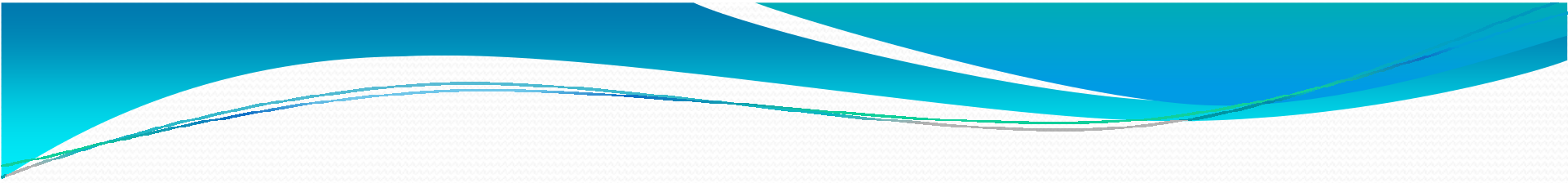


AKUSTİK ÖLÇÜM ODALARI VE ENDÜSTRİYEL KULLANIMLARI

Hakan Dilmen

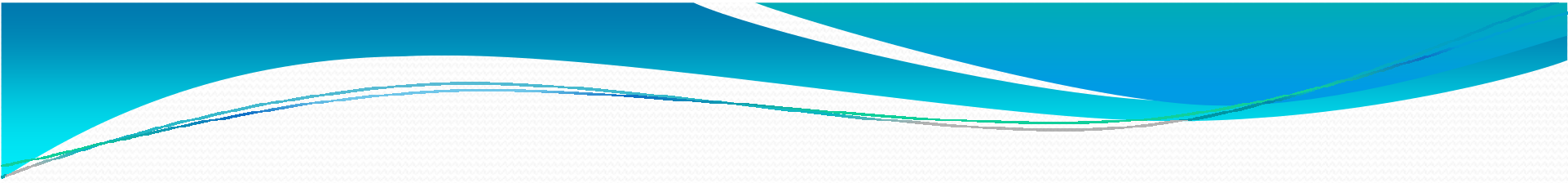
TÜBİTAK UME Akustik Paydaşlar Toplantısı

Gebze, 23 Ocak 2013



Akustik Ölçüm Odaları ve Endüstriyel Kullanımları

- Giriş
- Sesin Temel Parametreleri
- İlgili Akustik Standartları
- Çınlanım Odaları
- Anekoik Odalar
- Sonuç



Akustik Ölçüm Odaları ve Endüstriyel Kullanımları

- Giriş
- Sesin Temel Parametreleri
- İlgili Akustik Standartları
- Çınlanım Odaları
- Anekoik Odalar
- Sonuç

Giriş

- İnsanlar evlerinde, işyerlerinde, iç ve dış ortamlarda giderek daha fazla gürültüye maruz kalmaktadırlar.



- Gürültü konusundaki yasal düzenlemeler her ülkede önem kazanmaktadır.

Giriş

- Farklı ülkelerde kullanılan farklı gürültü ölçüm yöntemleri arasında uyum sağlamak amacıyla ISO çeşitli standartlar yayımlamaktadır.



Giriş

- Bu standartlara uygun yapılan gürültü düzeyi ölçümleri sayesinde üreticiler kendi ülkeleri dışında da kabul gören ürünler geliştirebilmektedir.

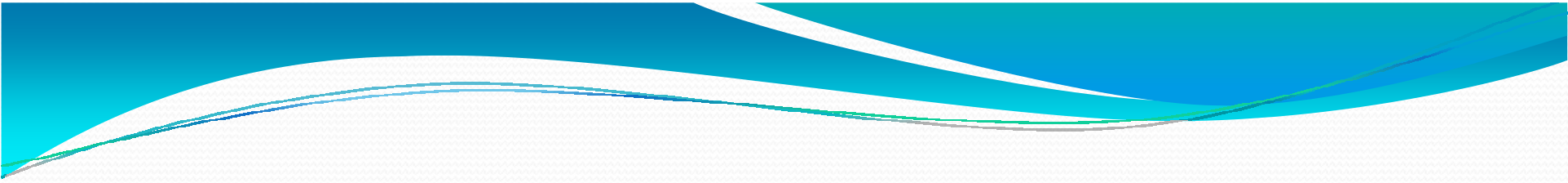


- Farklı dillerde «ENERJİ» ifadesi:
Energy, Energija, Energie, Energia,
- Yıllık enerji tüketimi (kWh)
- Yıldız sınıflaması olmayan bölmelerin depolama hacmi (litre)
- Donmuş gıda saklama bölmelerinin depolama hacmi (litre)
- Gürültü emisyonu (dB)

Giriş

- Otomotiv, makina mühendisliği, beyaz eşya ve tıbbi cihazlar için uluslararası standartlar mevcuttur.





Akustik Ölçüm Odaları ve Endüstriyel Kullanımları

- Giriş
- Sesin Temel Parametreleri
- İlgili Akustik Standartları
- Çınlanım Odaları
- Anekoik Odalar
- Sonuç

Sesin Temel Parametreleri

- **Ses gücü, P [Watt]**

Birim zamanda kaynaktan yayılan ses enerjisinin ölçüsü.
Her makinanın mekandan bağımsız kendine özgü bir ses gücü düzeyi mevcuttur.

- **Ses şiddeti (Sound Intensity), I [W/m²]**

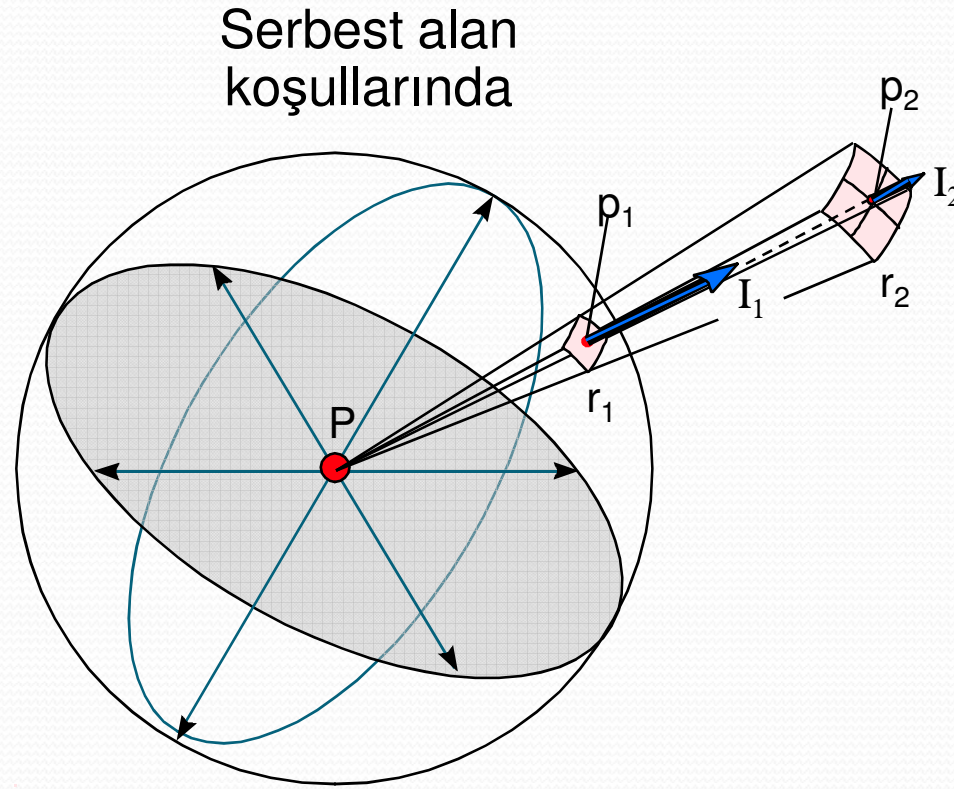
Birim alandan geçen akustik enerjinin vektörel ölçüsü

- **Ses basıncı, p [Pa]**

Statik basıncın üzerinde ses nedeniyle ortaya çıkan dalgalı bir basınç.

Kullanıcı kulak pozisyonunda algılanan gürültü düzeyi.

Parametreler Arası İlişki



Ses şiddeti vektörü $\vec{I}$, akustik enerjinin verilen bir konumdaki net akışının miktarını ve doğrultusunu tanımlar.

Birim alandan birim zamanda geçen akustik enerjidir.

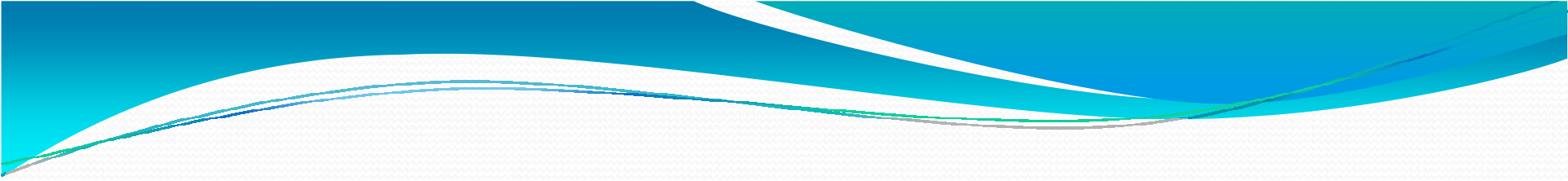
$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c}$$

Güç : P [W = J/s]

Şiddet: I [J/s/m² = W/m²]

Basınç: p [Pa = N/m²]

ρc : Ortamın empedansı

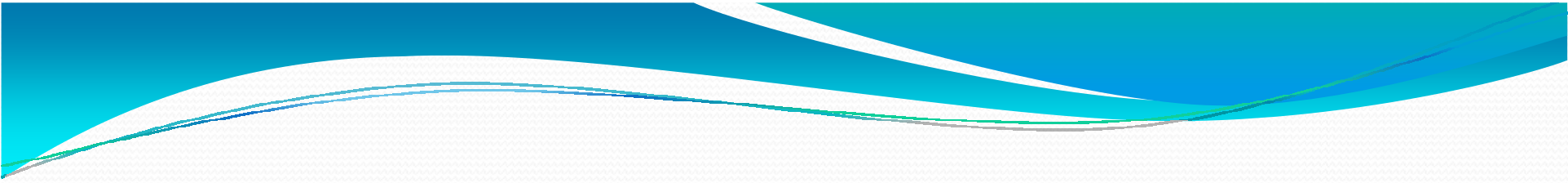


Sesin Temel Parametreleri

- Makina ve ekipman gürültü düzeyinin belirlenmesi ve benzer makinaların kıyaslanması için kullanılan parametre **Ses Gücü** parametresidir.
- Makina ve ekipman gürültü düzeyi ile ilgili uluslararası standartlarda da **Ses Gücü** parametresi kullanılmaktadır.

Akustik Ölçüm Odaları ve Endüstriyel Kullanımları

- Giriş
- Sesin Temel Parametreleri
- İlgili Akustik Standartları
- Çınlanım Odaları
- Anekoik Odalar
- Sonuç



İlgili Akustik Standartları

Test edilen cihazın ses gücü düzeyi iki türlü ölçüm yöntemi ile belirlenebilir:

- Ses basınç düzeyi ölçümleri (ISO 3740 serisi)
- Ses şiddeti düzeyi ölçümleri (ISO 9614)

Her iki düzey de, alt normlarda detaylı olarak tanımlanan kurulum ve işletim şartlarında ölçülür.

İlgili Akustik Standartları

- Bir deney kodu taslağının hazırlanması ve sunumu ile ilgili kurallar ISO 12001 standardında tanımlanmıştır.
- Makina ve donanımın gürültü emisyon değerlerinin beyanı ve doğrulanması ile ilgili esaslar ISO 4871 standardında belirtilmiştir.
- Makina ve donanımda temel gürültü azaltım ilkeleri ISO 11688 ve ISO 11689 standartlarında ele alınmıştır.

İlgili Akustik Standartları

- Makina ve ekipman ses gücü düzeyinin belirlenebilmesi için özel tasarlanmış akustik ortamlara ihtiyaç vardır.
- Çınlanım odaları ve anekoik odalar, akustik davranışları iyi bilinen ve hassas ölçüm olanağı sağlayan özel akustik ortamlar olduklarından bu ölçümler için kullanılırlar.

İlgili Akustik Standartları

Standard	Doğruluk	Test ortamı	Kaynağın hacmi	Sesin karakteri	Ses Gücü Düzeyi	Ek bilgi
ISO 3741	Hassas (Grade 1)	Koşullara uygun çınlama odası	Tercihen test odasının hacminin %1'inden az	Kararlı, geniş band	1/1 ya da 1/3 oktav bandlarında	A-ağırlıklı
ISO 3742				Kararlı ayırık frekans ya da dar band		
ISO 3743-1	Mühendislik (Grade 2)	Sert duvarlı test odası		Kararlı, geniş-band, dar-band ya da ayırık frekans	A-ağırlıklı ve oktav bandlarında	Diğer ağırlıklı ses gücü düzeyleri
ISO 3743-2		Özel çınlama odası				
ISO 3744		Açık alan ya da büyük oda	Sınırlama yok. Sadece eldeki test ortamıyla sınırlı	Hepsi	A-ağırlıklı ve 1/1 ya da 1/3 oktav bandlarında	Doğrultu bilgileri ve ses basınç düzeyleri zamanın fonksiyonu olarak verilir; diğer ağırlıklı ses gücü düzeyleri
ISO 3745	Precision (Grade 1)	Yankısız ya da yarı- yankısız oda	Tercihen test odası hacminin %0.5'inden az			
ISO 3746	İnceleme (Survey) (Grade 3)	Açık alan ya da kapalı alan (özel test ortamına gerek yoktur)	Sınırlama yok. Sadece eldeki test ortamıyla sınırlı		A-ağırlıklı	Ses basınç düzeyleri zamanın fonksiyonu olarak verilir; diğer ağırlıklı ses gücü düzeyleri
ISO 3747		Özel test ortamı yok; test edilen kaynak taşınamıyor	Sınırlama yok	Kararlı, geniş-band, dar-band ya da ayırık frekans		Ses gücü düzeyi oktav bandlarında verilir

Yöntem Seçimini Etkileyen Faktörler

Faktör	Bilgi	ISO Standardı					
		3741	3742	3743	3744	3745	3746
Kaynağın ölçüsü	Büyük kaynaklar - taşınamayan						
	Küçük kaynaklar - taşınabilir						
Sesin karakteri	Kararlı - geniş band						
	Kararlı - dar band - ayırık frekans						
	Kararsız						
Yöntemin sınıflandırılması	Hassas - Precision						
	Mühendislik - Engineering						
	İnceleme - Survey						
Uygulama alanı	Gürültü kontrolü						
	Tip testi						
	Farklı makina türlerinin karşılaştırılması						
	Aynı makina türlerinin karşılaştırılması						
Elde edilen bilgi	1/1-Octav band düzeyleri						
	1/3-Octav band düzeyleri						
	A-ağırlıklı düzeyler						
	Başka ağırlıklar						
	Doğrultu ile ilgili bilgiler						
	Frekans bileşenleri ile ilgili bilgiler						
Test ortamı	Laboratuar tipi çınlama odaları						
	Özel çınlama odaları						
	Büyük hacimler, açık alan						
	Laboratuar tipi yankısız odalar						
	Yerinde, kapalı alan, açık alan						

İşaretler:



Desteklemiyor

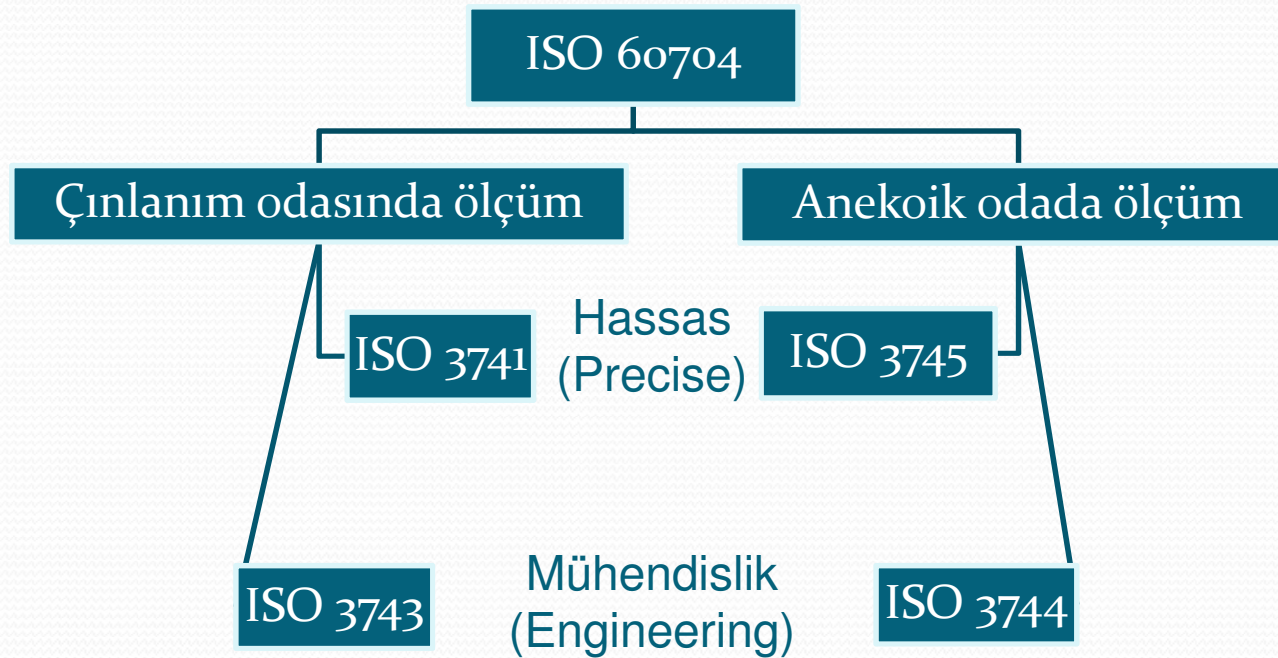


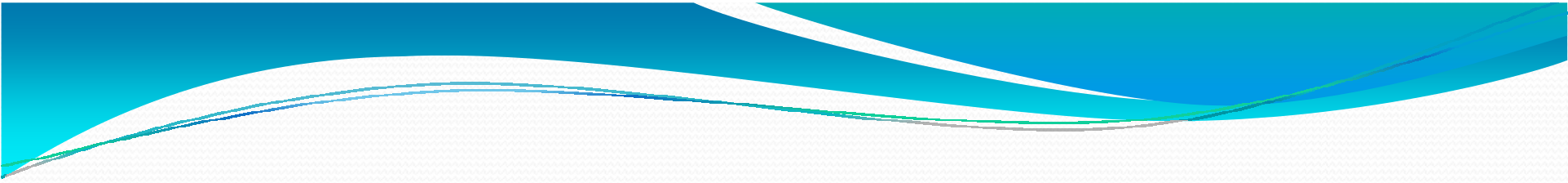
İsteğe bağlı



Zorunlu

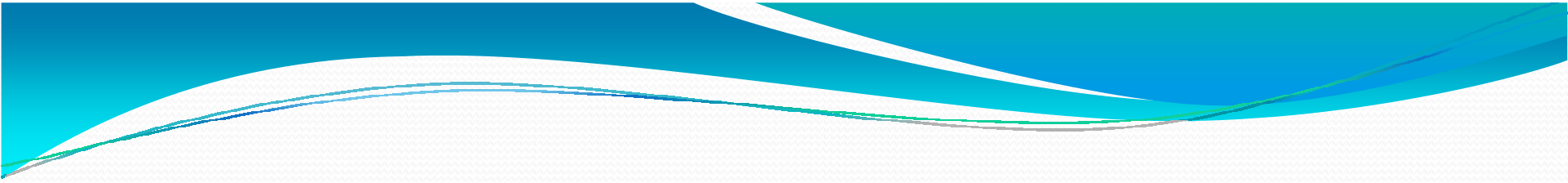
İlgili Akustik Standartları





Akustik Ölçüm Odaları ve Endüstriyel Kullanımları

- Giriş
- Sesin Temel Parametreleri
- İlgili Akustik Standartları
- Çınlanım Odaları
- Anekoik Odalar
- Sonuç

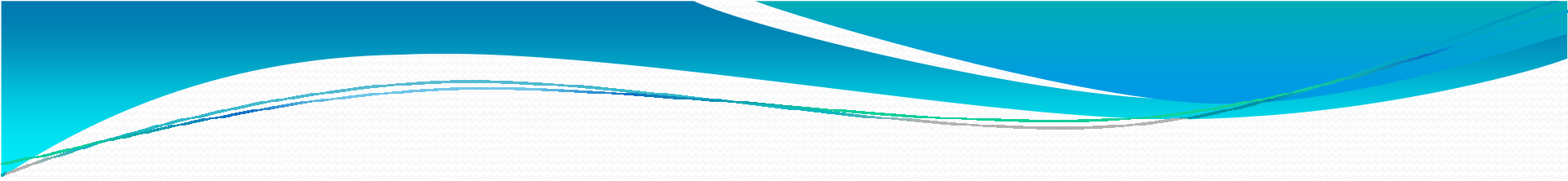


Çınlanım Odaları

- Çınlanım odaları, taşınabilir ses kaynaklarının ses gücü düzeylerinin hızla belirlenmesinde kullanılır.
- Avantajları:
 - Düşük maliyet,
 - Az yer ihtiyacı,
 - Hızlı ölçüm prosedürü.

Çınlanım Odaları

- ISO 3743 standardına uygun çınlanım odaları yaygın olarak kullanılmaktadır.
- ISO 3741 standardına uygun daha büyük çınlanım odaları ($V > 200 \text{ m}^3$) daha nadir tercih edilmekle birlikte, bu odalarda ISO 354 standardına uygun ses yutum katsayısı ölçümleri de gerçekleştirilebilmektedir.



Çınlanım Odaları

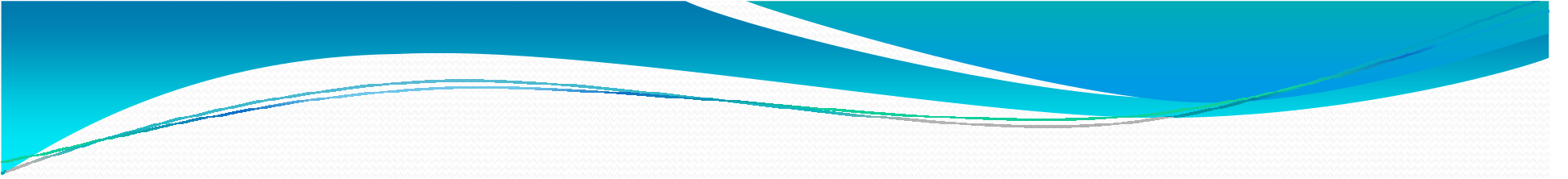
- Çınlanım odası boyutlarını etkileyen faktörler:
 - Ölçüm hassaslığı (precision – engineering – survey)
 - En büyük test objesinin boyutları
 - Doğru ölçüm yapılabilecek alt ve üst frekans sınırları

Çınlanım Odaları

- Çınlanım odaları hava doğuşlu ve katı doğuşlu seslere karşı yalıtılmış olmalıdır.
- Hava doğuşlu ses geçişine karşı, çınlanım odaları genellikle oda içinde oda prensibi ile inşa edilirler.





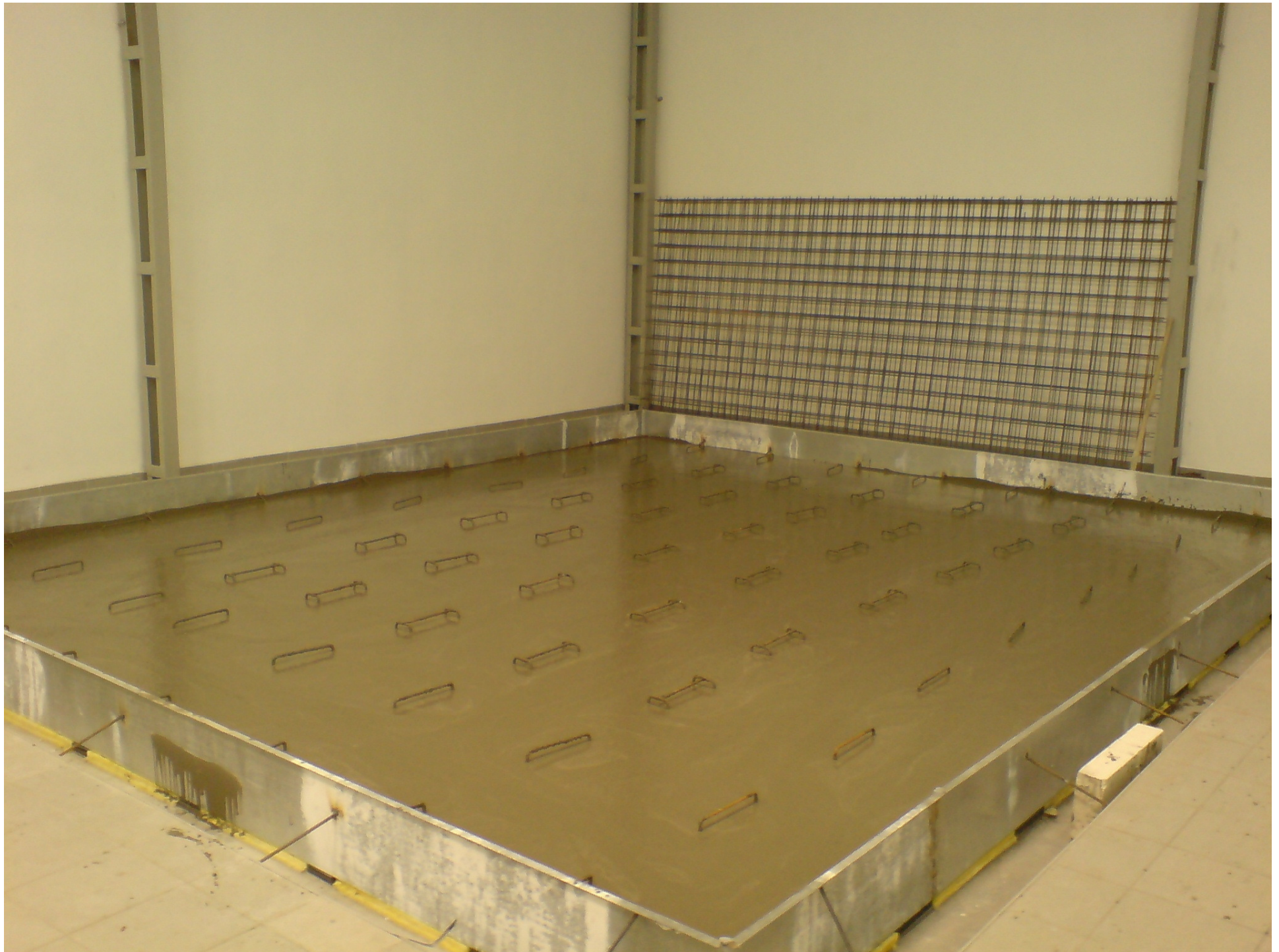


Çınlanım Odaları

- Katı doğuşlu seslere karşı yalıtım için odalar yüzer döşeme üzerinde inşa edilirler.
- Yüzer döşemeler, yaylar veya neopren titreşim yalıtım takozları üzerinde imal edilirler.







Çınlanım Odaları



TÜBİTAK UME, Gebze



Çınlanım Odaları



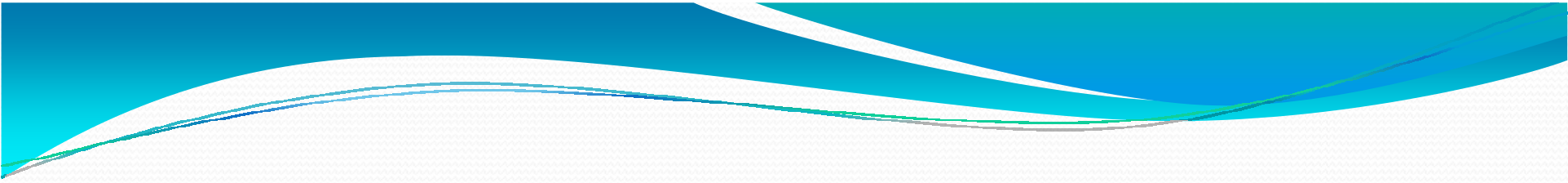
Vestel, Manisa

Çınlanım Odaları



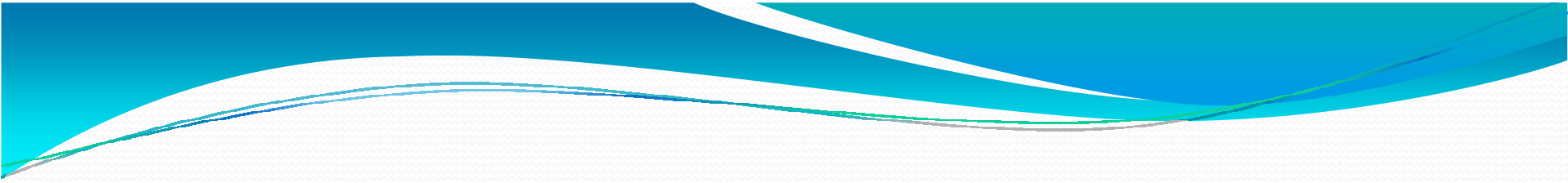
BSH, Çerkezköy





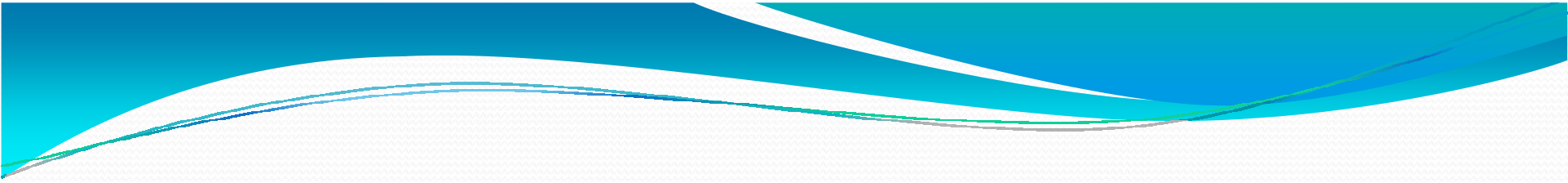
Akustik Ölçüm Odaları ve Endüstriyel Kullanımları

- Giriş
- Sesin Temel Parametreleri
- İlgili Akustik Standartları
- Çınlanım Odaları
- **Anekoik Odalar**
- Sonuç



Anekoik Odalar

- Anekoik odalar ses gücü düzeyi belirlenmesinin yanı sıra, toplam ses gücüne etkiyen tüm ses kaynaklarının sınıflandırması ve sıralanması için de kullanılırlar.
- Anekoik alanda ürün alt sistemlerinden yayılan gürültünün yayılım ve yönsel özellikleri kolaylıkla tespit edilebilir.



Anekoik Odalar

- Anekoik oda boyutlarını etkileyen faktörler:
 - Ölçüm hassaslığı (precision – engineering – survey),
 - Ölçüm yöntemi (yarım küre – dikdörtgen prizma),
 - Anekoik kaplama tipi (konik yutucular – yassı yutucular),
 - En büyük test objesinin boyutları,
 - Doğru ölçüm yapılabilen alt ve üst frekans sınırları.

Anekoik Odalar



Checklist for acoustic measuring rooms

Stand: 06/02

Company:	Date:
Address:	Contact person:
	Department:
Phone:	Fax:

1. Which type of measurements are made?

2. Dimensions of largest test object ? L: m W: m H: m

3. Room type

- ☐ Hemi anechoic (reflecting floor)
☐ Fully anechoic (absorbing floor)

Accessibility:

- ☐ walk net (stretched steel wires) (max. load: 150 kg/m² to 20 kN in total)
 and / or
☐ grid floor m² (max load: 250 kg/m² vertically)
☐ catch net for saving small down falling parts.

Room lining / Facing

- ☐ ASONAD-MF (mineral wool wedges, fibre cloth faced)
☐ ASONAD-ML (mineral wool wedges, faced with perforated steel)
☐ ASONAD S (melamine foam wedges)

Cut-off frequency f_c in relation to lining depth t

f_c [Hz]	50	63	80	100	125	160	200	250	
t [mm]	1500	1300	1075	850	650	550	400	350	for MF
t [mm]	1500	1350	1000	800	650	525			for ML
t [mm]		1350	1100	900	700	600			for S

☐ SONEX WF (flat absorbers)

lining depth t: ☐ t = 250 mm
☐ t = 350 mm

4. Acoustical situation:

What should be the background noise level in the room? dB
 What background level is to be expected nearby outside? dB (A)

5. Shall the room be vibration isolated?

☐ no ☐ yes

Natural vertical frequency ?

☐ 3 Hz ☐ 8 Hz ☐ 12 Hz about Hz

live load inside test room ?

about kg

Is provision of safeguards against earthquakes necessary?

☐ yes ☐ no

6. Information about the building where the test room is placed:

☐ to be planned ☐ under construction ☐ already existing

In which floor shall the test room be installed ?

☐ basement ☐ ground floor floor max. ceiling load: kg/m²



7. Will the room be built completely new ?

☐ no, there are existing: ☐ floor ☐ walls ☐ ceiling
☐ yes

made out of ☐ concrete/bricks ☐ gypsum board ☐ panel system

wall thickness: mm
 inner dimensions: L = m B = m H = m

8. Access doors (Sound transmission loss STL > 45 dB):

Frame: ☐ corner frame ☐ containing frame
 Threshold: ☐ impact threshold ☐ humped threshold

Number / STL pcs. clear building dim.: B = m H = m STL = dB
 pcs. clear building dim.: B = m H = m STL = dB

9. Observation window:

Glazing pcs. clear building dim.: B = m H = m STL = dB
 Video camera pcs. ☐ pan head ☐ monitor b/w

10. Room ventilation:

☐ no ☐ yes
 amount of heat to be evacuated: kW or x-fold air exchange
☐ junction / interface to already existing HVAC-system
☐ G+H shall deliver the AHU too. Please specify required environmental conditions
☐ only surrounding air (by a fan) required

11. Accessories:

Cable passages pcs. mm clear diameter (f. ex. 80, 100, 125, 200 mm)
 pcs. mm clear diameter (f. ex. 80, 100, 125, 200 mm)

Passages for axle transmission pcs. mm clear diameter
 pcs. mm clear diameter

Ceiling hooks pcs. for a max. vertical load of 500 N each
 pcs. for a max. vertical load of 1000 N each
 pcs. for a max. vertical load of 1500 N each
 pcs. for a max. vertical load of N each

Support for sockets

Lighting: lux light intensity in the working plane

Turntable required? Particular type prescribed?

12. Any particularities required?

- ☐ Electromagnetic shielding needed (part of separate specification)
☐ Chassis Dynamometer needed (part of separate specification)
☐ Engine test bed needed (part of separate specification)
☐ others

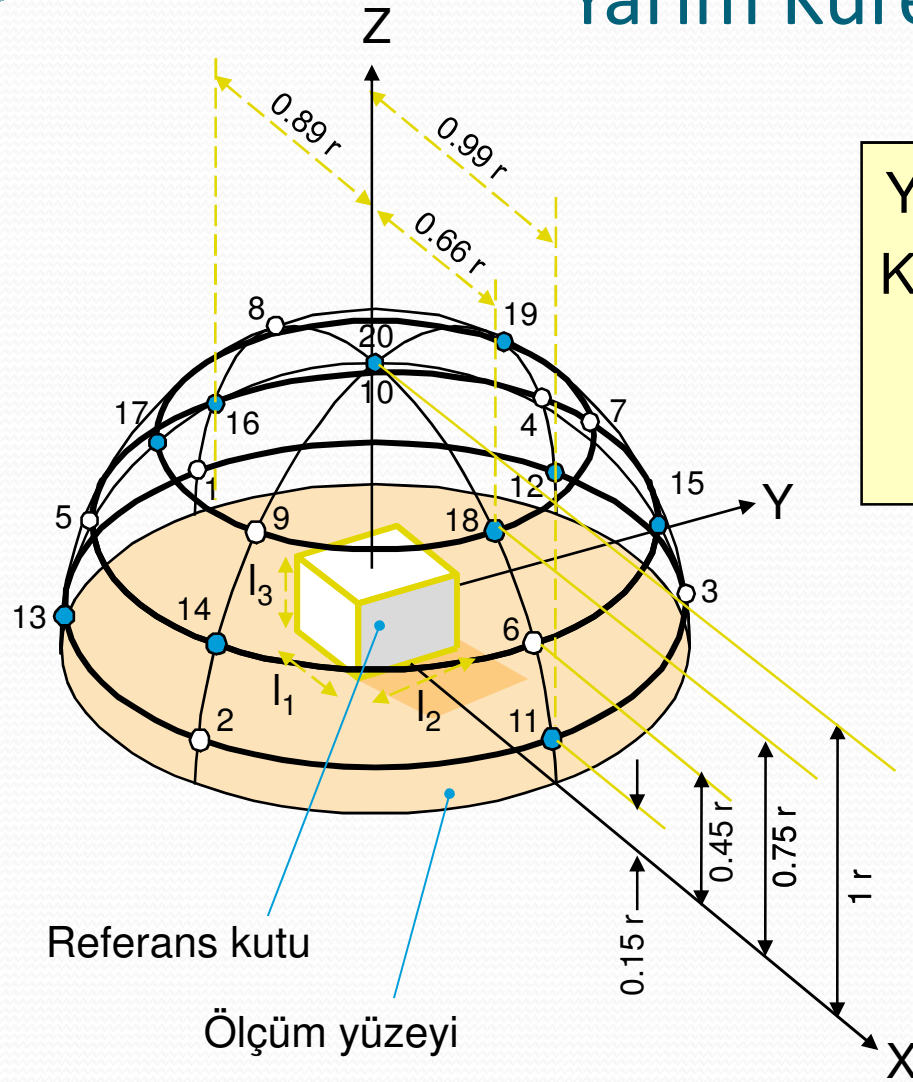
Location:
 Filled in by:

Date:
 Signature:

Anekoik Odalar

- Anekoik odalar da aynı çınlanım odaları gibi, hava doğuşlu ve katı doğuşlu seslere karşı yalıtılmış olmalıdır.
- Anekoik odalar, hava doğuşlu ses yalıtımı amacıyla sıklıkla oda içinde oda prensibi ile inşa edilirler.
- İç ve dış odalar arasında ciddi mesafe bırakılmalı; iki cidar arasında katı temas mutlaka engellenmelidir.
- İç ve dış odaların tasarımında deprem güvenliği prensipleri dikkate alınmalıdır.

Yarım Küre Yöntemi



Yarıçap: $r \geq 2d_0$ ve $r \geq 1m$

Karakteristik kaynak boyutu:

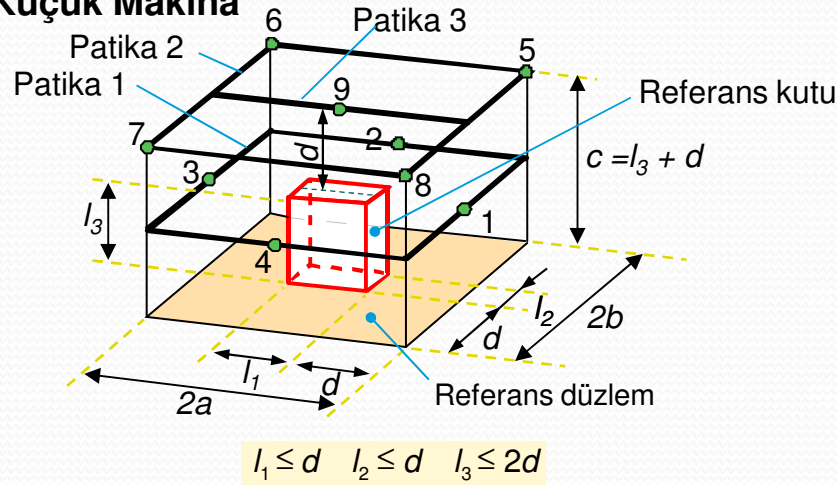
$$d_0 = \sqrt{\left(\frac{l_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{l_2}{2}\right)^2 + l_3^2}$$

○ Anahtar mikrofon konumları

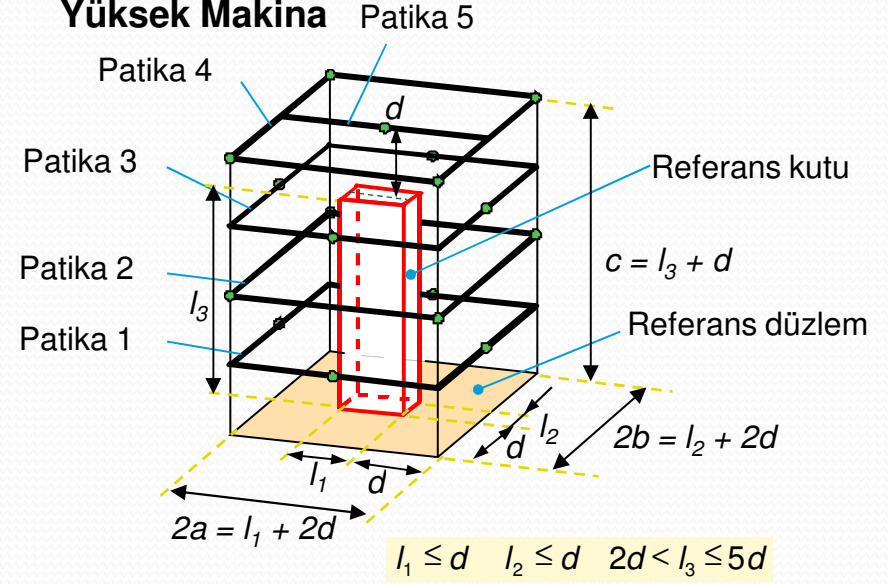
● Ek mikrofon konumları

Dikdörtgen Prizma Yöntemi

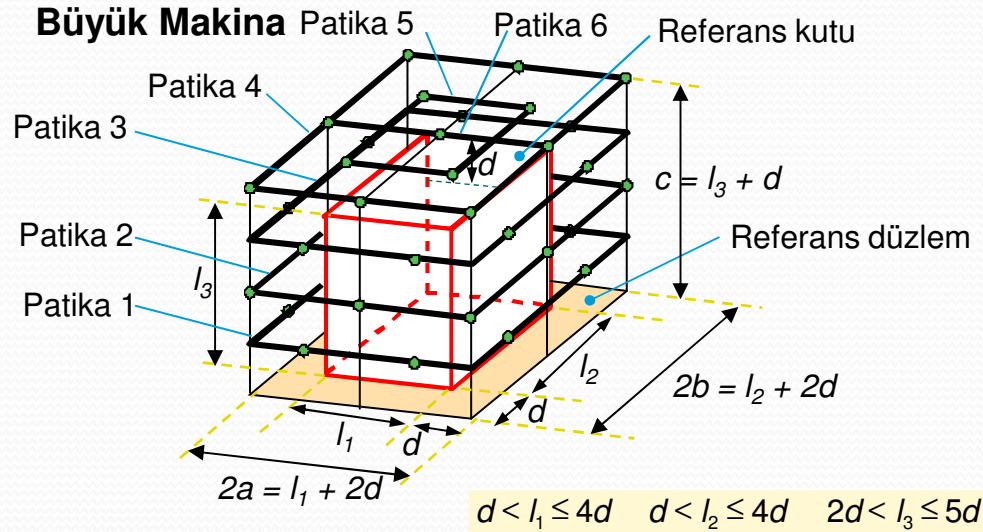
Küçük Makina



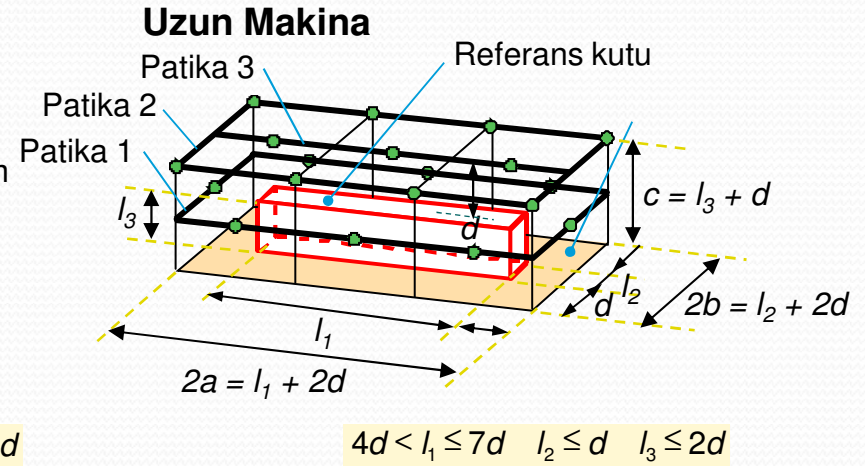
Yüksek Makina



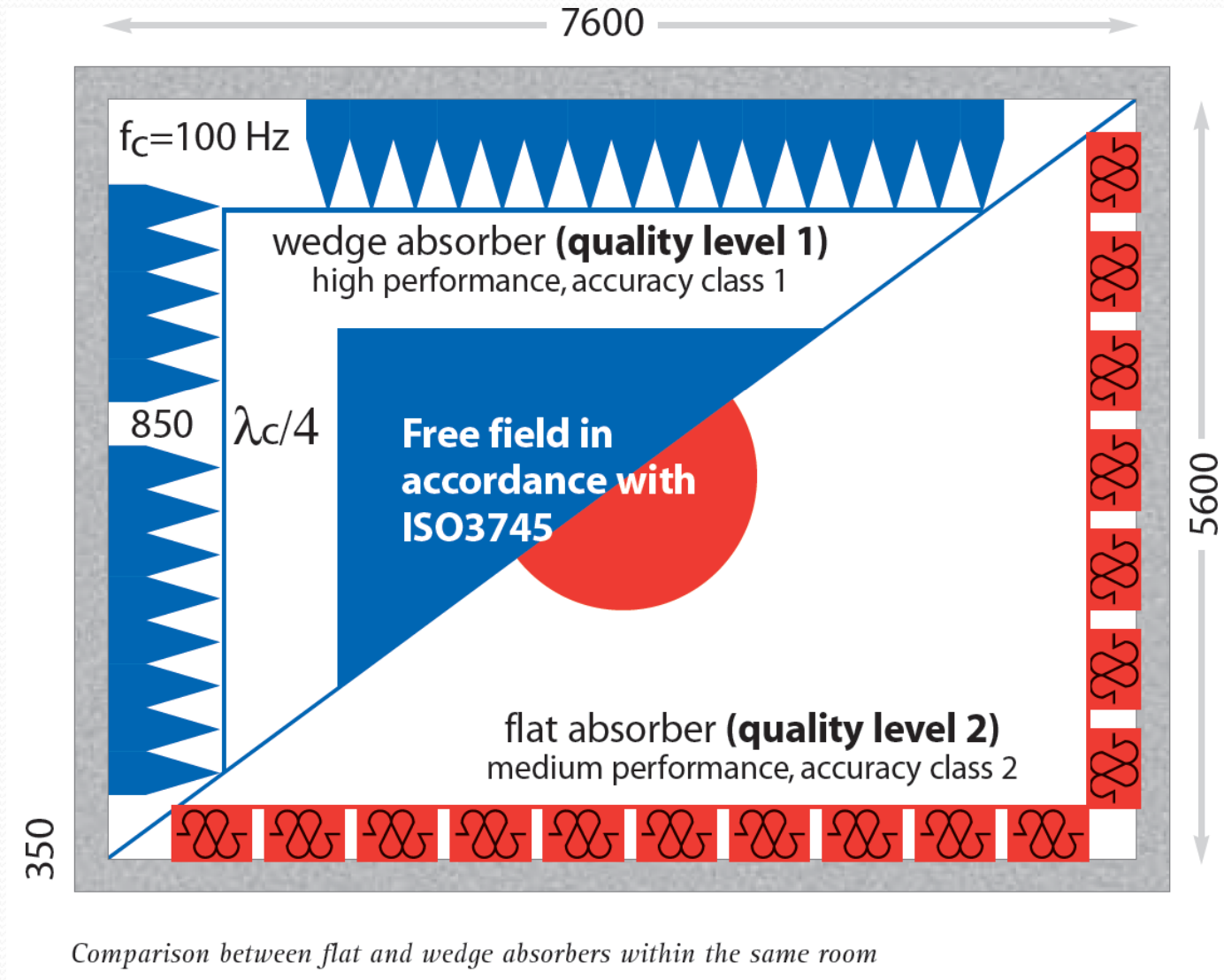
Büyük Makina



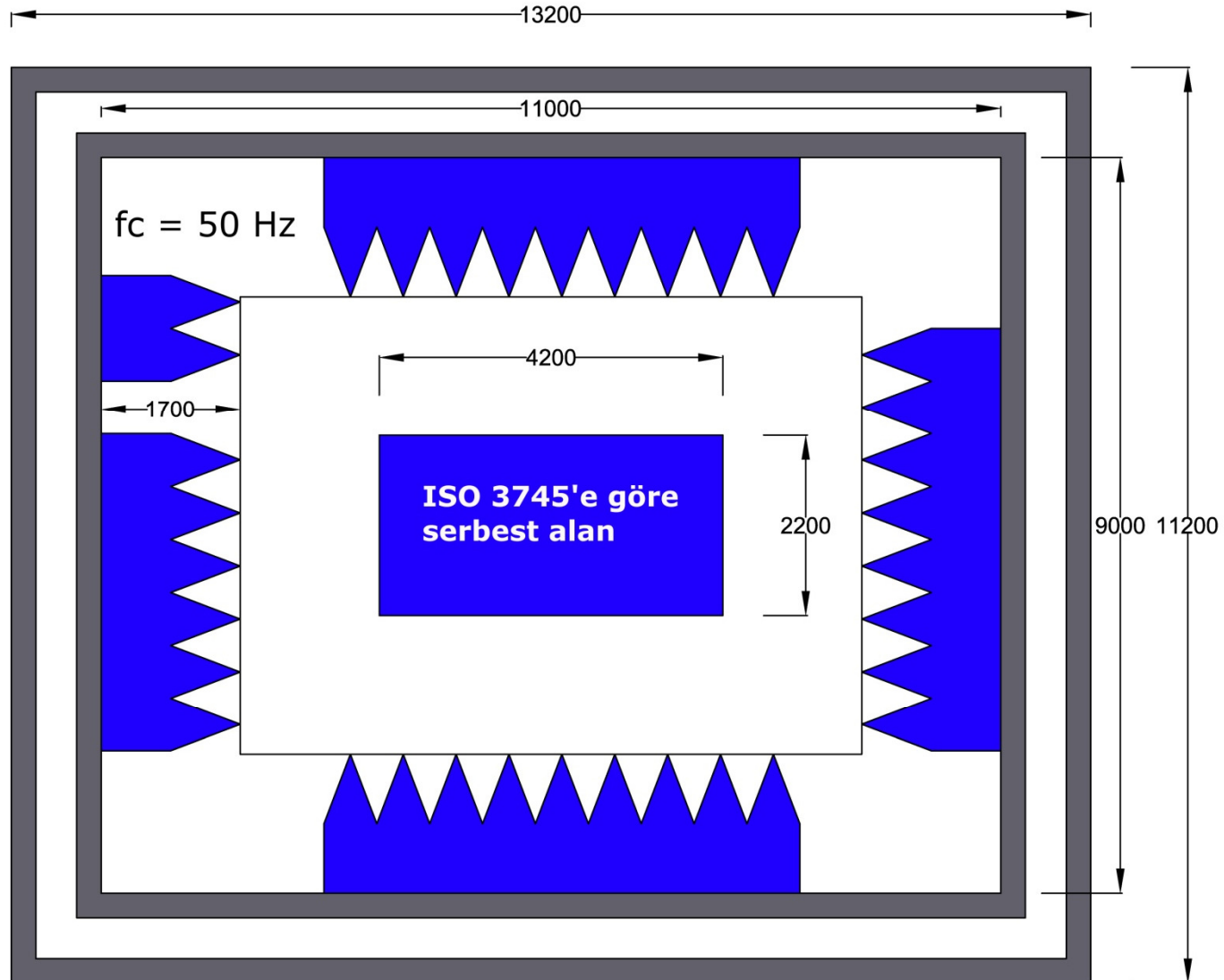
Uzun Makina



Anekoik Kaplama Tipleri



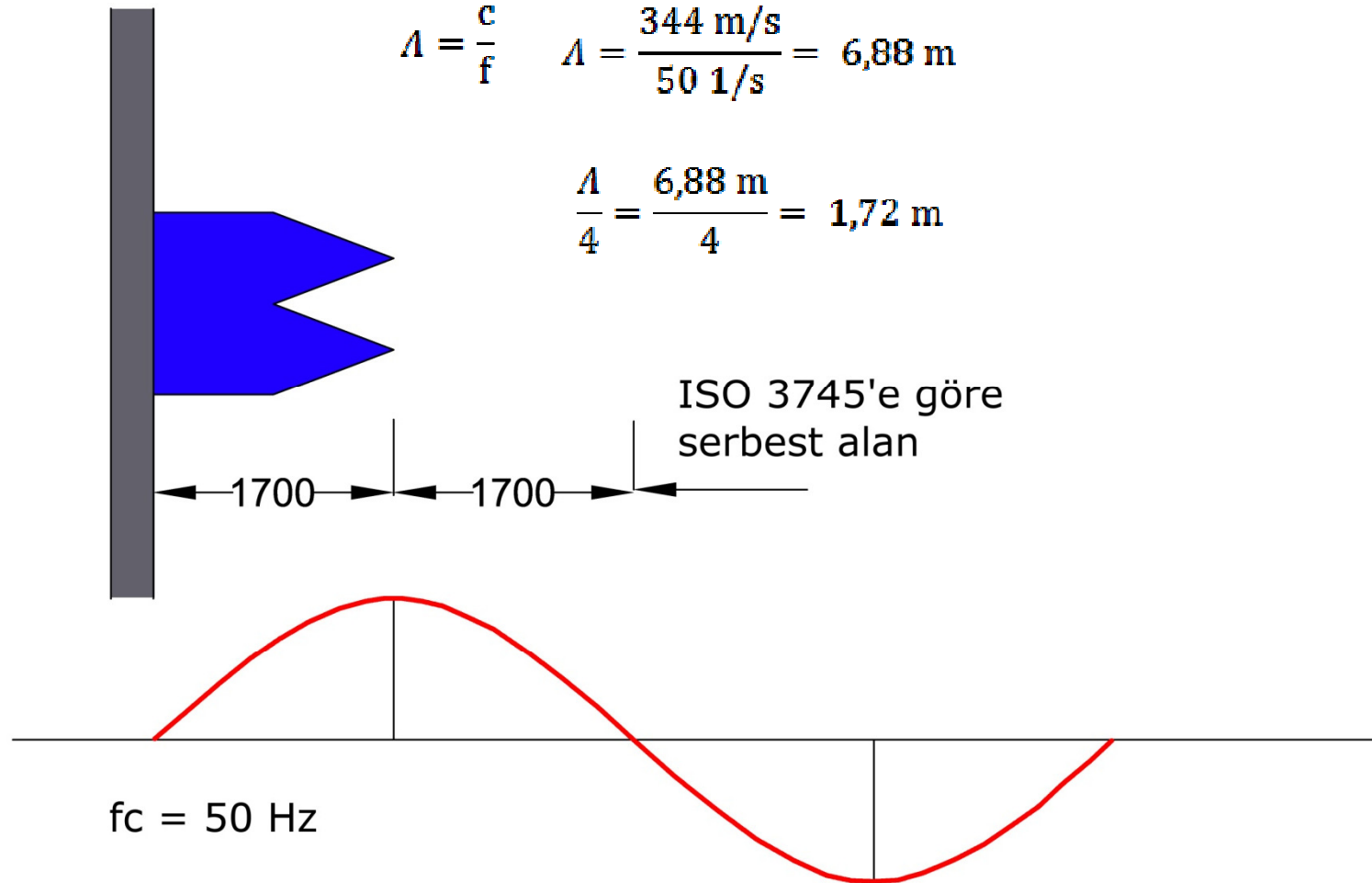
Anekoik Odalar



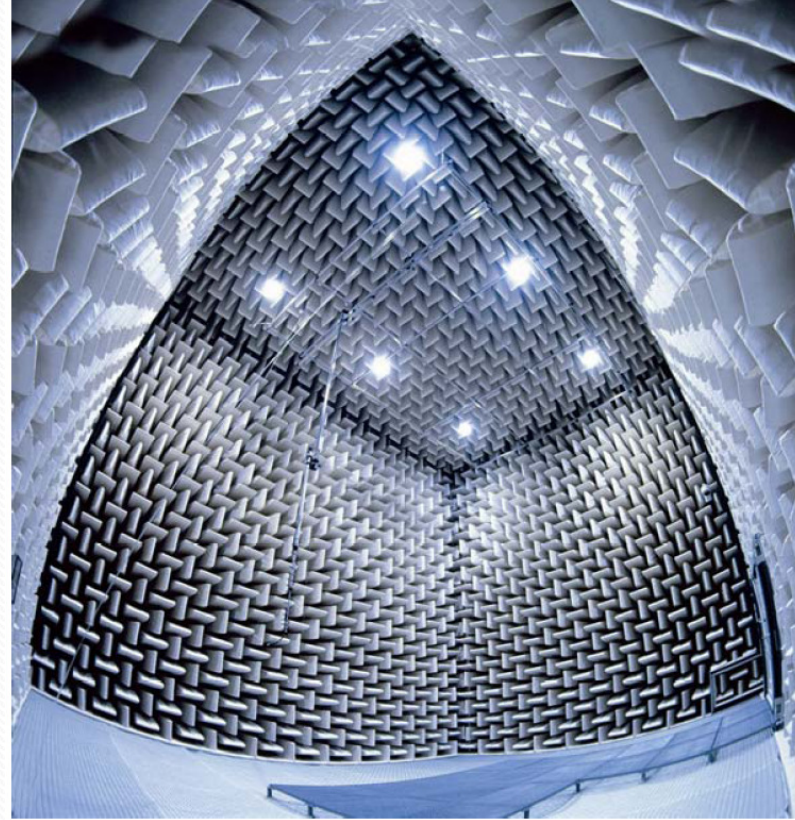
Anekoik Odalar

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \lambda = \frac{344 \text{ m/s}}{50 \text{ 1/s}} = 6,88 \text{ m}$$

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{6,88 \text{ m}}{4} = 1,72 \text{ m}$$



Anekoik Odalar



TÜBİTAK UME, Gebze

Anekoik Odalar

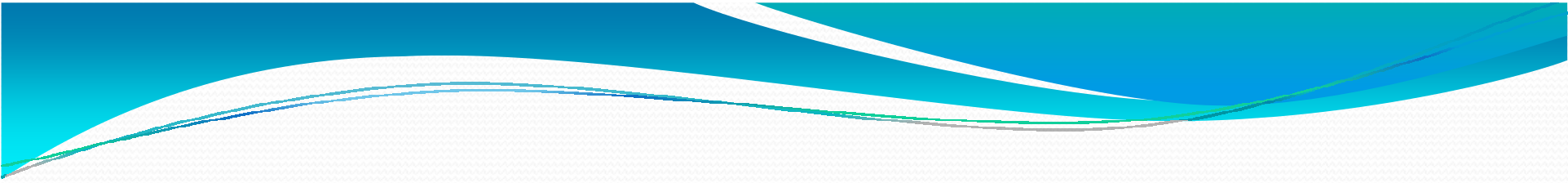


İ.T.Ü. OTAM, Maslak

Anekoik Odalar



Hema Endüstri,
Çerkezköy



Akustik Ölçüm Odaları ve Endüstriyel Kullanımları

- Giriş
- Sesin Temel Parametreleri
- İlgili Akustik Standartları
- Çınlanım Odaları
- Anekoik Odalar
- Sonuç



Sonuç

- Çınlanım odaları, makina ve ekipman ses gücü düzeyi belgelendirme testleri için çok kullanışlıdır.
- Anekoik odalar, ürün alt sistemlerinden kaynaklanan gürültünün yayılım, spektral ve yönsel özelliklerinin tanımlanmasında ve Ar-Ge çalışmalarında geniş olanaklar sağlar.

Sonuç

- Çınlanım odaları ve anekoik odalarda yapılan testlerin uluslararası tanınırlığı için bu odaların sertifikalandırılmaları gereklidir.
- Akustik test odalarının ilgili ISO standartlarına göre sertifikasyon işlemleri ülkemizde TÜBİTAK UME tarafından başarıyla gerçekleştirilmektedir.

Sorularınız?

Hakan Dilmen, Y. Mimar
hakan@proplan.com.tr

İlginiz için Teşekkürler