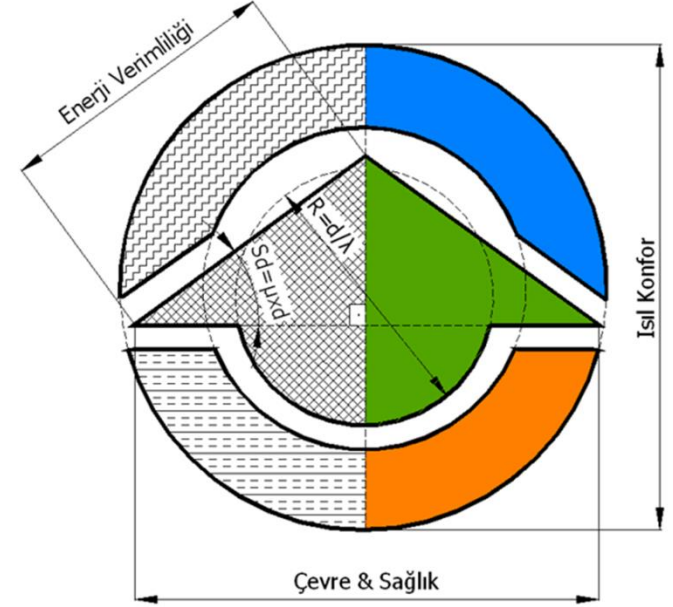


İZODER Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği



Web: www.izoder.org.tr e-mail: info@izoder.org.tr



Ses, titreşim yapan kaynaktan hareket eden bir enerji formudur. Kulakta işitme duyusunu uyandırır.

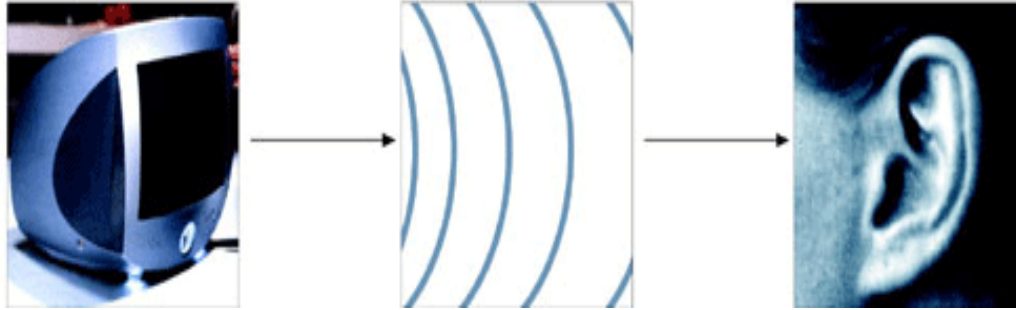


Ses, elastik bir ortamda bir etken vasıtası ile meydana gelen mekanik titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak işitme duyulanması sağlamasıdır.



Ses, kulağın algılayabileceği basınç değişimi olarak tanımlanabilir.

Sesin yaratılması ve duyulması için bir ses kaynağı, sesin içerisinden geçeceği bir ortam ve bir alıcı gerekir.

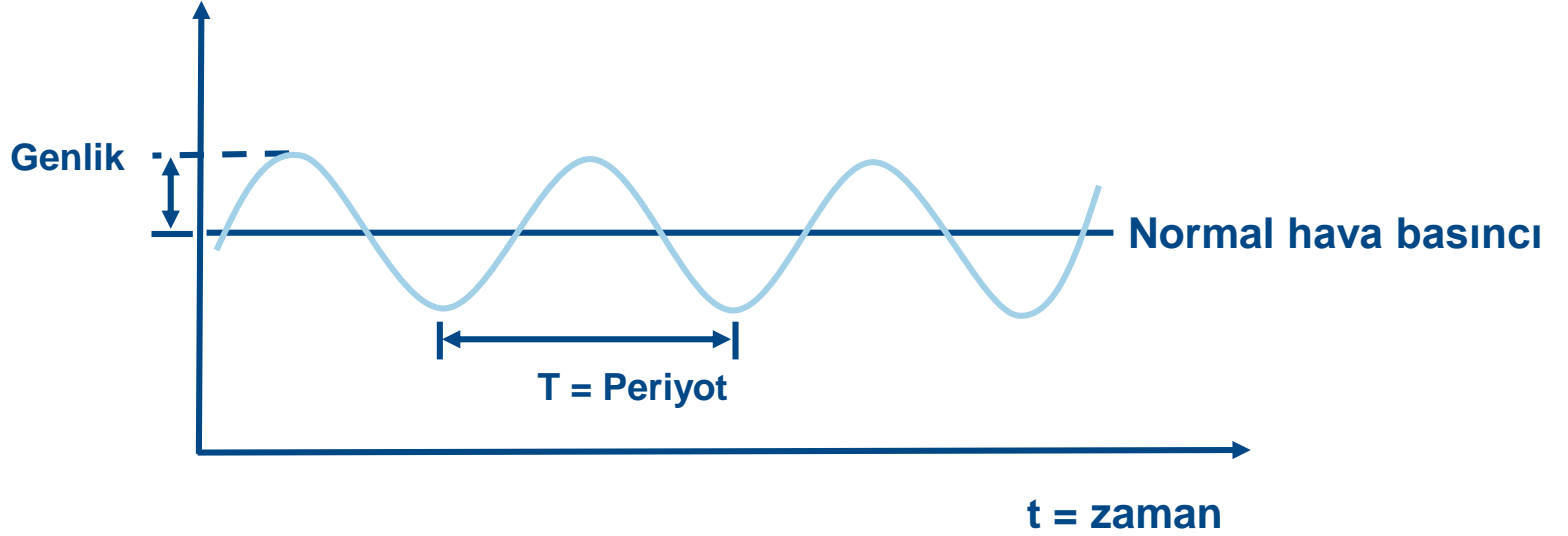


Kaynak

Ortam

Alıcı

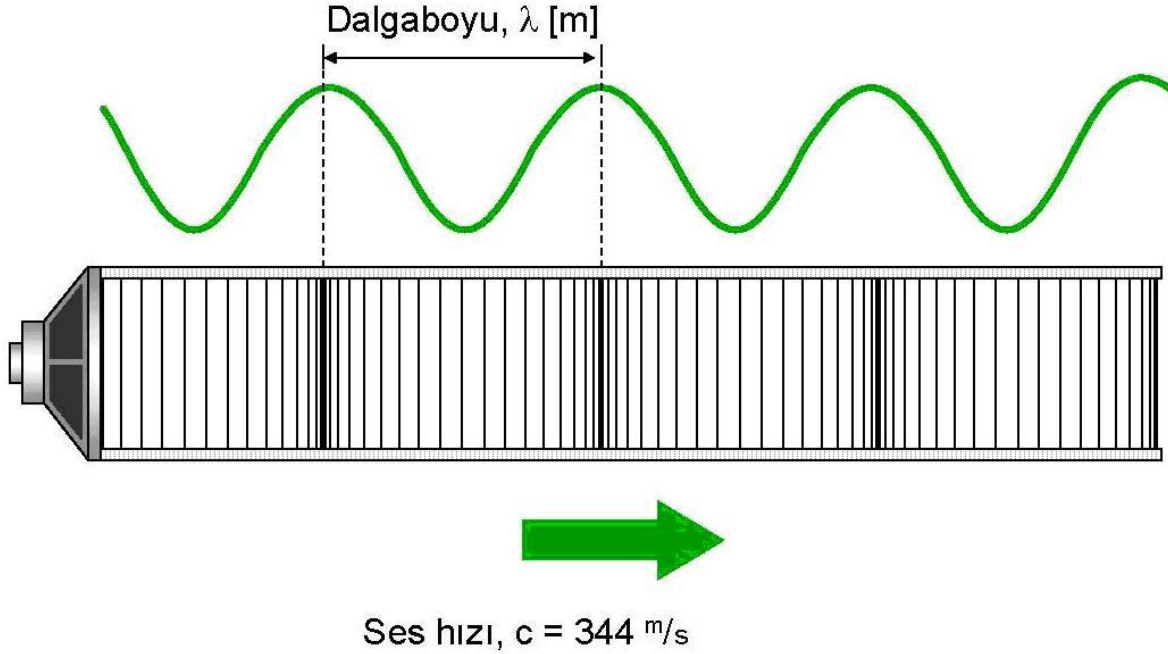
Sesle ilgilenen bilime *AKUSTİK* adı verilir ve bu bilim dalı, sesin üretilmesi, yayılması ve algılanması ile ilgili tüm alanları kapsar.



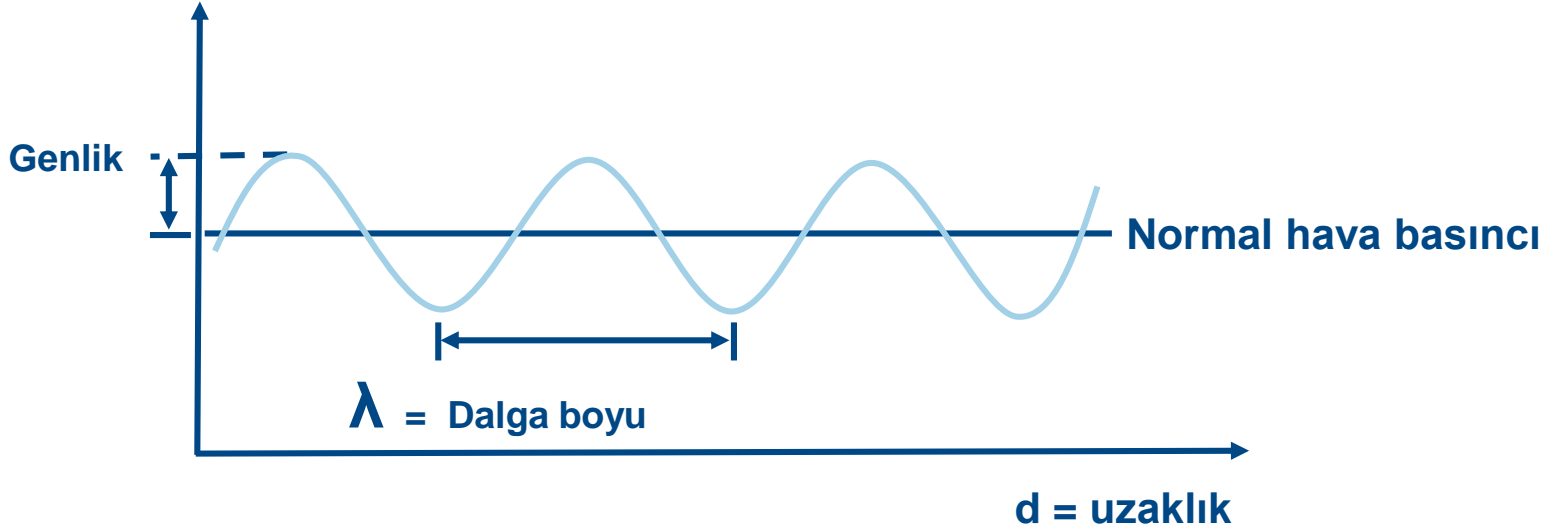
Frekans (f) Periyotun (T) karşı değeridir.

$$T = \frac{1}{f}$$

Frekans: Bir saniyedeki titreşim sayısıdır. Birimi Hertz (Hz) dir.
1 hertz bir saniyede 1 tam salınım yapar.
1000 Hz saniyede 1000 devir demektir.

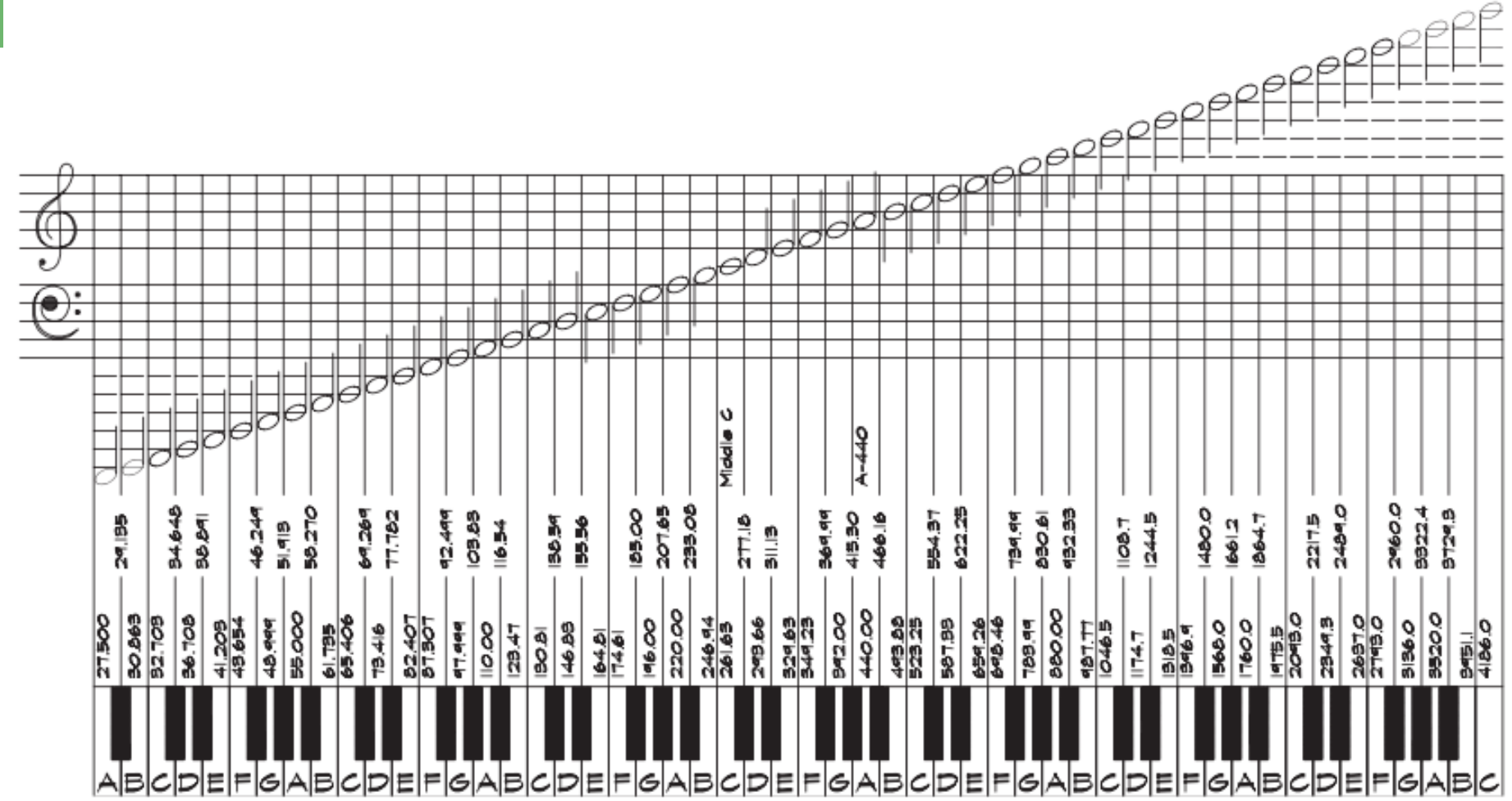


- Bir tütün ucuna monte edilmiş bir hoparlör, yayılma hızı 344 m/s olan ses dalgaları üretir. Eğer hoparlörün üretmekte olduğu ses arı bir sinüs ise ses dalgası, tüp içerisinde birbirlerinden bir dalgaboyu uzaklıkla ayrılmış basınç maksimum ve minimumları meydana gelir.



Dalga boyu frekans ve ses hızıyla ilişkilidir.

$$c = f \cdot \lambda$$



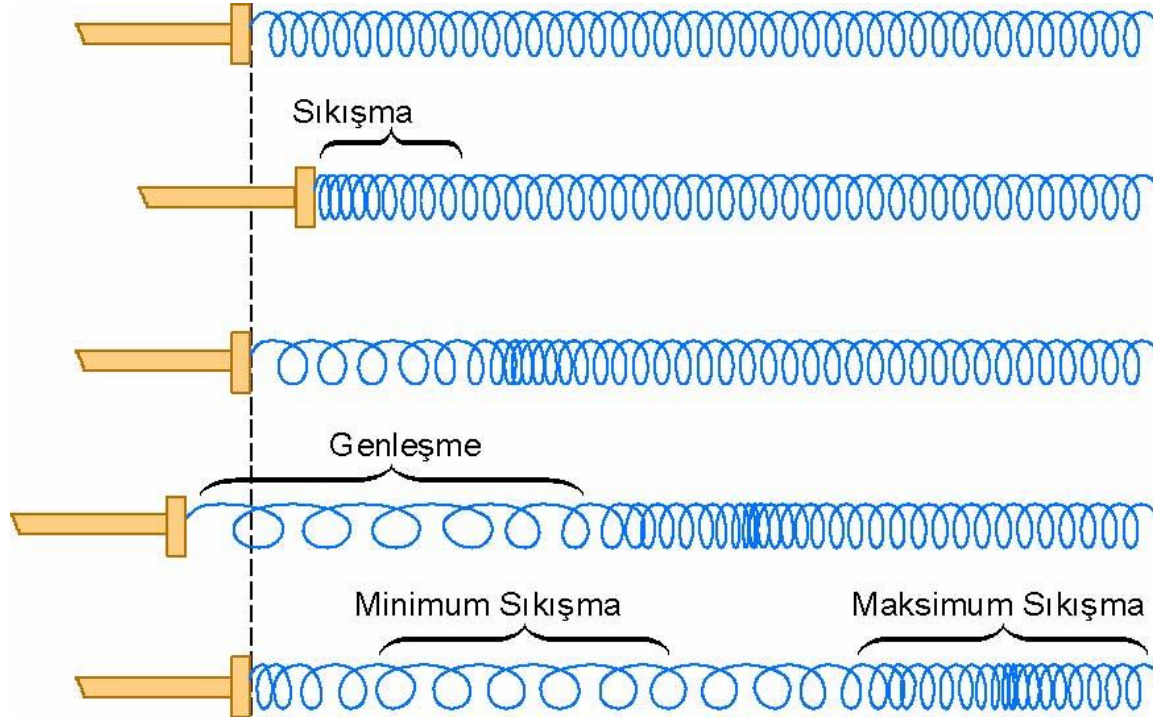
- Hangi frekansın dalgaboyunun ne kadar olduğunu kabaca tahmin edebilmek faydalı olabilir

1 kHz 'lik bir sinyalin dalgaboyu 34 cm 'ye yakındır

20 Hz 'lik bir sinyalin dalgaboyu 17 m, 'ye yakındır

20 kHz 'lik bir sinyalin dalgaboyu 1.7 cm 'ye yakındır

Bir yay sıkıştırıldığında, oluşan bu 'sıkışma' yay boyunca ilerler. Hava molekülleri sıkışıp genişlediği zaman da aynı olay meydana gelir; 'sıkışma' ve 'genleşme' hareketi veya başka bir anlatımla basınç değişiklikleri hava içerisinde yayılır.



Sesin yayılma hızı

Sesin yayılma hızı ortam özellikleriyle ilgilidir.

- Ortamın özgül ağırlığı ve esneklik katsayısı önemlidir.
- Sıcaklık yükseldikçe ses hızı artar.
- Sesin yayılma hızı; katı ortamlarda, gaz ortamdan daha fazladır.

Yapı akustiğinde en önemli ortam havadır.

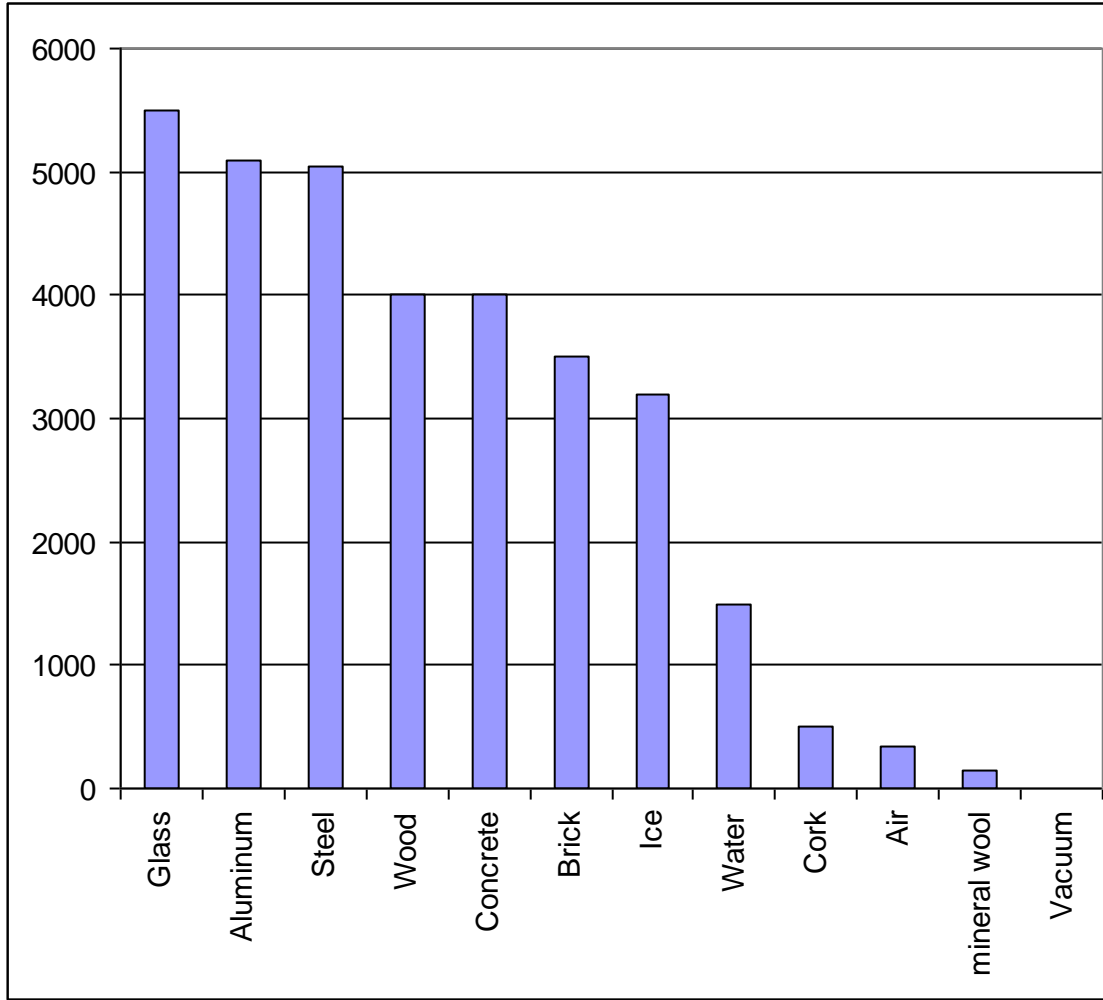
$$c = \sqrt{E/\rho}$$

$$c = f \times \lambda$$

Ses hızı
Frekans
Dalga boyu

ORTAM	YAYILMA HIZI (m/s)
Beton	3400
Cam	5200
Su (15 C)	1450
Hava (0-40°C)	330-350
Kauçuk	35-230

Malzemelerde sesin yayılma hızı



Farklı frekanslarda dalga boyları

(dalgaboyu = ses hızı / frekans).

Ortam	Ses Hızı m/s	Frekans [Hz]	Dalgaboyu λ metre (m)
Hava	340	20	17
Hava	340	100	3,4
Hava	340	500	0,68
Hava	340	1000	0.34
Hava	340	8000	0,04
Hava	340	20000	0,017

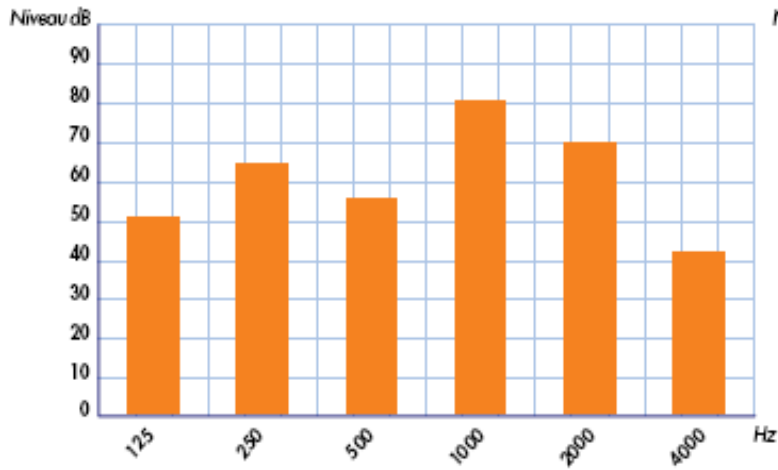
Frekans yükseldikçe dalga boyu kısalır.

İnsan kulağı 17 m ile 17mm arasındaki dalga boylarını işitebilir.

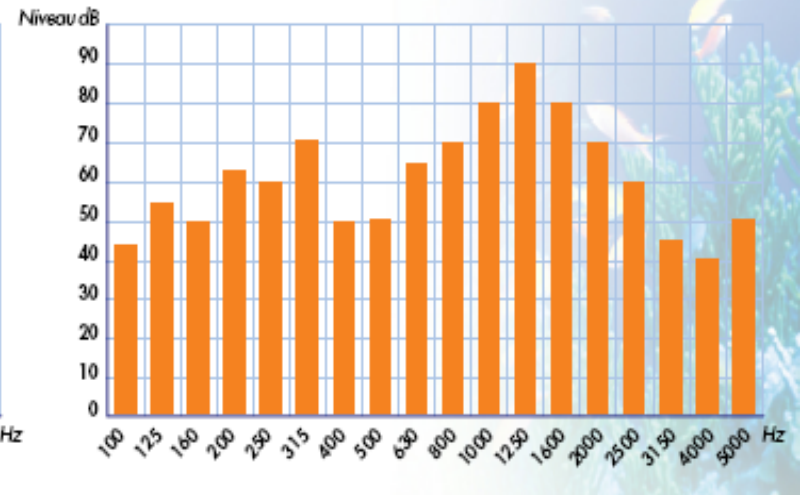
Farklı malzemelerde dalga boyları

500 Hz frekanstaki dalga boyu örnekleri
(wavelength = speed of sound / frequency).

Ortam	Ses Hızı m/s	Frekans [Hz]	Dalgaboyu λ metre (m)
Beton	4000	500	8
Ahşap	3500	500	7
Su	1500	500	3
Mantar	500	500	1
Hava	340	500	0,68
Mineral yün	150	500	0,30

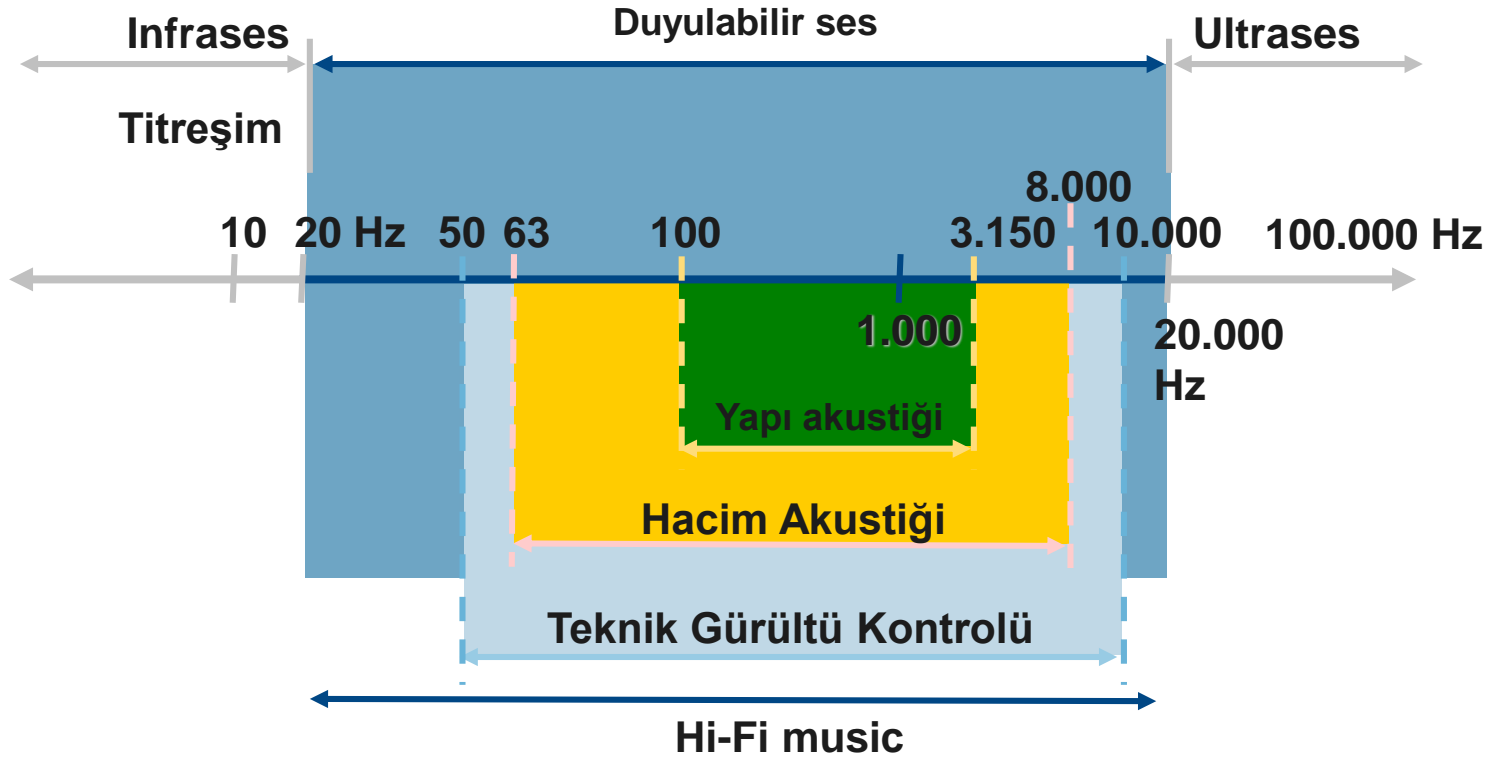


oktav bant

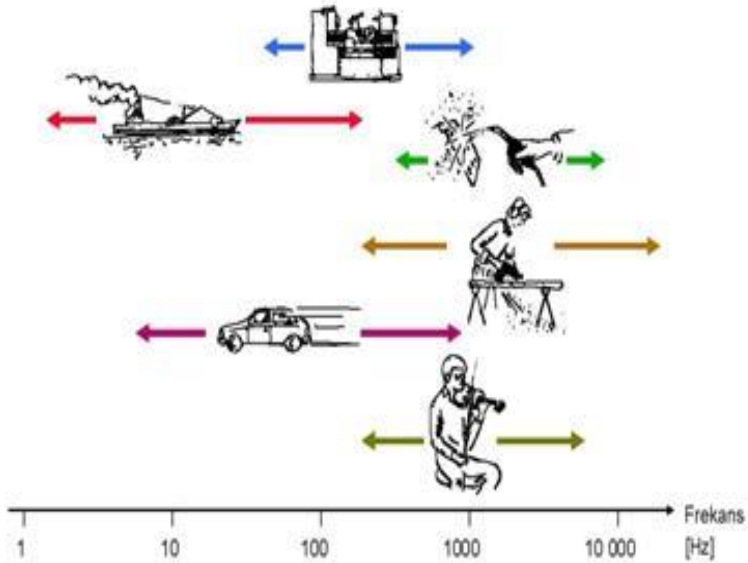


1/3 oktav bant

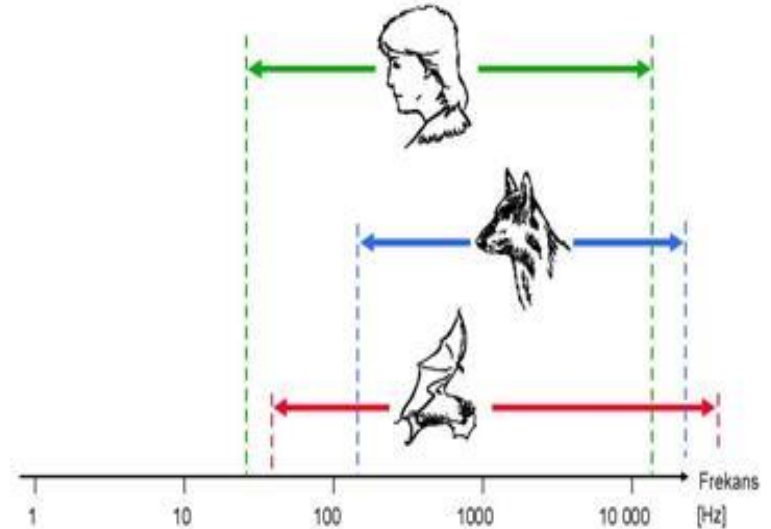
Yapı akustiğinde frekans aralığı



Çeşitli Ses Kaynaklarının Frekans Aralığı

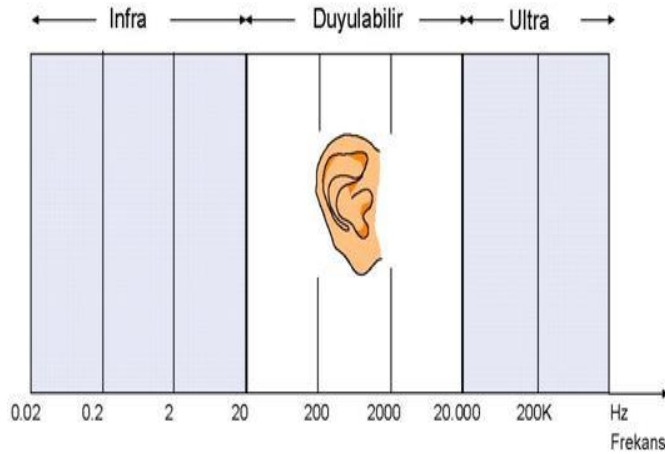


Duyulabilir Ses Aralığı

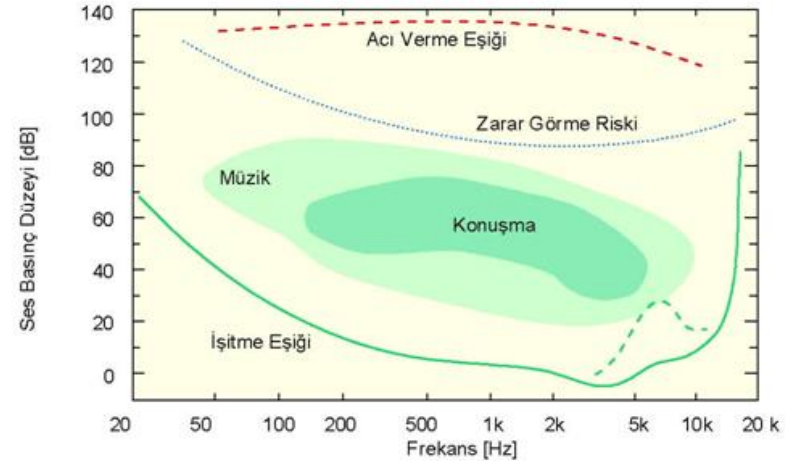


- Günlük hayatta duyabildiğimiz ses kaynaklarının frekans aralıkları oldukça fazla değişkenlik göstermektedir. Genç ve sıhhatli bir insan 20 ile 20000 Hz arasındaki sesleri duyabilmektedir.
- Bunun yanında, 1 ile 20 Hz arasındaki infrasesler ile 20000 ile 40000 Hz arasındaki ultrasesler diğer duyu oranları tarafından algılanmakta olup, rahatsızlığa sebep olmaktadır.

Ses Frekans Aralığı



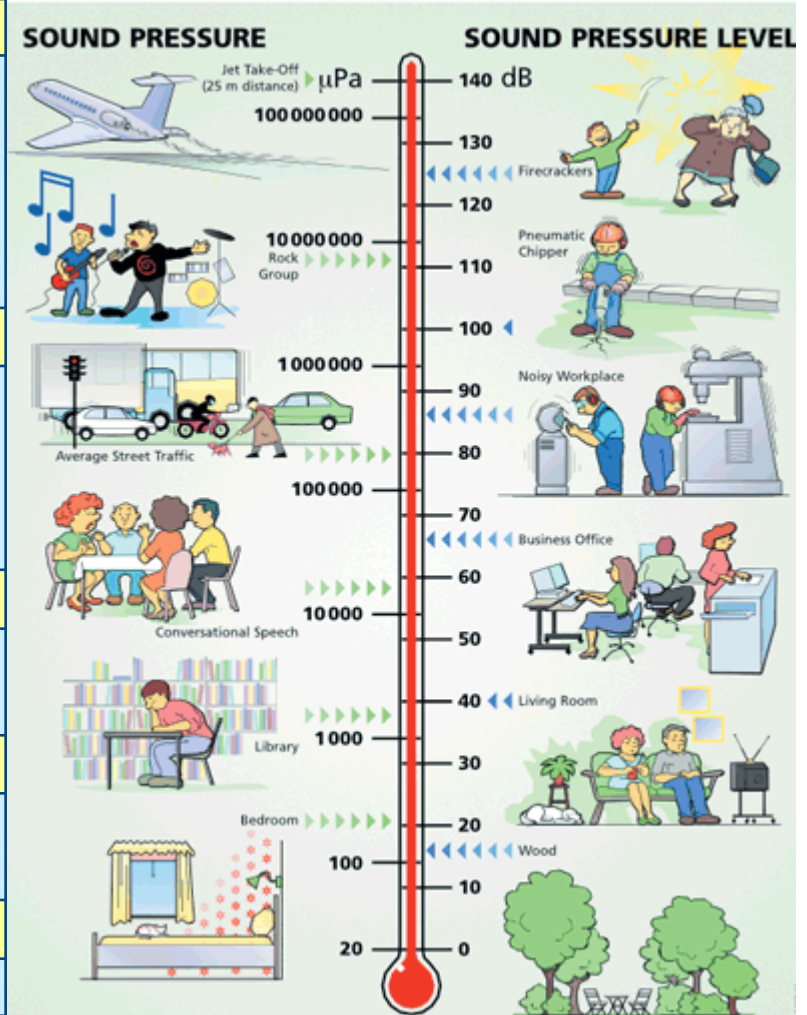
İşitme Sınırları



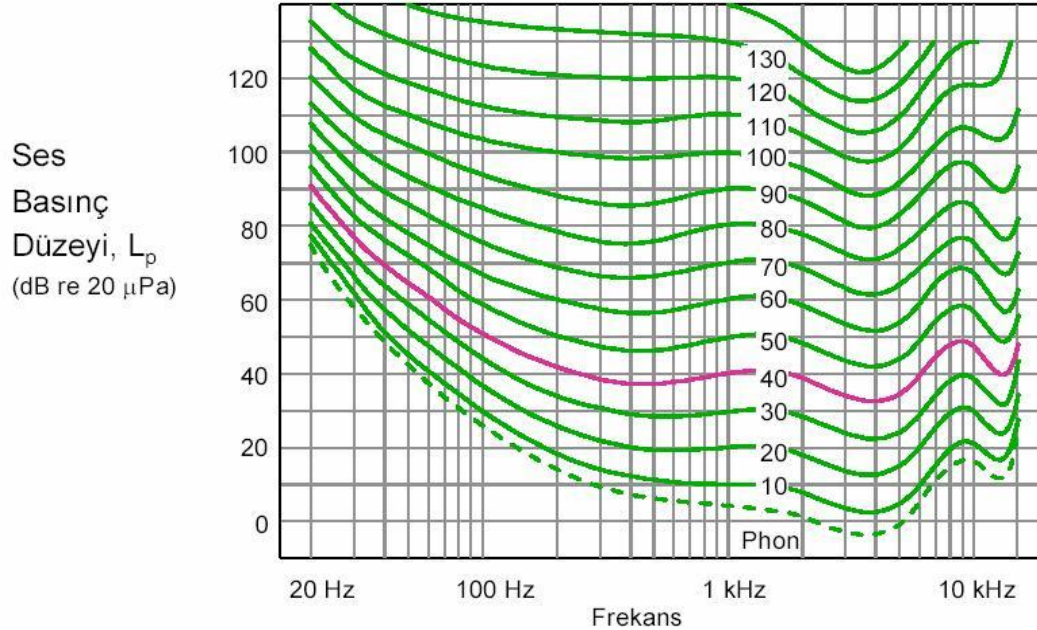
- Düz çizgi ile belirtilen alt sınır, arı sesin duyulmaya başlandığı en düşük seviyeye karşılık gelmektedir.
- Kesik çizgiler ise acı verme eşiğini belirtirler. Zarar görme riskine ait çizginin üzerinde belirli bir süre kalınması halinde kalıcı işitme kayıpları oluşabilmektedir. Bu kayıplar özellikle yüksek frekans bölgesinde meydana gelir ve sağ altta gösterilen kesik çizgiler gibi işitme eşiğinin bu frekanslarda yükselmesine yol açarlar.
- Normal konuşma ve müzik için sınırlar da şekilde belirtilmiştir. Daha yüksek seviyelere ulaşabilmek için yükselticilere ihtiyaç vardır.

Kulağın Duyarlılığı

30-65 dBA	I. Derecedeki Gürültüler
	<ul style="list-style-type: none">✓Konforsuzluk ve Rahatsızlık✓Sıkılma duygusu✓Kızgınlık✓Konsantrasyon✓Uyku bozukluğu
65-90 dBA	II. Derecedeki Gürültüler
	<ul style="list-style-type: none">✓Fizyolojik gürültü✓Kalp atışının değişimi✓Solunumun hızlanması✓Beyindeki basıncın artması
90-120 dBA	III. Derecedeki Gürültüler
	<ul style="list-style-type: none">✓Fizyolojik gürültü✓Baş ağrısı
120-140 dBA	IV. Derecedeki Gürültüler
	<ul style="list-style-type: none">✓Fizyolojik gürültü✓Baş ağrısı
> 140 dBA	V. Derecedeki Gürültüler
	<ul style="list-style-type: none">✓Kulak zarının patlaması



Arı sesler için eş yükselti eğrileri

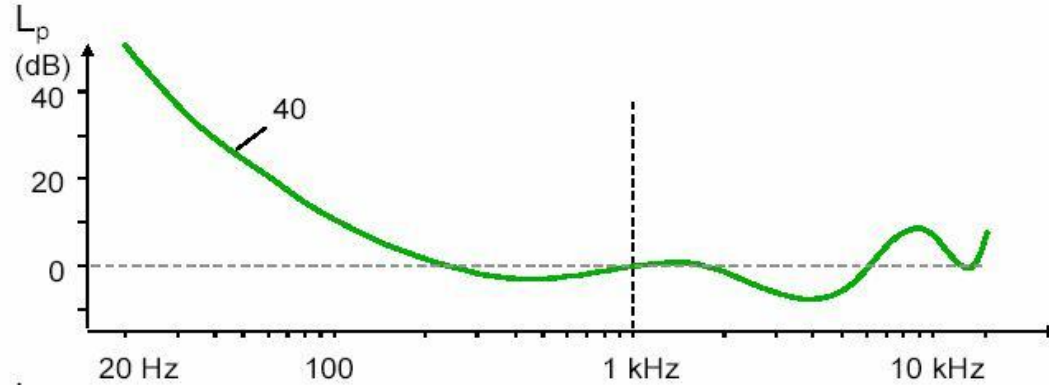


•Bu grafik insan işitme sisteminin ne kadar lineer olmayan bir yapıya sahip olduğu da ortaya çıkarmaktadır. Örneğin 20Hz'de duyduğumuz bir sesin yüksekliğinin 3-4 kHz'de duyduğumuz ses ile aynı yüksekliğe sahip olabilmesi için ondan 80dB daha yüksek bir ses basınç düzeyine sahip olması gerekmektedir.

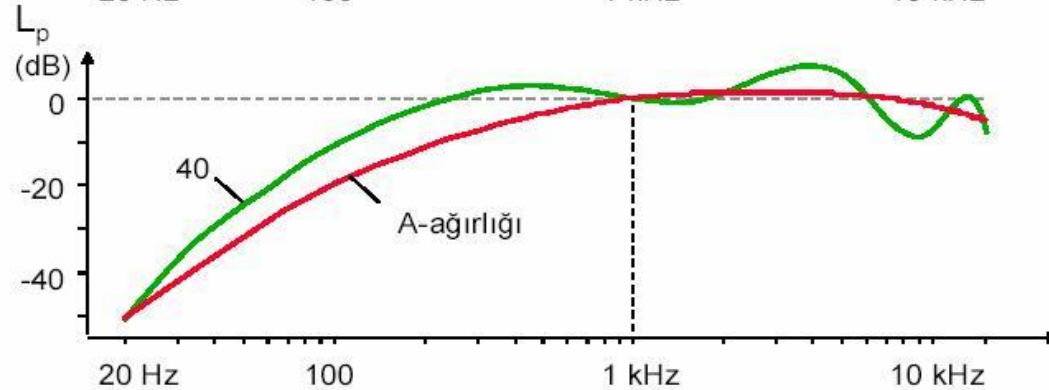
•Bu özellik, frekans maskeleyme özelliği ile birlikte, gürültülü bir ortamda birbirine çok yakın düşük frekans sinyallerinin ayrıştırılabilmesini zorlaştırmaktadır.

40 dB eş yükseklik eğrisi ve A ağırlıklı filtre

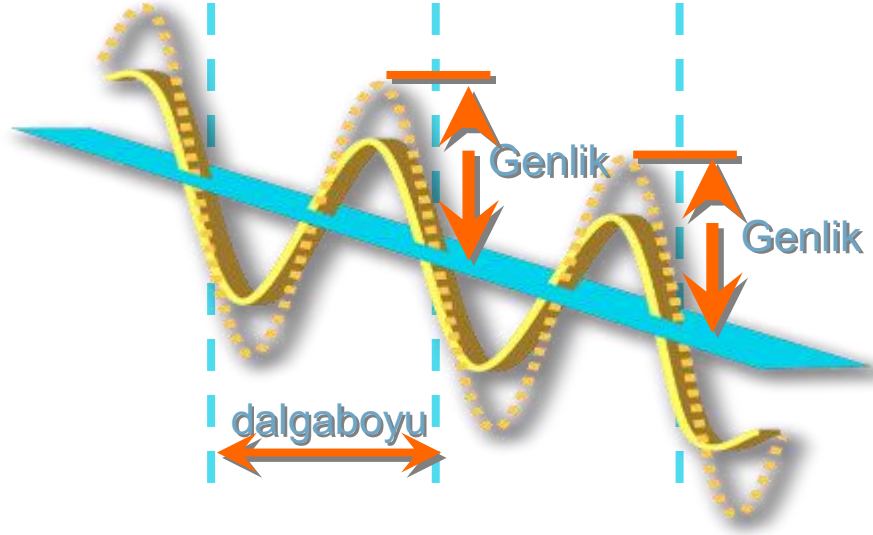
- 1kHz'de 0dB'ye normalize edilen 40 dB Eş Yükseklik Eğrisi



- Ters çevrilmiş 40 dB Eş Yükseklik Eğrisi ile A-ağırlıklı filtrenin karşılaştırılması



•Günümüzde A eğrisi her yükseklikte ses düzeyleri için kullanılmaktadır. Bunun nedeni A eğrisinin kulak duyarlılık eğrisi ile doğrudan olan ilişkisidir.



Ses Gücü

Ses Basıncı

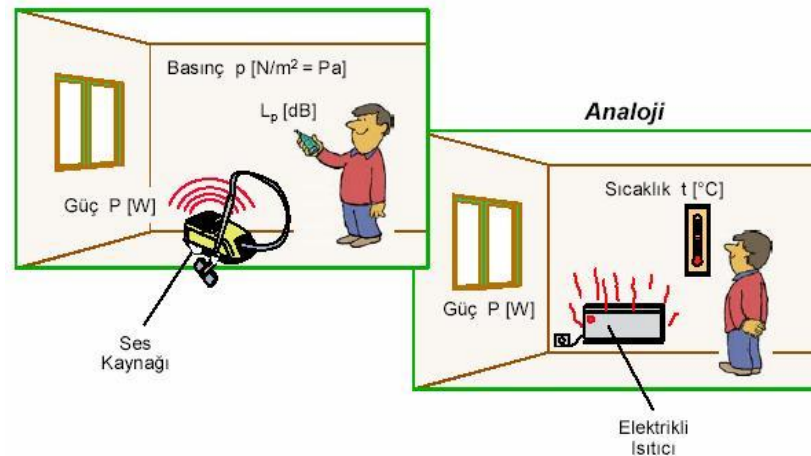
Ses Şiddeti (Yeğİnliği)

Ses Basınç Düzeyi

Bir elektrikli ısıtıcı, örneğin bir radyatör, birim zamanda belli bir enerji (Joule/sec) açığa çıkarır, yani belli bir güce (Watt = Joule/sec) sahiptir.

Bir ses kaynağı birim zamanda belli bir ses enerjisi (Joule/sec) açığa çıkarır, yani belli bir güce (Watt = Joule/sec) sahiptir.

Üretilen enerji, odadaki ses basıncını yükselterek ortama yayılır. Fakat herhangi bir noktadaki ses basıncı sadece kaynağın gücüne ve noktanın ses kaynağına olan uzaklığına değil, duvarlar tarafından emilen ses enerjisine ve camlardan veya kapıdan dış ortama iletilen ses enerjisine de bağlı olarak değişir.

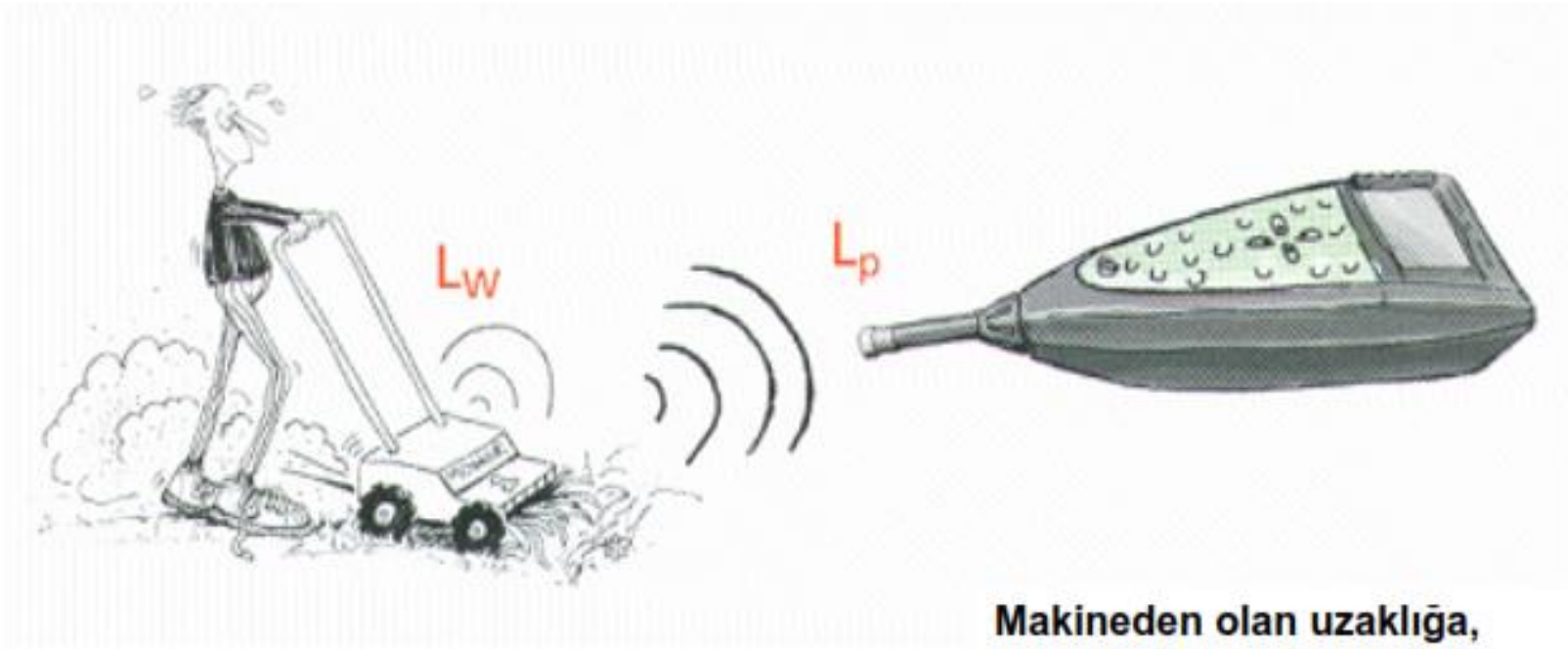


Ses Gücü ve Ses Basıncı

SES GÜCÜ (veya **AKUSTİK GÜÇ**): Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüdür

SES BASINCI: Sesi yaratan hava basıncının değişme miktarıdır. Belli bir noktada ve rms değer olarak ölçülür

Ses, kulak zarıyla temasta bulunan havanın basıncının değişmesiyle algılandığından, bir ses kaynağının ses gücünden daha çok, belli bir noktada yarattığı ses *basıncı* önemlidir.

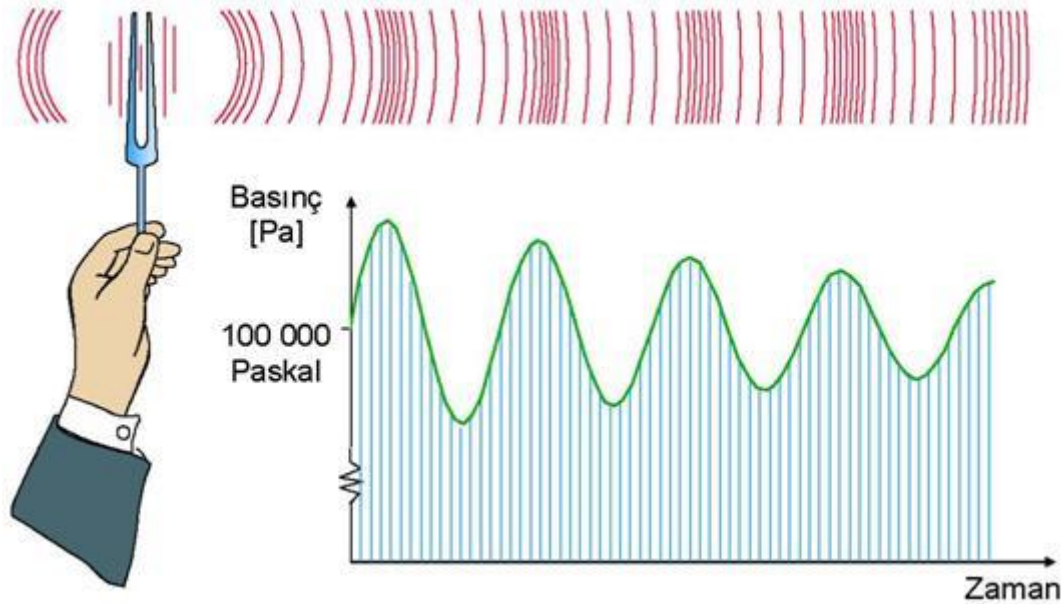


Her makine için sabit

**Makineden olan uzaklığa,
ortamın akustik özelliğine ve
makinenin özelliklerine bağlı**

Diyapozon gibi bir ses kaynağı titreştiğinde, etrafında bulunan havada basınç değişiklikleri meydana getirir. Havada oluşan bu basınç değişikliklerini, göle atılan bir taşın oluşturduğu dalgacıklarla özdeşleştirebiliriz.

Dalgalar, taşın suya girdiği noktadan yayılmaya başlar. Su sadece yüzeyindeki periyodik dalgaları oluşturacak şekilde aşağı ve yukarı hareket etmektedir. Seste buna benzer. Taş, kaynağa; göl, havaya; dalgacıklar da ses dalgalarına karşılık gelmektedir.



Bir ses kaynağı tarafından P gibi bir ses gücü üretildiğinde, kaynaktan komşu hava moleküllerine doğru bir enerji akışı meydana gelir. Yayılan bu enerjinin belli bir yönde birim zamanda birim alandan geçen miktarına ses şiddeti (I) adı verilir.

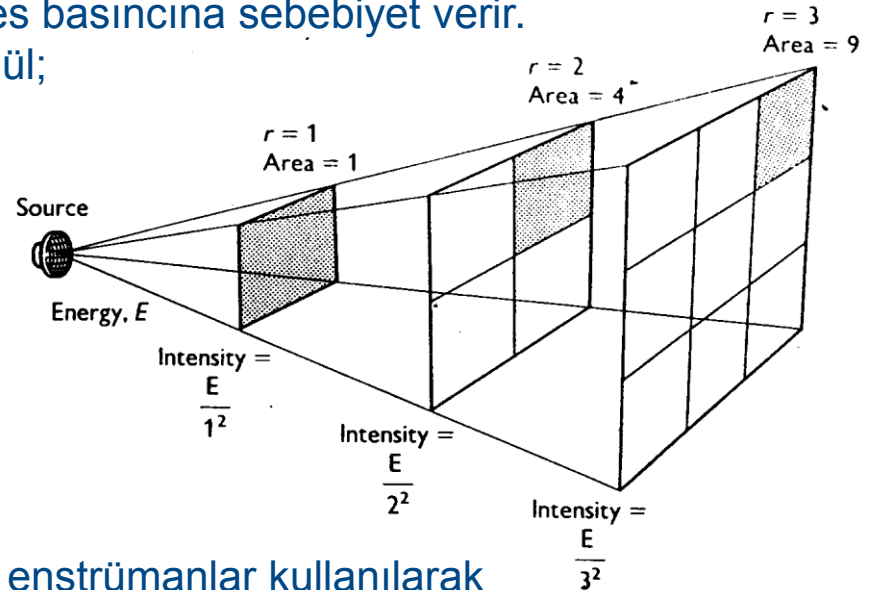
Yayılmakta olan enerji, geçtiği her noktada ses basıncına sebebiyet verir. Üç temel parametreyi birbirine bağlayan formül;

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c}$$

r: Kaynağa olan uzaklık

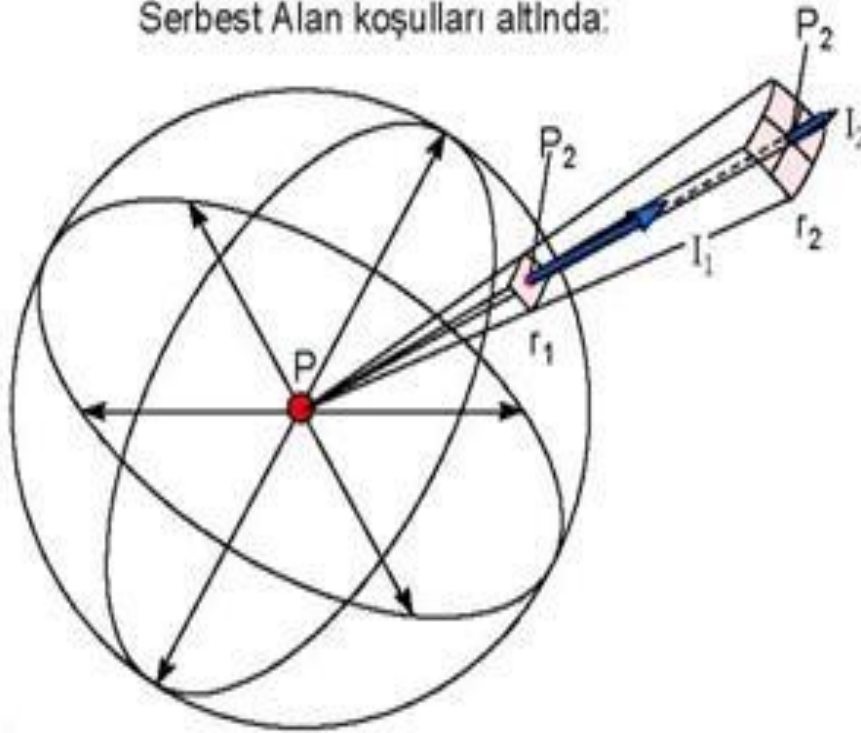
ρ : Havanın yoğunluğu

c: Ses hızı, Ses şiddeti ve ses basıncı uygun enstrümanlar kullanılarak ölçülebilmektedir.



Ses gücü, makinaların çıkardıkları gürültüye göre sıralandırılmasında, ses şiddeti ise gürültü kaynaklarının tespitinde kullanılmaktadır. Gürültü kaynaklarının tahribat ve kötü etkileri için izlenmesi gereken en önemli parametre ise ses basıncıdır.

Serbest Alan koşulları altında:



Ses Şiddeti vektörü, I ,
bir noktadaki akustik enerjinin akış
yönünü ve büyüklüğünü tanımlar

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c}$$

Güç: P [W]

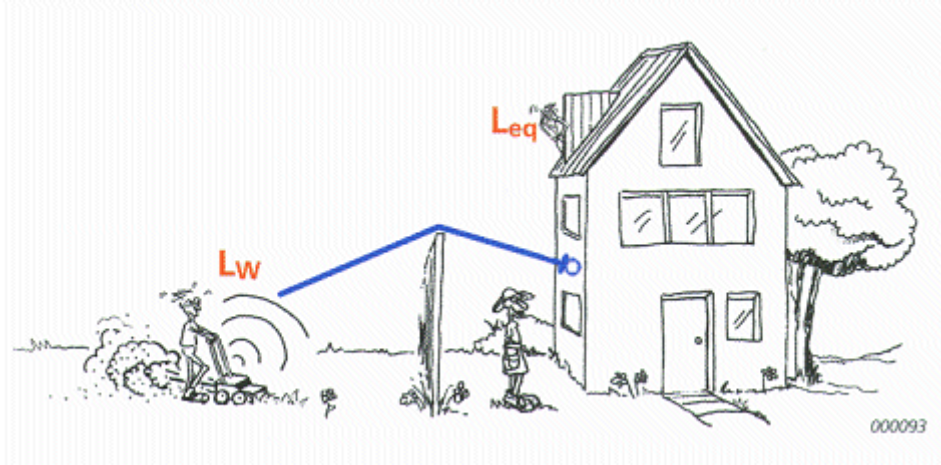
Şiddet: I [$J/s/m^2$] = W/m^2

Basınç: p [Pa = N/m^2]

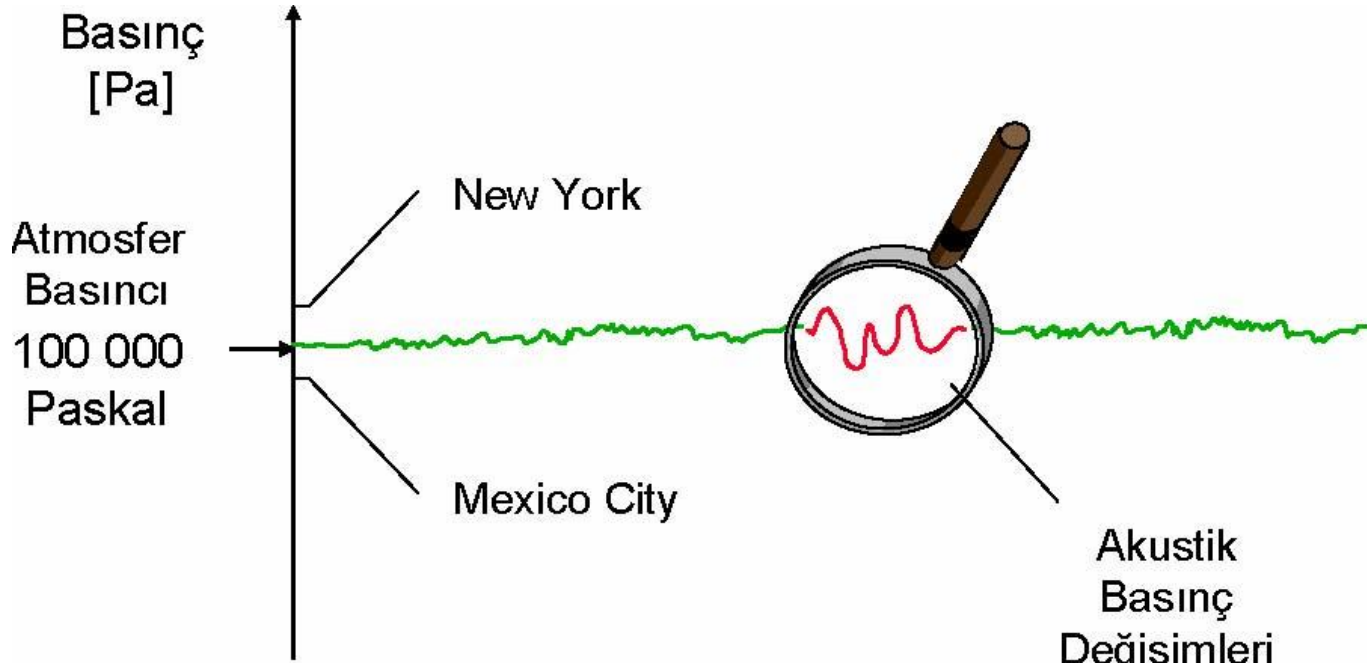
Düzyey verilen bir büyüklüğün aynı cinsten referans büyüklüğe oranının logaritmasının 10 katıdır. Uygulamalarda 'düzyey' kullanımı daha uygundur.

- ses basıncı ses basıncı düzeyi
- ses gücü ses gücü düzeyi
- ses şiddeti ses şiddeti düzeyi

Birimi desibel'dir.



Akustik basınç titreşimleri, yaklaşık değeri 100.000 Pa olan ortam statik basıncının dalgalanmasına sebep olurlar.

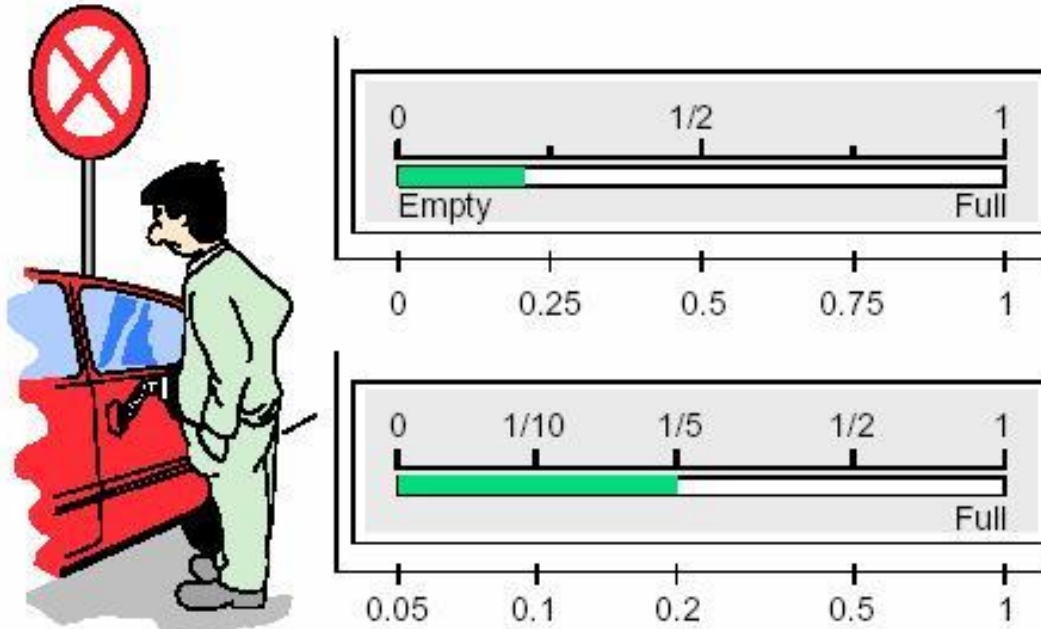


20 μ Pa ile 100Pa arasında değişen duyulabilir ses basınç değişimleri, statik hava basıncıyla karşılaştırıldığında oldukça düşük seviyedir. 20 μ Pa ortalama bir kişi tarafından duyulabilecek en düşük ses seviyesi olarak kabul edilmiştir ve bu yüzden duyum eşiği olarak anılır.

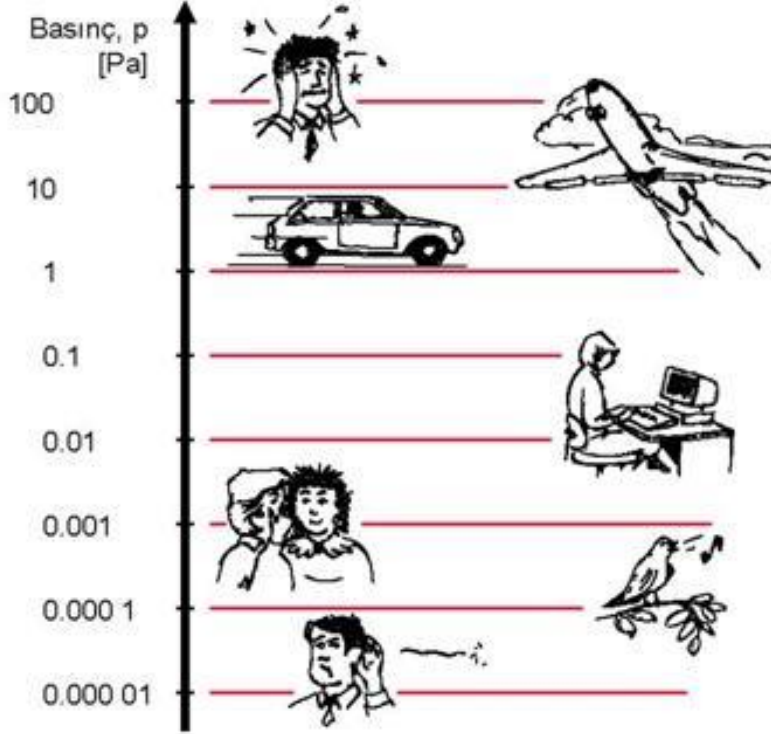
100Pa çok yüksek bir seviyedir ve acıya yol açar, bu sebepten ötürü acı eşiği olarak adlandırılır.

Bu iki seviyenin birbirine oranı bir milyondan daha fazladır. Bu yüzden kullanılacak olan Pa cinsinden lineer bir skala, ölçüm sonuçlarının çok geniş bir aralıkta, çok büyük oranlarda değişmesine yol açacaktır.

Kulağımız lineer değil, logaritmik artışlara karşı hassastır. Bu sebeplerden ötürü akustik parametrelerin tespitinde, ölçülen değerin bir referans seviyeye oranının logaritması olan desibel (dB) ölçęi kullanılır.



Ses basıncının değişim aralıkları



dB ölçeğini kullanmanın faydası skalanın yanına dB skalasını koyduğumuz zaman ortaya çıkmaktadır.

Çok büyük sayılara ve geniş aralığa sahip olan lineer skala, işitme eğiğinden (0dB) başlayan ve acı eğiğinde (130dB) sonlanan daha basit bir skalaya dönüşmüş olmaktadır.

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \text{ dB re } 20 \mu\text{Pa}$$
$$(p_0 = 20 \mu\text{Pa} = 20 \times 10^{-6} \text{ Pa})$$

Ör. 1: $p = 1 \text{ Pa}$

$$L_p = 20 \log \frac{1}{20 \times 10^{-6}}$$
$$= 20 \log 50\,000$$
$$= 94 \text{ dB}$$

Ör. 2: $p = 31.7 \text{ Pa}$

$$L_p = 20 \log \frac{31.7}{20 \times 10^{-6}}$$
$$= 20 \log 1.58 \times 10^6$$
$$= 124 \text{ dB}$$

•Desibel cinsinden ses basınç düzeyi, $L_p = 20 \log \frac{p}{p_0}$ olarak tanımlanır.

Bu denklemde p ölçülen ses düzeyi (Pa cinsinden), p_0 ise standart olarak kabul edilen referans ses düzeyidir (20 μ Pa).

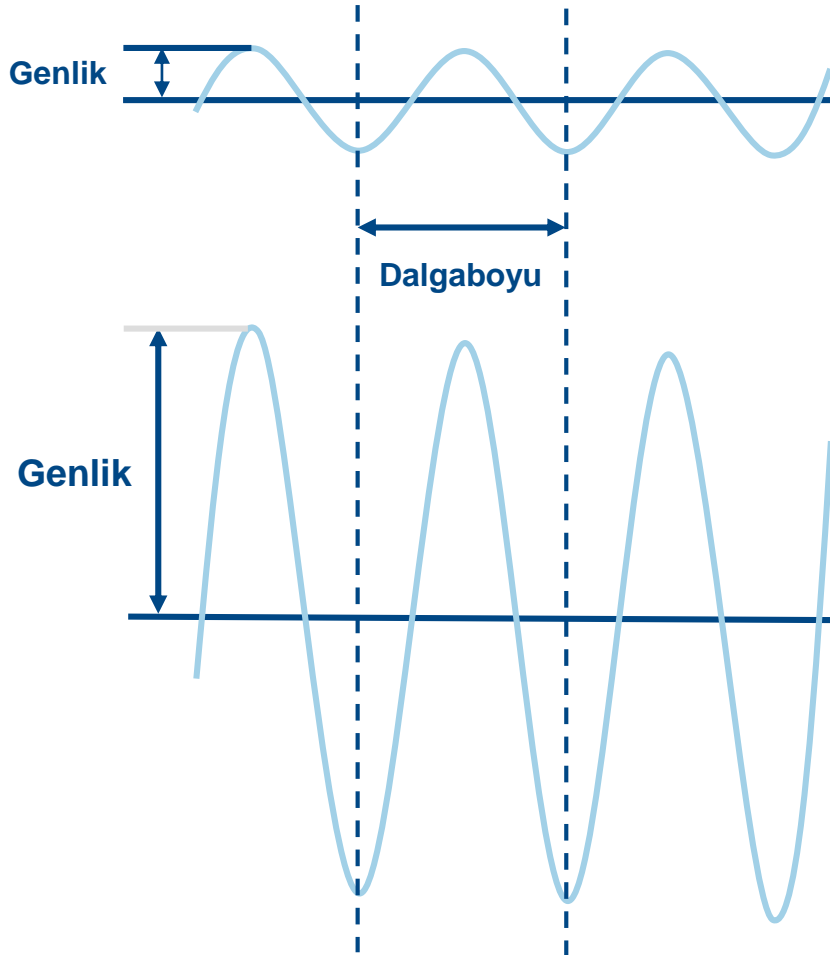
•Burada dikkat edilmesi gereken “ses basıncı”nın yanına, bir referansa göre belli bir düzeye sahip olduğunu belirten “düzey” kelimesinin eklenmesidir. Ses basınç düzeyinin sembolü L_p 'dir.

Bu iki değer bir başka özelliği de ses ölçüm cihazlarının kalibrasyonunda kullanılan değerler olmasıdır.

Ses Düzeyindeki Değişim (dB)	Algılanan Sesin Gürlüğündeki Değişim
3	Ancak hissedilebilir
5	Belirgin derecede farklı
10	İki kat farklı
15	Çok farklı
20	Dört kat farklı

- Basınçta oluşacak 3 dB'lik bir değişim (1.4 kat artış/azalış) ancak hissedilebilir bir düzeydedir.
- 10 dB'lik bir değişim ise (3.16 kat artış/azalış) sesin bir kat gürlendiği hissini uyandırır.
- İnsanların algıladığı ses seviyesi ile dB cinsinden belirtilen düzey arasında doğrusal bir bağıntı bulunmamaktadır.

Ses basınç düzeyi



Düşük basınç
sessiz ses

Aynı dalga boyuna ve aynı frekansa sahip sesler farklı genliklerde olabilirler.

Yüksek basınç
yüksek ses

Genlik büyüdükçe ses düzeyi de artar. Bir piyano tuşuna daha hızlı vurulursa tel daha fazla titreşir ve sesin genliği artar. Ses daha kuvvetli veya göreceli olarak gürültülü algılanır.

Ses basınç düzeyi

$$L_p = 10 \cdot \lg \frac{p_{\text{eff}}^2}{p_0^2} \quad [\text{dB}]$$

Referans değer	0.00002 Pa	0 dB
Gürültülü radyo	0.2 Pa	80 dB
Pop grubu	6.0 Pa	110 dB
Jet uçağı	60 Pa	130 dB



dB ile hesaplama

Desibel değeri logaritmik bir büyüklük olduğu için aritmetik olarak toplanamaz.

Toplanan iki değer arasındaki fark:	Büyük değere eklenecek sayı:
0 -1 dB	3 dB
2 -3 dB	2 dB
4 - 9 dB	1 dB
10 dB veya üstü	0 dB
Örnek:	
88 dB + 90 dB = 92 dB	
75 dB = 81 dB = 82 dB	
70 dB = 80 dB = 80 dB	

$$60\text{dB} + 40\text{dB} = \del{100\text{dB}}$$

$$60\text{dB} + 40\text{dB} = 60\text{dB}$$

dB ile hesaplama

$$40 \text{ dB} + 40 \text{ dB} = 43 \text{ dB}$$

$$40 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = 50,4 \text{ dB}$$

$$50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = 56 \text{ dB}$$

3 dB duyulabilir fark

10 dB iki kat fark

Frekans Analizi ve Oktav Bantları

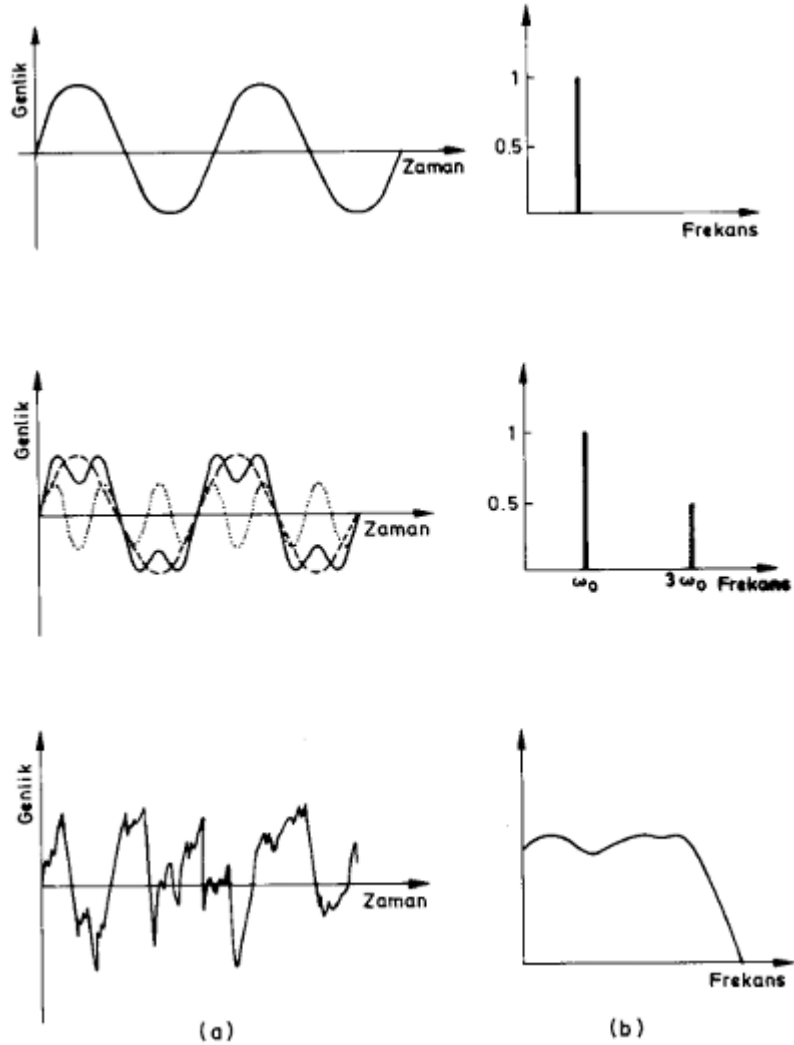
ARI SES (SAF TON): Basit harmonik ses basıncı değişiminin yarattığı sestir

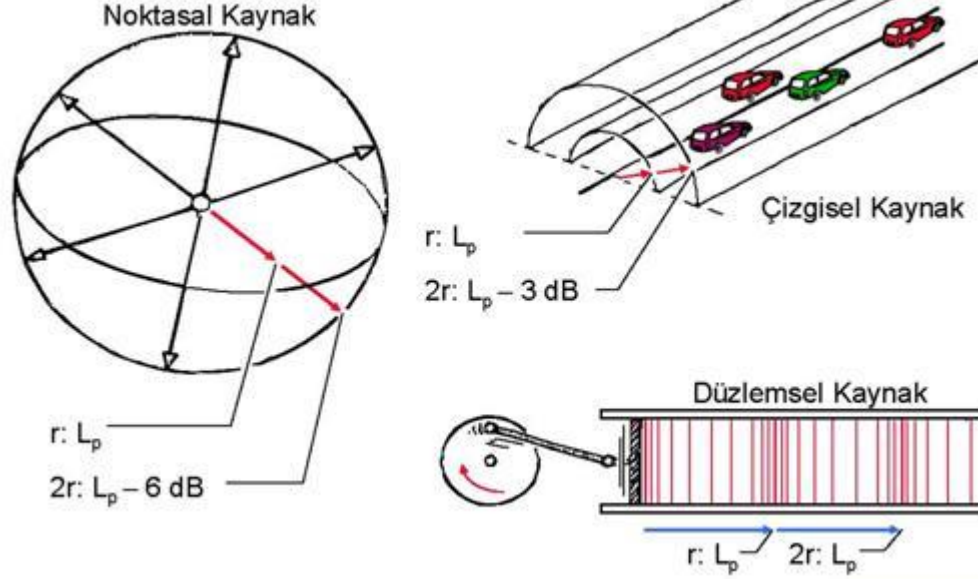
PERİYODİK SES: Değişik frekanslardaki iki ya da daha çok arı sesin birleşmesi sonucunda oluşan sestir
(periyodik sesler, kendilerinin oluşturan arı seslere ayrılabilirler)

KARMAŞIK (KOMPLEKS) SES: Harmonik ya da periyodik olmayan sesler

Frekans Dağılımı Eğrisi (Frekans Spektrumu)

- Periyodik sesler kendilerini oluşturan harmoniklere ayrılabilđi gibi, periyodik olmayan karmaşık sesler de sonsuz sayıda harmonik fonksiyonun toplamı şeklinde düşünülebilir
- Bir sesin, kendisini oluşturan harmoniklerine ayrılması ve her frekanstaki fonksiyonun katkısını simgeleyen bir büyüklüğün frekansın fonksiyonu olarak çizilmesiyle elde edilen eğriye **Frekans Dağılımı Eğrisi (Frekans Spektrumu)** denir

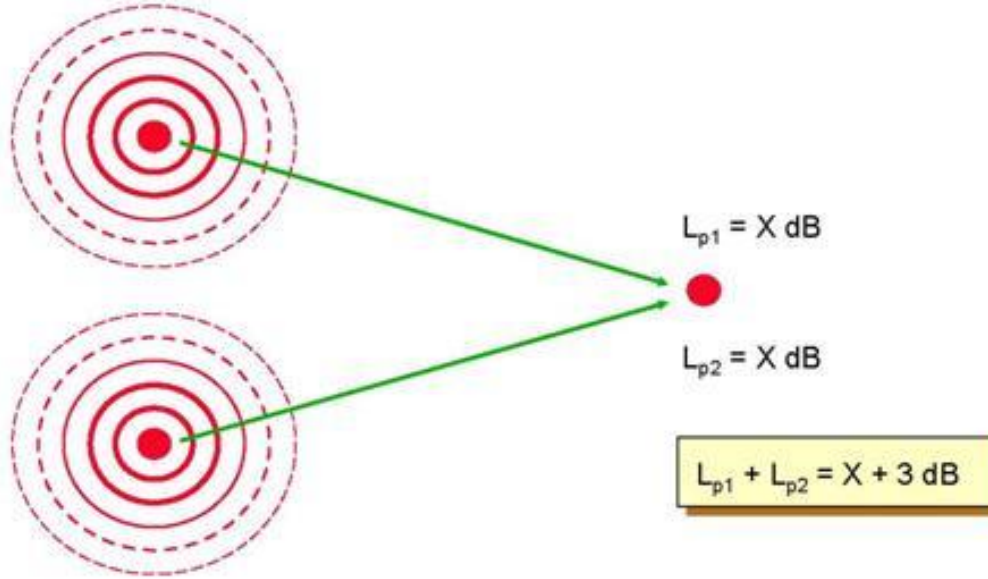




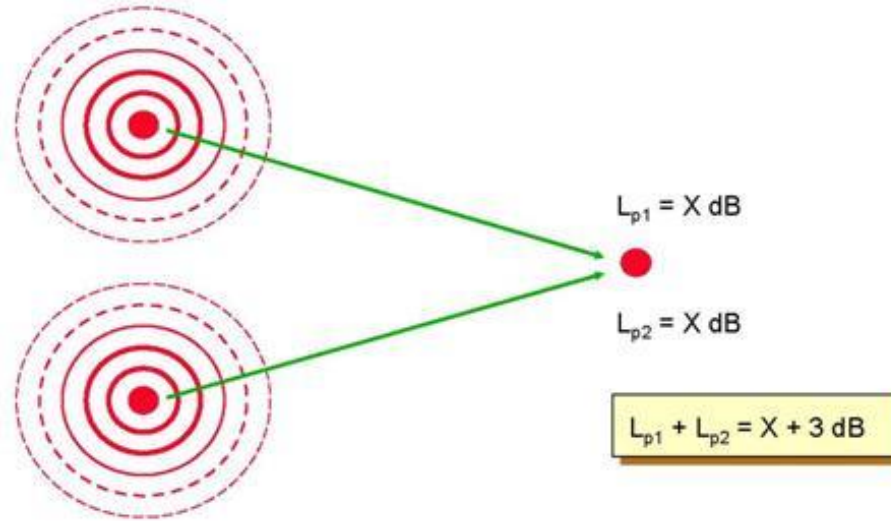
• **Noktasal Ses Kaynağı** yayılan sesin basıncı, kaynaktan uzaklık iki katına çıktığında yarıya düşmektedir. Bu düşüş ses basınç düzeyinde 6 dB'lik bir azalmaya karşılık gelmektedir.

• İçerisinde sıvı taşıyan bir boru veya trafik gürültüsü ile örneklenebilen **Çizgisel Kaynakta** yayılan ses basıncı, kaynaktan uzaklık iki katına çıktığında yaklaşık olarak 3dB düşüş göstermektedir.

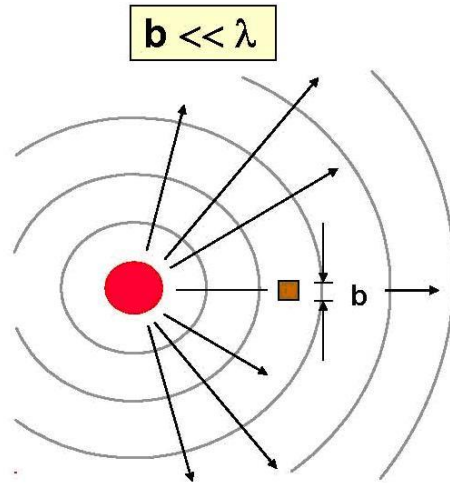
• **Düzlemsel Kaynak** prensip olarak enerji yayan bir piston ve meydana gelen düzlemsel dalgaların içinde ilerlediği bir tüpden oluşmaktadır. Tüpün çeperlerinde enerji kaybı olmadığı varsayılırsa, tüp içerisinde akmakta olan enerji, yani ses şiddeti, kaynağa olan uzaklıktan bağımsızdır. Ses şiddetinin tüpün her noktasında aynı olması sebebiyle, ses basınç düzeyi kaynaktan uzaklaşılmasına rağmen azalmamaktadır.



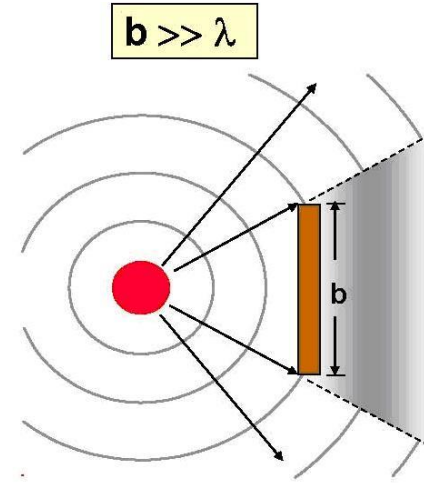
•İki ses kaynağı, ses enerjisi ürettiklerinde, kaynaklardan uzak noktalardaki ses basınç düzeyi değerine de katkıda bulunmuş olurlar. Eğer kaynakların her ikisi de aynı düzeyde enerji üretiyorsa ve kaynakların her ikisine de eş uzaklıkta bir nokta söz konusu ise, bu noktadaki ses şiddeti, tek bir kaynağın o noktada oluşturacağı ses şiddetinin iki katı olacaktır.



- Ses şiddeti, ses basıncının karesi ile doğru orantılıdır, ses şiddetinin iki katına çıkması, ses basıncının $\sqrt{2}$ katına çıkmasına ya da 3dB artmasına yol açacaktır.
- Ses kaynaklarının belirli bir noktada oluşturdukları toplam ses basıncının, kaynakların o noktada ayrı ayrı meydana getirdikleri basınçların numerik toplamı olmadığına dikkat edilmelidir. *Bunun sebebi, birden fazla kaynaktan gelen seslerin enerji düzeyinde birleşmeleridir.*
- Buradaki örnekte X değeri 50dB olmuş olsaydı, her iki kaynağın da çalışması durumunda toplam ses basınç düzeyi 53dB olacaktı.



Örnek:
 $b = 0.1 \text{ m}$
 $\lambda = 0.344 \text{ m} (\approx f = 1 \text{ kHz})$

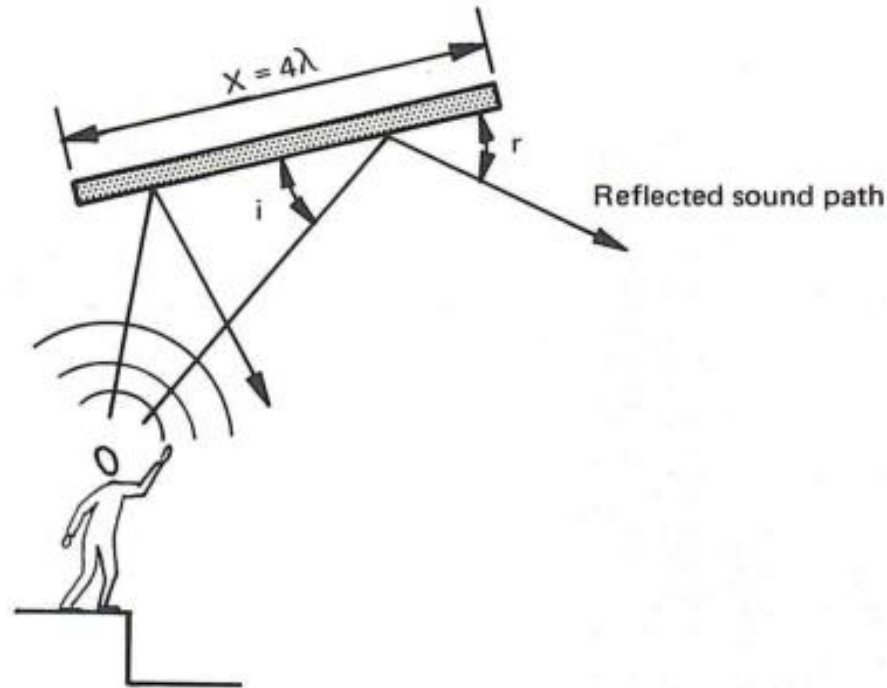


Örnek:
 $b = 1 \text{ m}$
 $\lambda = 0.344 \text{ m} (\approx f = 1 \text{ kHz})$

•Sesin yayılma alanı içerisinde bulunan nesnelere kırınım yolu açabilmektedir. Kırınımın etkisini hesaplayabilmek için engelin boyutlarının sesin dalgaboyuna oranını karşılaştırmak gerekmektedir.

•Engelin boyutları dalgaboyundan daha küçükse, sesin yayılmasına bir engel oluşturmaz. Eğer engelin boyutları sesin dalgaboyundan fazla ise gölgeleme denilen ve yukarıda da şematize edilen olay meydana gelmektedir.

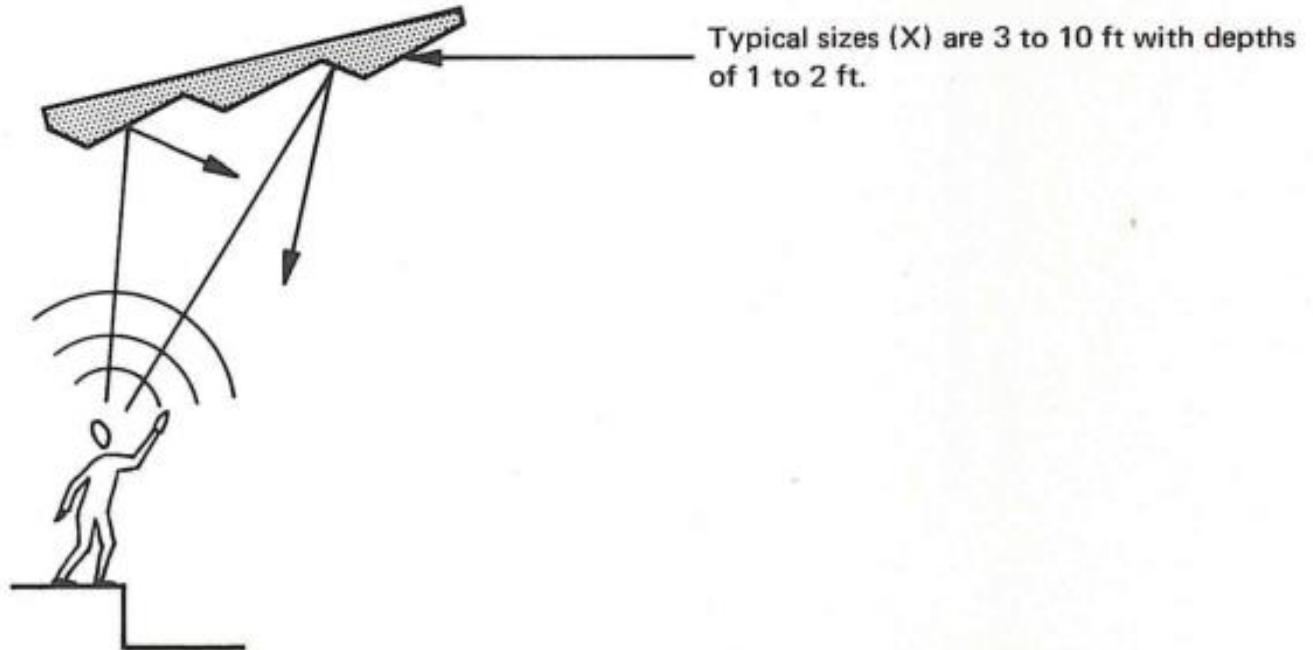
● Reflection



Reflection is the return of a sound wave from a surface. If the surface is large compared with the wavelength of sound, the angle of incidence "i" will equal the angle of reflection "r." For example, 1000 Hz corresponds to a wavelength of 1 ft so surface dimensions (length & width) of about 4λ or 4 ft will reflect sound at 1000 Hz and above.

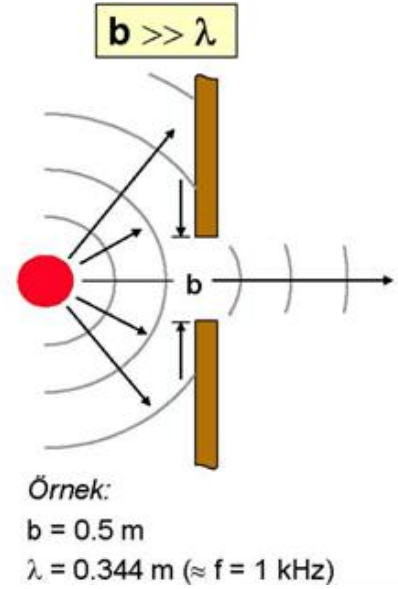
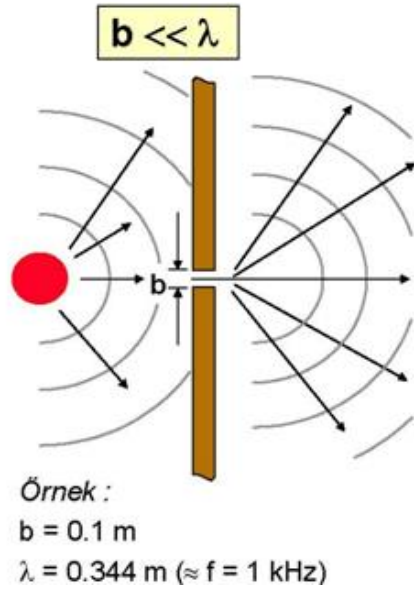
$$X \geq 4\lambda$$

● Diffusion



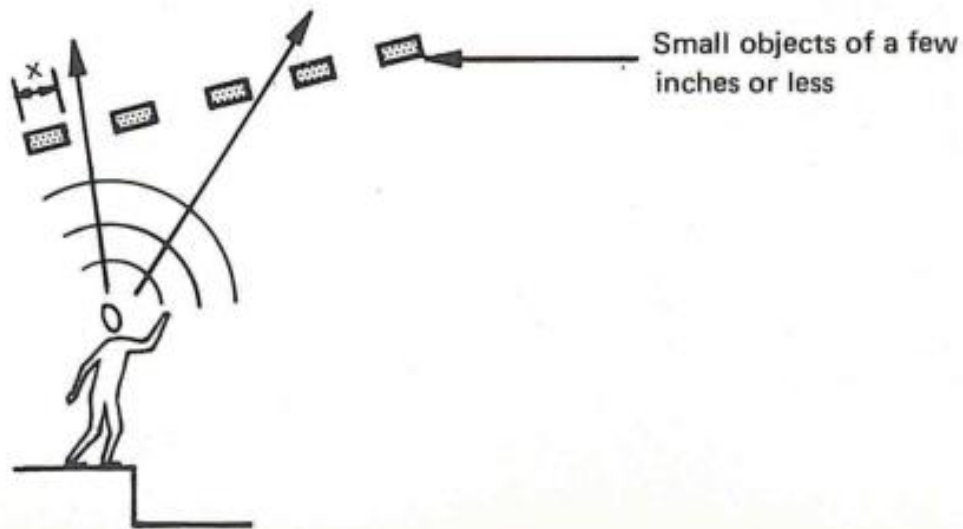
$$X = \lambda$$

Diffusion is the scattering or random distribution of a sound wave from a surface. It occurs when the surface size equals the wavelength of sound. Diffusion does not “break up” sound—sound is not fragile or brittle! It merely changes its direction when it strikes a hard-surfaced material.



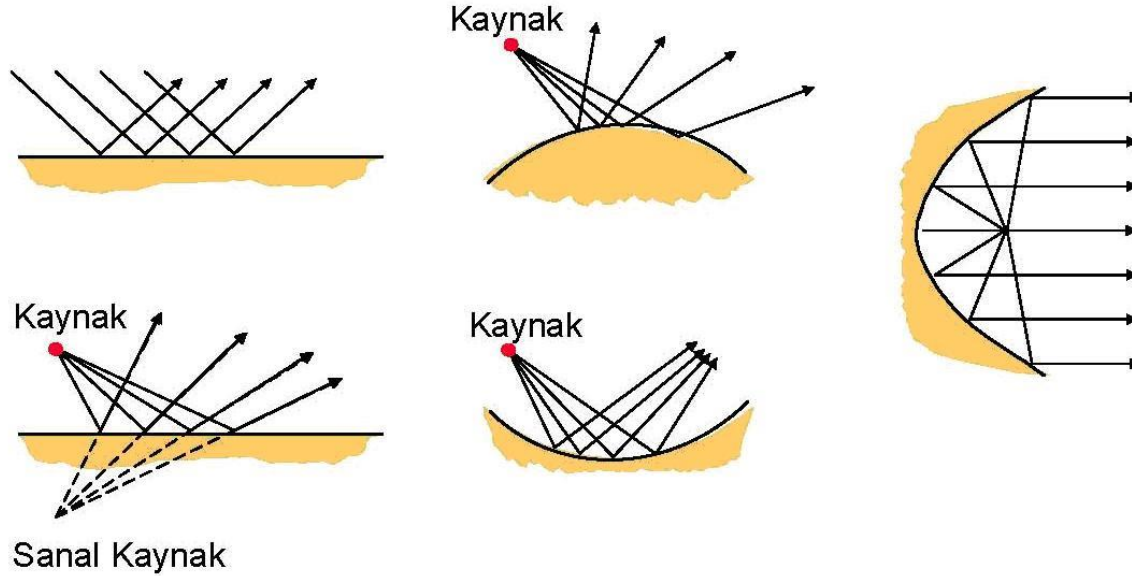
- Kırınma, sesin bir aralıktan geçerken yön değiştirmesi olayıdır. Eğer aralığın genişliği sesin dalgaboyundan daha küçükse, ses bu aralığın çıkışında gerçek bir kaynağıymış gibi davranır ve her doğrultuda ses yayar.
- Aralığın genişliği sesin dalgaboyundan daha fazlaysa bu durumda ses herhangi bir etkiye uğramadan yoluna devam edecektir.

● Diffraction



$$x < \lambda$$

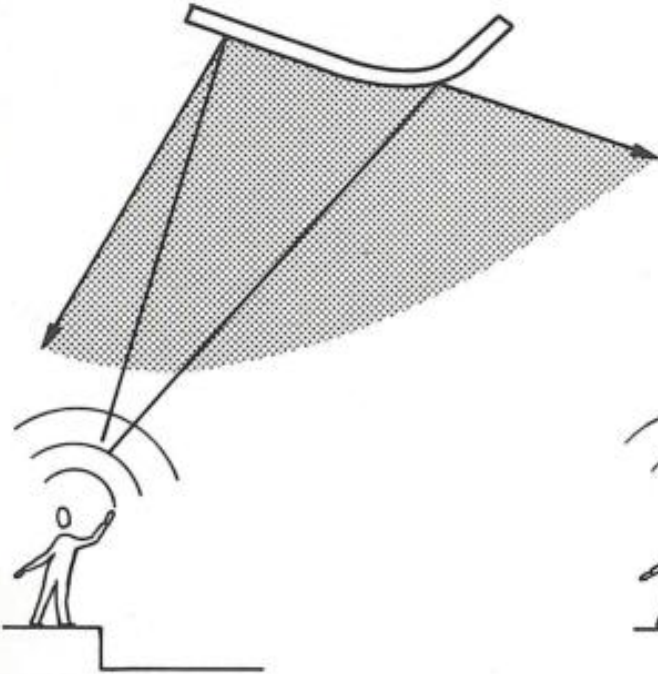
Diffraction is the bending or “flowing” of a sound wave around an object (or through an opening). For example, a car concealed by a building can be heard even when it cannot be seen—the sound bends around the corner!



•Ses, dalgaboyundan daha büyük engellere çarptığında yansıma meydana gelir. Engelin ses yutma özelliği yoksa, yansıyan ses enerjisi gelen ses enerjisi ile hemen hemen aynı enerji düzeyinde olacaktır. Çınlanım odalarının tasarlanmasında bu özellikten faydalanılmaktadır.

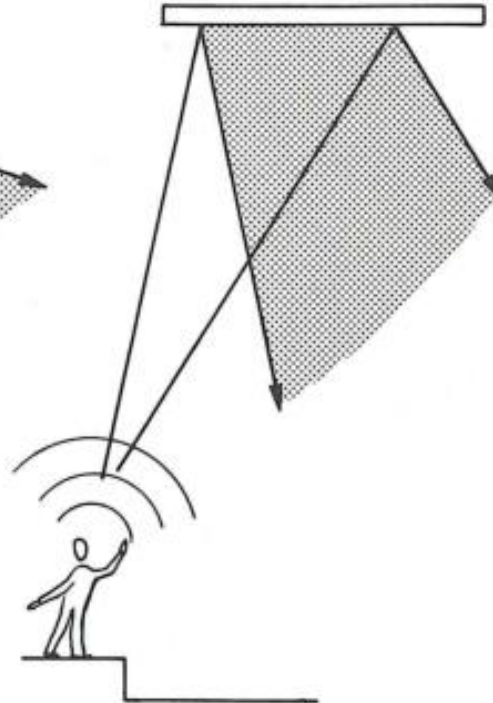
•Ses yutma özelliği çok yüksek olan engellerde ise hemen hemen hiç yansıma meydana gelmediğinden yankısız veya sessiz odalarda bu tür malzemeler kullanılmaktadır.

Convex reflector:



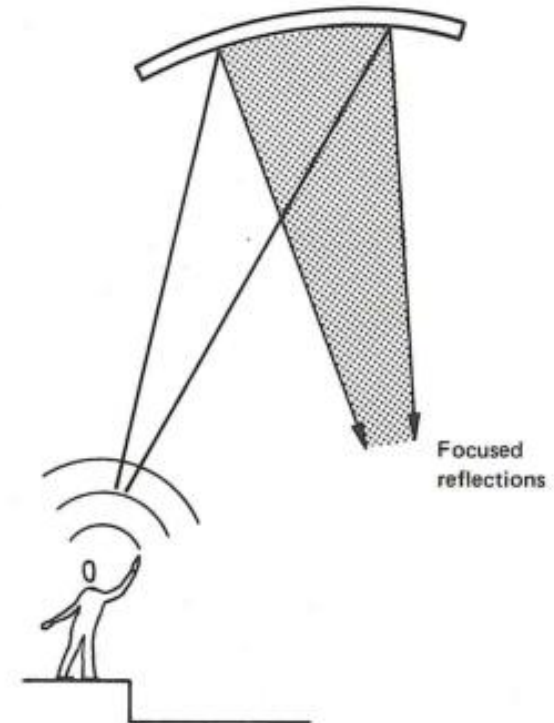
● Best

Flat reflector:

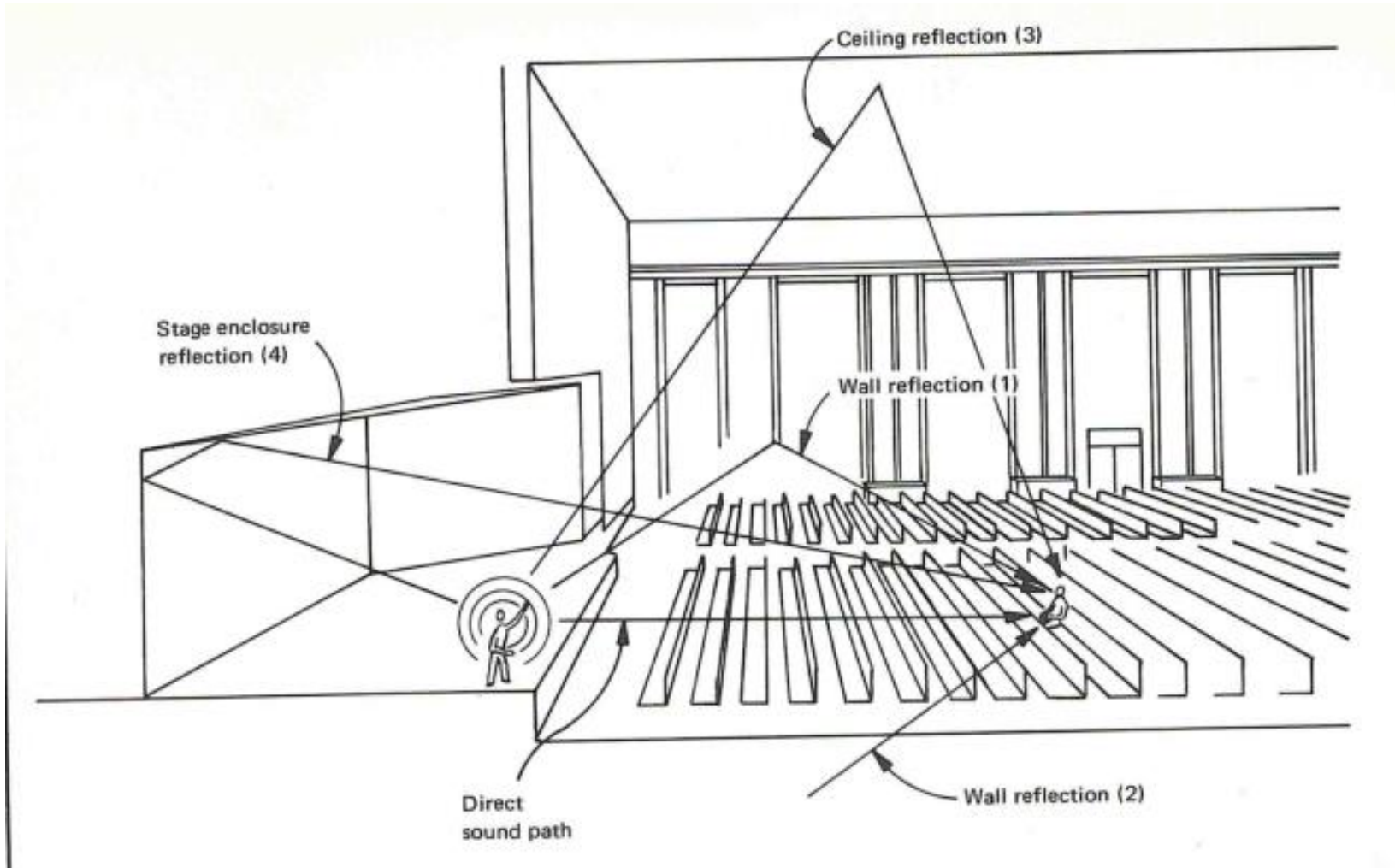


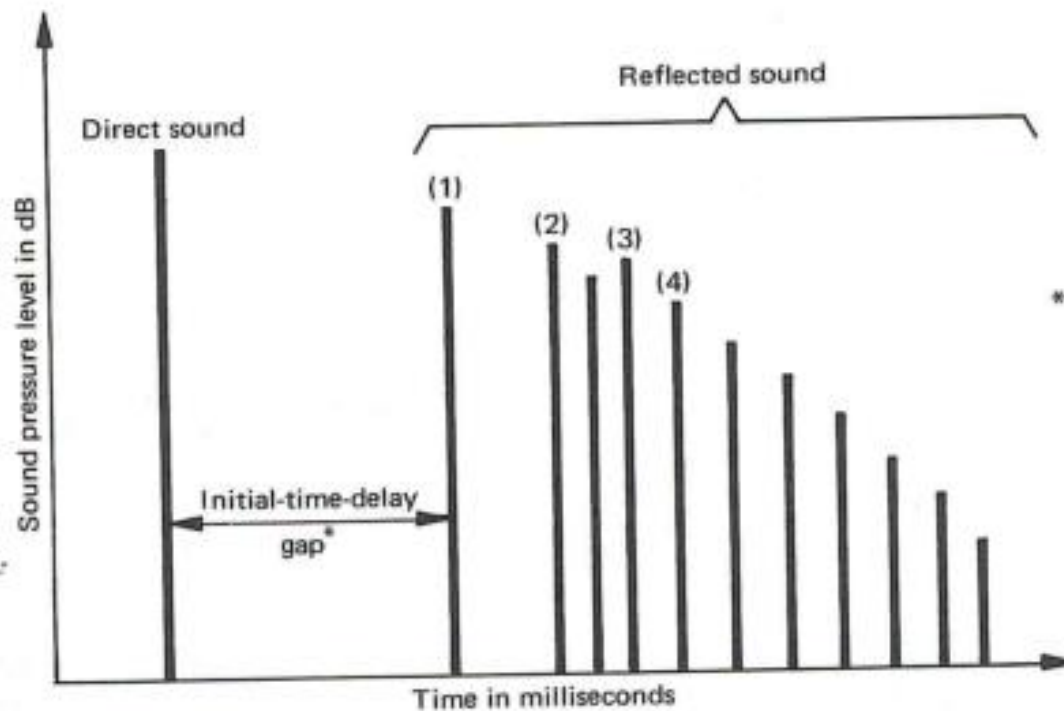
● Good

Concave reflector:



● Poor

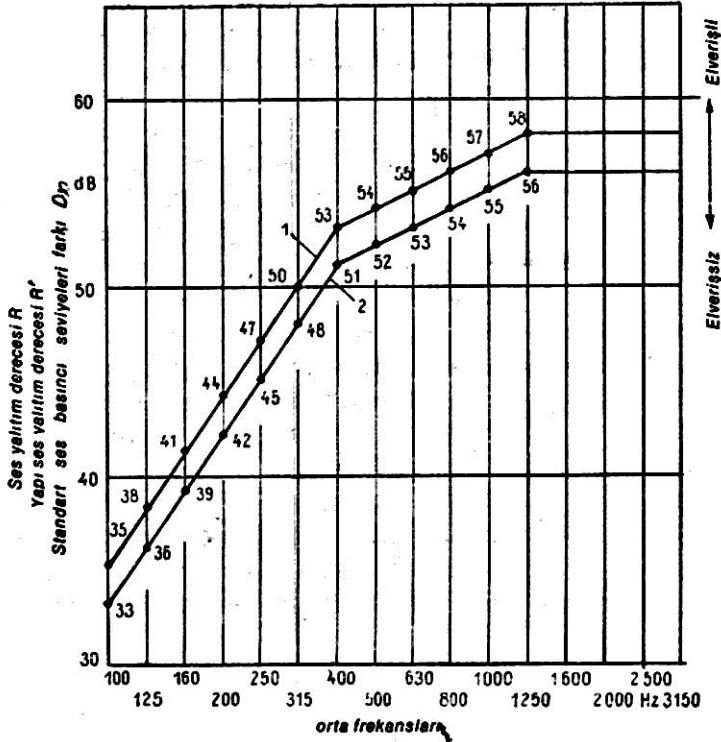




* The initial-time-delay gap should be less than 30 milliseconds (path diff. ≤ 34 ft) for good listening conditions.

Hava doğuşumlu ses





Yandaki grafik ses yalıtımı için kullanılan kıstas (ölçü) eğrilerinin frekansa göre değişkenliğini göstermektedir. Bu kıstas eğrilerinin yukarı doğru aşılması elverişli, olumlu sapmaları; aşağı doğru aşılması ise elverişsiz ve olumsuz sapmaları belirtir

İki ayrı eğri arasında 2 dB tutarında bir fark vardır.

1 no.lu eğri laboratuvar şartları altında yan yollardan sesin geçmediği hallerde ses yalıtımı ölçüleri için geçerlidir. 2 No.lu eğri ise daha yumuşak ve esnek talepler için yan yollardan ses aktarılması ile birlikte yapı ses yalıtım değerleri için geçerlidir.

- **Deliklerden ve aralıklardan geçiş**

Örneğın kapı altı aralıkları, iyi kapanmamış kapı ve pencereler, türlü delikler vb.

- **Ses titreşimlerinin molekülden moleküle geişı**

Bu geçiş biçimi ısının özellikle katı cisimlerde yayılmasına benzer (*iletim yolu ile yayılma*). Ses enerjisi bu yolla havadan katı cisimlere ve katı cisimlerden havaya geçerken çok büyük kayba uğrar. Bu nedenle, bu geçiş biçimi hemen hemen hiç bir zaman hesaba katılmaz.

- **Cidar (bölme) titreşimi ile geçiş**

Bu geçiş biçimi ses yalıtımında çok büyük önem taşır. Bu geçiş biçiminde ses titreşimlerinin hava basıncında oluşturduğu ufak değışimler, bölmeyi (*duvar, döşeme vb.*) bütünü ile titreştirir. Bu titreşimlerin genliğı çoğu kez gözle görünmeyecek kadar küçüktür. (*Kalın sesli ve güçlü gürültülerin camları titreştirdiğini herkes bilir*). Böylece bütünü ile titreşen bölme, öbür yandaki havayı da, bir hoparlör membranı gibi aynı frekansta titreştirir ve ses böylece geçmiş olur.

- **Dolaylı geçiş**

Betonarme döşemeler ve perdeler gibi sürekli ve esnek cidarlarda bu dalgalanma cidar boyunca yayılabilir. (*Cidar dalgalanma öz frekansı ile cidarı dalgalandıran frekansın rastlaşması durumunda bir rezonans olayı da söz konusu olabilir*). Böylece ses titreşimleri yalnız komşu mekan değıl, daha uzaktaki mekanlara da geçebilir. Buna, dolaylı geçiş denir. Mamafih bu tür geçişte genellikle 50 dB bir kayıp söz konusudur ve bu nedenle çok özel durumlar dışında bu tür geçiş de pek hesaba katılmaz.

Sesin yutulması ve yalıtımı

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

Bir yüzeyde yutulan ses enerjisi, bu yüzeyden geri dönmeyen ses enerjisidir, ve bir oranla 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/cm² cinsinden ses enerjisinin böyle bir yüzeyden ancak yarısı geri döner. Bu büyük bir yutuculuktur. Oysa aynı perdenin aynı gürültü için ses yalıtım değeri en çok 3 dB dir. Ses yalıtım değeri olarak bu anlamsızdır. Çünkü sıradan bir ses yalıtımında genellikle 40~45 dB bir azalma söz konusu olur.

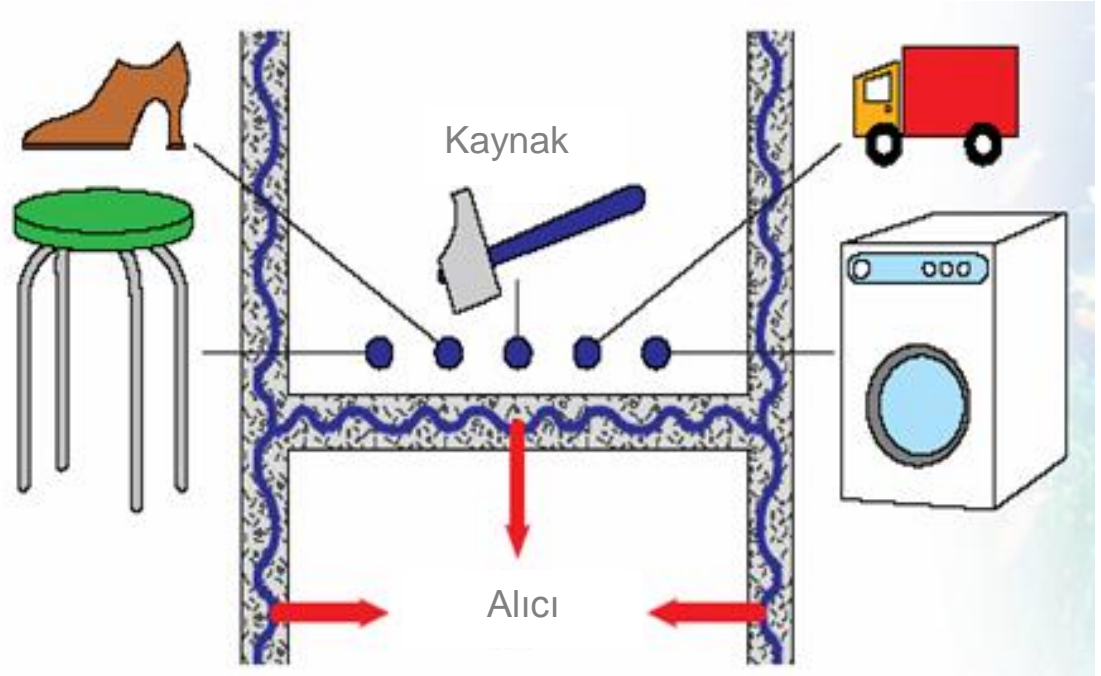
Demek ki ses yutucu malzemelerle ses yalıtımı yapılamaz. Bu, sürekli olarak yinelenen en büyük yanlışlardan biridir.

(Kalın kumaştan yapılmış bir perdenin büyük oranda ses yutucu olduğu, fakat bu perdenin arkasında bulunan bir kişinin de herşeyi rahatça işitebileceği herkesçe bilinen bir gerçektir.)

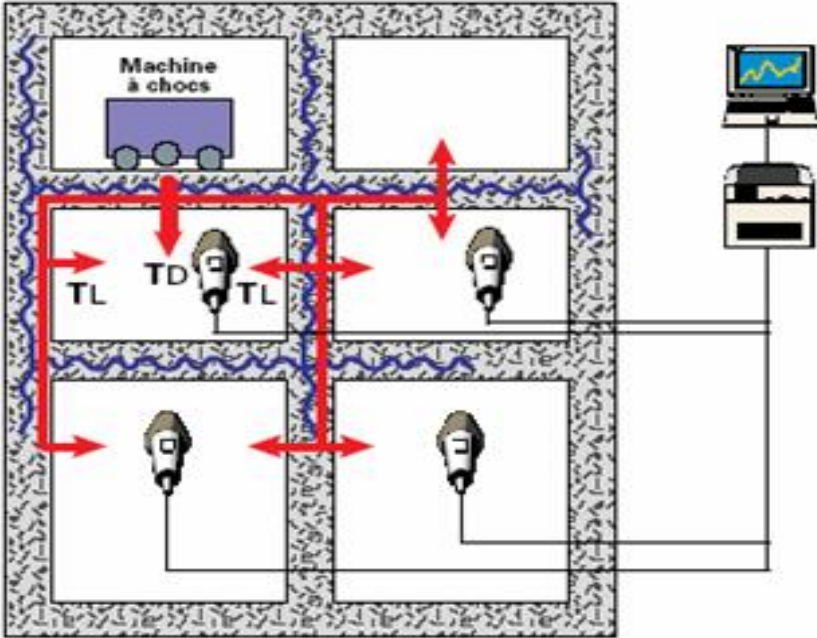
Darbe doğuşumlu ses yalıtımı



- Kaynak
- İletim
- Alıcı



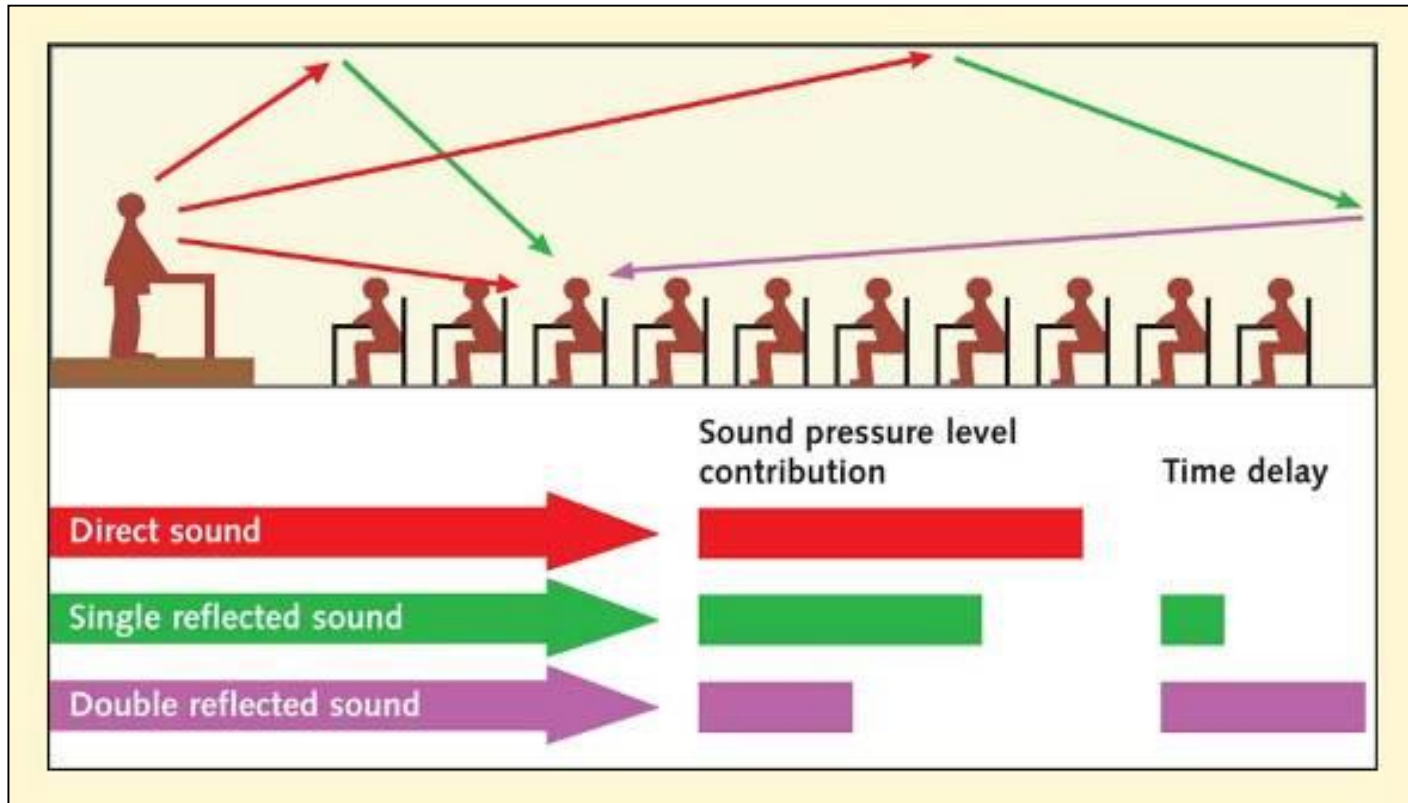
Darbe sesi yalıtım ölçümü



IIC, $L_{nT,w}$

Darbe yalıtım sınıfı (IIC); bir ortamın darbe kaynaklı ses iletim performansının ölçüsüdür ve birimi dB'dir.

Kaynak odanın döşemesinde bir darbe kaynağı vasıtası ile 125-4000 Hz. frekans aralığında sesler üretilerek hem kaynak odadaki hem de alıcı odadaki ses basınç seviyeleri ölçülür.

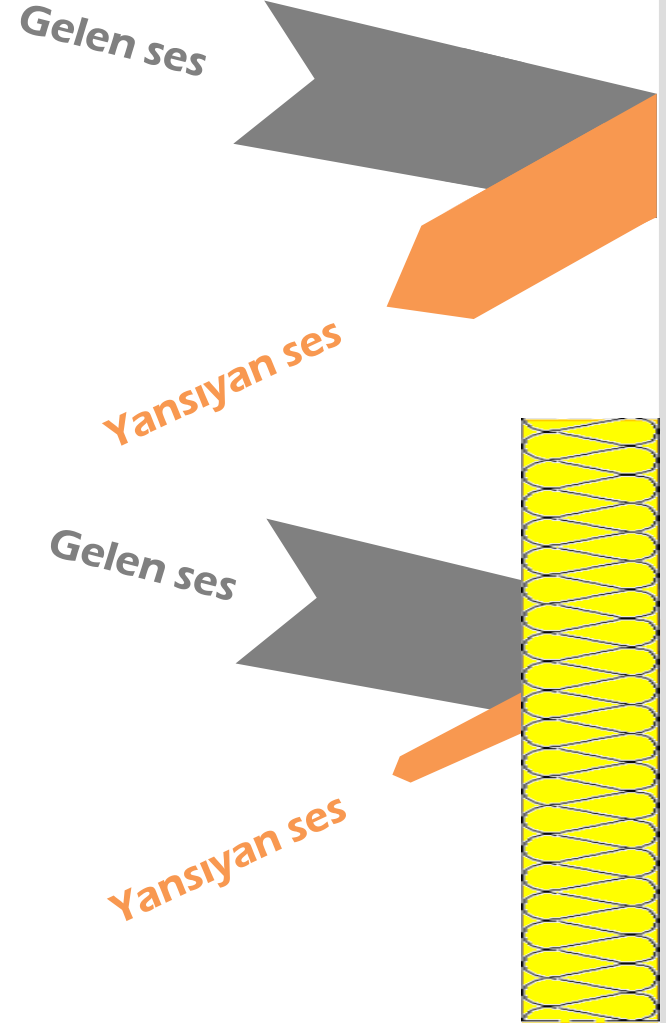


Ses yutumu nedir?

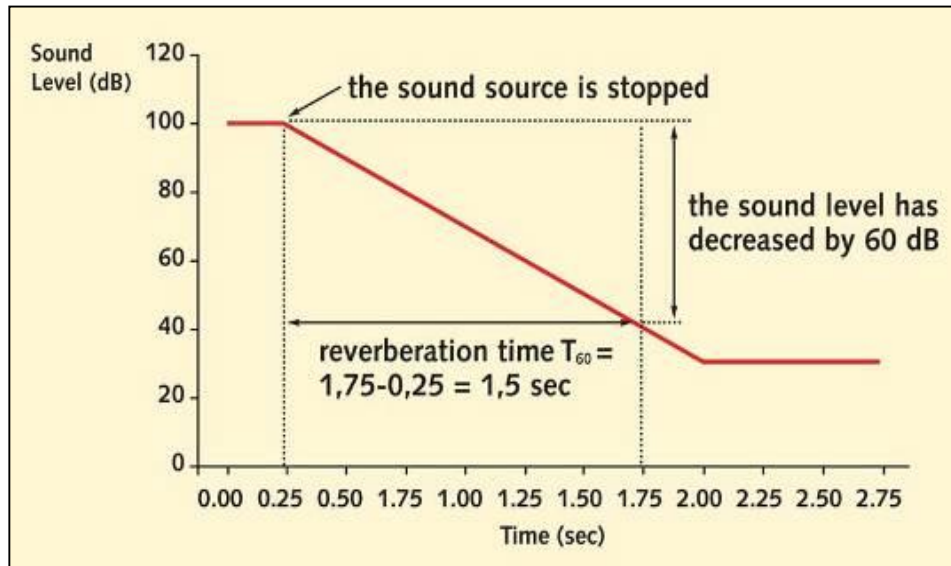
Yansımaya ve yutma

Ses sert yüzeylere çarptığı zaman neredeyse aynı düzeyde yansır.

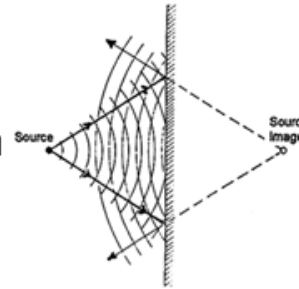
Ses mineral yün gibi pürüzlü bir malzeme yüzeyine çarptığında çoğunlukla yutulur.



Yankıma süresi nedir?



Reverberasyon süresi; bir hacmin akustik performansını belirleyen kriterlerden birisidir. Hacim içerisinde faaliyette olan bir ses kaynağının susmasından itibaren ses düzeylerinin 60dB değerine düşmesine dek geçen zamandır. Birimi saniye (sn)' dir.



Farklı yankıma süreleri?

Oda tipi	İstenilen T_{60} [s]
Oturma odası	0,5
Sınıf	0,5-1,0
Sinema	0,7-1,0
Küçük konser salonu	1,2-1,5
Opera	1,2-1,6
Büyük konser salonu	1,7-2,3
Kilise	1,5-5,0

$$T = \frac{1}{6} \cdot \frac{V}{A} \quad [s]$$

$$A = \sum S \cdot \alpha \quad [m^2]$$

V = oda hacmi [m^3]

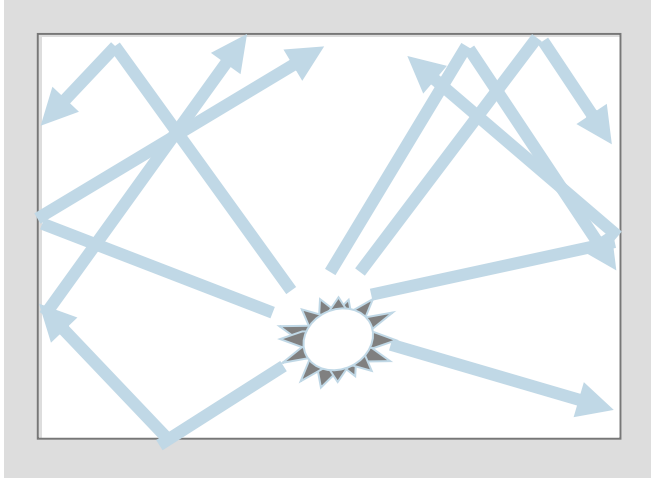
S = farklı yüzey alanları [m^2]

α = farklı yüzeylerin yutuculuk değeri





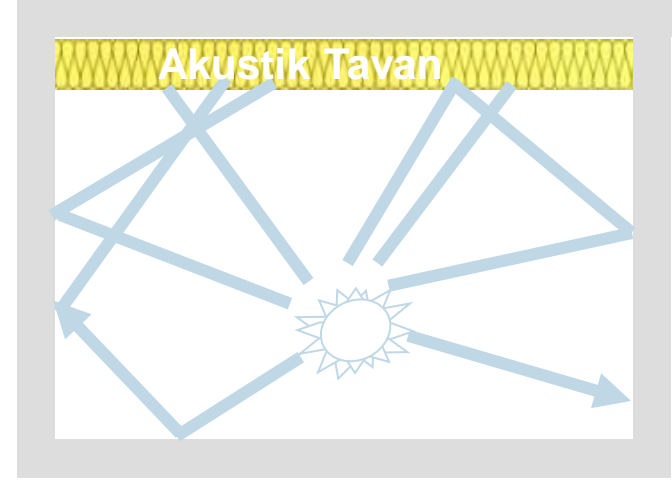
$A = 5,4 \text{ m}^2$



146 m³ (2,7 x 6 x 9) hacminde bir odamız var. Toplam yutucu yüzey alanı 5,4 m².

Yankıma süresi
4.5 saniye.

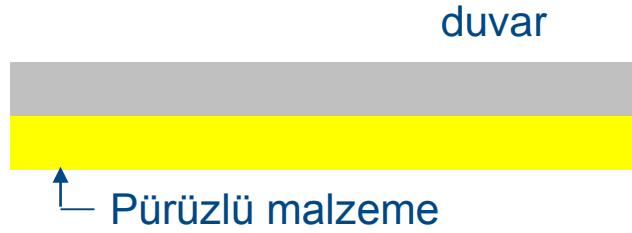
$A = 14,3 \text{ m}^2$



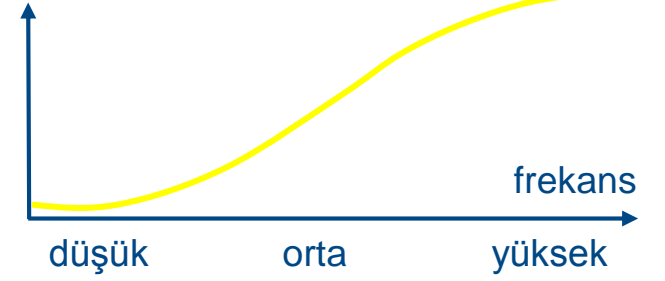
19,8 m²lik toplam alanın 14,3 m² si yutucu akustik tavan ile kaplanıyor.

Yankıma süresi
1.2 saniye.

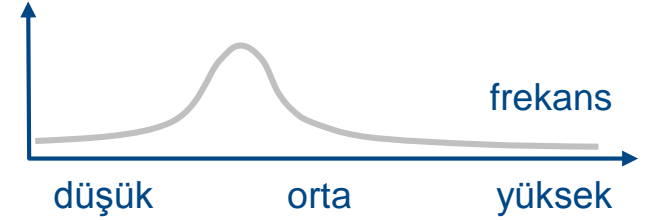
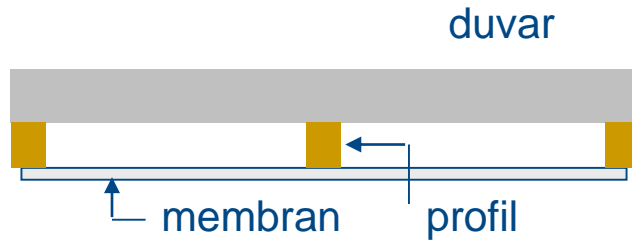
Açık pürüzlü malzeme



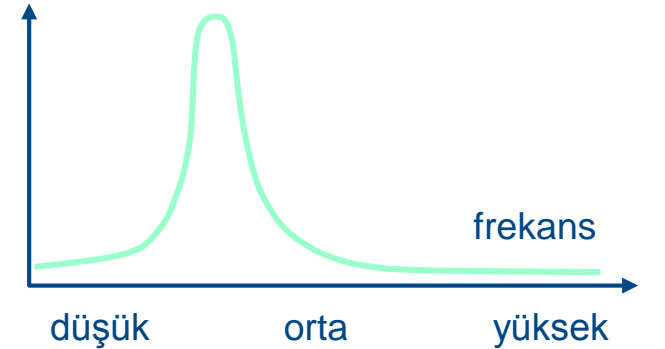
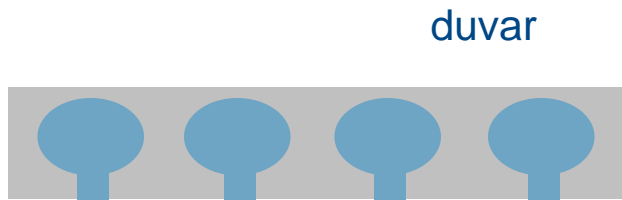
Ses Yutum katsayısı α_s



membran



rezonatör



- Bu tür malzemelerin bünyelerindeki boşluklar ve havanın geçebileceği geçiş yolları bulunmaktadır. Açık gözenekli yapıya sahip olan ses yutucu malzemelere, ses nüfuz ettiğinde bu iç boşluklara doğru ilerler.
- Ses enerjisinin bir kısmı; bu boşluklarda ilerlerken sürtünme ve malzemelerdeki küçük elyafların titreşimi nedeniyle ısı enerjisine dönüşerek kaybolur.

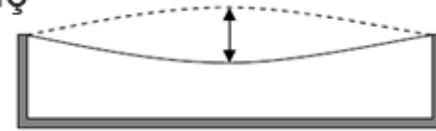


- Ses dalgasının malzeme bünyesine nüfuz ettiği oranda yutulan ses enerjisi de artar. Kapalı gözenekli malzemelerin ise ses yutma değerleri düşüktür.
- Bu malzemelerin yutuculukları yüksek frekanslarda fazla, düşük frekanslarda ise azdır.
- İçinde hava bulunan gözenekli malzemeler genellikle mükemmel ses yutuculardır. Bu tür ürünlere cam yünü, taş yünü, süngerler, ahşap yünü ve kauçuk köpüğü örnek olarak verilebilir.

B. Membran ses yutucular

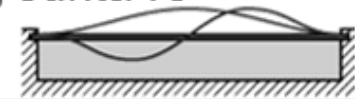
■ Düşük kalınlıklarda uygulanan bu tür malzemeler; kapalı gözenekli ve hava geçirimsizlerdir. Ses dalgaları bu tür bir ses yutucuya çarptıklarında, malzemenin membran gibi davranarak titreşmesine neden olur.

■ Ses enerjisinin bir kısmı, titreşen membranın iç sürtünmesi ve etrafındaki havanın sıkışmaya karşı göstermiş olduğu direnç nedeniyle ısı enerjisine dönüşerek kaybolur.

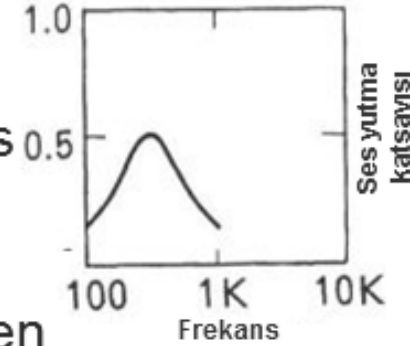
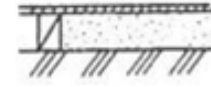


■ Düşük frekanslardaki seslerin yutulmasında kullanılan membran tipi ses yutucu malzemelerde meydana gelen titreşimlerin yapı malzemesine iletilmemesi için membranlar ile yapı malzemesi arasında hava boşluğu bırakılmalıdır.

■ Destek elemanlarına esnek örtülerin gerilmesi veya rijit panellerin duvarla arasında yeterli mesafe kalacak şekilde profillerle sabitlenmesiyle uygulanırlar. Bu tür ürünlere; alçı, sunta ve plywood örnek olarak verilebilir.

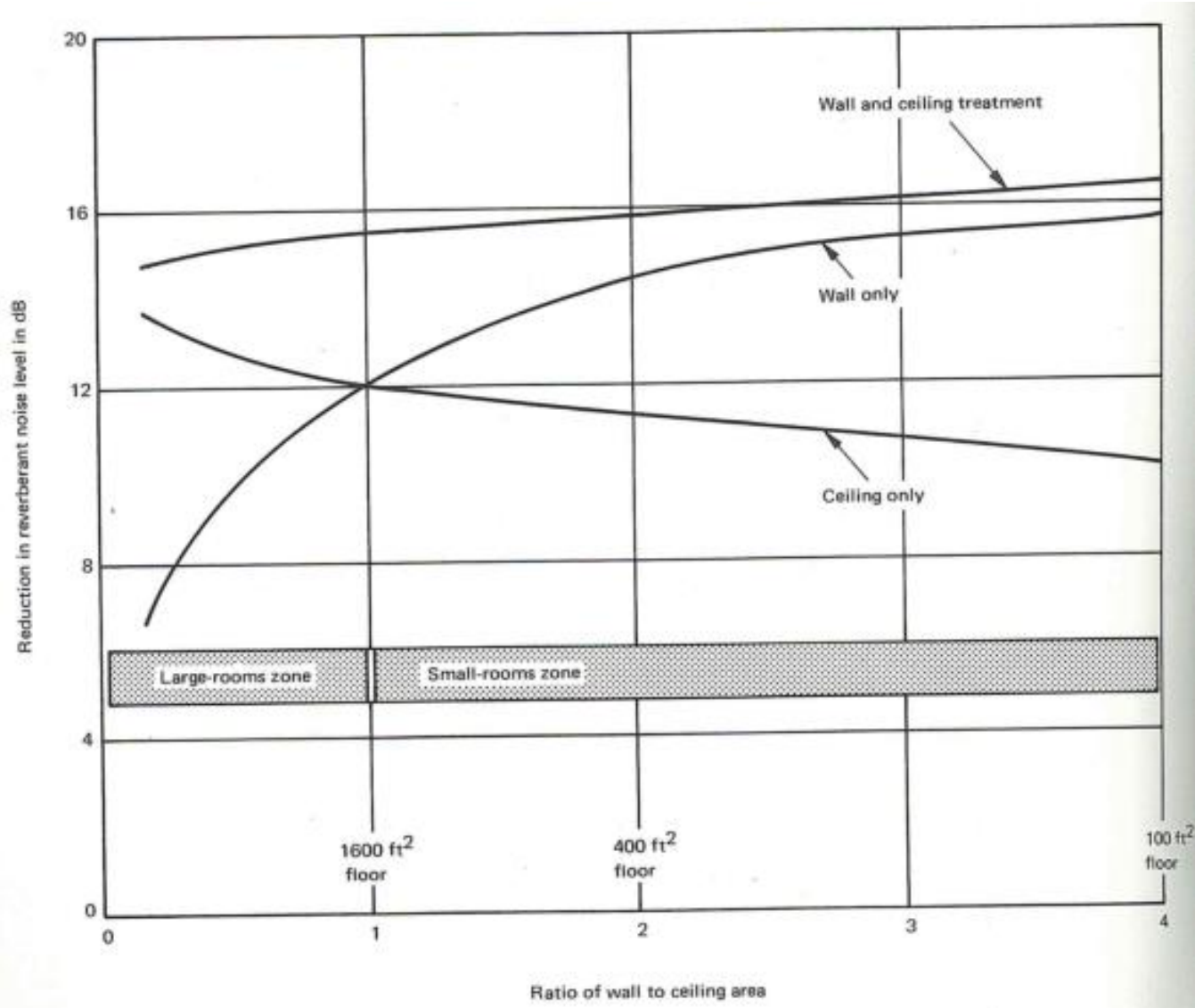


- Bu tür malzemeler geniş frekans aralığındaki seslerin yutulmasında performans sağlamazlar. Membran türü ses yutucuların ses yutma katsayısı, malzemenin rezonans frekansıyla kesişen düşük frekans aralığında en üst seviyeye ulaşır.
- Pratikte bu tür ürünlerin ses yutma katsayıları genellikle 0,5'den daha yüksek olmaz.



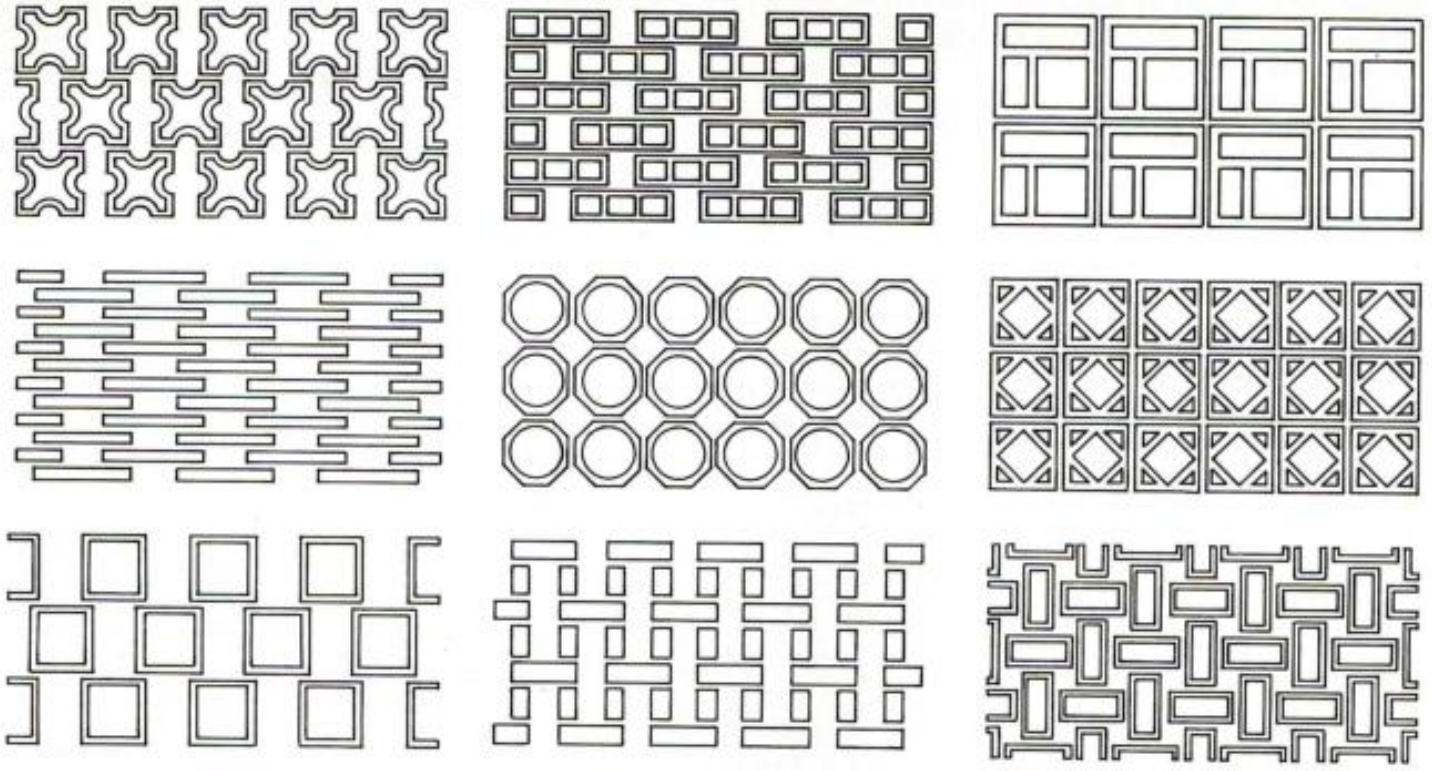
SOUND ABSORPTION: Relative Effectiveness of Wall and Ceiling Absorption Treatment

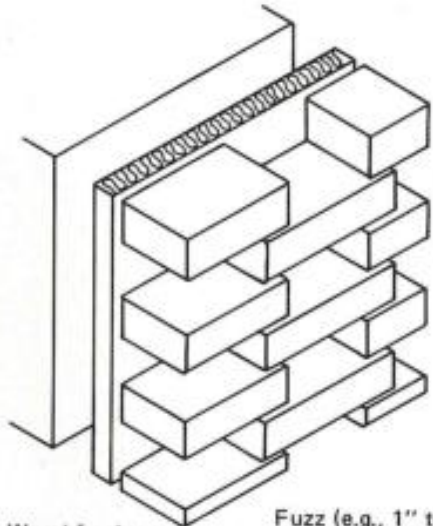
Noise control and reverberation control treatments can be placed on any available surface; the important goal is to provide sufficient absorption. The examples below show that high-efficiency absorptive treatment of walls can be more effective in smaller rooms, whereas treatment of ceilings is more effective in larger rooms.



SOUND ABSORPTION: Open Facings to Protect “Fuzz” Wall Treatment

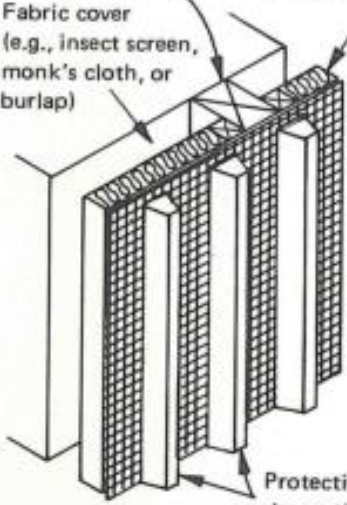
Surface area of facing should be at least 20% open for reverberation or room noise control, where high frequency absorption may not be critical. So many possibilities will satisfy these requirements that wall treatment is often limited only by the designer’s imagination.



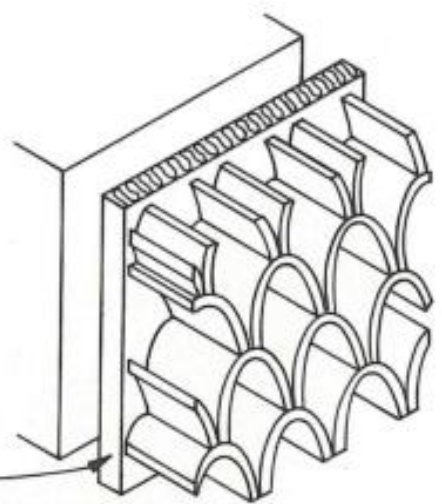
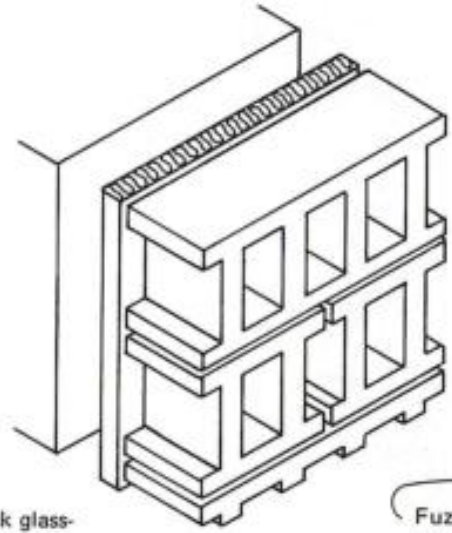


Wood furring
Fabric cover
(e.g., insect screen,
monk's cloth, or
burlap)

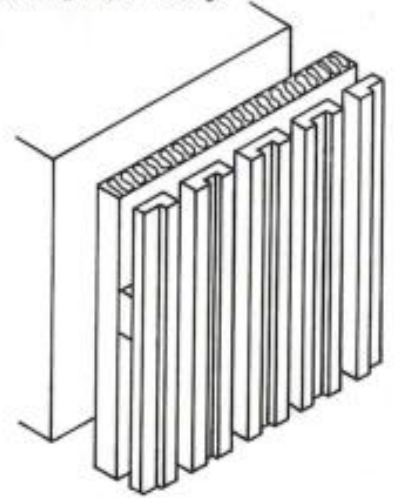
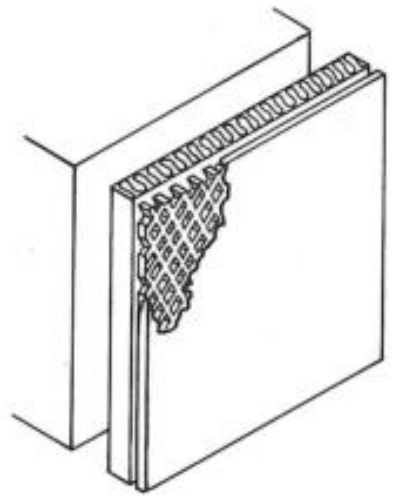
Fuzz (e.g., 1" to 2" thick glass-
fiber blanket)



Protective and
decorative wood strips



Fuzz and furring can be spray-painted black
w/nonbridging water-base paint to prevent
showing through open facings.



Bir malzemenin 250, 500, 1000 ve 2000Hz frekanslarındaki ses yutuculuk katsayılarının ortalamasına '**gürültü azaltma katsayısı**' (**NRC**) denir. NRC ses yutuculuk verimliliği indeksinin tek bir sayı ile ifadesidir. **Ürün seçimi NRC değerine göre yapılmaz.**

$$NRC = \frac{\alpha_{250Hz} + \alpha_{500Hz} + \alpha_{1000Hz} + \alpha_{2000Hz}}{4}$$

ASTM C 423

American Standard

“Akustik tavan”, “ses yutucu malzeme” gibi toptan niteleyici kavramların gerek iç mekan akustiğinde, gerek iç mekanda oluşan gürültülerin denetiminde bilimsel bakımdan pek bir anlamı yoktur. Bu gibi gereçler 125 Hz'den 4000 Hz'e altı frekanstaki yutma çarpanları ile nitelenmeli ve kullanılış alanları ona göre belirlenmelidir. Yani, önce azaltılacak gürültünün spektral analizi yapılmalı, hangi frekansların daha fazla yutulması gerektiği anlaşılmalı ve kullanılacak malzeme buna göre seçilmelidir.

Gözenekli geçirgen ses yutucuların ses yutma etkisi, hava partiküllerinin maddenin içindeki hareketi sırasında ses enerjisinin ısıya dönüşmesi yoluyla meydana gelir. Bu oluşumun ön şartı söz konusu maddenin yeterli bir gözenekli geçirgenliğe sahip olmasıdır.

Burada, ses yutucu etkinin en önemli şartlarından biri, gözenekli geçiren hacmin dışarıya açık olması şartıdır. Gözenekler açık ve birbiri ile bağıntılı olmalıdır. Kapalı gözenekli maddeler, örneğin polyüretan sert sentetik köpüğü gibi ısı yalıtımında uygun olsalarda ses emici olarak kullanışsızdırlar.

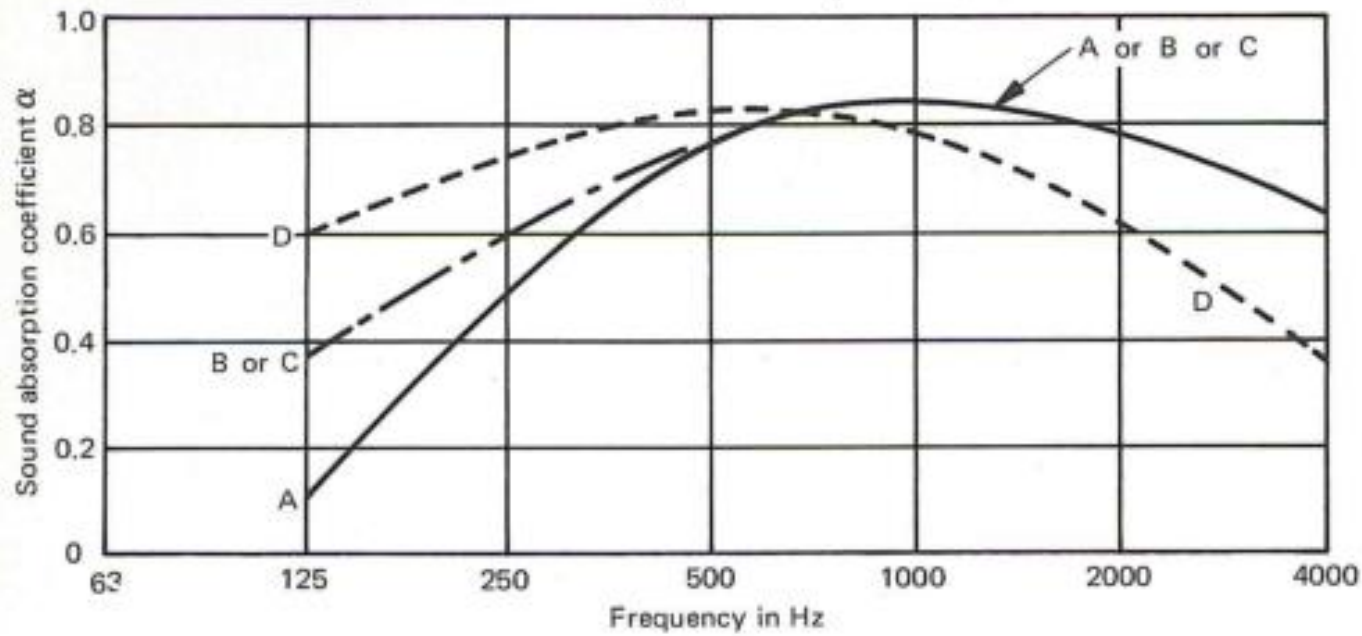
Gözenekli geçirgen maddelerin ses yutucu etkisinin, hava partiküllerinin maddenin içindeki hareketi sırasındaki sürtünme kaybı ile meydana geldiği söylenmiş idi.





Buna göre ses yutucu azami ses atılımının bulunduğu yere konursa, ses atılımının büyük olduğu alan dahilinde özellikle yüksek seviyede bir ses yutulmasının sağlanacağı beklenmelidir.

Azami ses atılımının bulunduğu alan daha önceki bölümlerde görüldüğü gibi ses geçirmez duvardan veya bunun tam sayılı çok katlarındaki mesafelerde bulunur.

① Basic types of sound-absorbing material

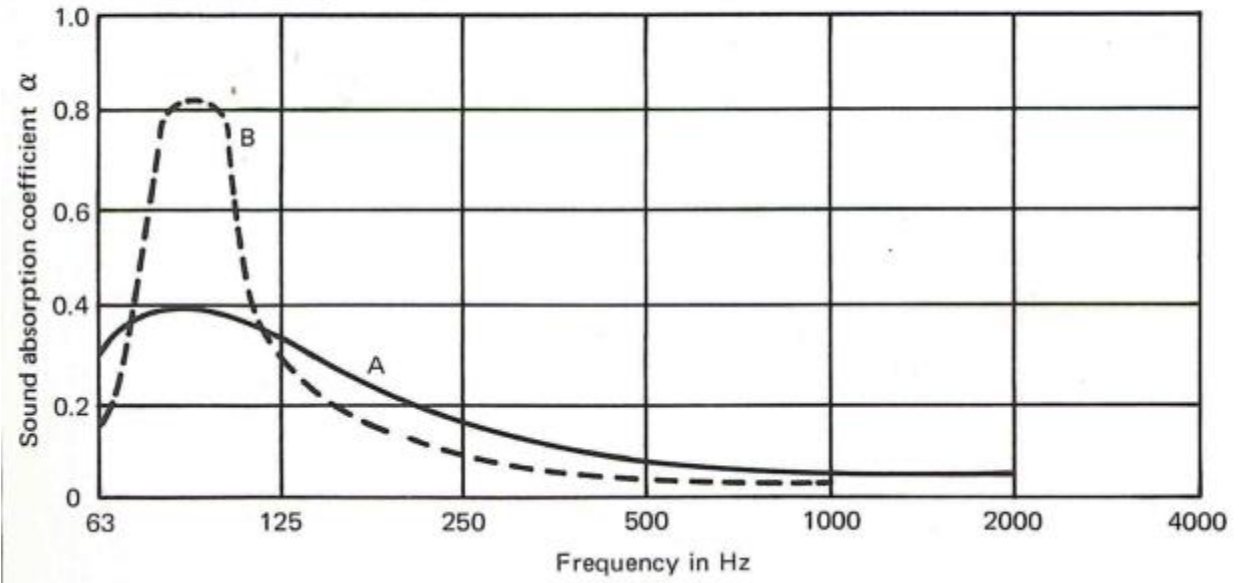
- Porous materials (convert sound energy to heat by friction)



- A Thin  ½" →
- B Thick  1½"
- C Thin over air space 
- D Thick w/perf. facing 

2. Specialized types of sound-absorbing material*

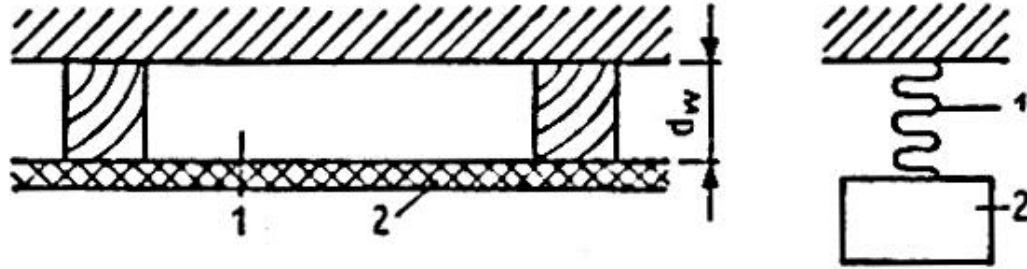
- Vibrating panels (convert sound energy to vibrational energy)



*Used to supplement porous absorption or to absorb specific low frequency sound.



- A With porous mat'l. in air space
- B Without porous mat'l.



Titreşimli levha prensibi, 1. Yay 2. Kütle

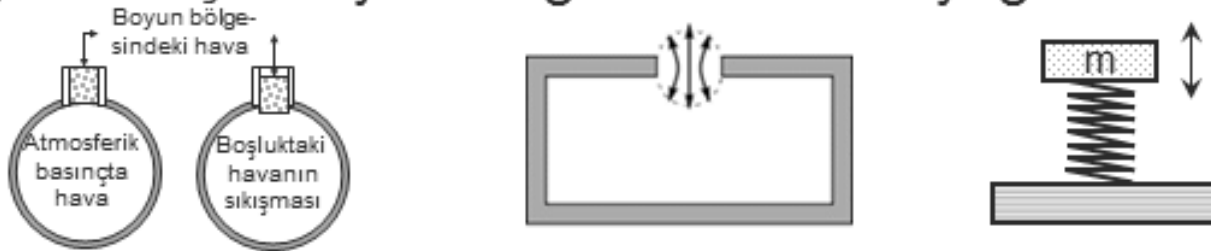
Bir eş titreşim emicisi olarak titreşimli levha prensibi

Titreşimi yapan rezonatör kütlesi olarak ince fakat yoğunluklu maddelerin örneğin sunta, alçıplaka, kontrplâk, sentetik deri gibi maddelerin uygun olduğu titreşen levha düşünülür. Yay olarak da levhanın arkasında kapalı bulunan hava hacmi görev yapmaktadır.

Eş titreşimli levhalar uygulamada alanında öncelikle dinleyici odalarındaki oda akustuğu tedbirleri içinde yankımanın ayarlanışında alçak ve orta frekans emicileri olarak yarar sağlarlar.

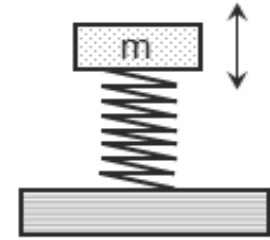
C. Rezonatör ses yutucular

- Rezonatörler; “yay” görevi gören bir hava boşluğu ve içerisinden havanın geçtiği, “kütle” görevi gören boyun bölgesinden oluşur.
- Gelen ses dalgası, boşlukta bulunan havanın basıncının artmasına ve sıkışmasına neden olur. Sıkışan boşluk havası başlangıç durumuna gelmek için boyun bölgesindeki havayı geri iter.



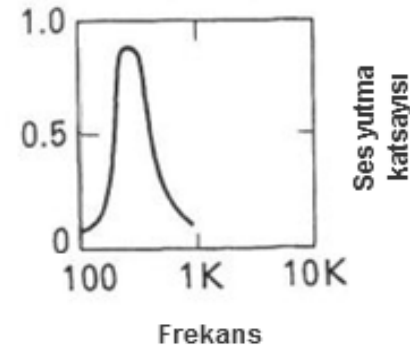
■ Geri itilen hava boyun bölgesinden bir miktar dışarı çıkar ve bu sebeple boşlukta bulunan havanın basıncı düşmesini sağlar. Boşluk bölgesinde basıncın düşmesi dolayısıyla dışarı çıkan hava tekrar içeri emilir. Bu şekilde boyun bölgesindeki hava yay üzerindeki kütleye benzer şekilde titreşir.

■ Havanın titreşmesi neticesinde ses enerjisinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşerek yutulur.

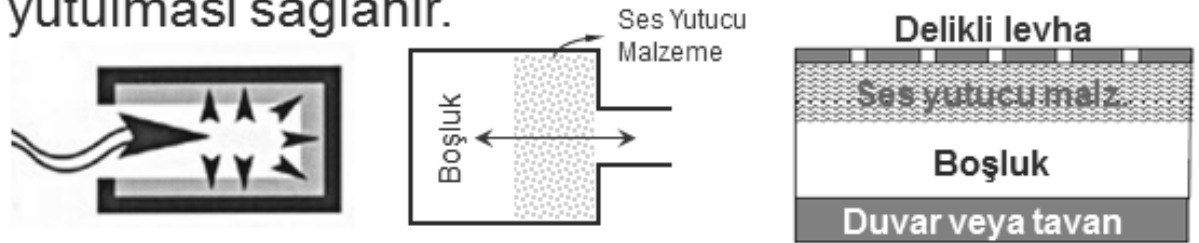


■ Genel olarak rezonatörler, düşük frekanslı seslerin yutulmasında kullanılırlar. Havanın rezonans frekansında titreşmesi durumunda maksimum ses yutumu sağlanır.

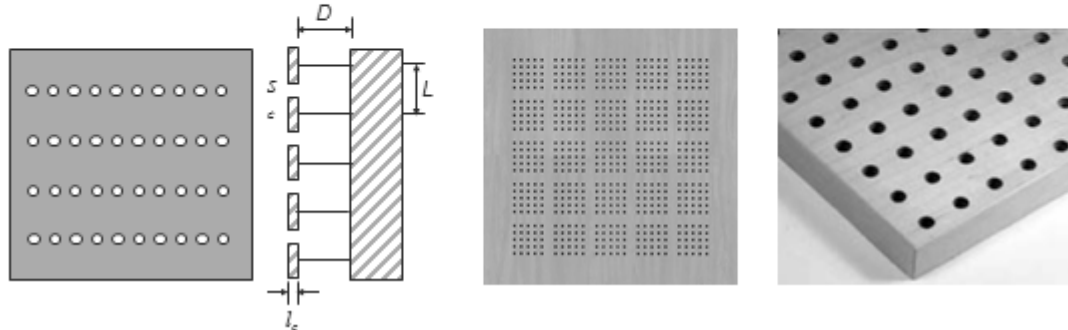
■ Rezonatörler özellikle sabit veya dar frekans aralığında ses üreten makine dairelerinde etkin olarak kullanılabilirler.



- Rezonatörlerin boşluğa bakan yüzeylerine veya hemen boyun bölgesinin önüne ses yutucu malzemeler yerleştirilebilir. Böylelikle rezonans veya yakınlarındaki frekanslarda, güçlü bir şekilde hareket eden hava kütlesinin, defalarca ses yutucu malzemenin içerisinden geçmesi ve yutulması sağlanır.



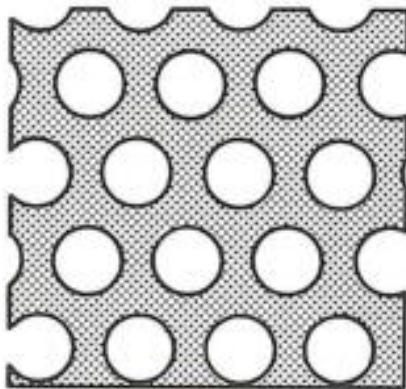
- Rezonatörlere, delikli ahşap, alçı veya metal levhalar örnek olarak verilebilir.
- Rezonans frekansını boşluk hacmi, boyun bölgesinin uzunluğu, delik çapı ve sayısı belirler.



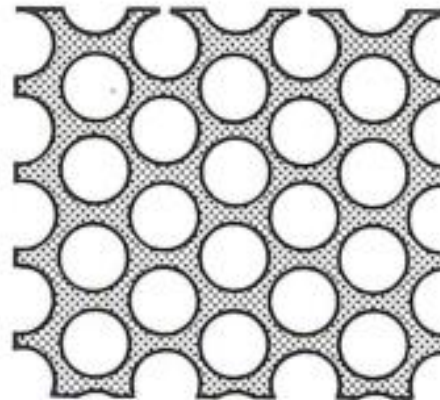
SOUND ABSORPTION: Acoustically Transparent Facings

Acoustically transparent facings may range from 5 to 50% or more open area, depending on the absorption requirements. As a rule, facings tend to reduce or "cut off" high frequency sound-absorbing effectiveness, subject to the % open, dimensions of solid area, etc.

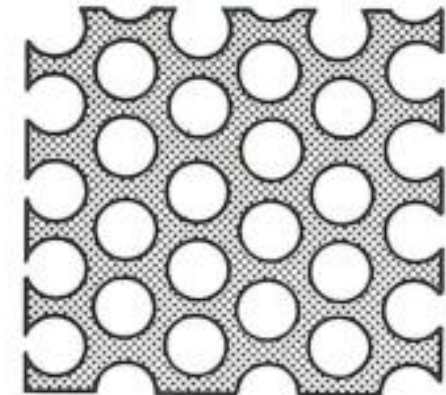
Perforated materials such as perforated sheet metal, expanded metal, or punched and pressed metal can be used alone in front of "fuzz," or together with wood slats or other large-scale elements, as shown on the preceding page. Typical open metal materials are shown below along with a table of suitable perforation sizes and spacings for general facing materials.



1/4" Staggered holes
at 3/8" o.c. - 40% open

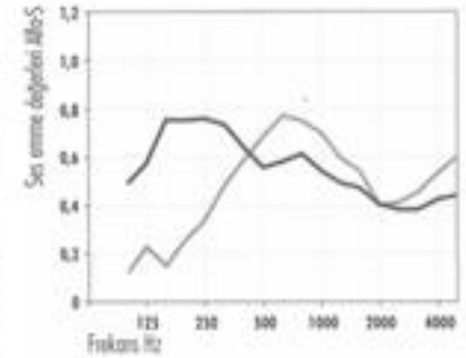
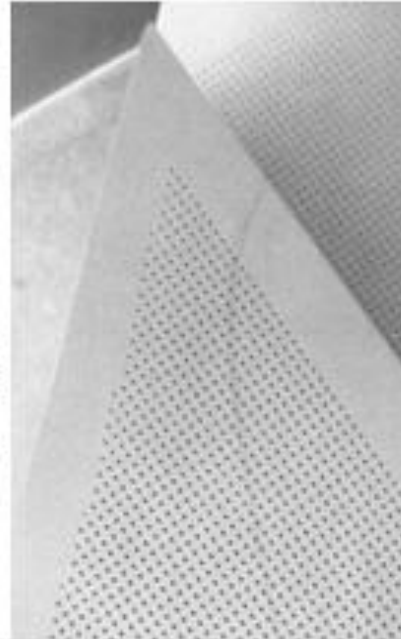


1/4" Staggered holes
at 5/16" o.c. - 58% open



17/64" Staggered holes
at 5/16" o.c. - 65% open

Delikli alçı levhalar



400 mm hava boşluğu koşullarında ölçüm

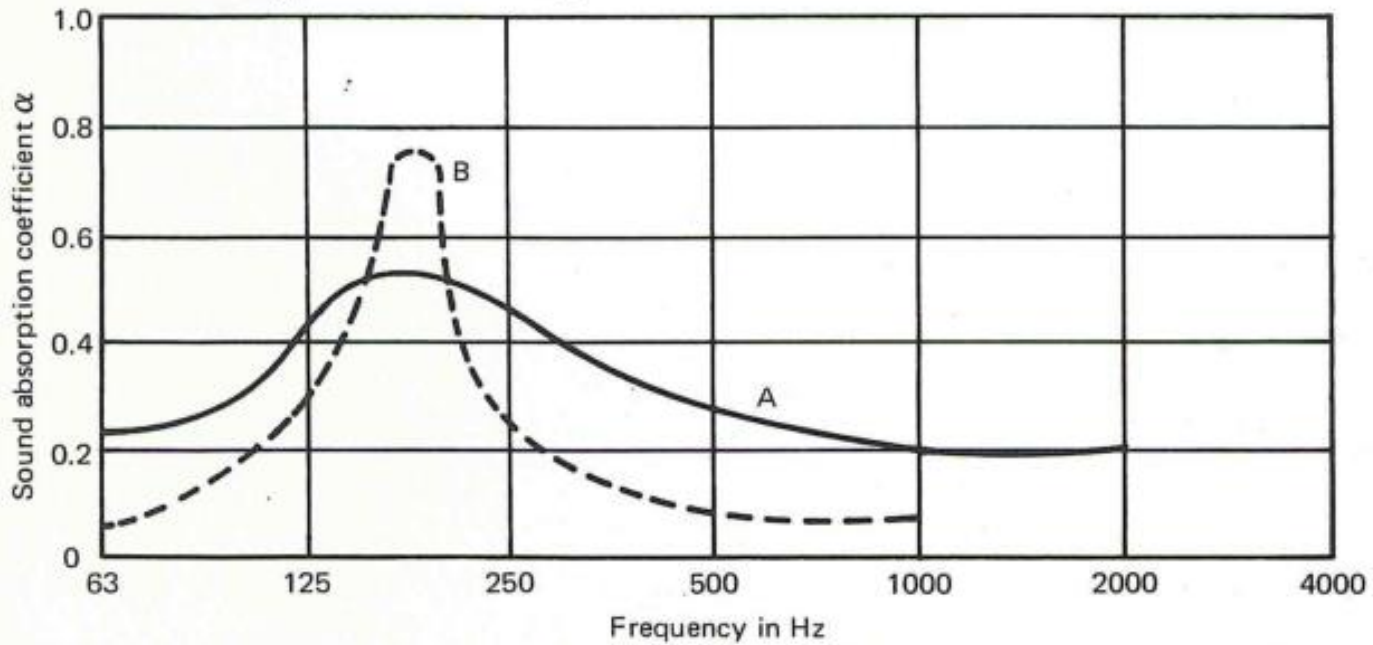
Alfa = 0,58 - soğuruca						
Hz	125	250	500	1000	2000	4000
α_s	0,57	0,76	0,55	0,54	0,41	0,42

60 mm hava boşluğu koşullarında ölçüm

Alfa = 0,58 - soğuruca						
Hz	125	250	500	1000	2000	4000
α_s	0,22	0,33	0,68	0,70	0,40	0,53



- Volume resonators (reduce sound energy by friction at opening and reduce energy within the cavity)



- A With porous mat'l. in cavity
- B Without porous mat'l.



Burada dikkatlerin çekilmek istendiği nokta soğurulma (emilme) oranlarıdır. Bunlar aritmetik oranlardır. Oysa algılanan ses düzeyi logaritmasal bir büyüklüktür. Sessel yeğinlik, santimetre kareye gelen güç ($\mu W/cm^2$) olarak verilir. Algılanan ses (*akustik basınç*) ise bunun ondalık logaritması ile ilgilidir.

Yani, örneğin ses enerjisinin yarı yarıya azalması (*% 50 oranında yutulmuş olması*), ses basınç düzeyinde ancak 3 dB lik bir düşme sağlar. Bu da ancak algılanabilen çok ufak bir değişikliklerdir. Ses enerjisinin % 90 oranında azalması yani 10 kat azalması ses basınç düzeyinde 10 dB, bu enerjinin % 99 oranında azalması yani 100 kat azalması 20 dB lik bir düşme sağlar.

Oysa bir ses yalıtımı gereksinimi ortaya çıktığında çoğu kez 40~50 dB düzeyinde bir azaltma söz konusu olmaktadır. Demek ki, kullanılabilir kalınlıktaki bir malzemenin yutma çarpanı 0.99 olsa bile, bu malzeme ses yalıtımı için kullanılamayacaktır.

Sesin bir bölmeyi geçmesi, sesin soğurulması yolu ile değil, sesin belli oranlarda durdurulması yolu ile yani Berger-kütle yasasının uygulanması ve ona özgü hesaplara göre önlem alınması ile istenen ölçüde azaltılabilir.

Yutma çarpanları, iç mekan akustiğinde, yansıım süresi hesaplarında ve iç mekan gürültü denetiminde kullanılır. Ses yalıtımında değil. Ses yalıtımı formülleri, ses geçiş kaybını dB cinsinden yani logaritmasal büyüklük olarak verir. Oran ya da çarpan olarak değil.

Gereçlerin, akustik açıdan iki türlü özelliğı vardır:

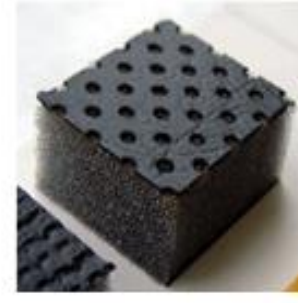
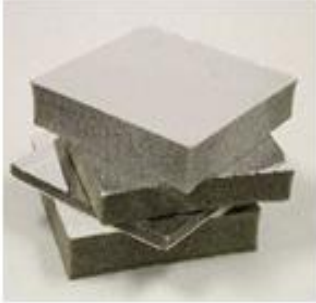
Yutma çarpanı ve ses geçiş kaybı.

Bu iki özelliğın kullanılış yerlerini karıştırmamak gerekir.

KOMPOZİT MALZEMELER

Açık gözenekli (poroz) malzemeler orta ve yüksek frekanslardaki seslerin yutulmasında etkili iken, membran ve rezonatör türü ses yutucular düşük frekanslarda yüksek performans sağlarlar.

Geniş frekans aralıklarında üstün performans sağlamak amacıyla kompozit ürünler kullanılır.

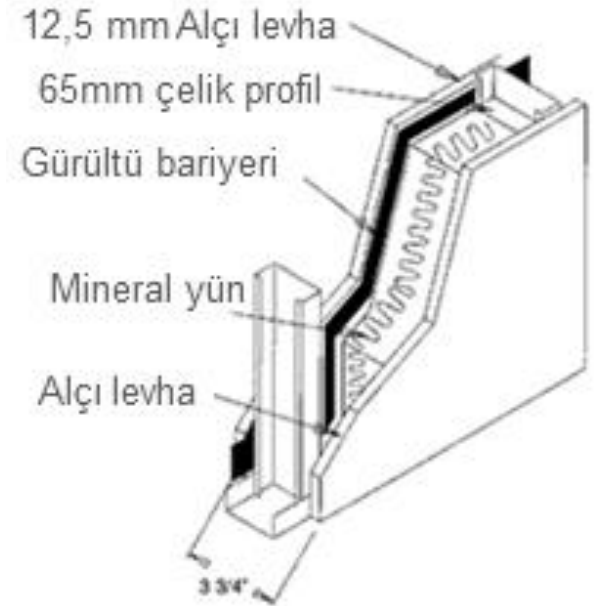


GÜRÜLTÜ BARIYERİ

Gürültü bariyerleri bir alandan diğer alana geçen gürültüyü azaltmak için kullanılırlar. Kütle, esneklik, yumuşaklık ve eğilip bükülebilme özelliklerini bir arada bulunduran gürültü bariyerlerine, esnek metal dolgulu vinil levhalar ve kurşun levhalar örnek olarak verilebilir.

Gürültü bariyerleri ses geçiş sınıflarını temsil eden (STC, R vb.) diye adlandırılan sayılarla sağladığı fayda ile ifade edilir. Daha yüksek sayılar daha verimli ve daha fazla gürültü azaltabilir demektir.

Ağaç ve yol kenarı topraklar doğal bariyerlerdir.



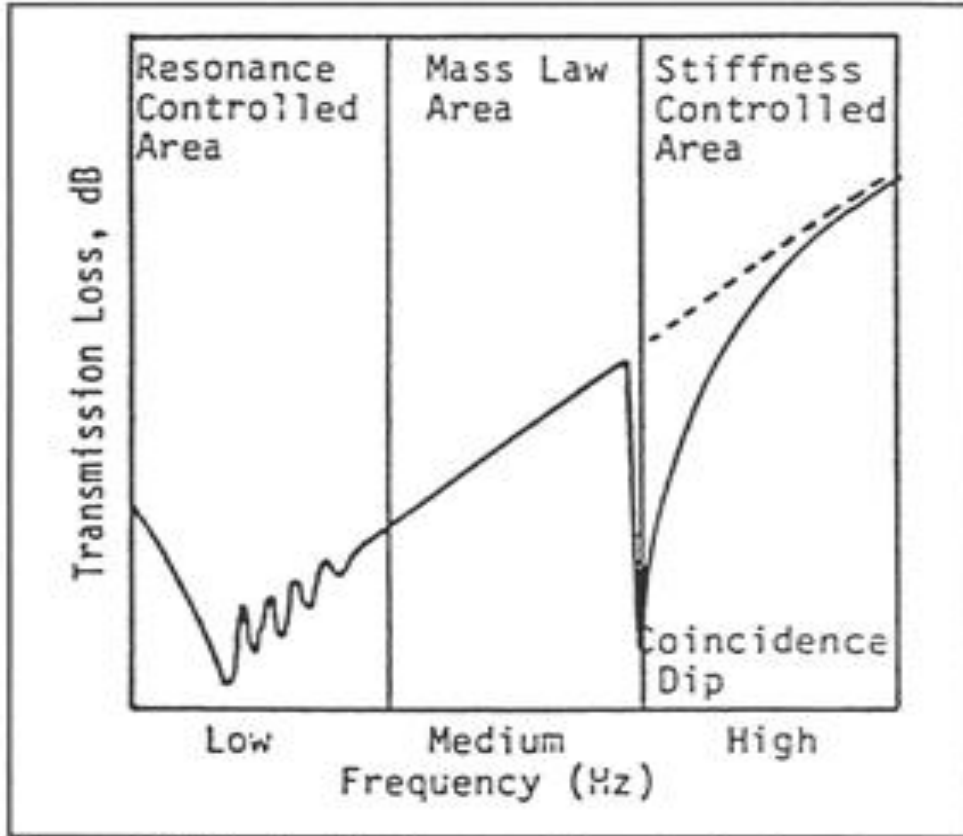


Figure 5-11 Typical TL characteristics of a barrier.

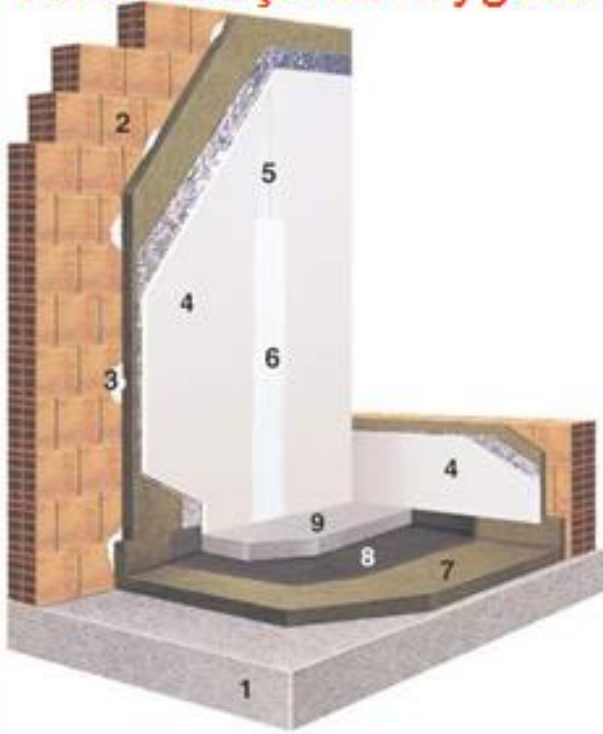
Gürültü bariyerlerinin tipleri maruz kalınan ses dalgalarının frekanslarına göre belirlenmelidir.

CAM YÜNÜ

Duvar Uygulamaları:



Yüzer Döşeme Uygulamaları:



1. B.A. Döşeme
2. Duvar
3. Alçı Yapıştırıcı
4. İçten Isı Yalıtımı
5. File
6. Alçı Sıva
7. Taşyünü Yüzer Döşeme
8. Su Yalıtımı
9. Yüzer Döşeme



Duvar Uygulamaları:



AHŞAP YÜNÜ

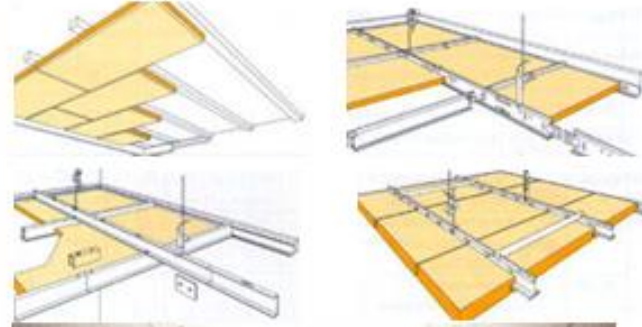
- Ahşap talaşının bir bağlayıcı ile sıkıştırılarak levha halinde üretilen bir yalıtım malzemesidir.
- Isı iletkenlik hesap değeri: 0,09-0,15 W/m.K
- Kullanım sıcaklığı: en fazla +110 °C
- Yanma sınıfı : B1 Sınıfı zor alev alan
- Yoğunluk : 360-570 kg/m³



Malzemeler	NRC	Frekanslara göre α değerleri					
		125	250	500	1000	2000	4000
Ahşap yünü (d=50 mm)	0,82	0,20	0,65	0,95	0,90	0,80	0,85

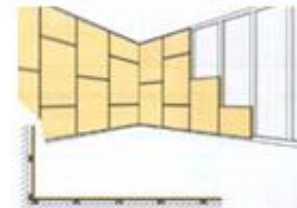
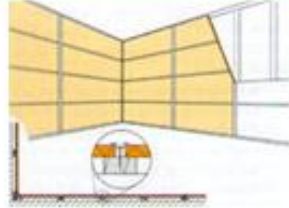
AHŞAP YÜNÜ

Asma tavan Uygulamaları:



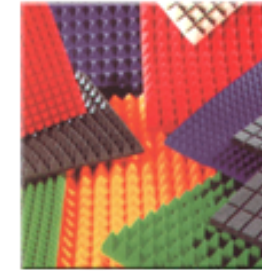
AHŞAP YÜNÜ

Duvar Uygulamaları:



YUMUŞAK POLİÜRETAN KÖPÜK

- Poliüretan, iki ayrı kimyasal componentin bir araya getirilmesi ile üretilir.
- Isı iletkenlik hesap değeri: 0,035 W/m.K
- Kullanım sıcaklığı: -200 / +110 °C
- Yoğunluk: 25-100 kg/m³
- Yanma sınıfı: B1 - B2 - B3

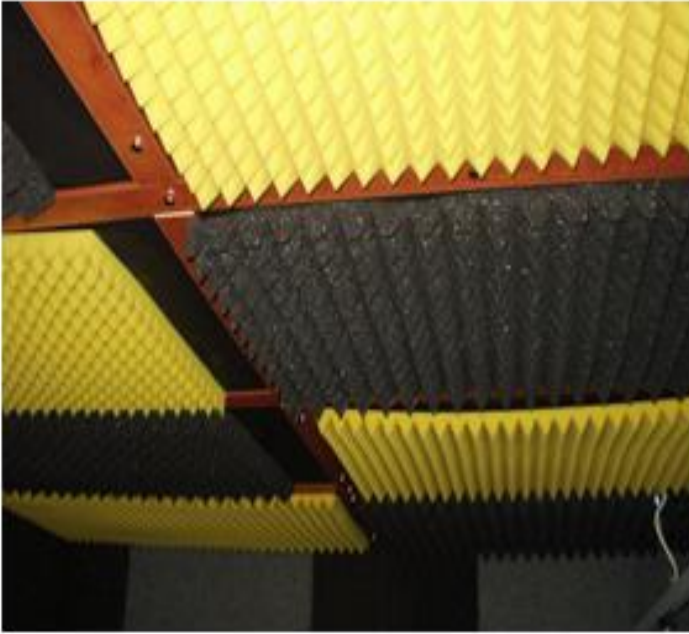


Malzemeler	NRC	Frekanslara göre α değerleri					
		125	250	500	1000	2000	4000
Poliüretan Köpük (d=40 mm)	0,46	0,08	0,12	0,28	0,60	0,84	0,78

YUMUŞAK POLİÜRETAN KÖPÜK

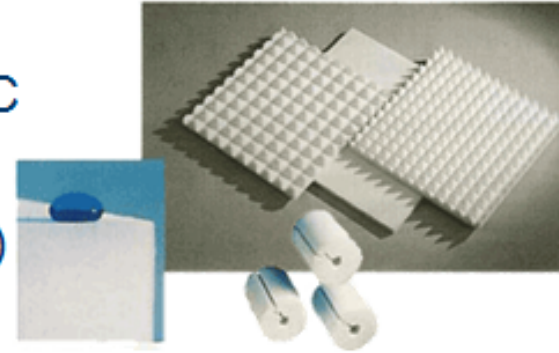
Muhtelif Uygulamalar:





MELAMİN KÖPÜĞÜ

- $\lambda_h = 0,034$ W/mK
- Kullanım sıcaklıkları -60 / +150 °C
- Yoğunluk : 8-11 kg/m³
- Yanma sınıfı : BS476'e (Bölüm 7) göre Class 0 veya 1



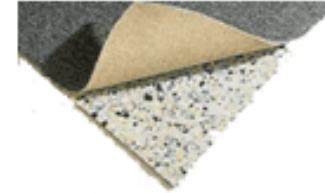
Malzemeler	NRC	Frekanslara göre α değerleri					
		125	250	500	1000	2000	4000
Melamin Köpüğü (d=40 mm)	0,55	0,05	0,18	0,33	0,78	0,92	0,92

MELAMİN KÖPÜĞÜ



Atık Süngerden Mamul Ürünler

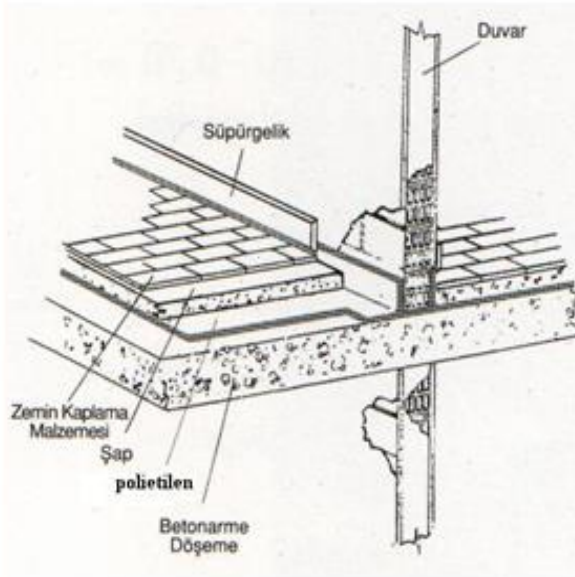
- Atık süngerlerin geri dönüşümünden imal edilen ve üzerlerine tekstil veya gözenekli deri kaplanan ürünlerdir.
- Isıl iletkenlik katsayısı: 0,035 W/m.K
- Kullanım sıcaklıkları: -40 / +100 °C
- Yoğunluk : 100-180 kg/m³



Malzemeler	NRC	Frekanslara göre α değerleri					
		125	250	500	1000	2000	4000
Atık Süngerden Mamul Ürün (d=40 mm)	0,55	0,05	0,18	0,33	0,78	0,92	0,92

Polietilen Köpüğü

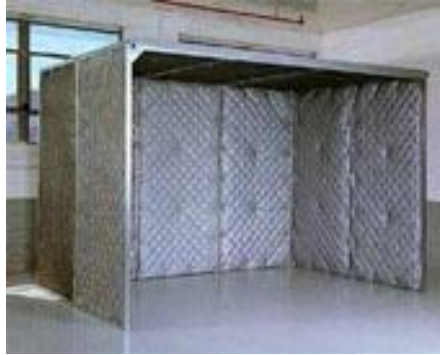
Yüzer Döşeme Uygulamaları:





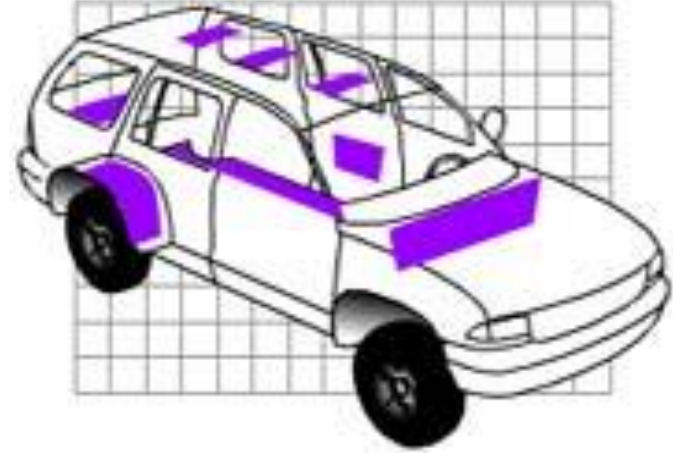


DİĞER ÜRÜN ve UYGULAMALAR



Hareketli Gürültü Bariyerleri

DİĞER ÜRÜN ve UYGULAMALAR



Özel Uygulamalar



Teşekkürler



İZODER Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği

Web: www.izoder.org.tr

E-posta: info@izoder.org.tr

Ücretsiz Danışma Hattı: 0800 211 33 67