

# SES YALITIMI

Önce konunun belli bir özelliğini ve neden önemli olduğunu kısaca anımsatmak yararlı olabilir.

## SES YALITIMI KONUSUNUN ÖZELLİĞİ VE ÖNEMİ

Ses yalıtımı konusu çoğu kez bilerek ve ticari amaçla ya da bilmeyerek, ısı yalıtımı konusu ile karıştırılmaktadır. Bu ise ses yalıtımı için yapılan çalışma ve harcamaların boşa gitmesinin yanı sıra, bu konuda yanlış düşüncelerin oluşmasına da neden olmaktadır. Bundan ötürü, yazıda bu konuya ağırlık verilmesi yoluna gidilmiştir.

Konunun önemi ise, genelde istenmeyen ses olarak tanımlanabilen gürültünün insanlara verdiği geçici ya da kalıcı; fizyolojik ya da psikolojik çok çeşitli zararlarla ilgilidir. Bu zararların çoğu, yıllar sonra ortaya çıkar ve geri dönüşü de yoktur. Yani artık giderilemez. Bu konuda yaygınlaşmış bir söyleyiş biçimine göre **“Gürültünün verdiği zararın faturası yıllar sonra ödenir”**. Bu nedenle gürültü konusunda bilinçlenmek ve akılcı bir davranış içinde bulunmak, özellikle gençler için son derece önemlidir.

## ISI VE SESİN YAYILMA BİÇİMİ

Ses yalıtımının ısı yalıtımına benzemeyişinin nedenleri, bu iki tür erkenin (*enerjinin*) yayılış biçimleri ile kolayca açıklanabilir.

Isı, üç biçimde yayılır: Işınım (*radyasyon*), iletim (*kondüksiyon*), taşınım (*konveksiyon*)

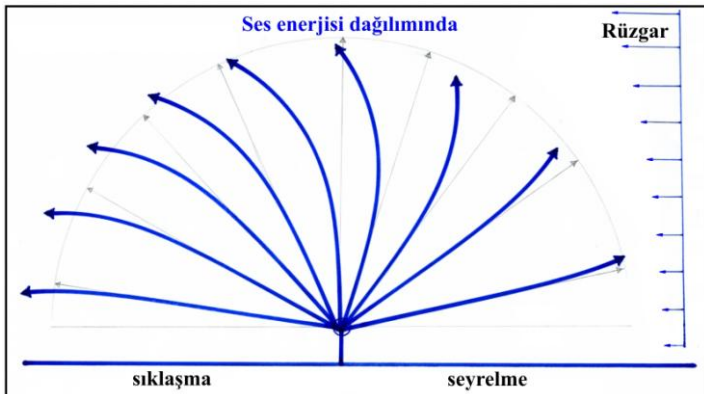
**Işınım**, kızgın bir cismin ısı ışınımalarını, ışığa benzer doğrusal ışınlar biçiminde yaymasıdır. Bu tür yayılma maddesel ortamın varlığına bağlı değildir.

**İletim**, ısı enerjisinin molekülden moleküle geçişi ile olur ve maddesel ortamın varlığına bağlıdır.

**Taşınım** ise, ısı ışınım ve/ya da iletim yolu ile sıcaklığı değişen maddesel ortamın yer değiştirmesi ve ısıyı böylece taşıması, yaymasıdır. Taşınım katı cisimlerde söz konusu değildir.

Ses ise, maddesel ortamın titreşimleri olduğundan yalnızca maddesel ortamda yayılabilir. Bu nedenle, ısının iletimle ve taşınım ile yayılmaları ile karşılaştırmak yeterlidir.

Sesin taşınım ile yayılması söz konusu değildir. Sıcaklığı değişmiş hava gibi, ses titreşimleri ile yüklenmiş bir havanın, kendi devinimi ile bu titreşimleri taşıması söz konusu değildir. Çünkü ses titreşimlerinin havada yayılma hızı yaklaşık 330~340 m/sn olmasına karşılık, hava devinimlerinin hızı saniyede birkaç metreyi geçmez. Ses kaynağının bulunduğu yönden gelen rüzgârın, sesi taşıyor sanılması bir yanılgıdır ve ne yazık ki belleklerde de yer etmiştir. Olay, yükseklikle artan rüzgâr hızından ötürü, gelen ses erkesindeki sıklaşmadan başka bir şey değildir. (Bkz. ŞEKİL-1)



ŞEKİL-1

Sesin, duman gibi, havaya asılı olarak taşınmayacağı ve ses titreşimlerinin hava içinde, hava devinimlerine oranla, çok daha hızlı yayıldığı gerçeğine ek olarak, ses düzeyinin logaritmasal olarak algılanması da çok büyük önem taşımaktadır. Örneğin kapı altındaki aralığın neden olduğu ısı kaybının çok önemsiz olmasına karşılık, böyle bir aralıktan geçen ses erkesi öte yanda oldukça önemli bir ses düzeyi oluşturabilir.

Sesin iletim yolu ile yayılmasında ise, ses basınç düzeyi, esneklik modülü çok farklı olan ortamlar arasında (*katı cisim - hava, su - hava gibi*) çok büyük (*50 dB dolayında*) kayba uğrar. Örneğin, sesin havadan duvara, duvardan öbür yandaki havaya iletim yolu ile geçişinde yaklaşık  $50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = 100 \text{ dB}$  hatta daha fazla bir kayıp söz konusudur. Bu nedenle sesin iletim yolu ile geçişi yapı akustiği ile ilgili hiçbir hesapta dikkate alınmayacak kadar önemsizdir.

## SES YALITIMINDA CİDAR TİTREŞİMİ

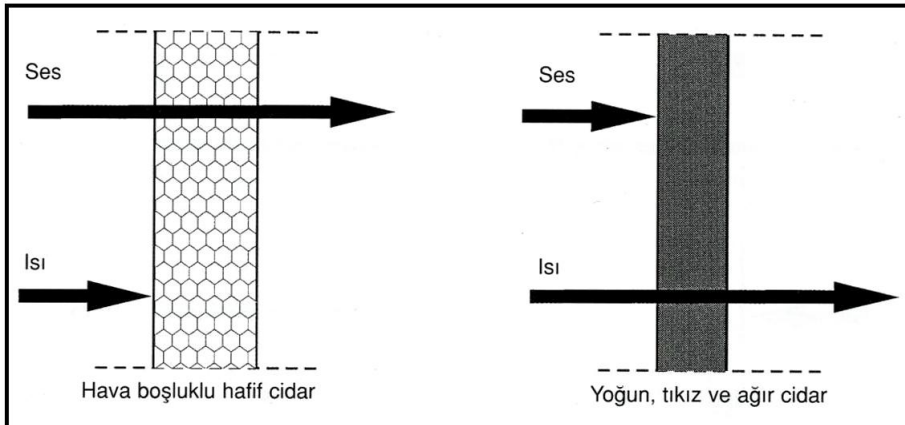
Ses bir iç ya da dış mekândan, bir iç ya da dış mekâna dört ayrı yoldan geçer. Bunlar sırası ile açıklıklardan geçme, iletim ile geçme, cidar titreşimi ile geçme ve dolaylı geçmedir.

Açıklıklardan geçme ve iletim ile geçme konusuna yukarıda kısaca değinildi. Açıklıkları yok etmek bu tür geçişi önler. İletim ile geçme ise çok önemsizdir ve genelde hesaba katılmaz. Dolaylı geçmede de ses en az 50 dB kayba uğrar. Çok özel durumlar dışında bu tür geçiş için önlem almaya gerek yoktur. Sesin en önemli geçiş biçimi cidar titreşimi ile olanıdır.

Döşeme, duvar, cam ya da herhangi bir cidarın bir yanında oluşan ses titreşimleri hava basıncında ufak değişimlere neden olur ve bu değişimler çok ufak genliklerle cidarın bütününe titreştirir. Böylece titreşen cidar bir hoparlör membranı gibi öbür yandaki havayı titreştirir ve ses böylece geçer. Bu geçiş biçiminde azalma (*ses geçiş kaybı*), çok büyük oranda cidarın ağırlığına (*kütlesine*), yani hava basıncında oluşan ufak değişimlere (*akustik basınç*) kütlesi ile karşı koymasına bağlıdır. Buna Berger Yasası ya da Kütle Yasası denir. Ses geçiş kaybı hesaplarında kullanılan formüllerden biri  $R = 15.4 \times \log(m) + 10 \text{ dB}$  dir. Bu hesaplarda kullanılan formüllerin hepsi ampiriktir ve hepsinde de R, yani ses geçiş kaybı,  $\log(m)$  in, yani kütlenin (m) ondalık logaritmasının bir fonksiyonudur.

Sesin bu önemli geçiş biçimi de ısı geçişi için kesinlikle söz konusu olamayacağına göre ısı yalıtımı ile ses yalıtımı arasında pratikte, hesaplar ve uygulama açısından hiçbir benzerliğin bulunmadığı söylenebilir.

Hatta bir bakıma tam bir zıtlık da söz konusudur. Yukarıda açıklandığı gibi, cidarlar ses geçişine kütleleri ile karşı koyarlar. Yani ağır, bu nedenle de tıkHz olmaları gerekir. Oysa bu tür cidarlardan ısı, iletim yoluyla kolayca geçer. Isı yalıtımı tıkHz değil, kof gereçlerle yani içinde fazlaca hava bulunan hafif gereçlerle sağlanır. Hafif gereçler ise akustik basınç etkisiyle kolayca titreşebileceğinden sesi büyük oranda geçirir. Bu temel ayrımın zihinlerde iyice yer etmesi için ŞEKİL-2’de bu özellik basit çizimsel bir anlatımla verilmiştir.



ŞEKİL-2

## SES YALITIMINDA ÇİFT CİDAR

Berger Yasasına göre bölmenin  $m^2$  ağırlığının artması, ses geçiş kaybını logaritmasal olarak etkilemekte yani ses yalıtımında önemli artışlara neden olamamaktadır. Bundan dolayı önemli ses yalıtımları söz konusu olduğunda çift cidar çözümüne gidilmektedir. Örneğin cidarın  $m^2$  ağırlığının iki katına çıkarılması, ses yalıtımında ancak 4dB kadar bir artış sağlayabilir;  $m^2$  ağırlığı 100 kg olan bir cidar, geçen seste yaklaşık 41 dB azalma sağlarken,  $m^2$  ağırlığı 200 kg olan bir cidar ancak 45.5 dB bir azalma sağlayabilir.

Buna karşılık birbirinden **yeterince uzak** ve her biri  $100 \text{ kg/m}^2$  ağırlığında iki cidar, ikisini birden geçen seste  $2 \times 41 \text{ dB}$  (82 dB) bir azalma sağlayabilir. Ses yalıtımında çift cidar böyle bir amaçla uygulanır.

Yalnızca bu sonuç, iki cidar arasındaki hava katmanının cidarları birbirine bağlayıcı hiçbir etkisi olmaması durumunda elde edilebilir. İki cidar arasındaki hava katmanı, cidarları birbirine bağlayan bir yay gibi düşünülebilir. Hava katmanı ne kadar kalınsa, yani cidarlar birbirinden ne kadar uzaksa, bu yayın o derece yumuşak; hava katmanı ne kadar ince yani cidarlar birbirine ne kadar yakınsa yayın o oranda sert olduğunu düşünmek gerekir. Doğaldır ki sert bir yayın bağlayıcılığı çok daha güçlüdür.

Yapılarda genellikle rastlanan boyutlar bakımından pek önemli olmayan rijitlik ve ankastrelilik etkileri bir yana bırakılırsa, daha genel bir anlatımla, çift cidar iki ucunda iki kütle bulunan bir yay benzetilebilir. Böyle bir sistemin dıştan gelen titreşimler (*kütlelerden birini etkileyen eksi artı periyodik kuvvetler*) karşısındaki davranışı yalnızca yayın sertliğine bağlı olmayıp aynı zamanda kütlelerin de büyüklüğüne yani eylemsizliğine bağlıdır. Bunun dışında verilmiş bir “kütle-yay-kütle” sisteminin tepkisi, etkileyen titreşimin frekansına göre değişir. Gürültü denetiminde söz konusu olan frekansların yaklaşık 60 Hz ten 4000 Hz e kadar değişmesi bu etkenin de önemini açıklamak için yeterlidir.

Çift cidar uygulamasında (*çift camlar, çift doğramalar, çift duvarlar vb.*) cidarlar arasındaki uzaklık pek fazla olamaz. Bu nedenle de hemen hemen hiçbir durumda Berger Yasasının iki kez uygulanması söz konusu değildir. Buna karşılık, birçok durumda çift cidar oluşturularak 7~8 dB, hatta biraz daha fazla kazanç elde edilebilir. Ancak bunun için de belli kurallara uymak gerekir.

Burada belli bir yanlış uygulamayı önlemek amacı ile yalnızca iki cidar arası uzaklık üzerinde durulacaktır.

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı gibi çift cidarda ses yalıtım değeri çok büyük oranda

- 1- Cidar ağırlıklarına
- 2- İki cidar arası uzaklığa
- 3- Gelen ses titreşiminin frekansına bağlıdır.

Bu değişkenlere göre çift cidar ses geçiş kaybını veren formüller oldukça karmaşıktır. Genelde çift cidar sisteminin rezonans frekansına göre belli kabuller ile hesaplar biraz daha basitleştirilebilmektedir. Bu durumda kütle ile yay, yani cidar ağırlığı ile cidarlar arası uzaklık arasındaki ilişki şöylece açıklanabilir:

Cidarların toptan ağırlığı ( $\text{kg/m}^2$ ) arttıkça, aynı sonucu elde etmek için gerekli cidar arası uzaklık azalmaktadır.

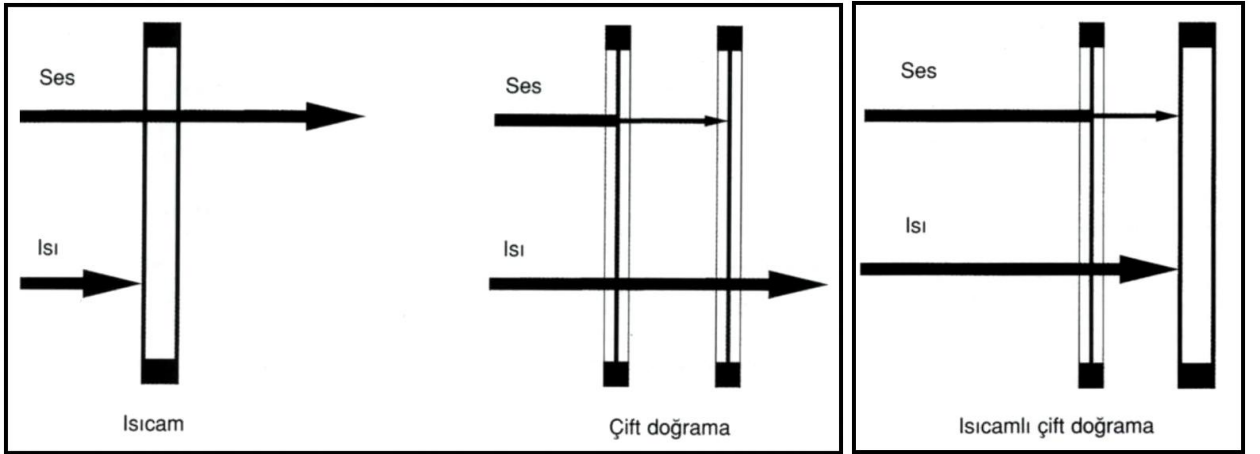
Bu hesapları hızlı yapabilmek için bilgisayar programları oluşturulmuştur. Örneğin çift cidar rezonans frekansının 75 Hz in altında olması için (*genelde uygulanan değer*), cidarların toplam ağırlığı  $120 \text{ kg/m}^2$  ise iki cidar arası uzaklık 25 mm, toplam ağırlık  $20 \text{ kg/m}^2$  ise (*4 mm kalınlığında 2 cam*) iki cidar arası uzaklık 130 mm olmalıdır.

Eğer ara uzaklık yukarıdaki değerlerden daha az olursa, aradaki hava katmanı daha sert bir yay görevi görecek ve ara uzaklık azaldıkça iki cidar birbirine daha sıkı bir biçimde bağlanmış olacak, ses geçiş kaybı da azalacaktır.

## ISI CAMIN SES YALITIM DEĞERİ

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı gibi, ısı cam adı altında üretilen camlar çift cidar gibi düşünülemez. Çünkü aralarında ses yalıtımı bakımından olması gereken 10~12 cm aralık, burada hava devinimlerine yeterince engel olamayacağından taşınım ile ısı kaybı olacak ve ısı cam esas görevini göremeyecektir. Isı camlarda kullanılan yaklaşık 12 mm hava katmanı ise, iki camı neredeyse katı bir biçimde birbirine bağlayacak ve çift cidar gerçekleşmeyecektir.

Bugün için yapılacak iş, eğer yalnızca ses yalıtımı amaçlanıyorsa ya 7~8 mm kalınlığında bir cam ile tek doğrama, ya da aralarında 13~14 cm uzaklık bulunan çift doğrama uygulanması, eğer aynı zamanda ısı yalıtımı da isteniyorsa, çift doğramanın dıştan olanında ısı cam kullanılmalıdır. Bu çözümler şematik olarak ŞEKİL-3 ve ŞEKİL-4'te gösterilmiştir.



ŞEKİL-3

ŞEKİL-4

## SESİN YUTULMASI (SOĞURULMASI) VE SES YALITIMI

Ses yalıtımında en büyük yanlışlardan biri de sesin yalıtılması yani geçişinin azaltılması ile soğurulmasının yani başka erke biçimine dönüştürülmesi olayının birbirine karıştırılmasıdır.

Sesin gözenekli gereçlerde ya da titreşen levhalarda soğurulması ile bir bölmeyi geçerken azalması, birbiri ile hiç ilgisi olmayan apayrı olaylardır. Bu olaylar, oluş biçimleri, birimleri, hesapları, sonuçları ve alınacak önlemler ve kullanılacak malzeme bakımından büyük ayırım gösterir.

Bir yüzeyde yutulan ses enerjisi, bu yüzeyden geri dönmeyen ses enerjisidir ve bir **oran** ile verilir. Bir cidarın ses yalıtım değeri ise, sesin bu cidarı geçerken uğradığı kayıp olup **dB birimi** ile verilir. Kalın kumaştan yapılmış bir perdenin beyaz gürültü için yutma çarpanı yaklaşık 0.50'dir, yani mikrovat/cm<sup>2</sup> cinsinden ses enerjisinin böyle bir yüzeyden ancak yarısı geri döner. Bu, büyük bir oran, büyük bir yutuculuktur.

Oysa aynı perdenin aynı gürültü için ses yalıtım değeri en çok 3dB dir. Ses yalıtım değeri olarak bu anlamsızdır. Zaten böyle bir perdenin arkasında bulunan kişinin perdenin öte yanındaki tüm sesleri işitebileceğini herkes bilir. Ses yalıtımında 3~5 dB değil, en azından 40~45 dB bir azalma amaçlanır.

Demek ki ses yutucu gereçlerle ses yalıtımı yapılamaz. Bu, sürekli olarak yinelenen en büyük yanlışlardan biridir.

## SES YALITIMI VE GÜRÜLTÜ DENETİMİ

Ses yalıtımı, çok daha geniş kapsamlı olan gürültü denetiminin bir bölümüdür. Bu bakımdan bu yazıda gürültü denetimi konusunu kısaca açıklamak ve ses yalıtımını, bu konu içindeki yerine yerleştirmek, yazının sağlaması düşünülen yararı artıracaktır.

Gürültü denetiminin iki önemli özelliği vardır:

- 1- **Güçlük**, yani başarının kolay olmaması
- 2- **Pahalılık**, yani gerekli önlemlerin çoğu kez önemlice harcamalar gerektirmesi.

Bu nedenlerle gürültü denetiminin planlı bir biçimde ve her şey iyice hesaplanarak yapılması gerekir. Bunun için gürültü denetim planı oluşturulmuştur. Bu planda bazı adımların atlanması, başarısızlığa ya da gereğinden çok daha fazla harcamalara neden olabilir.

Gürültü denetimi;

- 1- Gereksiz gürültü kaynaklarının ortadan kaldırılması
- 2- Gerekli olanların gürültülerinin azaltılması
- 3- Gürültünün kaynağına hapsedilmesi
- 4- Gürültünün değişik yollardan çevreye yayılmasının önlenmesi
- 5- Gürültünün giremeyeceği hacimler oluşturulması

gibi birbirini izleyen aşamaların sırayla ele alınmasını gerektirir. Ses yalıtımı, gürültü denetim planının bu adımlarının sonuncularından biridir. Yani bir bütün planın belli bir bölümüdür ve hiçbir zaman tek başına ele alınmamalı, olaya bir gürültü denetim planı ile yaklaşılmalıdır. Trafik, sanayi, inşaat ve benzeri gürültülerden yapıların içindeki teknik donanım gürültülerine, komşu gürültülerine kadar her tür gürültünün kötü etkileri ancak böyle bir çalışma sonucu en az harcama ile yeterince azaltılabilir.

Yabancı, yani denetimimiz dışındaki gürültü kaynakları konusunda, ülkemizde yaklaşık 10 yıldır yürürlükte bulunan Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ni uygulamakla yükümlü olan belediye sorumluları yardımca olmak durumundadırlar.

Bir önemli nokta da şudur: Ses yalıtımından anlaşılan, ses tanımına uymuş, yani kulakla algılanabilir duruma gelmiş titreşimlerin (*yani hava titreşimlerinin*) yalıtımıdır. Oysa örneğin, bir betonarme döşemeye sıkıca bağlanmış bir motor, bir fan ya da herhangi bir titreşim kaynağı, bu döşemeyi bütünü ile titreştirir. Yani döşeme, hoparlör membranı gibi gürültü kaynağı durumuna girer. Bu durumda olay bir ses yalıtımı olayı değil, gürültü denetiminin daha önceki adımları ile ilgili bir olaydır.

## SONUÇ

Sonuç olarak şu söylenebilir: Gerek geniş kapsamlı bir gürültü denetimi, gerek basit gibi görünen bir ses yalıtımı konusu yüzeysel bir yaklaşımla ele alınmamalı, satışa yönelik propagandaların baskısından kurtulunmalı, derinlemesine araştırılmalı ve olabiliyorsa, bir

uzmana danışılmalıdır. Çünkü bu konularla ilgili harcamalar az olmayacaktır ve de kolaylıkla bu giderler bir işe yaramayabilir.

Prof. Şazi SİREL

Ekim 1997