

**DİKDÖRTGEN KESİTLİ MEKÂNLARDA RT ANALİZİYLE DİNLEME  
NOKTALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ / EVALUATION OF SOUND  
FIELDS OF SPACES WITH RECTANGULAR CROSS-SECTION BY RT  
ANALYSIS**

Feridun ÖZİŞ<sup>1</sup>

**Özet**

Günümüzde dikdörtgen kesitli odalar, dinleme mekânı olarak değerlendirilen oda tipleri içinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tip mekânlar, özellikle oda rezonans frekanslarının(mode) hesaplanabilirliği ve mekân inşasının kolaylığı bakımından kullanışlıdır<sup>2</sup>. Oda mode'ları kapalı bir alanın frekans cevabını belirleyen temel parametrelerden biridir. Mode hesaplanabilirliği açısından dikdörtgen kesitlerde sorunlu frekanslar önceden tespit edilebilir ve oda boyutlarında belirli değişiklikler gerçekleştirilebilir. Bu sayede odanın frekans cevabındaki temel sorunlar belirli ölçüde giderilebilmektedir.

Dikdörtgen kesitlerde odanın frekans cevabının yanı sıra önemli bir diğer parametre de yansıma süresi(reverberation time)'dir. Odanın frekans cevabı ve yansıma süresi, bir odadaki dinleme kalitesini belirleyen temel iki parametredir. Bu çalışmanın temel amacı, dikdörtgen kesitli alanların yansıma sürelerinin değerlendirilmesi ve alıcı noktalarındaki yansıma süresi farklılıklarının ortaya konmasıdır. Çalışmada farklı hacimlerde dikdörtgen kesitler belirlenerek, oda yüzeyleri farklı emicilik katsayılarına sahip materyallerle kaplanmış ve mekânlardaki yansıma süresi sonuçları değerlendirilmiştir. Bu yöntem izlenerek hacimsel ve emicilik farklarından oluşan yansıma süresi değişimlerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Bu sonuçlarının elde edilmesinin ardından ortaya çıkan değerler, konuşma ve müzik sinyalinin önemli olduğu kayıt stüdyoları, TV stüdyoları ve sınıflar gibi mekânların akustik özellikleri açısından değerlendirilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Akustik, Müzik Teknolojisi, Ses, Simülasyon Yazımlı, Yansıma Süresi.

**Abstract**

Rectangular room shape is widely used as the room shape of music listening rooms nowadays. These rooms are especially useful in terms of room mode calculability and the ease of construction. Room modes are one of the main parameters which define the frequency response of an enclosed space. The problematic frequencies of the rectangular shaped room can be determined in advance, thus changes can be made in room dimensions and the basic problems in room frequency response can somewhat be eliminated.

Another parameter in rectangular shaped rooms is the reverberation time, which

---

1- Öğr. Gör. Dr. Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bilimleri Bölümü, Müzik Teknolojisi Anabilim Dalı, Narlıdere - İzmir, feridun.ozis@deu.edu.tr

2- A. Everest, *Master Hand Book of Acoustics*, McGraw-Hill, 1993, USA

is as important as the rooms frequency response. These two parameters define the listening quality in the room. The aim of this study is to present the differences of reverberation time in various listening points in rectangular spaces. To do this, rectangular shaped rooms with different volumes have been defined, the room surfaces have been covered with materials which have different absorption coefficients and the RT results have been evaluated. By following this method, we aimed to observe the reverberation time differences caused by room volumes and absorptions. The values gathered from these results will be evaluated in terms of the acoustical properties of spaces like recording studios, TV studios, classrooms etc. in which the speech and music signals are important.

**Key words:** Reverberation Time, Acoustic, Music Technology, Sound, Simulation Software.

## GİRİŞ

### 1-Seçilen Odaların DAAD Akustik Yazılımıyla Analizi

#### a-Kapalı Alanların Ölçümleme Prosedürü

Kapalı bir alanın yansım süresinin hesaplanmasında üç temel yöntem kullanılır.

- 1-Mekânın içine kurulan kaynak ve alıcılarla gerçek mekanda yapılan ölçümleme.
- 2-Amirik formüllerle yapılan hesaplamalar.
- 3- Simülasyon yazılımıyla gerçekleştirilen ölçümler.

### 1-Seçilen Odaların DAAD Akustik Yazılımıyla Analizi

Mekân içinde gerçekleştirilen ölçümlerinin dezavantajı ölçümlemenin ancak mekân bittikten sonra gerçekleştirilmesidir. Bu durumda tasarımcı mekânda yapılan akustik düzenlemenin nasıl bir sonuç ortaya koyacağını tahmin edemez. Amirik formüllerle ilgili yapılan çalışmalar ise halen devam etmekle birlikte bu formüller gerçek ölçümlere yakın sonuçlar üretme konusunda yeterli değillerdir. Birçok bilim adamı benzetim yazılımlarıyla amirik formüller arasındaki farkları ortaya koymak için karşılaştırma metinleri yayınlamaktadır.<sup>3,4,5</sup> Birçok formül modifikasyonu yapılmakla birlikte tüm yapılanların gerçek yansım süresi sonuçlarıyla birebir

3- R. Neubauer, *Prediction of Reverberation Time in Rectangular Rooms with non Uniformly Distributed Absorption Using A New Formula*, Seventh International Congress on Sound and Vibration, Germany 2000.

4- R. Sylvio. J. Bistafa S. Bradly, "Predicting Reverberation Times in Simulated Classrooms", *JASA*, 2000, 108, (4) October .

5- J.Kang. Neubauer. R., "Prediction Reverberation Time: Comparison Between Analytic Formula and Computer Simulation", *Journal of The Acoustic Society of America*, 2001 Vol 107.

örtüşmesi söz konusu değildir<sup>6,7,8</sup>. Bu üç yöntemden en verimli olanı akustik simülasyon yazılımıdır. Birçok üniversite ve şirket simülasyon yazılımı üretmeye devam etmektedir.<sup>9,10,11</sup> Bu yazılımlar sayesinde mekânın mimari planı çizildiği anda akustik ölçümler gerçekleştirilebilir. Böylece tasarlanması düşünülen mekânın inşaat aşamasına geçilmeden önce gerekli değişikliklerin/düzeltilmelerin yapılması mümkündür. Bu çalışmada yapılacak ölçümler için DAAD akustik simülasyon yazılımı kullanılacaktır<sup>12</sup>.

Akustik ölçümlerinde kullanılan kaynak ve alıcı sayıları mekânların büyüklüklerine göre değişiklik göstermektedir. Ölçümlemede önemli olan nokta, yerleştirilen kaynak ve alıcıların, bütün mekânı akustik özelliklerini karakterize edecek sayıda kullanılmasıdır. Genellikle kullanılan kaynak sayısı en az üç'tür. Ancak geniş konser salonlarında daha fazla kaynak noktası kullanılabilir. Elbette eğitim tiyatroları, eğitim sınıfları gibi küçük mekânlarda tek bir kaynak pozisyonu da yeterlidir.

Alıcı noktaları için ise mekânın büyüklüğüne bağlı olarak 6-10 arasında alıcı noktası kullanılabilir. Bu noktada önemli olan, alıcıların tüm mekânı kapsayacak şekilde yerleştirilmesidir. Balkon altı ya da balkon gibi özel bölgelere ayrı alıcılar yerleştirilebilir. Tablo 1'de farklı büyüklükteki mekânlar için minimum alıcı sayıları belirtilmiştir<sup>13</sup>.

Dinleyici Sayısı	Mikrofon Pozisyonu Sayısı
500	6
1000	8
2000	10

Tablo 1. Minimum kaynak ve dinleyici sayısı.

6- G. Millington, "A Modified Formula for Reverberation", *Journal of The Acoustic Society of America* 1932 Vol 4 .

7- H. Kuttruff, "Sound Decay in Enclosure with non-diffuse Sound Field", *Proceeding of Walles Clement Sabine Centinal Symposium* . 1994

8- H. Arau-Puchades, "An Improved Reverberation Formula", *Acustica*, 1998 Vol 65.

9- G. M. Naylor, "Another Hybrid Room Acoustical Model" *Applied Acoustics Volume*, 38 Issues 1993, 2(4)

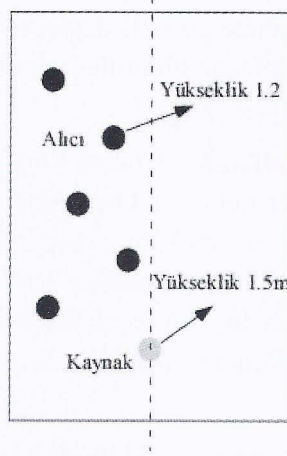
10- I. Dalenback. P. Svensson. M. Kleiner, "Aurilization-An overwive", *Journal of Audio Engineering Society*, 1993 USA, Vol:41 No: 11.

11- T. Takala - R. Hänninen - V. Välimäki - L. Savioja - J. Huopaniemi - T Huutilainen - M. Karjalainen, "An Integrated System for Virtual Reality", *100'th Audio Engineering Society Convention*. 1996. USA

12- E. Özgür - F. Öziş - A. Alpkoçak, DAAD:A New Software for Architectural Acoustic Design, *Inter-Noise*, 2004. Czech Republic.

13- ISO 3382, *Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters*, Second edition, 1997, Switzerland.

Yerleştirilen alıcılar 1.2 m. Yüksekliğinde bir dinleyici kulağını temsil edecek şekilde seçilmelidir (Şek. 1).



Şek. 1. ISO tarafından belirlenen kaynak-alıcı yükseklikleri.

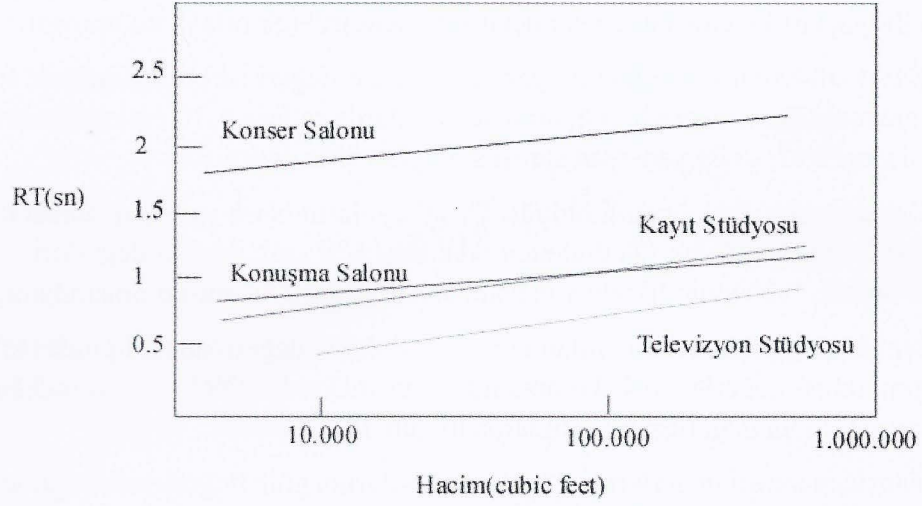
Alıcı noktaları birçok salonun simetrik olarak tasarlanmasından dolayı salonun ortasından geçen merkez çizginin bir tarafına yerleştirilebilir. Yerleştirilecek ilk kaynak bu hattın üzerinde bulunun merkeze ve diğer iki kaynak ise merkezden eşit uzaklıktaki iki yan bölüme yerleştirilir. ISO tarafından önerilen kaynak yüksekliği 1.5 metredir.

DAAD akustik simülasyon yazılımı tarafından gerçekleştirilen ölçümler bir kaynak noktası ve hacmin büyüklüğüne göre 16-20 alıcı noktası için yapılmıştır. Alıcı yüksekliği için 1.2m, kaynak yüksekliği ise 1.5m olarak seçilmiştir. Çalışmada 96 m<sup>3</sup>, 150 m<sup>3</sup> ve 252 m<sup>3</sup>'lük üç farklı hacim, %10, %20, %30 emicilik için değerlendirilmiş ve yansıma süresi (EDT, T20 T30) değerlerinin mekan içindeki dağılımları gözlemlenmiştir. DAAD yazılımında gerçekleştirilen ölçümler Foto. 1'de gösterilmiştir.

## 2-Mekânların Yansıma Süresi Değerleri Açısından Değerlendirilmesi

Kapalı alanların değerlendirme kriterlerinden biri olan yansıma süresi, farklı büyüklükteki mekânlarda ve farklı müzik türlerinde değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada belirlenen mekânlar akustik anlamda küçük mekânlar olarak değerlendirilebilir. Dolayısıyla bu tip mekanlarda önerilen yansıma süreleri oditoryum ve konser salonlarına göre daha kısadır.<sup>14</sup> Ayrıca konuşma için ihtiyaç duyulan yansıma süresi de müzikten farklıdır. Şekil 3'de farklı büyüklükteki mekânlar için ihtiyaç duyulan yansıma süreleri verilmiştir.

14- M. Mehta - J. Johnson - J. Rocafort, *Architectural Acoustics Principles and Design*, Prentice Hall, 1999



Şek. 3: Farklı mekânların yansım süresi değerleri (Kaynak Everest,2002)

### 3-Değerlendirme ve Sonuçlar

Ölçümlenen mekânlardan elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Sonuçlar her mekândaki 16 alıcı noktasının ortalamalarıdır. Bu sayede mekânın farklı emicilik değerleri için yansım süreleri hakkında genel bir değerlendirme yapılabilecektir.

Tablo 2: DAAD yazılımıyla elde edilen sonuçlar.

Emicilik ↓	Hacim →	96m <sup>3</sup>	150 m <sup>3</sup>	252 m <sup>3</sup>
%10	EDT	0.64	0.76	0.91
	T20	0.71	0.83	1.10
	T30	0.75	0.90	1.08
%20	EDT	0.30	0.35	0.39
	T20	0.41	0.44	0.54
	T30	0.47	0.48	0.52
%30	EDT	0.19	0.24	0.30
	T20	0.23	0.28	0.34
	T30	0.27	0.33	0.37

Yukarıda elde edilen veriler perspektifinde yapılan değerlendirmelerle ortaya çıkan sonuçlar aşağıda belirtilmiştir. Değerlendirmeler farklı mekânların yansım süresi ihtiyaçları ile elde edilen sonuçlar ilişkilendirilerek ortaya konmuştur.

1-Kayıt stüdyolarının ortalama yansım süresi değeri farklı hacimlerde 0.5sn-1,1sn arasında değişmektedir. Ölçümlenen odalarda sadece %10 emicilik miktarında bu değerler arasında yansım süresi sonuçları elde edilmiştir.

2-Konuşmanın daha önemli olduğu TV stüdyolarında ise yansım süresi değeri 0.3 ile 0.7 sn arasındadır. Ölçümlenen odaların %20 emicilikteki değerleri ve 252 m<sup>3</sup>’lük odanın %30 emicilikteki yansım süresi değeri bu sınırlar arasındadır.

3-Mekânlar eğitim amaçlı kullanılan sınıflar olarak değerlendirildiğinde ise ideal yansım süresi değerleri 0.4-0.6 arasında değişmektedir. Ölçümlenen mekânların %20 emicilik için değerleri bu standarda uygun düşmektedir.

4-Yansım süresi değerleri farklı alıcı noktalarına göre değerlendirildiğinde büyük değişimler gözlemlenmemiştir. Bunun ortaya çıkmasındaki temel unsur, odadaki emici dağılımının tüm mekânda homojen olmasıdır. Yüzeylerdeki emicilerin yerleşimi ve miktarları değiştirildiğinde, oda içindeki ses yayılımı ve buna bağlı olarak yansım süresi değerleri de değişecektir. Elde edilen değerler sonucunda düzenli emici dağılımları söz konusu olduğunda yansım süresi yayılımı düzenli olan küçük kapalı mekânların, modal rezonanslar perspektifinde değerlendirilmesinde yarar olduğu gözlemlenmiştir.

## KAYNAKÇA

- A. Everest, *Master Hand Book of Acoustics*, McGraw-Hill, USA, 1993.
- R. Neubauer, “Prediction of Reverberation Time in Rectangular Rookswith non Uniformly Distributed Absorption Using A New Formula”, *Seventh International Congress on Sound and Vibration*, Germany, 2000.
- R. Sylvio J. Bistafa S. Bradly. “Predicting Reverberation Times in Simulated Classrooms”, *JASA* 2000 108 (4) October.
- J.Kang. Neubauer. R., “Prediction Reverberation Time: Comparison Between Analytic Formula and Computer Simulation”, *Journal of The Acoustic Society of America*, Vol 107, 2001.
- G.Millington. “A Modified Formula for Reverberation”, *Journal of The Acoustic Society of America*, Vol 4, 1932.
- H. Kuttruff. “Sound Decay in Enclosure with non-diffuse Sound Field”, *Proceeding of Walles Clement Sabine Centinal Symposium*. 1994.
- H. Arau-Puchades. “An Improved Reverberation Formula”, *Acustica*, Vol 65, 1998.
- G. M. Naylor “Another Hybrid Room Acoustical Model”, *Applied Acoustics Volu-*

me 38, Issues 2(4), 1993.

I. Dalenback - P. Svensson - M. Kleiner, "Aurilization-An overwive", *Journal of Audio Engineering Society*, Vol:41 No: 11, USA, 1993.

T. Takala - R. Hänninen - V. Välimäki - L. Savioja - J. Huopaniemi - T Huotilainen - M. Karjalainen., "An Integrated System for Virtual Reality", *100'th Audio Engineering Society Convention*, USA, 1996.

E. Özgür - F. Öziş - A. Alpkoçak, "DAAD:A New Software for Architectural Acoustic Design", *Inter-Noise*, Czech Republic, 2004.

ISO 3382, *Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters*, Second edition, Switzerland, 1997.

M. Mehta - J. Johnson - J. Rocafort, *Architectural Acoustics Principles and Design*, Prentice Hall, 1999.

## FERİDUN ÖZİŞ

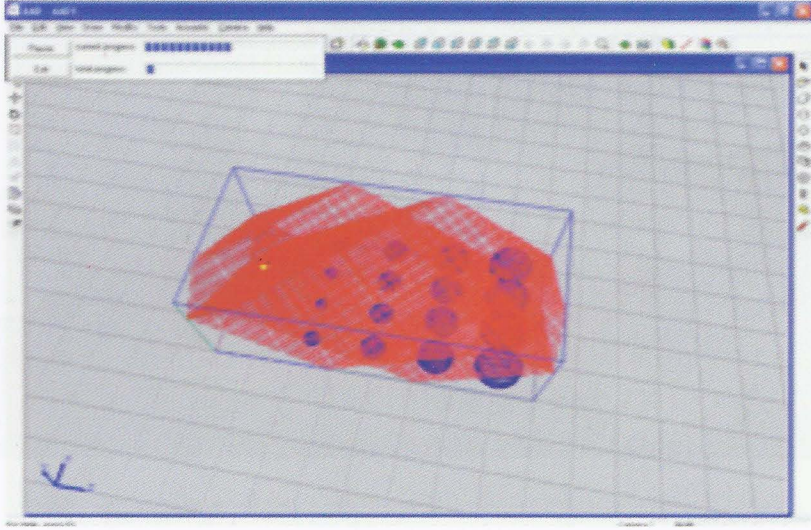


Foto. 1- DAAD yazılımı tarafından gerçekleştirilen ölçümleme.