahşap Panel	0.19	0.14	0.09	0.06	0.06	0.05
Yan Duvar Emici Panel	Akustik Nitelikli MDF Panel (8-16)	0.45	0.73	0.74	0.88	0.90	0.64
Arka Duvar Emici Panel	Akustik Nitelikli MDF Panel (8-16)	0.45	0.73	0.74	0.88	0.90	0.64
Sahne Portalı	Akustik Nitelikli MDF Panel (3-32)	1.00	0.38	0.13	0.04	0.01	0.00
Sahne Perdesi	Akustik Nitelikli Perde	0.07	0.31	0.49	0.81	0.66	0.54
Sahne Boşluğu Duvar	Akustik Nitelikli MDF Panel (3-16)	0.74	0.58	0.42	0.16	0.04	0.01
Sahne Tavan	Mineral Yünü	0.19	0.41	0.89	1.00	1.00	1.00
Tavan Yansıtıcı Panel	Düz Ahşap Panel	0.19	0.14	0.09	0.06	0.06	0.05
Tavan Emici Panel	Akustik Nitelikli MDF Panel (3-32)	1.00	0.38	0.13	0.04	0.01	0.00
Seyirci Alanı Zemin	Halı	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
Sahne Zemin	Ahşap	0.18	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07

Seyirci Koltukları	Tekstil Döşeme	0.03	0.09	0.20	0.54	0.70	0.72

2 Akustik Simülasyon Sonuçları

2.1 Erken Düşüş Süresi, EDT

125Hz – 4000 Hz oktav bantlarındaki EDT ortalaması 1.12 saniyedir. Aşağıdaki tablo ve şekillerde dinleyici alanlarında dengeli bir EDT dağılımının elde edildiği görülmektedir.

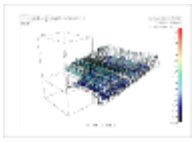
Tablo 9. Salon EDT Sonuçları

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
EDT (s)	1.26	1.22	1.11	1.06	1.06	1.02

18. EDT Frekans Grafiği



Şekil 19. EDT Dağılım Haritası @100



2.2 Yansışım Süresi, T20

125Hz – 4000 Hz oktav bantlarındaki T20 ortalaması 1.17 saniyedir. Alıcı noktalarında ölçülen T20 sürelerinin frekansa göre dağılım grafiği aşağıda verilmektedir. Grafik tüm alıcı noktalarında elde edilen değerlerin ortalaması ile elde edilmiştir.

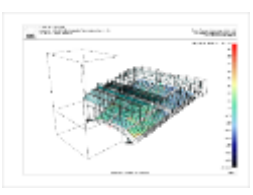
Tablo 10. Salon T20 Sonuçları

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T20 (s)	1.04	1.11	1.02	1.98	0.98	0.89

Şekil 21. T20 Dağılım Haritası @1

Şekil 20. T20 Frekans Grafiği





2.3 Yansışım Süresi, T30

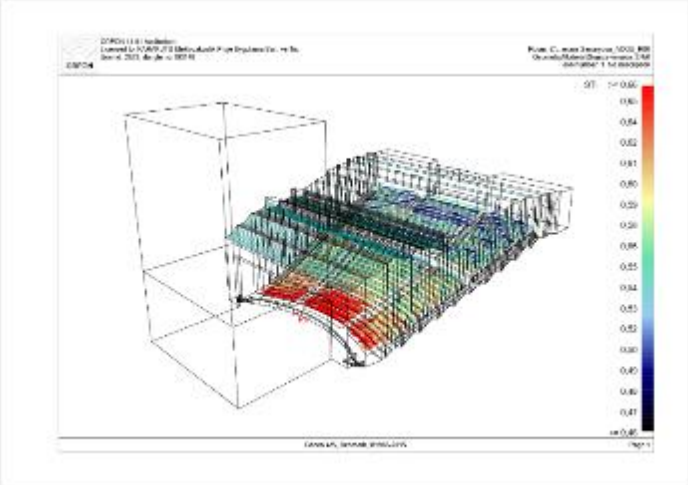
125Hz – 4000 Hz oktav bantlarındaki T30 ortalaması 1.00 saniyedir. Alıcı noktalarında ölçülen T30 sürelerinin frekansa göre dağılım grafiği aşağıda verilmektedir. Grafik tüm alıcı noktalarında elde edilen değerlerin ortalaması ile elde edilmiştir.

Tablo 11. Salon T30 Sonuçları

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T30 (s)	1.05	1.13	1.02	1.01	1.08	0.91

2.4 Konuşma Anlaşılırlığı (Speech Transmission Index, STI)

Dinleyici alanında elde edilen ortalama STI değeri 0.65 olup dağılım haritası aşağıdaki şekilde verilmiştir.



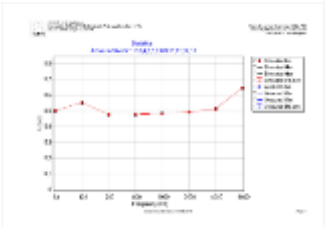
Şekil 22. STI – Dinleyici Alanı Dağılım Haritası

2.5 Netlik, D50

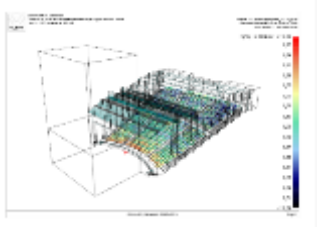
Netlik, D50 değerleri değeri 0.50ve dağılım grafikleri aşağıdaki tablo ve şekillerde verilmiştir.

Tablo 12. Salon D50 Sonuçları

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
D50	0.55	0.48	0.48	0.48	0.49	0.51



Şekil 23. D50 Frekans Grafiği



Şekil 24. D50 Dağılım Haritası @1000Hz

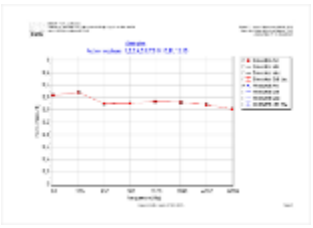
2.6 Echo

Echo ortalama değeri 0.66s olup, dağılım grafikleri aşağıdaki tablo ve şekillerde verilmiştir.

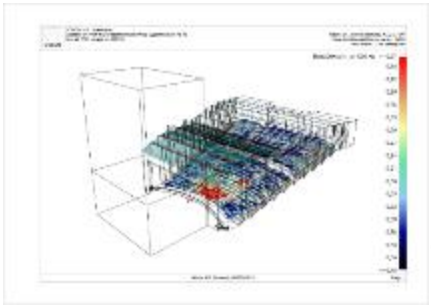
Tablo 13. Salon Echo Sonuçları

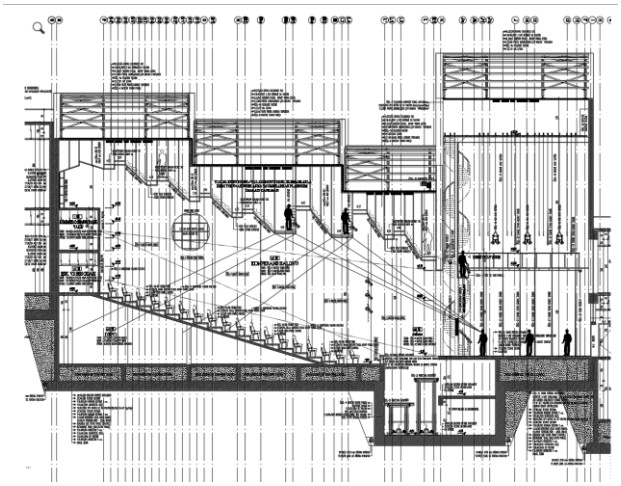
Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Echo	0.74	0.65	0.65	0.67	0.66	0.64

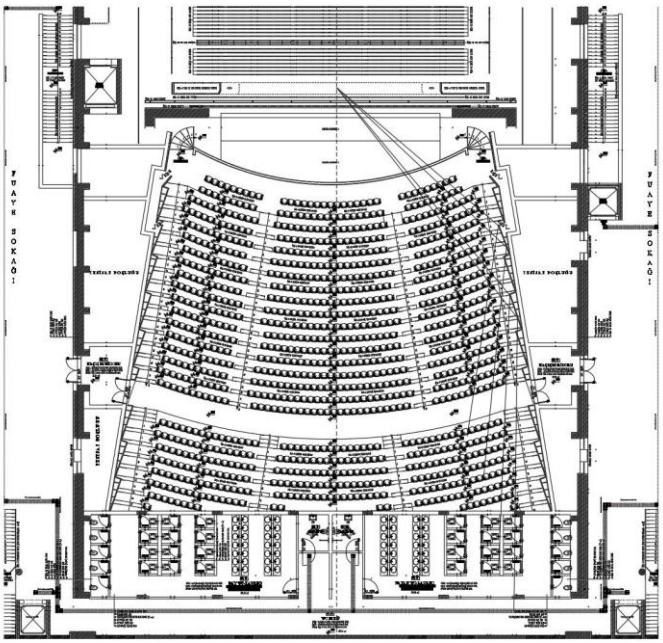
l 25. Echo Frekans Grafiği



Şekil 26. Echo Dağılım Haritası







2. Sonuç ve Öneriler

6.1.1 1 Tavan Açıları

Mevcut projeye ait çizimde, tavan açıları sesin seyirciye oranlı bir şekilde yayılmasına değil tam tersine ses dalgalarının tavan arkasına ve kontrol odasının üstünde kalan boşluğa gitmesine yol açmakta ve buralarda bass enerjinin yüksek olmasına sebebiyet vermektedir. Bu özellikle akustik amaçlı kullanılacak bir alan açısından oldukça yanlış ve riskli bir durum olup mekân içerisinde konuşmanın anlaşılması, netlik, canlılık, bütünlük gibi pek çok öznel akustik parametrenin seyirci tarafından anlaşılmamasına neden olacaktır.

Bu yüzden salon tavan panellerinin açıları ses dalgalarının seyirciye dengeli ve doğru bir şekilde yönlenmesini sağlayacak biçimde tekrar düzenlenmelidir. Tavan açılarının akustik parametrelerdeki hedef değerleri tutmasına engel olmakla birlikte, sahne performansı yapan sanatçının aydınlatılmasıyla alakalı olarak çeşitli revizeler ihtiyaç vardır. Bu revizeler ışık köprülerinin yükseklik ve sahneye uzaklığını aynı zamanda sahnenin her noktasına en az üç farklı açıdan aydınlatma yapabilmesi istenmektedir.

2.6.1.2 1.2 Duvar Açıları

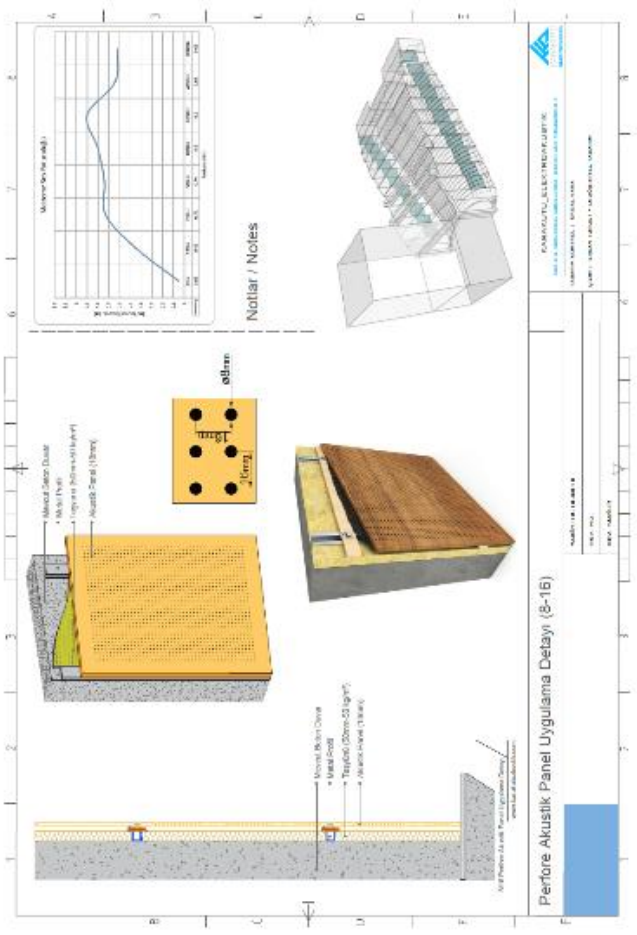
Mevcut projeye ait çizimde salonun duvardaki akustik panel açıları ters olacak şekilde düzenlenmiş, panellerin dik açıdaki kısımları gelen ses dalgasına döndürülmüştür. Bu durum sesin yanlış yayılmasına sebep olacaktır. Bu sebeple duvardaki akustik panel yerleşimleri tekrar tasarlanmalıdır.

2.6.1.3 1.3 Tavan Yüksekliği ile Hacmin Azaltılması

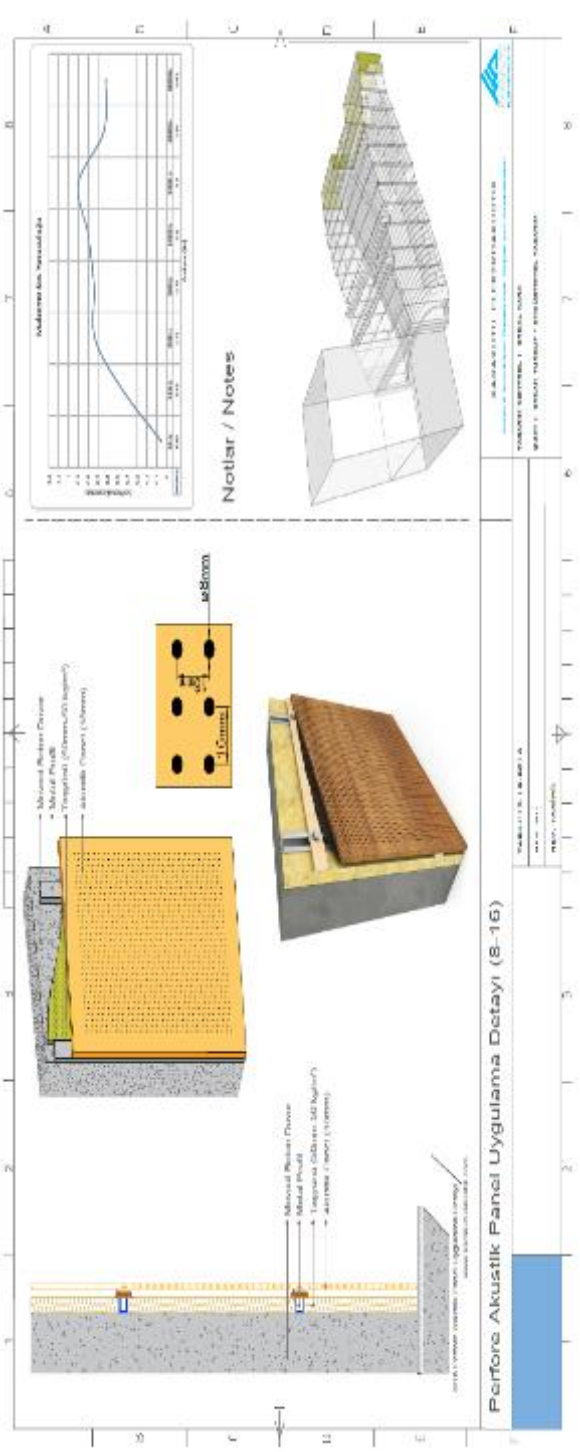
Akustik nitelikli hacimlerde sesin dengeli dağılması ve emilmesi açısından kişi başına düşen hava hacmi maksimum 10m3 olmalıdır. Mevcut projede bu hacim kişi başına 10m3 ün üzerindedir ve bu da toplamda ciddi bir ses iletim kaybına sebep olur. Ayrıca kontrol odası ve tavan panelleri arasında yer alan boşlukta ciddi anlamda flutterecho oluşacağından dolayı bu alanın kapatılması gerekmektedir. Bu sebepler dolayısıyla tavan panel sistemi aşağı çekilerek hacim küçültülmeli ve söz konusu riskli alanlar kapatılmalıdır. Bu değişen hacim akustiğin yanı sıra, iklimlendirme, mimari aydınlatma, sahne aydınlatması vb sistemleri ciddi anlamda etkileyeceğinden bu sistemlerin yeniden çözümlenmesi gerekmektedir. Tavan yansımaları için kullanılacak tavan yüzeylerinin sadece 1. Ve 2. Işık köprülerinin altlarına denk geldiği, bu yüzeylerin de çok az dinleyici kısmını kapsadığı kanısına varılmıştır. Salonun arka tarafında (seyirci sırtı) frekansların rahatlıkla toplanabileceği ve olumsuz bir etki ile salona dönüş yapabileceği bir hacim bırakılmıştır. Bu hacmin tavan formu ile birlikte tavan üzerinde bırakılması doğru olacaktır. Her iki salonda da orkestra çukuru planlanması yapılmasına rağmen, pit ağız açıklığında çıkacak sesin dinleyiciye yönlendirilmesi için tavan ve orkestra çukuru içerisinde herhangi bir önlem alınmamıştır. Mevcut durumda orkestra çukuru içerisinde yapılan performansa ait sesin dinleyiciye aynı zamanda sahnedeki opera sanatçısının çukur içerisinde icra durumunda çalgıcıya ulaşması çok mümkün görünmemektedir. Her iki salonda da yan duvar açıları, yanal yansıma düşünülerek planlanmamıştır. Dolayısıyla salonlarda dinleyiciler yanal yansımaları alamamaktadır. Yan duvarlar, iç mimari tasarıma bağlı olarak yeniden tasarlanacaktır. Şekil-6'da büyük salona ait yanal yansımanın gösterildiği plan verilmiştir. Sahneden gelen seslerin dinleyiciye doğru değil, panel açılarının ters olmasından dolayı arka taraflara doğru yöneldiği görülmektedir. Her iki salonda da tavan formunun yeniden oluşturulması ve yüksekliğinin çok amaçlı salon standartlarına uygun hale getirilmesi öngörülmüştür. Akustik nitelikli hacimlerde sesin dengeli dağılması ve emilmesi açısından kişi başına düşen hava hacmi maksimum 6-10m3 aralığında olması standartlaştırılmıştır. Mevcut projede bu hacim kişi başına 10m3 ün üzerindedir ve bu da toplamda ciddi bir ses iletim kaybına sebep olacaktır. Ayrıca kontrol odası ve tavan panelleri arasında yer alan boşlukta ciddi anlamda flutter echo oluşacağından dolayı bu alanın kapatılması gerekmektedir. Bu sebepler dolayısıyla tavanın sistemi aşağı çekilerek hacim küçültülmeli ve söz konusu riskli alanlar kapatılması gerekliliği ortadadır Bu değişen hacim akustiğin yanı sıra, iklimlendirme, mimari aydınlatma, sahne aydınlatması vb sistemleri ciddi anlamda etkileyeceğinden bu sistemlerin yeniden çözümlenmesi gerekmektedir. Mevcut projeye ait çizimlerde, tavan açıları sesin seyirciye oranlı bir şekilde yayılmasına değil tam tersine ses dalgalarının tavan arkasına ve kontrol odasının üstünde kalan boşluğa gitmesine yol açmakta ve buralarda bass enerjinin yüksek olmasına sebebiyet vermektedir. Bu özellikle akustik amaçlı kullanılacak bir alan açısından oldukça yanlış ve riskli bir durum olup mekân içerisinde konuşmanın anlaşılması, netlik, anlılık, bütünlük gibi pek çok öznel akustik parametrenin seyirci tarafından anlaşılmamasına neden olmaktadır. Projeler genel olarak incelendiğinde, salonlara ait akustik rapor göze çarpmamıştır. Mevcut durumda salonların akustik olarak davranışları ve hangi akustik parametrelere sahip olacağı bilinmemektedir. Salonların form ve formatları oluşturulduktan sonra salonlar akustik olarak modellenecek ve akustik gereklilikler çerçevesinde dokuları belirlenecektir. Uzun süren bu işlem ve simülasyonlara bağlı olarak hem salonların bittiğindeki akustik parametreleri belli olacak hem de salonların belirli noktalarındaki iştsel kalitesi ortaya koyulacaktır. Convulation yöntemi denilen yöntemle auralization işlemi sonucunda salonun hem mimari akustiğine bağlı olarak hem de Elektroakustik tasarımlarına bağlı olarak sesin kalitesi ortaya konulmuştur.

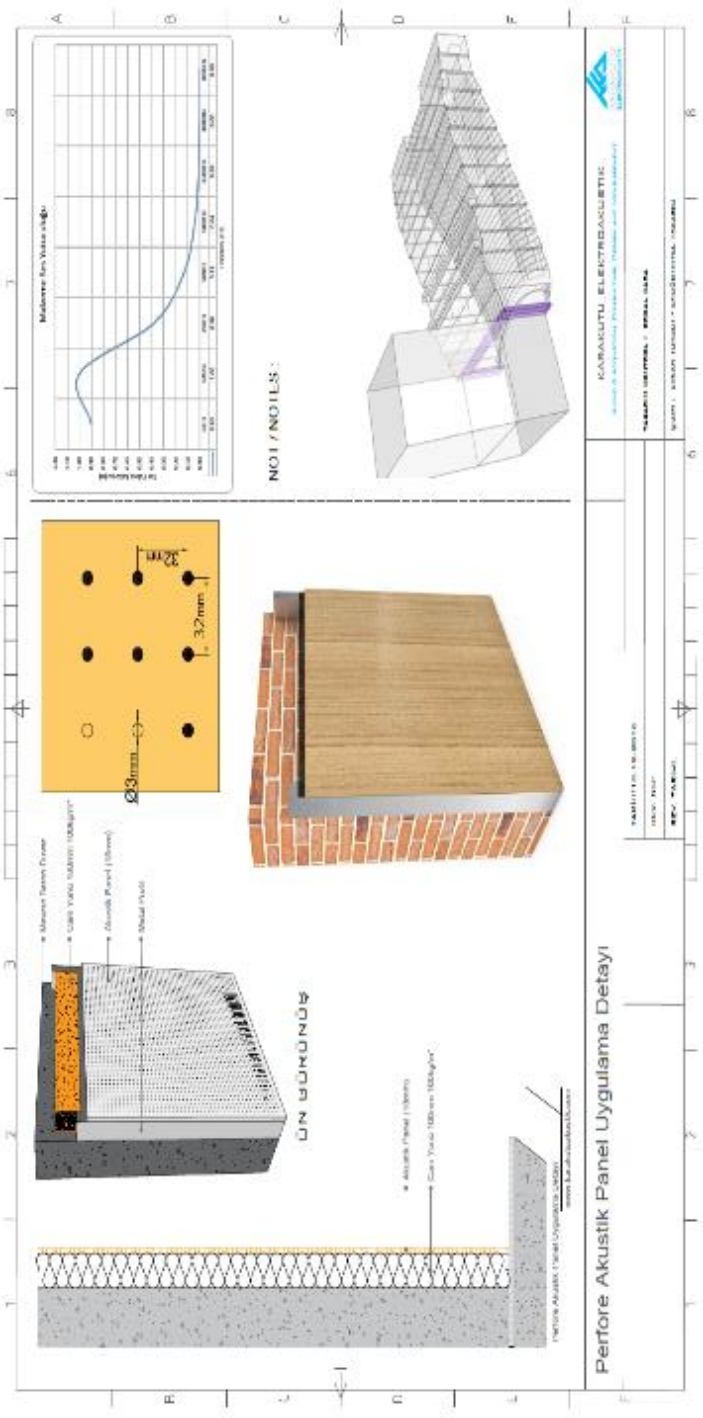
Salonlar için uygulanacak akustik simülasyon yöntemi ile; EDT, T20, STI, Alcons, C80, D50, SPL, C50 gibi akustik parametreler belli olacak ve elde edilen sonuçlara göre dokular optimize edilmiştir.

Yan Duvar Delikli MDF Panel Detayı

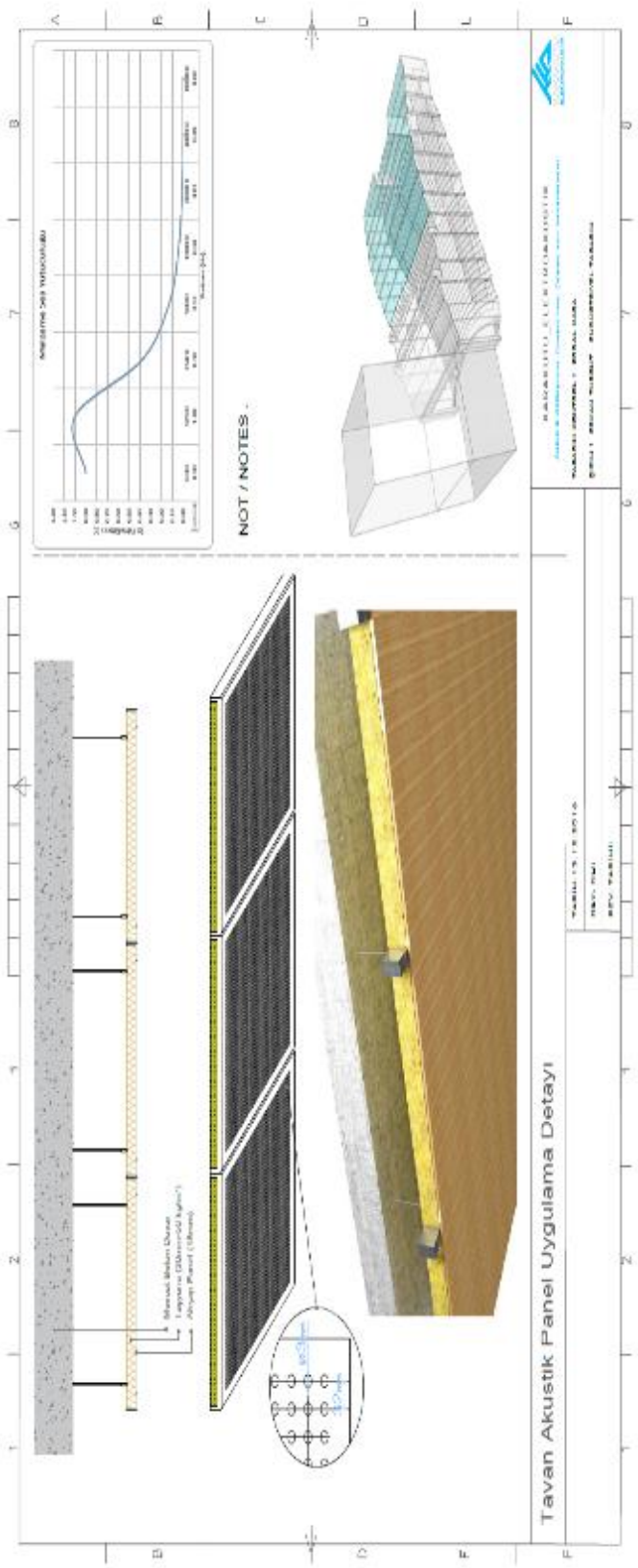


Arka Duvar Delikli MDF Panel Detayı





Portal Delikli MDF Panel Detayı
Tavan Delikli MDF Panel Detayı



4. KAYNAKLAR

1. Fizik ve Müzik İlişkisine Yönelik Tutum Ölçeğinin Geliştirilmesi ve Öğrenci Tutumlarının Değerlendirilmesi * Filiz GÜRER YÜCEL1, Ahmet İlhan ŞEN2

2. (https://tr.wikipedia.org/wiki/Akustik).

3. (Demirel ve Işıktaş 2015).

4. (Eryıldız, 2014).

5. Odeon A/S, "Room Acoustics Modelling Software, V 10.02 Combined", Denmark, (2009).