

ANKARA'DA BİR ENTEGRE SAĞLIK KAMPÜSÜ HASTA YATAK ODALARININ AKUSTİK PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Fusun DEMİREL

Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Öğretim Üyesi, Maltepe, 06570, Ankara

Zuhal ÖZÇETİN

Siirt Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü Öğretim Üyesi, Siirt

Sümeyra ARSLAN

Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Araştırma Görevlisi, Yozgat

Merve GÖRKEM

Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü Doktora Öğrencisi, Ankara

S. Gül İLİSULU

Başkent Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Öğretim Görevlisi, Ankara

ÖZET

İstenmeyen ve rahatsızlık hissi uyandıran sesler gürültü olarak isimlendirilmekte olup, bu bağlamda önlem olarak yapılan ses yalıtımı ise; yaşanan ortamı istenmeyen seslerden yalıtarak gürültünün zararlı etkilerinden korumak, gürültülü alanlardan çevreye yayılan sesi azaltmak ve uygun kullanım koşulları oluşturmak amacı ile yapılan uygulamalara denmektedir. Hastane odalarının ses yalıtımı; hasta ve personelin sağlığı, huzuru ve verimliliği için çok önemlidir. Hastaneler, ameliyathaneler, MR ve röntgen odaları, acil müdahale odaları gibi bölümlerde dış ortam gürültüsünün minimuma indirilmesi gerekmektedir. Dış gürültülerin hem hastalar hem de hastane çalışanları üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için ses yalıtımı son derece önemli bir konudur. Ülkemizde “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik” kapsamında mevcut ve yeni yapılacak binalarda gürültü kontrolü daha da önemli hale gelmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmada, hasta yatak odalarını çevreleyen yapı bileşenlerinin (hasta yatak odalarını ayıran duvar, hasta yatak odası-koridor arasındaki duvar, hasta yatak odası-yoğun bakım odası arasındaki duvar, iki kişilik hasta yatak odası dış duvarı, hacim içi gürültü seviyeleri gibi) ülkemizde yürürlükte olan mevzuatlara uygun şekilde gürültü kontrolüne yönelik akustik ölçümler yapılmış, hesaplamalar yardımıyla yapı elamanlarının akustik performansları elde edilerek, Türkiye’de 31 Mayıs 2018 tarihi itibarıyla yürürlüğe giren “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik” çerçevesinde uygunlukları değerlendirilmiştir.

54

Anahtar Kelimeler: Akustik, yapı akustiği, hastane, hasta odaları, sağlık yapıları.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gürültü, istenmeyen ve duyulmasından hoşlanılmayan sestir. İnsan fizyolojisi ve psikolojisi gürültüden olumsuz etkilenmektedir. Gürültüyü algılama kişiden kişiye, içinde bulunulan mekân ve zamana göre değişiklik gösterirken, kişinin gürültü hissettiği anda ortamdaki uzaklaşma isteği genellikle gürültüye verilen ilk tepkilerdir. Hastanelerde gürültü, fizyolojik ve psikolojik olarak hastayı, hasta yakınlarını ve hastane çalışanlarını etkileyen çevresel bir stres kaynağıdır. Hastane gürültüsü, hasta, hasta yakını ve çalışanlardan kaynaklanabilecek insan kaynaklı sesler ile tıbbi ve tıbbi olmayan cihazların çıkardığı ve ayrıca yapı, karayolu uzaklığı gibi çevresel faktörlerin etkilediği arka plan seslerinden oluşmaktadır [1].

Hastalar hastanelerde kaldıkları süreçte, çevreleriyle ilgili farkındalıklarını arttırmaları. Bu durum, kapalı ortam kalitesinin, uyku, iyileşme ve esenliğin sağlanması için özel önem taşıdığı anlamına gelmektedir. Hastanelerde gürültü kirliliği bir problemdir ve konfora yönelik tüm unsurları olumsuz etkileyebilir. Gürültünün fizyolojik değişiklikler oluşturabileceği bilinmektedir. Örneğin, yoğun bakım ünitesindeki çalışmalar, gürültü kirliliğine maruz kalan hastaların oksijen doyumunun

azaldığını (oksijen desteği tedavisine olan ihtiyacın artması), yüksek kan basıncını, kalp ve solunum hızını artırdığını ve uykunun kötüleştiğini ortaya koymaktadır. Yetişkin hastalarda ise; gürültünün stresi artırdığına, kan basıncını ve kalp atış hızını yükselttiğine dair güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Uyku kaybı, daha yavaş iyileşme sürelerine ve hastaneye yeniden yatma olasılığına yol açmaktadır [2].

Günümüzün sağlık tesislerinde, gelişen teknolojinin de etkisiyle hastalara sessiz bir gece uykusu sağlamak giderek daha zorlu hale gelmektedir. Uyku, hastane ortamında iyileşme sürecinin önemli bir parçasıdır. Ancak gürültü; hastaların ihtiyaç duydukları uykuyu sağlıklı şekilde almalarını engellemektedir. Taburcu olduktan sonra birçok hasta, odalarındaki gürültülerden memnuniyetsizliğini bildirmektedir [3].

Gürültü kirliliği 1960'lı yıllardan bu yana sürekli olarak artmaktadır. Yapılan çalışmalara göre, hastanelerdeki iç ortam gürültü seviyeleri 1960 yılında gündüz saatlerinde 57 dB iken günümüzde 72 dB'e, geceleri ise 42 dB iken günümüzde 60 dB'e yükselmiştir. Bu ses seviyeleri, hasta odalarındaki maksimum gürültü seviyesi için Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından gündüz 35 dB, geceleri ise 30 dB olarak belirlenen değerlerin çok üzerindedir [4].

Hastanelerdeki gürültü seviyelerinin, hastalara etkilerinin yanı sıra, çalışma performansına, konsantrasyonuna ve iletişimine olan olumsuz etkileri yanında stres, tükenmişlik sendromu gibi psikolojik etkilerinin olduğu da bilinmektedir. Bu nedenle hassas çalışma ortamları olan hastanelerde gürültü kontrolünün sağlanması, hem hastalar hem çalışanlar açısından zorunlu hale gelmiştir [5].

Gürültünün hasta üzerindeki etkileri çok sayıda araştırma ile ortaya konulmuştur. Örneğin, ani ve beklenmedik gürültüye maruziyetin hasta kalp atış hızını artırdığı ve hasta iyileşme süreleri üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu ispatlanmıştır. Yüksek ses seviyeleri, kan basıncı seviyelerini artırma eğilimindedir. Michigan Üniversitesi araştırmacıları tarafından yapılan bir araştırma, toplam gürültü seviyeleri ve kan basıncı seviyeleri arasında doğrudan bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur [6].

Bu kapsamda; hasta sağlığı açısından hasta yatak odalarını çevreleyen iç ve dış yapı bileşenlerinde, gürültü kontrolünün sağlanması,

- Birbirine komşu veya bitişik mekânlardan kaynaklanan gürültünün kontrolü.
- Birbirine komşu mekânlar arasında konuşmanın gizliliğinin sağlanması.
- Ağırlıklı olarak karayolu trafik gürültüsünü kapsayan, çevresel gürültünün kontrolü

açısından önem taşımaktadır. Bu bağlamda çalışmada; yeni çıkan 01.06.2018 tarihinde yürürlüğe giren yönetmelik kapsamında, Ankara'da bir Sağlık Kampüsü içerisinde yer alan kule binası, 2. katında inşa edilmiş olan iki kişilik hasta yatak odalarında akustik Mock-Up çalışması yapılmıştır.

2. YÖNTEM (METHOD)

Ankara'da bir sağlık kampüsüne ait kule binası, 2. katta akustik mock-up yapılması amacıyla inşa edilmiş olan iki kişilik hasta yatak odalarında;

- Gürültünün kontrolüne yönelik, yapı bileşenlerinin ses yalıtım performans ölçümleri bağlamında;
 - hasta odası - hasta odası arası duvar,
 - hasta odası - yoğun bakım odası arası duvar,
 - hasta odası - koridor arası duvar,
 - hasta odası dış duvarı ses geçiş kaybı ölçümleri,
- Çevresel gürültü düzeyi ölçümleri,
- Arka plan gürültü düzeyi ölçümleri,
- Alıcı hasta odası reverberasyon süresi ölçümleri, ISO (International Organization for Standardization) tarafından hazırlanan; TS 9315 ISO 1996-1, TS ISO 1996-2, TS EN ISO 16283-

1, TS EN ISO 16283-3, TS EN ISO 717-1 standartlarına uygun şekilde 1/3 oktav bantta ve bu standartlarda yer alan hesaplama yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

Elde edilen ölçüm verileri;

- FGI (Facility Guide Institute) – ABD
- AIA (Associated in Acoustics) - ABD
- DIN 4019 - Almanya
- Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
- Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu
- Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik ¹ (01.06.2018'den itibaren yürürlüğe girecektir) bağlamında değerlendirilmiştir (Çizelge 1).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

3.1. Gürültü Kontrolüne Yönelik İç ve Dış Yapı Bileşenlerinin Ölçümü ve Değerlendirilmesi

Yöntemde de sözü edildiği üzere; TS 9315 ISO 1996-1 ve TS ISO 1996-2 standartlarına uygun olarak, 1/3 oktav bandında, gürültü kontrolüne ilişkin ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sırasında, hasta odalarında bulunan 3 adet havalandırma menfezinden 2'si çalışır konumdadır.

Ölçüm sırasındaki hava koşullarına bakıldığında;

Hava sıcaklığı: dış ortam: 23 ° C, iç ortam: 25 ° C, nem: % 33, rüzgâr: > 5 m/sn ve yağış yoktur.

Yapılan çevresel gürültü düzeyi ölçümleri sonucunda;

L_{Aeq} : Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Seviyesi (A-ağırlıklı), **45,9 dBA** olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1).

56

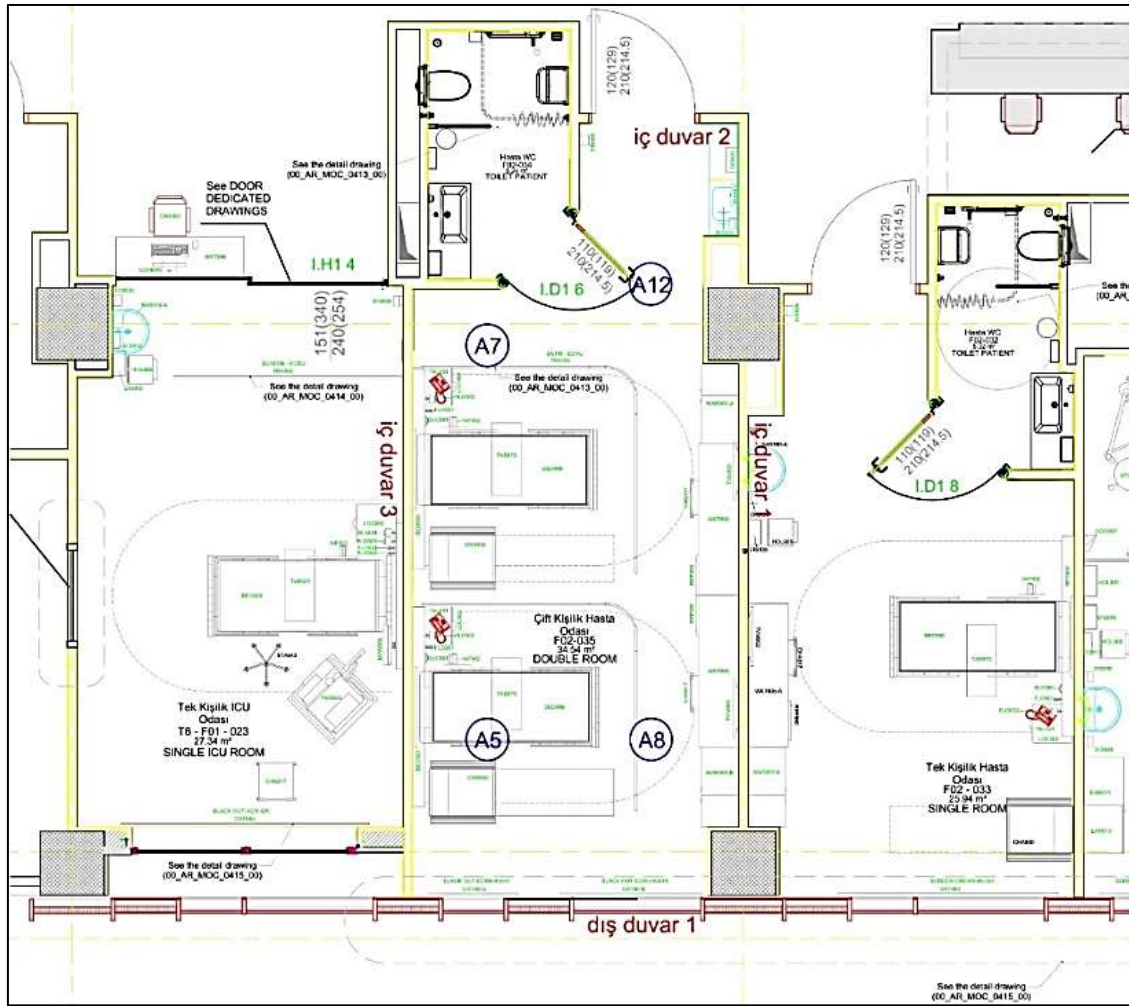
Çizelge 1. Çevresel gürültü düzeyi ölçüm sonuçları

Frekans (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000
dBA	52,0	52,3	53,5	44,9	44,7	45,0	44,7	44,3	44,0	44,0	49,5	48,1	46,0	41,7	40,0	34,5	-	-	-	-
-3 dB düzeltilmiş değer	49,9	49,8	50,5	41,9	41,7	41,7	41,0	40,7	40,3	40,3	46,5	45,1	43,0	38,7	37,0	31,5	-	-	-	-

Çizelge 1. Hastane yapıları için ulusal ve uluslararası mevzuatlarda belirlenmiş, iç yapı bileşenlerinin ses geçiş kaybı performans değerleri

DUVARLARDA SES İZOLASYONU VE ULUSAL-ULUSLARARASI MEVZUATLAR (2017)																			
Facility Guide Institute(FGI-ABD)		Associates in Acoustics (AIA-ABD)		Almanya (DIN 4019)		Türkiye Sağlık Yapıları Aşgari Tasarım Standartları Kılavuzu			Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (Türkiye - 01.06.2018'den itibaren geçerli olacaktır.)										
Bitişik Hacimler		ST C	Bitişik Hacimler		ST C	Bitişik Hacimler	Rw	Hava Yoluyla Taşman Ses Geçirgenliği (STC)			Komşuluk İlişkisi		A	B	C	D	E	F	
Hasta odası	Hasta odası (orta k duvar)	45	Hasta odası	Hasta odası (Yatay)	50	Odalar arası duvarlar	47	Yeni İnşaat	Bölmeler	Katlar	Hasta Odası Muayene Odası Sirk. alanı	Hasta Odası Ameliyathane	6	5	5	4	4	4	
								Hasta Odasından Hasta Odasına	45	40									
Hasta odası - muayene odası	Koridor	35	Hasta odası	Koridor	35	Koridor ve oda arası duvarlar		Hasta Odasından Giden Koridor	45	45									
						Dış Yapı Bileşenlerinde Ses Geçiş Kaybı Değerleri			Uygun Çevresel gürültü seviyesi aralığı, dBA		Rw değeri, dB	Düşük seviye gürültü (DG) LAF, max ≤ 55 dB							
																		Ses Seviyesi Sınıfı	I

Söz konusu sağlık kampüsünün kule binasının 2. katının iki kişilik hasta yatak odasının arka plan gürültü düzeyi ölçümleri; odanın boyutu ve mekânsal düzenlemesine bağlı olarak belirlenen 4 ölçüm noktasında (A5, A7, A8, A12) yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Arka plan gürültü düzeyi ölçüm noktaları

58

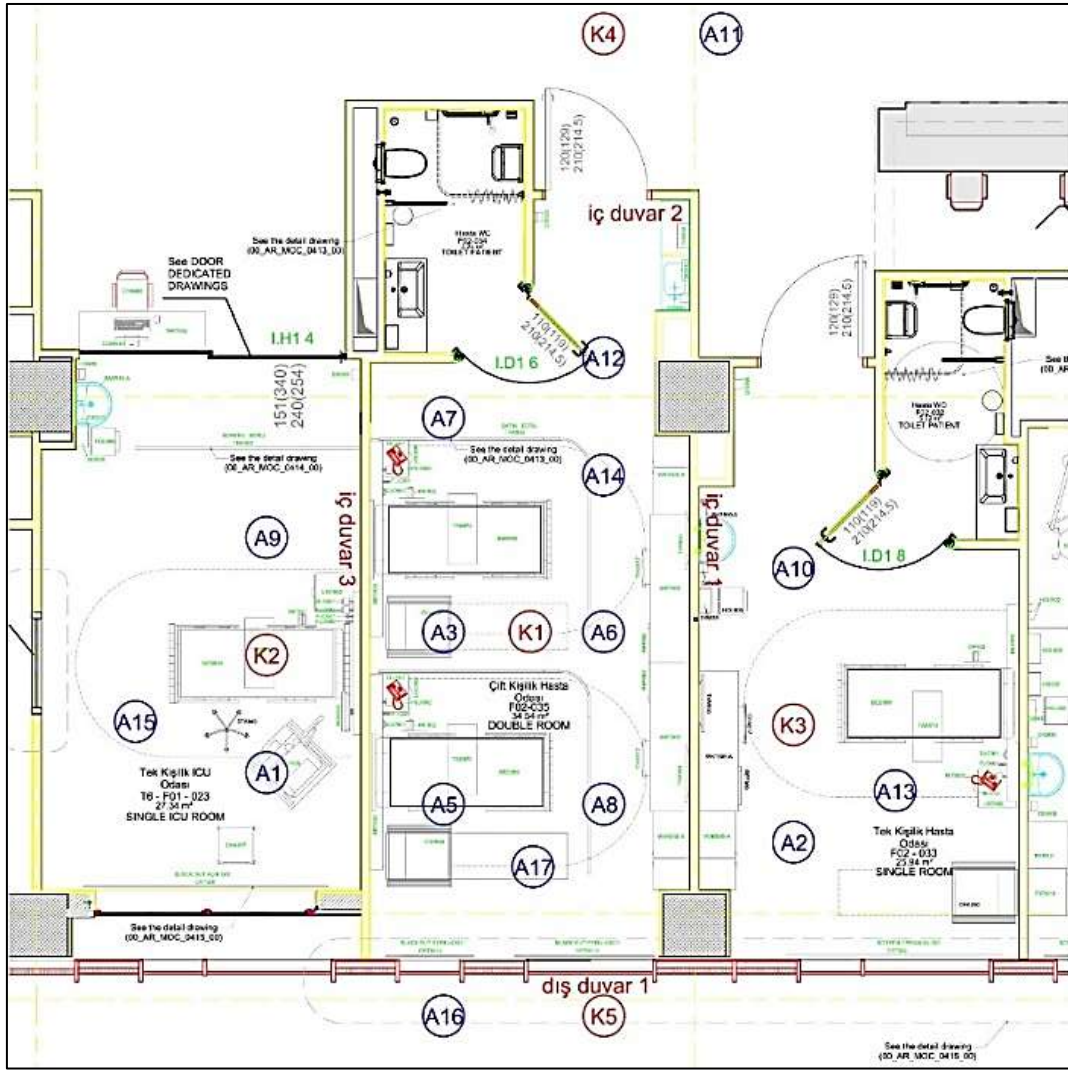
Yapılan arka plan gürültü düzeyi ölçümleri sonucunda;

L_{Aeq} : Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Seviyesi (A-ağırlıklı), **33,5 dBA** olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Arka plan gürültü düzeyi ölçüm sonuçları

Ölçüm Noktaları (Şekil 1)	A5	A7	A8	A12
dBA	31	35	33	35

İki kişilik hasta yatak odalarında, yapı elemanlarının ses yalıtım performanslarını belirlemek üzere TS EN ISO 16283-1 standardına uygun olarak gerçekleştirilen ölçümler; mekân/alan boyutlarına, mekânsal düzenlemeye ve mekânın bitişik mekânlarla olan ilişkisine bağlı olarak belirlenen kaynak ve alıcı noktalarında yapılmıştır. Ölçümler; iç duvarlar için hasta yatak odası ile bitişik mekânlar (hasta yatak odaları, koridor ve yoğun bakım odası) arasında gerçekleştirilmiştir. Dış cephe ölçümleri ise; cephe iskelesi aracılığı ile 2. katta gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan yapı bileşenleri, alıcı-kaynak odaları, kaynak ve alıcı noktaları, Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Kaynak ve alıcı noktaları



Resim 1. Ölçümlerden fotoğraflar

Ölçümler; belirlenen her bir alıcı noktası için frekanslara bağlı olarak kaynaktan 16 sn'lik beyaz gürültü verilmesi ile üçer kez tekrar edilmiş, kaynak ve alıcı odalardaki ortalama ses basınç seviyesi (L_{eq}) ölçülmüştür. Bu ölçüm değerlerinin ortalamaları alınarak, yapı elemanlarının havada yayılan ses karşısındaki performansını ölçmek için kullanılan "Ağırlıklı Ses Azaltma İndeksi",

$R_w = L_1 - L_2 + 10 \log S/A$, formülü ile hesaplanmıştır.

Burada;

R_w , Ağırlıklı Ses Azaltma İndeksi (dB),

L1, kaynak odasındaki ortalama ses basınç seviyesini (dB),

L2, alıcı odadaki ortalama ses basınç seviyesini (dB),

S, ara duvarın / döşemenin alanını (m²),

A, alıcı odadaki eş değer absorpsiyon alanını (Sabin, m²), göstermektedir.

Eş değer absorpsiyon alanı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$A = \frac{0,16V}{T}$$

Burada;

A: Alıcı odasındaki eşdeğer ses absorpsiyon alanı (ses yutucu yüzey alanı), (m²)

V: Alıcı odanın hacmi, (m³)

T: Alıcı odadaki reverberasyon süresi, (saniye)

Hacmi 98,64 m³ olan alıcı oda karakterini taşıyan, iki kişilik hasta yatak odasında orta frekanslardaki reverberasyon süresi (T_{mid}); 0,86 sn olarak ölçülmüştür. İki hasta yatak odası arasındaki **iç duvar-1** için; K3 ses kaynağı sabit, A3, A8 ve A12 alıcı noktalarında olmak üzere 3 noktada ölçüm alınmıştır (Şekil 2). İki kişilik hasta yatak odası ile koridor arasındaki **iç duvar-2** için; K4 ses kaynağı sabit, A11, A12 ve A14 alıcı noktalarında olmak üzere 3 noktada ölçüm alınmıştır (Şekil 2). İki kişilik hasta yatak odası ile yoğun bakım arasındaki **iç duvar-3** için; K2 ses kaynağı sabit, A5, A6 ve A7 alıcı noktalarında olmak üzere 3 noktada ölçüm alınmıştır (Şekil 2). İki kişilik hasta yatak odası cephesi **dış duvar-1** için; K5 ses kaynağı sabit, A5, A8 ve A16, A17 alıcı noktalarında olmak üzere 4 noktada ölçüm alınmıştır (Şekil 2). Yukarıda sözü edilen duvarların ses geçiş kaybı ölçüm, hesaplama sonuçları ve ses geçiş kaybı grafikleri; Çizelge 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve Şekil 4, 5, 6'da verilmiştir.

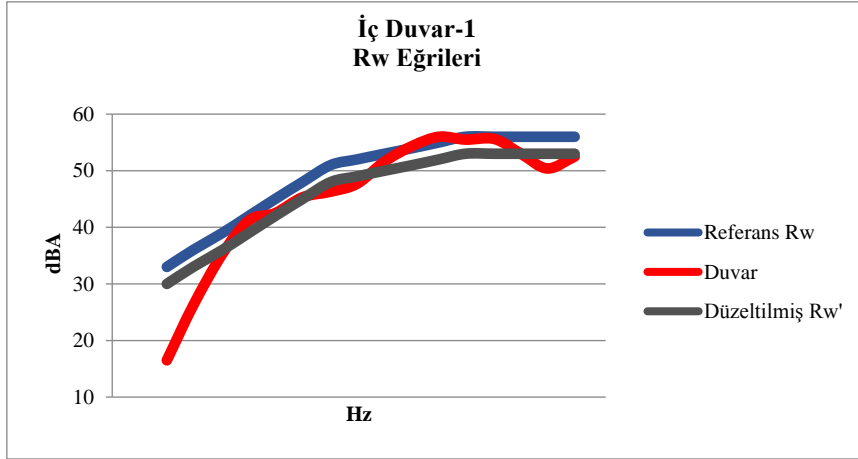
Çizelge 4. **İç duvar-1** için yapılan ses geçiş kaybı ölçüm ve hesaplama sonuçları

Frekans (Hz)	L1 (dB)	L2 (dB)	Rw=L1-L2+10log S/A (dB)
100	95,1	79,7	16,5
125	108,3	82,8	26,2
160	105,5	70,7	35,3
200	107,3	66,9	41,2
250	106,3	63,7	42,5
315	107,3	62,6	45,3
400	104,3	58,8	46,3
500	104,7	57,7	47,7
630	104,5	54,0	51,6

800	103,8	51,3	54,4
1000	104,7	50,3	56
1250	105,0	50,8	55,5
1600	108,0	53,7	55,6
2000	106,0	54,6	53
2500	106,5	57,5	50,4
3150	106,8	55,9	52,5

Çizelge 5. İç Duvar-1 için C, Ctr verileri

F	Rw	-3 dB kaydırılmış referans değerler dB	İstenmeyen sapma dB	Spectrum No:1 dB	Ln-Rw dB	$10^{\log(Ln-Rw)/10}$ dBx10 ⁻⁵	Spectrum No:2 dB	Ln-Rw dB	$10^{\log(Ln-Rw)/10}$ dBx10 ⁻⁵	
100	16,5	30	13,5	-29	-45,5	2,818382931	-20	-36,5	22,38721139	
125	26,2	33	6,8	-26	-52,2	0,602559586	-20	-46,2	2,398832919	
160	35,3	36	0,7	-23	-58,3	0,147910839	-18	-53,3	0,467735141	
200	41,2	39	---	-21	-62,2	0,060255959	-16	-57,2	0,190546072	
250	42,5	42	---	-19	-61,5	0,070794578	-15	-57,5	0,177827941	
315	45,3	45	---	-17	-62,3	0,058884366	-14	-59,3	0,117489755	
400	46,3	48	1,7	-15	-61,3	0,074131024	-13	-59,3	0,117489755	
500	47,7	49	1,3	-13	-60,7	0,085113804	-12	-59,7	0,107151931	
630	51,6	50	---	-12	-63,6	0,043651583	-11	-62,6	0,054954087	
800	54,4	51	---	-11	-65,4	0,028840315	-9	-63,4	0,045708819	
1000	56	52	---	-10	-66	0,025118864	-8	-64	0,039810717	
1250	55,5	53	---	-9	-64,5	0,035481339	-9	-64,5	0,035481339	
1600	55,6	53	---	-9	-64,6	0,034673685	-10	-65,6	0,027542287	
2000	53	53	---	-9	-62	0,063095734	-11	-64	0,039810717	
2500	50,4	53	2,6	-9	-59,4	0,114815362	-13	-63,4	0,045708819	
3150	52,5	53	0,5	-9	-61,5	0,070794578	-15	-67,5	0,017782794	
Toplam = 27,1 < 32,0 Rw = 52 - 3 dB = 49 dB				C = 49 - 44 = - 5			Ctr = 36 - 49 = - 13			



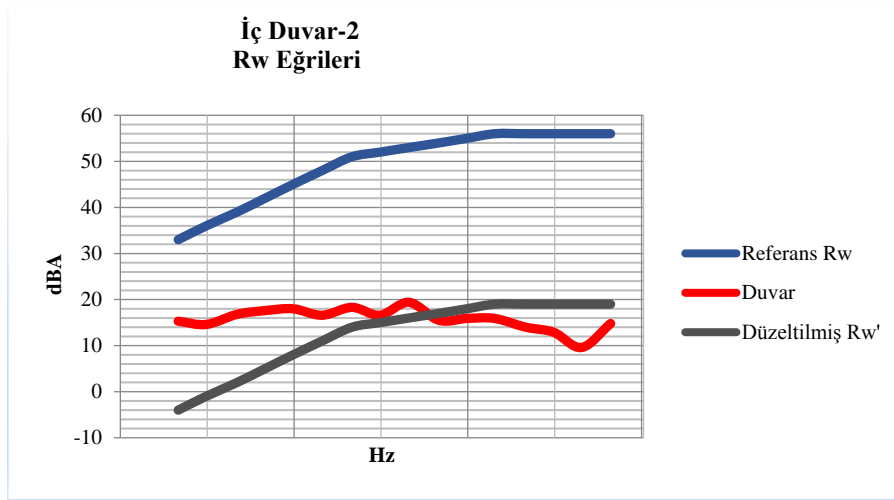
Şekil 3. Yapılan ölçümler sonucunda **İç duvar-1** için ses geçiş kaybı grafiği

Çizelge 6. **İç duvar-2** için yapılan ses geçiş kaybı ölçüm ve hesaplama sonuçları

Frekans (Hz)	L ₁ (dB)	L ₂ (dB)	R _w =L ₁ -L ₂ +10log S/A (dB)
100	101,2	80,8	15,3
125	106,6	86,4	14,6
160	106,6	84,1	16,8
200	109,7	86,7	17,6
250	105,0	80,7	18
315	101,8	79,6	16,6
400	103,8	80,1	18,3
500	101,9	79,7	16,6
630	102,0	77,5	19,4
800	97,3	77,4	15,5
1000	97,7	77,2	15,9
1250	98,7	77,9	15,9
1600	100,7	81,8	14
2000	99,2	81,7	12,9
2500	98,2	83,7	9,6
3150	100,3	80,9	14,8

Çizelge 7. İç Duvar-2 için C, Ctr verileri

F	Rw	-37 dB kaydırılmış referans değerler dB	İstenmeyen sapma dB	Spectrum No:1 dB	Ln-Rw dB	$10^{\log(Ln-Rw)/10}$ dBx10 ⁻⁵	Spectrum No:2 dB	Ln-Rw dB	$10^{\log(Ln-Rw)/10}$ dBx10 ⁻⁵	
100	15,3	-4	---	-29	-44,3	3,715352291	-20	-35,3	29,51209227	
125	14,6	-1	---	-26	-40,6	8,7096359	-20	-34,6	34,67368505	
160	16,8	2	---	-23	-39,8	10,47128548	-18	-34,8	33,11311215	
200	17,6	5	---	-21	-38,6	13,80384265	-16	-33,6	43,65158322	
250	18	8	---	-19	-37	19,95262315	-15	-33	50,11872336	
315	16,6	11	---	-17	-33,6	43,65158322	-14	-30,6	87,096359	
400	18,3	14	---	-15	-33,3	46,77351413	-13	-31,3	74,13102413	
500	16,6	15	---	-13	-29,6	109,6478196	-12	-28,6	138,0384265	
630	19,4	16	---	-12	-31,4	72,44359601	-11	-30,4	91,20108394	
800	15,5	17	1,5	-11	-26,5	223,8721139	-9	-24,5	354,8133892	
1000	15,9	18	2,1	-10	-25,9	257,0395783	-8	-23,9	407,3802778	
1250	15,9	19	3,1	-9	-24,9	323,5936569	-9	-24,9	323,5936569	
1600	14	19	5	-9	-23	501,1872336	-10	-24	398,1071706	
2000	12,9	19	6,1	-9	-21,9	645,654229	-11	-23,9	407,3802778	
2500	9,6	19	9,4	-9	-18,6	1380,384265	-13	-22,6	549,5408739	
3150	14,8	19	4,2	-9	-23,8	416,8693835	-15	-29,8	104,7128548	
Toplam = 31,4 < 32,0 Rw = 52 - 37 dB = 15 dB				C = 14 - 15 = - 1			Ctr = 15 - 15 = 0			



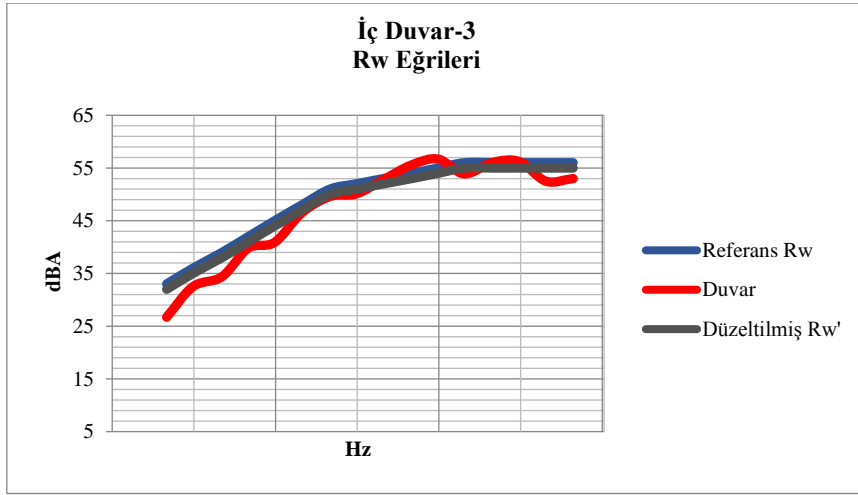
Şekil 4. Yapılan ölçümler sonucunda **İç duvar-2** için ses geçiş kaybı grafiği

Çizelge 8. **İç duvar-3** için yapılan ses geçiş kaybı ölçüm ve hesaplama sonuçları

Frekans (Hz)	L ₁ (dB)	L ₂ (dB)	$R_w = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A}$ (dB)
100	103,9	77,9	26,7
125	112,5	80,3	32,5
160	110,1	75,8	34,4
200	110,4	71,0	39,8
250	108,0	66,6	40,9
315	107,2	60,9	46,5
400	106,2	57,0	49,6
500	106,5	56,7	50,1
630	106,6	54,5	52,8
800	105,4	51,2	55,6
1000	105,9	50,4	56,7
1250	105,2	52,2	53,9
1600	108,2	53,0	56,1
2000	106,6	51,6	56,2
2500	106,9	55,3	52,5
3150	106,2	54,4	53

Çizelge 9. İç Duvar-3 için C, Ctr verileri

F	Rw	-1 dB kaydırılmış referans değerler dB	İstenmeyen sapma dB	Spectrum No:1 dB	Ln-Rw dB	$10^{\log(Ln-Rw)/10}$ dBx10 ⁻⁵	Spectrum No:2 dB	Ln-Rw dB	$10^{\log(Ln-Rw)/10}$ dBx10 ⁻⁵
100	26,7	32	5,3	-29	-55,7	0,2691535	-20	-46,7	2,1379621
125	32,5	35	2,5	-26	-58,5	0,1412538	-20	-52,5	0,5623413
160	34,4	38	3,6	-23	-57,4	0,1819701	-18	-52,4	0,5754399
200	39,8	41	1,2	-21	-60,8	0,0831764	-16	-55,8	0,2630268
250	40,9	44	3,1	-19	-59,9	0,1023293	-15	-55,9	0,2570396
315	46,5	47	0,5	-17	-63,5	0,0446684	-14	-60,5	0,0891251
400	49,6	50	0,4	-15	-64,6	0,0346737	-13	-62,6	0,0549541
500	50,1	51	0,9	-13	-63,1	0,0489779	-12	-62,1	0,0616595
630	52,8	52	---	-12	-64,8	0,0331131	-11	-63,8	0,0416869
800	55,6	53	---	-11	-66,6	0,0218776	-9	-64,6	0,0346737
1000	56,7	54	---	-10	-66,7	0,0213796	-8	-64,7	0,0338844
1250	53,9	55	1,1	-9	-62,9	0,0512861	-9	-62,9	0,0512861
1600	56,1	55	---	-9	-65,1	0,030903	-10	-66,1	0,0245471
2000	56,2	55	---	-9	-65,2	0,0301995	-11	-67,2	0,0190546
2500	52,5	55	2,5	-9	-61,5	0,0707946	-13	-65,5	0,0281838
3150	53	55	2	-9	-62	0,0630957	-15	-68	0,0158489
Toplam = 23,1 < 32,0 Rw = 52 - 1 dB = 51 dB			C = 51 - 49 = - 2			Ctr = 51 - 44 = -7			



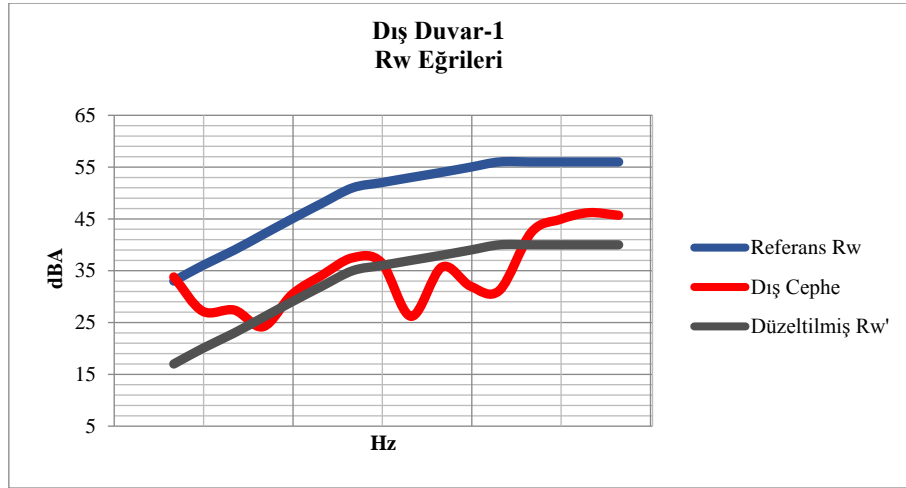
Şekil 5. Yapılan ölçümler sonucunda **İç duvar-3** için ses geçiş kaybı grafiği

Çizelge 10. Dış duvar-1 için yapılan ses geçiş kaybı ölçüm ve hesaplama sonuçları

Frekans (Hz)	L ₁ (dB)	L ₂ (dB)	R _w =L ₁ -L ₂ +10log S/A (dB)
100	102,8	66,5	33,8
125	105,2	75,1	27,2
160	97,7	67,2	27,4
200	89,9	62,9	24,2
250	93,8	59,8	30,4
315	97,9	60,8	34,1
400	96,8	56,6	37,5
500	95,5	56,0	36,6
630	93,5	64,8	26,2
800	94,1	56,7	35,7
1000	91,1	57,1	32
1250	92,0	58,5	31,2
1600	100,8	56,1	42,4
2000	97,4	50,5	44,9
2500	99,9	51,5	46,2
3150	101,4	53,7	45,7

Çizelge 11. Dış Duvar-1 için C, Ctr verileri

F	Rw	-16 dB kaydırılmış referans değerler dB	İstenmeyen sapma dB	Spectrum No:1 dB	Ln-Rw dB	$10^{\log(Ln-Rw)/10}$ dBx10 ⁻⁵	Spectrum No:2 dB	Ln-Rw dB	$10^{\log(Ln-Rw)/10}$ dBx10 ⁻⁵
100	33,8	17	---	-29	-62,8	0,052480746	-20	-53,8	0,416869383
125	27,2	20	---	-26	-53,2	0,478630092	-20	-47,2	1,905460718
160	27,4	23	---	-23	-50,4	0,912010839	-18	-45,4	2,884031503
200	24,2	26	1,8	-21	-45,2	3,01995172	-16	-40,2	9,54992586
250	30,4	29	---	-19	-49,4	1,148153621	-15	-45,4	2,884031503
315	34,1	32	---	-17	-51,1	0,776247117	-14	-48,1	1,548816619
400	37,5	35	---	-15	-52,5	0,562341325	-13	-50,5	0,891250938
500	36,6	36	---	-13	-49,6	1,096478196	-12	-48,6	1,380384265
630	26,2	37	10,8	-12	-38,2	15,13561248	-11	-37,2	19,05460718
800	35,7	38	2,3	-11	-46,7	2,13796209	-9	-44,7	3,388441561
1000	32	39	7	-10	-42	6,309573445	-8	-40	10
1250	31,2	40	8,8	-9	-40,2	9,54992586	-9	-40,2	9,54992586
1600	42,4	40	---	-9	-51,4	0,72443596	-10	-52,4	0,575439937
2000	44,9	40	---	-9	-53,9	0,407380278	-11	-55,9	0,257039578
2500	46,2	40	---	-9	-55,2	0,301995172	-13	-59,2	0,120226443
3150	45,7	40	---	-9	-54,7	0,338844156	-15	-60,7	0,085113804
Toplam = 30,7 < 32,0 Rw = 52 - 1 dB = 36 dB				C = 34 - 36 = - 2			Ctr = 32 - 36 = - 4		



Şekil 6. Yapılan ölçümler sonucunda **Dış duvar-1** için ses geçiş kaybı grafiği

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Ankara’da bir entegre kampüsüne ait kule binası iki kişilik hasta yatak odasında yapılan mock-up çalışmasında;

- Gürültünün kontrolüne yönelik, yapı bileşenlerinin ses yalıtım performans ölçümleri (hasta odası - hasta odası arası duvar, hasta odası - yoğun bakım odası arası duvar, hasta odası - koridor arası duvar, hasta odası dış duvarı ses geçiş kaybı ölçümleri)
- Çevresel gürültü düzeyi ölçümleri,
- Arka plan gürültü düzeyi ölçümleri,
- Alıcı hasta odası reverberasyon süresi ölçümleri yapılmıştır.

68

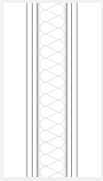
Söz konusu entegre sağlık kampüsü kule binası 2. katta inşa edilmiş iki kişilik hasta yatak odasını çevreleyen yapı bileşenlerinin, gürültü kontrolüne yönelik değerlendirilmesi ve ilgili diğer akustik parametrelerin değerlendirilmesi Çizelge 10’da özetlenmiştir.

Çizelge 10. Hasta yatak odalarının akustik analizi (ÖZET TABLO)

İÇ DUVAR-1 (Hasta yatak odalarını ayıran duvar)			
MEVCUT DURUM d=12,5 cm			
Malzeme Bilgileri	Yapı Bileşeni Detayı	Yönetmelikler	Analiz Sonucu ve Değerlendirme
<ul style="list-style-type: none"> • Alçıpanel kaplama 2x12,5 mm • Taş yünü 4 cm (75 mm hava boşluğu içerisinde) 		FGI (Facility Guide Institute) - ABD (2014)	${}^1\text{STC} \geq 45$ 49 (-5; -13) dB Rw (C; C _{tr}) UYGUN
		AIA (Associated in Acoustics) - ABD (2006)	Rw \geq 50 dB 49 (-5; -13) dB Rw (C; C _{tr}) UYGUN DEĞİL

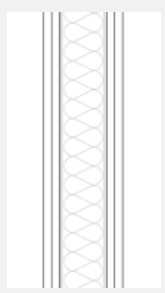
• Alçıpanel kaplama 2x12,5 mm	Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (31.05.2018'den itibaren geçerlidir)	$D_nT \geq 52$ dB (C sınıfı)	50 (-5; -13) dB DnT (C; C _{tr}) UYGUN DEĞİL
	Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu (2010)	$^1STC \geq 45$	49 (-5; -13) dB Rw (C; C _{tr}) UYGUN

İÇ DUVAR-2 (Hasta yatak odası-koridor arasındaki duvar)

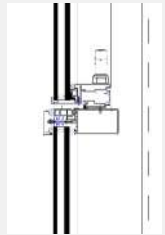
MEVCUT DURUM d=12,5 cm				
Malzeme Bilgileri	Yapı Bileşeni Detayı	Yönetmelikler		Analiz Sonucu ve Değerlendirme
<ul style="list-style-type: none"> Alçıpanel kaplama 2x12,5 mm Taş yünü 4 cm (75 mm hava boşluğu içerisinde) Alçıpanel kaplama 2x12,5 mm 120/210 ahşap kapı 		FGI (Facility Guide Institute) - ABD (2014)	$^1STC \geq 35$	15 (-1; 0) dB Rw (C; C _{tr}) UYGUN DEĞİL
		AIA (Associated in Acoustics) - ABD (2006)	$R_w \geq 35$ dB	15 (-1; 0) dB Rw (C; C _{tr}) UYGUN DEĞİL
		Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (31.05.2018'den itibaren geçerlidir)	$D_nT \geq 52$ - 10 = 42 dB (C sınıfı)	17 (-1; 0) dB DnT (C; C _{tr}) UYGUN DEĞİL
		Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu (2010)	$^1STC \geq 45$	15 (-1; 0) dB Rw (C; C _{tr}) UYGUN DEĞİL

İÇ DUVAR-3 (Hasta yatak odası-yoğun bakım arasındaki duvar)

MEVCUT DURUM d=12,5cm				
Malzeme Bilgileri	Yapı Bileşeni Detayı	Yönetmelikler		Analiz Sonucu ve Değerlendirme

<ul style="list-style-type: none"> Alçıpanel kaplama 2x12,5 mm Taş yünü 4 cm (75 mm hava boşluğu içerisinde) Alçıpanel kaplama 2x12,5 mm 		FGI (Facility Guide Institute)- ABD (2014)	${}^1\text{STC} \geq 45$	51 (-2; -7) dB $R_w (C; C_{tr})$ UYGUN
		AIA (Associated in Acoustics) - ABD (2006)	$R_w \geq 50$ dB	51 (-2; -7) dB $R_w (C; C_{tr})$ UYGUN
		Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (01.06.2018'den itibaren geçerlidir)	$D_nT \geq 52$ dB (C sınıfı)	53 (-2; -7) dB $D_nT (C; C_{tr})$ UYGUN
		Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu (2010)	${}^1\text{STC} \geq 45$	51 (-2; -7) dB $R_w (C; C_{tr})$ UYGUN

DIŞ DUVAR-1 (İki kişilik hasta yatak odası dış duvarı)

MEVCUT DURUM					
Malzeme Bilgileri	Yapı Bileşeni Detayı	Yönetmelikler			Analiz Sonucu ve Değerlendirme
<ul style="list-style-type: none"> IGU Vizyon Cam 		Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (01.06.2018'den itibaren geçerlidir)	Çevresel gürültü seviyesi 45,9 dBA	Min. $R_w \geq 30$ dB	36 (-2; -4) dB $R_w (C; C_{tr})$ UYGUN
		DIN 4109 (Almanya-2016)	Uygun çevresel gürültü seviyesi aralığı, 55 dBA'ya kadar (45,9 dBA)	$R_{w,res} \geq 35$ dB	36 (-2; -4) dB $R_w (C; C_{tr})$ UYGUN DEĞİL

HACİM İÇİ GÜRÜLTÜ SEVİYELERİ

MEVCUT DURUM									
Yönetmelikler	Mekân	NC/	Hacim İçi Gürültü						Analiz
FGI (Facility Guide Institute), ABD (2014)	Hasta Odaları	40	45						33,5 dBA UYGUN
AIA (Associated in Acoustics), ABD (2006)	Hasta Odaları	30-40	35-45						33,5 dBA UYGUN
Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (31.05.2018'den itibaren geçerlidir)	Özel Hasta Odaları		2 6	3 0	3 4	3 8	4 2	46	33,5 dBA UYGUN
	Çok Yataklı Odalar		3 1	3 5	3 9	4 3	4 7	51	33,5 dBA UYGUN
Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2010)	Yataklı tedavi kurum ve kuruluşları, dispanser, poliklinik, bakım ve huzur evleri ve benzeri.		45						33,5 dBA UYGUN

71

ÇEVRESEL GÜRÜLTÜ DÜZEYİ

MEVCUT DURUM		
Yönetmelik	Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Seviyesi (A-ağırlıklı), Leq - dBA	Analiz Sonucu ve Değerlendirme

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2010)	Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	Lgündüz = 65 (Mevcut yollar)	45,9 dBA UYGUN
--	--	-------------------------------------	---------------------------

¹ STC = Rw

² Ölçümler sırasında; hasta odalarında ki 3 adet havalandırma menfezinden 2'si çalışır konumdadır.

- **İç Duvar-1;** hasta yatak odaları arasındaki duvarın (Şekil 1) yalıtım performansının; Facility Guide Institute (FGI-ABD) ve Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları Klavuzu'nda verilen sınır değerleri sağlamasına karşın, 01.06.2018'den itibaren ülkemizde yürürlüğe girecek olan "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği"nde; yeni yapılacak binalar için önerilen C sınıfı akustik kalite ses yalıtım performans koşulunu sağlayamadığı görülmüştür (Çizelge 10).
- **İç Duvar-2;** hasta yatak odası ile koridor arasındaki duvarın (Şekil 1) ses yalıtım performansının; FGI (Facility Guide Institute – ABD), AIA (Associated in Acoustics – ABD), Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu ve Yeni Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik'te önerilen C sınıfı akustik kalite için ses yalıtım performans koşullarının hiçbirini, sağlayamadığı görülmüştür (Çizelge 10). Söz konusu yapı elemanında bulunan kapının, ses geçiş performansının düşük olmasının, bu duruma yol açtığı düşünülmektedir.
- **İç Duvar-3;** hasta yatak odası ile yoğun bakım odası arasındaki duvarın (Şekil 1) ses yalıtım performansının; değerlendirmede kullanılan tüm yönetmeliklere uygun olduğu görülmüştür (Çizelge 10). İç Duvar-1 ile aynı katmanlara sahip bu duvarın istenen ses yalıtım performansını sağlaması, bu duvar üzerinde, duvarın yalıtım performansının olumsuz yönde etkileyen, su tesisat ve kolon-iç duvar bağlantılarının olmamasının neden olduğu düşünülmektedir.
- **Dış Duvar-1'**in değerlendirilebilmesi için yapılan çevresel gürültü düzeyi ölçümünde; 01.06.2018'de yürürlüğe girecek olan; Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, C sınıfı akustik performansına sahip yeni yapılacak hastane binalarında, çevresel gürültü düzeyi göz önünde tutularak verilen dış duvar yalıtım değerinin, en düşük 30 dB olması sınır değeri ve ölçüm yapılan hastanenin çevresel gürültü düzeyi göz önüne alındığında, 36 (-2; -4) dB yalıtım değerine sahip dış duvar-1'in ses yalıtım performansı; uygun olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 10). Ancak söz konusu duvarın C-2; Ctr-4 düzeltme değeri göz önüne alındığında ses yalıtım performansı; DIN 4109 (Almanya)'da verilen sınır değerinin altında kaldığı görülmüştür (Çizelge 10).
- İki kişilik hasta yatak odası için yapılan hacim içi gürültü düzeyi ölçümleri sonucunda; elde edilen 33,5 dBA değerinin; FGI (Facility Guide Institute-ABD), AIA (Associated in Acoustics-ABD), Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu ve 01.06.2018'de yürürlüğe girecek yönetmelik olan Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik'te yeni binalar için C sınıfı akustik kaliteye sahip özel ve çok yataklı hasta odaları için olması gereken hacim içi gürültü seviyelerine uygun olduğu görülmüştür. Ancak, ölçümlerde çalışmayan 3. havalandırma menfezinin çalışması ile tek kişilik hasta yatak odalarında 34 dBA olarak verilen sınır değerin aşılabileceği öngörülmektedir (Çizelge 10).

- Çevresel gürültü düzeyi ölçümleri sonucunda elde edilen veriler; Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre, sağlık alanları için belirlenen eşdeğer gürültü seviyesinin altında kalarak, hastane çevresindeki gürültü düzeyinin uygun olduğu görülmüştür (Çizelge 10).

5. SİMGELER VE KISALTMALAR (SYMBOLS AND NOMENCLATURE)

$L_{N,A}$: A-Ağırlıklı iç ortamdaki gürültü düzeyi (Ambient noise level)
L_{Aeq}	: A-Ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi
R_w	: Ağırlıklı ses azaltma indeksi (iç yapı bileşenleri için)
$R_{w,res}$: Ses azaltma indeksi (dış yapı bileşenleri için)
T	: Reverberasyon süresi (s)
T_{mid}	: Reverberasyon süresi (30 dB'lik sönümlenme ile hesaplanan, 500 Hz ve 1000 Hz'deki reverberasyon sürelerinin ortalaması)
A	: Toplam ses yutucu yüzey alanı
V	: Toplam hava hacmi
DnT	: Standardize düzey farkı (<i>duvarlar için -hava doğuşlu sesler</i>) (Standardized Level Difference , in dB) (<i>airborne sound</i>)(01.06.2018 tarihinde geçerli olacak "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik" doğrultusunda ele alınmıştır.
STC	: Ses İletim Sınıfı (<i>duvarlar için - hava doğuşlu sesler</i>) (Sound Transmission Class), (<i>airborne sound</i>)

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Mazer, Susan E. "Increase patient safety by creating a quieter hospital environment." Biomedical instrumentation & technology/Association for the Advancement of Medical Instrumentation 40.2 (2006): 145.
- Short, M., Pearson, A., "Effects Of Noise Pollution On Healthcare Staff And Patients", White Paper, Hospital Noise Affects Patient Satisfaction. Patient Satisfaction Impacts Medicare Funding, Cambridge Sound Management, LLC.
- Busch-Vishniac, I.J., West, J.E., Barnhill, C., Hunter, T., Orellana, D., Chivukula, R., 2005. Noise levels in Johns Hopkins Hospital. J. Acoust. Soc. Am. 118, 3629.
- Kachur, M., 'Managing Noise In Healthcare Environments To Improve Patient Outcomes', PE, INCE Board Certified, 2014.
- Herman Miller Healthcare, (2006). Sound Practices: Noise Control in the Healthcare Environment, Research Summary.
- Demirel, F., "Mimari Akustik Yayınlanmamış Ders Notları", Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Ankara, (2017).
- Resmi Gazete, Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, (2017).
- Görkem, M.,D., Demirel, F., Televizyon Stüdyolarında Mimari Akustik Tasarım Kriterleri. Almanya. Lambert Academic Publishing, (2016).
- Arslan, S., Demirel, F., Konser Salonlarında Ses Dağıtıcı Yüzeyler ve Gazi Konser Salonu Örneği (Konser Salonlarında Akustik Tasarım). Almanya. Lambert Academic Publishing, (2016).

- Özçetin, Z., “Gürültü Kontrolü Açısından Konservatuvar Binalarının Analizi”, Türkiye Alim Kitapları, Almanya, (2015).
- Demirel, F., Özçetin, Z., “Ankara Musiki Muallim Mektebi Mamak Municipality Conservatory Building And Noise Control Analysis”. Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University, (SCI), V:29, 4(835-845), (2014).
- TS EN ISO 717-1, Akustik-Yapılarda ve Yapı Elemanlarında Ses Yalıtımının Değerlendirilmesi-Bölüm 1: Hava ile Yayılan Sesin Yalıtımı, (2013).
- Doğan, M., “Televizyon Stüdyolarında Mimari Akustik Tasarım Kriterleri ve Bir Örnek Çalışma: Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü Binası Televizyon Stüdyosu”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2012).
- Özçetin, Z., “Konservatuvar Binalarının Gürültü Kontrolü Açısından Analizi ve Bir Örnek Çalışma: Ankara Musiki Muallim Mektebi Konservatuvar Binası”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2011).
- Çevre ve Orman Bakanlığı, “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”, Resmi Gazete, Türkiye, (2010).
- İlisulu, G., "Tiyatro Salonlarının Akustik Açısından Değerlendirilmesi Ve Bir Örnek Çalışma: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Beyoğlu Sahnesi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2010).
- Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu, (2010).
- TS ISO 1996-2, Akustik - Çevre gürültüsünün tanımı, ölçülmesi ve değerlendirilmesi - Bölüm 2: Çevre gürültü seviyelerinin tayini, (2009).
- TS 9315 ISO 1996-1, Akustik - Çevre gürültüsünün tanımı, ölçülmesi ve değerlendirilmesi - bölüm 1: Temel büyüklükler ve değerlendirme işlemleri, (2005).
- DIN 4109, Sound Insulation in Buildings, Almanya, (2016).
- TS EN ISO 16283-1, Akustik-Yapı Elemanlarında ve Yapılarda Ses Yalıtımının Alan Ölçümü-Bölüm Hava ile Yayılan Sesin Yalıtımı, (2014).
- TS EN ISO 16283-3, Akustik-Yapı Elemanlarında ve Yapılarda Ses Yalıtımının Alan Ölçümü-Bölüm 3: Ön Cephedeki Sesin Yalıtımı, (2016).
- Wyk, K. V., Horan, D., Murphy, K., A summary of the 2014 FGI and sound & vibration guidelines for healthcare facilities, (2014).
- Cavanaugh, W. J., Interim Sound and Vibration Design Guidelines for Hospital and Healthcare Facilities, AIA, (2006).
- Insul Sound Insulation Prediction Program, Users Manual, Marshall Day Acoustics, (2014).