

ENTEĞRE SAĞLIK KAMPÜSLERİNDE MEKANİK GÜRÜLTÜ KONTROLÜ

Merve Eşmebaşı¹, Işın Meriç Nursal², Özgün Sinal³, Ömer Faruk Önder⁴

¹Mezzo Stüdyo Ltd, Ankara, Türkiye

Tel: 312 210 18 25, e-posta: merve@mezzostudio.com

² e-posta: isin@mezzostudio.com

³ e-posta: ozgun@mezzostudio.com

⁴ e-posta: omer@mezzostudio.com

ÖZET

Bu çalışmada, entegre sağlık kampüsleri projesi ile sağlık tesislerinde mekanik gürültünün kontrolü konuları tartışılmaktadır. Entegre sağlık kampüslerinin karmaşık yapısı farklı ölçeklerde mekanik gürültü sorunlarına sebep olmaktadır. Bu sorunlar etki alanlarına göre yapılandırılmıştır: oda, yapı ve çevre. Farklı ölçeklerde tip mekanik gürültü kontrolü problemleri incelenmiştir. İlk olarak, birincil kapalı alan, hasta odası değerlendirilmiş ve hasta odası içinde yer alan havalandırma ünitesinin gürültü kontrolü çalışmaları sunulmuştur. İkinci aşamada, birden fazla mekanik donanım bulunduran mekanik oda ve bu odanın bulunduğu binaya etkisi analiz edilmiştir. Son aşamada ise, jeneratör, soğutma kulesi ve trafo gibi farklı mekanik cihazların aynı anda çalışabildiği teknik servis binalarının çevre yapılarına etkisi konu edilmiştir. Entegre sağlık kampüslerinde mekanik gürültüye yönelik tipik analiz ve önlemler bu çalışma kapsamında sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mekanik gürültü, Arka plan gürültüsü, Sağlık tesisleri, Yapı akustiği

MECHANICAL NOISE CONTROL FOR INTEGRATED HEALTH CAMPUS PROJECTS

ABSTRACT

In this paper, mechanical noise control studies for healthcare facilities are investigated via the case of Integrated Health Campus Projects. Complexity of Integrated Health Campus Projects result mechanical noise problems in different scales. These problems are structured in terms of their impact area: room, building and environment. Firstly, the primary enclosed space, a patient room is focused. Noise control studies for the fan coil unit within the patient room are presented. Secondly, rather than a single mechanical unit, a mechanical room and its impact on the building are analyzed. In the last step, technical buildings where several mechanical equipment like generator, cooling tower and transformer may operate together are studied from noise control standpoint. Their combined effects on the other peripheral structures are the subject of noise control studies. Analysis and precautions for such mechanical noise within these Projects are presented in the scope of this paper.

Keywords: Mechanical noise, Background noise, Healthcare facilities, Building acoustics

1. GİRİŞ

Entegre Sağlık Kampüsleri özelleşmiş sağlık yapılarının bir arada bulunduğu yerleşkelerdir. İşitsel konforun ve işitsel sağlığın önem taşıdığı bu yerleşke tipolojisinde akustik sorunlara dikkat çekmek amacıyla, bu bildiride sağlık kampüslerinde mekanik gürültü konusu işlenmektedir. Entegre sağlık kampüsleri tipolojisi en temelde, ameliyathanelerin ve acil girişlerinin yer aldığı yatay ana bina kütesine bağlı ana bilim dallarında özelleşmiş kule yapılarından oluşmaktadır. Ana bina ve kulelerden oluşan bu mega-yapı çevresinde fizik tedavi ve rehabilitasyon binası, yüksek güvenlikli adli psikiyatri hastanesi, idari ofis binaları ve teknik servis binaları konumlandırılmaktadır. Bildiri ile kampüs içinde farklı ölçekteki mekanik gürültü problemlerine yönelik değerlendirmeler ve çözüm yöntemleri sunulmaktadır.

İlk olarak, hasta odalarında yer alan havalandırma ünitelerinin gürültü kontrolü, daha sonra yapı içinde yer alan mekanik hacimlerin, içinde bulundukları yapıya etkisi değerlendirilmektedir. Bir üst ölçekte bu çalışmaları çevresel gürültü analizleri takip etmektedir. Teknik servis binalarının kampüs içinde ve kampüs çevresinde yer alan yapılara etkisi ele alınmaktadır.

2. ÖLÇEK 1: HASTA ODALARINDA FCU GÜRÜLTÜSÜ

Oda içinde yer alan havalandırma ünitelerinin (FCU) işletiminden kaynaklanan gürültünün hesaplanmasında ve değerlendirilmesinde dikkate alınan başlıca ilkeler; havalandırma projesi, kanal yerleşimleri, kanal içi kullanılan malzemeler, kanalların yüzey yoğunluğu, havalandırma ünitesinin gürültü düzeyleri ve hasta konumuna göre yerleşimi ile asma tavan malzemesinin ses yalıtım değerleridir.

Mekanik donanımdan yayılan gürültünün hasta odası içinde oluşturacağı gürültü düzeyinin hesaplanabilmesi için cihazın hava emiş ve hava atış bölümlerinde üretici firmadan oktav bandı frekanslarında temin edilen ses gücü düzeyleri dikkate alınmalıdır. Havalandırma projeleri ve kanal bilgileri üzerinden yapılan hesaplamalarda; AHRI 885: 2008 standartları [1] esas alınmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığının hazırladığı Entegre Sağlık Kampüsleri İhale Şartnamesinde hasta odaları için arka plan gürültüsü kriteri [2] NC 30 olarak belirtilmektedir. Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelikte hasta odaları için izin verilen en yüksek iç ortam gürültü düzeyi özel odalar için $L_{Aeq(24 \text{ saat})}$ 34 dBA; çok yataklı hasta odaları için ise $L_{Aeq(24 \text{ saat})}$ 39 dBA olarak belirtilmiştir [3].

2.1. Hasta odalarında havalandırma ünitesi (FCU) kaynaklı gürültünün kontrolü

Tip hasta odası içinde havalandırma ünitesi kaynaklı gürültünün kontrolünde FCU hava alışı ve üfleme kanallarının yerleşimi, havalandırma kanallarının kesit ölçüleri ve uzunlukları dikkate alınmaktadır. İncelenen entegre sağlık kampüsü projesi örneğinde hava atış kanalları, havalandırma ünitesi ve menfez arasında kesintisiz bağlantı sağlarken FCU hava emiş açıklığı ve menfez arasında kanal bağlantısı bulunmamaktadır. Üretici firma tarafından temin edilen tipik bir gürültü spektrumu Tablo 1’de sunulmaktadır.

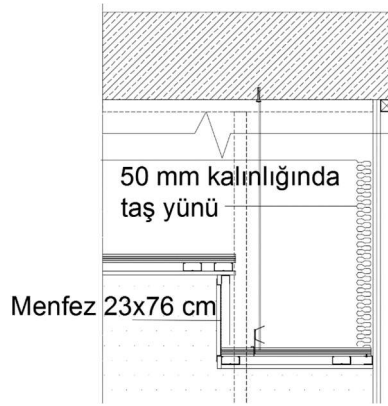
Tablo 1. FCU ses gücü düzeyleri

FCU ses gücü düzeyleri [dB]	Oktav bandı merkez frekansları [Hz]								Toplam [dBA]
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Hava atış	64,1	61,5	52	48,4	42,8	39,9	33,8	22,6	51,2
Hava alışı + Kasa	58,5	56,1	53,3	50,8	48,3	44,3	36,4	27,6	53,2

Havalandırma ünitesinin hava alış gürültü düzeyi 51 dBA mertebesinde dir. Havalandırma ünitesinin serbest hava alış yaptığı mevcut durumda hasta odası içinde hasta yatak başında ses basıncı düzeyi 42 dBA olarak hesaplanmıştır. Oktav bandı frekansları bazında yapılan gürültü değerlendirmesinde ise 500 Hz ve 1000 Hz frekanslarında NC 30 eğrisi üzerinde 5 dB mertebesinde aşım olduğu tespit edilmiştir.

2.2 Hasta odası için akustik tasarım önerisi ve sonuçları

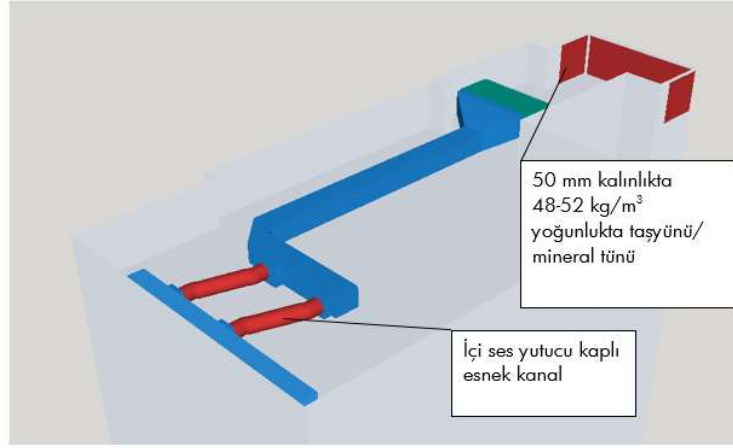
Hasta odası içinde yer alan FCU'nun gürültü kontrolü çalışmalarında, kanal tasarımlarının revize edilmesi, ek dirsek kullanımı, kanal içinde ses yutucu malzeme uygulanması gibi tedbirler alınabilmektedir. İncelenen örnekte havalandırma ünitesi serbest emiş yapmaktadır. Havalandırma kanalının bulunmadığı durumlarda emiş patikasının uzatılması ve ses yutucu malzeme kullanımı gürültü kontrolüne katkı sağlamaktadır. Örnek projede, havalandırma sistemi kaynaklı arka plan gürültü düzeyini kriter değerlerin altında tutabilmek amacıyla tasarım ekibi ile koordineli olarak yürütülen çalışma sonucunda şaşırtmalı hava alış açıklığı tasarlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Şaşırtmalı menfez yerleşimi kesit gösterimi

Hesaplamalarda, AHRI 885: 2008 standardında [1] yer alan “havalandırma sisteminin kapalı alan içinde oluşturduğu ses basıncı düzeyinin tahmini prosedürleri” prensipleri temel alınmaktadır. Ek olarak, ilgili örnekte hasta odasının üç boyutlu modeli oluşturularak ODEON hacim akustiği yazılımı aracılığı ile gürültü denetimleri gerçekleştirilmiştir. Akustik modelde tanımlanan ses kaynağının (FCU hava emiş menfezi), alıcı noktası olan hasta yatak başına etkisi incelenmiştir. Farklı hesaplama yöntemleri ile yürütülen testler sonucunda; hava alış açıklığı etrafında ses yutucu malzeme uygulaması önerilmiştir (Şekil 2). FCU ünitesinin emiş tarafının karşısında bulunan duvara 60 cm x 180 cm boyutunda; havalandırma açıklığının üstüne denk gelen yan duvar yüzeylerinde ise 60 cm x 60 cm boyutunda toplam 1,44 m²’lik alanda taşyünü / mineral yünü kullanılmıştır. Kullanılacak taşyünü / mineral yünü tercihen EUC-EB (European Certification Board for Mineral Wool Products) sertifikasına sahip, 50mm kalınlığında ve 48-52 kg/m³ yoğunluğunda olmalıdır. Entegre sağlık kampüsü projelerinde öncelikli ilke olan hijyen koşullarının sağlanmasına yönelik bir önlem olarak, tozuma sorununun giderilmesi amacıyla ses yutucu malzemelerin ses geçirgen kumaş ile bohçalanması ya da asma tavan arkası hacme bakan yüzeylerinin cam tülü ile kaplanması önerilir. İncelenen örnekte, havalandırma kanallarında uygulanabilecek ek tedbirlere örnek olarak, hava atış patikasında yer alan esnek kanalların içinde ses yutucu astar uygulanmıştır (Tablo 2).

Geliştirilen öneriler ile hasta odası içinde toplam ses basıncı düzeyi 33 dBA mertebesine düşürülmüştür. Böylece hasta odası arka plan gürültü düzeyinde 9 dB mertebesinde iyileştirme sağlanmıştır.



Şekil 2. Asma tavan arkasında ses yutucu malzeme uygulaması ve içi ses yutucu astar kaplı esnek kanal yerleşimi gösterimi

Tablo 2. Hasta odası içinde mevcut durumda ve öneri tasarım sonucu hesaplanan ses basıncı düzeyleri ile hasta odası arka plan gürültü kriteri (NC 30) karşılaştırması

Ses basıncı düzeyleri [dB]	Oktav bandı merkez frekansları [Hz]								Toplam [dBA]
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Mevcut durum	51	50	39	39	35	34	25	12	42
Akustik tasarım	45	40	30	30	28	25	15	6	33
Kriter eğri NC30	59	48	40	34	30	27	25	23	39

3. ÖLÇEK 2: YAPI ELEMANLARI ÜZERİNDEN GÜRÜLTÜ İLETİMİ

Yapı içinde yer alan mekanik hacimler kaynaklı gürültünün kontrolünde dikkate alınan başlıca unsurlar; mekanik hacmin yapı içindeki konumu, komşuluğunda yer alan mekânların işlevi, bu komşuluklar ile mekanik oda arasında yer alan yapı elemanlarının ses yalıtım değerleri ve mekanik oda içinde yer alan mekanik donanımın gürültü verileridir. Bu bölümde entegre sağlık kampüslerinde yapı ölçeğinde yürütülen hava doğuşumlu gürültü kontrolü analizlerine örnek olarak kampüs içinde yer alan idari binanın kazan dairesinin üst komşuluğunda bulunan 0-36 ay çocuk uyku odalarına etkisi ele alınmıştır.

3.1. Mekanik oda kaynaklı gürültü kontrolü

Kazan dairesinde yer alan brülör ve kazanlar noktasal birer ses kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Endüstriyel kazanlarda kazanın şekli, içindeki yakıtın kalitesi ve bağlantı kanallarının tasarımına göre şekillenen basınç dalgaları, yanma anındaki dalgalanmalarla senkronize olarak öngörülemeyen termoakustik titreşimler oluşturmaktadır. Düşük frekanslarda rastgele oluşan söz konusu titreşimlerin kontrol altına alınması gerekmektedir.

Mekanik cihazlar kaynaklı gürültünün enerji spektrumunu göz önünde bulundurmak ve cihaza bağlı gürültü iletim patikalarında sönümleyici mekanizmaların doğru modellenebilmesi için gürültü iletimi hesaplamalarında 1/3 merkez oktav bandı frekansları temel alınmalıdır. Mekanik odaların gürültü kontrolü çalışmalarında üreticiden gerekli ses gücü düzeyi verisinin elde edilememesi akustik tasarım sürecindeki başlıca sorunlar arasındadır.

Örnek projede odalar arasında iletilen hava doğuşumlu gürültünün hesaplanmasında oda içindeki ses enerjisi birikiminin tahmininde çınlayan oda modeli kullanılmıştır. Mevcut durum

değerlendirmelerinde ise mekanik hacmin döşeme/tavan yüzeyleri betonarme yüzey; duvar yüzeyleri ise düz alçı panel olacak şekilde sert (ses yansıtıcı) yüzeyler olarak tanımlanmıştır.

Odaların içerisindeki gürültü düzeyleri;

$$L_{P,i} = L_{W,i} + 10 \log \left[\left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right) + \left(\frac{4(1-\alpha)}{(A_1\alpha_{1,i}) + (A_2\alpha_{2,i}) + (A_3\alpha_{3,i})} \right) \right] \quad (1)$$

$$L_P = 10 \log \left[\sum_{i=1}^n 10^{(0,1 \cdot L_{P,i})} \right] \quad (2)$$

formüllerinden yararlanarak hesaplanmaktadır.

Brülör ve ısıtma kazanlarının yer aldığı yarım-anekoik odada, 1m uzaklıktan, 1 dakika boyunca yapılan LAeq ölçümün sonuçları 1/3 oktav bandı frekanslarında Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Brülör ve ısıtma kazanı ses basıncı düzeyleri

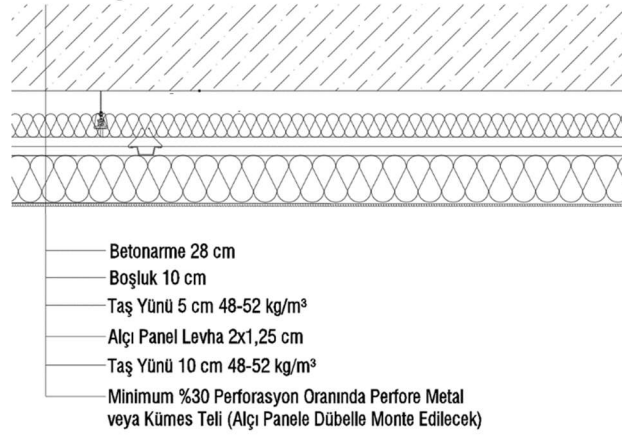
Frekans [Hz]	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
Değerler [dBA]	30	25	37,5	48	49	52	52	60	67,5
Frekans [Hz]	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
Değerler [dBA]	65	67,5	72,5	65	64	64,5	68,5	72	65
Frekans [Hz]	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Değerler [dBA]	65	67	63	62	62	60	58	56	52

3.2 Mekanik oda için akustik tasarım önerisi ve sonuçları

Kazan dairesine düşey komşulukta bulunan uyku odasında, hem brülör hem de kazan tarafından üretilen termoakustik titreşimlerin oluşturduğu düşük frekanslı gürültüyü kontrol altına alabilmek için proje mevcut durumuna ek olarak önlem alınması gerekliliği anlaşılmıştır.

Mevcut durumda mimari projede uyku odası döşeme kesiti katmanları; 100mm tesviye betonu, 280mm betonarme döşeme olarak belirtilmiştir. Döşeme kesitine ek olarak mekanik oda tavanında uygulanması önerilen katmanlar sırasıyla; 100mm boşlukta 50mm kalınlıkta 48-52 kg/m³ yoğunlukta taş yünü, izolatörlü askılarla taşınan 2x12,5mm kalınlıkta alçı panel asma tavan ve minimum %30 perforasyon oranına sahip perfore metal panel veya kümes teli arkasına yerleştirilmiş 100mm kalınlığında taş yünü/mineral yünü levha olarak belirtilmiştir.

Bu iyileştirme önerisi ile mevcut yapı elemanının ses yalıtım performansının artırılması hedeflenmiştir. Buna ek olarak mekanik oda içinde uygulanması önerilen ses yutucu lifli malzeme (taş yünü / mineral yünü levha) ile hacim içinde sesin havada asılı kaldığı sürenin kısaltılması ve gürültü birikiminin önlenmesi amaçlanmıştır. Kazandaki yanma işlemi sebebiyle düşük frekanslarda oluşacak gürültünün kontrolü için alınması önerilen ek tedbirler (Şekil 3) uygulandığında, gürültüye en hassas hacimlerden biri olarak tanımlanan uyku odasında hesaplanan gürültü değerlerinin NC 25 eğrisi ile belirlenen kriter değerleri aşmayacağı görülmüştür.



Şekil 3. Mekanik oda için tavan kesiti önerisi

4. ÖLÇEK 3: KAMPÜSTE YAPILAR ARASI MEKANİK GÜRÜLTÜ İLETİMİ

Kampüs içinde yer alan teknik servis yapıları kaynaklı gürültünün kontrolünde dikkate alınan başlıca unsurlar; teknik servis binalarının çevre yapılar ile olan komşuluğu ve bu yapılarda yer alan mekanik cihazların özellikleridir. Teknik servis binasının kampüs yerleşkesinin yayıldığı topografik düzlemde diğer yapılara göre konumu ve mekanik cihazların yerleştirildiği yükseklik dikkate alınmalıdır. Bu bölümde, entegre sağlık kampüslerinde tüm kampüs ölçeğinde yürütülen gürültü kontrolü çalışmalarına örnek olarak; trijenerasyon sistemlerini içeren trijenerasyon binasının komşu yüksek güvenli adli psikiyatri hastanesi içindeki en yakın iki yataklı hasta odasına etkisi değerlendirilmektedir.

4.1. Trijenerasyon binası kaynaklı çevresel gürültü kontrolü

Trijenerasyon binasında; havalandırma birimleri, soğutma kuleleri, trijenerasyon ve chiller üniteleri ile trafolar yer almaktadır. Mevcut durumda gürültü kontrolü önlemi olarak; taze hava alışı ve kirli hava atışı menfezlerinde ses kasetleri, trijenerasyon ünitelerinde ise kirli hava atışı kanalları içinde susturucu bulunmaktadır. Trijenerasyon binası içinde ve üstünde yer alan mekanik donanım kaynaklı gürültünün tahmininde her bir cihaz noktasal gürültü kaynağı olarak tanımlanmış olup hava doğuşumlu gürültünün yayılım hesaplarında kullanılmıştır.

Mekanik cihazlar kaynaklı hava doğuşumlu gürültünün hesapları, cihazların açık veya kapalı hacimler içinde bulunmasına göre farklılık gösterir. Bu çalışma kapsamında açık ve kapalı alanlar için yapılan hesaplamalar birlikte yürütülmüştür. Kapalı hacmin gürültü birikimine olan etkisi, odanın yüzey bitirme malzemelerinin ses yutma katsayıları dikkate alınarak hesaplamalara dâhil edilmiştir. Gürültü kaynaklarının bulunduğu kapalı hacimden yayılan gürültünün hesaplanmasında, yayılma patikalarında bulunan yapı elemanlarının ses geçiş kaybı (veya ses azaltım indisi) değerleri dikkate alınmıştır.

Trijenerasyon binasının, kampüs içinde en yakın hastane cephesine ve iki yataklı hasta odalarına etkisinin değerlendirilmesi için, üreticiden temin edilen mekanik cihaz ses gücü düzeyleri ve kullanılması öngörülen susturucuların sağlayacağı gürültü kaybı değerleri dikkate alınmıştır. Trijenerasyon üniteleri kirli hava atışı bölümünde kullanılması planlanan susturucular için oktav bandı frekanslarında ses geçiş kaybı (ses azaltım indisi) değerini içeren teknik doküman temin edilmiştir.

Yapılan çalışmada, yedek trijenerasyon ve chiller birimleri haricinde tüm mekanik cihazların çalışması durumunda, cihazların hava alışı, hava atışı ve egzoz atışı bölümlerine en yakın

mesafede bulunan hasta odası içinde oluşabilecek tahmini gürültü düzeyleri hesaplanmıştır. Hasta odaları için farklı kaynaklarda belirtilen en yüksek arka plan gürültü düzeyleri Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4. Farklı kaynaklarda yer alan hasta odaları için belirtilmiş gürültü sınır değerleri

Referans kaynak	Gürültü kriterinin tanımı	Referans kaynaktaki belirtilen gürültü kriteri
Entegre Sağlık Kampüsleri İhale Şartnamesi [2].	Kabul edilebilir arka plan gürültü kriteri	NC 30
Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik [3]	İzin verilen mekân içi en yüksek gürültü düzeyleri (C sınıfı)	Özel hasta odaları (24 saat): $L_{Aeq, 34}$
		Çok yataklı hasta odaları (24 saat): $L_{Aeq, 39}$
	Servis donanımına bağlı izin verilen mekân içi en yüksek gürültü düzeyleri (C sınıfı)	Özel hasta odaları (24 saat): $L_{Aeq, 30}$
		Çok yataklı hasta odaları (24 saat): $L_{Aeq, 35}$
Çevresel Gürültünün Düzenlenmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği [4]	Sağlık tesislerinde yataklı tedavi kurum ve kuruluşları için pencerelerin kapalı olduğu durumda iç ortam gürültüsü sınır değeri	35 dBA
	Dinlenme tedavi alanları için pencerelerin kapalı olduğu durumda iç ortam gürültüsü sınır değeri	25 dBA
Birleşik Krallık Sağlık Dairesi -akustik- konulu teknik genelgesi [5]	Tek yataklı ve çok yataklı hasta odalarında: cepheden giren çevresel gürültü	40 $L_{Aeq, 1\text{saat}}$ gündüz
		35 $L_{Aeq, 1\text{saat}}$ gece (23.00- 07.00)
		45 $L_{Amax,f}$ gece (23.00- 07.00)
Sağlık Tesisleri İçin Tasarım El Kitabı [6]	Dışarıda yer alan mekanik cihaz kaynaklı gürültünün hastane cephesi önünde oluşturacağı maksimum gürültü sınır değeri	65 dBA
	İç ortam gürültüsü sınır değeri	Tek yataklı hasta odaları: NC 30 (35 – 45 dBA)
		Çift yataklı hasta odaları: NC 35 (40 – 50 dBA)

Skyles, Tocci ve Cavanaugh (2010) tarafından hazırlanan sağlık tesisleri için tasarım el kitabında çevresel gürültü kaynaklı iç ortam gürültüsü seviyesinin, ilgili fonksiyon için belirtilen NC eğrisini sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde şartnamede yer alan iç ortam gürültüsü sınır değerlerinin sağlanması hedeflenmiştir (NC 30). Bu değerlendirmeler sırasında çevresel gürültünün düzenlenmesi ve yönetimi yönetmeliğinde sağlık tesisleri için pencereler kapalıyken belirtilen iç ortam gürültüsü toplam sınır değeri de göz önünde bulundurulmuştur (35 dBA).

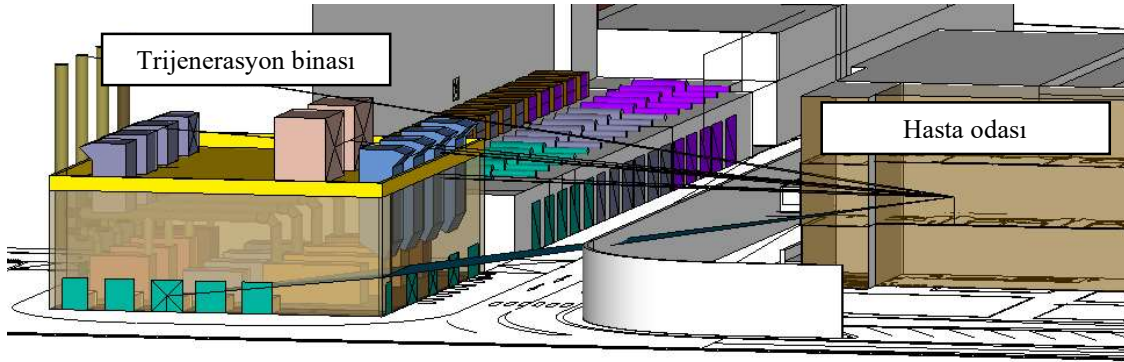
3.2 Trijenerasyon binası için gürültü kontrolü değerlendirmeleri ve sonuçları

Trijenerasyon binası içindeki gürültünün komşu hastane binasına etkisinin tahmininde kapalı hacim içi gürültü düzeyine ek olarak bariyer etkisi de hesaplamaya dâhil edilmiştir. Trijenerasyon binası kapalı hacmi içinde chiller üniteleri (3 adet) ve trijenerasyon sistemleri (3 adet) bulunmaktadır.

İç mekândan ses kasetleri ile yayılan gürültü ile birlikte, trijenerasyon binası çatısında yer alan; havalandırma – hava alış (4 adet) / atış fanları (4 adet), trijenerasyon birimleri kirli hava atış ve soğutma kulelerinden (2 adet) kaynaklanan gürültü verisi hesaplamalara dâhil edilmiştir. Son olarak trafo birimlerinden (5 adet) kaynaklanan gürültünün de hesaplamalara işlenmesiyle hastane cephesinde ve hasta odasında oluşacak olan gürültü düzeyi elde edilmiştir. Mekanik cihazların gürültü seviyeleri Tablo 5’te sunulmaktadır.

Tablo 5. Trijenarasyon binası mekanik cihaz ses gücü düzeyleri

Mekanik donanım ses gücü düzeyleri [dB]	Oktav bandı merkez frekansları [Hz]								Toplam [dBA]
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Trijenarasyon (kasa)	106	115	115	112	111	111	106	112	118
Chiller (kasa)	83	84	85	86	84	82	78	72	89
Aspiratör (emiş + kasa)	101,4	101,4	105,4	99,4	95,4	93,4	86,4	80,4	102
Aspiratör (hava atış)	107	107	106	102	98	94	87	81	104
Ventilatör (atış + kasa)	106,5	106,5	107,5	102,5	98,8	94,1	87,1	81,0	105
Ventilatör (hava alış)	86	86	89	82	79	75	68	63	85
Soğutma kulesi	105	103	101	99	92	89	90	77	100
Trafo	88	82	69	59	56	49	44	40	69



Şekil 4. Trijenerasyon binası - hasta odası ilişkisi şematik gösterimi

Mevcut durumda trijenerasyon binası ve hastane yapısı arasında bariyer etkisi yapan 5m yüksekliğinde duvar ve hastane yapısının yangın kaçış merdivenlerini içeren, sağır cephe çekirdek hacmi bulunmaktadır. Yapılan hesaplamalarda dış ortamda hava alış, hava atış ve egzoz atış kısımları ile soğutma kulelerinden yayılan gürültünün incelenmesinde yayılma patikası üzerinde yer alan ve bariyer etkisi gösteren engellerin ve mimari yapıların ses azaltım etkileri değerlendirilmiştir [7]. Bariyer etkisi göz önüne alınan patikalarda mesafe ölçümleri, oluşturulan üç boyutlu model üzerinden yapılmıştır. (Şekil 4). İncelenen bu patikalar için hesaplanan bariyer azaltım etkisi Tablo 6’da sunulmaktadır.

Bariyer ses azaltım etkisinin hesaplanmasında (ΔL_b); N: fresnel sayısı, A: kaynak ve bariyer arası uzaklık (m), B: bariyer ve kaynak arası uzaklık (m), r: kaynak ve alıcı arasındaki doğrudan uzaklık (m) değerleri kullanılmaktadır. Kb sabiti duvar tipi bariyerler için 5 dB’dir. Fresnel sayısı hesaplanırken incelenmek istenen frekansa göre sesin dalga boyu belirlenmelidir.

$$\Delta L_b = 20 \log \frac{\sqrt{2\pi N}}{\tanh \sqrt{2\pi N}} + K_b \quad (3)$$

$$N = \pm \frac{2}{\pi} (A+B-r) \quad (4)$$

Hesaplamalarda dikkate alınan mevcut hastane pencere sisteminin cam kesiti 6mm kalınlığında temperli cam, 16mm hava boşluğu ve 10mm kalınlığında lamine cam ile R_w 37 ses yalıtım değerini sağlamaktadır. Ancak bu değer, teorik hesaplama yöntemi ile yalnızca cam katmanlarının ses yalıtım performansının tahmininde elde edilen değerdir. Pencere doğramasının cam katmanına göre daha zayıf olacağı, saha koşullarında cephe kesitinin ses yalıtım değerinin azalacağı öngörüsü ile 3 dB mertebesinde güvenlik payı bırakılmıştır. Trijenerasyon binası kaynaklı gürültünün etki ettiği hasta odası içinde elde edilen arka plan gürültü düzeyi, yönetmelik ve şartnamede belirtilen sınır değerleri sağlamaktadır (Tablo 7).

Tablo 6. Bariyer etkisi ses azaltım değerleri

Bariyer	Patika	Oktav bandı merkez frekansları [Hz]							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Trijenarasyon binası kapalı hacim besleme ses kaseti	-5,1	-5,2	-5,3	-5,7	-6,3	-7,3	-8,9	-11,2
2	Trijenarasyon binası çatı havalandırma hava alış	-5,1	-5,1	-5,3	-5,5	-6,0	-6,8	-8,2	-10,3
3	Trijenarasyon binası çatı soğutma kuleleri	-5,1	-5,3	-5,5	-6,0	-6,8	-8,2	-10,3	-12,9
4	Trijenarasyon binası çatı havalandırma hava atış	-5,1	-5,1	-5,3	-5,5	-6,0	-6,8	-8,2	-10,3
5	Trijenarasyon hava atış	-5,6	-6,2	-7,2	-8,8	-11,0	-13,8	-16,7	-19,7
6	Trijenarasyon binası kapalı hacim içinde trafo üniteleri	-13,1	-16,0	-19,0	-20	-20	-20	-20	-20

Tablo 7. Hasta odasına etki eden gürültü patikalarının oda içinde oluşturduğu ses basıncı düzeyleri

Ses basıncı düzeyleri [dB]	Oktav bandı merkez frekansları [Hz]								Toplam [dBA]
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Trijenarasyon binası kaynaklı hastane cephesi önünde oluşan gürültü düzeyi	68,4	68,2	65,3	61,2	56,1	51,3	45,8	48,2	63
Cephe elemanı ses azaltım indisi - R_w 37-	20	20	29	35	39	37	44	44	
Hasta odasında ses basıncı düzeyi	48	48	36	26	17	14	2	4	34
Kriter eğri NC30	59	48	40	34	30	27	25	23	39

5. SONUÇ

Bu bildiri kapsamında, entegre sağlık kampüslerinde karşılaşılan farklı ölçeklerdeki hava doğuşumlu mekanik gürültü kontrolü değerlendirmeleri ve çözümleri sunulmuştur. İlk çalışmada hasta odası içinde yer alan havalandırma ünitesinin serbest emiş yapması sebebiyle oluşan gürültü problemi mimari elemanlar aracılığı ile çözülmüştür. Asma tavan kesitinin değiştirilmesi ve şaşırtmalı menfez tasarımı önerilmiştir.

Yapı ölçeğinde mekanik gürültü kontrolü çalışmaları kapsamında kazan dairesi incelenmiştir. Entegre sağlık kampüslerinde mekanik odalarda yer alan cihazlar çeşitlilik göstermektedir. İncelenen mekanik oda özelinde ısıtma kazanlarında brülör etkisiyle gerçekleşen yanma ile düşük frekanslarda oluşacak gürültü düzeyi dikkate alınmıştır. Kazan dairesinde oluşacak gürültünün komşu uyku odasına etkisi değerlendirilmiş ve yapı elemanlarının ses yalıtım

performansının artırılmasına yönelik iyileştirme önerisi sunulmuştur. Buna ek olarak, mekanik oda içinde, sesin havada asılı kaldığı sürenin kısaltılması amacıyla ses yutucu malzeme uygulaması önerilmiştir. Üçüncü örnekte mekanik gürültü kontrolü problemleri yapının dışına çıkmış ve kampüs içindeki trijenerasyon binasının komşu hastane yapısına etkisi değerlendirilmiştir. Bu örnekte peyzaj elemanlarının (duvar) ve mimari elemanların bariyer etkisi değerlendirilmiştir.

Entegre sağlık kampüsleri kapsamında incelenen örneklerde, mekanik gürültü kontrolü araçları arasında; havalandırma sistemi ve mimari elemanların tasarımı, mekanik donanımın bulunduğu hacim içinde yer alan yüzey bitirme malzemelerinin belirlenmesi, kampüs içinde bariyer etkisi oluşturabilecek peyzaj elemanları (duvar) ile yapıların mimari formunun değerlendirilmesi yer almaktadır.

İncelenen üç farklı çalışma ile entegre sağlık kampüslerinde mekanik gürültü kontrolü çalışmalarının kapsamı tartışılmıştır. Bu tartışmaların yanı sıra, hasta odalarında, hastanenin kendi servis binaları etkisiyle oluşacak arka plan gürültü seviyesinin değerlendirilmesinde referans alınabilecek farklı kaynaklar ve gürültü kriterleri sunulmuştur. Değerlendirmelerde proje yürütücülerinin bağlı olduğu şartname ve yönetmelikler esas alınmıştır.

Mekanik gürültü kontrolü çalışmaları; hacim akustiği, yapı akustiği ve çevresel gürültü analizleri ile birlikte değerlendirilmektedir. Bildiri kapsamında sunulan örnekler sağlık kampüslerinde yer alan mekanik cihaz özellikleri ve konumlarına göre çeşitlenebilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bildiride yer alan çalışmalar için sağladıkları detaylı veriler ile akustik tasarım sürecine katkılarından dolayı ASTALDI-TÜRKERLER ortaklığı, CCN İnşaat ve Rönesans Medikal İnşaat ekiplerine teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

- [1] AHRI 885:2008 Procedure for Estimating Occupied Space Sound Levels in the Application of Air Terminals and Air Outlets
- [2] Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Entegre Sağlık Kampüsleri İhale Şartnamesi, Mekanik ve Tesisat Teknik Şartnamesi, Ankara, pp.118
- [3] Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik. T.C. Resmi Gazete, 30082, 31 Mayıs 2017.
- [4] Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Orman Bakanlığı. "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği." Resmî Gazete, Ankara, 2010.
- [5] Health Technical Memorandum 08-01: Acoustics, Surrey, pp. 3, 2013
- [6] Sykes, D. M., Tocci, G. C, Cavanaugh, W. J., Design Guidelines for Healthcare Facilities, pp.31, 44, 2010.
- [7] Long, M., Architectural Acoustics, pp.161-162, 2006