

**10. ULUSAL AKUSTİK KONGRESİ**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ODİTORYUMU, İSTANBUL**  
**16-17 Aralık 2013**

**BİR KIŞ SPORLARI MERKEZİNDE ENERJİ MERKEZİ KAYNAKLI**  
**GÜRÜLTÜNÜN HARİTALANMASI VE KONTROLÜ**

**Erinç Odabaş<sup>1</sup>, Ekim Şükrü Bakırcı<sup>2</sup>, Mehmet Çalışkan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>**Mezzo Stüdyo**, Ankara, Türkiye

Tel: 312 210 18 26, e-posta: erinc@mezzostudio.com

<sup>2</sup>**Frekans Çevre Ölçüm Laboratuvarı**, Ankara, Türkiye

Tel: 312 481 97 94, e-posta: ekim.bakirci@frekansakustik.com

<sup>3</sup>**Orta Doğu Teknik Üniversitesi**, Ankara, Türkiye

Tel: 312 210 25 72, e-posta: caliskan@metu.edu.tr

**ÖZET**

Shahdağ kış sporları ve kayak merkezi projesi kapsamında enerji merkezi binasında bulunan mekanik ekipmandan yayılmakta olan gürültünün çevrede yer alan otel, lojman vb alıcı konumlara etkileri bu çalışmaya konu edilmiştir. Ekipman üzerinde uygulanan gürültü kontrol çalışmaları ve bu çalışmalar sonucunda alıcı konumlarda oluşan gürültü seviyeleri gürültü haritaları kullanılarak gürültü göstergeleri cinsinden ifade edilmektedir. Bu çalışmada gürültü kriteri; her bir cihazdan yayılan gürültü düzeyinin 10 m uzaklıkta 35 dBA, tüm cihazların toplam gürültü düzeyinin Enerji Merkezine konum olarak en yakın olan lojmanların cephesinde 35 dBA seviyesini geçmemesi olarak tanımlanmıştır. Belirlenen gürültü kriterinin sınırları içinde kalmak için geliştirilen akustik tasarım ile enerji merkezi binasında yer alan tüm cihazların lojman cephesinde oluşturduğu gürültü düzeylerinin öngörülmesi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mekanik Ekipman Gürültüsü, Gürültü Haritası, Gürültü Bariyeri

**NOISE MAPPING AND NOISE CONTROL ASSESSMENTS OF A HEATING AND**  
**POWER PLANT IN A WINTER SPORTS COMPLEX**  
**ABSTRACT**

*In this study, noise impacts of mechanical equipments located in the energy center of Shahdag winter resort project were introduced. Noise control studies at the source and the predicted noise levels after the design were presented with noise maps. Certain noise criteria should be maintained in order to satisfy acoustical comfort at the closest residential building façade. The noise level criteria at 10 meters from each component of mechanical equipment and the total noise level at the residential building façade should be below 35 dBA. The noise levels at the closest residential façade were predicted to satisfy the noise criteria through acoustical design.*

**Key Words:** Mechanical Noise, Noise Map, Noise Barrier

## 1. GİRİŞ

Bu bildiriye, Shahdağ Kış Sporları ve Kayak Merkezi (Azerbaycan) projesi kapsamında bulunan enerji merkezi binası içerisindeki mekanik cihazlardan kaynaklı hava doğuşumlu gürültünün çevrede yer alan otel, lojman gibi yaşam alanlarına olan etkisi incelenmektedir. Enerji merkezi binasında bulunan gürültü kaynaklarının, ses iletim patikaları üzerinde yer alan ses azalması ve gürültü kaybı mekanizmalarının analitik olarak modellenmesi ile birlikte bu model çerçevesinde elde edilen sonuçların binanın çevresel gürültü haritalamasında kullanılması; bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Oluşturulan çevresel gürültü haritaları ile enerji merkezine yakın konumlanan lojman ve otel binalarının cephelerinde gürültü düzeyleri hesaplanmıştır. Bu düzeylerin yaşam alanları için tanımlanan gürültü kriterlerinin sınırları içinde kalması için alınması gereken önlemler belirlenmiş olup önlemlerin proje kapsamında uygulanması ile hedef gürültü düzeylerinin, belirtilen sınır değerlerin altında kalması sağlanmıştır. Bildiriye; enerji merkez binası için tanımlanmış gürültü kriterleri, hazırlanan analitik modelin ve çevresel gürültü haritalamasının ana hatları ve tasarım yöntemleri sunulmaktadır.

## 2. TASARIM KRİTERLERİ

Enerji merkezi binasında bulunan mekanik cihazların, otel ve lojman cephelerinde sebep olduğu gürültü düzeyleri için farklı iki gürültü kriteri belirlenmiştir. İlk kritere göre; her bir cihazdan yayılan gürültü düzeyinin enerji merkezi binası cephelerinden 10m uzaklıkta 35 dBA mertebesini geçmemesi gerekmektedir. İkinci kritere göre ise; enerji merkezi binasına en yakın konumlanan lojman binası cephesinde, tüm mekanik cihazların sebep olduğu gürültü düzeyinin 35 dBA mertebesini geçmemesi gerekmektedir.

## 3. GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI VE SES İLETİM PATİKALARININ ANALİTİK MODELLENMESİ

Enerji merkezi binasında konumlanan gürültü kaynakları başlıca; bina içinde yer alan yüksek güçlü jeneratör ve trafolardan oluşan güç birimleri, pompalar, kazan brülörleri, havalandırma fanları; bina çatısında yer alan kuru soğutma birimleri, hava emme ve hava atış menfezleri, jeneratör ve brülör egzoz çıkış bacaları olarak sıralanabilir. Her bir cihazdan kaynaklanan hava doğuşumlu gürültü bina içerisinde yer alan çeşitli ses iletim patikaları üzerinden binanın dışına taşınmakta ve enerji merkezine en yakın konumda bulunan lojman binası cephesine ulaşmaktadır. Enerji merkezi ile lojman binası cephesi arasında hava doğuşumlu gürültü iletimi numerik olarak bilgisayar ortamında IMMİ v.2011-1 çevresel gürültü analizi yazılımı ile modellenmiştir. Yazılımda; enerji merkezi çatısında ve lojman binasına bakan cephe üzerinde gürültü kaynakları tanımlanarak modelleme gerçekleştirilmiştir. Bu kaynaklarının ses gücü düzeylerini belirleyebilmek için bina içerisinde yer alan cihazlardan hava doğuşumlu olarak tanımlanacak gürültü kaynağı noktalarına iletilen gürültü, analitik olarak modellenmiştir.

Analitik modelde, her bir cihazdan bina cephesine veya çatısına taşınan hava doğuşumlu gürültünün, üzerinde ilerlediği ses iletim patikaları Şekil 1'de tanımlanmıştır. Buna göre Şekil 1'deki sırası ile ses iletim patikaları şu şekilde sıralanabilir:

1. 1. Katta yer alan jeneratörlerden oda içerisine yayılan gürültünün jeneratör odası cephe duvarı üzerinden bina dışına iletimi
2. Zemin katta yer alan pompalardan oda içerisine yayılan gürültünün pompa odası cephe duvarı üzerinden bina dışına iletimi
3. Zemin katta yer alan kazan brülörlerinden oda içerisine yayılan gürültünün kazan odası cephe duvarı üzerinden bina dışına iletimi
4. 1. Katta yer alan trafolardan oda içerisine yayılan gürültünün trafo odası cephe duvarı üzerinden bina dışına iletimi
5. Havalandırma kanalları üzerinde yer alan fanlardan yayılan gürültünün, hava emişi veya atımı yapılan odaya havalandırma kanalları yolu ile iletilip oda cephe duvarı üzerinden bina dışına iletimi
6. Çatıda yer alan kuru soğutma birimlerinden yayılan gürültünün serbest alan içinde bina cephesine iletimi
7. Fanlardan yayılan gürültünün, havalandırma kanalları yolu ile çatıda bulunan menfezlere iletimi
8. Brülörlerden yayılan gürültünün kazan odasına açılan havalandırma kanalları yolu ile çatıda bulunan menfezlere iletimi
9. Pompalardan yayılan gürültünün pompa odasına açılan havalandırma kanalları yolu ile çatıda bulunan menfezlere iletimi
10. Jeneratörlerden yayılan gürültünün jeneratör odasına açılan havalandırma kanalları yolu ile çatıda bulunan menfezlere iletimi
11. Brülör egsoz çıkışından yayılan gürültünün çatıda yer alan bacalara iletimi
12. Jeneratör egsoz çıkışından yayılan gürültünün çatıda yer alan bacalara iletimi

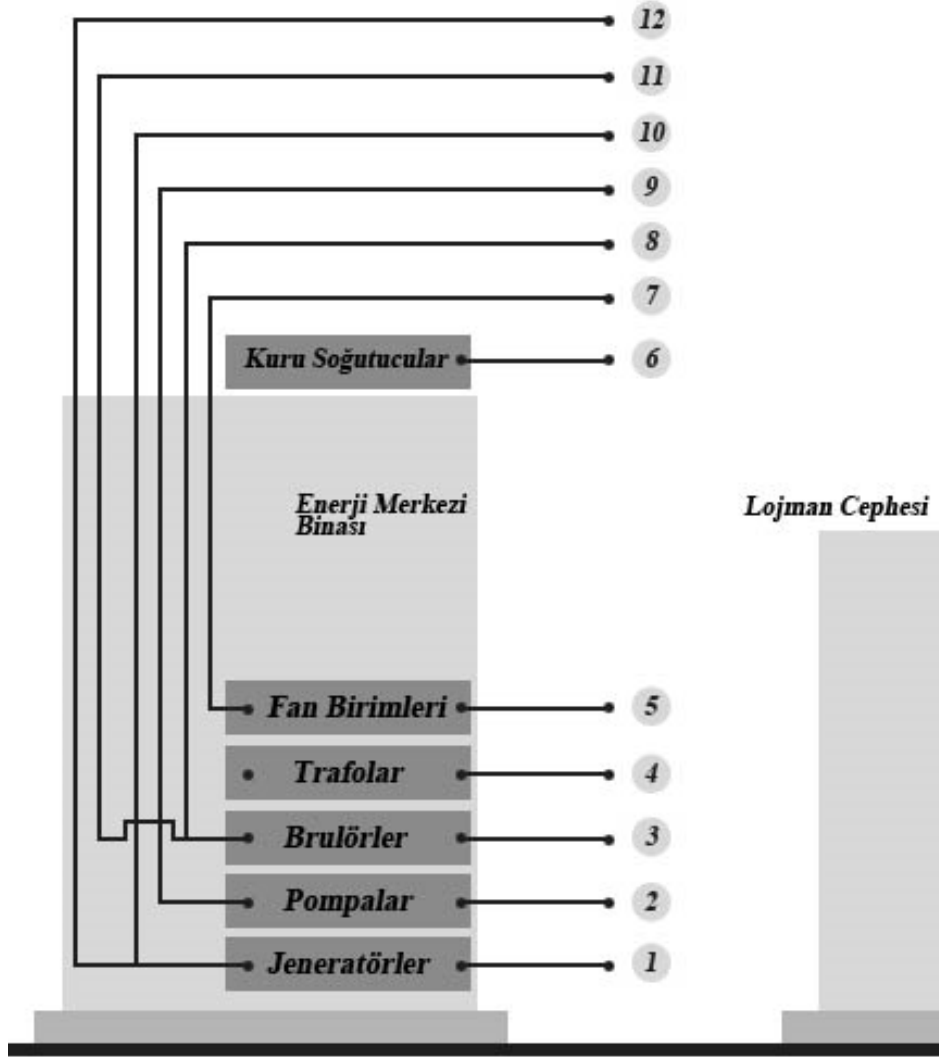
### 3.1.Bina cephesi üzerinden iletilen gürültü düzeyleri

Bina cephesinden iletilen hava doğuşumlu gürültünün analitik olarak hesaplanmasında, oda içerisinde ses enerjisi birikimini göz önünde bulundurarak çınlanan oda modeli kullanılmıştır [1]. Bu şekilde oda içerisinde bina cephe duvarlarının iç yüzeyine yakın noktalardaki gürültü düzeyleri;

$$L_{p,i} = L_{w,i} + 10 \log \left[ \left( \frac{Q}{4\pi r^2} \right) + \left( \frac{4}{R} \right) \right] \quad (1)$$

$$L_p = 10 \log \left[ \sum_{i=1}^n 10^{(0.1 L_{p,i})} \right] \quad (2)$$

üzerinden hesaplanmıştır. Cephe duvarlarının sahip olduğu ses geçiş kaybı değerleri göz önünde bulundurularak, cephe üzerinden dışarı iletilen hava doğuşumlu gürültü düzeyleri elde edilmiştir. Çevresel gürültü analizinde kullanılmak üzere, içerisinde mekanik cihaz bulunan her bir odanın cephe duvarında ses gücü düzeylerinin tanımlanabilmesi için elde edilen gürültü düzeyleri kullanılmıştır.



Şekil 1.Bina Gürültü Kaynakları

### 3.2.Havalandırma kanalları üzerinden çatıya iletilen gürültü düzeyleri

Havalandırma kanalları üzerinden iletilen hava doğuşumlu gürültü için kanal akustiği teorisi kullanılmıştır [1,2]. Kanal içerisinde ilerleyen ses dalgalarının, ses basıncı düzeylerindeki azalma dikdörtgen kesit alanına sahip kanallar için hesaplanmış olup kanal üzerinde yer alan plenum, dirsek, susturucu, kesit alanı değişimi gibi unsurların sebep olduğu ses azalması mekanizmaları ve kanal sonu düzeltme faktörleri hesaplarda göz önünde bulundurulmuştur.

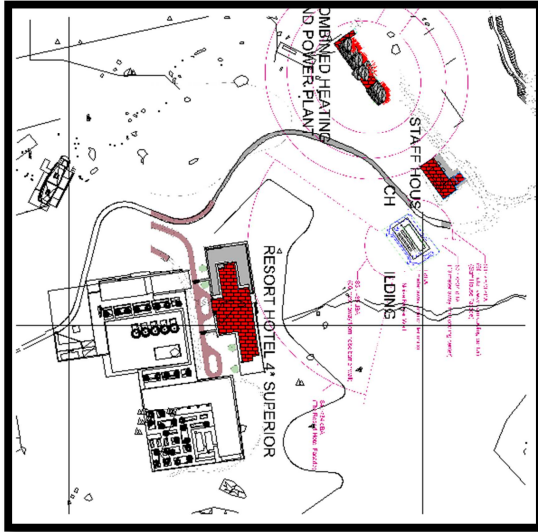
Kanallar üzerinden menfezlere iletilen bir diğer gürültü unsuru ise hava akışının neden olduğu gürültüdür. Fakat mekanik cihazlardan kanallar yolu ile menfezlere iletilen gürültü düzeyleri, hava akışının sebep olduğu gürültüye kıyasla çok yüksek olduğundan; akış kaynaklı gürültü düzeyleri bu çalışmada ihmal edilmiştir.

### 3.3. Gürültü kaynaklarının ses gücü düzeylerinin belirlenmesi

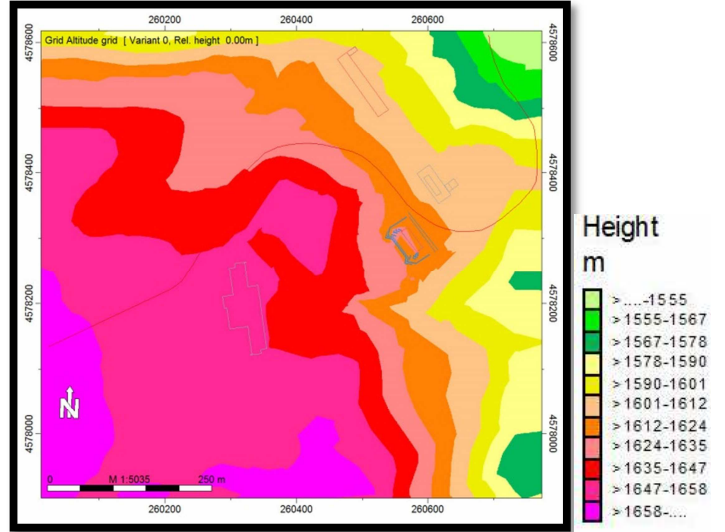
Yukarıda belirtilen yöntemler kullanılarak, mekanik cihaz kaynaklı hava doğuşumlu gürültünün bina cephesi dışında ve çatıda yer alan menfez ve egzoz bacası çıkışlarındaki gürültü düzeyleri teker teker elde edilmiştir. Enerji merkezi binasının çevresel gürültü haritasının çıkarılmasında kullanılmak üzere bu düzeyler; binanın lojman binasına bakan cephesi ve çatısında birer sanal gürültü kaynağı olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlamada, analitik model üzerinden elde edilen gürültü düzeyleri, ses gücü düzeylerine çevrilip IMMI yazılımında çevresel gürültü modelini oluşturmak için tanımlanan ses kaynaklarının ses gücü düzeyi olarak atanmıştır.

## 4. GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI VE ALICI KONUMLARIN SAYISAL MODELLENMESİ VE GÜRÜLTÜ HARİTASI

Gürültü kaynaklarından bölge içinde oluşturacağı sesin yayılması ISO 9613 standardında verilen hesaplama yöntemlerine göre yapılmıştır [3]. Çevresel gürültü haritalanması sürecinde yapılacak tüm hesaplamalar IMMI yazılımının 2011-2 numaralı sürümü kullanılmıştır [4]. Zemin ses yutumu 0,7 alınmış; topografik etkiler ve meteorolojik faktörler hesaplamalarda göz önünde bulundurulmuştur. Mekanik ekipmanın oluşturacağı gürültüye ek olarak, arka planda oluşabilecek karayolu gürültüsü de modellenmiştir. Karayolu gürültüsünün modellenmesinde XPS 31-133 metodu kullanılmıştır. Zeminden 4 metre ve 10 metre yükseklikler için 10 metre x 10 metre ızgara boyutlarına sahip yatay gürültü haritaları hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra bina dış cepheleri için üç boyutlu haritalamalar da yapılmıştır.



Şekil 2. Hesaplama Alanı



Şekil 3. Topografik Yapı

#### 4.1. Modelleme çalışmasında kullanılan gürültü kaynakları

Bina içerisinde ve çatısında çeşitli gürültü kaynakları yer almaktadır. Bina çatısında kuru soğutucular, soğutma kulesi ve iki farklı tipte fan kullanan kuru soğutucular yer almaktadır. Bu fanlardan 18 adedi tip1, 22 adedi tip 2'dir. Fanlara ait ses gücü düzeyleri Çizelge 1'de sunulmaktadır.

Teknik bina içerisinde 3 adet motor yer almaktadır. Motorlara ait ses gücü seviyeleri Çizelge 2'de, egzoz ünitelerinin susturucu ile beraber ses gücü seviyeleri Çizelge 3'de sunulmaktadır.

**Çizelge 1. Kuru Soğutucu Fanlarına ait Ses Gücü Düzeyleri**

Frekans	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Tip 1	45	50	54	56	54	48
Tip 2	38	45	51	53	51	51

**Çizelge 2. Motorlara ait Ses Gücü Düzeyleri (dB)**

Frekans	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Model 1 - 3168 kW	103	109	107	102	101	100	102
Model 2 - 999 kW	98	100	97	100	98	97	95
Model 3 - 597 kW	95	99	99	98	97	94	94

**Çizelge 3. Egzoz ve Susturucular Ses Gücü Düzeyleri (dB)**

Frekans(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
Motor 1	73.82	58.82	59.82	50.92	48.02	35.02	31.02
Motor 2	70.82	66.82	48.82	44.92	44.02	43.02	40.02
Motor 3	62.82	63.82	52.82	51.92	51.02	49.02	45.02

Bina cepesinde yer alan temiz hava girişlerine ait susturuculara ait ses gücü verileri ve havalandırma kanal açıklıklarında yer alan ses gücü düzeyleri sırası ile Çizelge 4 ve 5'de sunulmaktadır. Bunun yanı sıra bina içerisinde yer alan motorların ve pompaların bina cephelerinde oluşturacağı gürültü seviyeleri Çizelge 6'da detaylandırılmıştır.

**Çizelge 4. Temiz Hava Emiş Fanları Ve Susturuculara Ait Ses Gücü Düzeyleri (dB)**

Frekans	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Susturucu 1	53	46	45	46	50	51	52
Susturucu 2	52	46	44	44	49	50	52
Susturucu 3	49	60	43	44	48	48	47
Susturucu 4	51	46	40	45	46	48	45
Susturucu 5	48	45	41	42	49	47	46
Susturucu 6	42	40	39	37	45	44	44

**Çizelge 5. Havalandırma Fanları**

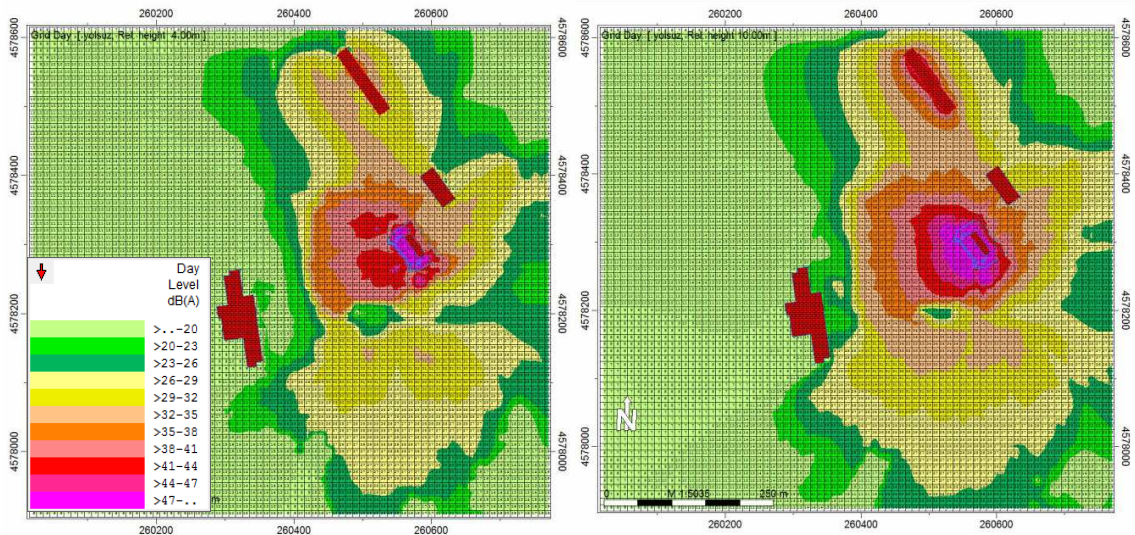
Havalandırma Fanları [dBA]			
A	39.3	G	46.6
B	48.7	H	44.5
C	48.7	I	50.0
D	49.7	J	50.0
E	37.1	K	50.8
F	37.1	L	50.8

**Çizelge 6. Bina cephe Ses gücü düzeyleri**

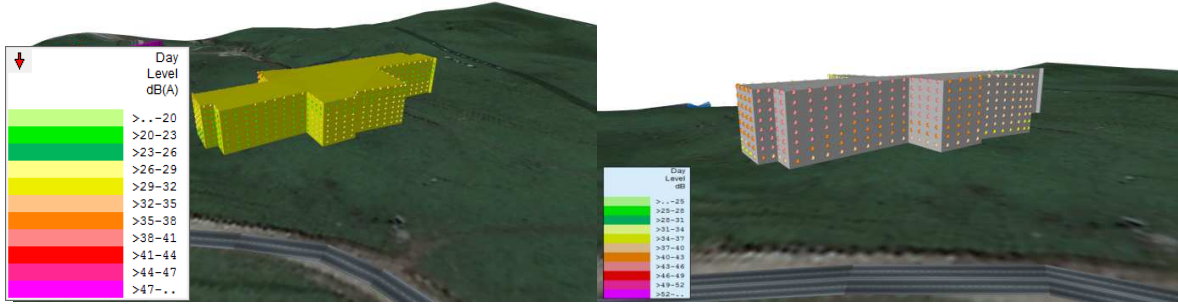
	Facade 1						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Cephe 1 Lw(dB)	71.8	73.2	74.0	73.9	76.9	63.9	70.0
Cephe 2 Lw(dBA)	57.6	61.4	51.7	57.5	62.6	64.8	62.7
Cephe 3 Lw(dB)	44.3	39.7	38.4	33.2	37.2	30.3	26.5
Cephe 4 Lw(dB)	22.9	15.4	10.9	16.0	26.7	39.3	47.4

Mevcut mekanik ekipman gürültü kaynaklarına ek olarak, kayak tesisi sahası içerisindeki karayollarından kaynaklanan gürültünün kestirimi de modelleme çalışmalarına dahil edilmiştir. Bunun için iki farklı trafik yoğunluğu gözönüne alınmış, yoğunlukları 50 araç/saat ve 30 araç/saat olan iki farklı alternatif modellenmiştir.

#### 4.2.Gürültü Haritaları



**Şekil 4. Yatay Gürültü Haritaları, sırası ile 4 metre ve 10 metre yükseklikler için**



Şekil 5. 3 Boyutlu Gürültü Haritaları, Otel Binası Dış Cehesi

## 5. SONUÇ

Bina dış cephelerinde sayısal model ile hesaplanan değerler ve gürültü kriterleri Çizelge 7’de sunulmaktadır. Yapılan tasarım sonucunda tasarım kriterleri sağlanmış olup, sayısal model ile analitik model doğrulanmıştır.

Çizelge 7. Bina Dış cepheleri En yüksek Gürültü Seviyeleri

Kaynaklar/Konum	Resort Hotel	Personel Lojmanı	Kriter
Chpp+chiller binası	31.34	35.42	35
Chpp + chiller binası + 50 araç/saat trafik yükü	47.27	50.41	NA
Chpp + chiller binası + 50 araç/saat trafik yükü	45.05	48.25	NA

## 6. KAYNAKÇA

- [1] Long, M., Architectural Acoustics, London: Elsevier, 2006.
- [2] Beranek, L., LaVer I., Noise and Vibration Control Engineering, New Jersey, Wiley, 2006
- [3] TS ISO 9613-2:2006 Sesin Dışarıda Yayılırken Azalması Bölüm 2 Genel Hesaplama Yöntemi
- [4] IMMI Reference Manual V. 1, V. 2, Ocak 2004