

Yelpaze Tipi Bir Konferans Salonunun Akustik Tasarımı ve Akustik Performansının Değerlendirilmesi - Örnek Bir Çalışma

Kasım Çelik

Department of Architecture
Faculty of Architecture, Cukurova University
Adana/Turkey
kcelik@cu.edu.tr

Özet—Çalışmanın amacı temel hacim akustiği bilgileri ışığında, yelpaze tipi bir konferans salonunun akustik tasarımının yapılması ve salondaki hacim akustiği parametrelerinin (T30, EDT, D50, STI) karşılaştırılması olarak incelenmesidir. Hacim modellemesinde AutoCAD 2010, hesap işlemleri için de Odeon 11 programları kullanılmıştır. İlk olarak bilgisayar ortamında salonun genel yerleşim, plan ve kesit çizimleri yapılmış, salonun işlevine uygun olarak malzemeler seçilmiş, daha sonra oluşturulan model akustik performansının belirlenmesi için Odeon programına aktarılmıştır. Elde edilen hesap sonuçları, sağlanması gereken akustik parametre değerleri ile karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, tasarımcılara, karar vericilere ve diğer ilgili meslek grubundaki kişilere yelpaze tipi konferans salonunun akustik tasarımında yardımcı olması açısından yararlı olacaktır.

Anahtar kelimeler—Akustik tasarım; yelpaze tipi salon; konferans salonu; akustik ölçütler

Abstract—The aim of the study is to make the acoustic design of a fan type conference hall and to compare the volume acoustics parameters (T30, EDT, D50, STI) in the hall in the light of the required acoustics parameters. AutoCAD 2010 was used for volume modelling and Odeon 11 programs were used for calculation process. Firstly, general layout, plan and section drawings of the hall were made in computer aided, interior materials were selected in accordance with the function of the hall and then the model was transferred to Odeon program to determine acoustic performance. The results of the calculations were compared with the required acoustic parameter values. The results of this study will be useful to guide designers, decision makers and other professionals in the acoustic design of the fan shaped conference hall.

Keywords—Acoustic design; fan shaped hall; conference hall; acoustic parameters

I. GİRİŞ

Salon tasarımlarında işlev çeşidi belirlendikten sonra genellikle ilk yapılan uygun geometriye karar

vermektir. Seçilen plan geometrisi, salonun akustik performansını olumlu ya da olumsuz yönden etkileyen unsurlardan biridir [1]. Söz konusu geometri sadece akustik performans açısından değil estetik değeri belirlemesi açısından da önemlidir. Bazı akustik kusurlar, uygun akustik malzemeler ya da elektronik sistemler aracılığıyla önlenemez olsa bile kimi geometrilerin akustik kusurlarını örtmede söz konusu sistemler dahi yetersiz kalabilir. Buradaki önemli noktalardan biri salonun geometrik formunun kusurlarının öngörülebilir ve çözülebilir nitelikte olmasıdır. Mimari tasarım aşamasında doğru planlama kararlarının alınmasıyla pek çok akustik kusurun oluşması önlenerek, uygun planlama kararları ve doğru malzemelerin seçimiyle, bir hacmin istenen amaç doğrultusunda inşa edilmesi mümkündür [2]. Salon tasarımında plan tipi ve malzeme seçiminden sonra diğer önemli nokta ise salonun performansını değerlendirmek için kullanılacak akustik parametrelerdir. 20. yüzyıldan önce, çoğu salonun akustik tasarımı emsal ve tahmin çalışmalarına dayanıyordu. 20. yüzyılın ilk yarısında yansıma süresi (RT), salonların akustik performansının değerlendirilmesi için kullanılan ana hacim akustiği parametresiydi. Ancak, sadece yansıma süresinin, hacim akustiğindeki ses algısındaki farklılıkları açıklayamadığının anlaşılması üzerine 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren erken düşme süresi (EDT), açıklık (D50), konuşmanın anlaşılabilirliği (STI), netlik (C80), yanal enerji oranı (LEF), mekansal izlenim gibi daha karmaşık parametreler sesteki algılanan farklılıkları açıklamak için kullanılmaya başlanmıştır [3, 4, 5]. Söz konusu parametreler çeşitli akustik koşulların açıklanmasına yardımcı olsa da, erken tasarım aşamasında çok az önem taşırlar. Tasarım aşamasında çeşitli hesaplar ve bilgisayar programları aracılığıyla uygulama sırasında çıkabilecek akustik sorunların önüne geçmek olanaklıdır. Bu makalede yelpaze plan tipinin, konuşma işlevli bir salondaki akustik performansının değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla 265 kişilik bir konferans salonu tasarlanmış ve belirlenen hacim akustiği temel parametreleri (yansıma süresi T30; erken düşme süresi EDT; açıklık D50; konuşmanın anlaşılabilirliği STI) bağlamında yelpaze plan tipinin akustik performansı değerlendirilmiştir. Salonun 2 ve 3 boyutlu çizimleri için AutoCAD 2010 programı, akustik hesaplamalar için Odeon 11 programı kullanılmıştır.

Çalışmanın amacı akustik işlevli bir hacmin tasarımında plan tipinin önemini vurgulanarak, tasarım süreçleri hakkında karar vericileri bilgilendirmek olarak özetlenebilir.

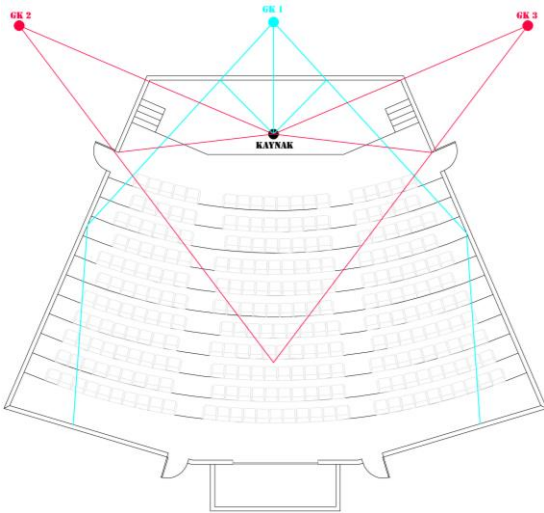
II. SALON TASARIM İLKELERİ

Salon tasarımına başlanmadan önce ilk olarak işlev belirlenmeli ve bu doğrultuda uygun plan tipi seçilmelidir. Bu çalışmada yelpaze plan tipine sahip 265 kişiye hizmet vermesi planlanan bir konferans salonu tasarlanmıştır. Tablo 1.'de salonun fiziksel özelliklerine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

TABLO I. SALONUN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

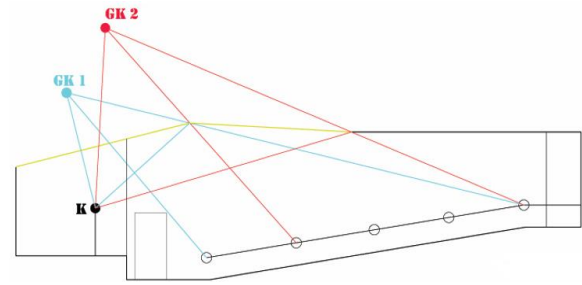
Salon tipi	Konferans salonu
İşlev	Konuşma
Plan tipi	Yelpaze plan tipi
Dinleyici sayısı (kişi)	265
Hacim (m³)	1038
Kişi başına düşen hacim (m³)	3,9
Salon boyutları (m) (en x boy x yükseklik)	25x18x3.9 (ort.)

Yelpaze plan şemasında amaç, daha çok dinleyicinin sahneye eşit uzaklıkta konumlandırılmasını sağlamaktır. Sahnede projeksiyon ekranı da olduğu varsayılarak dinleyici alanı en fazla 125°lik açı diliminin içinde kalması uygun olacaktır. Çalışmada tasarlanan salonda bu açı 112° olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Salon planı

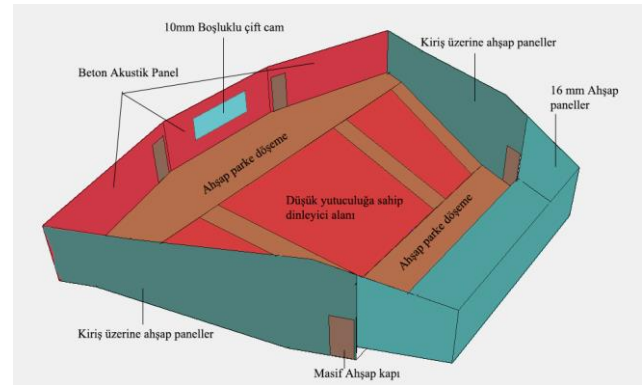
Salonda dolaysız sesin etki alanını arttırmak amacıyla bazı düzenlemeler yapılmıştır. Sahne alanı yükseltilmiş ve dinleyici alanı 9°'lik eğime sahip bir alana yerleştirilmiştir. Sahnede yer alan kaynaktan çıkan dolaysız sesin en arka sırada yer alan seyirci alanına ulaşması için üç kırıklıktan oluşan tavan tasarımı yapılmıştır. Tavanın, yararlı yansımaların oluşacağı ilk iki bölümünde yansıtıcı, yararlı yansımaların gerçekleşmediği son bölümünde ise yutucu paneller kullanılmıştır (Şekil 2).



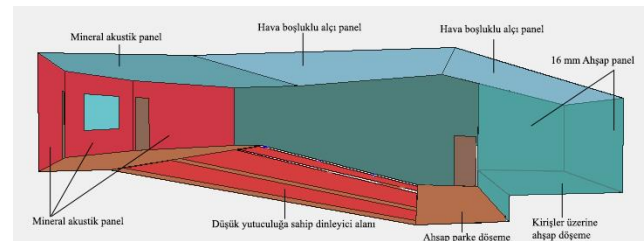
Şekil 2. Salon kesiti

A. Salonda Kullanılan Malzemeler

Konferans salonundaki işitsel konforu sağlamak için gerekli en önemli etkenlerden biri de malzeme seçimidir. Hacim akustiği parametreleri doğrultusunda uygun alanlarda, gerekli özelliklerde malzemeler kullanılmalıdır. Tasarlanan salonda, sahne döşemesi, yan duvarlar ve tavana yansıtıcı özelliğe sahip akustik ahşap malzemeler, arka duvarda istenmeyen yansımaları engellemek için yutucu özelliğe sahip akustik mineral paneller kullanılmıştır. Tavan kısmında ilk iki kırıklığın olduğu alanlarda yansıtıcı hava boşluklu alçı panel, kırıklı tavanın son bölümünde yani yararlı yansımaların olmadığı alanda ise alçı panele göre daha yutucu mineral akustik paneller tanımlanmıştır. Malzemelerin hacimde yer aldığı alanlar Şekil 3. ve 4.'te, kullanılan malzemelerin akustik yutuculuk özellikleri de Tablo 2.'de sunulmuştur.



Şekil 3. Salonda seçilen malzemeler ve kullanıldığı alanlar



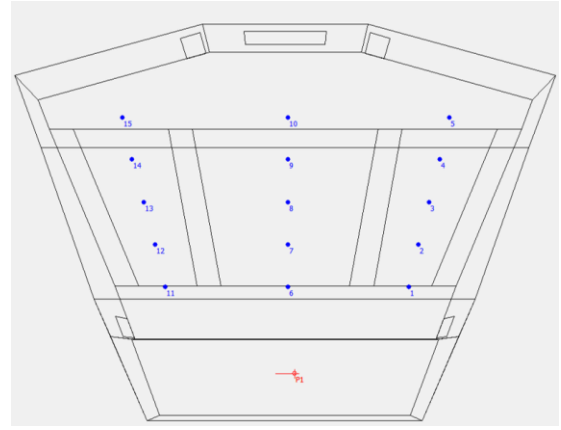
Şekil 4. Salonda seçilen malzemeler ve kullanıldığı alanlar

TABLO II. SALONDA KULLANILAN MALZEMELER VE AKUSTİK YUTUCULUK ÖZELLİKLERİ

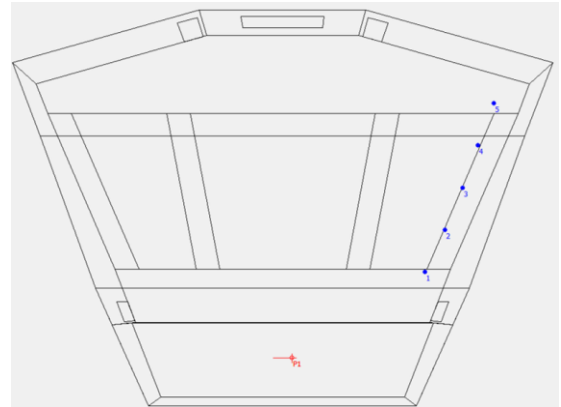
Kullanıldığı alan / Malzeme	Alan (m ²)	Frekans (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
Döşeme Ahşap parke döşeme	57	0,20	0,15	0,10	0,10	0,05	0,10
Oturma alanı Dinleyici alanı (düşük yutuculuğa sahip)	160	0,51	0,64	0,75	0,80	0,82	0,82
Sahne döşeme alanı Kirişler üzerine ahşap döşeme	120	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Sahne duvarları 16mm Ahşap panel	58	0,18	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07
Sahne duvarları Kirişler üzerine ahşap panel	100	0,15	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10
Ön ve orta tavan Hava boşluklu alçı panel	202	0,20	0,15	0,10	0,08	0,04	0,02
Arka tavan Mineral akustik panel	75	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
Teknik oda 10mm boşluklu çift cam	5	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Kapılar Masif ahşap kapı	9	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10

III. AKUSTİK MODELLEME HESAP SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Konferans salonunun plan ve kesit çizimleri AutoCAD ortamında gerçekleştirildikten sonra yüzeyleri tanımlanıp modellemeye uygun hale getirilmiş ve Odeon programına aktarılmıştır. Odeon programında alıcı, dinleyici bölgeleri ve özellikleri belirtilmiş, yüzeylere malzeme ataması yapılarak, akustik parametre hesapları yapılmıştır [6]. Odeon programında hesap yapılmadan önce bazı kabuller yapılmıştır. Hacim, 20°C derece sıcaklıkta, %50 nem oranına sahip bir fiziksel ortam olarak düzenlenmiştir. Salon için NC 30 fon gürültüsü değeri kabul edilmiştir. Hesaplarda kullanılan ses kaynağı, toplam ortalama ses düzeyi 78 dB olan ve 175 cm yükseklikte konuşma yapan bir insan olarak tanımlanmıştır. Alıcılar için ayrı ayrı iki durum belirlenmiş ve bu durumlar için ayrı ayrı hesaplar yapılmıştır. Alıcılar yerden 125 cm. yüksekliğe konumlandırılarak, ilk durum için 15 adet alıcı, salonda yer alan 3 dinleyici alanının ortasına gelecek şekilde, ikinci durum için ise 5 alıcı salonun sağ tarafında yer alan oturma alanının en kenarına gelecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 5., 6.).



Şekil 5. Dinleyicilerin oturma alanlarının ortasında olduğu durum



Şekil 6. Dinleyicilerin oturma alanlarının kenarında olduğu durumlar

Odeon programında yapılan hesaplar sonucunda alıcıların dinleyici alanının ortasında olduğu ve dinleyici alanının kenarında olduğu iki durum için, elde edilen sonuçlar (yansımam süresi T30; erken düşme süresi EDT; açıklık D50; konuşmanın anlaşılabilirliği STI) ve Tablo 3.'teki sağlanması gereken değerlere göre yapılan değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

TABLO III. HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİNE YÖNELİK PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ [7]

Parametreler	Kaynak	Kabul edilebilir değerler
Yansımam süresi (T30)	Bruel&Kjaer [8]	0.80 sn - 1.00 sn
Erken Düşme Süresi (EDT)	Bistafa ve Granado [9,10]	<1.00 sn
Konuşmanın anlaşılabilirliği (STI)	IEC60268-16 [11]	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
Açıklık (D50)	TS EN ISO 3382-1 [12]	0.30 - 0.70

A. Yansımam Süresi (T30)

Konuşma amaçlı ve 1038 m³ hacme sahip bu salonda olması gereken yansımam sürelerinin 0,80-1 sn aralığında olması beklenir. Odeon programında yapılan hesap sonuçlarında alıcılara göre T30 süreleri

oturma alanının ortasında yer alan ve oturma alanının kenarında bulunan seyirciler için ise ayrı ayrı Tablo 4. ve Tablo 5.'te verilmiştir.

TABLO IV. DİNLEYİCİ ALANININ ORTASINDAKİ ALICILARA GÖRE ORTALAMA T30 SÜRELERİ

Dinleyici no	Frekans (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	0,8	0,74	0,89	0,8	0,58	0,78
2	0,72	0,8	0,9	0,86	0,74	0,72
3	0,71	0,68	0,8	0,89	0,77	0,86
4	0,82	0,8	0,8	0,91	0,88	0,78
5	0,82	0,68	0,87	0,76	0,82	0,84
6	0,86	0,75	0,84	0,78	0,69	0,76
7	0,77	0,68	0,8	0,75	0,76	0,81
8	0,75	0,72	0,8	0,84	0,67	0,77
9	0,76	0,72	0,8	0,9	0,73	0,82
10	0,77	0,75	0,79	0,91	0,72	0,68
11	0,75	0,72	0,82	0,84	0,71	0,74
12	0,79	0,74	0,76	0,8	0,73	0,79
13	0,84	0,72	0,84	0,85	0,81	0,86
14	0,9	0,72	0,75	0,79	0,78	0,75
15	0,79	0,77	0,74	0,88	0,73	0,74
Ort.	0,79	0,73	0,81	0,84	0,74	0,78

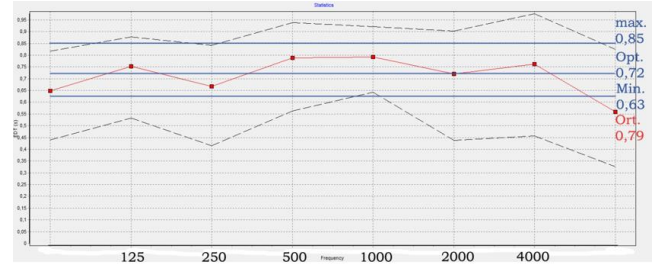
TABLO V. DİNLEYİCİ ALANININ KENARINDAKİ ALICILARA GÖRE ORTALAMA T30 SÜRELERİ

Dinleyici no	Frekans (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	0,82	0,8	1,01	1,04	0,81	1,03
2	0,97	0,83	1,02	0,05	0,98	1,04
3	0,9	0,79	0,97	1,06	0,9	0,92
4	0,82	0,81	0,9	0,9	0,82	1,01
5	0,86	0,87	0,99	0,98	0,78	0,75
Ort.	0,87	0,82	0,98	1,01	0,86	0,95

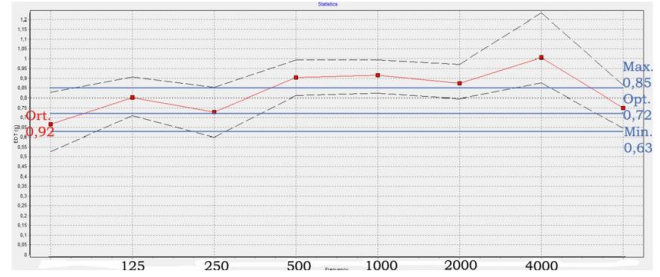
Hesaplama sonuçlarında salonun seyirci alanının ortasında yer alan alıcılar için ortalama yansım süresi 0,82 sn olarak, oturma alanı kenarındakiler için ise 1.00 sn olarak hesaplanmıştır. İlk durum için sonuçlar ideale yakın olmasına rağmen ikinci durum için yansım süre değerlerinin uzun olduğu söylenebilir.

B. Erken Düşme Süresi (EDT)

Erken Düşme Süresi (EDT) kapalı bir hacimde ses kaynağının kapanmasından sonra ses basınç düzeyinin 10 dB düşmesi için gereken süre olarak tanımlanabilir. Erken düşme süresinin, yansım süresinin %5 ila %10'u arasında yansım süresinden kısa olması istenir. Mevcut salonun ortalama yansım süresi 0,82, ortalama erken düşme süresi ise 0.79 sn.dir. Şekil 7. ve 8.'de hesaplanan iki durum için ayrı EDT süreleri sunulmuştur.



Şekil 7. Dinleyici alanının ortasındaki alıcılara göre ortalama EDT grafiği



Şekil 8. Dinleyici alanının kenarındaki alıcılara göre ortalama EDT grafiği

Salonda ilk durum için hesaplanan ortalama EDT değeri 0.79 sn, ikinci durum için ise 0,92 sn'dir. İki durumda kabul edilen aralıklarda kalmaktadır.

C. Konuşmanın anlaşılabilirliği (STI)

Konuşmanın anlaşılabilirliğini ifade eden STI parametresinin, konuşma amaçlı hacimlerde 0,60'dan büyük olması istenir. Mevcut salonun elde edilen hesap sonuçları ve olması gereken optimum STI değerleri Tablo 6. ve 7.'de sunulmuştur.

TABLO VI. DİNLEYİCİ ALANININ ORTASINDAKİ ALICILARA GÖRE STI DEĞERLERİ

Dinleyici no	STI değeri
1	0,49
2	0,50
3	0,50
4	0,52
5	0,54
6	0,60
7	0,56
8	0,54
9	0,55
10	0,57
11	0,63
12	0,63
13	0,61
14	0,63
15	0,63
Genel ortalama	0,57

TABLO VII. DİNLEYİCİ ALANININ KENARINDAKİ ALICILARA GÖRE STI DEĞERLERİ

Dinleyici no	STI değeri
1	0,47
2	0,48
3	0,50
4	0,52
5	0,53
Genel ortalama	0,50

D. Açıklık (D50)

Konuşmanın netliğini ifade eden açıklık parametresi, başka bir hacim akustiği parametresi olan netlik (C50)'e bağlı bir parametredir. Konuşma amaçlı hacimlerde açıklık değerinin pozitif değerde olması istenir. Tablo 8. ve Tablo 9.'da D50 için hesap sonuçları sunulmuştur.

TABLO VIII. DİNLEYİCİ ALANININ ORTASINDAKİ ALICILARA GÖRE D50 DEĞERLERİ

Dinleyici no	Frekans (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	0,62	0,64	0,54	0,57	0,5	0,36
2	0,64	0,67	0,57	0,58	0,53	0,4
3	0,71	0,72	0,63	0,64	0,59	0,46
4	0,71	0,72	0,63	0,64	0,59	0,46
5	0,74	0,75	0,66	0,67	0,63	0,51
6	0,72	0,77	0,73	0,77	0,72	0,71
7	0,7	0,75	0,7	0,73	0,67	0,66
8	0,65	0,71	0,63	0,68	0,63	0,61
9	0,67	0,72	0,65	0,68	0,63	0,61
10	0,69	0,73	0,64	0,67	0,65	0,61
11	0,7	0,77	0,75	0,74	0,79	0,79
12	0,71	0,78	0,77	0,75	0,79	0,78
13	0,71	0,78	0,76	0,75	0,8	0,78
14	0,77	0,83	0,81	0,8	0,83	0,82
15	0,81	0,86	0,84	0,82	0,85	0,84
Ort	0,7	0,74	0,68	0,7	0,68	0,62

TABLO IX. DİNLEYİCİ ALANININ KENARINDAKİ ALICILARA GÖRE D50 DEĞERLERİ

Dinleyici no	125	250	500	1000	2000	4000
	1	0,64	0,67	0,55	0,57	0,5
2	0,64	0,67	0,56	0,57	0,51	0,37
3	0,68	0,7	0,6	0,61	0,56	0,42
4	0,72	0,74	0,64	0,66	0,61	0,48
5	0,75	0,76	0,66	0,69	0,63	0,51
Ort	0,69	0,71	0,6	0,62	0,56	0,42

Sesin anlaşılabilirliğinde netlik parametresinin doğrudan olarak etkisi vardır. Salondaki D50 değeri 0,69 olarak hesaplanmıştır. Konuşma amaçlı salonlarda D50'nin pozitif değerde olması istenir. Açıklık değerleri açısından salon uygundur.

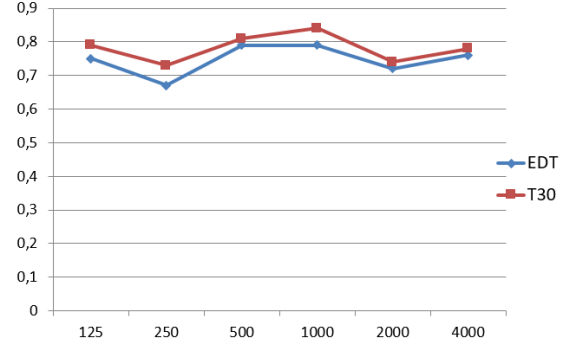
IV. SONUÇ

Çalışma kapsamında konuşma amaçlı tasarlanan yelpaze plan tipine sahip konferans salonunun her bölgesindeki akustik performansı değerlendirebilmek adına, alıcıların dinleyici alanının ortasında (15 alıcı) ve dinleyici alanının kenarında olmak üzere (5 alıcı) iki ayrı durum için Odeon programında hesaplamalar yapılmıştır. Salon hesaplanan hacim akustiği parametreleri açısından değerlendirilecek olursa;

- Alıcıların dinleyici alanının kenarında bulunduğu durumda ise yansıma süresi (T30) istenen optimum değere (0,80 sn) göre uzun

çıkıştır (1,00 sn). Bunun nedeninin, salonun yelpaze plan tipine sahip olduğu için yanal yansımaların yeteri kadar sağlanamaması olduğu söylenebilir.

- Salonun T30-EDT ilişkisi istenen değerlere yakın çıkmıştır (Şekil 9.) (EDT/T30=0,95).



Şekil 9. T30 ve EDT ilişkisi

- Salonun ortasında yer alan dinleyicilere göre hesaplanan anlaşılabilirlik indeksi (STI) istenen şartlara yaklaşmasına rağmen (0,57), kenarda yer alan dinleyiciler (0,50) için istenilen değerden (0,60) düşük çıkmıştır. Bu durum yanal yansımaların yetersiz olduğunu ve kenar alanlarda anlaşılabilirliğin düşük olduğunu göstermektedir.
- Açıklık (D50) değeri açısından salon istenen değerlere ulaşmıştır.

Genel duruma bakıldığında yelpaze plan tipine sahip konferans salonunun, hacim akustiği parametreleri açısından çoğunlukla istenen değerleri sağladığı görülmüştür. Ancak, kenar dinleyiciler göz önüne alındığı zaman yansıma süresi, erken düşme süresi ve konuşmanın anlaşılabilirliği değerleri sınır bölgede yer almaktadır.

Sonuç olarak yelpaze plan tipi alıcıya yakın daha çok dinleyici olanağı sunmasına rağmen yanal yansımalar açısından zayıftır. Geniş ve büyük yelpaze biçimli salonlarda dinleyici alanının ortasındaki akustik koşulların yanal yansımaların yetersizliğinden dolayı kötüleşeceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum yanal yansımaların dağıtıcı paneller kullanılarak ya da salonun yelpaze açısının küçültülmesiyle çözülebilir.

REFERENCES

- [1] Lu, S., Yan, X., Li, J., Xu, W. (2016). The Influence of Shape Design on the Acoustic Performance of Concert Halls from the Viewpoint of Acoustic Potential of Shapes. Acta Acustica United with Acustica, 102, 1027-1044.
- [2] Aknesil, A. E., Kurtulan, Z. (2010). Çok Amaçlı Salonlarda Akustik Koşulların Sağlanması. M.S.G.S.Ü. Sedat Hakkı Eldem Oditoryumu Örneği. Yalıtım Dergisi, 83, 46-52.

[3] Haan, C. H., Fricke, F. R. (1992). Statistical Investigation of Geometrical Parameters for the Acoustic Design of Auditoria. *Applied Acoustics*, 35, 105-127.

[4] Jeong, K., Hong, T., Kim, S.H., Kim, J., Lee, S. (2018). Acoustic Design of a Classical Concert Hall and Evaluation of its Acoustic Performance; A Case Study. *Preprints 2018*, 2018050309 (doi: 10.20944/preprints201805.0309.v1).

[5] Beranek, L. L. (1962). *Music, Acoustics and Architecture*. John Wiley, New York, 586.

[6] Christensen, C. L. (2009). *Odeon Room Acoustics Program User Manual*, Odeon A/S, Denmark, 1-136.

[7] Demirel, F., İlisulu, S. G. (2013). İstanbul Büyükşehir Belediyesi Beyoğlu Sahnesi Projesi ve Akustik Konfor Analizi. *Politeknik Dergisi*, 16(1), 19-28.

[8] Brüel&Kjaer (2010), *Dictionary*, K. Larsen & Son A/S, Denmark.

[9] Bistafa, S.R., Granado, M.V. (2005). A Survey of The Acoustic Quality For Speech in Auditoriums. *Electronic Journal Technical Acoustics*, 15: 1-16, 2005.

[10] Bistafa, S.R., Granado, M.V. (2002). Objective Measurements of Speech Intelligibility in Proscenium Type of Theatres. *XX Encontro da Sociedade Brasileira de Acustica SOBRAC*, Rio de Janeiro, 1-6.

[11] IEC60268-16, third edition, *Sound system equipment, part 16: Objective Rating of Speech Intelligibility by Speech Transmission index*, CEI/IEC publication, 2003-05.

[12] TS EN ISO 3382-1 (2010). *Acoustics- Measurement of Room Acoustic Parameters-Part 1: Performance Spaces*. ISO.