



BİNALARDA MEKANİK TESİSAT GÜRÜLTÜSÜ KONTROL ADIMLARI

Mechanical Service Equipmant Vibration and Noise Control Checklist for Buildings

Mert KAVAS

ÖZET

Binalardaki ana gürültü kaynakları, mekanik sistemlerin konumlandırıldığı alanlardır. Yüksek seviyelerdeki gürültü canlı sağlığını ruhsal ve fiziksel olarak etkilemektedir. LEED, BREEM gibi uluslararası bina standartlarının da benimsediği akustik konfor faktörünün önemi, son yıllarda artmaktadır. Ülkemizde de Binaların Gürültüye Karşı Korunması ve Ses Yalıtımı Hakkında Yönetmelik yayımlanarak akustik konforun sağlanması zorunluluk haline getirilmiştir. Gürültüyü ortadan kaldırmak için ses kaynağında önlem almak en kesin çözümdür. Özellikle ısıtma – havalandırma sistemlerinin oluşturduğu gürültü, hava kanalları ve titreşimlerle yaşama alanlarımıza gelmesi, en sık rastlanan durumlardan biridir. Bu çalışmada, yapılardaki ısıtma – havalandırma sistemlerinin konumlandırıldığı alanlarda alınacak önlemler, sebepleriyle birlikte literatürler, akademik çalışmalar ve ülkemizdeki yönetmelikler yararlanılarak, çözüm yolları belirtilmiştir ve kontrol listesi haline getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akustik, Gürültü, Mekanik Tesisat Gürültüsü, Binalarda Ses Yalıtımı, Titreşim Yalıtımı

ABSTRACT

The main noise sources in buildings are the areas where mechanical systems are located. High levels of noise affect the health of living creatures physically and mentally. The importance of acoustic comfort factor adopted by international building standards such as LEED and BREEM has increased in recent years. In our country, the Regulation on Protection of Buildings Against Noise and Sound Isolation has been published and it has become obligatory to provide acoustic comfort. Taking the precaution at the sound source is the definitive solution to eliminate noise. One of the most common cases is that the noise generated from HVAC systems comes to our living spaces by air ducts and vibrations. In this study, the reasons for the precautions to be taken where the heating and ventilation systems are located in the buildings, academic studies and the regulations in our country have been taken into consideration and solutions have been defined and a checklist has been made.

Key Words: Acoustics; Noise, HVAC Noise, Soundproof in Buildings, , Vibration Noise

1. GİRİŞ

Son yıllarda yüksek katlı binaların sayısı artmaktadır. Yüksek katlı binalarda kullanıcı konforu önem kazanmaktadır. Gerekli konforu sağlamak için birçok ulusal ve uluslararası standartların-yönetmeliklerin, iyileştirme çalışmaları devam etmektedir. Akustik konforun önemi bahsi geçen standartlarda yer almaktadır.

İstenmeyen sesler, canlılar üzerinde ruhsal ve fiziksel rahatsızlıklara yol açabilmektedir. Gürültünün insan üzerinde etkileri dikkat dağınıklığı, baş ağrısı ve yüksek gürültü seviyelerinde işitme kaybına sebep olabilmektedir. Katı ve hava doğuşlu olarak iki farklı yolla gürültü oluşmaktadır. Gürültünün oluşmaması ve kaynağa azaltılması için birçok yöntem bulunmaktadır.

2. MEKANİK TESİSAT ODASI KONUMU

Yapılarda ana gürültü kaynağı mekanik hacimlerdir. Mekanik cihazlar çatı katı ya da bina içerisinde konumlandırılabilir. Yapı içerisine yerleştirilecek olan cihazlar, gürültü kontrolü için büyük önem taşımaktadır. Binaların tasarım aşamasında, gürültü kontrolünün sağlanması için yüksek seviye arka plan gürültüsüne sahip alanlar belirlenmelidir. Benzer seviyede gürültü kaynağı olabilecek hacimler, birbirlerine yakın bir alanda konumlandırılmaya dikkat edilmelidir. Gürültüye karşı hassas olan hacimlerin bu alandan uzağa yerleştirilmesi, alınacak önlemlerin azalmasını sağlamaktadır.[4]

3. TİTREŞİM VE KATI DOĞUŞLU GÜRÜLTÜNÜN KONTROLÜ

3.1. Cihazlarda Titreşim Gürültüsü Kontrolü

En çok karşılaşılan problemler, uygun olmayan yalıtım malzemesi seçimi ve titreşimli bağlantıların bina strüktürüne direkt temasının göz ardı edilmesidir. Cihazın yerleşimi, tesisatın kurulumu ve kanal-boru bağlantıları tamamlandıktan sonra gürültü kontrol uygulamasının yapılması, başlangıçta yapılmamasına kıyasla büyük zorluklar oluşturmaktadır. Bunlar maddi zararlar ve fiziksel olarak bağlantıların yerinden oynatılmamasıdır.

Mekanik hacimlerde, titreşim ve katı doğuşlu gürültünün oluşum sebepleri,

- Mekanik ekipman, uygun olmayan şekilde belirlenmesi veya monte edilmesi, doğru dengelenememesi, yanlış hizalanması veya tasarım şartlarına uymayan biçimde çalışması
- Yeterli veya uygun olmayan titreşim önleyici malzeme uygulanmış ekipman
- Esnek olmayan boru ve kanal bağlantılarının olması, sismik elemanlarının titreşim yalıtımı için ayrılan çökme miktarını etkilemesi, kanal ve borularda beklenmeyen tıkanmalar
- Ekipman için uygun olmayan aşırı zemin esnekliği
- Ekipmanın rezonansa girmesi veya yapı malzemelerinin rezonansa girmesi [3]

Mekanik cihazda alınması gereken gürültü ve titreşim önlemleri

Mekanik cihazda alınacak önlemlerde hedef kriteri olarak titreşim yalıtım verimi dikkate alınmalıdır. Titreşimden kaynaklanan gürültü, yapısal gürültü olarak ifade edilmektedir. Yapısal gürültüler, sadece komşu hacimlerde rahatsızlık yaratmazlar. Titreşimin olduğu frekans aralıklarında, dalga boyundan dolayı, bina içerisinde tahmin edilemeyen noktalarda hissedilebilir. Örneğin, bodrum katında konumlandırılmış bir mekanik hacmin oluşturduğu titreşim gürültüsü, üçüncü veya dördüncü kattan hissedilebilme ihtimali vardır. Cihaz titreşiminin, zemine geçişinin yüzde olarak hesaplanmalıdır. Alınacak önlemin seçiminde kolonlar arası mesafe, ekipman çalışma hızı, ekipman gücü, döşemenin çökme miktarı parametreleri etkilemektedir. Cihaza uygun olan titreşim yalıtım malzemelerin tipi Tablo 1'e göre belirlenir.[3]

Tablo 1. Titreşim Yalıtımı için Seçim Kılavuzu Tablosu [3]

	Mil Gücü kW	d./d.	EKİPMAN YERİ											
			Zeminde katında döşeme			Kolon açıklığı mak. 6 m olan döşeme			6-9 m Kolon açıklıklı döşeme			9-12 m Kolon açıklıklı döşeme		
			Kaide Tipi	İzolator Tipi	Min. Esneme mm.	Kaide Tipi	İzolator Tipi	Min. Esneme mm.	Kaide Tipi	İzolator Tipi	Min. Esneme mm.	Kaide Tipi	İzolator Tipi	Min. Esneme mm.
Soğutma Makineleri ve Chilller														
Pistonlu	Hepsi	Hepsi	A	2	6,4	A	4	19	A	4	38	A	4	64
Santrifüj, Vicalı	Hepsi	Hepsi	A	1	6,4	A	4	19	A	4	38	A	4	38
Açık Santrifüj	Hepsi	Hepsi	C	1	6,4	C	4	19	C	4	38	C	4	38
Absorpsiyon	Hepsi	Hepsi	A	1	6,4	A	4	19	A	4	38	A	4	38
Hava Kompresörleri ve Pompalar														
Tanka monte yatay	<7,5	Hepsi	A	3	19	A	3	19	A	3	38	A	3	38
	≥11	Hepsi	C	3	19	C	3	19	C	3	38	C	3	38
Tanka monte düşey		Hepsi	C	3	19	C	3	19	C	3	38	C	3	38
Yere monte		Hepsi	C	3	19	C	3	19	C	3	38	C	3	38
Büyük pistonlu		Hepsi	C	3	19	C	3	19	C	3	38	C	3	38
Pompalar														
Direkt bağlı	<5,6	Hepsi	B	2	6,4	C	3	19	C	3	19	C	3	19
	≥7,5	Hepsi	C	3	19	C	3	19	C	3	38	C	3	38
Uzun emişli	3,9-19	Hepsi	A	3	19	A	3	29	A	3	38	A	3	38
	≥22	Hepsi	A	3	19	A	3	28	A	3	38	A	3	64
	<30	Hepsi	C	3	19	C	3	19	C	3	38	C	3	38
Uçtan emişli-split gövdeli	37-93	Hepsi	C	3	19	C	3	38	C	3	38	C	3	64
	≥110	Hepsi	C	3	19	C	3	38	C	3	64	C	3	89
Su Kuleleri														
	Hepsi	<300	A	1	6,4	A	4	89	A	4	89	A	4	89
		301-500	A	1	6,4	A	4	64	A	4	64	A	4	64
		≥500	A	1	6,4	A	4	19	A	4	19	A	4	38
Kazanlar (Alev Borulu)														
	Hepsi	Hepsi	A	1	6,4	B	4	19	B	4	38	B	4	64
Aksiyal fanlar, Fan Kafaları, Kabin Fanları, Fan Bölümleri														
<560 mm Çap	Hepsi	Hepsi	A	2	6,4	A	3	19	C	3	19	C	3	19
≥500 Pa.sp	<500 Pa.sp	<300 Pa.	B	3	64	C	3	89	C	3	89	C	3	38
		300-500 Pa.	B	3	19	B	3	38	C	3	64	C	3	64
		≥501 Pa.	B	3	19	B	3	38	B	3	38	B	3	38
	501 Pa.sp	<300 Pa.	C	3	64	C	3	38	C	3	89	C	3	89
		300-500 Pa.	C	3	38	B	3	38	C	3	64	C	3	64
		≥501 Pa.sp	C	3	19	B	3	38	C	3	38	C	3	64
Santrifüj Fanlar														
<560 mm Çap	Hepsi	Hepsi	B	2	6,4	B	3	19	B	3	19	C	3	38
≥610 mm Çap	30	<300	B	3	64	B	3	89	B	3	89	B	3	89
		300-500	B	3	38	B	3	38	B	3	64	B	3	64
		≥501	B	3	19	B	3	19	B	3	19	B	3	38
	≥37	<300	C	3	64	C	3	89	C	3	89	C	3	89
		300-500	C	3	38	C	3	38	C	3	64	C	3	64
		≥501	C	3	25,4	C	3	38	C	3	38	C	3	64
Pervane Türü Fanlar														
Duvara kurulu	Hepsi	Hepsi	A	1	6,4	A	1	6,4	A	1	6,4	A	1	6,4
Çatıya kurulu	Hepsi	Hepsi	A	1	6,4	A	1	6,4	B	4	38	D	4	38
Isı Pompaları														
	Hepsi	Hepsi	A	3	19	A	3	19	A	3	19	A/D	3	38
Kondensörler														
	Hepsi	Hepsi	A	1	6,4	A	4	19	A	4	38	A/D	4	38
Paket AH, AC, H ve V Birimleri														
Hepsi	<7,5	Hepsi	A	3	19	A	3	19	A	3	19	A	3	19
	11 ve ≥1 kPa.sp	<300	A	3	19	A	3	89	A	3	89	A	3	89
		301-500	A	3	19	A	3	64	A	3	64	A	3	64
		≥501	A	3	19	A	3	38	A	3	38	A	3	38
	≥11 ve ≥1 kPa.sp	<300	B	3	19	C	3	89	C	3	89	C	3	89
		300-500	B	3	19	C	3	38	C	3	64	C	3	64
		≥501	B	3	19	C	3	38	C	3	38	C	3	64
Paket Çatı Ekipmanı														
	Hepsi	Hepsi	A/D	1	6,4	D	3	19	Detaylı bilgi için uzman görüşü alın.					
Kanalı Dönel ekipman														
Küçük fanlar, fan tahrikli kabinler	<300 L/s	Hepsi	A	3	12,7	A	3	12,7	A	3	12,7	A	3	12,7
	≥301 L/s	Hepsi	A	3	19	A	3	19	A	3	19	A	3	19
Motor Tahrikli Üreteç	Hepsi	Hepsi	A	3	19	A	3	38	A	3	38	A	3	89

TABAN TIPLERİ

Tip A: Taban yok, izolator direkt cihaza bağlı
 Tip B: Çelik raylar veya çelik konstrüksiyon çerçeve
 Tip C: Beton atalet bloğu kaide
 Tip D: Şasiye monte edilen çelik konstrüksiyon çerçeve

İZOLATÖR TIPLERİ:

Tip 1: Kauçuk plaka
 Tip 2: Kauçuk askı veya zemine monte yaylı titreşim elemanı
 Tip 3: Yaylı askı veya zemine monte yaylı titreşim elemanı
 Tip 4: Sınırlandırılmış yaylı izolator

Tablo 2. Tablo 1'de Belirtilen İzolatör Tipleri [3]

Tip 1: Kauçuk veya cam elyafli malzeme



Tip 2: Kauçuk zemin izolatörü veya askısı

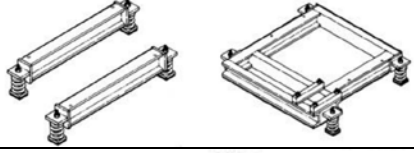
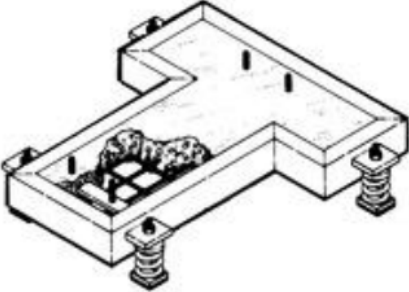
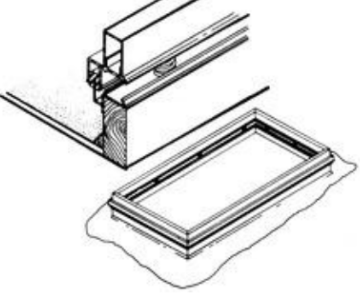


Tip 3: Yaylı zemin izolatörü veya askısı

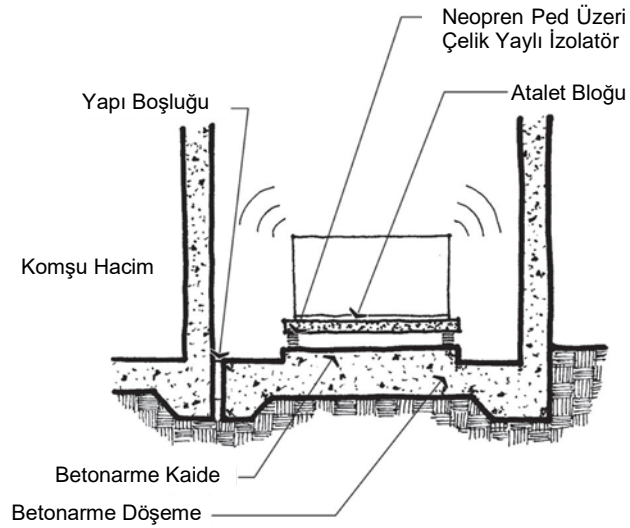


Tip 4: Sınırlandırılmış yay izolatörü

Tablo 3. Tablo 1' de Belirtilen Taban Tipleri [3]

	Tip A: İzolatörler direkt cihaza bağlanır ek desteğe gerek yoktur
	Tip B: Çelik konstrüksiyon çerçeve ve çelik raylar
	Tip C: Beton atalet blokları
	Tip D: Çelik Konstrüksiyon çerçeve (Şasiye monte edilmiş)

Toprak temaslı makine dairelerinde cihazda alınabilecek önlemlerin yanında, yapısal olarak da binadan ayırarak titreşim kontrolü sağlanabilmektedir. (Şekil 1)

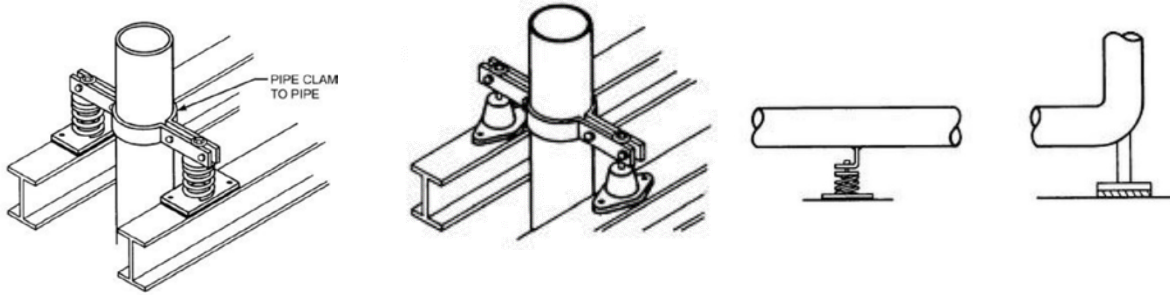
**Şekil 1.** Ayrılmış Betonarme [4]

3.2. Kanal-Boru Ekipmanlarında Titreşim Gürültüsü Kontrolü

Cihazdan çıkan kanal ve borular için titreşim önlemi

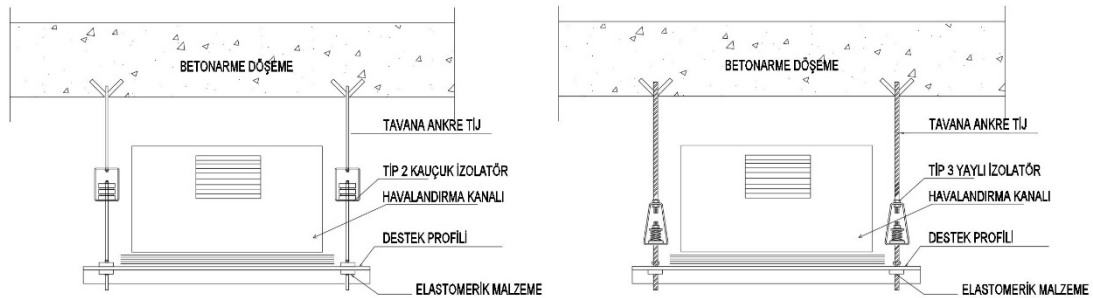
Mekanik hacimde konumlandırılan cihazların oluşturduğu titreşimler için, yalnız yerleştirildiği zeminde önlem alınması titreşim kontrolünün sağlanmasında yeterli değildir. Cihazın ürettiği sıcak-soğuk hava ve suyun bina içerisine iletilmesini sağladığı boru-kanal bağlantıları da esnek bağlantı elemanlarıyla bina strüktürüne uygulanmalıdır.

Cihazdan çıkan boru-kanalların bina ile bağlantıları tamamen esnek bağlantı elemanlarıyla sağlanmalıdır. Bağlantı elemanlarının seçimi taşıyacağı yüke göre belirlenmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken noktalardan biri de, cihaz için çökme miktarı hesaplanan yüksekliğin, askı elemanının çökme miktarına göre uygunluğudur.[4]



Şekil 2. Boru Esnek Bağlantı Gösterimleri[3]

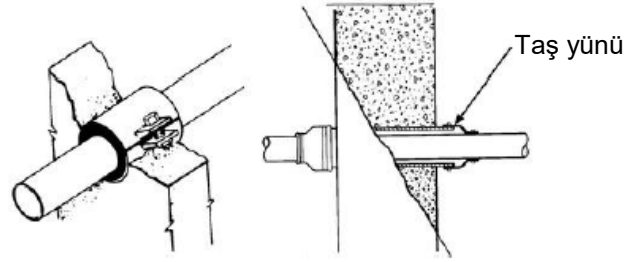
Cihazdan çıkan havalandırma kanalları ve borular, zemin, duvar ya da tavana bağlantısının Şekil 2' deki örneklere benzer şekilde olması gerekmektedir. Ayrıca iklimlendirme cihazlarında, cihazdan çıkan havalandırma kanalının çıkışa yakın olan kısımlarında kompensatör kullanılması titreşimin havalandırma kanallarıyla iletilmesinin engellenmesinde önemli rol almaktadır. [3]



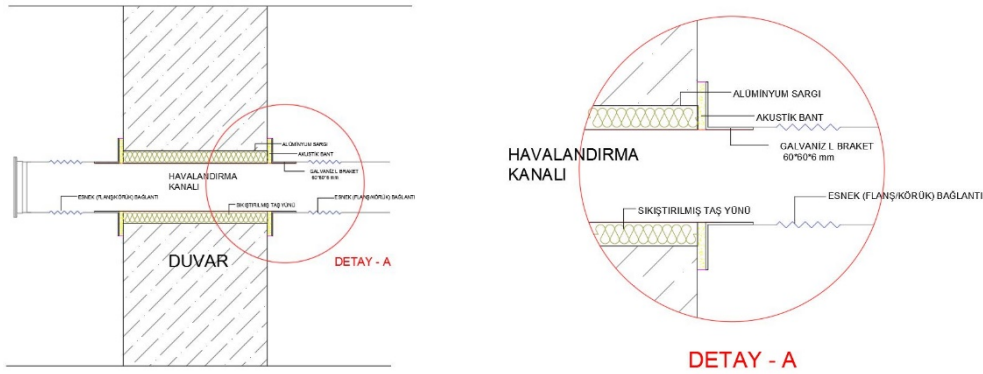
Şekil 3. Havalandırma Kanalı Esnek Bağlantı Gösterimi

Kanal-Boru Ayırıcı Eleman Geçişi

Cihazın ürettiği titreşimin, borular ve kanallarla iletimi devam etmektedir. Esnek malzemelerle askılama ve zemine temasının yanında, duvar-döşeme ayırıcı bölme geçişlerinde de bina strüktürüne direkt temasından kaçınılması gerekmektedir. Geçişin yapıldığı bölgelerde teması, yünlü ya da yüksek yoğunluklu malzemelerle yapılması gerekmektedir.[3]



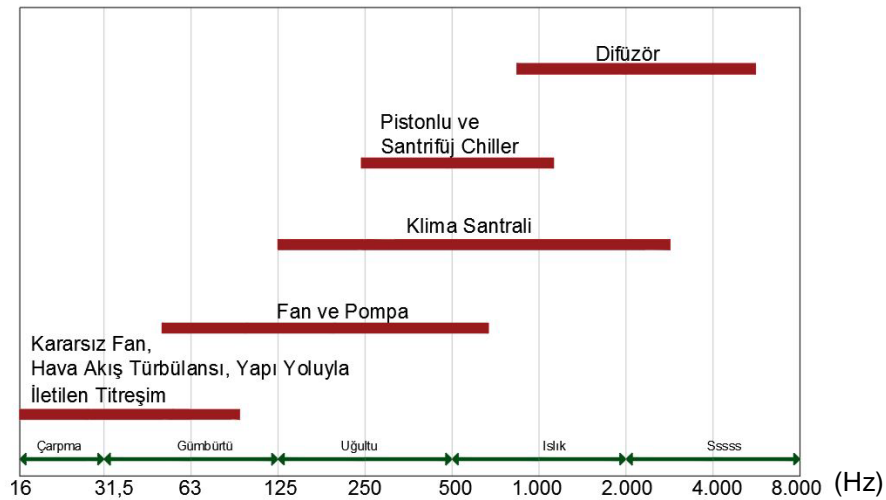
Şekil 4. Boru - Duvar Geçiş Gösterimi [3]



Şekil 5. Havalandırma Kanalı - Duvar Geçiş Detayı Gösterimi

4. HAVA DOĞUŞLU GÜRÜLTÜNÜN KONTROLÜ

İklimlendirme üniteleri, yatay-dikey pompalar, soğutma kuleleri gibi cihazlar farklı frekans spektrumunda gürültü üretmektedirler. (Şekil 6) Tasarım aşamasında, mekanik odada hangi tip cihazların olacağı belirlenmelidir. Farklı mekanik cihazlar için, gürültü spektrumuna göre ayırıcı eleman seçiminin yapılması gerekmektedir. [3]



Şekil 6. Mekanik Cihaz Gürültülerinin Frekans Spektrumları [3]

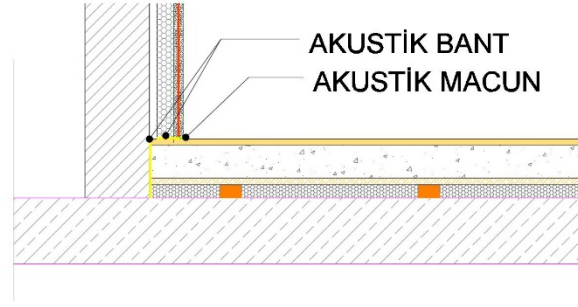
Ülkemizde bulunan “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” kapsamında, yapı içerisindeki hacim türlerine göre olması gereken arka plan gürültü seviyesi Tablo 4’ de verilmiştir. Mekanik tesisatın oluşturacağı gürültü, komşu hacimlerin arka plan gürültü seviyesini aşmayacak şekilde tasarımının yapılması beklenmektedir. [1]

Tablo 4. İç Ortam Gürültü Seviyesi Sınır Değerleri [1]

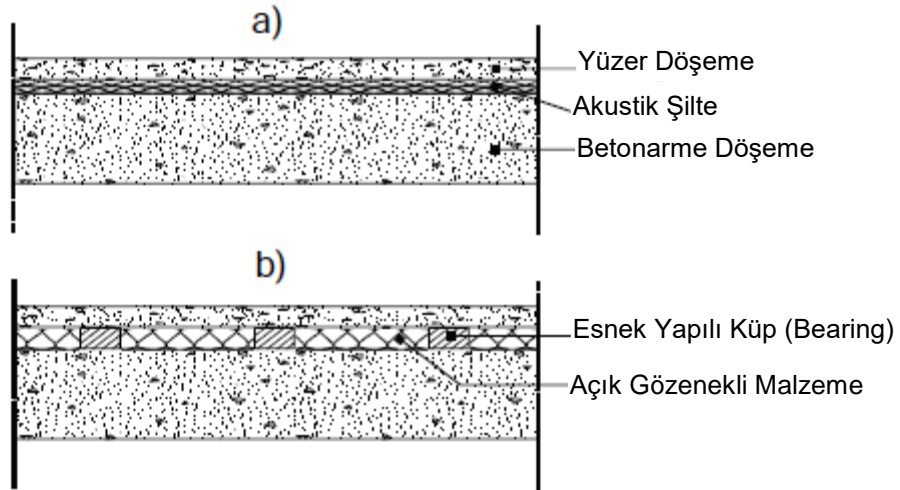
Kullanım Alanı	Kapalı Pencere	Açık Pencere	
	L_{eq} (dBA)	L_{eq} (dBA)	
Kullanım alanlarında herhangi bir faaliyet olmadığı durumlardaki değerler:			
Kültürel Tesis Alanları	Tiyatro salonları	30	40
	Sinema salonları	30	40
	Konser salonları	25	35
	Konferans salonları	30	40
Sağlık Tesis Alanları	Yataklı tedavi kurum ve kuruluşları, dispanser, poliklinik, bakım ve huzur evleri ve benzeri.	35	45
	Dinlenme ve tedavi odaları	25	35
Eğitim Tesisleri Alanları	Okullardaki derslikler, özel eğitim tesisleri, kreşler, laboratuvarlar ve benzeri.	35	45
	Spor salonu,	55	65
	Yemekhane	45	55
	Kreşlerdeki yatak odaları	30	40
Turizm Yerleşme Alanları	Otel, motel, tatil köyü, pansiyon ve benzeri yatak odası	35	45
	Konaklama tesislerindeki restoran	35	45
Sit Alanları	Arkeolojik, doğal, kentsel, tarihi ve benzeri.	55	65
Ticari Yapılar	Büyük ofis	45	55
	Toplantı salonları	35	45
	Büyük daktilo veya bilgisayar odaları	50	60
	Oyun odaları	60	70
	Özel büro (uygulamalı)	45	55
	Genel büro (hesap, yazı bölmeleri)	50	60
	İş merkezleri, dükkanlar ve benzeri.	60	70
	Ticari depolama	60	70
	Lokantalar	45	55
Kamu Kurum Kuruluşları	Ofisler	45	55
	Laboratuvarlar	45	55
	Toplantı salonları	35	45
	Bilgisayar odaları	50	60
Spor Alanları	Spor salonları ve yüzme havuzları	55	65
Konut Alanları	Yatak odaları	35	45
	Oturma odaları	45	55

4.1. Döşeme-Tavan Yalıtımı

Pompa, jeneratör, soğutma grubu, iklimlendirme cihazları gibi yüksek gürültü seviyesinde çalışan cihazların üst ve alt komşu hacme, hava doğuşlu ses geçişinin engellenmesi için yüzer döşeme sistemi uygulanması gerekmektedir. Yalıtım uygulamasında, arada esnek malzeme bulunan döşemelerin birbirine temas etmemelidir. Döşeme-duvar detaylandırılmasında arada akustik bant kullanımı önerilmektedir. (Şekil 7) Duvar ile döşemenin direkt temas ettiği durumlarda, yalıtım değeri büyük ölçüde düşmektedir. Yüzer döşeme uygulaması birçok farklı türde olabilir, bunlardan en çok bilinen iki türü şap altı akustik şilte ve esnek yapıli küplerdir (bearing). (Şekil 8) [6]

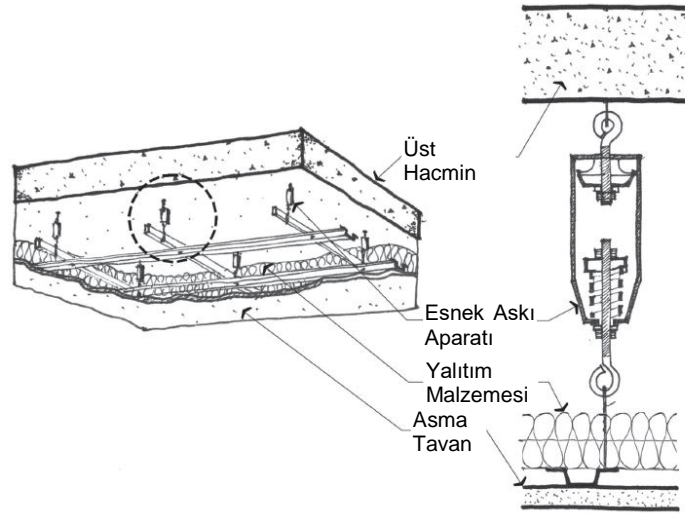


Şekil 7. Akustik Bant ve Macun Kullanım Yerleri



Şekil 8. Yüzer Döşeme Uygulama Prensipleri a) Akustik şilte uygulaması b) Elastik malzeme üzerine uygulama [6]

Mekanik hacmin üzerindeki mahalde, gürültüye karşı hassasiyet derecesine göre asma tavan uygulaması önerilmektedir. Uygulanacak detay gürültü spektrumuna göre değerlendirilmelidir. Yapılacak olan asma tavanın metal konstrüksiyonu esnek bağlantı elemanlarıyla tavana sabitlenmelidir. Duvar ile asma tavan birleşimi, Şekil 9' da gösterildiği gibi akustik bantlar üzerinden temas ettirilmelidir.[4]



Şekil 9. Esnek Askı Aparatıyla Asma Tavan Uygulaması

4.2. Duvar Yalıtımı

Mekanik hacimlerde bulunan cihazların belirlenmesinden sonra, ayırıcı duvar elemanlarının seçimi gürültü spektrumuna göre oluşturulmalıdır. Mekanik hacim içerisinde bulunan cihazların toplam ses gücü seviyesi hesaplanmalıdır. Detayı oluşturan yapı elemanının 1/3 oktav bant merkez frekanslardaki ses yalıtım değerlerine bakarak, gürültü spektrumuyla karşılaştırması yapılmalıdır.

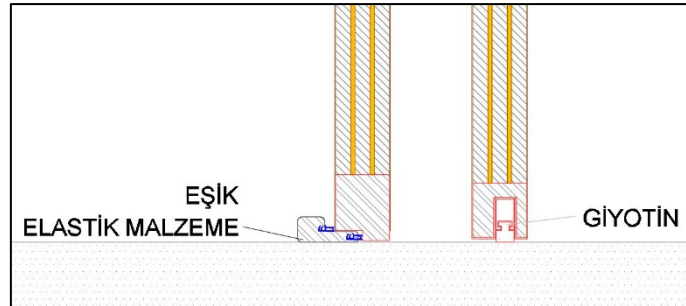
Yapı elemanlarının birbirleriyle temasında akustik bant ve yüksek yoğunluklu macun kullanımı önerilmektedir. Böylelikle ses köprüsü oluşumu ve sızdırmazlık önlemi alınabilir. Şekil 7' de örnek birleşim detayı gösterilmiştir. [6]

Kapı-Pencere

Mekanik hacimlerde kapı ve pencere genellikle yalıtımın en zayıf noktalarıdır. Gürültü kontrolünün önemli olduğu yerlerde, kapılar mümkün olduğu kadar ağır olmalıdır. Kapı çerçevesi contayla çevrili olması önerilir. Kapı altlarında zemin yapısına göre giyotin ya da fırça kullanılmalıdır. [3]

Pencereler mümkün olduğunca az yüzey alanına sahip olmalıdır. Tek katlı cam katmanı yerine, (kritik rezonans sebebiyle) farklı kalınlıklara sahip, boşluklu cam detayları tercih edilmelidir.[2]

Üzerinde kapı ya da pencere bulunan bölme elemanlarının ses azaltım performanslarını incelerken, kompozit yapı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.[2]



Şekil 10. Akustik Yalıtımı İyileştirilmiş Kapı Örnekleri

Menfez

Temiz hava ihtiyacı olan mekanik hacimlerde, hava açıklığı yaratmak için akustik menfez uygulaması yapılmalıdır. Belirli ses indirgemesi yapılsa bile gürültünün menfezden dışarıya iletimi olacaktır. Bu yüzden gürültüye karşı hassas olan bölgede akustik menfez çıkışı yapılmaması ya da yönünün değiştirilmesi gerekmektedir. Menfezin yapısı, akustik olarak geçirgen metal ve içerisi emici nitelikli malzeme kullanımı şeklinde olmalıdır. [3]



Şekil 11. Akustik Menfez Kesit Detayı

4.3. Reverberasyon Süresi Kontrolü

Komşu hacimleri ayıran bölücü duvarların performansını etkileyen faktörlerden biri de reverberasyon süresidir. Reverberasyon süresi, odanın hacmi ve toplam oda yutuculuğuna bağlı olarak değişmektedir. (Formül 1 ve 2) Mekanik hacimlerin reverberasyon süresinin artması, ayırıcı duvarın ihtiyaç duyulan ses yalıtım performansı ile doğru orantılıdır. (Formül 3) [8]

$$RT = \frac{0.161 \times V}{A} \quad (\text{Formül 1})$$

$$A = \alpha_n \times S_n \quad (\text{Formül 2})$$

- RT = Reverberasyon süresi, sn
V = Odanın hacmi, m^3
A = Toplam oda yutuculuğu, *Sabin*
 α = Her bir malzemenin ses yutuculuk katsayısı
S = Her bir malzemenin yüzey alanı, m^2

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} \text{ dB} \quad (\text{Formül 3})$$

- D_{nT} = Standardize edilmiş seviye farkı, dB
 L_1 = Kaynak odasındaki ses basınç düzeyi, dB
 L_2 = Alıcı odasındaki ses basınç düzeyi, dB
T = Alıcı odasındaki reverberasyon süresi, sn
 T_0 = Referans reverberasyon süresi, sn

4.4. Hava Kanallarında Gürültü Kontrolü

Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik tesisat gürültüleri için, sürekli gürültüye sahip servis ekipmanlarına bağlı izin verilen en yüksek iç gürültü düzeylerini, akustik performans sınıfına göre belirtmektedir. [2] Verilen sınır değerlere göre oluşabilecek havalandırma kanallarının ortaya çıkardığı gürültü seviyesini düşürmenin birçok yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları,

- Hava akım hızının düşürülmesi,
- Kanal içine yalıtım malzeme uygulaması,
- Kanal kesitinin en-boy oranında değişiklik yapılması,
- Dikdörtgen kanal kullanımı yerine, dairesel kanal kullanılması,
- Doksan derece dönüşlerden kaçınılması,
- Köşe dönüşlerinde yuvarlak dirsek ya da kanat kullanımı,
- Plenum kutusu kullanımı,
- Susturucu kullanımı,
- Damper kullanımından kaçınılması,
- Gürültülü hacimlerden geçen kanalların dışının, yalıtım malzemesiyle kaplanması,
- Alıcı odasında menfezin şaşırtmalı şekilde konumlandırılması,
- Alıcı odasının reverberasyon süresinin düşürülmesidir. [3]

5. SONUÇ

Bina ve tesislerde, mekanik tesisatlar ana gürültü kaynağıdır. Özellikle yaşam ve çalışma alanlarının akustik konforunun sağlanması için alınan tüm önlemlerin uygulanması titiz olmalıdır. Yukarıda gürültüyü oluşturabilecek konular ele alınmıştır. Her bir konuyla ilgili çözüm yöntemleri belirtilmiştir. Bu çözüm yöntemlerin değerlendirilmesinden sonra 22 maddelik bir liste ile mekanik tesisattan oluşabilecek gürültünün kontrol adımları oluşturulmuştur.

Oda Konumu için,

- 1- İklimlendirme ve havalandırma sistemi, mimari yapısal düzen ile birlikte tasarlanmalıdır.
- 2- Yapı içerisindeki gürültülü hacimler ve gürültüye karşı hassas hacimler, derecelendirilmelidir. Bölgesel olarak aynı tipteki hacimler bir arada bulunmalıdır.
- 3- Mekanik tesisat odaları, sessiz olan mahallerden uzağa konumlanmalıdır. Bina içerisindeki teknik hacme yerleştirilecek olan cihazlardan kaynaklı, katı ve hava doğuşlu gürültüler oluşabilir.
- 4- Teknik hacimler ile gürültüye karşı hassas olan hacimler arasında, depo odaları, kiler ve koridor gibi mahallerle tampon bölgeler oluşturulmalıdır.
- 5- Mekanik Hacimlerin kapıları, gürültüye karşı hassas olan mahallere açılmalıdır.
- 6- Bina dışına açılması planlanan kapı, pencere ve menfezler, çevresel gürültü oluşturmayacak şekilde konumlandırılmalıdır.

Katı Doğuşlu Gürültü ve Titreşim Kontrolü için,

- 7- Teknik hacimlerde mekanik cihazları, giriş ve kolon gibi bina taşıyıcı elemanlarından uzakta konumlandırılmalıdır.
- 8- Mekanik cihazlar, istenilen yalıtım değerine göre yay veya esnek malzemeyle birlikte döşemeye yerleştirilmelidir.
- 9- Motor ve fanla çalışan ekipmanlardaki en düşük doğal frekansın, binanın doğal frekansıyla çakışmayacak olmasına dikkat edilmelidir.
- 10- Mekanik ekipmanların yerleşimi, gerek duyulursa kaide üzerine olacak şekilde tasarlanmalıdır. Kaide tipinin belirlenmesinde ilgili seçim tablolarından yararlanılmalıdır.
- 11- Ekipmanları desteklemek-sabitlemek için kullanılan, cihazın giriş ve çıkışına en yakın 15 metredeki döşeme veya tavanla temasının esnek bağlantı elemanlarıyla yapılmalıdır.
- 12- Borulama yapılması gereken ekipmanlarda, esnek boru bağlantıları kullanılmalıdır.(Örn. pompa bağlantısı)



- 13- Havalandırma kanallarının cihazdan giriş ve çıkışlarında, cihaz titreşiminin kanallara iletimini kesmek için, branda kompensatör uygulanmalıdır.
- 14- Kanal-boru duvar döşeme geçişlerinde, bina strüktürüne direkt temasın kesilmesi sağlanmalıdır. Uygun esnek yapılı malzemeler kullanılarak geçiş detayını oluşturulmalıdır.

Hava Doğuşlu Gürültü için,

- 15- Cihazların oluşturacağı gürültünün spektrum karakteri, yalıtım yöntemi için değerlendirilmelidir. Mümkün olduğunca sessiz ekipmanların kullanılması tercih edilmelidir.
- 16- Mekanik hacim içerisinde oluşacak gürültünün, komşu hacimlere geçişi hesaplanmalıdır. Yapılacak olan hesapta, alıcı odasının iç ortam gürültü sınır değerine göre uygunluğu gösterilmelidir.
- 17- Duvar, tavan-döşeme tipi belirlenirken, gerekli hesaplar yapılmalıdır. İhtiyaca göre detaylar oluşturulmalıdır.
- 18- Yapı elemanlarının birbirleriyle direkt teması bulunmamalıdır. Duvar, tavan-döşeme bağlantıları, esnek ve yüksek yoğunluklu malzemeler (akustik bant, akustik macun) kullanılarak uygulanmalıdır.
- 19- Gürültü kaynağı olan mahallerde, açılan kapı ve pencereler belirlenmiş bir yalıtım değerine sahip olmalıdır.
- 20- Hacimde temiz hava ihtiyacını karşılamak için yapılacak açıklıklarda akustik menfez uygulaması kullanılmalıdır.
- 21- Teknik merkezdeki toplam gürültü seviyesinin kontrolünü sağlamak için, hacmin iç yüzeyinde ses yutucu nitelikli malzemeler kullanılmalıdır. Gerekecek malzeme miktarını belirlemek için reverberasyon süresi hesabının yapılması önerilmektedir.
- 22- Mekanik cihazlardan çıkan boru ve kanallar gürültü kontrolü altına alınmalıdır. Alınabilecek önlemler, 4.4 *Hava Kanallarında Gürültü Kontrolü* başlığı altında listelenmiştir. Mümkün olduğunca belirtilen önlemlerin alınması, gürültü seviyesinin düşürülmesini sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] *Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete: 27601, 2010*
- [2] *Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete: 30082, 2017*
- [3] *ASHRAE Handbook: Chapter 48 - Noise and Vibration Control, 2005*
- [4] *Ermann M., Architectural Acoustics Illustrated, John Wiley & Sons, New Jersey, 2015*
- [5] *Everest A. F., The Master Handbook of Acoustics 4th Edition, McGraw-Hill, USA, 2001*
- [6] *Vigran, T. E., Building Acoustics, Taylor & Francis Group, USA, 2008*
- [7] *TS EN ISO 717-1:2013, Akustik – Yapılarda ve Yapı elemanlarında Ses Yalıtımının Değerlendirilmesi – Bölüm 1: Hava ile Yayılan Sesin Yalıtımı*
- [8] *TS EN ISO 12354-1:2017, Yapı Akustiği – Yapıların Akustik Performansının Elemanlarının Performanslarının Hesaplanması – Bölüm 1: Odalar Arasında Hava ile Yayılan Sesin Yalıtımı*

ÖZGEÇMİŞ

Mert KAVAS

1991 yılı İzmir doğumludur. 2015 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. 2016 yılında Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü'ne katılmıştır. Tez konusu, akustik bilimi ve bina akustiğinde kullanılan ölçüm ekipmanları üzerine yapmaktadır. 2015 yılında akustik danışmanlık ve projelendirme firmasında makine mühendisi olarak çalışmaya başlamıştır. 2018 yılı sonunda vatani görevinden sonra, akustik projelendirme ve tasarım şirketi kurarak, çalışmalarına bireysel olarak devam etmektedir.