



SOĞUTMA GRUBU GÜRÜLTÜSÜ İÇİN GÜRÜLTÜ BARIYERİ TASARIMI

Ege Erdem¹, Zühre Sü Gül², Mehmet Çalışkan³

Mezzo Stüdyo Ltd, Ankara, Türkiye

Tel: 312 210 18 25, e-posta: ege@mezzostudio.com¹, prof.mehmetcaliskan@gmail.com³

²Bilkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Tel: 312 290 18 17, e-posta: zuhre@bilkent.edu.tr

ÖZET

Hava alma gereksinimleri sebebiyle dış mekânda muhafaza edilmesi gereken soğutma grupları, bulundukları çevreye, özellikle kompresör gürültüsü kaynaklı istenmeyen gürültü yaymaktadır. Taze hava ihtiyacı bakımından kabin veya kapalı bir oda içine alınamayan bu cihazlardan yayılan gürültüyü engellemek için en etkili yöntemlerden biri akustik bariyer, ya da ses perdesi tasarımıdır. Tasarım sürecinde önemli bir değişken olan cihaz ses gücü düzeylerinin temin edilemediği durumlar için saha ölçüm sonuçları kullanılarak gerçekçi ve uygulanabilir bariyer tasarımı yapılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada Bodrum Yalıkavak'ta bulunan bir otelin açık hava mekanik alanında bulunan soğutma gruplarından yayılan gürültünün, cihazlara uzak konumda bulunan konutlara bariyer etkisine uğramadan ulaştığı patikalar ile; cihazlara yakın konumda bulunan ancak bariyer etkisine uğrayarak ulaşan patikaların oluşturduğu gürültü karşılaştırılmıştır. Gürültüye maruz kalan konutlarda, T.C. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği uyarınca belirlenen kriterleri sağlamak amacıyla yürütülen bariyer/ses perdesi tasarım süreci ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akustik bariyer tasarımı, soğutma grubu gürültüsü, açık alan gürültü iletimi

NOISE BARRIER DESIGN FOR CHILLER NOISE

ABSTRACT

Rooftop chillers are located in outdoor mechanical zones due to their need of fresh air intake, radiating unwanted noise to the surroundings especially due to compressor component. Acoustical barrier design is one of the most effective methods to reduce the noise in open air due to particular mechanical equipment that can not be enclosed in a room or by an enclosure. For the cases that equipment' sound power level, a crucial design parameter is not accessible by manufacturer, on-site measurements of sound levels are used for the purpose of obtaining realistic and applicable barrier design. In this work, the sound paths involving closer residences to the chiller units but subject to barriers are compared with other paths involving faraway residences that are not subject to any barrier effect. Considering the criteria of Turkish Environmental Noise Regulations, barrier design is carried out by considering required sound attenuation values to comply with the regulation.

Keywords: Noise barrier design, chiller noise, outdoor sound propagation

1. GİRİŞ

Günümüzde otel, AVM, hastane, yüksek kapasiteli çok katlı konutlar ve iş merkezleri gibi birçok toplu çalışma/yaşama alanı soğutma grupları ile soğutulmaktadır. Soğutma çevrimi sırasında yüksek basınç ve sıcaklıktaki soğutucu akışkanından elde edilen ısıнын fanlar yardımı ile atmosfere atıldığı “hava soğutmalı chiller” grupları, bu özelliği sebebiyle dış mekanlarda muhafaza edilmektedir. Yüksek binalarda genellikle çatıya konumlandırılan soğutma grupları, alçak binalı projelerde ise sıklıkla yoğun yaşam alanlarına yakın olacak şekilde yerleştirilebilmektedir. Bu gibi durumlarda, özellikle kompresör gürültüsü kaynaklı soğutma grubu gürültüsünün akustik konfor açısından istenmeyen sonuçlara yol açtığı gözlemlenmektedir.

Bu çalışmada, Bodrum Yalıkavak'ta bulunan bir otelin soğutma grubunun hemen karşısında bulunan, soğutma gruplarına konumla yaklaşık +33 m kotunda bulunan evler ve gürültünün daha çok hissedildiğinin belirtildiği +55 m kotunda bulunan daha uzak konutlar gürültü kontrolü açısından ele alınmaktadır. Ölçüm sonuçlarından [1] yararlanılarak; belirlenen diğer hassas noktalarda öngörülen ses basıncı düzeyleri hesaplanmış, çevrede bulunan konutlarda hissedilen gürültü düzeylerini azaltmak amacıyla akustik iyileştirme olarak soğutma grubunu çevreleyen duvar/çit sisteminin gürültü bariyeri işlevine uygun olacak şekilde yeniden tasarımı yapılmıştır. Bu öneri sonucunda aynı noktalarda elde edilecek tahmini gürültü düzeyleri, bir sonraki bölümde sunulan teorik hesaplama yöntemi kullanılarak hesaplanmış, mevcut durum için yapılan ölçüm sonucunda elde edilen gürültü düzeyleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, önerilen bariyer tasarımı sonrasında hassas konutlar için hesaplanan gürültü düzeyleri, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği'nde [2] belirlenen ve **Tablo 1**'de sunulan iç ortam gürültü seviyesi sınır değerlerini sağlamaktadır.

Tablo 1. İç ortam gürültü seviyesi sınır değerleri

Kullanım Alanı		Kapalı Pencere Leq (dBA)	Açık Pencere Leq (dBA)
Konut Alanları	Yatak odaları	35	45
	Oturma odaları	45	55

2. AKUSTİK HESAPLAMA YÖNTEMİ

Bu çalışmada gerçekleştirilen hesaplamalarda, Japonya Akustik Derneği Yol Trafik Gürültüsü Araştırma Kurulu (Research Committee on Road Traffic Noise-the Acoustical Society of Japan) tarafından hazırlanan “Road traffic noise prediction model -ASJ RTN-Model 2008” modeli [3] kullanılmıştır. Alıcı noktası için hesaplanacak olan A-ağırlıklı ses basıncı düzeyi $L_{A,m}$ [dB], ses iletimindeki farklı azaltım mekanizmaları dikkate alınarak açık alanda bulunan yarı küresel çok yönlü bir ses kaynağı için aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$L_{A,m} = L_{W,kaynak} - 8 - 20 \log r_m + \Delta L_{cor,m} \quad (1)$$

$L_{W,kaynak}$ [dB], gürültü kaynağının A-ağırlıklı ses gücü düzeyini, r_m [m], m numaralı patika için gürültü kaynağı ve alıcı noktası arasındaki doğrudan uzaklığı, $\Delta L_{cor,m}$ [dB] ise gürültü kaynağı ve alıcı noktası arasındaki iletim patikasında bulunan çeşitli ses azaltım mekanizmaları ile ilgili düzeltme faktörünü göstermekte olup aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\Delta L_{cor,m} = \Delta L_{dif,m} + \Delta L_{grnd,m} + \Delta L_{air,m} \quad (2)$$

$\Delta L_{dif,m}$ [dB] kırınım için düzeltme faktörünü, $\Delta L_{grnd,m}$ [dB] yer etkisi düzeltme faktörünü, $\Delta L_{air,m}$ [dB] ise atmosferik yutum katsayısı için düzeltme faktörünü simgeler. Bu çalışma için birincil parametre bariyer etkisi tasarımı için belirleyici olan $\Delta L_{dif,m}$ değeri olup, 2.3 numaralı alt başlıkta tanımlanmıştır.

2.1. Ölçüm sonuçları

Soğutma grubu çalışır halde iken **Şekil 1**'de kırmızı yıldız ile belirtilen 0 numaralı alıcı noktasında 1/3 oktav bantlarda yapılan ölçümlerde elde edilen ses basıncı düzeyleri **Tablo 2**'de verilmiştir. Bu değerler kullanılarak, gürültü kaynağı olan soğutma grubunun ses gücü düzeyleri hesaplanmış ve bir sonraki bölümde sunulmuştur.



Şekil 1. Ses gücü düzeyi hesaplamasında kullanılan referans ölçüm yeri – 0 numaralı nokta

Tablo 2. Ölçüm yerinde elde edilen ses basıncı düzeyi sonuçları, $L_{p, ölçüm}$

Frekans (Hz)	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
Değerler (dB)	10,2	10,2	16,2	23,8	27,0	26,3	28,2	26,8	34,6
Frekans (Hz)	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
Değerler (dB)	35,2	35,9	38,2	34,6	39,4	41,5	39,9	41,1	43,4
Frekans (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Değerler (dB)	43,5	43,2	40,4	36,5	36,1	34,2	33,7	29,4	28,4

2.2. Soğutma grubu ses gücü düzeyi

Gürültü kaynaklarının ses gücü düzeyi değerleri imalatçıları tarafından ölçülerek yayınlanmakta, akustik tasarım ve gürültü kontrolü çalışmaları kapsamında yapılan hesaplamalarda birincil parametre olarak kullanılmaktadır. Ses gücü düzeyi makinanın çalıştığı ortam, mesafe ve yönden bağımsız olarak tanımlı; kaynağın ya da makinanın çalışma koşulları aynı kaldıkça değişmez bir niceliktir. Bu çalışmada, üretici tarafından paylaşılan ses gücü düzeyi verisi olmadığı için, ölçüm yapılan hassas mahalde elde edilen ses basıncı düzeyi

değerleri kullanılarak soğutma grubunun ses gücü düzeylerinin tahmini yürütülmüştür. Bu yöntemle elde edilen ses gücü düzeyleri kullanılarak diğer hassas mahallere ulaşan ses basıncı düzeylerini hesaplamak mümkün olmuştur. Soğutma grubunun merkezi olarak belirlenen sanal noktasal gürültü kaynağının “ses gücü düzeyi”; gürültü kaynağından iletilen hava doğuşumlu gürültünün ölçüm noktasında yarattığı ses basıncı düzeyleri (**Tablo 2**) ve açık alan modeli [4] kullanılarak hesaplanmıştır:

$$L_{W,kaynak} = L_{p,ölçüm} - 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right) \quad (3)$$

Elde edilen soğutma grubu ses gücü düzeyleri $L_{W,kaynak}$ **Tablo 3**’te verilmiş olup, hassas olarak belirlenen noktalara hava yoluyla/hava doğuşlu yayılan ses basıncı düzeyi hesaplamalarında kullanılacaktır.

Tablo 3. Ölçüm sonucu kullanılarak hesaplanan soğutma grubu ses gücü düzeyleri, $L_{W,kaynak}$

Frekans (Hz)	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
Değerler (dB)	54,5	54,5	60,6	68,1	71,3	70,7	72,5	71,2	79,0
Frekans (Hz)	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
Değerler (dB)	79,5	80,3	82,6	78,9	83,8	85,8	84,3	85,5	87,8
Frekans (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Değerler (dB)	87,8	87,6	84,8	80,9	80,4	78,6	78,1	73,7	72,8

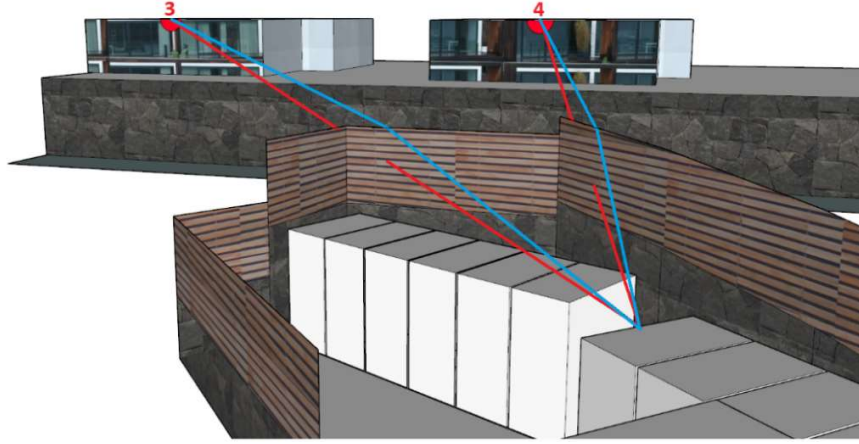
2.3. Bariyer etkisi

Mevcut durumda bazı hassas noktalar için bariyer olarak işlev gören çit/duvar sisteminin, bu hassas konutlar için elde edilen gürültü düzeylerine ne kadar etkisinin olduğu hesaplanmalı; elde edilen sonuçlar doğrultusunda, tasarlanacak olan bariyer özellikleri belirlenmelidir. Mevcut durumda, değerlendirilen konutlardan 3 ve 4 numaralı olanlar; soğutma gruplarını doğrudan görmemekte, gürültü kaynağı-alıcı noktası arasında bulunan ve “gürültü bariyeri” olarak işlev gören soğutma grubu çit/duvar sistemi ile karşılaşmaktadır. Evlere ulaşan ses basıncı düzeyinin azalmasına sebep olan “bariyer etkisi”, bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Çit/duvar kaynaklı bariyer etkisinin anlaşılması için, gürültü kaynağının çit üzerinden bariyer etkisine uğrayarak 3 ve 4 numaralı konutlara ulaştığı “kırınımaya uğramış patika”, **Şekil 2**’de mavi ile gösterilmiştir. Kırınımaya uğramış patika (mavi) ile kaynak-alıcı arasını doğrudan birleştiren patika (kırmızı) mesafeleri arasındaki fark ne kadar fazla ise, bariyer etkisi ile elde edilen gürültü kaybı da o kadar fazla olmaktadır.

Soğutma gürültüsünün bariyer etkisi sebebiyle kırınımaya uğrayarak alıcı noktasına ulaştığı patikalar için, “kırınım için düzeltme faktörü” $\Delta L_{dif,m}(f)$ aşağıdaki gibi hesaplanır [3]:

$$\Delta L_{dif,m}(f) = \begin{cases} -13 - 10 \log N_m, & N_m \geq 1 \\ -5 \mp 8 \frac{\sinh^{-1} |N_m|^{0,485}}{\sinh^{-1}(1)}, & 0,324 \leq N_m < 1 \\ 0 & N_m < -0,324 \end{cases} \quad (4)$$

$N_m = 2\delta_m / \lambda$, m numaralı patika için Fresnel sayısını, $\lambda = c / f$ dalga boyunu [m], c ise sesin havadaki hızını [m/s] göstermektedir. δ_m [m], kırınıma uğramış patika farkı olup, Şekil 2’de her bir patika için doğrudan patika (kırmızı) ve kırınıma uğramış patika (mavi) uzunluklarının farkı olarak hesaplanır. 3 ve 4 numaralı evler için bariyer etkisinin sağladığı ses azaltma değerleri **Tablo 4**’te verilmiştir.



Şekil 2. Kırınıma uğramış patika (mavi) ile kaynak-alıcı arasını doğrudan birleştiren patika (kırmızı)

Tablo 4. Bariyer etkisi ses azaltma değerleri, $\Delta L_{dif,m}(f)$ [dB]

Frekans (Hz)	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
Patika no: 3	-5,7	-5,8	-5,9	-6,0	-6,2	-6,3	-6,5	-6,2	-6,8
Patika no: 4	-6,4	-6,6	-6,8	-7,0	-7,2	-7,5	-7,7	-8,0	-8,4
Frekans (Hz)	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
Patika no: 3	-7,0	-7,3	-7,5	-7,8	-8,1	-8,5	-8,9	-9,3	-9,8
Patika no: 4	-8,8	-9,2	-9,6	-10,2	-10,7	-11,3	-11,9	-12,6	-13,4
Frekans (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Patika no: 3	-10,3	-10,9	-11,4	-12,1	-12,8	-13,7	-14,7	-15,7	-16,7
Patika no: 4	-14,5	-15,4	-16,4	-17,4	-18,4	-19,4	-20,0	-20,0	-20,0

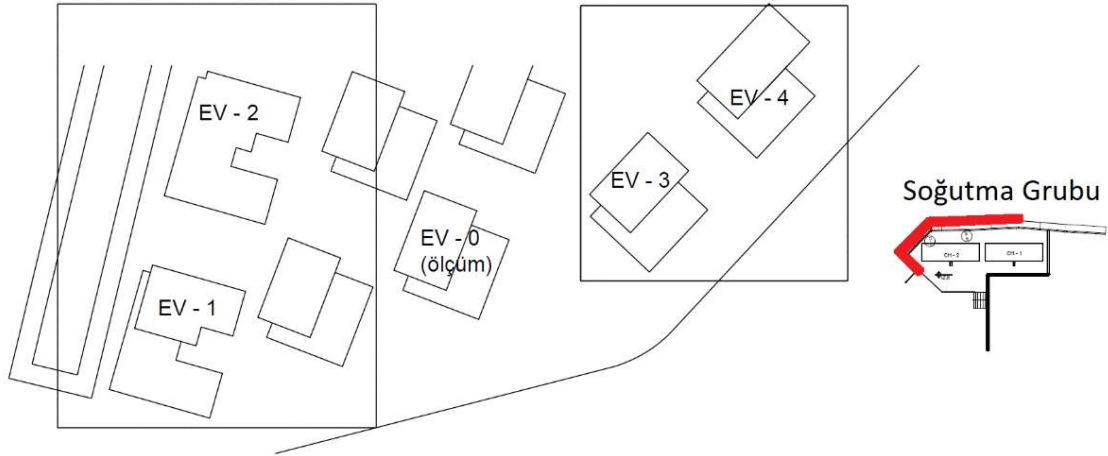
3. MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Ses iletimi hesaplamalarında; soğutma grubu (kaynak) ve alıcı (konut) noktaları arasındaki uzaklık, bariyer etkisi, atmosferik yutum etkisi, yer etkisi gibi çeşitli ses azaltım mekanizmaları dikkate alındıktan sonra alıcı noktası için A-ağırlıklı ses basıncı düzeyleri $L_{A,m}$ [dB] hesaplanarak **Tablo 5**’te verilmiştir.

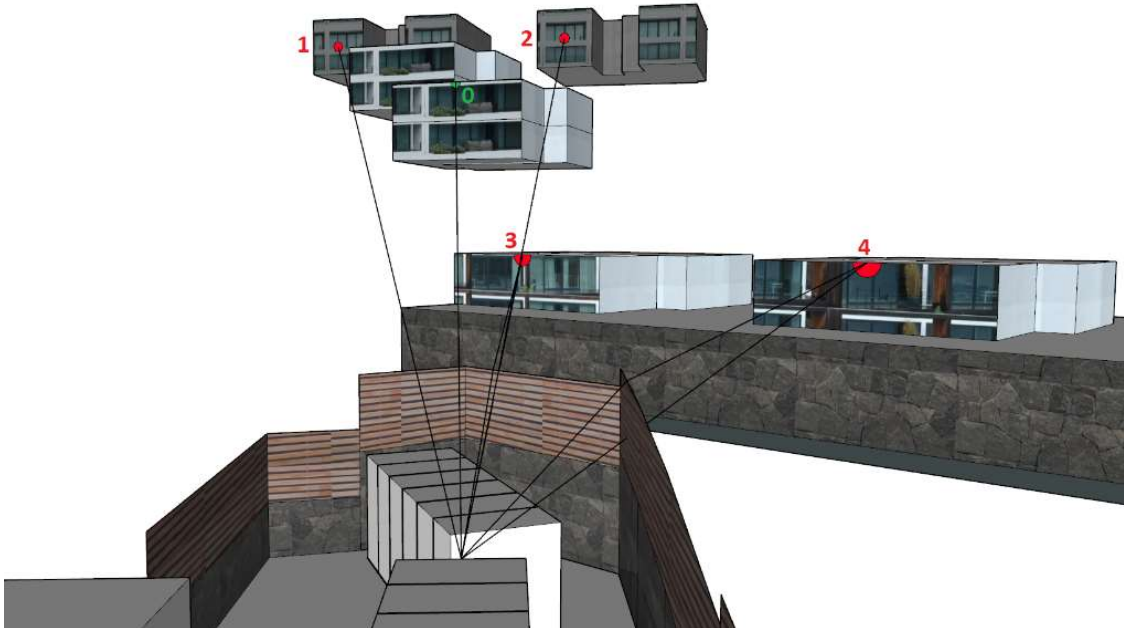
Tablo 5. Alıcı noktası ses basıncı düzeyi $L_{A,m}$ [dB] sonuçları

Frekans [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Toplam Düzey [dBA]	Konut-Yatak Odası Açık Pencere Kriteri [dBA] [2]
Ölçüm Noktası - 0	25,7	29,9	36,4	38,5	41,5	42,4	35,6	30,5	46,6	45
Alıcı Noktası - 1	30,0	34,2	40,8	42,8	45,8	46,7	40,0	34,9	51,0	
Alıcı Noktası - 2	32,3	36,5	43,0	45,1	48,1	49,0	42,2	37,1	53,3	
Alıcı Noktası - 3	23,8	27,6	33,4	34,5	36,3	35,5	26,0	15,3	40,5	
Alıcı Noktası - 4	25,1	28,4	33,8	34,3	35,3	33,3	23,0	14,1	39,1	

Mevcut durumda gürültü düzeyleri hesaplanan 4 ayrı nokta (kırmızı) ve ölçüm noktası (yeşil) **Şekil 4**'te gösterilmiştir. **Tablo 5**'te elde edilen sonuçlar tarafımıza iletilen ölçüm bilgileriyle uyumlu olup; 1 ve 2 numaralı evlere ulaşan gürültünün, bu evlerin **Şekil 3**'te görüldüğü gibi gürültü kaynağına daha uzak olmasına rağmen 3 ve 4 numaralı evlere ulaşan gürültüden fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, gürültü kaynağı ile 1 ve 2 numaralı evlerin arasında herhangi bir engel olmaması, bu evlerin doğrudan gürültü yayılımına maruz kalmasıdır. Diğer bir deyişle, bu evlerin gürültü kaynağını doğrudan görüyor olmasıdır. 3 ve 4 numaralı noktalarda ise bu evler çit/duvar yüksekliğine yakın bir hizada bulunması (~33 kotu) ve soğutma grubundan yayılan gürültünün bariyer etkisine uğraması sebebiyle akustik gölge bölgesinde kalmakta olup, daha düşük gürültü düzeyleri elde edilmektedir. **Tablo 5**'e bakıldığında, gürültü hakkında şikayetlerin geldiği belirtilen 1 ve 2 numaralı evlerde elde edilen ses basıncı düzeylerinin, yönetmelikte konut alanları için belirlenen yatak odası açık pencere iç ortam gürültü sınır değerlerini aştığı görülmektedir. Bu sonuç belirtilen gürültü rahatsızlıklarını destekler nitelikte olup, konutlara ulaşan gürültünün düşürülerek yönetmeliğe uygun hale gelmesi için gerekli olan bariyer iyileştirme ihtiyacını ortaya konmaktadır. Tasarlanan/iyileştirilen gürültü bariyeri bir sonraki bölümde sunulmaktadır.



Şekil 3. Değerlendirilen konutlar, ölçüm noktası ve kırmızı ile işaretlenmiş mevcut çit/duvar bariyeri, plan görünüşü



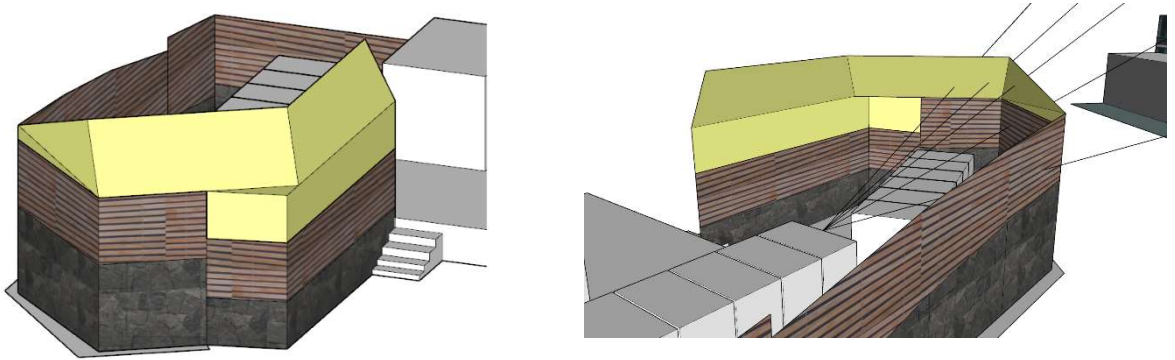
Şekil 4. Değerlendirilen hassas konutlar (1,2,3,4) ve ölçüm noktası (0), perspektif

4. AKUSTİK İYİLEŞTİRME ÖNERİSİ

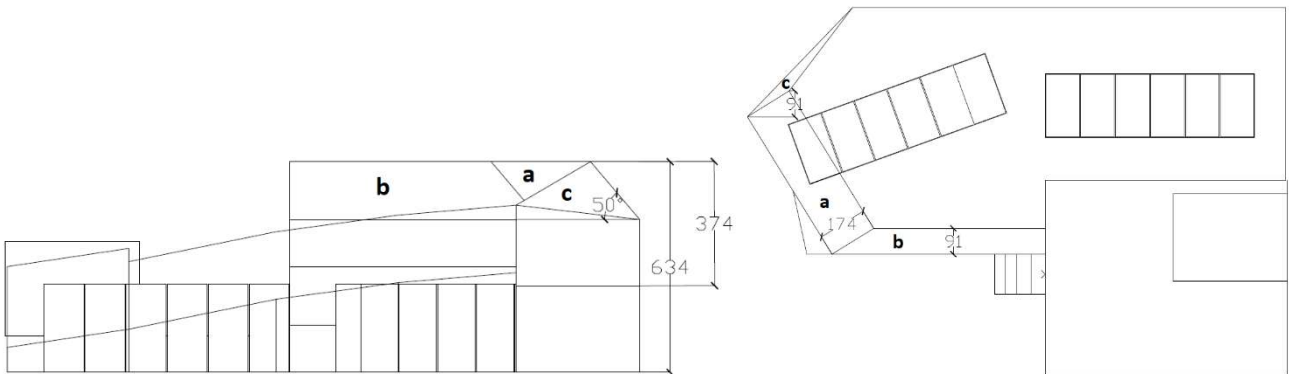
4.1. Bariyer tasarımı

Elde edilen hesaplama sonuçları ile uyumlu olarak, gürültü hakkındaki şikayetlerin 1 ve 2 numaralı ev ve civarından geldiği dikkate alındığında; 1 ve 2 numaralarda elde edilen gürültü düzeyini azaltmak üzere ilgili patikalarda “bariyer etkisi”ne ihtiyaç duyulmaktadır. **Şekil 4**’te görüldüğü gibi, mevcut durumda 1 ve 2 numaralı evlere ulaşan soğutma grubu gürültüsü kaynaklı ses iletim patikasında bariyer etkisine yol açacak herhangi bir mekanizma bulunmamaktadır. Bu sebeple, gürültü kaynağı ile 1 ve 2 noktaları arasında engel teşkil edecek ve bariyer görevi görecektir yeni bir çit/duvar tasarımı yapılmıştır. Soğutma grubunun sağlıklı çalışması için yeterli hava sirkülasyonuna ihtiyaç duyulduğu için cihazların hava akışına engel olmayacak ancak fark edilebilir derecede gürültü azaltımı sağlayabilecek bir gürültü bariyeri tasarımı hedeflenmiştir.

Cihazların üstünü kapatmayacak ancak cihazların üzerine doğru eğimli şekilde uzanacak şekilde tasarlanan bariyerde, bahsedilen eğim arttırıldıkça veya bariyer bitiş hizası cihazların üstüne yaklaştıkça bariyer etkisi artarak hassas noktalarda elde edilen gürültü düzeyleri azalmaktadır. Bariyer imalatı yapılmadan önce, soğutma grubu imalatçısından basınç düşümü ve kayıplar hakkında alınan onay doğrultusunda bariyer yüksekliği ve eğimi optimize edilmiştir. Tasarlanan bariyerin 3 boyutlu görünüşleri, mevcut kahverengi bariyer üzerine sarı renk ile eklenerek **Şekil 5**’te; kesit ve plan çizimleri ise **Şekil 6**’da sunulmuştur.



Şekil 5. Sarı renk ile gösterilen yeni bariyer tasarımı



Şekil 6. Bariyer-soğutma grubu kesit ve plan görünüşleri [cm]

Bariyer uygulamasında dikkat edilmesi gereken konular aşağıda özetlenmektedir:

- Soğutma grubunu çevreleyen duvar bitişinden bariyer bitişine kadar hiçbir boşluk kalmaması gerekmektedir. Mevcut uygulamada tespit edilen kaçaklar patikalar, hissedilen soğutma grubu gürültüsünün artırmakta olup mevcut uygulamanın yetersizliğinin bir diğer sebebi olabilir.
- Bariyerin soğutma grubuna bakan yüzeyinin ses yutucu malzeme ile kaplı olması gerekmektedir. Dış ortam koşullarında bu malzemenin yıpranmaması ve zarar görmemesi için bilinen çimentolu ahşap yongalar ($NRC > 0,50$) önerilmektedir. Bu malzemenin tedarikinin mümkün olamadığı durumlarda %45 perforasyona/açıklık oranına sahip sac levha arkasında en az 5 cm kalınlıkta 70 kg/m³ yoğunlukta taşıyıcı kullanılabilir. Bu projede işveren ve uygulayıcı kararı ile, çeşitli fiziksel faktörler (görünüş, hava şartlarına uygunluk vb.) değerlendirilerek ahşap yonga uygulaması tercih edilmiştir.

4.2. Bariyer tasarımı sonrası konutlarda elde edilen gürültü düzeyleri

Önerilen gürültü bariyeri sonrasında; Bölüm 2’de sunulan teorik hesaplama yöntemi kullanılarak hassas konutlarda elde edilen ses basıncı düzeyleri ve toplam gürültü düzeyi, mevcut durum ile kıyaslamalı olarak **Tablo 6**’da sunulmaktadır.

Tablo 6. Bariyer tasarımı sonrasında alıcı noktasındaki ses basıncı düzeyi $L_{A,m}$ [dB] sonuçları

Frekans [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Toplam Düzey [dBA]		
									Öneri Durum	Mevcut Durum	Konut-Yatak Odası Açık Pencere Kriteri [2]
Ölçüm Noktası - 0	18,7	22,2	27,7	28,3	29,4	27,6	16,7	4,4	33,2	46,6	45
Alıcı Noktası - 1	14,2	17,5	22,7	23,0	23,7	21,1	9,6	0,0	27,3	51,0	
Alıcı Noktası - 2	16,1	19,7	25,5	26,4	27,9	26,7	16,0	1,3	31,9	53,3	
Alıcı Noktası - 3	21,2	23,9	28,7	28,1	28,1	26,5	18,8	11,0	32,4	40,5	
Alıcı Noktası - 4	25,1	28,4	33,8	34,3	35,3	33,3	23,0	14,1	39,1	39,1	

5. SONUÇ

Bu çalışmada dış mekan soğutma gruplarının rahatsızlık yarattığı konut alanlarında öncelikle sayısal olarak mevcut durumun tespiti yapılmış, sonrasında iyileştirmeye yönelik alınan tedbirlere yer verilmiştir. Mevcut durumda gürültü kaynağı olan soğutma gruplarına daha yakın konumda bulunmasına rağmen bariyer etkisi sebebiyle gürültünün daha az hissedildiği 3 ve 4 numaralı evler ile; daha uzakta bulunan ancak bariyer etkisine uğramayan evlerde elde edilen ses basıncı düzeyi sonuçları karşılaştırılmıştır. Hassas konutlara ulaşan gürültüyü azaltmak için gerekli olan gürültü bariyeri tasarımı bu doğrultuda yürütülmüştür. Tasarlanan bariyer sonrasında ilgili konut cephelerinde ses basıncı düzeyleri hesaplanmıştır. Ses basıncı düzeylerinin gürültü bariyeri tasarımı öncesi ve sonrası durumları (**Tablo 6**) karşılaştırıldığında, hassas mahallerde elde edilecek gürültü düzeylerinin hissedilebilir şekilde azaldığı ve ilgili yönetmelikte yatak odası ve açık pencere durumu için belirlenmiş olan kriter değeri kolaylıkla sağladığı görülmektedir.

Son durumda elde edilen ses basıncı düzeyleri, bariyer tasarımı öncesinde elde edilen ses basıncı düzeyleri ile karşılaştırıldığında, **Şekil 3** ve **Şekil 4**'te gösterilmiş ölçüm ve alıcı noktaları için;

- Ölçüm noktası - 0'da 13,4 dBA,
- Alıcı Noktası -1'de 23,7 dBA, (~+55 kotu)
- Alıcı Noktası -2'de 21,4 dBA, (~+55 kotu)
- Alıcı Noktası -3'te 8,1 dBA (~+33 kotu) değerinde gürültü azaltımı sağlanmıştır.

Bariyer tasarımı uygulaması öncesi ve sonrasında konutlar için hesaplanan gürültü düzeyleri arasındaki farkın psikoakustik açıdan anlamlandırılabilmesi ve elde edilen gürültü iyileştirmesi konusunda fikir edinilebilmesi için, ses basıncı düzeylerindeki değişiminin sonucunda ses gürülüğünde hissedilen değişikliğin sunulduğu **Tablo 7** [5] incelenebilir.

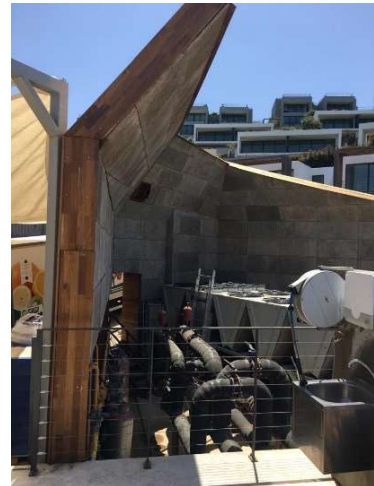
Tablo 7. Ses basıncı düzeyleri ve hissedilen gürültü değişimi [5]

Ses Düzeyindeki Değişim [dB]	Ses gücündeki değişim		Ses gürülüğündeki hissedilen değişim
	Azalma	Artma	
3	1/2	2	Ancak algılanabilir
5	1/3	3	Açıkça fark edilebilir
10	1/10	10	Yarısı kadar veya iki katı kadar gür
20	1/100	100	Önemli derecede sessiz veya gür

Yapılan bariyer tasarımı öncesi ve sonrasında çekilmiş fotoğraflar **Şekil 7** ve **Şekil 8**'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Tasarım öncesi mevcut görünüş



Şekil 8. Yenilenen bariyer tasarımı uygulaması sonrası görünüş

TEŞEKKÜR

Çalışmaya verdikleri destek için RÖNESANS VIP Turizm Yatırımları İnşaat, Ticaret ve Sanayi A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

- [1] İZÇEV, Çevresel Gürültü Seviyesi Değerlendirme Raporu, 17.07.2018
- [2] Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği. T.C Resmi Gazete, 27601, 04.06.2010.
- [3] Yamamoto, Kohei. (2010). Road traffic noise prediction model “ASJ RTN-Model 2008”: Report of the Research Committee on Road Traffic Noise. Acoustical Science and Technology. 31. 2-55. 10.1250/ast.31.2.
- [4] Long, M., Architectural Acoustics, London: Elsevier, 2006
- [5] Bies, D., Hansen, C., Engineering Noise Control, Oxford: Spon Press, 2009