



TESİSATLARDA SES YALITIMI

Sound Insulation In Installations

Mehmet OKAY

ÖZET

Ses, titreşen bir kaynağın oluşturduğu dalgaların, hava basıncında oluşturduğu değişimlerdir. Yani sesin oluşumu için titreşen bir kaynak gereklidir.

Tesisat borularında, boru içerisindeki akışkanın hareketinden dolayı bir titreşimden, dolayısıyla gürültüden bahsedebiliriz. Boru içerisinde oluşan bu gürültü iki şekilde yayılmaktadır; boru cidarından ortama hava sesi olarak, boru bağlantıları aracılığıyla yapıya katı sesi(titreşim) olarak.

Bu bildiri de tesisatta oluşan bu gürültünün ve titreşimin yalıtımı için alınması gereken önlemler ve dikkat edilmesi gereken noktalar üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ses Yalıtımı, Titreşim Yalıtımı, Gürültü Kontrolü, Konfor

ABSTRACT

Sound is the change in the air pressure of the waves generated by a vibrating source. That is, a flickering source must be created for the formation of the sound.

In the installation pipes, due to the movement of the fluid in the pipe, we can talk about a vibration, and therefore noise. This noise in the pipe is spread in two ways; As the sound of air from the pipe wall to the environment, as the solid sound (vibration) to the structure through pipe connections.

In this paper, the precautions to be taken for the isolation of this noise and vibration in the installation will be emphasized.

Key Words: Sound Insulation, Vibration Isolation, Noise Control, Comfort

GİRİŞ

Artan dünya nüfusu, toplu yaşamayı zorunlu hale getirmiş ve insanlar konut yapılarında birlikte yaşamak durumunda kalmıştır. Bu sebeple insanların, komşularının oluşturduğu gürültüden rahatsız olmasıyla birlikte, yüksek katlı yapıların yaygınlaşmasıyla, yapılarda kullanılan elektromekanik cihazların kapasitesi artmakta ve dolayısıyla yapılarda kullanılan ekipman ve tesisatlardan kaynaklı gürültü ve titreşim problemi ortaya çıkmaktadır. Bu sebepler, bugün geldiğimiz noktada ses ve titreşim yalıtımının önemini artırmakta ve yalıtım konusu yönetmeliklerle de zorunlu hale getirilmektedir.

Ses

Ses, titreşen bir cismin her türlü ortamda (katı, sıvı, gaz) yaydığı mekanik enerjidir. Bu enerjinin, titreşimlere dönüşerek, kulak zarını titreştirmesi ve beyin tarafından algılanmasına ses duyulur. Sesin oluşumu için gerekli 3 faktör; titreşim yaratacak bir kaynak, kaynağı titreştirecek bir enerji ve kaynaktan oluşan titreşimi dalgalar halinde iletecek esnek bir ortam.

Sesin Yayılma Hızı

$$C = \sqrt{E/\rho} \quad [1] \quad (\text{Denklem 1})$$

↓ C: Sesin yayılma hızı (m/sn)

↓ E: Ortamın elastisite modülü

↑ ρ: Ortamın Özgül Ağırlığı

Ortam	Sesin yayılma hızı (m/sn)
Hava (20°C)	345
Su (20°C)	1007
Alüminyum	6374
Çelik	5960
Tuğla	3000
Beton	3400
Ahşap	1000-4000
Lastik	1600
Cam	5500
Mantar	500

Şekil 1: Sesin Farklı Ortamlarda Yayılma Hızı [1]

Frekans

Ses dalgasının bir saniyedeki titreşim sayısıdır. Birimi Hertz (Hz)'dir. İnsanlar 20 Hz ile 20.000 Hz frekansları arasında işitebilir.

- Makine gürültüsünde 50 Hz – 10.000 Hz
- Hacim akustiğinde 63 Hz – 8.000 Hz
- Yapı Akustiğinde 63 Hz – 3150 Hz

Frekans değişimi, kulakta sesin kalınlaşması ve incelmeleri olarak algılanır.

- 20 Hz – 63 Hz Çok Kalın Sesler
- 63 Hz – 400 Hz Kalın Sesler
- 400 Hz – 1600 Hz Orta Kalın Sesler
- 1600 Hz – 3150 Hz İnce Sesler
- 3150 Hz – 20.000 Hz Çok İnce Sesler

Ses Basınç Seviyesi

Ortamdaki moleküllerin titreşmesiyle oluşan dalgalar, ortamın denge basıncında değişimler meydana getirir. Bu değişim 20 Pa ile 0,00002 Pa arasındadır. Ses, bu basınç değişimleri sayesinde algılanır.

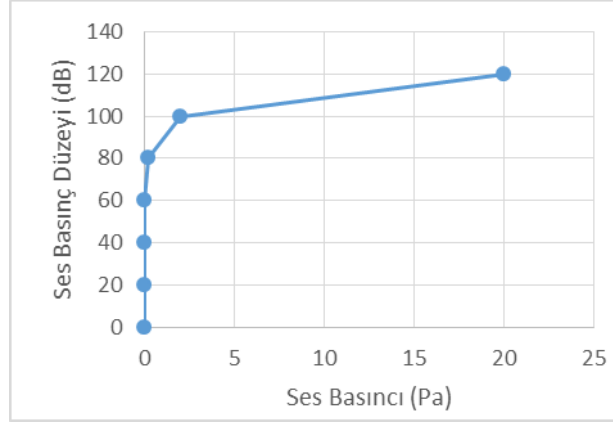
Ortamda oluşan bu basınç değişimlerinin maksimum ve minimum seviyeleri arasındaki farkın fazla olması hesaplamada da zorluklar çıkarmaktadır. Bu sebeple basınç değişimleri logaritmik tabanda yazılmış ve desibell birimi ortaya çıkmıştır.

$$dB = 10 * \log\left(\frac{P^2}{P_0^2}\right) \quad [1] \quad (\text{Denklem 2})$$

dB= Ses Basınç Seviyesi (dB)

P= Ses Basıncı (Pa)

P₀= Referans Ses Basıncı (0,00002 Pa)



Grafik 1. dB ve Pa Cinsinden Ses Basıncı Düzeyleri Arasındaki İlişki

Frekans Bandı

Her bir frekanstaki sesin karakteristiği birbirinden farklıdır. Bu sebeple farklı frekanstaki ses seviyeleri ayrı ayrı incelenmelidir. Ancak 20 Hz ile 20.000 Hz arasında 19980 farklı frekansın olmasından dolayı bu inceleme pek mümkün değildir.

Daha önce de bahsedildiği gibi yapı akustiğinden 63 Hz ile 3150 Hz frekansları arasında inceleme yapmamız yeterli olmaktadır. İnceleme yaparken her bir frekansı ayrı ayrı incelemektense 1/3 oktav bantları geliştirilmiştir.

Frekans (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Oktav Bandı (Hz)	63			125			250			500			1000			2000			4000		

Örneğin; 63 Hz bandını oluşturan 50, 63 ve 80 Hz frekanslarının birbiri ile aynı veya benzer olduğu kabul edilir. Yukarıdaki incelemeye göre yapı akustiğinde yukarıda belirtilen 7 oktav bandında inceleme yapılır.

Ses Seviyesinin Tek Bir Sayı Olarak İfade Edilmesi

Ölçülen ses seviyesi, insan kulağının hassas olduğu frekanslarda A-Ağırlıklı eğriye göre düzeltildikten sonra ses seviyelerini her frekansta incelemenin ve ifade etmenin zorluğundan dolayı tek bir sayı ile ifade edilmesi ihtiyacı doğmuştur.

Oktav Bant Orta Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ses Seviyesi (dB)	66	71	61	60	75	82	80	87
A-Ağırlıklı Düzeltme Faktörleri (dB)	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
Ses Seviyesi (dBA)	39,8	54,9	52,4	56,8	75	83,2	81	85,9

$$Leq = 10 * \log(\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}) \quad (\text{Denklem 4})$$

$$Leq = 88,8 \text{ dBA}$$

Sesin Doğması

Ses, temel olarak düşünüldüğünde bir titreşimdir. Titreşen bir kaynağın ortamın denge basıncında meydana getirdiği basınç değişimlerinin kulak zarında algılanmasıyla oluşur.

Oluşan bu titreşimleri iki ortamda ayrı ayrı incelemek gerekmektedir; hava ve katı. Hava, kaynaktan oluşan titreşimi iletme eğilimindedir; konuştuğumuzda titreşim kaynağı hava değil, ses tellerimizdir. Hava sadece bu titreşimlerin kulağımıza ulaşmasında aracıdır. Ancak katılarda titreşim kaynağı bizzat katının kendisidir.

Hava Doğuşlu Sesler

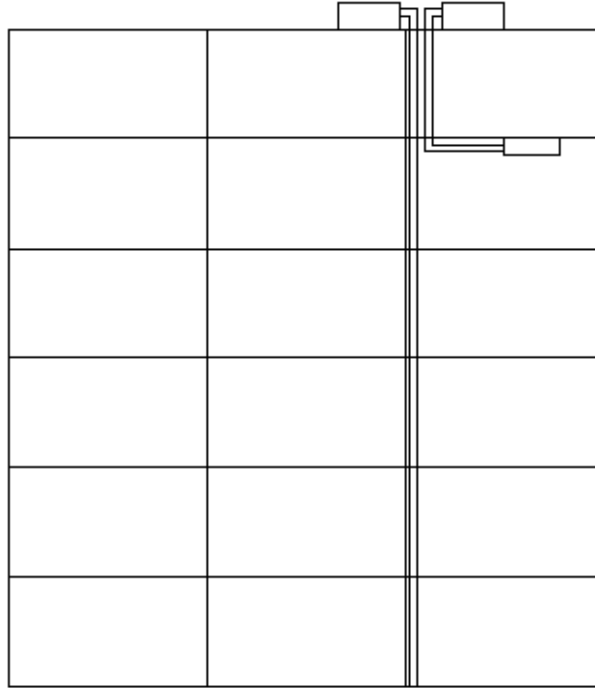
Kaynağın titreşimleri havaya özellikle havaya geçiyor ve havada yayılıyorsa bu sesler hava doğuşlu ses olarak adlandırılır. Konuşma sesi, televizyon sesi ...vb.

Katı Doğuşlu Sesler

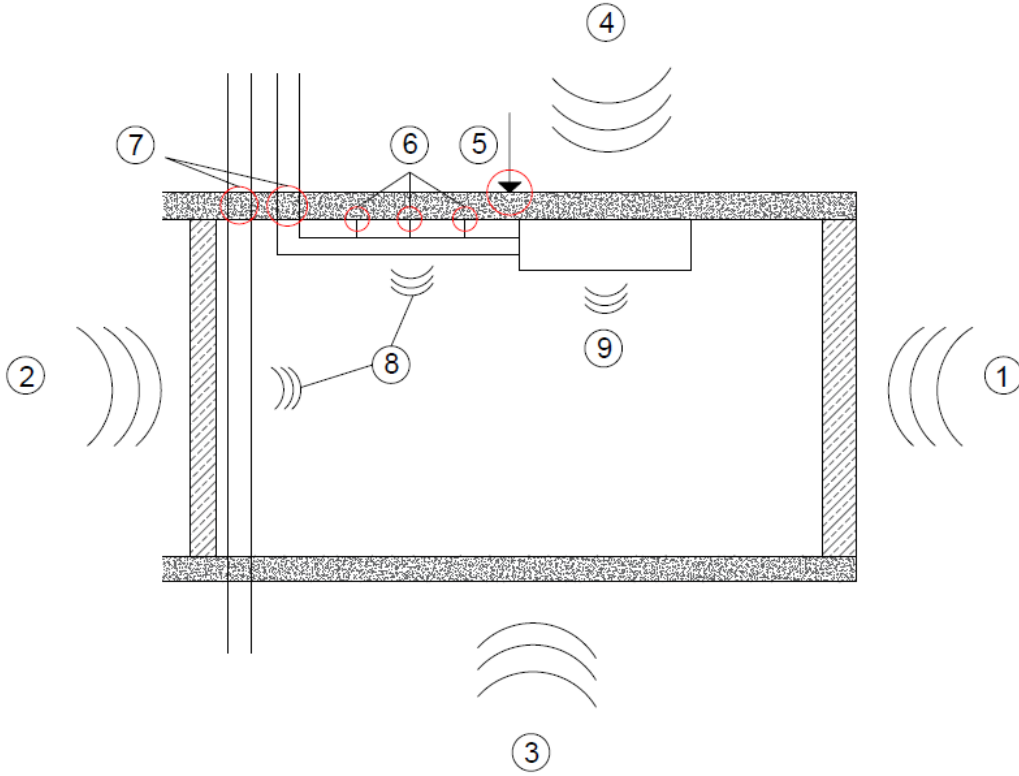
Titreşim kaynağı bizzat katı olan ve bu katıda yayılan sesler katı doğuşlu seslerdir. Topuk sesi, ekipmanın yapıya aktardığı titreşimvb.

Gürültü Kaynakları

Bir bina yapısında birden çok gürültü kaynağı vardır. Aşağıdaki şekilde temsili olarak bir bina ve ele alınacak bir odanın bina içerisindeki konumu, odaya hizmet eden tesisatların temsili çizimleri görülebilir.



Şekil 2. Bina ve Odaya Hizmet Eden Tesisatların Temsili Çizimi



Şekil 3: Bir Oda İçerisindeki Temsili Gürültü Kaynakları [3]

Yukarıdaki çizimden de görüldüğü üzere yapıdaki bir mahal içerisinde birçok gürültü kaynağı vardır.

Bunlar; [3]

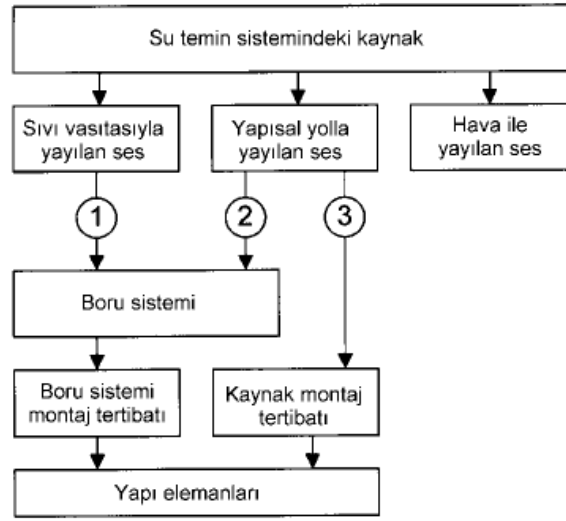
- 1) Dış ortam gürültüsü
- 2) Yan komşunun hava doğuşlu sesi (televizyon sesi, konuşma sesi ...vb.)
Not: Yan komşunun darbe sesi de oda içerisindeki gürültü seviyesini etkiler
- 3) Alt komşunun hava doğuşlu sesi
- 4) Üst komşunun hava doğuşlu sesi
- 5) Üst komşunun darbe sesi (yürüme,, koşma ...vb.)
- 6) Oda içerisindeki asılı ekipman ve tesisatların yapı elemanı bağlantıları (titreşim)
- 7) Odadan odaya tesisat geçişi için bırakılan boşluklar
- 8) Oda içerisinden geçen tesisat içerisindeki akışkanın hızından dolayı, tesisat çeperlerinden ortama geçen gürültü
- 9) Oda içerisinde yer alan cihazların gürültüsü
- 10) Ana elektromekanik cihazın yapıya aktarılan titreşimi, yapı elemanının titreşimi vasıtasıyla ortama gürültü olarak aktarılır.

Akustik konforun sağlanabilmesi için yukarıda belirtilen gürültü kaynaklarının her biri ayrı ayrı değerlendirilerek gerekli önlemler alınmalıdır.

Tesisatlarda Ses Yalıtımı

Tesisatlarda üç temel sebepten gürültü oluşur;

- Ana ekipmandaki titreşim tesisata aktarılır. Bu titreşim, tesisat ile yapı elemanı arasındaki bağlantı vasıtasıyla yapı elemanına aktarılır, bu da ortama gürültü olarak yansır.
- Tesisat içerisinden geçen akışkan vasıtasıyla ekipmanın gürültüsü tesisatta içerisinde taşınır.
- Tesisat içinden geçen akışkanın cidar ile temasından dolayı gürültü oluşur.



Şekil 4: Şematik Su Temin Sistemi [3]

Ana Ekipmandaki Titreşim

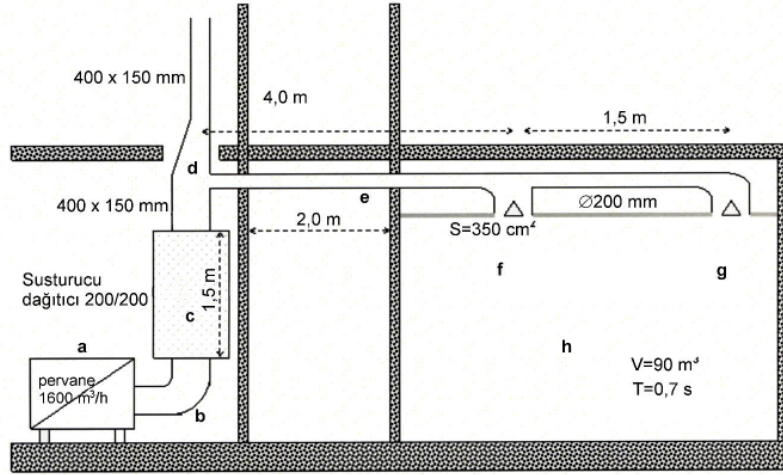
Tesisatlar (havalandırma, pis su, temiz su...vb.) yapı içerisinde bir akışkanın taşınmasını sağlamak için ihtiyacı olan enerjiyi bağlı olduğu ekipmandan alır. Ekipmanlar, içerisinde kullanılan ve özellikle dönen parçaların düzensizliğinden dolayı bir titreşim oluşturur. Bu titreşim, tesisatın, ekipmana rijit bağlanması durumunda tesisata, buradan da yapıya aktarılır. Aktarılan titreşimin iletileceği mesafe, oluşan titreşimin baskın frekansına, kullanılan ekipmana, ekipman ile tesisat arasında bağlantıya, tesisatın yapı malzemesine ve tesisat ile yapı elemanı arasındaki bağlantıya bağlı olarak değişmektedir.

Ana Ekipmanın Gürültüsü

Özellikle havalandırma tesisatı gibi emiş ve atış yapan tesisatlarda, ana ekipmanın çalışırken oluşturduğu gürültü, emiş ve atış yapılan kanallar vasıtasıyla diğer mahallere taşınmaktadır. Bu gürültünün tesisatın ulaştığı mahalde oluşturacağı rahatsızlık, gürültünün seviyesine, gürültünün baskın frekansına, tesisatın uzunluğuna, tesisatın çeperlerini oluşturan yapı malzemesine, tesisatın yol boyunca yaptığı dönüşlere ve tesisat içerisindeki akışkana bağlıdır. Gürültü kaynağından yayılan ses dalgaları ile akışkanın akış yönü aynı ise ses daha uzun yol kat edebilirken, ses dalgaları ile akışkanın akış yönünün zıt olduğu durumlarda ses, görece kısa mesafede sönümlenir. Ayrıca tesisat, bir mahalden diğer bir mahalle geçerken, mahallerin içindeki gürültüyü de bir diğerine tesisat çeperi ve akışkan vasıtasıyla taşımaktadır.

Akışkanın Oluşturduğu Gürültü

Akışkan belli bir hız ile tesisat içerisinde hareket ederken, tesisat çeperlerine temas etmektedir. Bu temas, tesisatta titreşime neden olur. Bu titreşimin oluşturacağı rahatsızlık, tesisat içerisindeki akışkanın cinsine, akışkanın hızına, tesisat çeperlerini oluşturan yapı malzemesine, tesisattaki dönüşlere ve dirseklere bağlıdır. Havalandırma kanalları için odaya açılan menfez alanları da mahaldeki gürültü seviyesini etkiler.



Şekil 5: Örnek Bir Havalandırma Tesisatı [3]

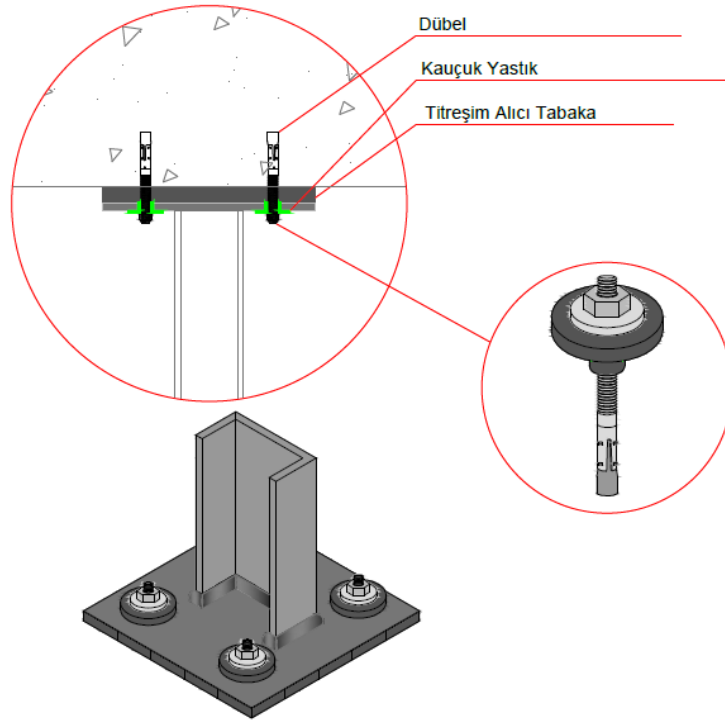
SONUÇ

Tesisatlarda ses yalıtımı sağlanması için bilinmesi ve tahmini gürültü seviyesinin belirlenebilmesi için hesaba katılması gerekenler değişkenler; [3]

- Ana ekipmanın frekans bandında gürültü seviyesi
- Ana ekipmandaki titreşimin frekansı
- Ana ekipman ile tesisatın bağlantısı vasıtasıyla oluşan titreşim aktarımı
- Tesisatın yapı malzemesi (malzeme özellikleri, kalınlık, doğal titreşim frekansı ...vb.)
- Tesisat içerisindeki akışkanın cinsi (viskozite, yüzeydeki sürtünme, Reynolds sayısı ...vb.)
- Akışkanın akış hızı ve yönü
- Tesisatın uzunluğu
- Tesisattaki dönüşler, dirsekler
- Varsa tesisattaki menfezlerin alanları
- Tesisat ile yapı elemanı arasındaki tüm bağlantılar
- Yapı elemanı ile bağlantının tij ile yapıldığı durumda, tij boyu, tij kalınlığı
- Tesisatın bağlandığı yapı elemanının kalınlığı, yoğunluğu, doğal titreşim frekansı

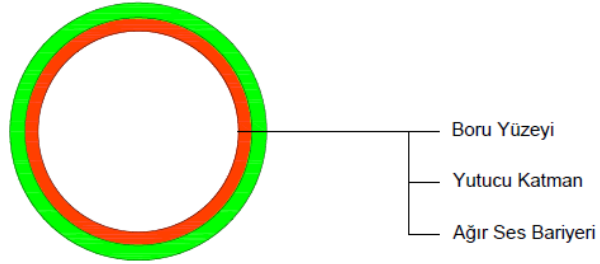
Yalıtım için alınması gereken önlemler; [4]

- Ekipman ile tesisat arasındaki bağlantı esnek yapılmalı
- Yapılabiliyorsa ekipmanın önüne susturucu yerleştirilmeli
- Tesisat içerisindeki akışkan hızı minimum seviyelerde tutulmaya çalışılmalı
- Tesisatın dirsek yaptığı yerlerde akışkanın cidarda oluşturacağı darbeyi absorbe edecek malzemeler kullanılmalı
- Tesisat ile yapı elemanı arasındaki bağlantılar esnek yapılmalı



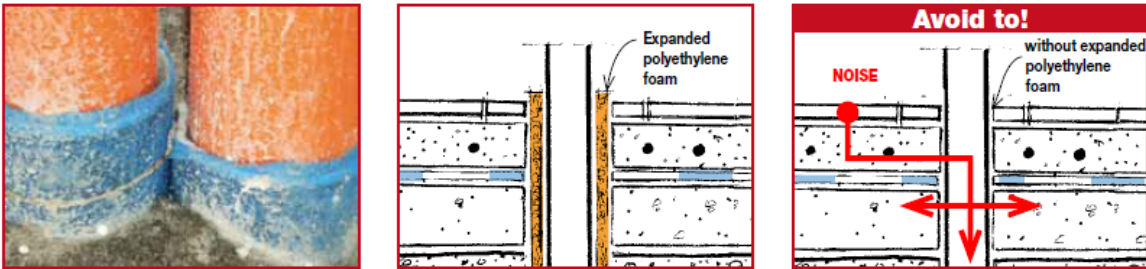
Şekil 6: Tesisatların Yapı Elemanına Örnek Bağlantı Detayı

- Tesisat bir şaft içerisinden geçiyorsa, şaftı çevreleyen duvarların yeterli ses kesme seviyesine sahip olmalı. Elde edilmesi gereken sınır değerler “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik” te verilmiştir.
- Tesisat, açık ortamdaki geçiyorsa, özellikle hassas mahallerde, tesisatın etrafı ses yutucu (gözenekli) ve ses kesici (ağır) malzemeler birlikte kullanılarak sesin ortama aktarılması engellenmelidir.



Şekil 8: Borularda Ses Yalıtımı

- Tesisatın yapı elemanı içerisinden geçtiği durumlarda, tesisat ile yapı elemanının bağlantısı kesilmelidir.



Şekil 7: Tesisatın Yapı Elemanı İle Temasının Engellenmesi [4]



KAYNAKLAR

- [1] AKDAĞ, N., Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Ders Notları
- [2] TS EN ISO 12354-5:2010: Yapı akustiği - Yapıların akustik performansının elemanların performanslarından hesaplanması - Bölüm 5: Hizmet donanımlarından kaynaklanan ses seviyeleri
- [3] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2017). Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik
- [4] INDEX S.P.A, (2010), Acoustic and Thermal Insulation for Buildings

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet OKAY

1992 İstanbul doğumludur. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2016 yılında mezun olmuştur. 2016 yılından bu yana DKM Proje ve İnşaat A.Ş.'de Proje ve Satış Mühendisi pozisyonunda, ses yalıtımı ve titreşim yalıtımı alanında çalışmaktadır.