

YAPI FİZİĞİ 1

YAPI AKUSTİĞİ

2017-2018 Güz yy

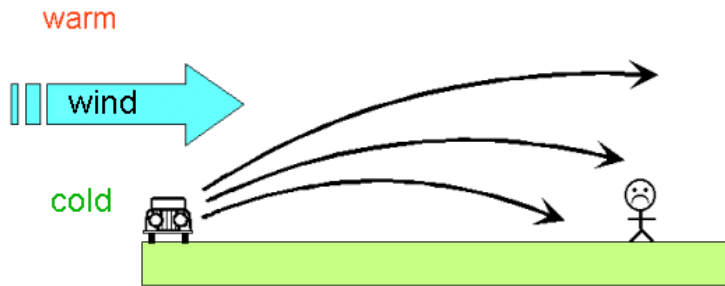
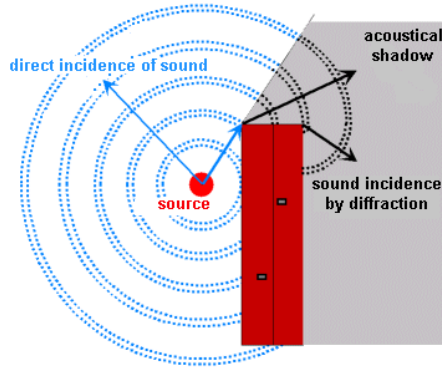
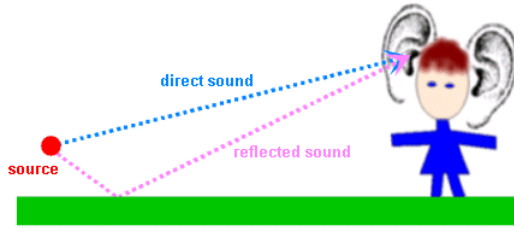
Prof. Dr. Zerhan YÜKSEL CAN

Kaynaktan Alıcıya Ses

Gürültü (Ses);

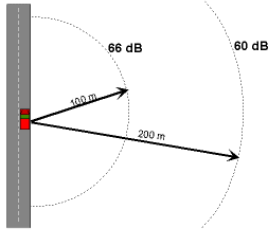
- Bir kaynakta **doğar**,
- Kaynak alıcı arası ortamda **yayılır**,
- Yüzeylerden **yansır, yutulur, kırılır, geçer**
- Kalan bölümü alıcı tarafından algılanır.

gürültü düzeyinin artmasına yol açan etkenler

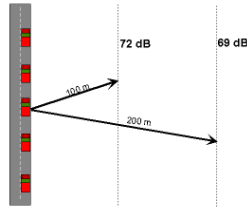


- Yansima
- Kırınma
- Meteorolojik olaylar

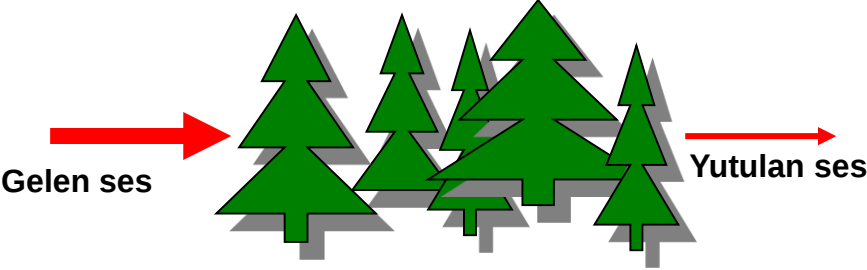
gürültü düzeyinin azalmasına yol açan etkenler



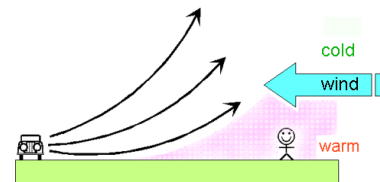
Nokta kaynak



Çizgi kaynak



- Uzaklık (kaynak tipine bağlı)
- Yutulma
- Engeller
- Meteorolojik olaylar



SESİN YAYILMASI

Üç boyutlu ortam

İki boyutlu ortam

Tek boyutlu ortam

Sınırsız
ortam

Açık hava

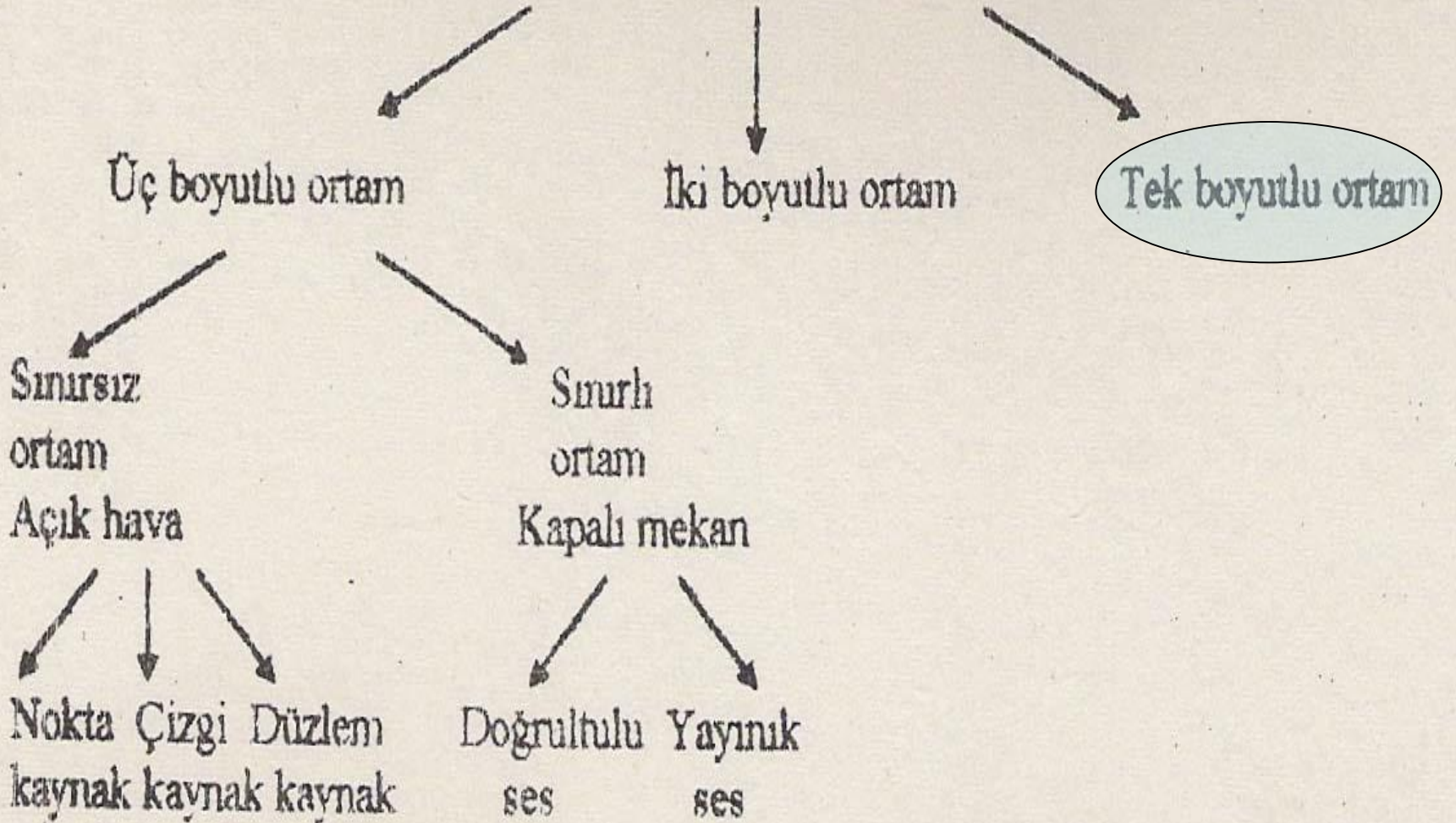
Nokta Çizgi Düzlem
kaynak kaynak kaynak

Sınırlı
ortam

Kapalı mekan

Doğrultulu Yayınık
ses ses

SESİN YAYILMASI



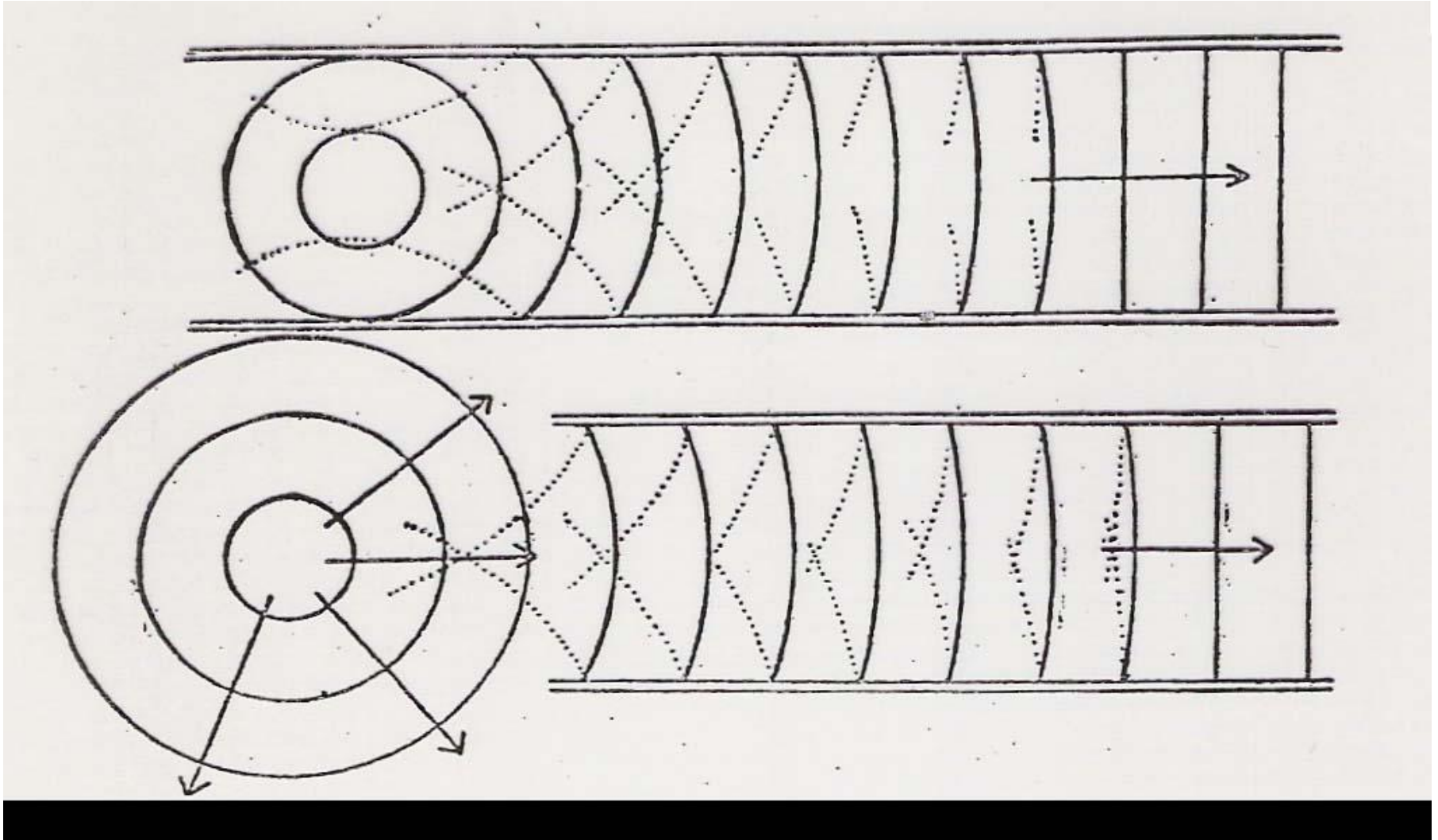
TEK BOYUTLU ORTAMLAR

- Boyutlarından biri, ötekilerin en az on katı olan ortamlara tek boyutlu ortamlar denir.
- Merdiven, Koridor, asansör boşlukları, havalandırma kanalları gibi

TEK BOYUTLU ORTAMLAR

- Koridor, merdiven boşlukları, asansör boşlukları, havalandırma bacaları gibi tek boyutlu ortamlarda ses, ya ortam içinde doğar ya da herhangi bir şekilde dışardan ortam içine girer.
- Her iki durumda da ortamın boyutsal özelliklerinden ötürü küresel ses dalgaları, düzlem dalgalara dönüşür.

Tek Boyutlu Ortamlarda Sesin Yayılması



tek boyutlu ortamlarda önlemler

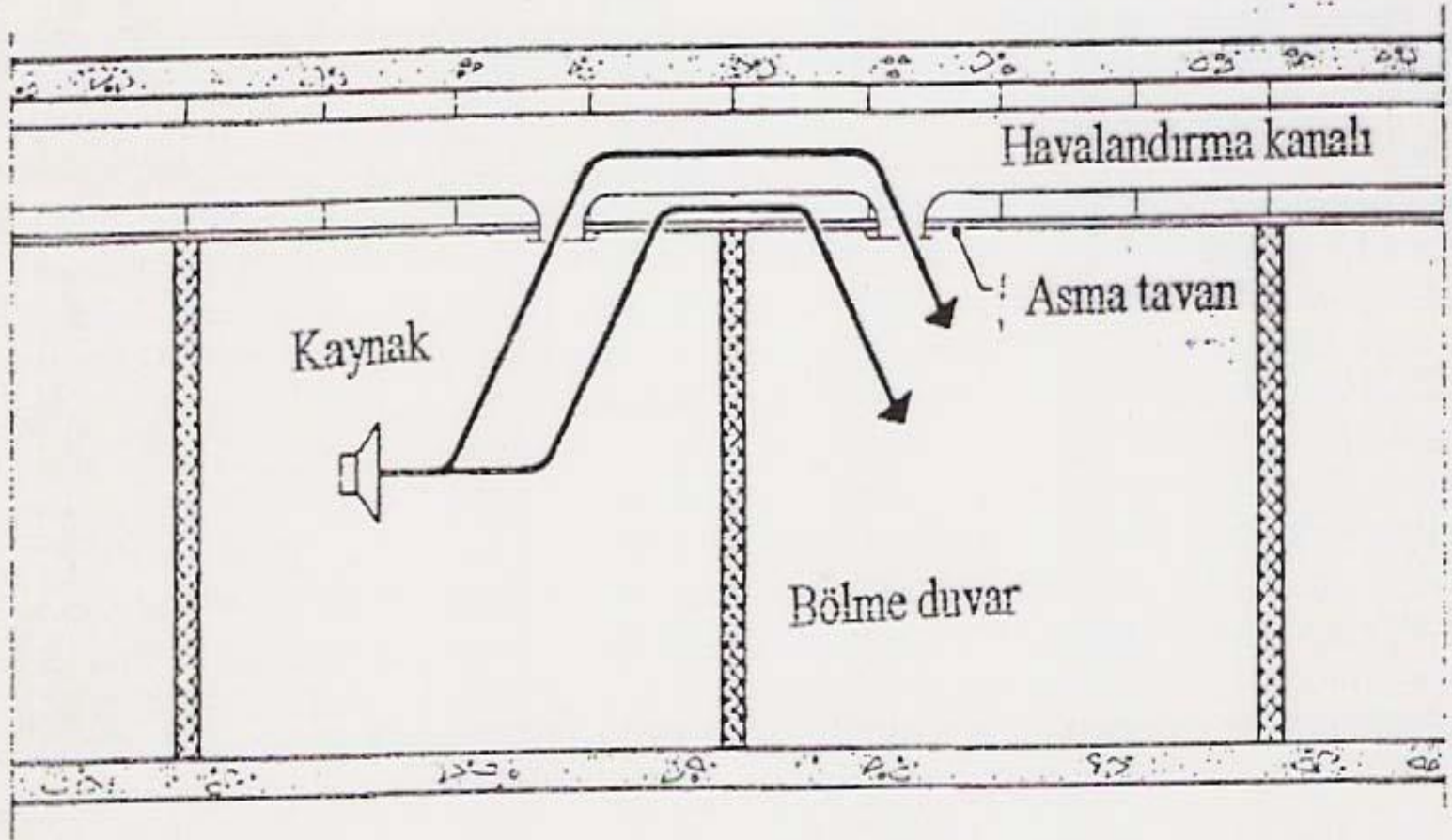
Toplam yutuculuk arttırılmalı;

- koridorlar; döşemede halı, tavanda yutucu gereçler
- havalandırma kanalları; kanal gerecinin ağırlığının arttırılması, kanal içinde ses yutucu gereçler kullanılması, kanal boyunca yer yer susturucular kullanılması

Gürültülü hatlar oluşturmaktan kaçınılmalı;

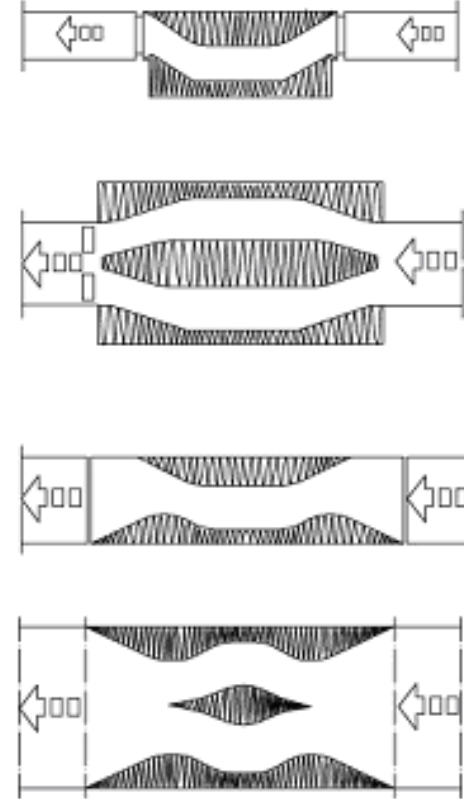
- koridorlar; kapıların yerlerinin tasarımı ve yer yer sofaların (genişlemelerin) oluşturulması
- havalandırma kanalları; sessiz kalması gereken mekanlar ile gürültülü mekanları besleyen kanalların ayrılması.

Tek boyutlu ortam özelliği gösteren havalandırma kanallarında gürültünün yayılması

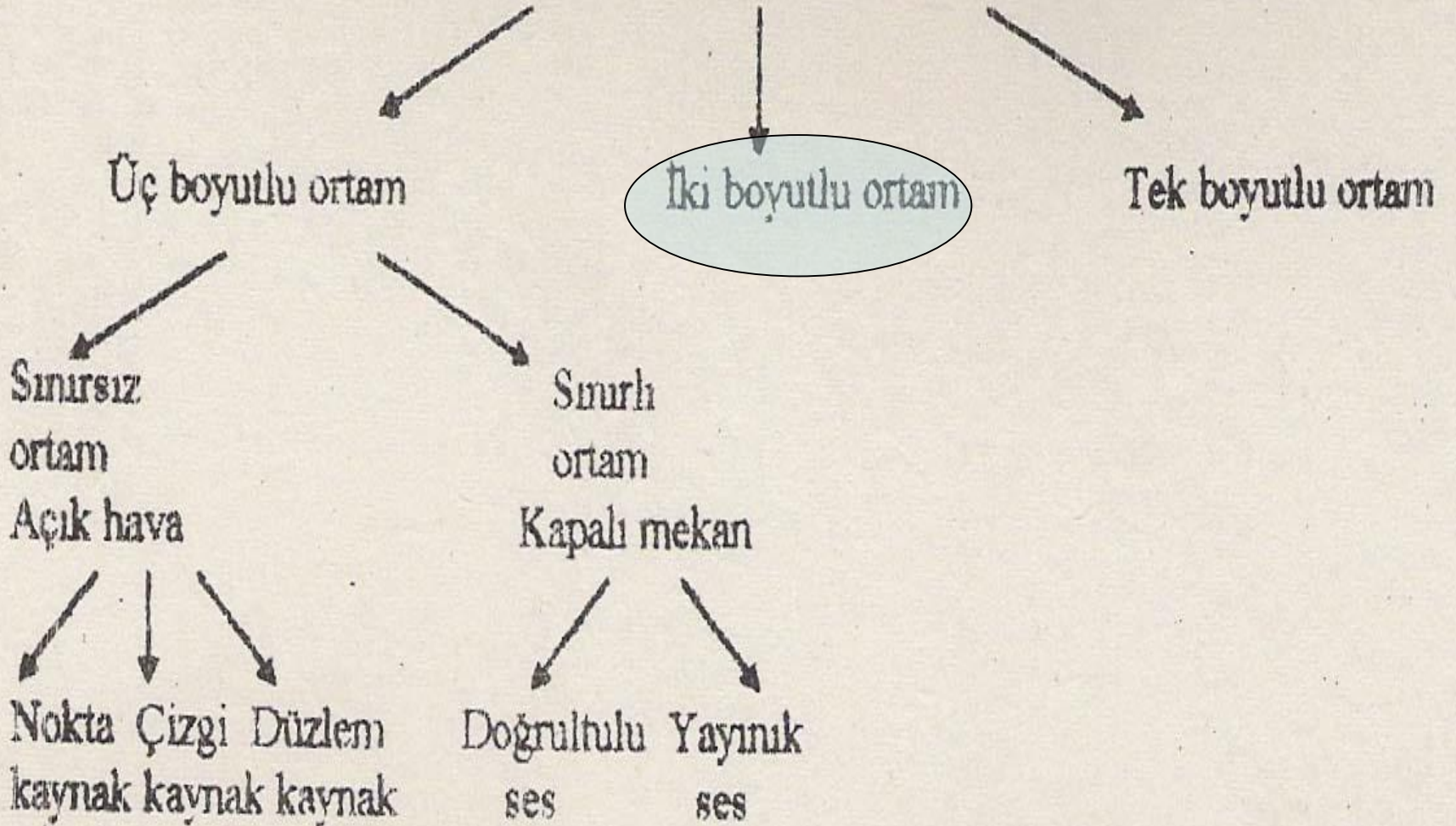


Tek boyutlu ortam özelliği gösteren havalandırma kanallarında gürültünün önlemler

- Yüksek sessizlik istenen mekanlara ayrı kanallar yapılamadığında kanallar arasında susturucu modüller kullanılmalıdır.
- Ancak bu susturucuların hava akış hızını azaltacağı dikkate alınmalıdır.



SESİN YAYILMASI



İKİ BOYUTLU ORTAMLAR

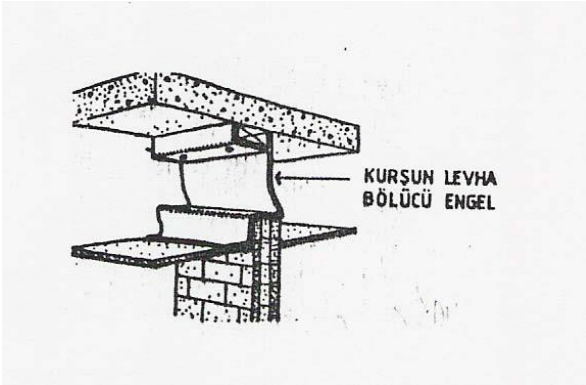
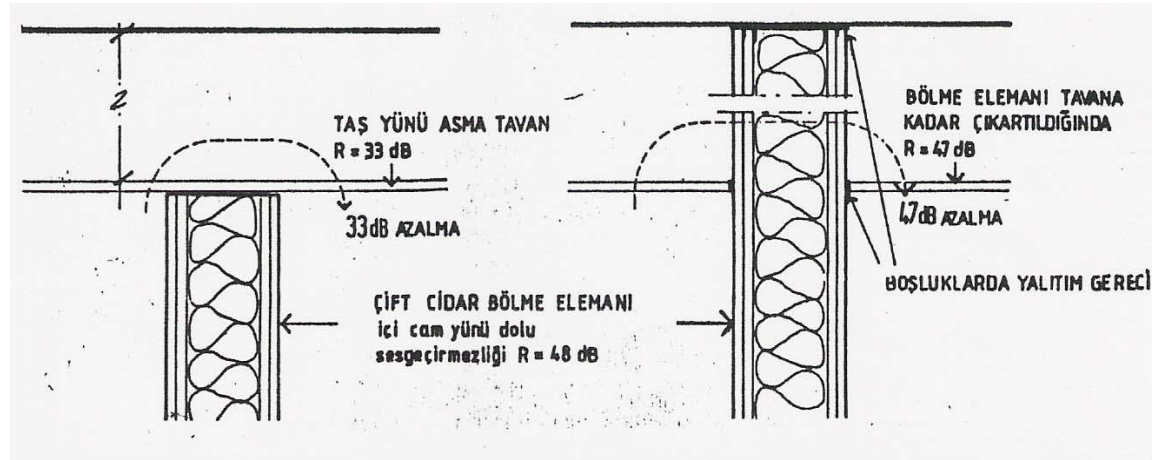
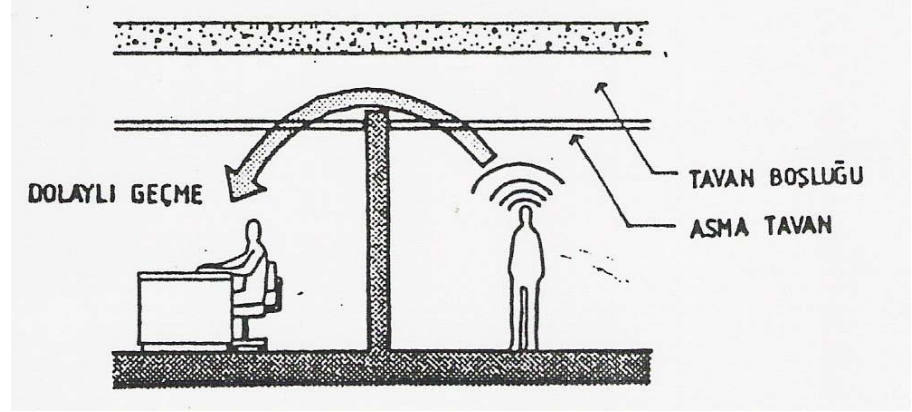
- Mimaride iki boyutlu ortam, boyutlarından biri ötekinin en çok onda biri olan ortamlardır.
- Bu ortamlarda ses özel dalgalarla yayılır.
- Bu ortamlarda da ses uzaklıkla azalmaz.

İKİ BOYUTLU ORTAMLAR

- Mimaride iki boyutlu ortam olarak gürültü denetimi açısından üzerinde özellikle durulması gereken yapı bölümü asma tavanlardır.
- Kesintisiz olarak uygulanan asma tavanlar, gürültünün yan yana yer alan ya da almayan hacimlere kolaylıkla geçişine neden olur.

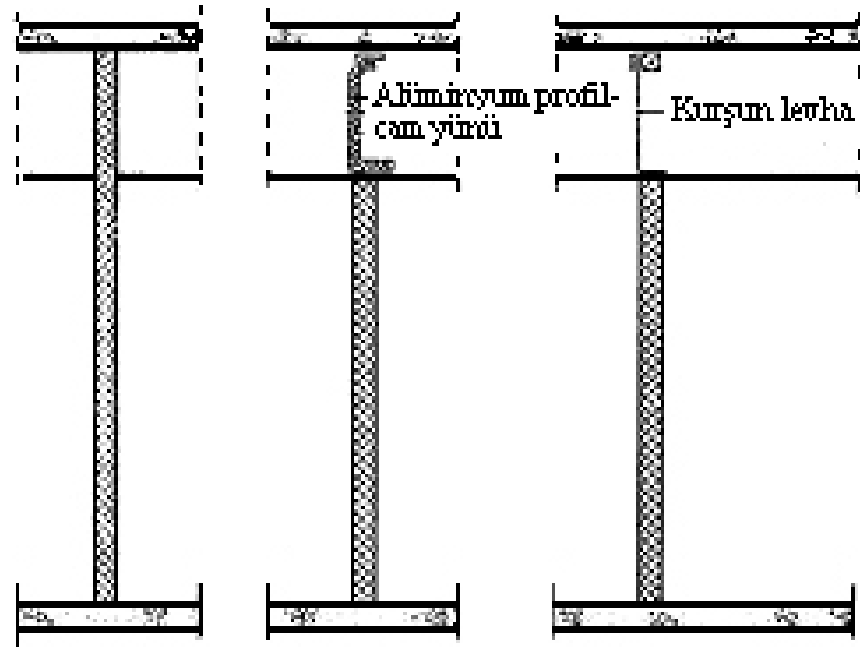
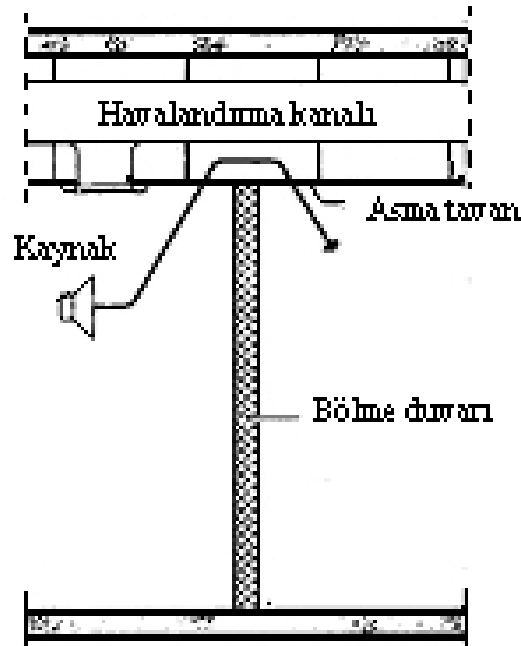
ASMA TAVANLAR

- Dolaylı geçmenin önlenmesi için, bölme elemanlarının sürekliliğinin asma tavan boşluğunda da sağlanması gerekir.



ASMA TAVANLAR

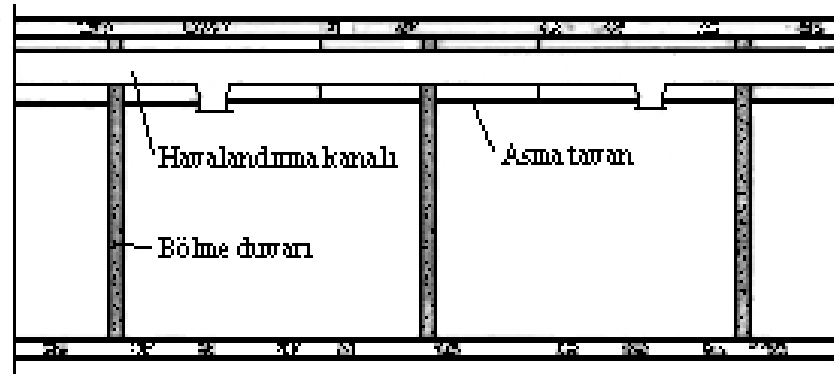
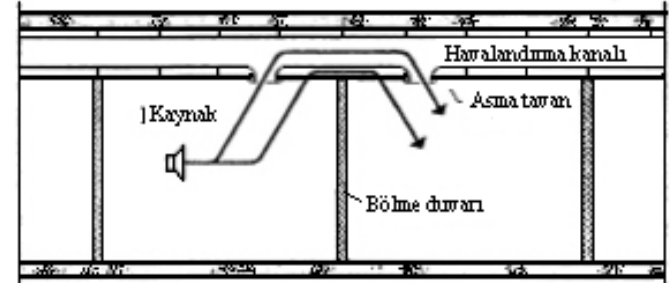
- Levhalar arasında ve kenarlarda aralık ve boşluklar bulunmamalıdır.



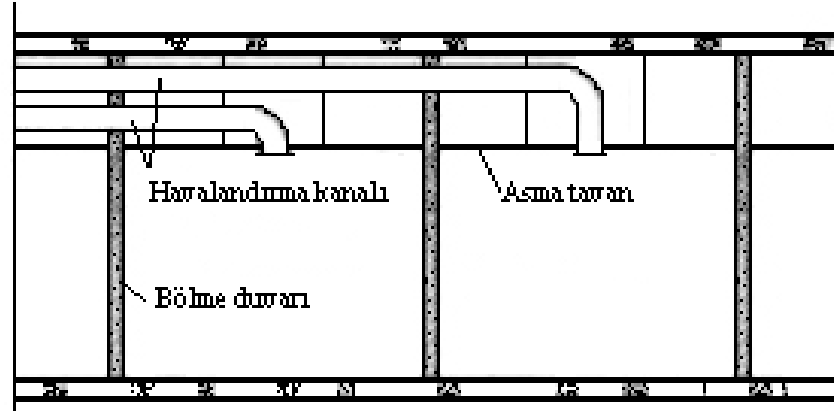
ASMA TAVANLAR

- Asma tavanların içinden geçen havalandırma kanalları gürültü denetimi açısından özel önlemler gerektirir. Kanallar hem havada hem de katı yüzeylere temas ederek gürültünün yayılmasını kolaylaştırır.
- Bu nedenle yüksek sessizlik gereken mekanlara ayrı kanal hatları çekilmelidir.

YANLIŞ



DOĞRU



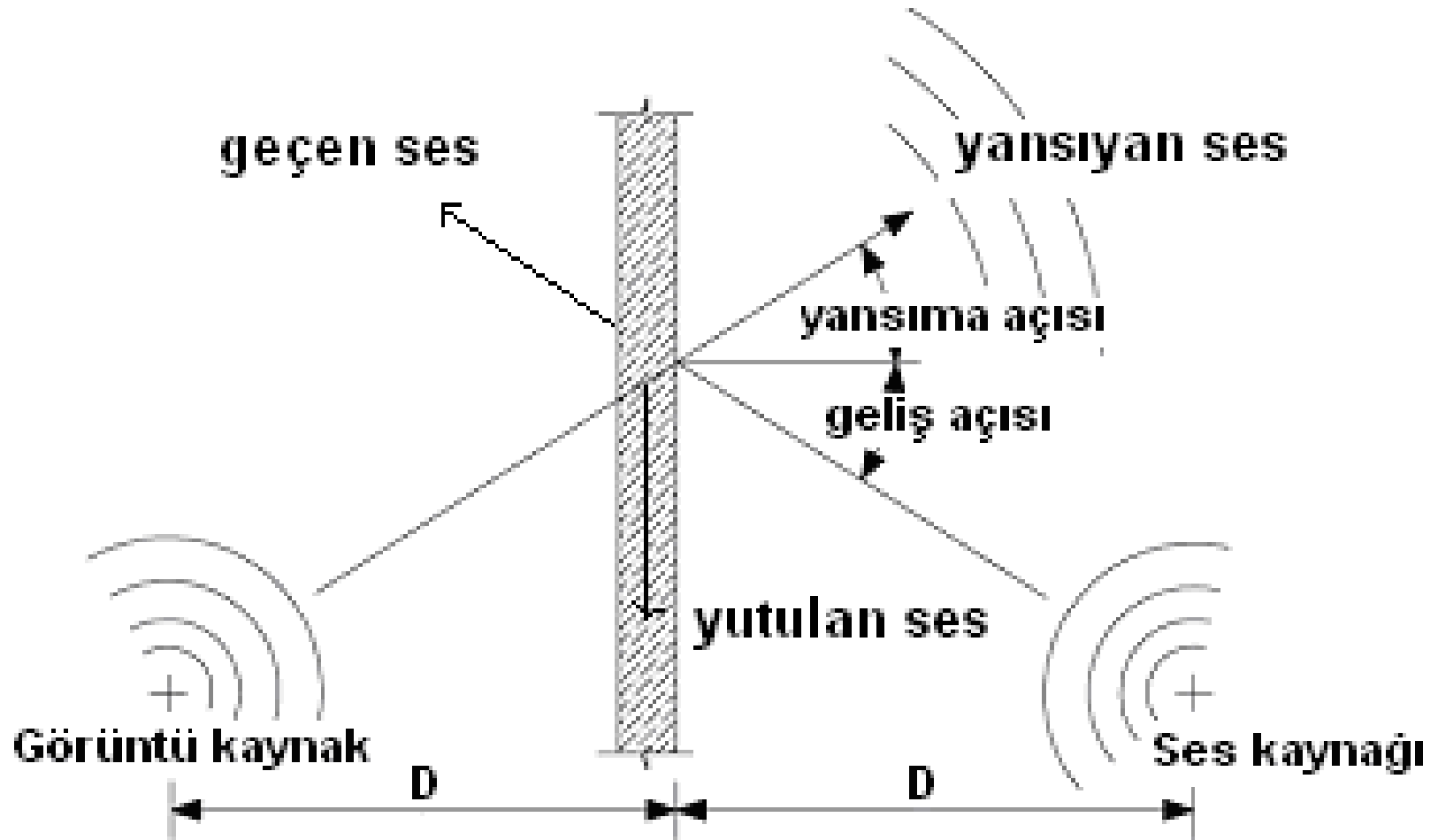
DOĞRU
(EN YÜKSEK
SES
GEÇİRMEZLİK

iki boyutlu ortamlarda

–asma tavanlarda- önlemler

- Asma tavan sesin geçmesine karşı yüksek yalıtım sağlayan bir gereçten oluşturulmalı, hafif olmamalı.
- Yumuşak tespit yapılmalı.
- Asma tavan altındaki bölme duvarları, taşıyıcı tavana kadar yükseltilmeli.
- Kanal, aydınlatma elemanları vb gibi asma tavan içinde ve üzerinde yer alan tüm elemanlar yalıtılmalı.

Bir engelle karşılaştan ses ışınının davranış biçimleri



Sesin Yansıması

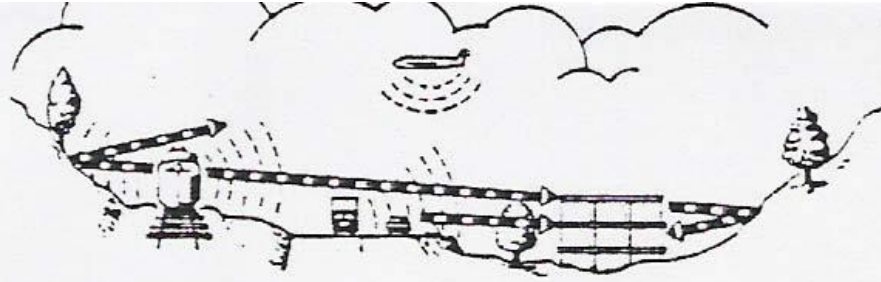
Doğal yansıtıcılar – Topografik yapı

Yapay yansıtıcılar – Blokların yerleşimi

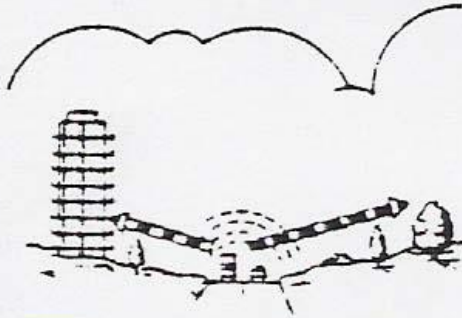
Yansıtıcılar

- Gürültünün yayılışı sırasında, yansıtıcı yüzeylere rastlayan sesler, koşullara göre, kimi zaman gürültü düzeyinin yükselmesine neden olabilir.
- Yansıtıcı yüzeyler doğal ve yapay yansıtıcılar olmak üzere iki bölümde ele alınabilir.

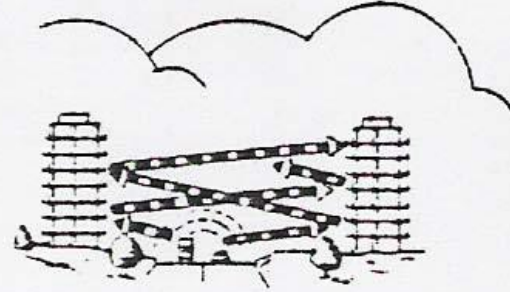
Doğal ve yapay yansıtıcılar



ARAZİDE ÇUKURLUKLARDAN
KAÇINMALIDIR. BU TÜR YERLER DÜZ
ARAZİLERE GÖRE GENELLİKLE
DAHA GÜRÜLTÜLÜDÜR.



AÇIK ALANLARDAKİ YERLEŞMELER
KALABALIK YAPILAŞMALARA GÖRE
DAHA AZ GÜRÜLTÜLÜDÜR.

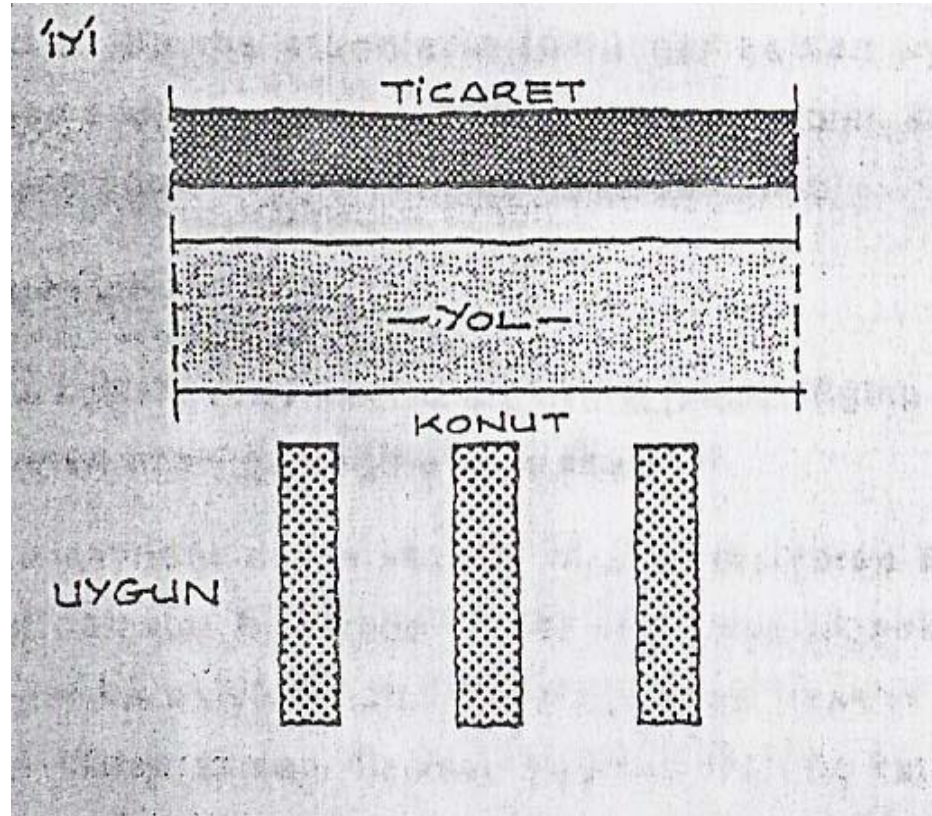


YÜKSEK YAPILAR ARASINDAN
GEÇEN TRAFİK YOLLARI OLDUKÇA
FAZLA GÜRÜLTÜYE NEDEN OLUR.

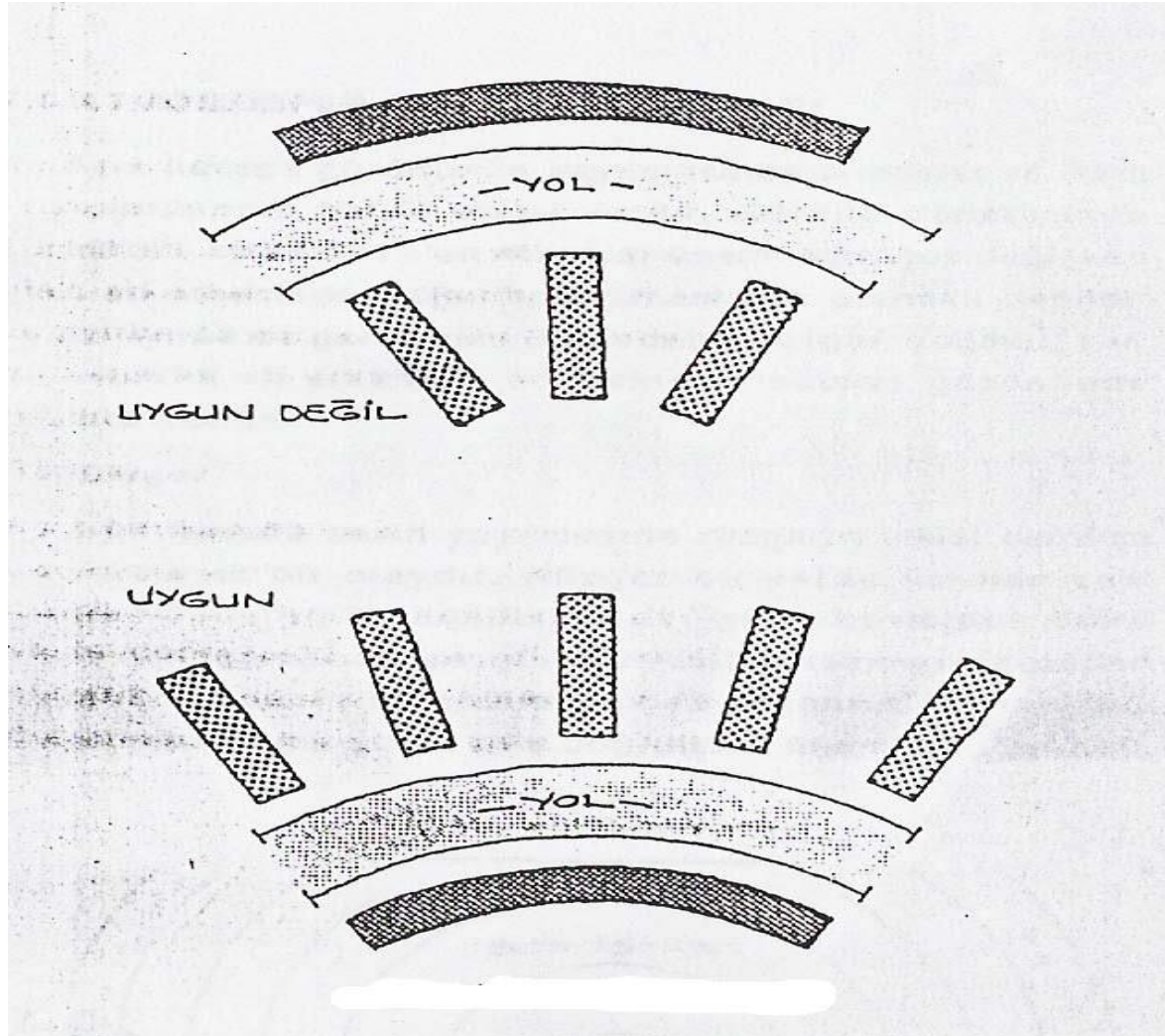
- Gürültünün yayılmasında arazinin topografik durumu önemlidir. Dağ, tepe, vadi gibi değişmeyen özelliklerin bulunması kimi zaman olumlu kimi zaman ise olumsuz etkiler yapar.

- Ses düzeyinin yansıma sonucunda yükselmesinde yapıların birbirlerine göre konumları önem taşır. Yapıların ses düzeyinde meydana gelebilecek bu artışa yol açmayacak biçimde konumlandırılması uygun olur.

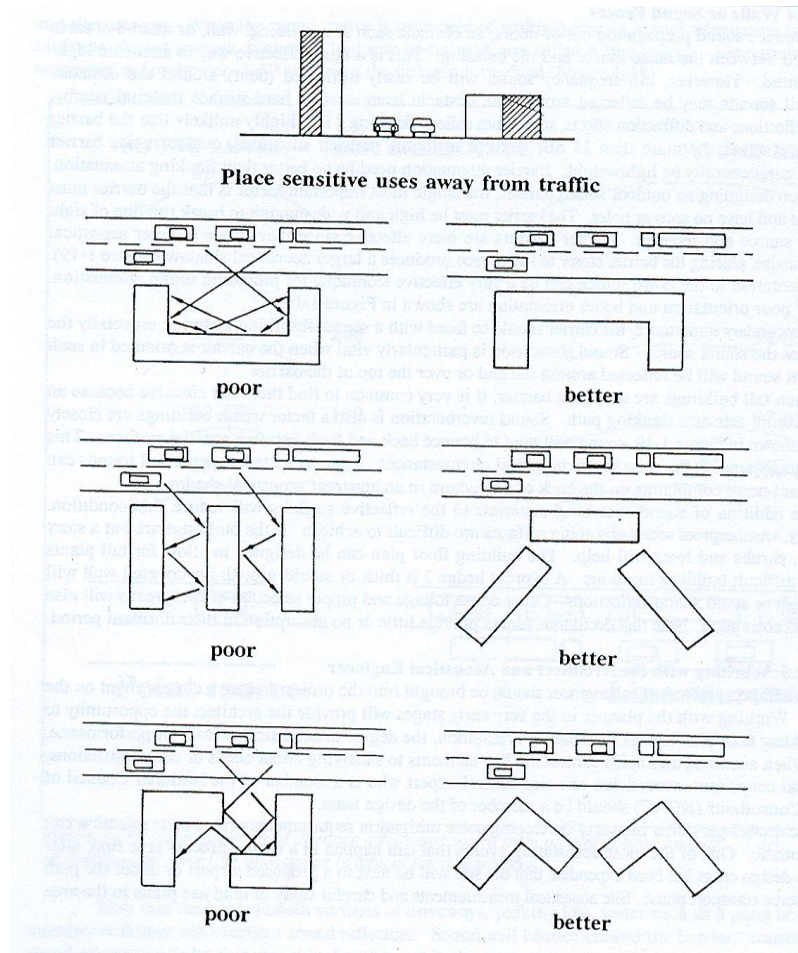
Yol-yapı ilişkisi



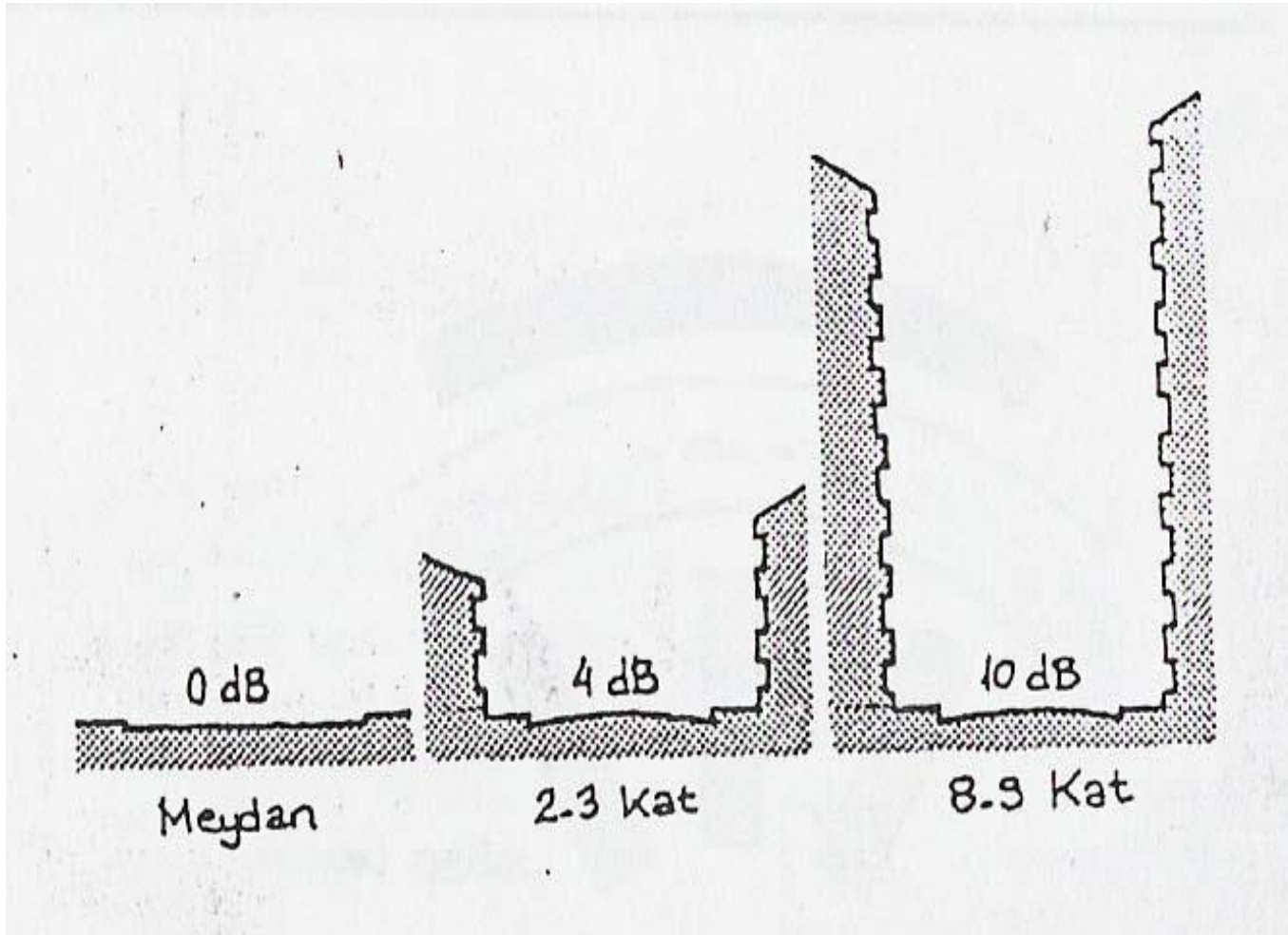
Yol-yapı ilişkisi



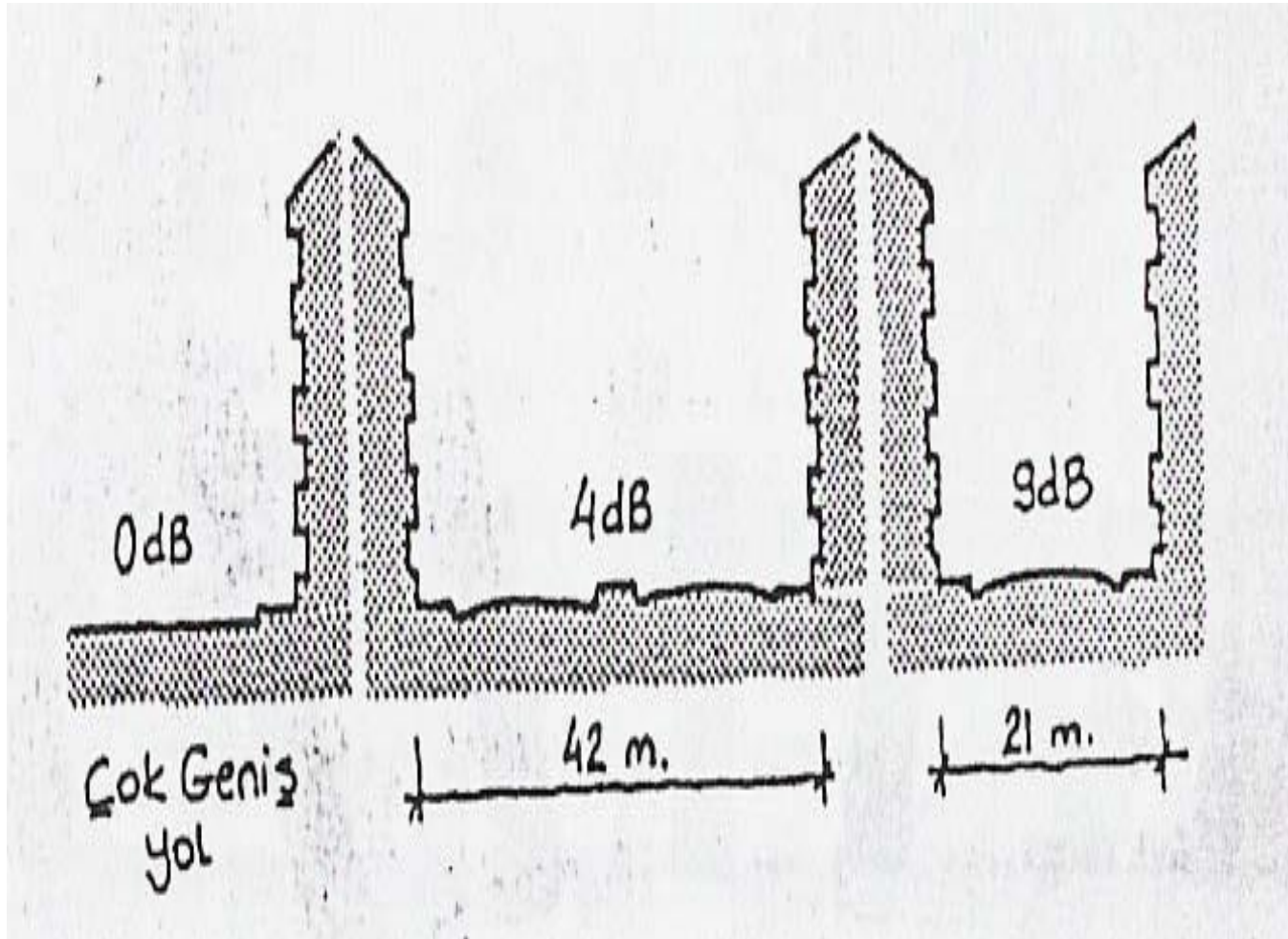
Yol yapı ilişkisi



Yol-yapı ilişkisi



Yol-yapı ilişkisi



SESİN YUTULMASI

Sesin yutulması, ses enerjisinin başka tür bir enerjiye (ısı enerjisi) ya da ses dışı titreşimlere dönüşmesi demektir.

- Gelen ses enerjisinin yansımayan bölümü, yutulmuş sayılır.
- **Bir gerecin, ya da bir yüzeyin yutma çarpanı oran olarak o yüzeyden yansımayan sesin gelen sese oranını gösterir.**
- Yutma çarpanının simgesi α 'dır. Örneğin bir yüzey sesin %85'ini yansıtıyorsa, o yüzeyin yutma çarpanı $\alpha = 0.15$ 'dir.
- Gereçlerin ses yutuculukları frekansa göre değişir.

Ses yutma çarpanı rnekleri

Gereç	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Beton (sıvalı ya da boyalı)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Ahşap levha (3mm kontrplak + 57 mm hava boşluğu)	0.28	0.20	0.10	0.10	0.08	0.08
İnce halı	0.03	0.03	0.04	0.10	0.19	0.35
Kalın halı	0.15	0.16	0.22	0.45	0.60	0.68
Dolgulu kumaş koltuk	0.49	0.66	0.80	0.88	0.82	0.70

- Ortalama yutma çarpanı 0,10'nun altında olan gereçler yansıtıcı gereçler olarak adlandırılır.
- Sıvalı, beton yüzeyler, mermer ve benzerleri, sıkı tespit edilmiş yüzeyi cilalı ahşap yüzeyler yansıtıcı yüzeylerdir.
- NRC (gürültü azaltım çarpanı) 250, 500, 1000, 2000 Hz'lerdeki ses yutma çarpanlarının aritmetik ortalamasıdır.

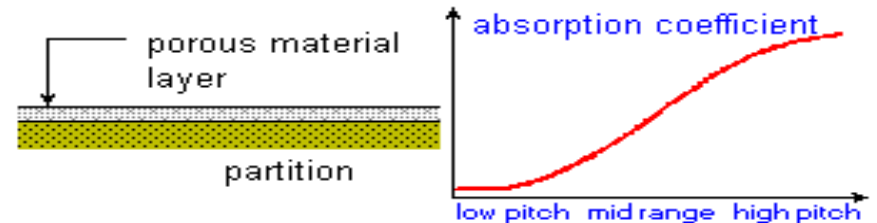
Ses yutma çarpanı rnekleri

Gereç	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Beton (sıvalı ya da boyalı)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Ahşap levha (3mm kontrplak + 57 mm hava boşluğu)	0.28	0.20	0.10	0.10	0.08	0.08
İnce halı	0.03	0.03	0.04	0.10	0.19	0.35
Kalın halı	0.15	0.16	0.22	0.45	0.60	0.68
Dolgulu kumaş koltuk	0.49	0.66	0.80	0.88	0.82	0.70

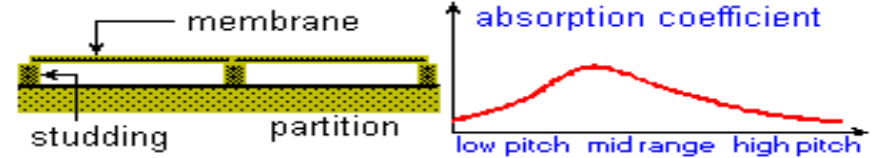
Ses yutucu gereç türleri

Sesin yutulması başlıca üç ayrı tip gereçte olur. Birbirinden bazı temel farklar gösteren yutulma biçimleri;

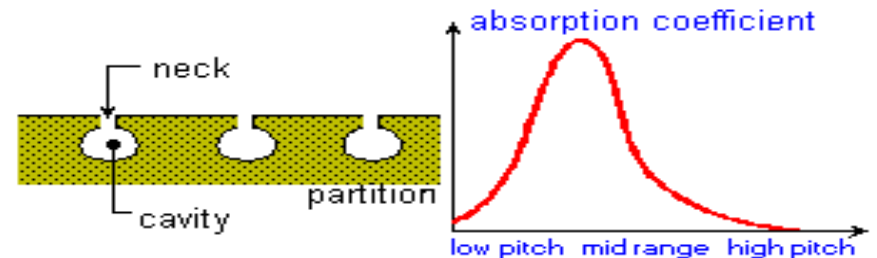
➤ Gözenekli gereçler



➤ Titreşen levhalar

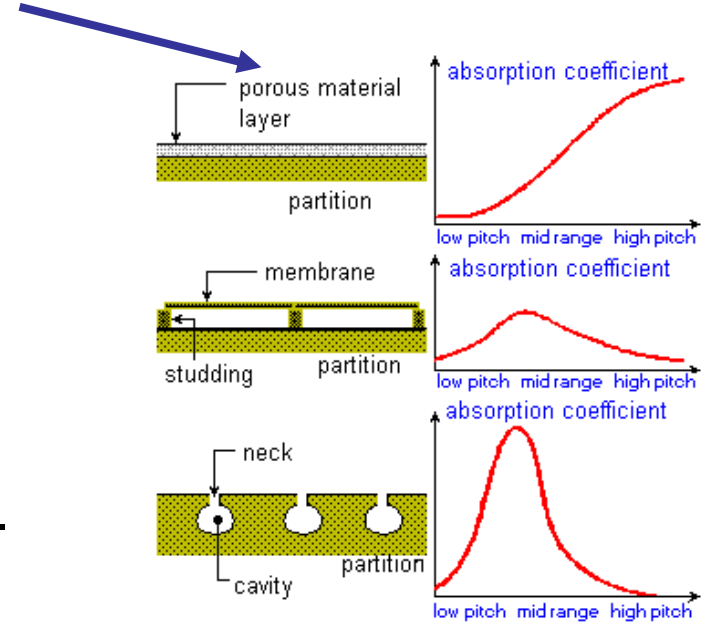


➤ Rezonatörler



Gözenekli Gereçlerde Yutulma

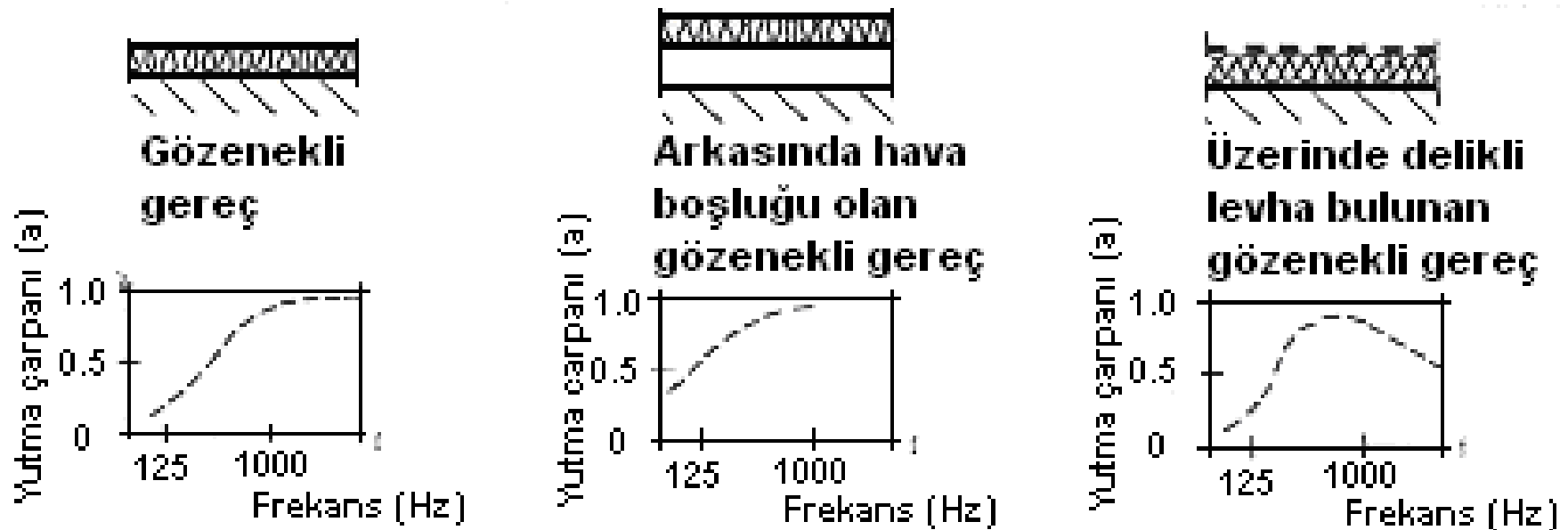
- Gözenekli gereçler, içinde pek çok sayıda kılcal borular, delikler ya da çok ince aralıklar bulunan ve bundan ötürü oldukça hafif olan organik ya da inorganik gereçlerdir.
- Bu kılcal borular ya da aralıklar dış havaya açıktırlar ve hava ile doludurlar.
- Bu tür gereçlere örnek olarak, halı, keçe, perde ve başka kumaşlar, kılcal borulu özel levha ve sıvalar, cam, maden ve taş yünleri gösterilebilir.



Gözenekli Gereçlerde Yutulma

- Böyle bir gerecin yüzeyine gelen ses titreşimleri kılcal borular ve aralıkların içindeki havayı da titreşime sokarlar. Yani ses titreşimleri gözeneklerin içine girer. Buralarda titreşen hava molekülleri havanın vizkozitesi ve çeperlere sürtünme nedeniyle ses enerjisinin az ya da çok bir bölümünün doğrudan ısı enerjisine dönüşmesine yol açarlar.
- Gözenekli gereçlerde yutulan ses enerjisi oranı, gerecin özelliği ile değişir ve frekansın artması ile yükselir.

Değişik kesit özellikleri bulunan gözenekli gereçler ve frekanslara göre değişen yutma çarpanları

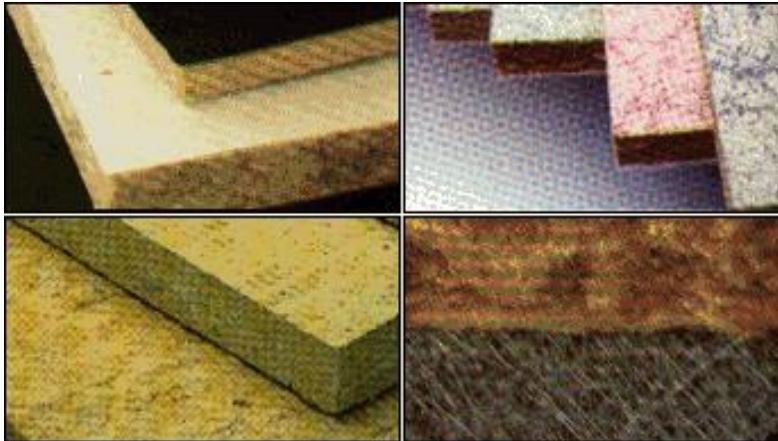
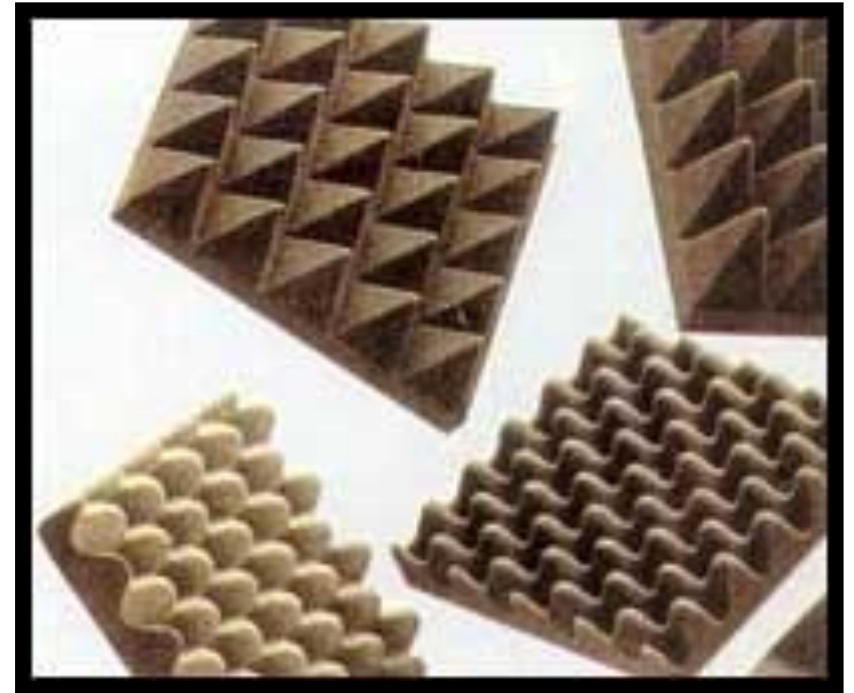


Gözenekli gereç örnekleri ve ses yutma çarpanları

Gereçler	Yutma çarpanları						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	NRC
Duvar veya beton üzerine cam yünü karışık sıva	0.02	0.07	0.40	0.68	0.68	0.75	0.45
Beton üzerine serbest ince halı	0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37	0.20
Döşeme üzerine tesbit edilmiş 5 mm kalınlığında halı	0.04	0.04	0.15	0.29	0.52	0.59	0.25
İnce kumaş perdeler	0.04	0.06	0.10	0.20	0.30	0.40	0.15
5 mm kalınlıkta tabi elyaflı keçe (duvar üzerine)	0.09	0.12	0.18	0.30	0.55	0.59	0.30

- Gözenekli yapma tavan levhaları ve genellikle gözenekli gereçlerin, badana, boya, cila ve benzeri uygulamalarla gözeneklerinin dış havaya açık uçlarının tıkanması durumunda, yutma özelliklerinin kalmayacağı açıktır.
- Ayrıca, gözenekli gereçlerin akustikle ilgili değişik kullanılışlarında, bunların basınç altında sıkışarak, rutubetlenerek, ıslanarak ya da benzeri şekillerde gözeneklilik özelliklerini yitirmemelerine dikkat etmek gerekir.

Gözenekli gereç örnekleri



examples of porous materials

Duvarda gözenekli gereç uygulaması



Tavanda ses yutucu gereç uygulaması



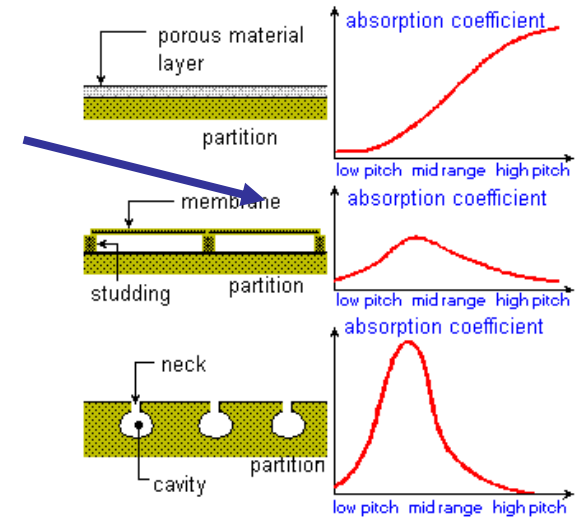
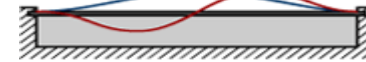
Trattamento ambientale piscina Vigili del fuoco - Modena -

Tavan ve duvarda ses yutucu gereç uygulamaları



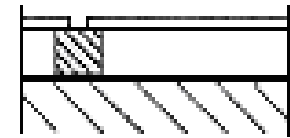
Titreşen Levhalarda Yutulma

- Bir levhayı titreştiren ses enerjisi, levhanın tespit yerlerindeki sürtünmeler, levhanın şekil değiştirmesiyle ilgili iç sürtünmeler, levhanın arkasında bulunan hava tabakasıyla ilgili sürtünmeler ve benzeri ile sonunda ısı enerjisine dönüşerek yutulur.
- Titreşen levhalar, bütün benzer sistemlerde olduğu gibi, öz frekanslarına yakın frekanslardaki sesleri en büyük oranlarda yutarlar.

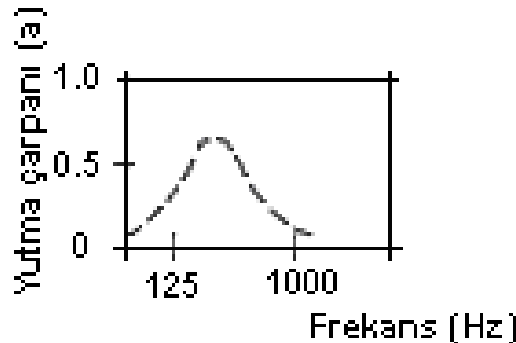


Titreşen Levhalarda Yutulma

- Yapılarda mimari yapımsal parçalar olarak kullanılacak levhalar (lambriler, tavan kaplama levhaları, kirişlemeli esnek döşemeler, bağdadi zerine sıva, pencere camları, çeşitli panolar vb) boyutları ve gereç cinsleri bakımından, öz frekansları oldukça alçak frekanslarda olan parçalardır.
- Bu nedenle **titreşen levha** özelliği gösteren gereçler **kalin sesleri** ince seslerden çok **daha fazla yutarlar**.



Titreşen levha



Titreşen levha
(hava boşluğunda
gözenekli gereç)



Titreşen levhaların ses yutuculukları

- boyut,
- kalınlık,
- yoğunluk,
- tesbit biçimi

bağlıdır.

Titreşen levhaların seçiciliğini azaltmak için bunlarda değişiklik yapmak gerekir.

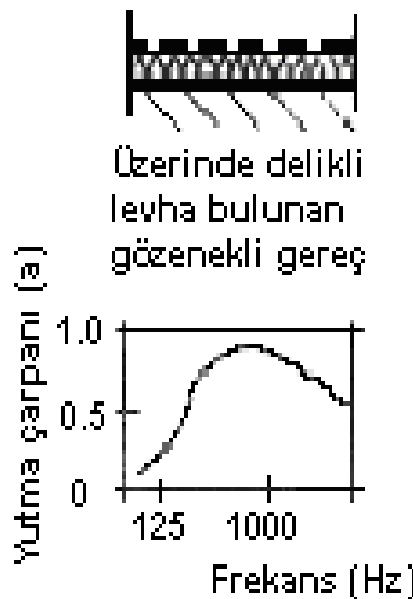
Titreşen levha özelliği gösteren gereçler ve yutma çarpanları

Gereçler	Yutma çarpanları (%)						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	NRC
8 mm kalınlıkta talaş levhalar, yüzeyi düz, duvardan uzaklık 20 mm	0.46	0.24	0.04	0.01	0.01	0.01	0.10
4 mm kalınlıkta sert elyafli levhalar veya aynı ağırlıkta kontrplak levhalar, duvardan 50 mm uzakta	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08	0.10	0.10
Normal boyutlarda pencere camı	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04	0.15
Kapalı çift cam	0.10	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05

Titreşen levhalarla oluşturulmuş bir duvar örneği



- Kitlesi az yani ince ve hafif levhaların arkasına gözenekli ses yutucular konulması sesin yutulmasında büyük yararlar sağlar. Böylece hem yüksek, hem de alçak frekanslı seslerin belli oranda yutulması sağlanmış olur.



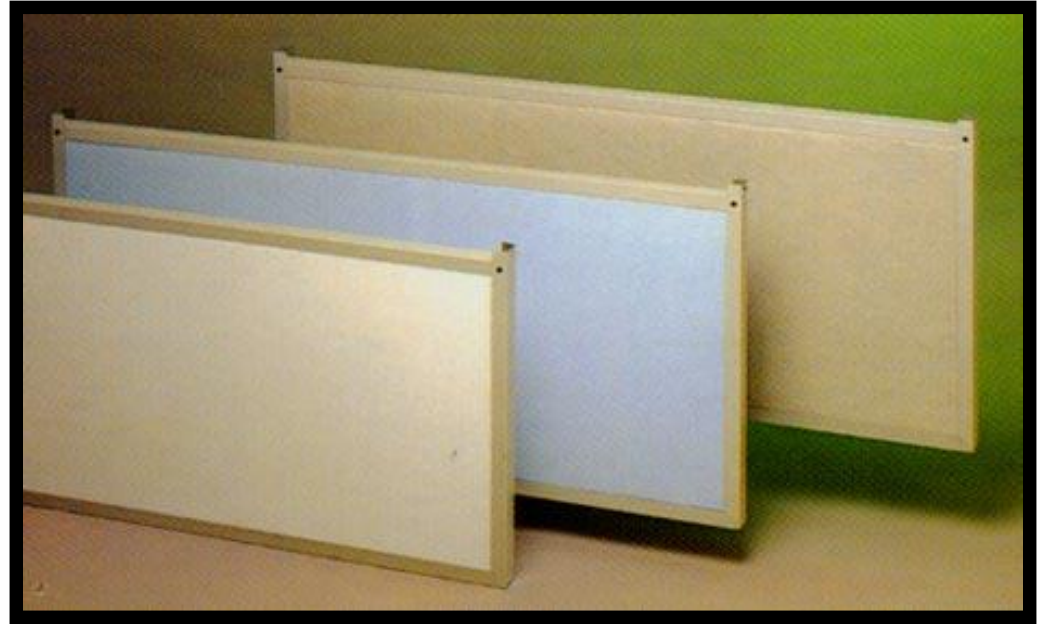
Gözenekli gereç ve titreşen levha özelliği gösteren kesitlere örnekler

Gereçler	Yutma çarpanları (%)						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	NRC
Arkasına gözenekli gereç konmuş delikli levhalar		0.50	0.70	0.90	0.60	0.50	0.70
Delikli özel akustik levhalar	0.30	0.50	0.70	0.70	0.60	0.50	0.60
4 mm kalınlıkta sert elyaflı levhalar veya aynı ağırlıkta kontrplak levhalar, duvarla arası gözenekli gereç ile dolu, duvardan 50 mm uzakta	0.20	0.40	0.20	0.10	0.08	0.10	0.20

Cam yünü levha üzeri kumaş kaplama



Ses yutucu gereçlere örnekler



Ses yutucu gereçlerin tavanda kullanımı



Ses yutucu gereçlerin tavan ve duvarlarda kullanımı



Ses yutucu gereçlerin tavan ve duvarlarda kullanımı



Ses yutucu gereçlerin tavanda kullanımı



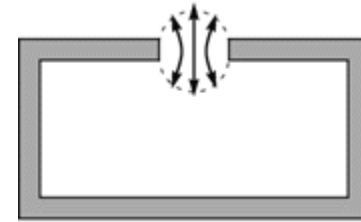
Rezonatörlerde Yutulma

- Günümüz yapılarında gözenekli gereçler ve titreşen levhalar kadar sıklıkla kullanılmasa da akustik açıdan oldukça önemli yutuculuk özellikleri olan rezonatörler, yapı bünyesinde ve çoğunlukla tavan ve duvarlarda gömülü olarak yer alırlar. Küp ya da testi biçiminde ve ağızları iç mekana açık olarak konumlandırılan bu gereçler oldukça yüksek yutuculuk ya da yansıtıcılık değerlerine çıkabilirler.

Helmholtz Rezonatörleri



Helmholtz Rezonatörü (Hermann von Helmholtz, 1821-1894) kısa ve hacme açık bir boyun kısmı olan kapalı küçük bir hacimdir. Şişe, testi benzeri yapılar da Helmholtz rezonatörleridir.



Tarihi Helmholtz rezonatörleri

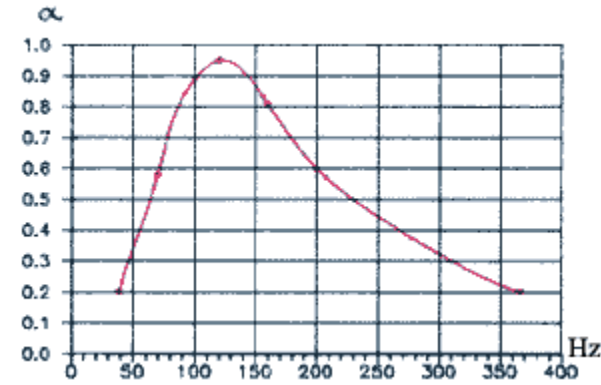
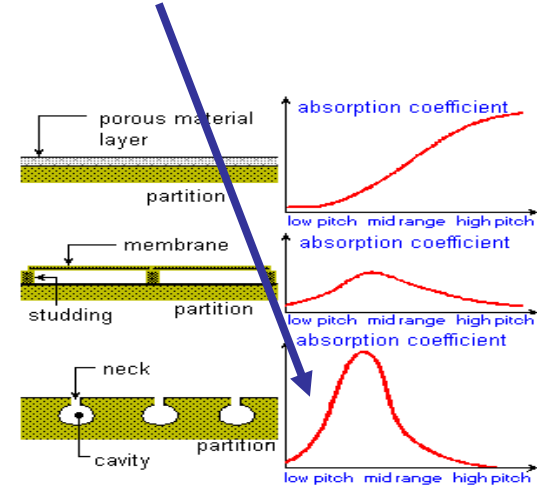


Farklı boyutların farklı rezonans frekansları vardır.
Dolayısıyla farklı frekansları yutarlar.

Helmholtz rezonatörleri orta ve alçak frekansları yutar.

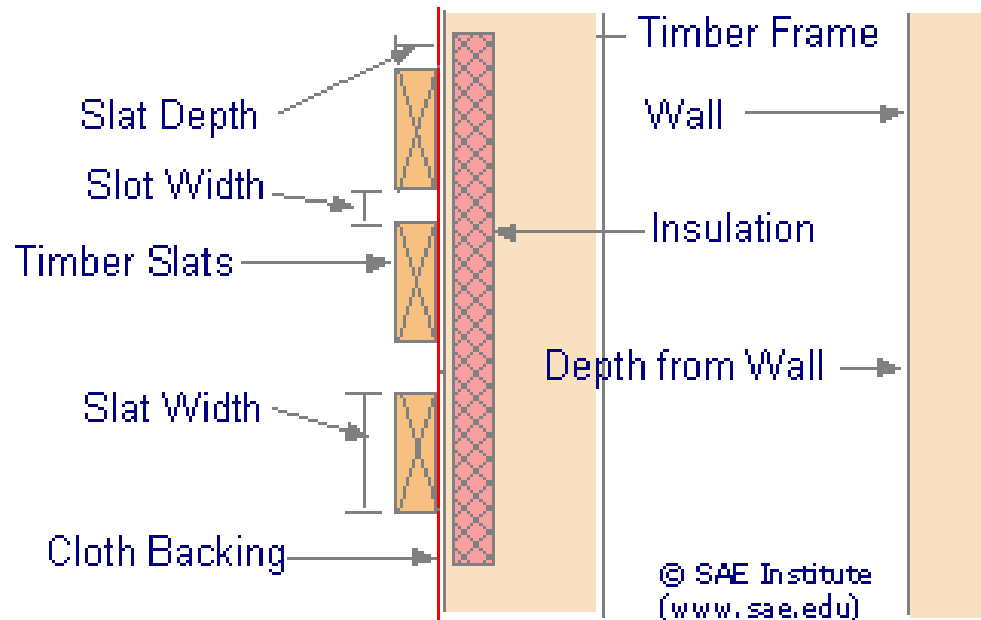
Helmholtz rezonatörlerinin ses yutuculuğu hacim ve boyun boyutlarına bağlıdır. Bunlar genellikle orta ve alçak frekansların yutulması için kullanılırlar.

Orta çağ kiliselerinin ve camilerin kubbelerinde akustiği denetlemek için kubbeye gömülü ve testilerin kullanılmaktaydı.



Helmholtz rezonatörleri

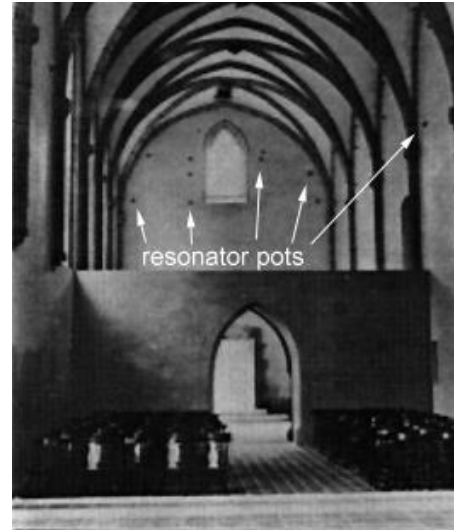
- Helmholtz rezonatörleri boşluklarla ayrılmış ahşap çıtalara vb. (kafes benzeri konstrüksiyonlar) biçimlerle de yapılabilir.



Rezonatör örnekleri



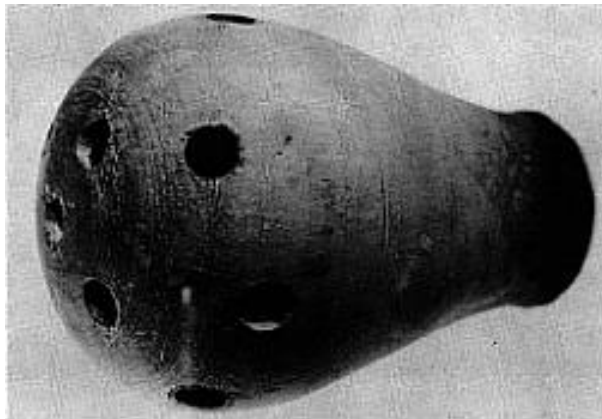
Resonator made of terracotta, from the Nora punico-roman theatre, in Sardinia.



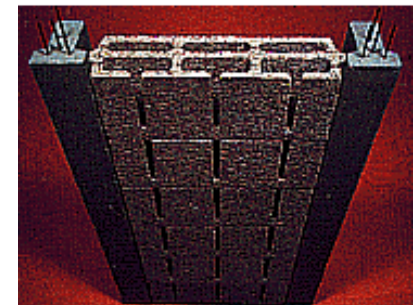
Pleterje chapel, near Ljubljana, built in 1403.



wall resonators

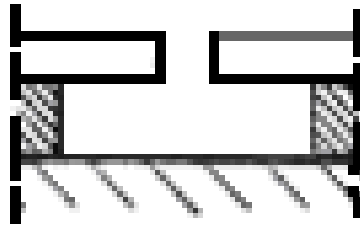


Resonator pot of Pleterje chapel.

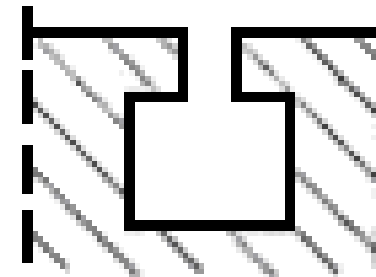
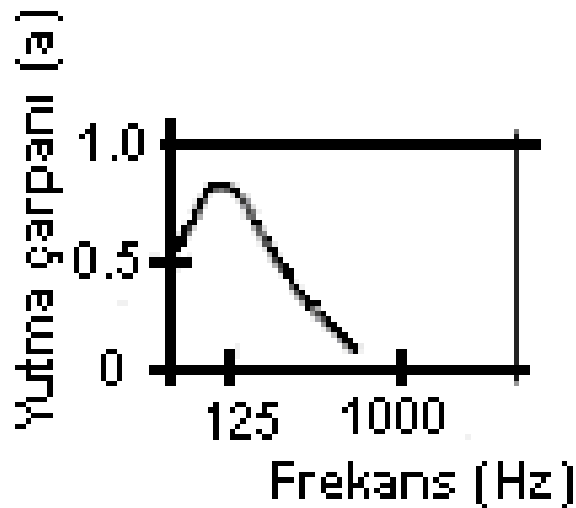


ceiling resonators

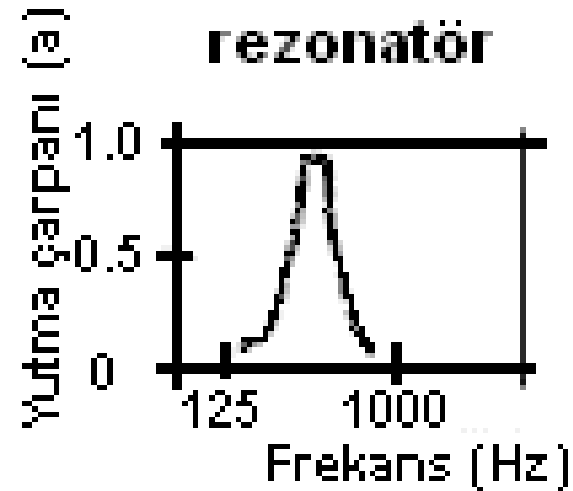
Rezonatör örnekleri



Rezonatör



**Helmholtz
rezonatör**



Hacmin Toplam Yutuculuğunun Ses Düzeyine Etkisi

- **Hacmin toplam yutuculuğu**, hacmi kaplayan yüzey malzemelerinin yutma çarpanları ve bunların yüzey alanlarına, hacimde yer alan birimsel nesnelerin özelliklerine ve sayılarına, ayrıca hacmin büyüklüğüne bağlı olarak belirlenen bir büyüklüktür.
- Toplam yutuculuğun az ya da çok olması, hacmin yansımış ses düzeyini etkiler.

Hacmin Toplam Yutuculuğu (A);

Hacmin Toplam Yutuculuğu (A);

- hacmin iç yüzeylerinin toplam yutuculuğu (A_y),
- insan-eşya gibi nesnelerin toplam yutuculuğu (A_b)
- havanın yutuculuklarının (A_h)

toplamından oluşur.

$$A = A_y + A_b + A_h \quad (\text{Sabine, m}^2)$$

Yüzeylerin toplam yutuculuğu

- **Ay**: Yüzeylerin toplam yutuculuğu (Sabine, m²)

$$A_y = a_1 \cdot S_1 + a_2 \cdot S_2 + \dots + a_n \cdot S_n$$

a_n : Her bir yüzeyin yutma çarpanı (% , frekansa bağlı)

S_n : Her bir yüzeyin alanı (m²)

Birimsel nesnelerin toplam yutuculuğu

- **Ab**: Birimsel nesnelerin toplam yutuculuğu (Sabine, m²)

$$Ab = a_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot n_2 + \dots + a_n \cdot n_n$$

a_n : Her bir nesnenin yutma çarpanı (% , frekansa bağlı)

s_n : Her bir nesnenin adeti (örneğin 5 insan, 5 sandalye vb.)

Havanın yutuculuğu

- **Ah**: Hacmin havasının yutuculuğu (Sabine, m²)

$$Ah = 4mV$$

- m: sıcaklığa ve bağıl neme bağlı çarpan. Havanın yutuculuğu büyük hacimler ve ince sesler için önem kazanır. Sıcaklığa ve bağıl neme bağlı olarak değişmekle birlikte, 20°C ve %40 bağıl nem için “m” değerleri;
- 1000 Hz’de 0.0008; 2000Hz’de 0.0030 ve 4000Hz’de 0.0088 olarak alınır.
- V: Mekandaki havanın hacmi (m³)

Gürültü Azalması

- Hacimlerde toplam yutuculuktan kaynaklanan **G**ürültü **A**zalması, önceki ve sonraki toplam yutuculukların oranına bağlı olarak hesaplanır.

$$GA = 10 \log A_2 / A_1$$

GA= Toplam yutuculukların değişimi ile oluşan gürültü azalması (dB)

A_1 = Hacmin ilk toplam yutuculuğu (Sabine, m²)

A_2 = Hacmin sonraki toplam yutuculuğu (Sabine, m²)

Hacmin toplam ses yutuculuğunun artırılması



Hacmin toplam ses yutuculuğunun artırılması



Hacmin toplam ses yutuculuğunun artırılması



Hacmin toplam ses yutuculuğunun artırılması



Sesin yutulması (Açık hava)

Gürültünün kaynaktan çıktıktan sonra açık havada yayılması sırasında azalmasında,

- bitki ve zemin örtüsü ve
- hava

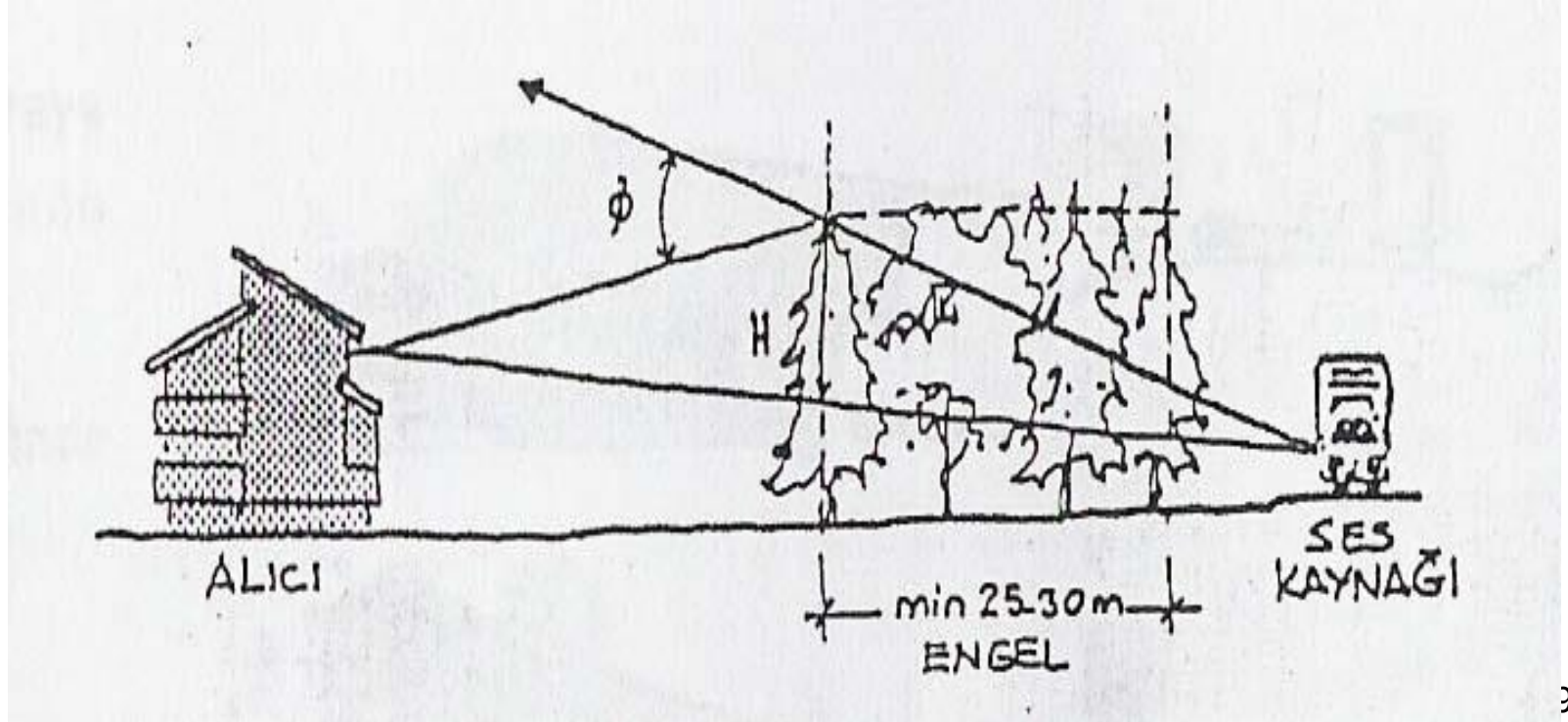
etkin rol oynamaktadır.

Sesin yutulması (Açık hava)

- Havada yutulma;
- Havanın yutuculuğunda, sıcaklık, bağıl nem ve sesin frekansı önemlidir. Yüksek frekanslı seslerde havanın yutuculuğu fazla, kalın seslerde hemene hemen hiç yoktur.

Sesin yutulması (Açık hava)

Gürültünün azalmasında bitki örtüsünün niteliği (ot, yoğun ekin, orman) önemlidir. Tek ağaç ya da çalı dizisinin etkinliği söz konusu değildir. Ancak koru orman gibi ağaç arınları etkili olabilir (Min 30 m genişliğinde)



Sesin yutulması (Açık hava)

