

Öğretim Kalitesinin Artırılmasına Yönelik Bir Sınıf Akustiği Uygulaması

Türker Talayman (*), Erkan Ayder() ve H. Temel Belek(**)**

(*)Pro-Plan Ltd.Şti., Levent – İstanbul

(**)İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Gümüşsuyu - İstanbul

ÖZET

Sınıflardaki geriplan gürültüsü ve çınlanım süresi gibi akustik parametreler hem eğitmen öğrenci, hem de öğrencilerin kendileri arasındaki sesli iletişimde konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen ana faktörlerdir. Tüm sınıf içerisinde anlaşılabilirliğin istenilen düzeyde olmaması, öğrenci tarafında iletilmek istenen bilginin düzgün bir şekilde anlaşılmasına ve konsantrasyon bozukluğuna neden olduğu gibi, eğitmen tarafında da sürekli olarak yüksek sesle konuşma zorunluluğu, stres ve ses tellerinde rahatsızlıklar gibi sonuçlar doğurmaktadır. Akustik açıdan kusurlu mevcut sınıfların akustik olarak konforlu hale getirilmesi ve dolayısıyla öğrenim kalitesinin artırılmasına yönelik bir uygulamanın basit bazı prensipler göz önünde tutularak, sanıldığı gibi ucuz maliyetlerle gerçekleştirilebileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: *Sınıf akustiği, anlaşılabilirlik, çınlanım süresi.*

SUMMARY

Acoustic parameters such as background noise and reverberation time are the main factors that affect speech intelligibility, therefore the quality of the communication between instructor and students as well as the communication among students. Lack of intelligibility prevents students from understanding the presented material, and reduces students' concentration. Furthermore, stress caused by the background noise in the classrooms and the need to

employ higher speech levels will have adverse effects (i.e. vocal fatigue) on the instructors. In contary to the general impression, with the application presented here, it has been seen that creating an acoustically comfortable classroom with ease is possible through utilisation of simple principles and building materials.

Keywords: *Classroom acoustics, intelligibility, reverberation time.*

1. GİRİŞ

Eğitim-öğretim amaçlı hacimlerin fiziksel özellikleri akustik öğrenim kalitesi açısından büyük öneme sahiptir. Eğitimci ile öğrenciler arasındaki iletişimin büyük oranda konuşma yoluyla gerçekleştiği düşünüldüğünde, eğitim yapılan hacimlerin tasarımında geri plan gürültüsü, çınlama süresi ve konuşmanın anlaşılabilirliği gibi akustik özelliklerin göz ardı edilmemesi gereği ortaya çıkmaktadır. Konu ile ilgili yerli akademik çalışmalar bulunmakla birlikte, bu alanda eğitim veren yüksek öğretim kurumlarında dahi akustik tasarımların çok amaçlı salonlarla kısıtlı kalması, sınıf akustiği ile ilgili düzenleme yapılmaması dikkat çekicidir.

Uygun akustik düzenleme gerçekleştirilen bir sınıfta elde edilecek faydalardan bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Akustik açıdan konforlu, anlaşılabilirlik değerleri yüksek bir mahalde öğrenim verimi artar. Özellikle ilköğretim seviyesinde içerik dolayısıyla tahmin yürütme yetisi yeterince gelişmemiş olduğundan anlaşılabilirliğin yüksek olması konsantrasyon bozukluklarını en aza indirir.
- İşitme fonksiyonları normal olan öğrenciler dışında duyma zorluğu çeken öğrenciler için de uygun ortam yaratılmış olur.
- Eğitimci kendini duyurabilmek için devamlı olarak yüksek sesle konuşmak zorunda kalmaz ve böylece stresi azalır, ses telleri ve boğaz yolları ile ilgili sorunlar yaşamaz.

Burada verilen ve neden-sonuç ilişkisi açıkça ortaya konulan olgular dışında, istatistiki olarak incelenmesi zor ama ilişkili olduğu düşünülen birçok faktörden söz edilmektedir [1]. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) görev yapan üç milyon üzerindeki eğitimci kadrosundan her yıl 600.000 eğitimci gününün ses telleri ve boğaz yolları ile ilgili problemlerden dolayı kayıp olduğu ve bu kaybın da \$120.000.000 mertebesinde gerçekleştiği bilinmektedir. Söz konusu kaybın ne oranda akustik açıdan iyi olmayan hacimlerde eğitim verilmesinden kaynaklandığı belirlenememekle birlikte, eğitimci arasında yapılan anketler sonucu akustik açıdan iyi olmayan hacimlerde görev yapanların ses telleri ile ilgili ses kısılması gibi problemlerle daha çok karşılaştığı belirtilmiştir [2]. Yine kesin olarak saptanamamakla birlikte anlaşılabilirliğin yetersiz olması durumunun öğrencilerin performansını, eğitime ve konuya olan ilgisini olumsuz yönde etkileyeceği açıktır.

Eğitim yapılan hacimlerde akustik düzenleme yapılmamasının nedeni olarak söz konusu mahalleri tasarlayan kişilerin konu hakkında bilgileri olmaması ya da fayda sağlayacağı bilirse bile yüksek maliyetler getireceği düşüncesinin hakim olmasıdır. Söz konusu durum

sadece Türkiye’de görülen bir durum değildir. 1998 yılında ABD’de okulların yapısal olarak iyileştirilmesi ve yeni okulların yapılması için 7,8 milyar Dolar harcandığı ancak akustik iyileştirmeye kaynak ayrılmadığı belirtilmektedir [3]. Öğrenim görenlerin yeterince iyi eğitilememeleri sonucu gelecekte yaşanacak sorunlar ve bunun yanısıra öğretmenlerin konforsuz bir akustik ortamdan kaynaklanacak sağlık problemleri ile ortaya çıkacak kayıplar ile karşılaştırıldığında maliyetlerin düşük olacağı açıktır.

Basit metotlar ve malzemeler ile gerçekleştirilecek akustik düzenlemelerin bile yukarıda sözü edildiği gibi önemli fayda sağlayacağı, İstanbul Teknik Üniversitesi Gümüşsuyu Kampüsü Makine Fakültesi’ne ait yedi sınıfta gerçekleştirilen uygulamalar ile görülmüştür.

2. TASARIM

1. Sınıf akustiği

Bir hacmin akustik tasarımına başlamadan önce söz konusu hacim ile ilgili öncelikle göz önüne alınması gereken veriler işlev, kişi sayısı, geometrik özellikler, zorunlu yüzey ve malzemelere ait bilgiler ile çevre mahallerden kaynaklanacak olası gürültü kaynakları ve bunların karakterleri şeklinde sıralanabilir. Bu veriler elde edildikten sonra geri plan gürültüsü ve çınlanım süresi yukarıdaki verilerle paralel bir şekilde alınmalıdır.

Çeşitli ülkelerin ilgili standart veya yönetmeliklerinde verilen değerler arasında bazı farklılıklar olmakla beraber [4] temel görüşler benzerdir. Öncelikle geri plan gürültüsü ile öğretmen veya kaynağın ses basınç düzeyleri arasındaki farkın en az +12 dB olması durumunda anlaşılabilirliğin istenen düzeyde olacağı kabul görmüştür. Burada dikkat edilmesi gereken nokta kaynaktan en uzakta olan alıcı için de bu değerlerin elde edilmesi gereği ve buna göre tasarımın şekillendirilmesidir. Türkiye’de sınıflarda aşılması gereken geri plan gürültü düzeyi 45 dBA olarak belirlenmiş [5] ancak çınlanım süresi ile ilgili bir kriter verilmemiştir.

Eğitim yapılan hacimlerde akustik açısından öncelikli olarak ele alınması gereken diğer parametrenin de çınlanım süresi olduğu genel olarak kabul görmüştür. Gerçekleştirilen uygulamalar ve buradan elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu mahallerin fonksiyonlarına ve geometrik büyüklüklerine bağlı olarak orta frekanslarda çınlanım süresi aralıkları belirlenmiştir. Literatürde bu değerlere ilişkin farklılıklar gözlenmekle birlikte konuşma fonksiyonu için görece düşük çınlanım süreleri (0,4-1,0s), ya da diğer bir deyişle akustik açıdan “ölü” hacimler istenmektedir. Hacimde yeterince ses yutucu yüzey bulunması ve uygun bir şekilde yerleştirilmesi durumunda kaynaktan ortama yayılan ses enerjisi kontrollü bir şekilde soğrulacak ve alıcı tarafında kelimelerin birbirine geçmiş şekilde algılanması engellenecektir. Dolayısıyla anlaşılabilirlik ve iletişim kalitesi artacaktır. Ancak yutucu yüzeylerin artması kalitenin de lineer olarak artmasını sağlamadığı gibi malzemelerin hacim içerisinde yerleşimi de sonucu önemli ölçüde etkilemektedir.

İdealde kaynaktan yayılan sesin sert yüzeylerden yansıtılarak alıcıların bulunduğu bölgeye planlı bir şekilde yönlendirilmesi sonucu kaynaktan alıcıya doğrudan ulaşan sesler desteklenip, anlaşılabilirlik artırılabilir. Böyle bir uygulamaya gidilmeyecekse bile yutucu malzemelerin yerleşimi düzgün bir şekilde planlanarak hacim içerisindeki yansımalar amaca yönelik olarak kontrol altına alınabilir. Örneğin akustik özellikli karolar ile bir asma tavan uygulanması düşünülüyorsa, kaynağın bulunduğu bölge ve tavanın orta kısımları orta ve

yüksek frekanslarda yansıtıcı karolar veya alçıpanel malzeme ile kaplanması, tavanın diğer bölgelerinin ise yutuculuk değerleri yüksek karolar ile kaplanması daha iyi sonuçlar alınmasını sağlayacaktır. Ancak bu durumda çınlanım süresinin istenen seviyelere indirilebilmesi için akustik tavandan kaybedilecek yutucu yüzeyin hacmin diğer yüzeylerine ilave edilecek yutucu yüzeyler ile dengelenmesi gereklidir. Çözüm önerisi olarak sınıfın arka duvarına yerleştirilecek yutucu paneller tavsiye edilebilir. Böylece sınıfın ön tarafında bulunan bir kaynaktan yayılan sesin arka duvardan yansyarak sınıfın bazı bölümlerine gecikerek ulaşması ($t_{\text{yansiyen}} - t_{\text{direkt}} > 30 \text{ ms}$) durumunda ortaya çıkabilecek rahatsızlıklar engellenmiş olacaktır.

Bir alıcı noktasındaki ses, kaynaktan ortama yayılan ses dalgaları ile bu dalgaların hacmin yüzeylerinde gerçekleşen yansımalarının toplamına eşittir. Bir yansiyen ses dalgası doğrudan sese göre daha fazla mesafe kaydetmesi nedeniyle alıcı noktasına bu mesafe oranında bir gecikme ile varacaktır. Denekler üzerinde yapılan testlerde söz konusu gecikmenin 15-20ms mertebelerinde olması durumunda yansiyen sesin doğrudan sesi desteklediği, gürleştirdiği; gecikmenin 30ms fazla olması durumunda da yansiyen sesin ayrı bir kaynak olarak algılandığı sonucu elde edilmiştir.

2. Uygulama Öncesi Durum

Temel olarak boyalı beton, ahşap ve cam gibi sert ve parlak yüzeylerin hakim olduğu sınıflarda soğrulamayan akustik enerjinin yüksek çınlanım sürelerine neden olduğu gözlemlenmiş ve bu durum tüm sınıflarda değişik noktalardan sınıflar boş iken yapılan çınlanım süresi ölçümleri ile tespit edilmiştir. Geriplan gürültüsü ile ilgili problemler yaşanmamakla birlikte, yönetimin sınıfların iyileştirilmesi çalışmaları kapsamında pencerelerde çift cam kullanılmasının akustik açıdan fayda sağladığı gözlemlenmiştir. Ölçümler, Brüel & Kjør'in bina akustiğine yönelik 2260D-001 seti ile gerçekleştirilmiş olup, *cihazlara ait detay bilgiler* aşağıdaki gibidir:

- Brüel & Kjør Type 2260D El Tipi Yapısal Akustik Analizörü
- Brüel & Kjør Type 4231 Ses Seviyesi Kalibratörü
- Brüel & Kjør Type 4295 OmniSource Ses Kaynağı
- Brüel & Kjør Type 2716 Amplifikatör
- Brüel & Kjør Type 7830 Qualifier Yazılımı

2260D El Tipi Analizör sahada kalibre edilip, içerisinde bulunan işaret üretici amplifikatör aracılığı ile ses kaynağına bağlandıktan sonra ölçüme hazır hale getirilmiştir. Sınıfın üç ayrı noktasında, her noktada ikişer ölçüm olmak üzere her sınıf için toplam altı ölçüm alınmış ve bu veriler 7830 Qualifier yazılımı aracılığı ile bilgisayara aktarılmıştır. Yine bu yazılım sayesinde veriler standart kelime işlemci veya hesap programlarına aktarılabilceği gibi yazılım içerisinde de raporlama yapılabilir. Bu uygulamada veriler MS EXCEL programına aktarılmış ve tüm hesaplar burada gerçekleştirilmiştir.

Yapısal büyüklükler ve uygulama öncesi çınlanım süresi ölçüm sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. D361 ve R362 No.lu sınıflarda yüksek frekanslardaki görece düşük çınlanım süresi değerleri sınıfların birer uzun duvarı boyunca pencerelerin önüne asılmış olan kumaş perdelerden kaynaklanmaktadır.

Tablo 1. Uygulama öncesi sınıflardaki ortalama çınlanım süreleri.

Sınıf No	Ortalama ınlanım Süreleri RT60 (s)						Hacim (m ³)	Taban Alanı (m ²)	ğrenci Kapasitesi (adet)
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz			
D351	4,72	4,43	3,67	3,25	2,90	2,20	300,5	65,5	70
D353	4,92	4,11	3,47	3,16	2,68	2,18	295,7	64,3	70
D355	5,64	4,94	3,86	3,42	2,95	2,20	320,1	70,1	70
D357	5,30	4,38	4,03	3,74	3,12	2,32	279,9	63,3	60
D360	5,79	5,12	4,01	3,70	3,17	2,39	467,2	101,3	120
D361	4,50	3,76	2,19	1,92	1,74	1,46	488,0	106,2	124
R354	5,11	4,66	4,47	3,96	3,31	2,40	651,0	132,4	65
R358	5,60	5,12	4,61	4,09	3,43	2,55	651,0	132,4	65
R362	4,50	3,47	2,24	1,92	1,71	1,45	651,0	132,4	65

3. Kriterler

Akustik açıdan konforlu bir ortam sağlanabilmesi için mahallerin 500Hz'deki çınlanım süreleri için hedeflenen değerler aşağıdaki gibidir:

- $V < 400 \text{ m}^3$ 'lk hacimler için $RT_{60(500 \text{ Hz})} < 0,6 - 1,1 \text{ s}$
- $400 \text{ m}^3 < V < 500 \text{ m}^3$ 'lk hacimler için $RT_{60(500 \text{ Hz})} < 0,7 - 1,2 \text{ s}$
- $V > 600 \text{ m}^3$ 'lk hacimler için $RT_{60(500 \text{ Hz})} < 0,9 - 1,2 \text{ s}$

Bu kriterlere uygun çınlanım süresi değerleri elde edilebilmesi için hacimlere önemli miktarda yutucu malzeme eklenmesi gereklidir. Akustik hesap aşamasında ölçüm sonuçlarından varolan durumda mahallerdeki toplam yutuculuk elde edilmiş daha sonrasında yapısal boyutlar deėiŐtirilmeden yukarıda verilen kriterlere ulaŐmak için eklenecek yutucu malzeme miktarı elde edilmiştir. Değişik zm senaryoları üzerinde durulmuŐ, her çözüm senaryosu için gerekli toplam malzeme miktarı ve maliyeti sürekli olarak izlenmiŐtir. En efektif, ucuz ve uygulaması kolay yöntem olarak tavan döŐemesinden yutucu paneller (baffle) asılmasına karar verilmiştir. Basitçe elyaf parçacıklarının ortama dağılmasını engelleyen ve ama akustik açıdan önemli bir kusur doğurmayacak bir film tabakası ile kaplı camyünü plakalar ve bu plakaları ereve içine alacak metal elemanlardan oluŐan bu panellerin (Şekil.1) imalat ve montajının Fakülte imkanları ile gerçekleŐtirilebileceėine karar verilmiŐ, hesaplar bütünüyle bu senaryo üzerine kurgulanmıŐtir. Bir hacimdeki çınlanım süresinin istenen seviyelere düŐürülebilmesi için ilave yutucu yüzeylere ihtiyaç duymadan sadece söz konusu panellerden faydalanılması durumunda birim alanda kullanılması gereken miktar belirlenmiş ve bu miktara göre panellerin yerleŐim Őekline karar verilmiştir. Bu aŐamada son olarak hesaplara öğrencilerin yutuculuğu da katılarak hesap yoluyla sınıfların gerçek kullanım anındaki akustik konforu tahmin edilmeye alıŐılmıŐtir.



Şekil.1. Tavandan asılmak üzere tasarlanmış yutucu panellerin bir sınıfta uygulaması.

Tavanda birim alan başına 0,7 adet kullanılması durumunda tüm hacimler için amaçlanan çınlanım süresi aralıkları içerisinde kalınacağı öngörülmüş ve buradan yola çıkarak hacimlerde ihtiyaç duyulan panel miktarına ilişkin Tablo.2 oluşturulmuştur. Panellere ek olarak sınıflarda kalın perde kullanılması ilave yutucu yüzey elde edilmesi tavsiye edilmiştir.

Tablo 2. Hesap sonucu ihtiyaç duyulan panel miktarları

Sınıf No	Hacim (m ³)	Tavan Alanı (m ²)	Panel Adedi
D351	300,5	65,5	46
D353	295,7	64,3	45
D355	320,1	70,1	49
D357	279,9	63,3	45
D360	467,2	101,3	71
D361	488,0	106,2	74
R354	651,0	132,4	93
R358	651,0	132,4	93
R362	651,0	132,4	93

3. UYGULAMA SONUÇLARI

Halen dokuz sınıftan yedisinde uygulama tamamlanmış olup uygulama öncesi ve sonrasında yapılan ölçümler karşılaştırılmalı olarak Tablo 3 de verilmiştir. Tabloya ek olarak dört sınıfa ait çınlanım süresi grafikleri Şekil 2-3 de sunulmuştur. Son ölçüm değerlerinden yeni durumdaki toplam yutuculuk miktarı elde edilmiş ve bu değerlere öğrencilerden kaynaklanacak yutum ilave edilerek – doluluk oranı % 50 varsayılmıştır - gerçek durumdaki çınlanım süreleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Tablo 3. Uygulama sonrası elde edilen iyileştirme

Sınıf No: D351	Ortalama Çınlanım Süreleri RT ₆₀ (s)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Önce	4,72	4,43	3,67	3,25	2,90	2,20
Sonra	2,99	2,25	1,33	1,11	1,15	1,10
Öğrencilerle	2,22	1,62	0,86	0,71	0,69	0,68

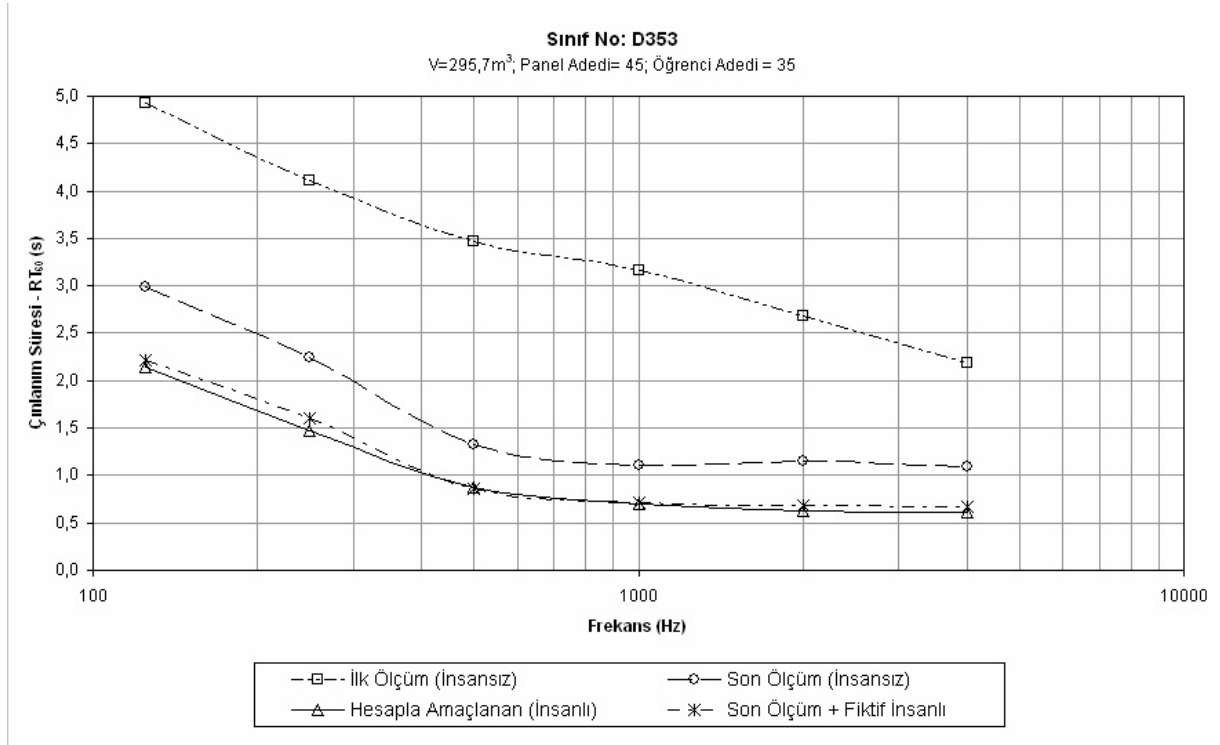
Sınıf No: D353	Ortalama Çınlanım Süreleri RT ₆₀ (s)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Önce	4,92	4,11	3,47	3,16	2,68	2,18
Sonra	2,99	2,25	1,33	1,11	1,15	1,1
Öğrencilerle	2,21	1,61	0,86	0,71	0,68	0,67

Sınıf No: D355	Ortalama Çınlanım Süreleri RT ₆₀ (s)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Önce	5,64	4,94	3,86	3,42	2,95	2,20
Sonra	3,55	2,26	1,38	1,28	1,20	1,16
Öğrencilerle	2,56	1,65	0,91	0,80	0,72	0,72

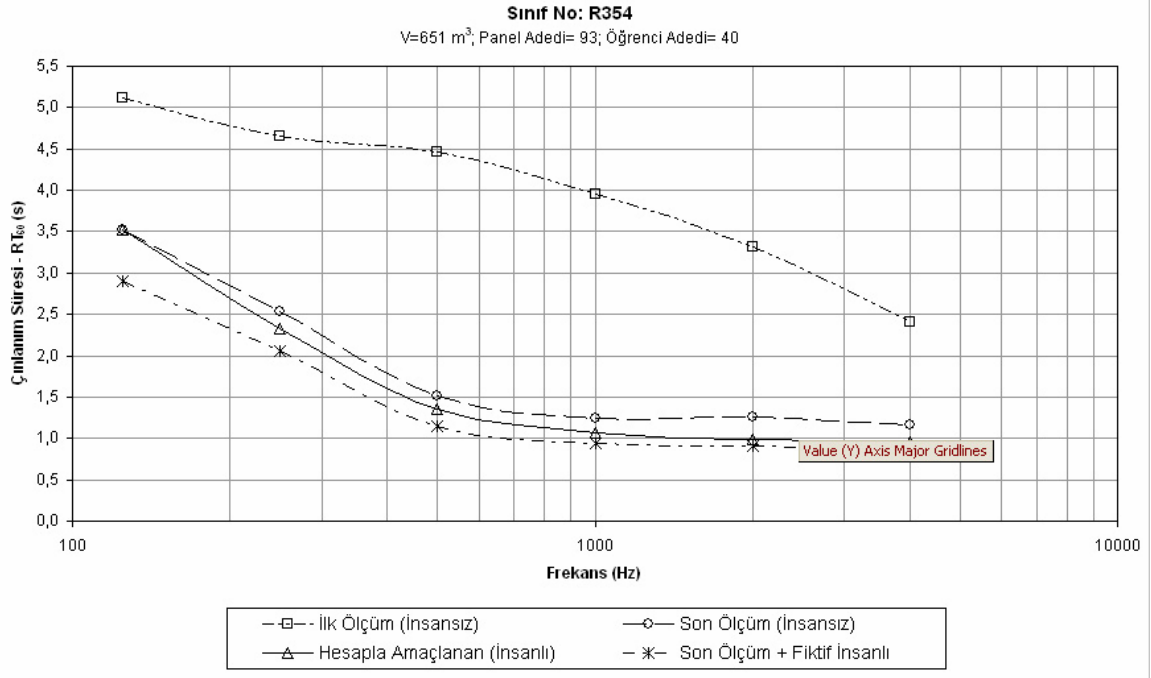
Sınıf No: D357	Ortalama Çınlanım Süreleri RT ₆₀ (s)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Önce	5,30	4,38	4,03	3,74	3,12	2,32
Sonra	2,97	2,19	1,24	1,47	1,37	1,19
Öğrencilerle	2,35	1,70	0,90	0,94	0,85	0,79

Sınıf No: D360	Ortalama Çınlanım Süreleri RT ₆₀ (s)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Önce	5,79	5,12	4,01	3,70	3,17	2,39
Sonra	3,18	2,25	1,39	1,56	1,46	1,29
Öğrencilerle	2,26	1,57	0,86	0,84	0,75	0,72

Sınıf No: R362	Ortalama Çınlanım Süreleri RT ₆₀ (s)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Önce	4,50	3,76	2,19	1,92	1,74	1,46
Sonra	2,83	1,71	1,09	0,96	0,97	0,97
Öğrencilerle	2,08	1,29	0,74	0,63	0,60	0,61



Şekil 2. D353 No'lu sınıf uygulama sonuçları.



4. SONUÇ

Ölçüm sonuçlarından görüldüğü gibi çınlanım süresi değerleri tasarım aşamasında amaçlanan aralıklar içerisinde düşmektedir. Objektif değerlerin dışında en az bir o kadar önemli olan sonuç ise öğretmen ve öğrencilerden alınan olumlu geri bildirimlerdir. Öğrenciler ve öğretmenlerle yapılan görüşmelerde konuşmaların anlaşılabilirliğinde çok önemli iyileşmeler sağlandığı belirtilmiştir. Bir eğitim mahalinin kullanıcılara akustik açıdan konfor sağlayacak ve böylece öğrenim kalitesini yükseltecek şekilde düzenlemesinin bazı basit temel kurallar ışığında, yüksek maliyetler gerektirmeden eldeki imkanların kullanılması ile kolay ve ucuz mal edilebildiği görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

1. Nixon, M.T.; An Overview of The Development of Classroom Acoustics Guidelines in The United States, Turkish Acoustical Society Proceedings, International Symposium on Noise Control & Acoustics for Educational Buildings, Istanbul, pp.1-12, 2000.
2. Airey, S.; The Effects of Classroom Acoustics on School Teachers, Turkish Acoustical Society Proceedings, International Symposium on Noise Control & Acoustics for Educational Buildings, Istanbul, pp.21-29, 2000.
3. Classroom Acoustics Booklet, Acoustical Society of America Publications, <http://asa.aip.org/classroom/booklet.html>, 2000.
4. Vallet, M.; Some Standarts on Noise in Educational Buildings, Turkish Acoustical Society Proceedings, International Symposium on Noise Control & Acoustics for Educational Buildings, Istanbul, pp.12-20, 2000.
5. Gürültü Kontrol Yönetmeliği, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, 1986.