

YÜKSEK BİNALARDA MEKANİK SİSTEM GÜRÜLTÜSÜ VE TİTREŞİM*

* Bu yazı İTÜ Yüksek Binalar Sempozyumu (1992) kitabından alınmıştır. Hazırlayan: Doç. Dr. Sevtap Yılmaz Demirkale, Arş. Gör. Nurgün Tamer

GİRİŞ

Özellikle yüksek yapılarda mekanik sistemlerin çok geniş kullanımıyla birlikte ortaya gürültü ve titreşim kontrolü ile ilgili birçok problem çıkmıştır. En önemli problemlerin başında da bu sistemlerin hizmet ettikleri servislere ya da etraflarındaki mekanlara yaydıkları titreşim sorunu gelmektedir. Ayrıca bu sistemlerin boyutlarının artması ile birlikte çok daha mekanik güce ve sürata ihtiyaç duyulması nedeniyle gürültü ve titreşim de arttığı için, problem daha da karmaşık bir hal almaktadır. Mekanik ekipman merkezleri yakınlarındaki mekanlarda yeterli gürültü azaltımını sağlamak için mekanik gürültünün iletim yollarını incelemek gerekir.

1- MEKANİK GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI

Başlıca mekanik gürültü kaynakları şunlardır:

- Fanlar
- Kompresörler
- Soğutma kuleleri
- Pompalar
- Kondensatörler
- Buharlaştırıcılar

• Fanlar: Bir vanülasyon sisteminde motor ve fan gürültüsü en baskın olan gürültü kaynaklarıdır. Fanlar genel olarak santrifüj ve aksel olarak ikiye ayrılırlar ve bu ayrım üretilen gürültünün frekans spektrumu üzerinde son derece etkili olur. Fanların gürültüsü saf tonlardan ve sürekli spektrumlardan oluşur. Sürekli spektrum saf ton seslerden daha önemlidir ve sesin frekans özelliğinin bilinmesi doğru fanın seçiminde ve iyi bir sistem tasarlamada büyük önem taşır. Fanlar 80 dB (düşük frekanslarda) ile 60 dB (yüksek frekanslarda) arasında gürültü üretirler. Bu nedenle iyi bir önlem alınmazsa çok büyük rahatsızlığa neden olabilirler (İrvvin, Graf, 1979).

- Kompresörler:

3 tip kompresör, vardır.

1) Piston şeklinde bir düzlem içinde ileri geri hareket ederek çalışan

2) Havayı içine çekerek çalışan

3) Santrifüj kuvvetiyle çalışan tip kompresörler. Santrifüj kuvvetiyle çalışan tiptekiler en az gürültü ve titreşim üretenlerdir ancak çok daha pahalıdır. Kompresörler düşük frekanslarda 85 dB, yüksek frekanslarda 70 dB'lik bir gürültü üretirler ve bu değer kesinlikle önlem alınması gereken bir değerdir.

• Soğutma Kuleleri: Bir basınç altındaki soğutucudan yayılan ısı nedeniyle ılık hale gelen suyu soğutmak amacıyla yapılmıştır. Soğutma kuleleri çok büyük ve gürültülü olduklarından etraflarına verdikleri rahatsızlığın değerlendirilmesi, yaydıkları gürültü cinsinden yapılır. (Rettinger, 1973).

• Pompalar: Pompalarda başlıca iki gürültü kaynağı vardır. Hidrolik gürültü kaynakları ve mekanik gürültü kaynakları. Basınç dalgalanması hidrolik gürültünün temel nedenidir. Pompalar 3000 Hz'in üstünde geniş frekans bantlı gürültü yaratırlar. Ayrıca ana pompalama frekansı olarak adlandırılan frekansta ve onun harmoniklerinde saf ton sesler yayırlar.

• Kondensatörler: Kondensatörler ısı değiştiricilerdir ve yüksek etkinlikte çalışabilmeleri için en geniş yüzeylerinin havadan etkilenmesi gereklidir. Bu nedenle iyi yerleştirilemezler ve gürültü üretirler.

• Buharlaştırıcılar: Bu birimlerden yayılan gürültü, kılcal damarlardan geçen ve yüksek seviyede mırıltı, fısıltı üreten sıvı gazlar nedeniyle oluşur (Rettinger, 1973).

2- MEKANİK KAYNAKLAR NEDENİYLE OLUŞAN GÜRÜLTÜ VE TİTREŞİMİN YAYILMA

YOLLARI

Mekanik kaynaklar nedeniyle oluşan titreşim ve gürültü önlem alınmadığı takdirde, bu mekanlarda yaşayan insanları rahatsız edebilecek boyutlara ulaşabilmektedir. Binalarda katı ortamlar yoluyla iletilen titreşimin başlıca etkileri şöyle özetlenebilir;

- 1- Binaya hasar verir.
- 2- Binada yaşayanlara sıkıntı, rahatsızlık verir.
- 3- Eğer titreşim etkisi işitilebilir seviyedeysse gürültü ye neden olur. (Doelle, 1972).

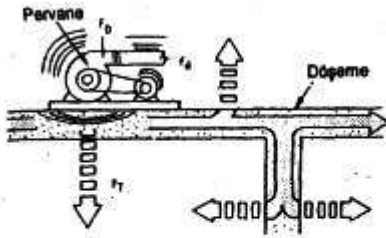
2.2. Gürültü Sorunu

Gürültü bina içerisinde başlıca iki şekilde yayılır:

- Hava doğuşumlu ve
- Strüktür doğuşumlu olmak üzere.

Ayrıca vanülasyon sistemleri bünyesinde bulunan kanallar nedeniyle üretilen kanal doğuşumlu gürültü de özellikle yüksek yapılarda önlem alınması gereken önemli bir gürültü şeklidir.

- Hava Doğuşumlu Gürültü: Bu tür gürültünün oluşumu ses kaynağının yor aklığı ortam ile alıcı ortamı ayıran bölücü ortam yoluyla gerçekleşir. Havadaki ses dalgaları bölücü elemana çarparak, elemanın titreşimi sonucunda kaynak ortamından alıcı ortama geçer ve bir miktar gürültünün de iletimine neden olur.
- Strüktür Doğuşumlu Gürültü: Bir ekipman gürültüsünün katı ortam vasıtasıyla yayılması şeklinde tanımlanabilir. Bu şekilde ortaya çıkan seslerin gürültü düzeyleri alışılmış kaynaklarından daha fazladır. Bundan dolayı titreşim, strüktür boyunca çok küçük bir azalma ile binanın en uzak noktalarına kadar iletilir. Şekil 1'de bu tip gürültüye bir örnek verilmektedir.



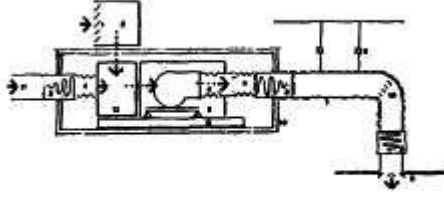
Şekil 1. Bir motordan yayılan gürültünün strüktür boyunca iletilmesi

- Kanal Doğuşumlu Gürültü: Müzik dinlenen veya konuşma yapılan mekanlarda vantilasyon gürültüsünün parazit yaparak konuşmanın anlaşılabilirliğini ve müziğin kulağa hoş gelmesini engellemesini önlemek için havalandırma ve klima sistemlerinin oluşturduğu gürültü seviyesinin, istenen arka plan gürültüsü değerinin 5-15 dB altında olması gerekir.

Vantilasyon sistemlerinde temel olarak 4 tip gürültü vardır.

- 1- Kanal boyunca ve kanalın yanlarından diğer mekanlara iletilen fanların gürültüsü,
- 2- Kanal içindeki hava hızının çok yüksek olmasından dolayı oluşan hava akımı gürültüsü,
- 3- Fanlar nedeniyle oluşan ve kanal boyunca iletilen mekanik titreşimlerin oluşturduğu gürültü.
- 4- Bir odadan diğerine kanallar boyunca iletilen gürültü. Bu tür gürültüye çapraz iletim (cross transmission) adı verilir. (Anon, 1976)

Aşağıdaki şekilde bir vantilasyon sistemindeki başlıca gürültü kaynakları gösterilmektedir.



- 1) Taze hava girişı
- 2) Plenum chamber
- 3) Susturucular
- 4) Esnek bağlantılar
- 5) Fan chamber
- 6) Ataletli döşeme
- 7) Çift katlı kanal
- 8) Esnek kanal askıları
- 9) Aerodinamik hava ızgaraları
- 10) Kanal dirsekleri
- 11) Dönüş havası
- 12) Mixing chamber
- 13) Plant room

Şekil 2. Bir ventilasyon sistemindeki gürültü kaynakları ve alınan önlemler.

3- MEKANİK GÜRÜLTÜNÜN DENETİM ALTINA ALINMASI İÇİN KRİTERLER

• Arka Plan Gürültüsü Düzeyi (PNC) Bu kriter mekanların uygun arka plan gürültü düzeylerinin belirlenmesinde tek bir ortalama yerine 8 oktav bantta kabul edilebilir en yüksek gürültü düzeyi sınırlarını vermektedir. Tablo 1'de yüksek yapılar bünyesinde bulunabilecek çeşitli fonksiyonlarda havalandırma sistemlerinden üretilen gürültüler için kabul edilebilecek arka plan gürültü düzeyleri verilmektedir.

BÜROLAR	NC-PNC	YEREL BİNALAR	NC-PNC
Açık bürolar	35-40	Kütüphaneler, mahkemeler	30-40
Çizim odaları	35-40	Müzeler, bankalar vb.	-
Bilgisayar odaları	40-50		
Özel bürolar	30-35		
Konferans odaları	25-35		
OTELLER	NC-PNC	SPOR ALANLARI	NC-PNC
Odalar	30-35	Jimnastik salonları	30-40
Yemek yemen alanlar	30-35	Bowling salonları	35-40
Mutfak ve çamaşırhane	40-50	Yüzme havuzları	40-50
Lobiler	35-40		

Tablo 1. PNC Kriter Değerleri

En alt gürültü kriter değeri (NC) rahatsız edici gürültünün düzeyi düşükse ve iyi yalıtım uygulanmışsa, en üst kriter değeri de, diğer kaynaklardan gelen gürültü düzeyi çok yüksekse kullanılır (Ventilasyon sisteminin gürültüsünün sabit ve belli bir frekans spektrumuna sahip olduğu kabul edilmektedir.). PNC değerleri, 125, 250, 500, ve 1000 Hz iz merkez frekanslarında NC değerlerinden yaklaşık 1 dB daha düşüktür. 63 Hz ile yüksek bantlarda izin verilebilir düzeyler de 4-5 dB daha düşük olmaktadır.

En düşük yalıtım verimliliği değerinin ne olması ile ilgili kesin bir kriter olmamasına rağmen statik sapma ve titreşim genliği açısından olabilecek en büyük yalıtım verimliliğini sağlayacak yalıtkan seçilmelidir. (Crocker, Kessler, 1982).

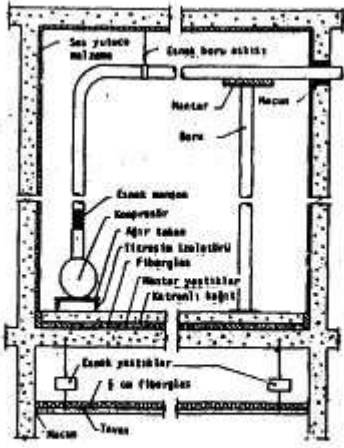
4. MEKANİK GÜRÜLTÜNÜN DENETİM ALTINA ALINMASI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Bölüm 2'de belirtilen mekanik gürültü kaynaklarının yaydıkları gürültü düzeylerinin istenen değere getirilmesi için aşağıda verilecek önlemler göz önüne alınmalıdır.

- Yüzer döşeme yapmak

- Asma tavan yapmak
- Kesintili inşaat yapmak
- Susturucu kullanmak
- Diğer çözüm önerileri

Şekil 3'de bir mekanik ekipman odasında alınabilecek önlemler şematik olarak gösterilmektedir. (Rettinger, 1973).



Şekil 3. Mekanik ekipman odasındaki yalıtım türleri

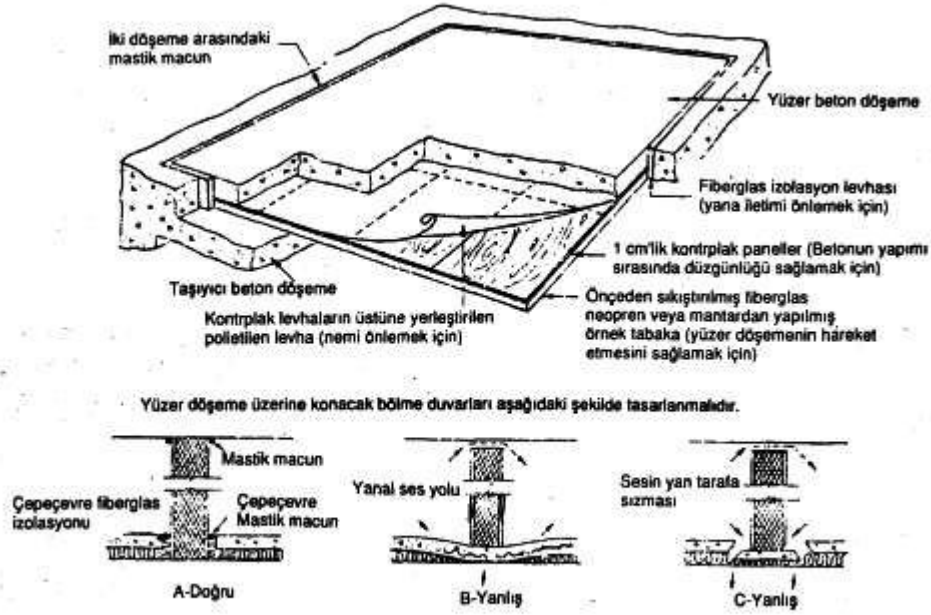
4.1. Yüzer Döşemeler

Hava, strüktür ve kanal doğuşumlu gürültü ile mekanik ekipmanların yarattığı titreşime karşı oldukça etkili bir yalıtım türü olan yüzer döşemeler için temel prensip eğilme rijitliği fazla olan bir tabakamın (şapın) yumuşak esnek bir tabaka (mantar levha, cam yünü, odun yünü gibi) üstüne yerleştirilmesidir. Yüzer döşemeler sürekli esnek tabaka, esnek askılar veya ayaklar ile desteklenmelidir. Yüzer beton döşeme en az 7,5 cm. esnek tabaka ise yeterli kalınlıkta olmalıdır. Yalıtımın etki derecesi özellikle bu iki tabakanın kalınlığına bağlıdır. (Demirkale, 1992)

- Betonarme yüzer döşemeler, betonarme döşemenin döküleceği kontraplak, ahşap veya çelik kalıpların üzerine yumuşak yastıklar serilerek yapılmalıdır.

Tahta veya başka pürüzlü malzemeler kullanıldığında, su ve nem geçişini önlemek için katranlı bir plastik veya kağıt tabaka yerleştirilmelidir.

- Yüzer döşeme ile duvarlar arasındaki iletimi önlemek için mantar şeritlerle veya fiberglas malzemelerle döşemenin çevresi kaplanmalıdır. Beton döküldükten sonra bileşim yerleri katran, polysülfat veya polybütan ile tıkanabilir.
- Yüzer döşemenin ağırlığı taşıyacağı makinanın ağırlığından daha az olmamalıdır, tercihen birkaç kat fazla olmalıdır. Böylece salınımın genliği etkili bir şekilde azaltılabilir.
- Tavan ve duvar konstrüksiyonu, ses geçiş kaybı oldukça yüksek elemanlardan seçilmelidir. (Örn. betonarme blok duvarlar ya da ayrı ayrı yapılip arasına 2.5 cm kalınlığında ses yutucu malzeme konulmuş duvarlar).
- Titreşim yapan boruları döşemenin üstüne bağlanmış yumuşak bir yatak üzerine koymak ya da esnek bir şekilde tavana asmak gerekir (Rettinger, 1973)



Şekil 4: Tipik bir yüzer döşeme detayı

Şekil 4'de tipik bir yüzer döşeme detayı görülmektedir. Yüzer döşemenin özellikle titreşimi önlemede kullanılabilmesi için esnek ayaklarla veya yastıklarla strüktürel döşemeden ayrılması çok önem taşımaktadır. Kullanılan elastik malzemeler 3'e ayrılır.

- Çelik yaylar
- Elastomerler (lastik, neopren)
- Mantarlar
- Çelik yaylar: Genellikle ağır bir yük taşınması gerektiğinde kullanılırlar ve / veya 5 cm'den daha büyük bir statik sapma (yani 2 Hz'lik bir doğal frekans) sağlamaları gereklidir. Çelik yaylar yapısında bir miktar sönümleyici etkiye sahiptir ve kendi rezonans frekansları işitme sınırları içinde kaldığından elastik ve lifli malzemelerden oluşan yastıklarla birlikte kullanılmalıdır. (Özer, 1979).
- Elastomerler: Lastik ya da neopren titreşim yalıtkanları, çok değişik şekillerde bulunurlar, hafif dayanıklı ve ucuzdurlar. Lastik ya da neopren yalıtkanın sertliği boyutlarına ve şekline, yüzeye nasıl uygulandığına, frekansa, yükün büyüklüğüne ve elastisite modülüne bağlıdır. (Harris, 1979). Elastomerler birçok şekilde kullanılabilirler: Ayak altlığı; olarak kullanılan yüksek kaliteli ve kaymaz. Yükleme sınırları 25.000 kg ve statik sapmaları 0.3 cm kadardır. Keçe yastıklı tabanlar; genellikle makina ayağının yastıktan daha küçük olduğu durumlarda kullanılırlar.
- Mantarlar: Yüksek frekanslı seslerin sönümlenmesinde mükemmel bir yalıtım malzemesidir. Yalıtım mantarı makinalardan yayılan gövdesel ses ve titreşimleri kabul edilebilir bir seviyeye indirir ve bir araya geçmesini önler. (Özer, 1979).

4.2. Asma Tavanlar

Her üç türdeki sese karşı gürültüyü yalıtıcı etkiye sahiptirler. Bu yalıtım asma tavanın ağırlığına ve tavanın strüktürlerle temasında esneklik derecesine bağlıdır. Asma tavanların etkilerini artırmak için dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda belirtilmiştir.

- Tavan katmanı 25 kg/m²'den daha hafif olmamalıdır. Tavan kaplaması üzerindeki hava boşluğunda yutucu bir malzeme kullanılması halinde bu ağırlık azaltılabilir.
- Asma tavan fazla rijit olmamalıdır.
- Sesin direkt olarak geçebileceği yollar katı ve hava geçirmez bir katman kullanılarak engellenmelidir.

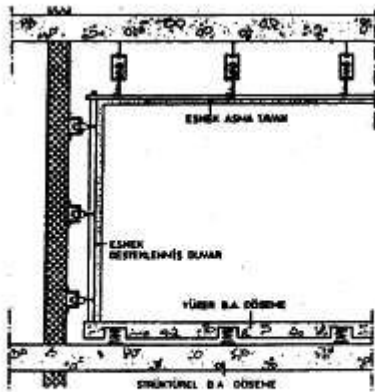
- Asılma noktalarının sayısı en aza indirilmelidir. Elastik askı malzemelerinin kullanılması tercih edilir. Şekil 5'de bir asma tavan detayı görülmektedir. (Doelle, 1972).



Şekil 5. Bir asma tavan detayı

4.3. Kesintili İnşaat Yapmak

Eğer daha önce bahsedilen üç tip gürültüye karşı odada ya da binanın bir bölümünde çok iyi bir yalıtım gerekiyorsa, daha önce bahsedilen tüm önlemlerin çoğunu içeren ve ara strüktürden tamamen kopuk ikinci bir kabuktan oluşan sistemler yapılabilir. Kesintili inşaat adı verilen bu sistem Şekil 6'da görülmektedir. Bu tür bir sistemde strüktürel döşemeye esnek olarak bağlanmış yüzer döşeme ve taşıyıcı duvarlara esnek olarak bağlanan duvarlar ile esnek asılmış asma tavanlar gürültülü ortamı çevreleyen bir kabuk oluşturarak son derece iyi bir yalıtım sağlarlar (Doelle, 1972).



Şekil 6. Birbirine esnek yaylarla bağlanmış çift kabuk sistemi

4.4. Susturucuların Kullanımı

Kanal doğuşumlu gürültülerin yalıtılmasında kullanılan susturucular ikiye ayrılır:

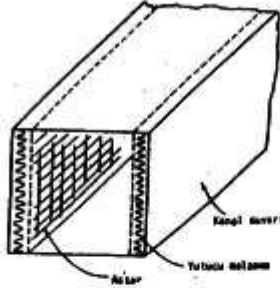
- Yutucu susturucular
- Yansıtmalı susturucular
- **Yutucu susturucular:**

Bu susturucuların en basit tipi, içerisi ses yutucu malzeme ile kaplanmış kanallardır.

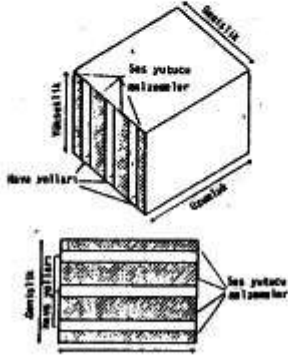
Bu tip susturucular geniş bant gürültülerin de son derece faydalıdır ve yüksek frekanslarda oldukça iyi yalıtım sağlarlar.

Ancak kanalda kullanılan yutucu malzemelerin, özel bir koruyucu yüzey ile (astar) kaplanması gereklidir. (Smith, Peters, Owen, 1982)

Şekil 7'de görülen yalıtılmış kanallar özellikle orta frekanslarda etkili olmakla birlikte alçak ve yüksek frekanslarda o kadar etkili değildir. Özellikle 1-8 KHz arasındaki frekanslarda daha etkili bir çözüm sağlamak için birkaç bölmeye ayrılmış susturucuları kullanmak daha iyi bir çözüm sağlamaktadır. (Şekil 8)



Şekil 7. Yutucu malzeme ile kaplanmış kanal kesiti



Şekil 8. Birkaç bölmeye ayrılmış susturucu tipi

• Yansıtmalı susturucular:

Bir kanalın enine kesit alanında meydana gelen ani büyümeler akustik empedansda değişiklik yaratır ve bu da ses enerjisinin gürültü kaynağına geri yansımaya neden olur.

Bu tür susturucular özellikle gürültü farklı tonlara sahip ise faydalıdır ve en büyük azaltımı da düşük frekanslarda sağlarlar, çünkü sesin dalga boyu kanal ya da borunun çapından daha büyüktür.

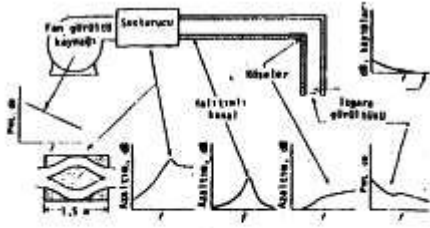
Tüm bu genel bilgilerden sonra susturucuların sağladığı başlıca yararları şöyle özetleyebiliriz.:

- Kanal içinde düzensiz hava hareketleri nedeniyle oluşan gürültünün azaltılmasını sağlar.
- Kanallar yoluyla bir odadan diğerine iletilen "karşılıklı iletişim" gürültüsünün oluşumunu engeller (Bkz. şekil 9)

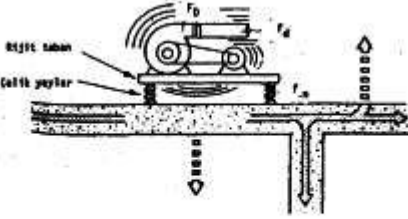
Bilindiği gibi gürültü, mekanlara doğrudan kanalların duvarlarından doğrudan iletilerek de girebilir. Fanlardan

yayılan ses ile kanal içindeki ses enerjisinin davranışı benzerdir. Kanal içinde azalabilir ve ya yansıyabilir. Bu gibi durumlarda susturucuların ve yalıtılmış kanalların kullanılması oldukça iyi yalıtım sağlar (ANON, 1976).

- Kanal içerisindeki hava akımı hızı nedeniyle kanal duvarlarında oluşabilecek titreşim ve gürültünün uygun bir seviyeye indirgenmesini sağlar.
- Kanal doğuşumlu gürültünün yayılımını kontrol etmek için;
- Düz kanal dönüşümleri sağlanmalı,
- Hava akımının çok fazla olduğu yerlerde kanal bir veya birkaç kola ayrılmalı (hava kollara oranlı bir şekilde dağıtılacağından ses düzeyinde bir miktar azalış olur),
- Oda içindeki açıklıklarda son yansıtıcılar kullanılmalı,
- Kanalların içleri ses yutucu elamanlar kaplanmalı ve
- Kanal içinde yüksek hızda havadan sakınmalıdır (Smith, Peters, Owen, 1982). Şekil 10'da bir vantilasyon sistemindeki başlıca gürültü kaynakları ve alınan önlemler görülmektedir.



Şekil 10 . Basit bir kanal sistemindeki gürültü kaynakları ve çeşitli susturucular ve azaltım miktarları



Şekil :11 Etkili bir titreşim yalıtımı için fanın yerleşimi

4.5. Diğer Çözüm Önerileri

Bu genel başlık altında tüm gürültü tipleri için önceki bölümlerde anlatılmayan pratik öneriler verilecektir.

- Etkili bir titreşim yalıtımı, titreşim yayan elemanın bağlantı noktasında esnek elemanları yerleştirerek ve mümkün olduğu kadar düşeydeki taşıyıcılara yakın bir yere monte ederek sağlanabilir. (Bkz. Şekil 11). Bu durum özellikle fanların ve motorların yerleşiminde çok önemlidir.
- Kompresörler, yapıda kullanılan mekanların uzağına yerleştirilmelidir (Bodrum katında veya çatı katında). Eğer en üst katta yer alması zorunluluğu varsa, strüktürel döşeme uygun çelik kirişlerle desteklenerek kompresörün kütlesi M, esnek bir şekilde desteklenmiş kütlesi 5M ya da daha büyük olan bir ara blok üzerine yerleştirilmelidir.

Soğutma kuleleri eğer bina içinde yer almıyorlarsa, kanalları dışarı açıksa ve binanın çatısına yerleştirilmiş ise, 3.0 m yüksekliğinde bir parapet ile çevrenmesi hava doğuşlu sesleri ve etraflarına verdiği rahatsızlığı bir ölçüde azaltır.

- Kondensatörlerin birleşim yerleri mastik bileşenler uygulanarak kapatılırsa yaydıkları gürültü azalabilir, ancak ısı transferine dikkat edilmesi gereklidir.

- Buharlaştırıcılar için kullanılan borular, kapiler çıkış ile buharlaştırıcıların girişi arasında yer alacak ağır esnek bir tüpün içine yerleştirerek gürültü azaltılabilir. (Rettinger, 1973).

5. SONUÇLAR

Mekanik sistemlerin büyük önem taşıdığı yüksek binalarda gürültüyü istenen seviyeye indirgeyerek dengeli bir akustik ortam yaratabilmek için aşağıdaki işlemler yapılabilir:

1- Uygun elemanları seçip yerleştirerek gürültüyü kaynağında azaltmak.

2- Mekanik sistemlerden yayılan gürültüyü azaltmak için kullanılacak elemanları seçerek gürültü azaltım miktarını belirlemek.

- nce oda içindeki muhtemel gürültü miktarı (S\VL) belirlenmeli ve sistemin tüm bileşenlerinin ürettiğı ses enerjisi azaltımı odadaki SWL değerinden çıkarılmalıdır. Böylece bulunan değer kanallar yoluyla odaya giren ses gücü düzeyini vermektedir.

- Hesaplanan düzey, oda için gerekli olan düzeyi veren NC ya da PNC kriter eğrileri ile karşılaştırılmalıdır.

- Hesaplanan değer ile, kriter değerlerinin farkı alınarak yalıtıma ihtiyaç olup olmadığı, eğer gerek varsa miktarı belirlenmelidir.

3- İstenen gürültü azaltımını sağlayacak en uygun yalıtım elemanı seçilmelidir.

nceki bölümlerde anlatılan ve prensip detayları verilen bilgiler işığında bu işlemler yapıldığı takdirde her geçen gün günlük hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelen mekanik sistemlerin yarattığı gürültüyü kabul edilebilir değerlere indirgeyebiliriz.

REFERANSLAR

1- ANON, (1976), Practical Building Acoustics, Sound Research Laboratory Ltd, Sa. 147.

2- Crocker, M.J., Kessler, F.M., (1982) Noise and Vibration Control Volume II, CRC Press Inc., Sa. 139.

3- Demirkale Yılmaz, S., (1992) Yapı Elemanlarında Ses Yalıtımı, Endstriyel ve evresel Gürültü lmleri ve Kontrol Kurs Notları, İ.T.. Vakfı, Sa.K)

4- Doclle, L.L., (1972) Environmental Acoustics, Mc Gravv Hill, Sa. 173-196.

5- Harris, C.M, (1979), Handbook of Noise Control, Mc Gravv Hill, Sa. 20-8,9

6- Irwin, J.D., Graf.E.R., (1979), Industrial Noise and Vibration Control, Prentice Hall Inc., Sa. 249-263

7- Rettinger, M., (1973), Acoustic Design and Noise Control, Chemical Publishing Co., Inc., Sa. 308-364 8- Smith, B.J., Peters, R.J., Owens, S., (1982), Acoustics and Noise Control, Prentice Hall Inc., Sa. 249-263.

9- Temleton, D., Sounders, D., (1987), Acoustic Design Architectural Press, Sa. 119, 134.