

EĞİTİM YAPILARINDA KLİMA SİSTEMİNİN İŞİTSEL KONFOR KOŞULLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Mustafa MUTLU
Muhsin KILIÇ

ÖZET

Bu çalışmada, yeni faaliyete geçen ve kamuya ait bir yüksek öğretim binasındaki dersliklerde, iklimlendirme sisteminin işitsel konfor üzerindeki etkisini incelenmiştir. Yapılan çalışmada, bina içinde en sık kullanılan 5 derslik üzerinde ölçüm yapmak üzere ele alınmıştır. Ölçümlerde bir adet Svantek firmasının, Svan948 model el tipi ses ölçüm aleti kullanılmıştır. Dersliklerde 1/1 oktav bantlarında yapılan ölçümler, pencerelerin açık ya da kapalı olması ve iklimlendirme sisteminin 3 farklı fan hızı kademesi için ayrı ayrı uygulanmıştır. Bu ölçümler sonucunda A ağırlıklı eşdeğer ses seviyesi (LAeq), gürültü kriteri (NC), oda kriteri (RC) ve arka plan ses gürültü seviyeleri (BGNA) standartlar ile karşılaştırılmış ve ses girişim düzeyleri (SIL) belirlenmiştir.

Çalışmanın sonucunda elde edilen değerler standartlarla karşılaştırılarak, binanın optimum işitsel konfor koşullarını sağlayıp sağlamadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar, iklimlendirme tesisatının çalışır konumda olduğu zamanlarda mekan içindeki işitsel konfor koşulları üzerinde olumsuz bir değişime sebep olduğunu göstermektedir. Bu nedenle konfor koşullarının sağlanmasında iklimlendirme tesisatının doğru seçilmesi, gerekli tesisat yalıtımının sağlanmış olması ve bina içindeki tüm tesisat gürültülerinden kaynaklanacak sorunların ortadan kaldırılması gerekliliği bir defa daha ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: İşitsel Konfor, Derslik, Klima Sistemi

ABSTRACT

In this study, effect of air conditioning system on acoustical comfort in public owned higher education building classrooms was examined. Five classrooms which most frequent employed, was handled for measurements. In the measurements a Svantek Svan948 model hand-type sound measurement instrument was used. The measurements were performed for each case, where windows opened, windows closed, and three different fan speeds. A weighted equivalent sound level (LAeq), noise criteria (NC), room criteria (RC), A weighted background noise level (BGNA) and sound interference levels (SIL) were evaluated and compared with standards.

Data, obtained from study, were compared with the standards and determined if the building provides optimal acoustical comfort or not. Results showed that, the air conditioning system caused negative effect on acoustical comfort of classrooms when operated. Therefore it is appeared again that the requirement of the correct choice of air conditioning system, required fitting insulations and annihilate the air conditioning system noise to obtain acoustical comfort conditions.

Keywords: Acoustical comfort, Classroom, Air Conditioning System

1. GİRİŞ

Günümüzde yeni inşa edilen yapıların birçoğunda iklimlendirme sistemleri bulunmakta ve yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu iklimlendirme sistemlerin tasarımında ve montajında, ses ve titreşim kontrolüne gerekli önem verilmez ise kabul edilemez akustik ortamlara sebep olabilirler. Özellikle eğitim yapılan dersliklerdeki kötü akustik performans, derslik içindeki öğrencilerin konuyu anlaması ve eğitim veren kişinin fiziksel çabasını olumsuz yönde etkilemektedir [1].

Bu çalışmanın amacı, ölçüm verilerini ve teorik ifadeleri kullanarak yeni faaliyete geçen kamuya ait yüksek öğretim binasındaki dersliklerde iklimlendirme sisteminin etkisini incelemek ve standartlar ile karşılaştırmaktır. Binada en sık kullanılan 5 derslik ele alınmıştır. Bu dersliklerde 1/1 oktav bantlarında, farklı şartlarda ses düzeyi ölçümleri alınmıştır. Ölçümler, pencerenin açık ya da kapalı olması ve iklimlendirme sisteminin 3 farklı fan hızı kademesi için yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda A ağırlıklı eşdeğer ses seviyesi (LAeq), gürültü kriteri (NC), oda kriteri (RC) ve arka plan ses gürültü seviyeleri (BGNA) standartlar ile karşılaştırılmış ve ses girişim düzeyleri (SIL) belirlenmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda pencere kapalı konumda iken alınan ölçümlerin Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği' nde belirtilen değerlerden yüksek olduğu gözlenmiş bunun yanı sıra pencere açık iken sınır değerini altında sonuçlar elde edilmiştir. Gürültü kriteri açısından incelediğimizde, pencerelerin kapalı olması durumunda limit değerden düşük değerler ölçülmüştür. Oda kriteri açısından bakıldığında ortamda tıslama şeklinde bir gürültünün varlığından söz edilebilir.

2. MATERYAL VE METHOD:

Ses seviyesi ölçümleri Uludağ Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesine bağlı bulunan 2010 yılında faaliyete geçmiş Ali Durmaz Mak. Müh. Bölümü Binasında yapılmıştır. Ölçümlerde bir adet el tipi Svantek firmasının, Svan948 model el tipi ses ölçüm aleti kullanılmıştır. Ölçümler en sık kullanılan 5 farklı sınıfta alınmıştır. Sınıfların özellikleri Tablo 1' de verilmiştir. Ölçümler 2009–2010 eğitim öğretim yılının yaz okulu döneminde, günün aynı saatinde ve boş sınıflarda yapılmıştır.

Tablo 1. Ölçüm Yapılan Dersliklerin Özellikleri

Derslik	Kapasite	Hacim	Pencere Alanı/Duvar Alanı	Dış Duvar Cephesi
D103	74	320.79	2.85	Doğu
D105	114	484.62	2.91	Kuzey
D202	74	320.79	2.85	Doğu
D203	74	320.79	2.85	Doğu
D205	114	484.62	2.91	Kuzey

Bu çalışmada, 1/1 oktav bantlarında eş değer ses basınç seviyeleri (SPL), A ağırlıklı eşdeğer ses seviyesi (LA_{eq}) ve dersliklerin çınlama süreleri (RT₆₀) ölçülmüştür. Her bir derslik için pencereler kapalı konumda, pencereler açık konumda ve 3 farklı klima fanı seviyesinde ölçümler alınmıştır. Bu sonuçları kullanarak gürültü ölçütü (NC), oda kriteri (RC), konuşma girişim düzeyi (SIL) ve arka plan gürültü seviyesi (BGNA) değerleri hesaplanmıştır.

A ağırlıklı eşdeğer ses seviyesi, insanın işitme sisteminin frekans tepkisini yansıtır. Bu sebeple gürültüye maruz kalma durumlarında sıkça kullanılır [2]. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği gereğince dersliklerdeki sınır değeri pencereler kapalı iken 35 dBA, pencereler açık iken 45 dBA' dır.

Gürültü Ölçütü, mekanların uygun arka plan gürültüsü düzeylerinin belirlenmesinde tek bir ortalama yerine 8 oktav-bantta kabul edilebilir en yüksek gürültü düzeyinin sınırlarını çizen bir eğrinin

kullanılmasını öngörmektedir [2]. Yapılan çalışmalarda derslikler için bu ölçütün limiti NC 30 olarak tespit edilmiştir [3].

Oda kriteri eğrileri, özellikle HVAC sistemlerinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir [4]. Havalandırma ve klima sistemlerinin oluşturduğu sürekli gürültüleri, ölçülmüş ses basınç düzeylerine, frekans spektrumun şekline, tonal içeriğe ve düşük frekanstaki titreşimlere bağlı olarak değerlendirmek için kullanılır öngörmektedir [çevre ve yapı Akus]. RC kriterinin belirlenmesi işleminde;

1. 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz 1/1 oktav frekans bantlarındaki ses basınç seviyelerinin aritmetik ortalaması hesaplanır.
2. 1000 Hz' te hesaplanan RC seviyesi noktasından geçen eğimi -5 dB/oktav olan bir doğru çizilir.
3. Geri plan gürültüsünün öznel kalitesi veya karakteri belirlenir.

Geri plan gürültüsünün nötr karakterde olması istenir, gümbürtülü, tıslamalı veya tonal karakterde olması rahatsız edici olarak kabul edilir[5]. Oda kriterinin limiti, gürültü kriterindeki değer (NC) ile aynı nötr karakterdeki gürültü için RC 30 (N) olarak kabul edilebilir.

Konuşma girişim düzeyi, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz ve 4000 Hz frekanslarında ses basınç seviyelerinin aritmetik ortalaması olarak tanımlanır. Hangi konuşmanın kolay, zor ve imkansız gibi koşullarını araştırmak için kullanılır [2].

Arka plan gürültü seviyesi, dolu bir derslikteki havalandırma sisteminden kaynaklı gürültü ile öğrencilerden kaynaklı gürültünün toplamı olarak tanımlanmıştır. Havalandırma sisteminden kaynaklı gürültü (VNA_d) 1 numaralı denklem ile hesaplanmıştır [6].

$$VNA_d = VNA_b + 10 \log \left(\frac{4}{A_b} \right) \left(\frac{4}{A_d} \right) \quad (1)$$

Bu denklemdeki VNA_b , boş sınıftaki havalandırma sisteminden kaynaklı gürültüyü, A_b boş sınıfın yutuculuğunu, A_d dolu sınıfın yutuculuğunu göstermektedir. A_d şu şekilde hesaplanmaktadır [6]:

$$A_d = A_b + 0.7CA_{1k} \quad (2)$$

A_{1k} , bir insanın 1 kHz' teki yutuculuğudur ve $A_{1k}=0.81 \text{ m}^2$, C ise sınıfın oturma kapasitesini göstermektedir. A_b , boş sınıfın yutuculuğu, sınıfın geometrik ölçüleri kullanılarak Sabine ya da Eyring-Norris [7] eşitliklerinden faydalanarak bulunabilir.

Öğrencilerden kaynaklı gürültü ($SANA_d$), denklem 3' teki ampirik ifade ile bulunmuştur [6].

$$SANA_d = 83 + 10 \log(0.7C) - 34.4 \log(A_d) + 0.081A_d \quad (3)$$

Arka plan gürültü seviyesi (BGNA), mükemmel bir konuşma anlaşılabilirliği için 35 dBA' yı geçmemesi istenmektedir [6].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sınıflarda, pencerelerin açık ve kapalı olması durumundaki oluşan ses seviyeleri tablo 1' de verilmiştir. Şu anda yürürlükte olan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği" gereğince iç ortam gürültü seviyesi, eğitim kurumlarındaki derslikler için pencerenin kapalı olması durumunda 35 dBA, açık olması durumunda ise 45 dBA' dır. Pencerelerin kapalı olması durumunda D205 nolu sınıf,

yönetmeliğe uygundur. Diğer dersliklerin ses seviyesi yüksek olmasına rağmen yönetmelikte belirtilen limit değerler ile arasındaki farklar çok fazla değildir. Pencerelelerin açık olması durumunda ise bütün sınıflarda ölçülen ses seviyesi yönetmelikte belirtilen değerin altındadır. Pencereleler açık iken ses seviyesinin uygun değerlerde olmasının sebebini, binanın şehir gürültüsünden uzak kurulmuş olmasına bağlayabiliriz. Pencere-duvar alanı oranı yüksek olduğu için pencereleler kapalı iken ses yalıtımı iyi yapılamamakta ve ses seviyeleri yönetmelikte belirtilen değerlere uygun değildir. Sınıfların gürültü kriterini (NC) incelediğimizde D105 haricindeki bütün sınıfların standarda uygun olduğu görülmektedir. Oda kriteri açısından incelediğimizde, pencere açık iken hiçbir derslikteki ölçüm sonuçları tatmin edici değildir. Pencere kapalı iken ise D103 ve D205 nolu dersliklerde alınan ölçümler kritere uygundur. Buradaki dikkat edilmesi gereken nokta dersliklerdeki geri plan gürültüsünün, tıslama şeklinde olmasıdır. Konuşma girişim düzeylerine baktığımızda pencerelelerin açılması beklendiği gibi konuşmanın anlaşılabilirliği azaltmaktadır.

Tablo 1. Pencere Durumuna Göre Sınıflarda Oluşan Gürültü Seviyeleri

Sınıf	Durum	Leq [dBA]	NC	RC	SIL [dB]
D103	Pencere Açık	40.2	34	32 (H)	32.1
	Pencere Kapalı	35.7	33	29 (N)	29.3
D105	Pencere Açık	43.8	39	30 (H)	35.6
	Pencere Kapalı	30.9	25	24 (H)	23
D202	Pencere Açık	40.6	37	30 (H)	31.9
	Pencere Kapalı	36.8	29	28 (H)	26.9
D203	Pencere Açık	40.4	36	34 (N)	33
	Pencere Kapalı	35.7	30	29 (H)	28.2
D205	Pencere Açık	37.5	33	31 (N)	29.5
	Pencere Kapalı	33.5	29	26 (N)	25.4

Sınıflarda bulunan havalandırma sisteminin açılması durumunda oluşan ses seviyeleri, NC ve RC değerleri tablo 2' de verilmiştir. Farklı klima seviyelerinin etkisine baktığımızda ses seviyelerinin ve gürültü kriteri değerlerinin birbirine yakın olduğunu söyleyebiliriz. Farklı klima seviyelerinde de ses seviyeleri aynı çıkması 1. ve 2. seviyeler arasında bir farkın olmadığını göstermektedir. Oda kriterini açısından incelediğimizde klimanın devreye alınması geri plan gürültüsünü arttırmakta limit değerler aşılmaktadır. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliğindeki değerlere göre incelediğimizde ise havalandırma sisteminin çalışması esnasında sınıflarda oluşan ses seviyeleri yönetmelikte belirtilen değerleri sağlamamaktadır.

Tablo 2. Klima Durumuna Göre Sınıflarda Oluşan Gürültü Seviyeleri

Sınıf	Klima Durumu	Leq [dBA]	NC	RC	SIL [dB]
D103	1.Seviye	37.7	30	29 (H)	27.5
	2.Seviye	38	31	30 (N)	28.3
	3.Seviye	40.9	34	33 (N)	31.3
D105	1.Seviye	37.5	31	29 (H)	27.8
	2.Seviye	39.2	32	31 (H)	29.9
	3.Seviye	44.1	35	36 (N)	34.4
D202	1.Seviye	36.9	28	29 (N)	24.8
	2.Seviye	38.1	30	31 (N)	25.7
	3.Seviye	43.5	37	36 (N)	33.6
D203	1.Seviye	38.4	30	30 (H)	28.8
	2.Seviye	38.6	31	31 (N)	29.1
	3.Seviye	40.2	33	33 (N)	30.0
D205	1.Seviye	37.7	34	30 (H)	28.5
	2.Seviye	38.6	34	30 (N)	28.1
	3.Seviye	42.6	37	37 (H)	34.7

Klimadan kaynaklı gürültünün ve sınıftaki öğrencilerin aktivitelerinden kaynaklı gürültünün birlikte ele alındığı arka plan gürültü seviyeleri tablo 3' te verilmiştir. Arka plan gürültü seviyeleri sınıflara göre ve klimanın 1. ve 2. seviyelerine göre fazla farklılık göstermemektedir. Bunun nedeni sınıflardaki öğrenci aktivitelerinden kaynaklı gürültünün sınıflar arasında çok fazla farkın bulunmaması ve klimanın 1. ve 2. seviyelerindeki gürültünün birbirine yakın olmasıdır. Bununla birlikte klimanın 3. seviyede çalıştırılması arka plan gürültü seviyesini olumsuz etkilemektedir.

Tablo 3. Havalandırma Sistemi Çalışır Vaziyette İken Arka Plan Ses Gürültü Seviyeleri

Sınıf	Klima	
	Durumu	BGNA
D103	1.Seviye	44.6
	2.Seviye	44.7
	3.Seviye	46.0
D105	1.Seviye	42.9
	2.Seviye	43.8
	3.Seviye	47.2
D202	1.Seviye	44.2
	2.Seviye	44.4
	3.Seviye	45.9
D203	1.Seviye	44.8
	2.Seviye	44.9
	3.Seviye	45.6
D205	1.Seviye	43.6
	2.Seviye	44
	3.Seviye	46.5

4. SONUÇ

Kamuya ait yüksek eğitim kurumunun dersliklerinde yapılan ölçümlerde görülmüştür ki, klima sisteminin çalıştırılması dersliklerdeki akustik konforu olumsuz etkilemektedir. Özellikle yüksek klima seviyelerinde, geri plan gürültüsü daha da artmakta ve dersliklerdeki eğitim kalitesini olumsuz etkilemektedir. Eğitim binasının daha gürültülü şehir merkezinden uzakta olmasından dolayı pencerelerin açılmasıyla dersliklerdeki ses seviyeleri şartnamede belirtilen limit değeri aşmamaktadır.

Yeni yapılan eğitim kurumlarında iklimlendirme sistemi tasarlanırken akustik konfor şartları da göz önünde bulundurularak tasarım yapılması dersliklerdeki konuşmanın anlaşılabilirliği açısından faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Krüger E.L., Zannin P.H.T., "Acoustic, Thermal and Luminous confort in classrooms", Building and Environment, 2004.
- [2] Demirkale, S.Y., "Çevre ve Yapı Akustiği", Birsen Yayınevi, 2007.
- [3] Lilly J.G., "Understanding the Problem: Noise in the Classroom", The Ashrae Journal, 2000.
- [4] ASHRAE Fundamentals, "Sound and Vibration", 1997.
- [5] ASHRAE "Hvac Akustiği için Algoritmalar", Çeviren: İ. Y. URALCAN, Tesisat Mühendisleri Derneği, 2005.
- [6] Hodgson M., "Case-study Evaluations of the Acoustical Designs of Renovated University Classrooms", Applied Acoustics, 2004.
- [7] Everest F.A., Pohlman K.C., "Master Handbook of Acoustics", McGraw Hill, 2009.

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa MUTLU

1984 yılı Bulgaristan doğumludur. 2007 yılında UÜ. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2009 yılında Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 2009 yılından beri UÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalı'nda Araş. Gör. olarak görev yapmaktadır.

Muhsin KILIÇ

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden Makine Mühendisi olarak 1986 yılında mezun olmuştur. Yüksek lisans derecesini 1989 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesinden, Doktora derecesini 1993 yılında İngiltere' de Bath Üniversitesinden almıştır. 1994 yılında Uludağ Üniversitesinde Yardımcı Doçent kadrosuna atanmıştır. Aynı bölümde 1996 yılında Doçent ve 2002 yılında Profesör unvanlarını alarak atanmıştır. Halen aynı yerde Enerji Anabilim Dalı üyesi olarak Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı ve Enerji Ana Bilim Dalı Başkanlığı görevlerini sürdürmektedir. Enerji, Enerji Dönüşümleri, CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği), Isı ve kütle transferi, Termik Turbo Makineler, Isıl Konfor, Otomotiv ve Yangın Güvenliği konularında çalışmaktadır. Çalışma konularında uluslar arası ve ulusal dergilerde yayınlanmış ve konferanslarda sunulmuş çok sayıda bilimsel makalesi bulunmaktadır.