

T.C.
DICLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİYARBAKIR'DA AKUSTİK TOPLUMSAL YAŞAM YÖNÜNDEN
GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(DOKTORA TEZİ)

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Zülküf GÜLSÜN

Öğr. Gör. Nail ÖZEK

FIŞLENDİ

T. C.
DICLE ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANESİ

Demirbaş No.	0040954
Tasnif No.	534/828
	1991

Diyarbakır - 1991

SUNUŞ

Bu alışma,Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapıldı.Deneysel çalışmalarım sırasında zaman zaman yardımlarını gördüğüm öğretim üyesi Sn.Yard.Doç.Dr.M.Ali Ebeoğlu'na teşekkürlerimi sunuyorum.

Her zaman çalışmalarımda,teşvik ve ilgileriyle bana güç veren, Tıp Fakültesi Biyo-Kimya Anabilim Dalı Başkanı ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Sn.Prof.Dr.Turan Özden'e,çalışmamın plânlanmasından, sonuçlanmasına kadar,büyük bir özveriyle destek ve yardımlarını gördüğüm Tıp Fakültesi Biyo-Fizik Anabilim Dalı Başkanı Sn.Prof.Dr.Salih Çelik'e ve bhusus bu kadar yoğun idari ve akademik işleri yanında desteklerini esirgemeyen ,çalışmaların başarılmasında büyük katkılarını gördüğüm yöneticim,Rektör Yard.ve Fen-Edebiyat Fakültesi Dekanı Sn.Prof.Dr.Zülcüf Gülsün'e daima şükran borçluyum.

Öğretim Gör.Nail Özek

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
I-GİRİŞ	1
1.1 Ses	1
1.1.1 -Frekans	2
1.1.2 -Sesin Havada Yayılma Hızı	5
1.1.3 -Dalga Boyu	5
1.1.4 -Ses Basıncı	6
1.1.5 -Desibel	8
1.1.6 -Ses Şiddeti İ, Ses Şiddet Seviyesi İL	9
1.1.7 -Ses Basınç Seviyesi (L)	9
1.1.8 -Ortalama Ses Basınç Seviyesi	10
1.1.9 -Ortalama Ses Basınç Seviyesi Farkı (D)	11
1.1.10 -Ses Geçiş Kaybı R- TL	11
1.1.11 -Havada Oluşan Sese Karşı Yalıtım	11
1.1.12 -İnsan Kulağının Sesi Değerlendirmesi	12
1.1.13 -Sesin Analizi	13
1.2 Akustik Düzlemsel Dalgalar	16
1.2.1 -Dalga Denklemi (Düzlemsel Dalgalar)	16
1.2.1.1-Harmonik Çözüm	20
1.2.1.2-Sesin Havada Yayılma Hızı	21
1.2.1.3-Akustik Şiddet	22
1.2.1.4-Özgül Akustik Empedans	23
1.2.2 -Düzlemsel Dalgaların Yarı Sonsuz Bir Ortamdan , Diğerine Geçışı.	24
1.2.2.1-Dik Açılı Dışında Gelen Dalgaların Geçışı	28
1.3 Ses Dalgalarının Akışkan Ortamdan Katı Cisme Geçışı	32
1.3.1 -Düzlemsel Dalgaların Bir Akışkan Ortamdan Katı Cisme Geçışı.	32
1.3.1.1-Geliş Açısının Katı Yüzeğe Dik Olmaması Hali	35
1.3.2 -İlerliyen Düzlemsel Dalgaların Üç Ortam Boyun- ca Geçışı	38
II-MATERYAL VE METOD	46
2.1 -Ölçme Koşulları	49
2.2 -Laboratuvar Çalışmaları ve Diğer Araştırmalar	50

III-BULGULAR	53
3.1 -Laboratuvar Çalışmaları	54
3.2 -Havada Oluşan Sese Karşı Yalıtım Referans Değerleri.	58
IV-TARTIŞMA VE SONUÇ	73
4.1a -Fizyolojik Açıdan Konfor	
4.1b -Psikolojik Açıdan Konfor	73
4.2 -İşitsel Konforu Etkileyen Değişkenler	74
4.3 -L _r 'nin Tayin Yöntemi	

SUMMARY

The decreasing and limiting the noise concerning the human health, today, have been of great importance . The rapid urbanization, the migration from rural areas into towns, the rapid industrialization and the increase of vehicles and some other similar reasons have made noise to be a part of our daily life.

In modern social life ,since noise is one of the most important environmental problem and threatens human mental and physical health ,the degree of noise has also been of great importance. For this reason, by making a research for noise, in schools, offices, and hospitals in the central of Diyarbakır, we measured external and internal noise levels. In relation with this, in order to determine how the division elements of the constructions' isolate noise, we measured the sound transmissions and isolations.

By comparing the results with the Turkish Standards Institutions' criterias, we criticized the level of the noise pollution in Diyarbakır and made an evaluation of noise from the point of acoustic social life.

ÖZET

Günümüzde, insan sağlığını yakından ilgilendiren gürültünün azaltılması veya sınırlandırılması giderek önem kazanmaktadır. Hızlı kentleşme, köyden kente göç, hızlı sanayileşme, trafik araçlarının hızla artması ve benzer birtakım sebepler gürültüyü toplumsal yaşamın bir parçası haline getirmiştir.

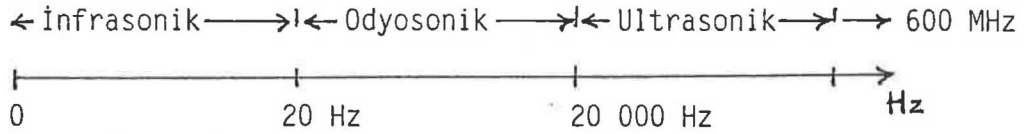
Çağdaş toplumsal yaşamda, gürültünün insan ruh ve beden sağlığını tehdit eden en önemli çevre sorunlarından birini oluşturması nedeniyle, gürültü seviyesinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu itibarla Diyarbakır kent merkezinde konut, hastane, okul ve iş yeri gibi yerlerde gürültü taraması yapılarak, dış ve iç gürültü seviyeleri ölçülmüş ve bununla ilgili olarak, yapılardaki bölme elemanlarının gürültüye karşı ne denli izolasyon sağladıklarını saptamak amacıyla ses geçirgenlikleri ve yalıtımları hesaplanmıştır.

Varılan sonuçlar TSE kriterleri ile karşılaştırılarak Diyarbakır'da mevcut gürültü kirliliğinin seviyesi saptanmış ve akustik toplumsal yaşam yönünden değerlendirilmiştir.

1.1 Ses.

İnsan kulağı tarafından algılanabilen, frekansı ve basınç değişikliği düzeyi belli limitler arasında olan basınç dalgalanmasına "ses", bu basınç dalgalarına ses dalgaları denir. Ses dalgalarının olduğu ve yayıldığı ortama da ses alanı denir.

Ses dalgaları boyuna mekanik dalgalardır. Bu dalgalar, katılar, sıvılar ve gazlar içinde yayılabilirler. Herhangi bir titreşimin oluşturduğu basınç dalgalanması, bu ortamda dalgalar halinde yayılır. Boyuna dalgayı ileten ortam parçacıkları dalganın yayılma yönü ile aynı yönde salınırlar. Titreşen unsurların hepsi, çevrelerindeki havayı sıkıştırarak, öne doğru ilerlemesine ve daha sonra gevşeterek geri gelmesine neden olurlar. Hava bu etkileri kaynaktan dışarıya doğru bir dalga olarak iletmektedir. Dalgalar insan kulağına geldikten sonra ses duygusunun oluşmasına neden olabilirler. Boyuna mekanik dalgaların frekans aralığı geniş olup, 20 Hz. ile 20 000 Hz. değerleri ile sınırlanan frekans aralığına işitilebilir aralık adı verilir. Şekil-1.1 de görüldüğü üzere frekansı bu aralıkta olan dalgalara odyosonik dalgalar, frekansı 0-20 Hz. arasında olan dalgalara infrasonik dalgalar ve frekansı 20 KHz. den fazla olan dalgalara da ultrasonik dalgalar denir.



Şekil-1.1 Boyuna mekanik dalgaların frekans spektrumu

İnfrasonik titreşimlere deprem dalgaları ve ultrasonik titreşimlere de bir kristalin esnek titreşimleri örnek verilebilir. Kristallerle $6 \cdot 10^8$ Hz lik frekanslı titreşimler üretilebilmektedir. Hava içinde bu frekansa teka bul eden dalga boyu $5 \cdot 10^{-5}$ cm. olup, bu değer görünür ışık dalgalarının dalga boyu ile aynı büyüklüktedir.

Şiddet çok yüksek olmamak şartıyla periyodik olan dalga vuruları genellikle müzik seslerinde olduğu gibi hoş bir duygu yaratırlar.

Periyodik olmayan ve şiddeti çok yüksek dalga vurularının neden olduğu hoş olmayan seslere gürültü adı verilir.

1.1.1. Frekans

Sesin işitilebilmesi için saniyedeki dalga sayısının belirli limitler arasında olması gerektiğini belirttik. Bir ses dalgasının oluşması için geçen zamana periyot denir. Bir saniyedeki periyot sayısına yada bir saniyedeki dalga sayısına da frekans denir. Burada periyodu (T), frekansı ise (f) sembolü ile gösterdik. Frekans ve periyot birbirinin tersi değerlere sahiptir. Buna göre;

$$T = \frac{1}{f}, \quad f = \frac{1}{T} \quad \text{dir.} \quad (1)$$

Periyot birimi sec., frekans birimi ise tit/s. olmakla birlikte araştırmamızda Hertz (Hz) tercih edildi.

$$1\text{Hz} = \frac{1\text{Dalga}(1\text{ titreşim})}{1\text{ sn}} \quad \text{dir.}$$

10^3 Hz = 1KHz (1 kilo Hertz), 10^6 Hz = 1MHz (1Mega Hertz) dir.

İnsan kulağı normal şartlarda 20 Hz ile 20 000 Hz (20 KHz) arasındaki titreşim frekanslı sesleri algılamakla birlikte bu frekans bölgesinin üst sınırı yaşlılıkla düşmektedir. 40 yaşlarındaki bir insanda normal olarak işitme bölgesinin üst frekans sınırı 16 KHz dir.

İnsan kulağı algıladığı sesin analizini yaparken logaritmik olarak değerlendirilmektedir. Kulak, yapısından gelen bu özellik nedeni ile algıladığı seslerde perde farkını logaritmik olarak belirler. Örneğin, sesin frekansı iki katı olduğunda ses perdesi 1 oktav yükselir. Buna göre 100 Hz ile 200 Hz arasında 1 oktav olan perde farkı, 1000 Hz ile 2000 Hz arasında yine bir oktavdır. Akustikle ilgili çalışmalarda frekansların yatay ekseninde geometrik dizi oluşturacak şekilde belirtilmesi adet haline gelmiştir. Ancak bu araştırmada yatay ekseninde bizzat oktav bant merkez frekanslar alınmıştır. Akustik ölçmelerde sesin analizi belirli genişlikte frekans bantlarında yapılır. Bu frekans bantları ya sabit genişlikte veya genişlik oranı sabit olan bantlardır. Sabit genişlikteki bantlarda, frekans genişliği belirlenmiş olup, bantın yer aldığı frekansa bağlı değildir. Bant genişlikleri;

$$\frac{f_2}{f_1} = 2^n \quad (2)$$

eşitliği ile bulunur. Burada n' nin değeri oktava bağlı olarak bant ge-

nişliğini belirler.Örneğin $n=1$ ise bant genişliği 1 oktav, $n=1/2$ ise bant genişliği $1/2$ oktav olarak tanımlanır.Yapı akustiğinde yararlanılan frekans bantları genellikle $1,1/2$ ve $1/3$ oktav genişliktedir.Bu araştırmada seçilen frekans bantları 1 oktav mertebesinde olmuştur. Diğer taraftan f_1 frekans bandının alt, f_2 ise üst sınır frekansını göstermek üzere;

$$f_1 \times f_2 = f_c^2 \quad (3)$$

eşitliği ile belli f_c ,frekans bandının merkez frekansını gösterir.Eş. (3) ile belirlenen bant genişlikleri,bütün çalışmalarda,yararlanılan frekans bantlarının genişliklerinin aynı olmasını sağlamıştır. Bu konuda uluslararası bir uyum sağlamak amacı ile Uluslararası Standartlar Organizasyonu, ISO(International Organization for Standardization),1975 tarihli ve R-266 no lu önerisi (Preferred Frequencies for Acoustical Measurement)ile akustik ölçmelerde kullanılan frekans bantlarının merkez frekanslarını standart hale getirmiştir.Tablo-1,de bu standart ile önerilen ve işitme frekans bölgesinde kullanılan $1,1/2$, $1/3$ oktav bantların merkez frekansları verilmektedir. ISO R-266 Mart 1974 yılında TS-1477 numara ve "Akustik ölçmeler için tercih edilen frekanslar"adı ile Türk Standardı olarak kabul edilmiştir.

Akustik Ölçmelerde Kullanılan Frekans Bantları için Tercih Edilen Merkez Frekansları (Hz)
(TS-1977/Mart 1974)

Tablı-I.1

Tercih ed.frek.	1/1 okt.	1/2 okt.	1/3 okt.	Tercih ed.frek.	1/1 okt.	1/2 okt.	1/3 okt.	Tercih ed.frek.	1/1 okt.	1/2 okt.	1/3 okt.
16	x	x	x	160			x	1600			x
18				180		x		1800			
20			x	200			x	2000	x	x	x
22,4		x		224				2240			
25			x	250	x	x	x	2500			x
28				280				2800		x	
31,5	x	x	x	315			x	3150			x
35,5				355		x		3550			
40			x	400			x	4000	x	x	x
45		x		450				4500			
50			x	500	x	x	x	5000			x
56				560				5600		x	
63	x	x	x	630			x	6300			x
71				710		x		7100			
80			x	800			x	8000	x	x	x
90		x		900				9000		x	
100			x	1000	x	x	x	10 000			x
112				1120				11 200		x	
125	x	x	x	1250			x	12 500			x
140				1400		x		14 000			
160			x	1600			x	16 000	x	x	x

1.1.2 Sesin Havada Yayılma Hızı

Sesin havada yayılmasında ana unsur hava partiküllerinin hareketidir. Daha önce değinildiği üzere salınım yada diğer bir deyişle titreşim şeklinde oluşan bu hareket sonucu, titreşim yapan hava partikülleri, hareketi önündeki diğer partiküllere ileterek, ses dalgasının yayılmasını sağlarlar. Gazlarda ses dalgalarının yayılma hızı, termodinamik ilke ve bilgilere bağlı olarak;

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho_0}} \quad \text{m/s} \quad (4)$$

eşitliği ile saptanır(1).Burada;

$v \rightarrow$ Ses dalgalarının yayılma hızı (m/s).

$P_0 \rightarrow$ Denge durumunda (normal şartlarda atm. basıncı)-akışkan basıncı (N/m² yani Pa).

$\rho_0 \rightarrow$ Akışkan yoğunluğu(havanın yoğunluğu) (kg/m³).

$\gamma \rightarrow$ Özgül ısılar oranı ($C_p/C_v = \gamma$) birimsiz.

0°C ta deniz seviyesinde atmosfer basıncı $P_0 = 1,013 \cdot 10^6$ dyne/cm² = 1,013 Pa., $\rho_0 = 1,293$ kg/m³. ve hava için $\gamma = 1,402$ dir. Bu değerler eş.(4) te yerine yazılırsa, 0°C ta deniz seviyesinde sesin havada yayılma hızı;

$$v = \sqrt{\frac{1,402 \times 1,013 \cdot 10^6}{1,293 \text{ kg/m}^3}} = \sqrt{\frac{1,402 \times 1,013 \cdot 10^6}{0,001293 \cdot 10^6}} \cong 332 \text{ m/s. } v = 331,6 \text{ m/s.}$$

Gazların genel özelliklerinden hareketle sesin havada yayılma hızı sıcaklığa bağlı olarak, basit bir eşitlikle şöyle yazılabilmektedir.

$$v = 331,6 + 0,6 t \quad \text{m/s.} \quad (5)$$

Burada t °C olarak sıcaklıktır. Örneğin 20°C sıcaklıkta sesin havadaki yayılma hızı,

$$v = 331,6 + 0,6 \cdot 20 = 443,6 \text{ m/s. olacaktır.}$$

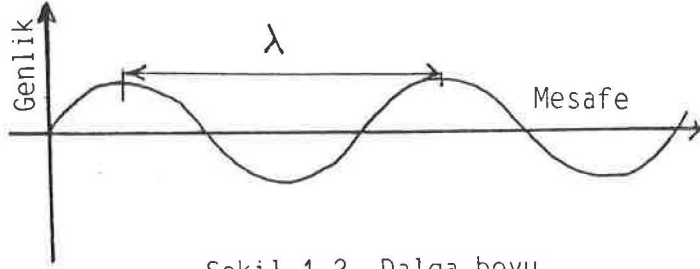
1.1.3 Dalga Boyu

Bir dalga hareketinde, tam bir dalganın tamamlandığı uzaklığa "dalga boyu" denir. Dalga boyunu λ ile göstereceğiz. Bu kısaca ard arda gelen iki dalga tepesi yada iki dalga çukuru arasındaki uzaklık olarak tanımlanabilir.

Dalga boyu λ ile frekan f ve dalga hızı v arasındaki ilişki;

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda}{1/f} = \lambda f \implies \lambda = \frac{v}{f} \quad (6)$$

bağıntısı ile belirlenmektedir.



Şekil-1.2 Dalga boyu

Tablo-I.2 Bazı belirli frekanslardaki seslerin dalga boyu

f(Hz)	Açıklama	(m)
100	Yapı akustiği ilgi alanı başlangıç frekansı	3,40
400	Standart müzik perdesi "la"	0,77
1000	Akustikte temel frekans	0,34
20000	İşitilen en yüksek frekans	0,017

" $v = 340$ m/s alınarak, $v = \lambda f$ 'den tayin edilen değerler".

Ses dalgaları dalga kaynaklarının verdiği dalgaların özelliklerine göre bazı basit ayrılıklar gösterirler.

1.1.4 Ses Basıncı

Ses dalgalarının atmosfer basıncında oluşturduğu değişikliğe "ses basıncı" denir. (p) ile gösterilen ses basıncı atmosfer basıncı yanında çok küçük kalır. İnsan kulağının duyabileceği en hafif sesi oluşturan basınç değişikliği $2,0 \cdot 10^{-5}$ Pa ve acı duymadan dayanabileceği en yüksek ses dalgası basıncı 28 Pa. = 28 N/m^2 dır. Atmosfer basıncı ise $P_0 = 1,013 \cdot 10^5$ Pa. dır. Ses basıncının atmosfer basıncı yanında ne kadar küçük olduğu görülmektedir. Literatürlerde basınç birimi olarak muhtelif birimlere rastlanabilir. Aşağıda yaygın olarak kullanılan bazı basınç birimleri verilmiştir.

a) CGS. Sisteminde, basınç birimine barye (bari) denir. Bir bari 1 din (dyne) lik bir kuvvetin, 1 cm^2 lik yüzeye tatbik ettiği basınçtır.

$$1 \text{ dyne} / 1 \text{ cm}^2 = 1 \text{ bari.}$$

$$10^6 \text{ bari} = 1 \text{ bar'dır. } 10^6 \text{ bari} = 1 \text{ bar} = 1 \text{ megabari'dir.}$$

$$1 \text{ milibar} = 1 \text{ mb} = 10^{-3} \text{ bar} = 10^3 \text{ bari.}$$

$$1 \text{ mikrobar} = 10^{-6} \text{ bar} = 1 \text{ bari'dir.}$$

b) MKSA sisteminde basınç birimine Pascal adı verilir. 1 Pa. (Pascal)
1 Newtonluk bir kuvvetin 1 m² ye yaptığı basınçtır.

$$1 \text{ Pa.} = 1 \text{ N} / 1 \text{ m}^2 = 10^5 \text{ dyne} / 10^4 \text{ cm}^2 = 10 \text{ bari} \text{ 'dir. } 1 \text{ Pa} = 10 \text{ bari} = 10 \text{ dyne/cm}^2$$

c) 1 Teknik atmosfer:

1 kgf'in 1 cm² ye yaptığı basınca 1 teknik atmosfer adı verilmektedir.

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ teknik atmosfer} = 735,56 \text{ mm. Hg basıncıdır.}$$

d) Fiziki atmosfer : 0°C da 76 cm.Hg basıncına sahip atmosfer basıncına fiziki atmosfer denir.

$$1 \text{ Fiziki atmosfer} = 13,595 \times 76 = 1032,2 \text{ grf/cm}^2 = 1,0332 \text{ kgf/cm}^2 \text{ dir.}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ dyne/10}^4 \text{ cm}^2 = 10 \text{ bari} = 10 \text{ dyne/cm}^2.,$$

$$1 \text{ bar} = 1 \text{ b.} = 1.10^6 = 10^6 \text{ bari, } 1 \text{ Pa} = 10 \text{ bari ve } 1 \text{ b} = 1.10^5 \text{ Pa. dir.}$$

$$1 \text{ Atm.} = 1,013.10^6 \text{ dyne/cm}^2 = 1,013 \text{ b.} = 1,013.10^5 \text{ Pa. dir.}$$

Yüksek şiddetteki sesler için kulağın tahammül edebileceği maksimum basınç değişimi P_m 'in yaklaşık 28 Pa. olduğunu belirtmiştik. Frekansı 1000 Hz olan ve hava içinde yayılmakta olan ses dalgasının maksimum genliği,

$$p_m = k \rho_0 v^2 y_m \text{ 'den } y_m = \frac{P_m}{k \rho_0 v^2}, \text{ eşitliği kullanılarak,}$$

$$v = 330 \text{ m/s, } k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{v} = \frac{2\pi \cdot 10^3}{330} \text{ m}^{-1} = 19 \text{ m}^{-1}, \rho_0 = 1,22 \text{ kg/m}^3,$$

$$p_m = 28 \text{ Pa. alınarak } y_m = \frac{28}{(19)(1,22)(330)^2} \text{ m} = 1,1.10^{-5} \text{ m. bulunur (2). Çok}$$

yüksek sesler için yerdeki genliği yaklaşık olarak 10^{-5} m. veya 0,01 mm. dir. İşitilebilir çok hafif bir ses için frekans 1000 Hz. ve basınç genliği yaklaşık olarak $p_m = 2.10^{-5}$ Pa. dir. Bu durumda yer değişim genliği yukarıdaki yöntemle $\rightarrow y_m = 8.10^{-12} \text{ m} \approx 10^{-11}$ m. bulunur. Bu değer bir atomun yarıçapı 10^{-10} m. den daha küçüktür. Kulağın böylesine bir küçük yerdeki genliğini algılaması çok ilginçtir. Akustik olaylarının teorik araştırma ve incelemesinde, ses basıncı ve ileride göreceğimiz ses şiddeti ve ses gücü gibi kavramları sırası ile Pa., W/m² ve W. birimleri ile tanımlamak yeterli olabilmektedir. İlerleyen bir ses dalgasının şiddeti, birim zamanda birim yüzeyden akıp geçen enerji olarak tanımlanır. Ses şiddeti için çok kullanılan bir standart, standart şiddettir.

$$\text{Standart şiddet} = I_0 = 1 \text{ mikrowatt/cm}^2 = 10 \text{ erg/cm}^2 \cdot \text{s. dir.}$$

Normal sesle konuşan biri yaklaşık olarak 100 erg/s.lik ses enerjisi yayınlar.Konuşurken ağız açıklığı yaklaşık 10 cm²dir.Buna göre yaklaşıkça 10 cm²kesitli bir borunun bir ucundan içeri, bütün ses enerjisi boru boyunca gitmek üzere konuşulursa ses şiddeti yaklaşıkça,

$$100 \text{ erg/s}/10 \text{ cm}^2=10 \text{ erg/cm}^2.\text{s} \Rightarrow \frac{100 \text{ erg/s}}{10 \text{ cm}^2} =i_0 \text{ olur.}$$

Eğer bir kişi aynı boru içine olabildiğince yüksek sesle bağırırsa şiddet hemen hemen 100 i_0 olur.Şiddet i_0 'ın 100 ile 1000 katı arasına çıkarsa dinleyici rahatsız olur. İşitilebilen en zayıf ses şiddeti sesin frekansına bağlıdır. 440 Hz için ortalama işitebilme eşiği yaklaşıkça $10^{-10} i_0$ kadardır.Kulak 100 $i_0=10^2 i_0$ 'ra kadar işittiğine göre,şiddetçe, $10^{-10} i_0$ dan $10^2 i_0$ 'ra 10^{12} çarpanlık çok geniş bir işitme aralığına sahiptir.

Teorik çalışmalarda, ses basıncı,ses şiddeti,ses gücü vs. gibi kavramları fiziksel birimleri ile ifade yeterli olduğu halde deneysel çalışmalarda bu değerleri genellikle logaritmik skala kullanarak ifade etmek gerekli olmaktadır.Bunun nedenlerinden biri ses basınç seviyesi ve ses şiddetinin çok geniş bir bölgeyi kapsamasıdır.Nitekim insan kulağının algıladığı ses basınç seviyesi 2.10^{-5} Pa. ile 28 Pa.arasını kapsamaktadır.Sınırların oranı yaklaşık $1/10^6$ gibi çok geniş bir bölgeyi kapsadığından logaritmik skala kullanılarak bu bölge sayısal olarak daraltılmaktadır.Diğer bir neden ise insan kulağının sesi logaritmik bir oranlama ile değerlendirmesidir.

1.1.5 Desibel

Yukarıda belirtildiği üzere, iki sebepten dolayı ses basıncı,ses gücü ve ses şiddeti gibi fiziksel büyüklükler uygulamada logaritmik bir skala ile ifade edilirler.Ses şiddetinin her 10 çarpanı kadar artmasına şiddet 1 bel artmıştır denir.İnsan kulağı şiddetçe $10^{-10} i_0$ dan $10^2 i_0$ 'a kadar varan aralıktaki sesleri algıladığına göre şiddetçe 10^{12} çarpanlık çok geniş bir işitme aralığına sahiptir,yada kulağın işitme aralığı 12 beldir denir.Şiddetin her $10^{0,1}$ çarpanı kadar artışında şiddet 0,1 bel veya 1 desibel artmıştır.Bunun için,

$$1 \text{ dB}=1 \text{ desibel}=10^{0,1} \text{ çarpanı,}$$

$$1 \text{ bel}= 10 \text{ dB}=\text{şiddetçe } 10 \text{ çarpanı.}$$

İnsan kulağı ancak ses şiddetindeki 1 dB'lik değişmeyi sezebilmektedir.Bir dB,enerji veya güç oranı r olarak şöyle tanımlanır;

$$\log r = 0,1$$

Ses basıncı oranındaki tanımlama ise ,

$\log r=0,05$ olarak verilmektedir.

Desibel biriminin belirlenmesinde önemli nokta, bu birim ile tanımlanan kavram, ses basıncı, şiddeti veya gücünden hangisi olursa olsun aynen kulağın sesi değerlendirmesinde olduğu gibi, ölçülen değer, referans değere oranının logaritmik ifadesidir. Birim olarak (dB) kullanıldığında, karışıklığı önlemek amacıyla, tanımlanan kavramın sonuna "seviye" kelimesi eklenir. Ses basınç seviyesi, ses şiddeti seviyesi gibi.

1.1.6 Ses Şiddeti I , Ses Şiddeti Seviyesi IL .

Ses dalgalarının yayılma yönüne dik birim alandan, birim zamanda geçen akustik enerjinin ortalama değerine "ses şiddeti I " denir. Serbest ilerleyen dalgalar için ses şiddeti şu şekilde ifade edilir;

$$I = \frac{P_e^2}{\rho \cdot v} \quad W/m^2. \quad (7)$$

Burada P_e , etkin ses basıncı (ses basıncı kareleri ortalamasının kare kökü).

Ses şiddeti I 'nin referans ses şiddeti I_0 a oranının logaritmik ifadesine "ses şiddeti seviyesi IL " denir.

$$IL = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (dB) \quad (8)$$

Burada I_0 referans ses şiddeti olup, $I_0 = 10^{-12} W/m^2 = 10^{-16} W/cm^2$ dir.

1.1.7 Ses Basınç Seviyesi (L)

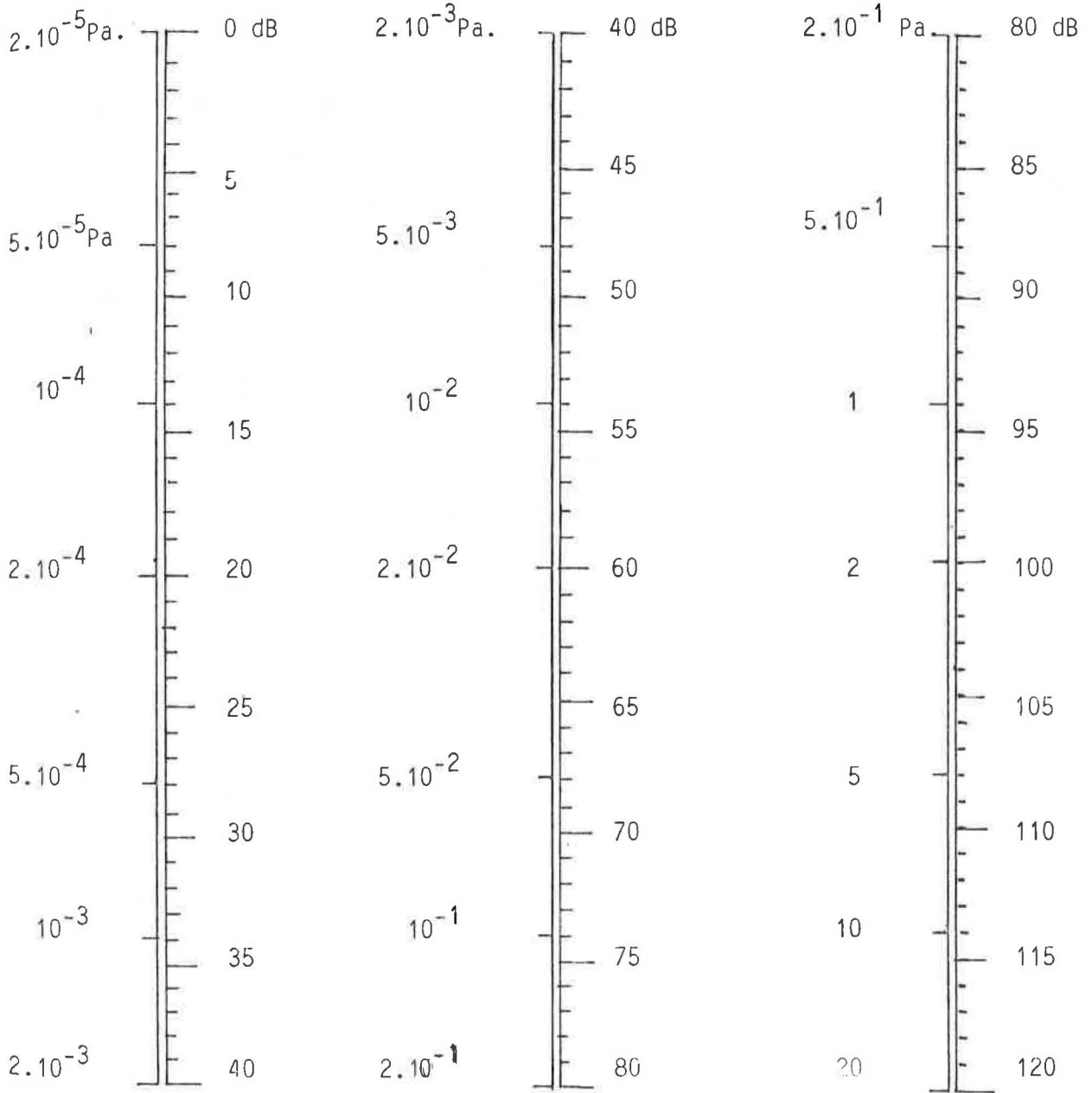
Etkin ses basıncı P_e 'nin referans ses basıncı P_0 a oranının logaritmik ifadesine "ses basınç seviyesi" denir. L ile gösterilir.

$$L = 20 \log \frac{P_e}{P_0} \quad (dB) \quad (9)$$

(L), eş.(9) ile bulunur. Burada P_0 referans ses basınç seviyesi olup, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} Pa.$ dır.

Referans ses basıncı P_0 kulağın duyabileceği en hafif sesi oluşturan $2 \cdot 10^{-5} Pa.$ 'la eşittir. Bu değer işitme eşiğini verir. 10. sayfadaki Tablo.I.III te ses basıncı değerleri ve eş.(9)'a göre saptanmış ses basınç seviyesi değerleri verilmektedir.

Tablo-I.3 $L = 20 \log \frac{P}{P_0}$ eşitliği sonucu ses basıncı p (Pa) ile ses basınç seviyesi L dB arasındaki ilişki.



1.1.8 Ortalama Ses Basınç Seviyesi.

Ortalama ses basınç seviyesi, bir hacimde etkin ses basıncı kareleri toplamının ölçme sayısı defa referans ses basıncı kareleri toplamına oranının on tabanına göre logaritmasının 10 ile çarpımına eşittir. Hacim içindeki ortalama değer, ses kaynağının doğrudan ve hacim sınırlarının yakın alan etkisi dışında kalan noktalarında yapılan ölçmelerden bulunur (3).

$$L = 10 \log_{10} \frac{P_1^2 + P_2^2 + \dots + P_n^2}{nP_0^2} \quad (\text{dB}) \quad (10)$$

P_1, P_2, \dots, P_n öngörülen hacim içinde etkin ses basıncının n değişik bölgede yapılan ölçme değerleri, P_0 , referans ses basıncı ve L , ortalama ses basınç seviyesidir. ($P_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ dyne/cm}^2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$) dir.

1.1.9 Ortalama Ses Basınç Seviyesi Farkı (D)

Ortalama ses basınç seviyesi farkı, ses kaynağının bulunduğu hacimdeki ortalama ses basınç seviyesi ile ses alan hacimdeki ortalama ses basınç seviyesi arasındaki farktır. Bu fark D , kaynağın bulunduğu hacimdeki ortalama ses basınç seviyesi L_1 veya P_i ve sesi alan hacimdeki ortalama ses basınç seviyesi L_2 veya P_t ise ;

$$D = L_1 - L_2 \quad \text{veya} \quad D = P_i - P_t \quad \text{dir.} \quad (11)$$

1.1.10 Ses Geçiş Kaybı (R)→(TL)

İki hacmi ayıran bölmenin ses geçiş kaybı ;

$R = L_1 - L_2 + 10 \log_{10}(S/A)$ bağıntısı ile tanımlanmaktadır. R değeri TL şeklinde gösterilebilmekte olup, $TL = 10 \log_{10} \frac{P_t}{P_i}$ şeklinde de bulunmaktadır. Burada ;

L_1 → Ses kaynağının bulunduğu hacimde ortalama ses basınç seviyesi,

L_2 → Sesi alan hacimdeki ortalama ses basınç seviyesi,

S → Ses geçişine tahsis edilmiş bölmenin alanı,

A → Sesi alan hacmin toplam soğurma değeridir.

P_i → Deneyi yapılan bölmeye gelen ses basınç seviyesi,

P_t → Deneyi yapılan bölmeden geçen ses basınç seviyesi.

1.1.11 Havada Oluşan Sese Karşı Yalıtım.

Havada oluşan sese karşı yalıtım, ölçme yoluyla belirlenen bir bü-

yüklük olup, aşağıdaki bağıntıyla belirlenmektedir(4).

$$R=L_1-L_2+ 10 \log_{10}(S/A) \text{ dB.} \quad (12)$$

Burada;

L_1 → Ses kaynağının bulunduğu odadaki ortalama ses basınç seviyesi,

L_2 → Sesi alan odadaki ses basınç seviyesi,

S → İki oda arasındaki ortak duvar alanı ,

A → Sesi alan odanın eşdeğer ses soğurma alanıdır.

R -Bu büyüklük binalarda yapılan ölçmelerde ses geçiş kaybıdır.Şayet S referans ses soğurma alanı 10 m^2 olarak alınırsa R standart ses seviyesi farkına denk düşer.Standart ses seviyesi farkı D_n ile gösterilir ve

$$D_n=D + 10 \log_{10}(A_o/A) \quad (13)$$

bağıntısı ile tanımlanır.Yukarıda eş.(13) te ,

D → Ölçülmüş seviye farkı,

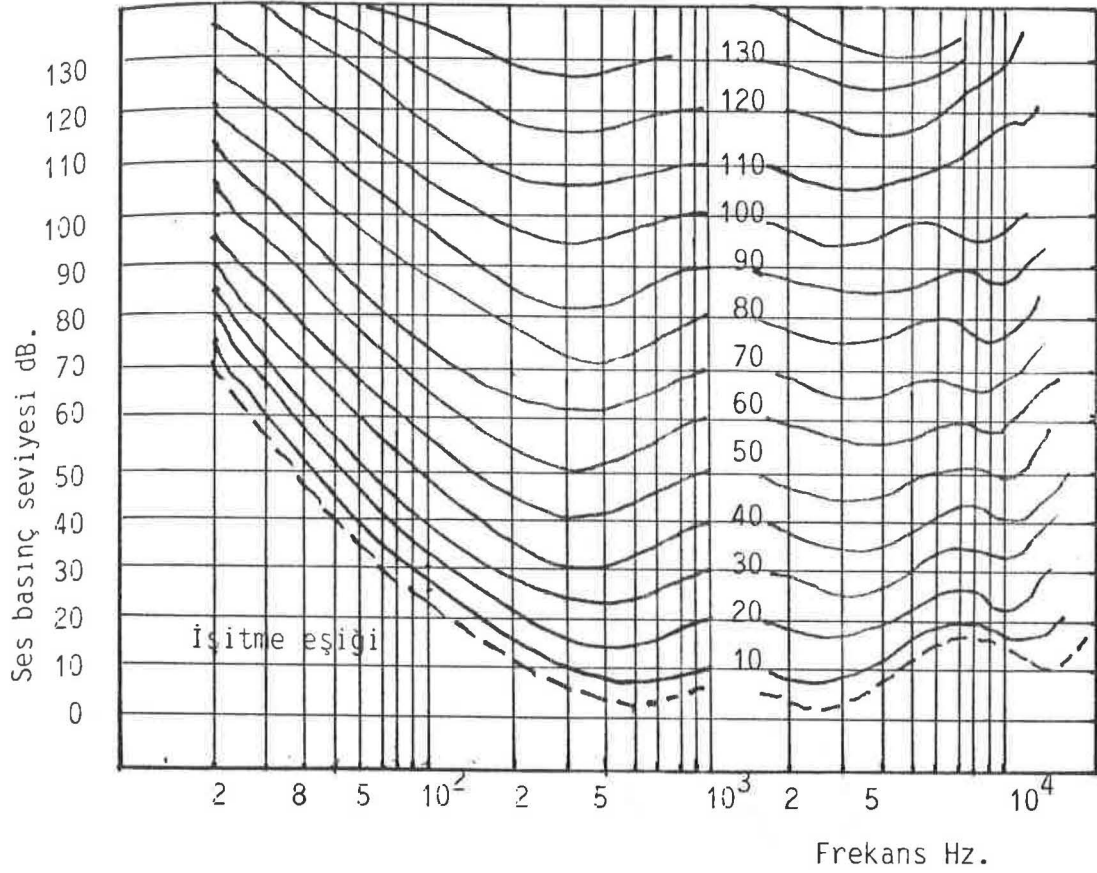
A → Ses alan hacimdeki ses soğurma değeri ve

A_o → Referans ses soğurma değeridir.

"Referans ses soğurma değeri olarak 10 m^2 alınmalıdır."

1.1.12 İnsan Kulağının Sesi Değerlendirmesi

İnsan kulağı bir sesi, şiddetinin ve frekansının fonksiyonu olarak değerlendirir.Örneğin, 1000 Hz de ses şiddet seviyesi $IL= 20 \text{ dB}$ olan bir sesi rahatça işitebilirken, 100 Hz de yine $IL=20 \text{ dB}$ olan bir diğer sesi işitemez.Bu ikinci ses işitme eşiğinin altında kalır(5).Sesin kulak tarafından bu şekilde subjektif olarak değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan özelliğine "seslilik"denir. Yapılan birçok araştırma ve deney, kulağın değişik frekanslarda eşit sesli olarak algıladığı saf tonların, ses şiddetinin frekansa bağlı eğrisi olan bir grafikte belirlenebileceğini göstermiştir.1000 Hz deki saf tonun referans olarak alındığı bu eşit seslilik eğrileri şekil-1.3 te görülmektedir.Seslilik seviyesinin birimi "phon" olup, sayısal değeri ,1000 Hz deki ses şiddeti seviyesinin dB olarak sayısal değerine eşittir.Seslilik eğrilerinin alt sınırına "işitme eşiği", üst sınırına ise "baş ağrısı eşiği" denir.Phon yukarıdaki tarifende anlaşılacağı üzere belli bir ses veya gürültünün yükseklik seviyesini ifadede kullanılan boyutsuz bir birimdir.

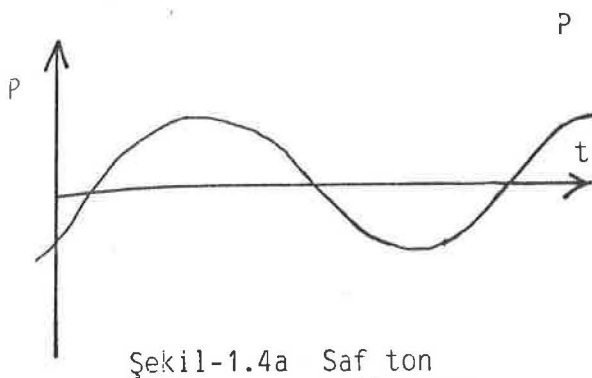


Şekil-1.3 Eşit seslilik eğrileri

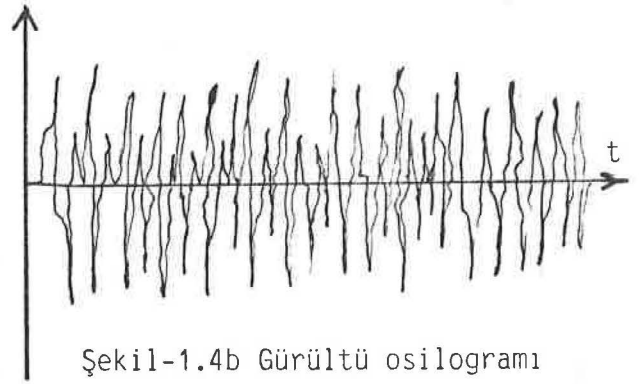
1.1.13 Sesin Analizi

Bir sesi tanımlamak için, öncelikle frekansa bağlı olarak şiddetini belirlemek gerekir. Uygulamada karşılaşılan sesler genellikle saf ton olmayıp, belli bir frekans bandında görülürler. Doğada ise saf ton hiçbir zaman görülmez. Bir ses ister saf ton olsun, ister belirli bir frekans bandında bulunsun, her iki haldede "osilogram" veya "ses tayfı" (spektrum) ile tanımlanır.

Ses basınç seviyesinin zamanın fonksiyonu olarak belirlenmesine "osilogram" denir. Aşağıda Şekil-1.4 te bir saf ton ve bir gürültü osilogramı verilmiştir.

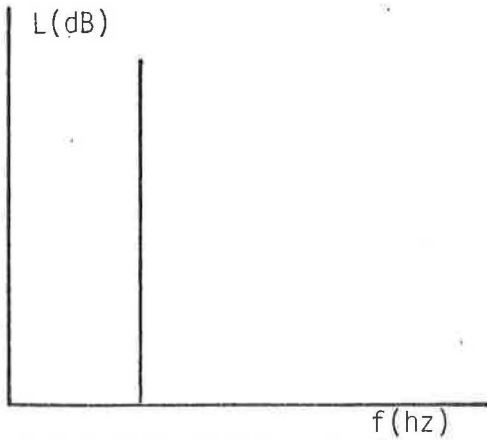


Şekil-1.4a Saf ton osilogramı

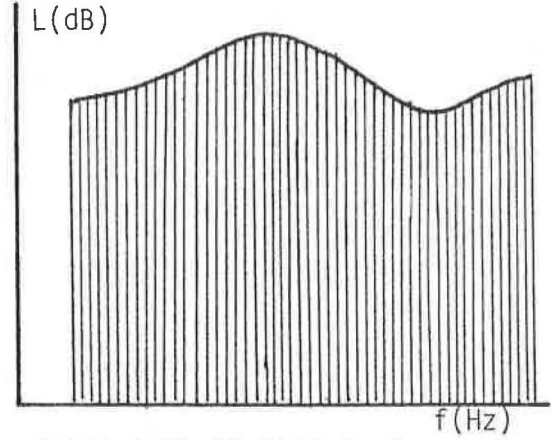


Şekil-1.4b Gürültü osilogramı

Ses basınç seviyesinin frekansın fonksiyonu olarak belirlenmesine de ses tayfı denir. Şekil-1.5 te bir saf ton ve bir gürültü tayfı verilmektedir.



Şekil-1.5a Saf ton tayfı



Şekil-1.5b Gürültü tayfı

Bir sesin özelliklerini ve etkisini belirleyen en önemli unsur tayfıdır. Bu uygulamada genellikle sesin analizi ile elde edilir. Matematiksel yöntemlerle osilogramdan tayf elde edilebilmekte ise de, karmaşık bir yöntem oluşu nedeni ile uygulamada genellikle kullanılmamaktadır. Uygulamada sesin analizi yapılırken, daha önce belirtilen frekans bantlarında toplam enerji saptanarak, her bir frekans bandında ses basınç seviyesi ayrı ayrı saptanır. Bu amaçla belirtilen frekans bantlarında ayırım yapabilen filtreler kullanılır. Her frekans bandında ölçülen ses basınç seviyeleri, tayf grafiğinde o bandın merkez frekansları üzerine işlenir. Bu şekilde belirlenen noktalar, doğru parçaları ile birleştirilerek sesin tayfı belirlenir. Böyle bir tayfta frekanslar apsiste geometrik dizi olarak, L ise dB olarak aritmetik dizi halinde düşey ekseninde gösterilir.

dB cinsinden ölçülen ses düzeyleri öznel ses duyumuzla yakından ilişkilidir. Aşağıda Tablo-I.IV te değişik kaynaklar için ölçülmüş ses şiddet seviyeleri, Tablo-I.V te de Diyarbakır'ın muhtelif yerlerinde ölçtüğümüz ses şiddet seviyeleri görülmektedir.

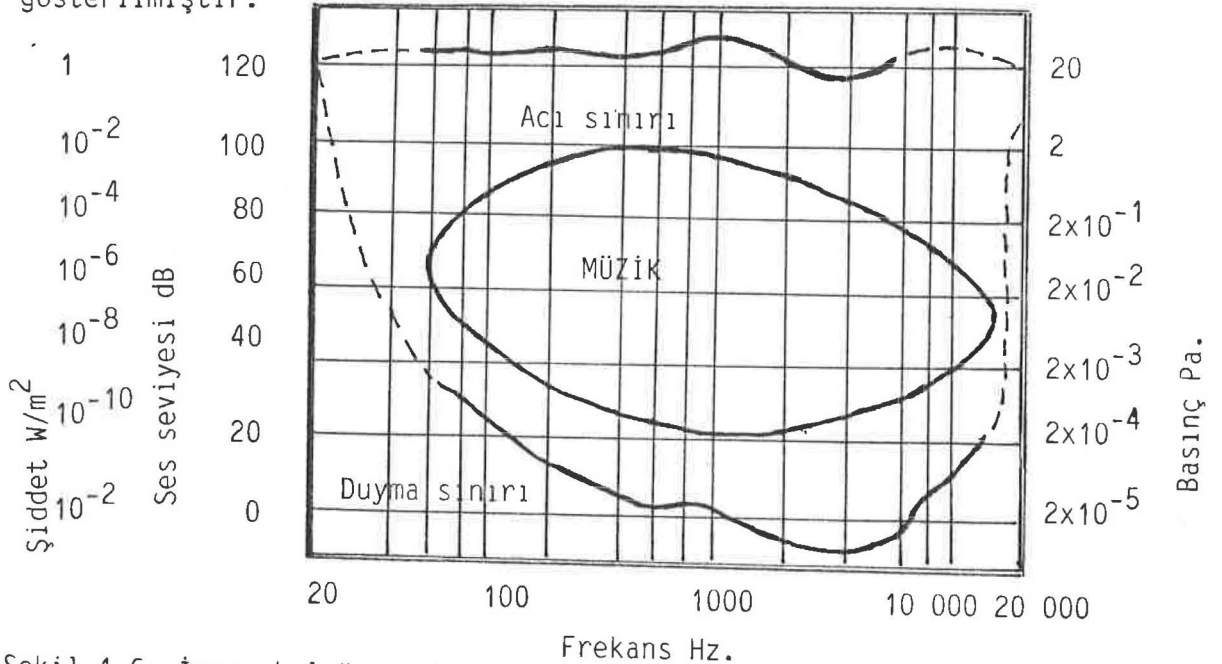
Tablo-I.IV Ses Şiddet (yeğlilik) seviyeleri.

Duyma sınırı	0 dB	Niagara Şelalesinin en gürültülü noktası	85 dB
Yaprakların hışırtısı	10 "	Pneumatik matkap(3 m de)	90 "
Ortalama fısıltı(1 m de)	20 "	Hi-fi phonograph,100 W(3 m de)	110 "
Şehir sokağı trafik yok	30 "	Acı duyma sınırı	120 "
Ofis,sınıf	50 "	Jet motoru(50 m. de)	130 "
Normal konuşma (1 m. de)	60 "	Satürn roketi(50 m.de)	200 "
Şehir sokağı yoğun trafik	70 "		

Tablo-I.V Diyarbakır'ın muhtelif yerlerinde ölçülen ses şiddet sev.

Melik Ahmet cad.	75 "	Kazancılar çarşısı	80 "
Ofis(As.şube kav. ve çev.)	78 "	Ziyagökalp ilkokulu(teneffüs)	91 "
Eğitim Fak.öğr.Kantini	76 "	" "öğr.odası(teneffüs)	75 "
Dağ Kapı kavşak ve çev.	77 "	Halı fab.desenli dok.atel.	98 "
Ulu Cami önü ve çevresi	79 "	İç ofis yoğun trafik yok	65 "

Kulağın tepkisi her frekansta aynı değildir. Aşağıdaki şekil-1.6 da duyma ve acı hislerinin frekansa olan bağımlılıkları gösterilmiştir. Duyma bu iki limit arasında oluşur. Müzikte kulağın ortalama şiddet bölgesi de gösterilmiştir.



Şekil-1.6 İnsan kulağının hasas ses şiddet bölgesi. Duyma ve acı sınırlarının ikisi de frekansa bağlıdır. Şekilde, müzikte kulağın ortalama şiddet bölgesi de gösterilmiştir.

1.2 Akustik Düzlemsel Dalgalar.

Ses dalgaları dalga kaynaklarının tiplerine veya özelliklerine göre bazı basit ayrılıklar gösterir. Bu kısımda ses olgusunun daha iyi anlaşılması amacıyla ile akustik dalgaların akışkan ortamlarda hareketini inceleyeceğiz. Akustik dalgalar, akışkan ortamlarda üç boyutlu oluşları nedeni ile ip veya yay üzerinde görülen bir ve iki boyutlu dalgalardan ayrıcalık göstermeleri yanında, daha karmaşık bir davranış gösterirler. Bu dalgalar, boyuna dalgalar olup, akışkan ortamda partiküllerin ileri ve geri hareketi ile arka arkaya sıkışma ve açılma bölgeleri oluştururlar. Partiküller esneklik özelliklerinin sonucu, hareketi dalganın yayılma yönündeki diğer partiküllere iletirler. Bu akustik hareketi daha iyi tanımlıyabilmek için bu tip dalgalarda yoğunlukla görülen özellikler şöyle sıralanabilir(6).

1-Dalga hızı v çok belirgin bir düzeydedir. Oldukça düşük genliği olan dalga hareketinde v sabittir. (İzotrop ortamda). Buna örnek olarak sesin havadaki hızı verilebilir. (v) laboratuvar şartlarında yani 20°C ta 343 m/s . lik bir değere sahip olup, frekansa bağlı olarak değişmez.

2-Akışkan partiküllerinin hareketinin genliği, dalga hareketi ile ilişkilendirildiğinde çok küçük kalmaktadır.

3-Aynı yerden birbirinden bağımsız iki veya daha fazla akustik dalga geçebilir. Bu durumda etkinlik, dalgaların fiziksel özelliklerinin toplamına bağlıdır.

4-Akışkan partiküllerinin hareketi dalga hareketi ile aynı yöndedir. Bu dalga tipine "boyunadalgalar" denir.

5-Dalga hareketi periyodik olabilir. Ancak patlamalarda olduğu gibi periyodik olmıyan, birçok dalga hareketi fizik ve akustiğin kapsamına girer. Periyodik dalgalarda dalga boyu ve frekans f şu bağıntıya göre hızı verir (Newton 1686)

$$v = \lambda \cdot f$$

Müzik sesleri periyodiktir.

6-Boyuna dalgalar polarizasyonlu.

1.2.1 Dalga Denklemi (Düzlemsel Dalgalar).

Homogen yapıya sahip denge durumundaki akışkan bir ortamda, yoğunluk ρ_0 ve basınç P_0 , ortamın her noktasında aynıdır. Böyle bir ortamda, herhangi bir akustik hareket sonucu denge bozulur. Denge durumundaki ortamda, gerek basınç, gerekse yoğunlukta görülen homogenlik kaybolur. Bu durumda, belirli bir anda herhangi bir noktada yoğunluk ρ şöyle yazılabilir.

$$\rho = \rho_0 + \hat{\rho} \quad (2.1)$$

Burada $\hat{\rho}$, akışkan ortamın yoğunluğunda meydana gelen değişiktir. Aynı akustik hareket sonucu, partiküllerde görülen sıkışma, ve açılma nedeni ile oluşan basınç değişikliği, aynı noktada,

$$\Delta P = P - P_0 \quad \text{ve} \quad \Delta p = p \quad \text{ise,}$$

$$p = P - P_0 \quad (2.2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada;

p → Basınç değişikliği (akustik basınç) (Pa).

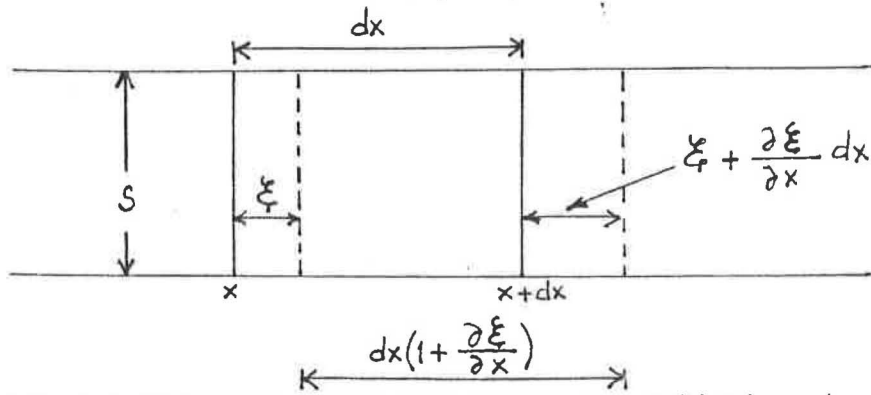
P → Aynı noktada basınç (Pa) tır.

Böyle bir akustik harekette, yoğunluk farkı $\hat{\rho}$ nun denge durumundaki yoğunluk ρ_0 'a oranına sıkıştırma (condensation) (s) denir.

$s = \frac{\hat{\rho}}{\rho_0}$, sıkıştırma (s) birimsizdir. Sıkıştırma s eş.-(2.1) den;

$s = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0}$, şeklinde ve buradan da ρ şu eşitlikle saptanır.

$$\rho = \rho_0 + \rho_0 s \implies \rho = \rho_0 (1 + s) \quad (2.3)$$



Şekil-2.1 Düzlemsel dalgaların boyuna yer değiştirmesi.

Şekil-2.1 de görüldüğü üzere, kesit alanı S olan bir boruda düzlemsel bir dalga x eksenini boyunca ilerlediğinde, bitişik partiküllerin oluşturduğu boru eksenine dik bir düzlem denge durumundaki yerini değiştirir. Genelde bu deplasman, koordinatların ve zamanın fonksiyonu olup,

$\xi(x, t)$ olarak belirtilebilir. Kütlelenin korunumu yasası gereği x ve $x + dx$ noktalarındaki düzlemler arasında kalan akışkanın kütlesi akustik hareket sonucu da aynı olacaktır. Denge durumunda bulduğu düzlem arasındaki akışkanın kütlesi $(\rho_0 S dx)$ 'e eşittir. Düzlemsel dalga sonucu x noktasındaki düzlem ξ kadar deplasman yaparken $x + dx$ noktasındaki düzlem

$\xi + (\partial\xi/\partial x)dx$ kadar deplasman yapar. Bu durumda akışkanın hacmi $Sdx(1 + \partial\xi/\partial x)$ olur. Kütle korunumu yasası gereği her iki hacimdeki akışkanın kütleleri eşittir.

$\rho Sdx(1 + \frac{\partial\xi}{\partial x}) = \rho_0 Sdx$, yazamında eş-(2.3) ten ρ yerine değeri yazılır ve ortak terimler atılırsa eşitlik;

$$(1+s)(1 + \frac{\partial\xi}{\partial x}) = 1 \quad \text{olarak yazılabilir.}$$

Ancak gerek yoğunluk değişikliği ve gerekse partiküllerin deplasmanı çok küçük olduğundan eşitlikte s ve $\partial\xi/\partial x$ ' in çarpımından oluşan terimler ihmal edilebilir. Bu durumda eşitlik şu hale gelir;

$$s = - \frac{\partial\xi}{\partial x} \quad (2.4)$$

Akışkanlar dinamiğinin temel yasası olan "kütle korunumu" kuralının özel bir formu olan eşitlik (2.4), denge durumunda iken belirlenmiş olan bir hacmin, akustik dalga sonucu büyümesinin akışkan yoğunluğunda azalmaya neden olduğunu gösterir.

Akışkanlarda basınç ve yoğunluk değişikliklerindeki bağıntıyı belirleyen termodinamik kurallar gereği, akustik dalganın yayılmasında sıkışma ve açılma bölgeleri arasındaki ısı akışı "adyabatik" özellik gösterir. Bu durumda basınç ve yoğunluk değişikliği bağıntısını şu eşitlik verir(7)b

$$\frac{P}{P_0} = \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\gamma}$$

Burada; γ sabit basınç altında özgül ısının sabit hacimde özgül ısıya oranıdır. (Birimlessiz bir büyüklük olan γ gazlar için geçerlidir)

Bu adyabatik işlem, bütün sıvı ve gerçek gazlar için genel olarak tanımlanacak olursa, basıncın yoğunluğun fonksiyonu olduğunu belirten şu sembolik eşitlik yazılabilir.

$$dP = \left(\frac{dP}{d\rho} \right)_0 d\rho \quad (2.5)$$

Burada $(dP/d\rho)_0$ basıncın yoğunluğa bağlı adyabatik grafiğinin P_0, ρ_0 noktasındaki eğimini verir. Basınç ve yoğunluk değişmelerinin çok küçük olduğu akustik dalgalar için eşitlik (2.5) de dP yerine akustik basınç p ve $d\rho$ yerine eş.(2.3) gereği ρs yazılabildiğinden,

$p = \left(\frac{dp}{d\rho} \right) \rho_0 s$ bulunur. Akışkan bir ortamda $(dp/d\rho)_0$ akustik dalga hızının karesi v^2 yi verdiğiinden eşitlik şöyle yazılabilir.

$$p = \rho_0 v^2 s \quad (2.6)$$

Eş(2.4) ten s değeri burada yerine konursa eş(2.6)

$$p = \rho_0 v^2 \left(- \frac{\partial \xi}{\partial x} \right) \Rightarrow p = - \rho_0 v^2 \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \right)$$

$$p = - \rho_0 v^2 \frac{\partial \xi}{\partial x}$$

(2.7) haline gelir.

Böyle bir akustik hareket sonucu denge durumu bozulan Sdx hacmindeki akışkanın iki yüzündeki basınç farkı çok az olmasına rağmen, akışkanı hareket ettirmeye yetecek net kuvveti oluşturur. Bu dF_x kuvveti şu eşitlik ile tanımlanır.;

$$dF_x = \left[p - \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} dx \right) \right] S = - \frac{\partial p}{\partial x} dx S$$

Bu kuvvet Newton'un ikinci yasası gereği akışkanın kütlesi $dx S \rho_0$ ile ivmesinin çarpımına eşittir. Deplasmanın zamana göre ikinci türevi $\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$ akışkanın ivmesini vereceğinden, kuvvet eşitliği şöyle yazılabilir;

$$- \frac{\partial p}{\partial x} dx S = dx S \rho_0 \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2},$$

$$- \frac{\partial p}{\partial x} = \rho_0 \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

(2.8) bulunur.

Eş.(2.7) den p nin türevi alınıp, eş.(2.8) de yerine yazılırsa,

$$\boxed{\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}}$$

(2.9) dalga denklemi bulunur.

Benzer eşitlik, akustik basınç p , sıkışma s ve partikül hızı u içinde yazılabilir. Ancak deplasman ξ için çözüm elde edildikten sonra, diğer akustik değişkenler daha önce belirtilen bağıntılar ile kolayca tanımlanabilir. Şöyleki;

$$\text{Akustik basınç: } p = - \rho_0 v^2 \frac{\partial \xi}{\partial x} \quad (2.7)$$

$$\text{Sıkıştırma} : s = - \frac{\partial \xi}{\partial x} \quad (2.4)$$

$$\text{Partikül hızı} : u = \frac{\partial \xi}{\partial t} \quad (2.10) \text{ olur.}$$

1.2.1.1. Harmonik Çözüm.

Dalga denklemini çözümlenmede önemli bir yöntem, akışkan partiküllerinin hareketini harmonik dalgaların fonksiyonu olarak tanımlamaktır. Bu, deplasman için kompleks şekilde şöyle yazılabilir;

$$\xi = A e^{i(\omega t - kx)} + B e^{i(\omega t + kx)} \quad (2.11)$$

Burada : ω → Açısal frekans (açısal hız), genellikle birimi rad/s.

k → Açısal dalga sayısı (m^{-1}).

A → (+x) yönünde hareket eden dalga genliği.

B → (-x) " " " " genliğidir.

Bu eşitlikte ilk terim (+x) yönünde hareket eden ve genliği A olan, ikinci terim (-x) yönünde hareket eden ve genliği B olan akustik dalgaları gösterir.

Buna göre (+x) yönünde hareket eden dalgalar için yer değiştirme

$$\xi_+; \quad \xi_+ = A e^{i(\omega t - kx)} \quad (2.11a) \text{ Ve}$$

(-x) yönünde hareket eden akustik dalgalar için deplasman ξ_- ise

$$\xi_- = B e^{i(\omega t + kx)} \quad (2.11b) \text{ olur.}$$

Eş.(2.11) ise, kısaca her iki yönde ilerliyen akustik dalgaların toplamı olarak yazılabilir.

$$\xi_r = \xi_+ + \xi_- \quad (2.11c)$$

Bu eşitliklerden hareket ederek diğer akustik değişkenler şu eşitliklerle gösterilebilirler.

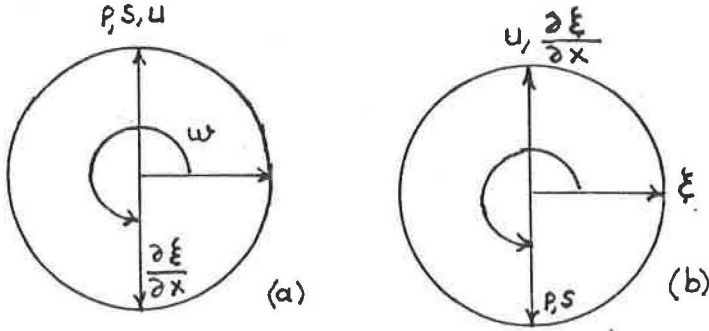
$$p = -\rho_0 v^2 \frac{\partial \xi}{\partial x} = i \rho_0 v \omega (\xi_+ - \xi_-) \quad (2.6a)$$

$$s = - \frac{\partial \xi}{\partial x} = ik (\xi_+ - \xi_-) \quad (2.4a)$$

$$u = \frac{\partial \xi}{\partial t} = i \omega (\xi_+ + \xi_-) \quad (2.10a)$$

Bu eşitliklerden görüldüğü üzere +x yönünde hareket eden akustik dalgalarda p, s ve u birbirleri ile aynı fazda, fakat ξ 'nin $\pi/2$ radyan

önündedirler. (-x) yönünde hareket eden akustik dalgalarda ise, yalnız p ve s aynı fazda olup, ξ 'nin $\pi/2$ radyan gerisinde, u ise ξ 'nin $\pi/2$ radyan önünde olmaktadır. Bu faz farkı Şekil-2.2 de her iki yönde ilerleyen akustik dalgalar için görülmektedir.



Şekil-2.2 Düzlemsel dalgalar için akustik değişkenlerin faz ilişkisi
[a)(+x) yönünde yayılan, b) (-x) yönünde yayılan dalgalar için]

1.2.1.2 Sesin Havada Yayılma Hızı.

Ses dalgalarının havada yayılma hızı ilk olarak 1686 yılında Newton tarafından ifade edilmiştir. Ancak teorik akustiğin Newton ile başladığı kabul edilmesine rağmen, ses hızını tanımlaması eksik olup, sonuç olarak $v=280$ m/s. vermektedir. Newton ses hızını,

$$v_{\text{Newton}} = \sqrt{\frac{P_0}{\rho_0}} \quad \text{eşitliği ile tanımlamıştır. Akustik dal-}$$

gaların gazlarda yayılma hızı "adyabatik" gaz yasasından yararlanılarak belirlenir. Bu yasa gaz içinde ısı akışı yok ise basınç ile hacim arasındaki bağıntıyı verir. Akustik dalgaların hareketinde ise sıkışma bölgesinden açılma olan bölgeye ısı akışı ile sıcaklığın dengelenmesi için yeterli zaman yoktur. Böyle bir ısı akışı için gerekli zaman geçmeden, yarım periyot geçmiş olur. Sıkışma bölgesi açılma bölgesi haline gelir. Bu nedenle adyabatik gaz yasasından hareket ederek ses dalgalarının havada yayılma hızı v;

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho_0}} \quad (2.12)$$

bağıntısıyla tanımlanır. Burada;

$\gamma \rightarrow$ özgül ısılar oranı,

$P_0 \rightarrow$ Denge durumunda atmosfer basıncı,

$\rho_0 \rightarrow$ " " havanın yoğunluğudur.

Genel gaz kanunları sonucu (gazların kinetik teorisi), k Boltzmann sabiti, T havanın mutlak sıcaklığı, M havanın molekül kütlesi (22,4 lt.

hava kütlesi) olmak üzere,

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho_0}} = \sqrt{\frac{\gamma k T}{M}} = \sqrt{\gamma R T} \quad (2.12a)$$

şeklinde yazılabilir (8),(9). Bu açıklamalara göre v;

- v frekansa bağlı değildir,
- Basınca bağlı değildir. Basınç değiştiğinde yoğunlukta P ile orantılı olarak değişir,
- Sıcaklığın karekökü ile orantılıdır,
- Gazın doğal özelliklerine bağlıdır.

Sesin havada yayılma hızı sıcaklığa bağlı olarak, şu şekilde tanımlanır;

$$v = \sqrt{\frac{T}{273}} \quad (2.12b)$$

$$v = \sqrt{1 + \frac{t}{273}}$$

Burada ; $v \rightarrow 0^\circ\text{C}$ ta sesin havada yayılma hızı,
 $t \rightarrow$ sıcaklık ($^\circ\text{C}$) tır

1.2.1.3 Akustik Şiddet

ilerde ses şiddeti olarak tanımlanan "akustik şiddet" I ile gösterilir ve

$$I = \frac{PU}{2}$$

eşitliği ile belirlenir. Burada P,basınç dalgası genliği, U ise partikül hız genliğidir.Daha önce yazılan bağıntılar kullanılarak,

$$U = \frac{P}{\rho v} \quad \text{bulunacağından } I,$$

$$I = \frac{P^2}{2 \rho v} \quad \text{watt/m}^2 \quad (2.13)$$

bulunur.Akustik şiddet +x yönünde ve -x yönünde hareket eden dalgalar için ayrı ayrı olarak,

$$I_+ = \frac{P_+^2}{2 \rho v} \quad (2.13a)$$

$$I_- = \frac{P_-^2}{2 \rho v} \quad (2.13b)$$

şeklinde yazılabilir.P ve U etkin genlik değerleri (kareler ortalamasının kare kökü) ile ifade edildiğinde;

$$P_e = \frac{P}{\sqrt{2}} \quad \text{ve} \quad U_e = \frac{U}{\sqrt{2}}$$

$$u_e = \frac{u}{\sqrt{2}} \quad \text{olduğundan,} \quad (2.13) \text{ eşitliği}$$

$$i = \frac{p_e^2}{\rho v} \quad \text{Watt/m}^2 \quad (2.14)$$

şeklinde yazılabilir.

1.2.1.4 Özgül Akustik Empedans

Belirli bir dalga hareketi için akışkan bir ortamın "özgül akustik empedansı" ortamdaki akustik basıncın, bunun sonucu olarak oluşan partikül hıza oranı olarak tanımlanır. Özgül akustik empedans Z ile gösterilir.

$$Z = \frac{p}{u},$$

Eş.(2.6) ve (2.10) dan Z şöyle yazılabilir,

$$Z = \frac{i \rho_0 v \omega \xi}{i \omega \xi} \quad \text{ve buradanda,}$$

$$Z = \rho_0 v \quad \text{kg/m}^2 \cdot \text{s} \quad (2.15)$$

bulunur. Özgül akustik empedans, düzlemsel dalgalar için, eş.(2.15) te görüldüğü gibi reel değer vermektedir. Bu değeri oluşturan ρ_0 ve v ortamın özelliklerini yansıttığından, ' $\rho_0 v$ ' ortamın karakteristik empedansı olarak isimlendirilir. Kararlı dalgalarda olduğu gibi, Z her zaman reel olmaz. Genel olarak reel kısım r ve sanal kısım X ' ten oluşur.

$$Z = \frac{p}{u} = r + iX \quad (2.16)$$

Burada r , özgül akustik direnç, X , özgül akustik reaktans olarak isimlendirilir. (2.15) ve (2.16) dan görüleceği üzere düzlemsel dalgalar için ortamın özgül akustik direnci;

$$r = \rho_0 v, \quad \text{olmaktadır.}$$

Eşitlik (2.16) $+x$ ve $-x$ yönünde hareket eden dalgalar için eş. (2.6a) ve (2.10a) ' dan şöyle yazılabilir.

$$Z_+ = \frac{p_+}{u_+} = \rho_0 v \quad (2.16a)$$

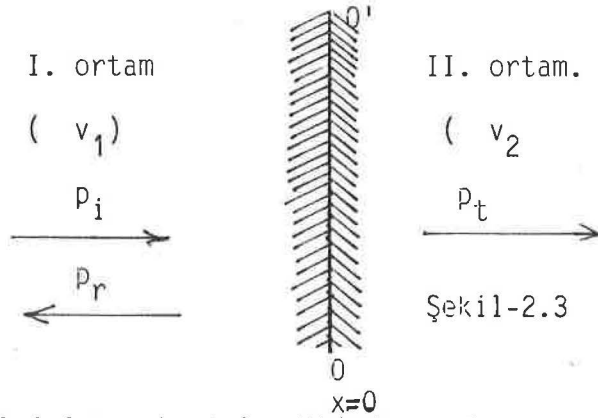
$$Z_- = \frac{-p_-}{u_-} = -\rho_0 v \quad (2.16b)$$

1.2.2 Düzlemsel Dalgaların Yarı Sonsuz Bir Ortamdan Diğereine Geçiş

Bundan önceki kısımda akışkan bir ortamda akustik düzlemsel dalgaların hareketi incelenmiş, dalga denklemi ve akustik değişkenler tanımlanmıştır. Bölme elemanlarının diğer bir değişle katı cisimlerin ses iletimini incelemeyen önce, ses geçişini daha iyi anlamak amacı ile düzlemsel dalgaların yarı sonsuz bir akışkan ortamdan diğereine geçişini ele almak yararlı olacaktır.

Birbirine bitişik iki akışkan ortam ve bunların ortak sınırı $00'$ düzlemi olsun. Öncelikle, ortak sınıra dik gelen dalgaları inceliyelim. Böyle bir durumda $+x$ yönünde hareket eden düzlemsel bir dalganın basıncı şu eşitlikle tanımlanabilir.

$$p = Ae^{i(\omega t - kx)} \quad (2.17)$$



Şekil-2.3 Düzlemsel dalgaların ortak sınırdaki yansımaları ve geçişi.

Şekil-2.3 te belirtildiği üzere I. ortamda, ortak düzleme dik olarak $+x$ yönünde hareket eden "gelen dalga" p_i olsun. p_i , I. ortamda hareket ettiği için açılal dalga sayısı k_1 ve dalga genliği A_1 ile gösterilebilir. Bu ortamın karakteristik empedansı $\rho_1 v_1$ ile bilinmektedir. Bu durumda II nolu ortamın karakteristik empedansı $\rho_2 v_2$ olur. Ortak sınırdaki $x=0$ olsun. I no lu ortamda $+x$ yönünde hareket eden p_i dalgası sınır düzlemine çarptığında, akustik enerjinin bir kısmı aynı ortama geri yansıtılarak, "yansıyan dalga p_r " yi oluşturur. II. ortama geçen enerji ise bu ortamda "geçen dalga p_t " yi oluşturur. Bu iki ortamda hareket eden üç dalganın basıncı şu eşitliklerle belirlenir;

$$p_i = A_1 e^{i(\omega t - k_1 x)} \quad (2.18)$$

$$p_r = B_1 e^{i(\omega t + k_1 x)} \quad (2.19)$$

$$p_t = A_2 e^{i(\omega t - k_2 x)} \quad (2.20)$$

Burada ; $A_1 \rightarrow$ gelen dalganın basınç genliği,

$B_1 \rightarrow$ yansıyan dalganın basınç genliği,

$A_2 \rightarrow$ II no lu ortama geçen dalganın genliği,

k_1 ve $k_2 \rightarrow$ sırası ile 1. ve 2. ortamdaki dalgaların açısıl dalga sayısıdır.

Bu iki akışkan ortamın birleştiği ortak düzlemsel sınır $00'$ de $x=0$ olduğundan, üç dalganın basınç eşitliği şöyle yazılabilir;

$$p_i = A_1 e^{i\omega t} \quad (2.21)$$

$$p_r = B_1 e^{i\omega t} \quad (2.22)$$

$$p_t = A_2 e^{i\omega t} \quad (2.23)$$

Burada belirtmek gerekirkii; geçen dalga daima gelen dalga ile aynı frekanstadır. Ancak, her iki akışkan ortamda dalga hızı v_1 ve v_2 farklıdır. Açısıl frekans $\omega = k.v$ olduğundan, her iki ortamda açısıl dalga sayısı farklı ve sırası ile k_1 ve k_2 olur.

Burada, iki akışkan ortamı ayıran ortak düzlemsel sınırın her an her noktasında şu iki koşul geçerlidir.

1-Basıncın devamlılığı: Ortak sınırın iki yüzünde akustik basıncın toplamı daima eşittir. Bu durumda;

$$p_i + p_r = p_t, \quad \text{buradan,}$$

$A_1 e^{i\omega t} + B_1 e^{i\omega t} = A_2 e^{i\omega t}$ ve buradanda sonuç olarak şu eşitlik elde edilir.

$$A_1 + B_1 = A_2 \quad (2.24)$$

2-Partikül hızların devamlılığı : Ortak sınırdaki, sınır düzlemine dik yönde partikül hızlar geometrik toplamı daima eşittir.

$$u_i + u_r = u_t$$

Eş.(2.16a) ve (2.16b) den;

$$u_i = \frac{p_i}{\rho_1 v_1}, \quad u_r = -\frac{p_r}{\rho_1 v_1}, \quad u_t = \frac{p_t}{\rho_2 v_2} \quad \text{olduğundan;}$$

$$\frac{p_i}{\rho_1 v_1} - \frac{p_r}{\rho_1 v_1} = \frac{p_t}{\rho_2 v_2} \quad \text{olur.}$$

Basınç eşitlikleri yerine konup, her iki taraf $e^{i\omega t}$ ile bölünürse, eşitlik şu hale gelir;

$$\frac{A_1 - B_1}{\rho_1 v_1} = \frac{A_2}{\rho_2 v_2} \quad (2.25)$$

Eş.(2.24) ten B_1 çekilip eş.(2.25) te yerine konduğunda, geçen dalganın genliği A_2 , A_1 're bağlı olarak tanımlanır.

$$A_2 = \frac{2 \rho_2 v_2}{\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1} A_1 \quad (2.26)$$

Eş.(2.26) irdelendiğinde şu sonuç ortaya çıkar:

1-geçen dalga p_t 'nin genliği A_2 , daima reel ve pozitiftir,

2-geçen dalga ,daima gelen dalga ile aynı fazdadır,

3- $\rho_1 v_1 = \rho_2 v_2$ olursa, $A_1 = A_2$ olur.

Bu durumda iki ortam aynı karakterdedir ve tüm akustik enerji ρ geçer.

4- $\rho_2 v_2 \gg \rho_1 v_1$ ise $A_2 \rightarrow 2A_1$ olur.

Buna, havadan suya geçişteki olay örnek verilebilir.

5- $\rho_2 v_2 \ll \rho_1 v_1$ ise, $A_2 \rightarrow 0$ olur.örneğin sudan havaya geçiş.

Eş.(2.24) 'ten A_2 bulunur, eş.(2.25) te yerine konursa yansıyan dalga p_r 'nin genliği elde edilir.

$$A_1 + B_1 = A_2 \quad (2.24), \quad \frac{A_1 - B_1}{\rho_1 v_1} = \frac{A_2}{\rho_2 v_2} \quad (2.25), \Rightarrow \frac{A_1 - B_1}{\rho_1 v_1} = \frac{A_1 + B_1}{\rho_2 v_2}$$

$$\rho_2 v_2 (A_1 - B_1) = \rho_1 v_1 (A_1 + B_1) \Rightarrow \rho_2 v_2 A_1 - \rho_2 v_2 B_1 = \rho_1 v_1 A_1 + \rho_1 v_1 B_1$$

$$\rho_2 v_2 A_1 - \rho_1 v_1 A_1 = \rho_1 v_1 B_1 + \rho_2 v_2 B_1 \Rightarrow A_1 (\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1) = B_1 (\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2)$$

$$B_1 = \frac{\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1}{\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2} A_1 \dots \dots \dots (2.27)$$

Eş.(2.27) irdelendiğinde, B_1 ile ilgili şu sonuçlar elde edilir.

1) B_1 daima reeldir,

2) $\rho_2 v_2 > \rho_1 v_1$ ise : B_1 pozitiftir ve p_r ile p_i aynı fazdadır,

3) $\rho_2 v_2 < \rho_1 v_1$ ise: B_1 negatiftir ve p_r ile p_i arasında π rad. faz farkı vardır.

4) $\rho_2 v_2 = \rho_1 v_1$ ise : $B_1 = 0$ dir ve yansıma yoktur.

5) $\rho_2 v_2 \gg \rho_1 v_1$ ise, $B_1 \rightarrow A_1$ re gider, tüm enerji yansır.

İki ortam arasındaki ses geçişi "ses iletim katsayısı" (\mathcal{Z}) ile tanımlanır. \mathcal{Z} , geçen ses dalgalarının akustik şiddeti I_t 'nin gelen dalganın akustik şiddeti I_i 'ye oranı olarak tanımlanmaktadır. Eş.(2.13) ten I_t ve I_i yerine yazılıp, Eş.(2.21) ve Eş.(2.23) tende P_t ve P_i 'nin değerleri yerine yazılarak \mathcal{Z} ;

$$\mathcal{Z} = \frac{I_t}{I_i} = \frac{P_t^2 / 2\rho_2 v_2}{P_i^2 / 2\rho_1 v_1} = \frac{A_2^2 (e^{i\omega t})^2 / 2\rho_2 v_2}{A_1^2 (e^{i\omega t})^2 / 2\rho_1 v_1} = \frac{A_2^2 / 2\rho_2 v_2}{A_1^2 / 2\rho_1 v_1}$$

$$\mathcal{Z} = \frac{A_2^2}{A_1^2} \cdot \frac{2\rho_1 v_1}{2\rho_2 v_2} \Rightarrow \mathcal{Z} = \frac{A_2^2}{A_1^2} \cdot \frac{\rho_1 v_1}{\rho_2 v_2} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Eş.(2.26) dan A_2 değeri burada yerine yazılarak,

$$\mathcal{Z} = \frac{\left(\frac{2\rho_2 v_2}{\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1} A_1 \right)^2 \rho_1 v_1}{A_1^2 \rho_2 v_2} \Rightarrow \mathcal{Z} = \frac{4\rho_2 v_2 \cdot \rho_1 v_1}{(\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1)^2} \quad (2.28) \text{ bulunur.}$$

Birimsiz bir değer olan ses iletim katsayısını veren eşitlik (2.28)

$\rho_1 v_1$ ile $\rho_2 v_2$ arasındaki fark büyüdükçe \mathcal{Z} 'nin küçüldüğünü belirtmektedir. Bu şöyle belirtilebilir;

$$\rho_2 v_2 \gg \rho_1 v_1 \quad \text{ise;} \quad \mathcal{Z} \rightarrow \frac{4}{\rho_2 v_2},$$

$$\rho_2 v_2 \ll \rho_1 v_1 \quad \text{ise;} \quad \mathcal{Z} \rightarrow \frac{4}{\rho_1 v_1}, \quad \text{olur.}$$

Sonuç olarak iki akışkan ortamın karakteristik empedansları arasındaki farkın büyümesinin, geçen ses gücünün azalmasına neden olduğu kural olarak ortaya çıkar. Benzer şekilde, iki ortamın ortak düzlemsel sınırından yansıyan ses gücünü belirtmek amacıyla "ses yansımaya katsayısı α_r " şöyle saptanır;

$$\alpha_r = \frac{I_r}{I_i} = \frac{P_r^2 / 2\rho_1 v_1}{P_i^2 / 2\rho_1 v_1} = \frac{B_1^2 (e^{i\omega t})^2 / 2\rho_1 v_1}{A_1^2 (e^{i\omega t})^2 / 2\rho_1 v_1} = \frac{B_1^2}{A_1^2}$$

$$\alpha_r = \frac{B_1^2}{A_1^2}, \quad \text{bulunur.}$$

Eş.(2.27) den B_1 burada yerine yazılarak α_r yeniden şöyle bulunur:

$$\alpha_r = \frac{\left(\frac{\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1}{\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1} A_1 \right)^2}{A_1^2} \Rightarrow \alpha_r = \left(\frac{\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1}{\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1} \right)^2 \quad (2.29)$$

Bu eşitliğin incelenmesinden şu sonuca varılır;

$$\rho_2 v_2 \gg \rho_1 v_1 \quad \text{ise} \quad \alpha_r \longrightarrow 1$$

$\rho_2 v_2 \ll \rho_1 v_1$ ise $\alpha_r \longrightarrow 0$, yani karakteristik empedans farkının artmasının yansıyan ses gücünün artmasına neden olduğu söylenebilir.

1.2.2.1 Dik Açılı Dışında Gelen Dalgaların Geçişi

Daha önce ortak düzlemsel sınıra dik olarak gelen ses dalgalarının II no lu akışkan ortama geçişini inceledik. I no lu ortamda yayılan düzlemsel dalganın x eksenine paralel olması halinde ise, x eksenine ile dalganın yayılma yönü arasında bir θ açısı vardır. Düzlemsel dalganın x ve y koordinatları ile belirlenen bir düzlemde yayıldığı kabul edildiğinde, bir dalga önünün koordinat merkezine uzaklığı d olur. Buna göre yayılan akustik dalganın genel basınç eşitliği şöyle yazılabilir.

$$p = A e^{i(\omega t - kd)}$$

Ancak $d = x \cos \theta + y \sin \theta$ olduğundan, genel basınç eşitliği,

$$p = A e^{i(\omega t - kx \cos \theta - ky \sin \theta)}$$

olur. Bu eşitlik esas alınarak, bundan önceki kısımdaki 1.2.2 de olduğu üzere p_i, p_r, p_t şu eşitliklerle tanımlanabilir:

$$p_i = A_1 e^{i(\omega t - k_1 x \cos \theta_1 - k_1 y \sin \theta_1)}$$

$$p_r = B_1 e^{i(\omega t + k_1 x \cos \theta_r - k_1 y \sin \theta_r)}$$

$$p_t = A_2 e^{i(\omega t - k_2 x \cos \theta_t - k_2 y \sin \theta_t)}$$

İki ortamın ortak sınırından, yansıyan p_r ve ikinci ortama geçen p_t dalgalarının genliği, gelen dalganın genliği, A_1 e bağlı olarak, bundan önceki kısımda uygulanan yöntem ile şöyle belirlenir:

1) Ortak sınırdaki basıncın sürekliliği koşulu nedeni ile ;

$$p_i + p_r = p_t$$

olur. Ortak sınırdaki $x=0$ olduğundan, p_i, p_r ve p_t tanımlamaları yerine konduğunda ;

$$A_1 e^{i(\omega t - k_1 y \sin \theta_i)} + B_1 e^{i(\omega t - k_1 y \sin \theta_r)} = A_2 e^{i(\omega t - k_2 y \sin \theta_t)}$$

olur. Düzlemsel dalgaların yansıma ve kırılma yasaları gereği θ_i ile θ_r eşittir;

$$\theta_i = \theta_r$$

Kırılma ile ilgili Snell Yasası gereği ;

$$\frac{\sin \theta_i}{v_1} = \frac{\sin \theta_t}{v_2}$$

eşitliğinden ve hareketin frekansının değişmemesi nedeni ($\omega = kv$) ile $v_1/v_2 = k_2/k_1$ olduğundan;

$$k_2 \sin \theta_t = k_1 \sin \theta_i$$

olur. Bu verilerin ışığında, basıncın sürekliliği koşulunu belirleyen eşitlikte üstlü ifadeler eşit olduğundan, sonuç şöyle yazılabilir:

$$p_i + p_r = p_t$$

$$A_1 e^{i(\omega t)} + B_1 e^{i(\omega t)} = A_2 e^{i(\omega t)}$$

sol taraf $e^{i\omega t}$ ortak çarpan parantezine alınıp gerekli sadeleştirme yapılarak;

$$A_1 + B_1 = A_2 \quad (2.30)$$

şeklinde yazılabilir.

2) Ortak sınırdaki partikül hızın sürekliliği koşulundan, partikül hızların ortak sınıra dik bileşenleri için şu eşitlik yazılabilir;

$$u_i \cos \theta_i + u_r \cos (\pi - \theta_r) = u_t \cos \theta_t$$

Eş.(2.6a) ve (2.10a) 'dan u 'lar p cinsinden bulunur yerine konursa $\theta_i = \theta_r$ olduğundan ve Snell yasasından eşitlik şöyle yazılabilir;

$$\frac{A_1}{\rho_1 v_1} \cos \theta_i - \frac{B_1}{\rho_1 v_1} \cos \theta_i = \frac{A_2}{\rho_2 v_2} \cos \theta_t \quad (2.31)$$

Eş.(2.30) ve (2.31) 'den, sonuç olarak A_2 ve B_1 şöyle elde edilir;

$$A_2 = \frac{2 \rho_2 v_2 \cos \theta_i}{\rho_2 v_2 \cos \theta_i + \rho_1 v_1 \cos \theta_t} A_1, \quad (2.32)$$

$$B_1 = \frac{\rho_2 v_2 \cos \theta_i - \rho_1 v_1 \cos \theta_t}{\rho_2 v_2 \cos \theta_i + \rho_1 v_1 \cos \theta_t} A_1 \quad (2.33)$$

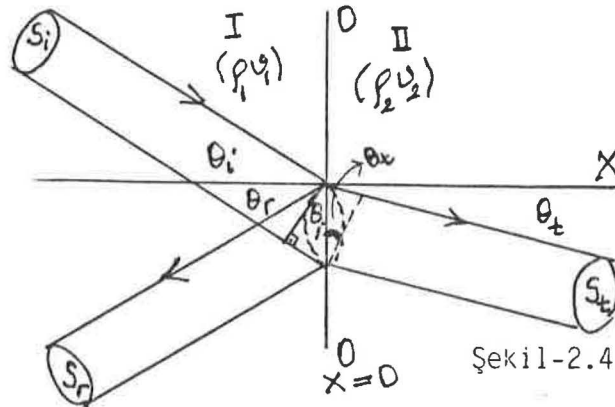
Eş.(2.32) ve (2.33)'ün, sesin dik gelişinde A_2 ve B_1 'i belirleyen eşitliklerden (eş.2.26, 2.27) farkı yalnız θ_i ve θ_t açılarının trigonometrik ifadeleridir. Ses dalgasının geliş açısı 0 rad. olduğunda; bu eşitliklerden eş.(2.27) ve (2.28) elde edilir.

Ses iletim katsayısı τ ise şu eşitlikle sağlanabilir;

$$\tau = \frac{I_t}{I_i} = \frac{A_2^2 / 2\rho_2 v_2}{A_1^2 / 2\rho_1 v_1}$$

$$\tau = \frac{4\rho_1 v_1 \rho_2 v_2 \cos^2 \theta_i}{(\rho_2 v_2 \cos \theta_i + \rho_1 v_1 \cos \theta_t)^2} \quad (2.34)$$

Ancak, eş.(2.34) ile saptanan ses iletim katsayısı, her iki ortamda birim alandaki akustik şiddetin oranını vermektedir.



Şekil-2.4 Düzlemsel dalganın açısal gelişinde enerji geçişi

Burada, ses iletim katsayısı olarak saptanmak istenen ise; birinci ortamda dalga yönüne dik birim alandan geçen akustik enerji nedeni ile ikinci ortamda oluşan ve yine dalga yönüne dik bir alandan geçen akustik enerji arasındaki orandır. Bu nedenle, birinci ortamda birim alandan geçen bir ses ışını nedeni ile ikinci ortamda oluşan ses ışınının kesitini belirleyen trigonometrik oranı, düzeltme faktörü olarak eş.(2.34)'e ilave etmek gerekmektedir.

Şekil-2.4 te görüldüğü üzere, birinci ortamda S_i kesitinde gelen ses ışınının ortak düzlemsel sınırdan oluşturduğu S alanı şu eşitlikle ifade edilir;

$$S = S_i \sec \theta_i$$

S alanı ile ikinci ortamda oluşan ses ışını arasındaki bağıntı ise;

$$S = S_t \sec \theta_t$$

olmaktadır. Buradan ; $S_i \sec \theta_i = S_t \sec \theta_t$ olduğundan, S_t , S_i 'ye bağılı olarak şu eşitlikle belirlenir:

$$S_t = S_i \frac{\cos \theta_t}{\cos \theta_i}$$

S_t ile S_i arasındaki bağıntıyı veren trigonometrik oran $\cos \theta_t / \cos \theta_i$, düzeltme faktörü olarak eş.(2.34)'e ilave edilerek "düzeltilmiş ses iletim katsayısı Z_c " elde edilir.

$$Z_c = Z \frac{\cos \theta_t}{\cos \theta_i}$$

$$Z_c = \frac{4 \rho_1 v_1 \rho_2 v_2 \cos \theta_i \cos \theta_t}{(\rho_2 v_2 \cos \theta_i + \rho_1 v_1 \cos \theta_t)^2} \quad (2.35)$$

ses yansımaya katsayısı α_r ise şöyle tanımlanmaktadır:

$$\alpha_r = \frac{I_r}{I_i} = \frac{B_1^2 / 2 \rho_1 v_1}{A_1^2 / 2 \rho_1 v_1} \Rightarrow \alpha_r = \left(\frac{\rho_2 v_2 \cos \theta_i - \rho_1 v_1 \cos \theta_t}{\rho_2 v_2 \cos \theta_i + \rho_1 v_1 \cos \theta_t} \right)^2 \quad (2.36)$$

Eş.(2.35) ve eş.(2.36) incelendiğinde, sesin geliş açısı θ_i 'nin artması ile ortaya çıkan ve Z_c ile α_r 'yi etkileyen şu özel durumlarla karşılaşılır: $\rho_2 v_2 \cos \theta_i = \rho_1 v_1 \cos \theta_t$ ----- (2.37),

1- $\rho_2 v_2 \cos \theta_i = \rho_1 v_1 \cos \theta_t$ olduğunda eş.(2.32) ve eş.(2.33) ten, $A_2 = A_1$ ve $B_1 = 0$ olur. Bu durumda yansımaya yoktur ve $Z_c = 1$, $\alpha_r = 0$ olur. Tüm enerjinin geçtiği bu geliş açısı θ_i , eş.(2.37) ve Snell yasasını belirten $\sin \theta_i / v_1 = \sin \theta_t / v_2$ eşitliğinden;

$$\cot^2 \theta_i = \frac{(v_1/v_2)^2 - 1}{(\rho_2/\rho_1)^2 - (v_1/v_2)^2} \quad (2.38)$$

bulunur.

Daima artı ve reel olan ve "tam geçiş açısı" olarak isimlendirilen bu açının oluşması için şu iki şıktan birinin gerçekleşmesi gerekir.

$$a) \rho_2 / \rho_1 > v_1 / v_2 > 1,$$

$$b) \rho_2 / \rho_1 < v_1 / v_2 < 1.$$

2- $v_1 < v_2$ ise, θ_i , kritik açı θ_t ye eşit olduğunda, gelen ses dalgası ortak sınırdaki $\pi/2$, rad.lık bir açı yaparak kırılır ve ortak sınıra paralel olarak yayılır. Kritik açı şu eşitlikle saptanır:

$$\sin \theta_c = \frac{v_1}{v_2} \quad (2.39)$$

Geliş açısı $\theta_i \gg \theta_c$ ise, ikinci ortama akustik enerji geçişi olmaz.

3- Eğer $v_1 > v_2$ ve $\theta_i = \pi/2$ rad. olursa, $\cos \theta_i \rightarrow 0$ olur. Bu durumda eş.(2.36) şöyle kısaltılır.

$$\alpha_r \cong \left(- \frac{\rho_1 v_1 \cos \theta_t}{\rho_2 v_2 \cos \theta_t} \right)^2 = 1$$

Buna göre akustik enerji, her iki ortamın karakteristik empedanslarına bağlı olmaksızın, tam olarak yansır. Enerji geçişi olmaz.

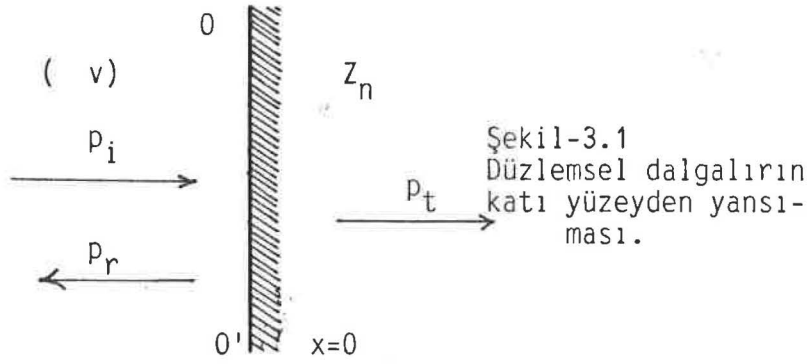
1.3 Ses Dalgalarının Akışkan Ortamdan Katı Cisme Geçişi

Bundan önceki kısımlardaki açıklamalarla, akustik düzlemsel dalgaların akışkan ortamlarda hareketi ve bir akışkan ortamdan diğerine geçişi incelenmiş ve konunun kapsamına giren akustik değişkenler tanımlanmışlardır. İlerideki kısımlarda ele alınacak olan yapı elemanlarının ses iletimi ile ilgili konulara hazırlık olmak üzere bu kısımda, öncelikle ses dalgalarının bir akışkan ortamdan katı elemana geçişi incelenecektir. Daha sonra ses dalgalarının üç ortam boyunca yayılması ele alınacaktır.

1.3.1 Düzlemsel Dalgaların Bir Akışkan Ortamdan Katı Cisme Geçişi.

İki akışkan ortamı ayıran ortak düzlemsel sınırdan ses dalgalarının yansımada olduğu üzere, bir akışkan ortamda yayılan düzlemsel dalga, bir katı elemanın yüzeyine çarptığında, enerjinin bir kısmı yüzeyden yansır. Diğer kısmı ise katı elemana geçer. Bu fiziksel olayı, öncelikle katı cisim yüzeyine dik olarak gelen (normal geliş), ses dalgaları için inceliyelim.

Katı elemanın özelliklerinin ses geçişine etkisini daha iyi belirlemek amacı ile bu incelemede katı elemanın yüzeyinden geçen dalganın hareketi, düzlemsel dalganın fiziksel özellikleri bir kenara bırakılarak, katı elemanın yüzeyinin özgül akustik empedansı Z_n 'e bağlı olarak tanımlanacaktır. Z_n , eleman yüzeyine etki yapan akustik basıncın, bunun sonucu akışkanda oluşan ve bu yüzeye dik partikül hızı oranı olarak belirlenmektedir.



$$Z_n = \left(-\frac{p}{u_n} \right)_{x=0} \quad (3.1)$$

Burada u_n partikül hızın yüzeye dik bileşeni
Katı eleman yüzeyine gelen ve yüzeyden yansıyan dalgalar, önceki
kısımda olduğu üzere şöyle ifade edilirler;

$$p_i = A_1 e^{i(\omega t - kx)}$$

$$p_r = B_1 e^{i(\omega t + kx)}$$

Burada (k) , akışkan ortamda ses dalgalarının açısal dalga sayısı.
Eş.(2.16a) ve (2.16b)den u_i ve u_r şu eşitliklerle belirlenmek-
tedir:

$$u_i = \frac{p_i}{\rho v}, \quad u_r = -\frac{p_r}{\rho v}$$

Burada ρv , akışkan ortamın karakteristik empedansıdır.
Elemanın yüzeyine etki eden basınç şöyle yazılabilir; (basınç $\rightarrow p$
ise)

$$p = (p_i + p_r)_{x=0} \quad (3.2)$$

Elemanın yüzeyinde, akışkan ortamın partikül hızı;

$$\begin{aligned} u_n &= u_i + u_r \\ &= \frac{p_i}{\rho v} - \frac{p_r}{\rho v} \end{aligned} \quad (3.3) \text{ olur.}$$

Eş.(3.2) ve eş.(3.3), yerine konarak eşitlik (3.1) şöyle yazı-
labilir.

$$Z_n = \left(\frac{p_i + p_r}{u_i + u_r} \right)_{x=0} = \left(\frac{p_i + p_r}{p_i - p_r} \right)_{x=0} \rho v.$$

$$Z_n = \left(\frac{A_1 + B_1}{A_1 - B_1} \right) \rho v. \text{ Buradan, yansıyan ses dalgalarının gen-}$$

liği şöyle bulunur;

$$B_1 = \frac{Z_n - \rho v}{Z_n + \rho v} A_1 \quad (3.4)$$

Önceki kısımda belirtildiği üzere, özgül akustik empedans her zaman reel olmayabilir. Bu durumda Z_n şöyle yazılabilir ;

$$Z_n = r_n + i X_n$$

Burada ; $r_n \rightarrow$ özgül akustik empedansın direnç bileşeni,
 $X_n \rightarrow$ " " " tepkin bileşenidir.

Z_n 'in kompleks tanımlaması eş.(3.4)' te yerine konarak B_1 , eleman yüzeyinin özgül akustik empedansına bağlı olarak şöyle tanımlanır;

$$B_1 = \frac{(r_n - \rho v) + i X_n}{(r_n + \rho v) + i X_n} A_1 \quad (3.5)$$

Burada şunu belirtmek gerekirkki, Z_n reel olduğu takdirde, ikinci ortamın karakteristik empedansı $\rho_2 v_2$ 'ye eşit olacağından, bu durumda eş.(3.5),eş.(2.27)' nin aynı olur. Z_n 'in reel olduğu durum dışında, B_1 kompleks olur ve yansıyan dalga ile gelen dalga arasında 0 ile π rad., arasında bir faz farkı bulunur.Yansıyan dalganın genliğinin değeri ise eş.(3.5)'in mutlak değeri alınarak bulunur.

$$|B_1| = \left[\frac{(r_n - \rho v)^2 + X_n^2}{(r_n + \rho v)^2 + X_n^2} \right]^{1/2} A_1 \quad (3.5a)$$

Yansıma katsayısı α_r ise, şu eşitlikle bulunur;

$$\alpha_r = \frac{I_r}{I_i} = \frac{B_1^2 / 2\rho v}{A_1^2 / 2\rho v} = \frac{B_1^2}{A_1^2} = \frac{(r_n - \rho v)^2 + X_n^2}{(r_n + \rho v)^2 + X_n^2} \quad (3.6)$$

Ses geçiş katsayısı τ ise , en basit yöntemle ;
 $\tau = 1 - \alpha_r$ eşitliği ile bulunur. Bu nedenle ,

$$\tau = \frac{4r_n \rho v}{(r_n + \rho v)^2 + X_n^2} \quad (3.7) \text{ bulunur.}$$

Katı elemana geçen enerjinin oluşturduğu dalga, birçok çeşit zayıflayan bir karakter taşır. Diğer bir tanımlama böyle olur. Bu nedenle eş.(3.7), aynı zamanda yutma katsayısı eşitliği olarak tanımlanabilir.

Eş.(3.7) incelendiğinde, şu iki özel durum dikkati çeker;

$x=0$ ise, $Z \neq 0$ olur, $r_n=0$ ise, $Z=0$ ve $\alpha_r=1$ olur. Bu durumda bütün enerji yüzeyden yansır.

1.3.1.1 Geliş açısının katı yüzeye dik olmaması hali.

Gelen ses dalgasının, eleman yüzeyine dik olmaması durumunda x eksenini ile bir θ_i açısı yapar. Bu nedenle yansıyan sesle x eksenindeki açı θ_r gibi bir değer alır. Kısım 1.2 de engelde yansıyan dalgaların basıncı şu eşitlikle tanımlanmış bulunmaktadır.

$$p_i = A_1 e^{i(\omega t - kx \cos \theta_i - ky \sin \theta_i)}$$

$$p_r = B_1 e^{i(\omega t + kx \cos \theta_r - ky \sin \theta_r)}$$

x, y , akışkan ortamda ses dalgasının x ve y ekseninde koordinatlarıdır. Katı eleman yüzeyine ($x=0$) da etki eden basınç, daha önce belirtildiği üzere şu eşitlikle belirlenmektedir;

$$p = (p_i + p_r)_{x=0} \quad (3.8)$$

Doğal hızların yüzeye dik bileşenleri ise ;

$$u_{in} = u_i \cos \theta_i, \quad u_{rn} = u_r \cos \theta_r, \quad \text{yansıma}$$

ve kırılma yasaları gereği $\theta_i = \theta_r$ olduğundan, $x=0$ da partikül hızın eleman yüzeyine dik bileşeni şöyle belirlenir;

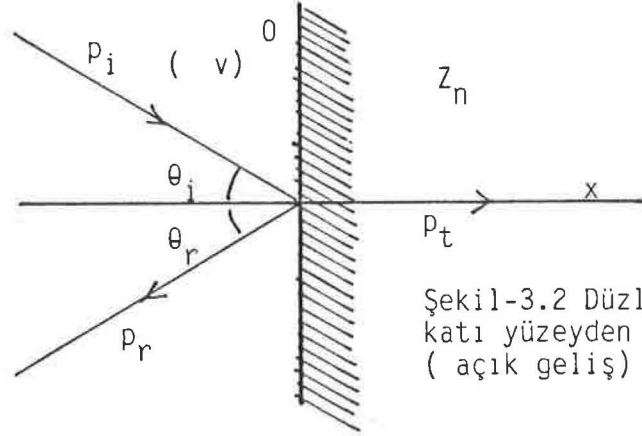
$$u_n = u_{in} + u_{rn},$$

$$= u_i \cos \theta_i + u_r \cos \theta_i \quad \text{ve eş.(2.16a) ve eş.(2.16b)'den ;}$$

$$u_n = \frac{p_i}{\rho v} \cos \theta_i - \frac{p_r}{\rho v} \cos \theta_i \quad (3.9) \quad \text{elde edilir.}$$

Bu durumda, yüzeysel özgül akustik empedansı tanımlamadan önce belirtmek gerekirken; katı cisimlerin gözeneklerinin ve elastik yapılarının değişkenliği nedeni ile, elemana geçen dalganın hareket özellikleri değişmektedir. Bunun sonucu ortaya çıkan farklılıklar başlıca şu üç grupta toplanır:

1-Geçen dalgalar, etkin olarak sadece yüzeye dik yönde yayılacak şekilde kırılırlar.



Şekil-3.2 Düzlemsel dalganın katı yüzeyden yansımaları. (açık geliş)

2-Daha önce, kısım 1.2.2.1 de ele alınan "düzlemsel dalganın bir akışkan ortamdan diğerine geçişinde" belirtildiği üzere kırılarak yüzeyden geçer.

3-Geçen dalgalar yüzeyde ikiye ayrılarak kırılırlar.

Bunların bir grubu boyuna dalgalar olarak bir yönde, diğeri ise daha yavaş dalga hızı ile enine kesme dalgaları olarak diğer yönde yayılırlar.

"Sınırlı etkileyen" olarak tanımlanan yüzeyleri olan birinci grup elemanlar incelendiğinde; geçen dalganın, geliş açısı θ_i 'ye bağlı olmaksızın yaklaşık olarak normale paralel olarak yayılacak şekilde yüzeyde kırıldığı görülür. Katı elemanlarda çoğunlukla karşılaşılan böyle bir yüzeyin özgül akustik empedansı, eş(3.1) 'den şöyle belirlenir:

$$Z_n = \left(\frac{p}{u_n} \right)_{x=0} \quad (3.1)$$

Eş.(3.8), (3.9) dan p ve u_n yerine konduğunda;

$$Z_n = \left[\frac{(p_i + p_r) \rho v}{(p_i - p_r) \cos \theta_i} \right]_{x=0} = \frac{(A_1 + B_1) \rho v}{(A_1 - B_1) \cos \theta_i}, \quad Z_n = \frac{(A_1 + B_1)}{(A_1 - B_1) \cos \theta_i} \quad \text{olur.}$$

Buradan B_1 şu eşitlikle bulunur;

$$B_1 = \frac{Z_n \cos \theta_i - \rho v}{Z_n \cos \theta_i + \rho v} A_1$$

Ancak, daha önce $Z_n = r_n + ix_n$ olarak belirtildiğinden, B_1

şöyle yazılabilir;

$$B_1 = \frac{(r_n \cos \theta_i - \rho v) + iX_n \cos \theta_i}{(r_n \cos \theta_i + \rho v) + iX_n \cos \theta_i} A_1 \quad (3.10)$$

Görüldüğü üzere, eş.(3.10)'nun eş(3.5)'ten farkı sadece θ_i açısı nedeniyle eşitliğe giren trigonometrik ifadedir. $\theta_i=0$ olunca, $\cos \theta_i=1$ olduğundan eş.(3.10)'dan eş(3.5) elde edilir. Bu durumda yansımaya katsayısı şu eşitlikle saptanır;

$$\alpha_r = \frac{I_r}{I_i} = \frac{(r_n \cos \theta_i - \rho v)^2 + X_n^2 \cos^2 \theta_i}{(r_n \cos \theta_i + \rho v)^2 + X_n^2 \cos^2 \theta_i} \quad (3.11)$$

Ses geçiş katsayısı ise ;

$\tau = 1 - \alpha_r$ olduğundan, şöyle yazılabilir;

$$\tau = \frac{4r_n \rho v \cos \theta_i}{(r_n \cos \theta_i + \rho v)^2 + X_n^2 \cos^2 \theta_i} \quad (3.12)$$

Katı elemanlar için genellikle, $r_n \gg \rho v$ olduğundan, geliş açısı θ_i büyürse, $r_n \cos \theta_i = \rho v$ eşitliği gerçekleşir. Bu durumda, yansımaya katsayısı en az değeri verir. Özel durum olarak; $r_n \cos \theta_i = \rho v$ eşitliğinin, empedansın tepkin bileşeni $X = 0$ olduğunda gerçekleşmesi ele alınabilir. Bu durumda eş.(3.11)ve (3.12)'den ,

$$\alpha_r = 0$$

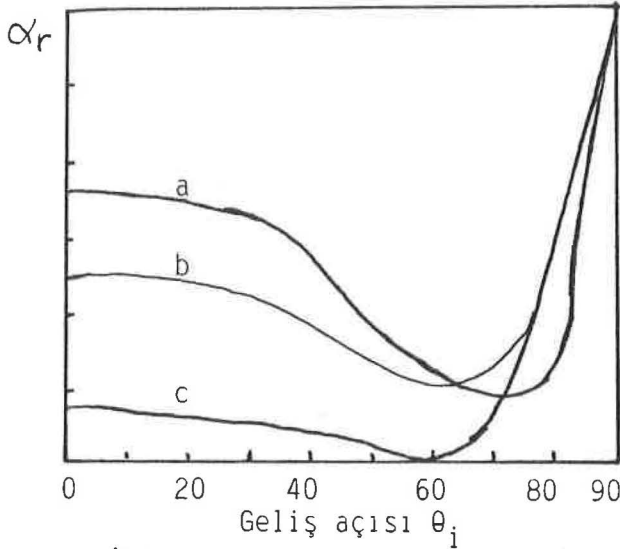
$$\tau = 1 \quad \text{olur.}$$

Geliş açısı θ_i 'nin $\pi/2$ rad.'a ulaşması halinde şu durumla karşılaşılır:

$$(\theta_i \rightarrow \pi/2) \text{ rad. ise ; } \quad \tau \rightarrow 0 \text{ ve } \alpha_r \rightarrow 1$$

ρ , r_n ve X_n 'e bağlı değildir. Bu durumda tüm enerji yüzeyden yansır.

Bu tip sınırlı etkileyen yüzeyler, elastik malzemedan elde edilen plaklarda (ahşap ve çelik gibi) veya yapılarda çınlama alanını düzenlemek amacı ile uygulanan ses yutucu elemanlarda (akustik karolar, delikli plaklar gibi) görülür. Şekil-3.3 'te bu tip yüzeylere ait yansımaya katsayıları, geliş açısı θ_i 'ye bağlı olarak değişik $r_n / \rho v$ ve $X_n / \rho v$ oranlarını vermektedir.



Şekil-3.3 θ_i 'nin α_r 'ye bağımlılığı.

a) $r_n / \rho v = X_n / \rho v = 4$

b) $r_n / \rho v = X_n / \rho v = 2$

c) $r_n / \rho v = 2.$

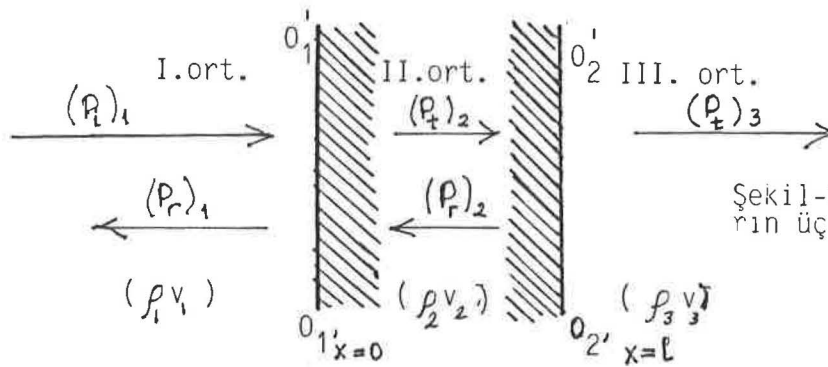
$X_n / \rho v = 0$

İkinci tip kırılmaya neden olan yüzeyler, deniz dalgalarının kumdan yansımada olduğu üzere akıcı özellik gösteren katılarda görülür. Bu tip yüzeylerden yansıma ve kırılma kısım 1.2.2.1 de incelenen iki akışkan ortam arasında akustik dalgaların geçişinde belirtilen yöntemlerle olur.

Üçüncü tip kırılma ise; akışkan ortamda yayılan ses dalgalarının rijit elastik yüzeyleri olan katı elemanlardan yansımada görülür. Ancak, bu tip yüzeylerden ses dalgalarının yansımalarının incelenmesi, detaylı olarak katılarda kesme ve sıkıştırma dalgalarının hareketi'nin ele alınmasını gerektirmektedir. Bu ise, çok ayrı bir konu olup, yapı akustiğinin kapsamı içine girmemektedir.

1.3.2 İlerliyen Düzlemsel Dalgaların Üç Ortam Boyunca Geçışı.

Düzlemsel akustik dalgaların bir ortamdaki ikincisine ve üçüncüsüne geçişi şöyle incelenir.



Şekil-3.4 Düzlemsel dalgaların üç ortam boyunca geçişi.

Ortam sınırları $0_1 0_1'$ ve $0_2 0_2'$ birbirine paralel fakat x eksenine dik olsun. Bu durumda $0_1 0_1'$ ortak sınırında $x=0$ ve $0_2 0_2'$ sınırında $x=l$ olur. Dalga hareketinin x eksenine paralel olduğu ve başlangıç ses dalgasının I no.lu ortamda yayıldığı kabul edilsin. Birinci ortamda

+x yönünde yayılmakta olan $(p_i)_1$ akustik düzlemsel dalga, I ve II no lu ortamları ayıran O_1O_1' sınırına geldiğinde, enerjinin bir kısmı II. ortama geçer, bir kısmı ise geriye yansır. II. ortama geçen enerji, bu ortam ile III. ortamı ayıran O_2O_2' sınırına geldiğinde yine enerjinin bir kısmı yansır ve diğer bir kısmı III. ortama geçerek $(p_t)_3$ dalgasını oluşturur. Yansıyan enerji ise II. ortamda -x yönünde yayılarak O_1O_1' sınırına geri gelir. Bu sınırdaki enerjinin bir kısmı I. ortama geçer ve I. ortamdan II. ortama geçenken yansıyan enerji ile birleşerek $(p_r)_1$ dalgasını, enerjinin diğer bir kısmı ise O_1O_1' sınırından geriye yansıyarak I. ortamdan II. ortama geçen enerji ile birleşir ve $(p_t)_2$ düzlemsel dalgasını oluşturur. Buna göre, her üç ortamda +x ve -x yönlerinde hareket eden akustik dalgalar şöyle sıralanır;

I no lu ortamda,

+x yönünde hareket eden gelen dalga (başlangıç dalgası);

$$(p_i)_1 = A_1 e^{i(\omega t - k_1 x)} \quad (3.13)$$

-x yönünde hareket eden yansıyan dalga ;

$$(p_r)_1 = B_1 e^{i(\omega t + k_1 x)} \quad (3.14)$$

II no.lu ortamda;

$$(p_t)_2 = A_2 e^{i(\omega t - k_2 x)} \quad (3.15)$$

-x yönünde hareket eden dalga;

$$(p_r)_2 = B_2 e^{i(\omega t + k_2 x)} \quad (3.16)$$

III no.lu ortamda;

+ x yönünde yayılan, geçen dalga;

$$(p_t)_3 = A_3 e^{i(\omega t - k_3(x-l))} \quad (3.17)$$

Burada; $k_n \rightarrow$ ortam numarasına bağlı olarak açısal dalga sayısı,

$A_n \rightarrow$ " " " " +x yönünde hareket eden dalgaların genliği,

$B_n \rightarrow$ Ortam numarasına bağlı olarak -x yönünde hareket eden dalgaların genliği,

$l \rightarrow O_2O_2'$ ortak düzlemsel sınırın x eksenindeki koordinatıdır.

Kısım 1.2.2'de belirtilen ortak sınırdaki basıncın devamlılığı koşulu, I ve II no lu ortamları ayıran $0_1 0_1'$ sınırında uygulandığında;

$$(p_i)_1 + (p_r)_1 = (p_t)_2 + (p_r)_2 \text{ olur.}$$

$0_1 0_1'$ ortak sınırında $x=0$ olduğundan ve eş.(3.13),(3.14),(3.15) ve (3.16) dan basıncın devamlılığı eşitliği şöyle yazılabilir;

$$A_1 e^{iwt} + B_1 e^{iwt} = A_2 e^{iwt} + B_2 e^{iwt}$$

Eşitlik, her iki tarafı e^{iwt} ye bölünerek ise;

$$A_1 + B_1 = A_2 + B_2 \quad (3.18)$$

şeklinde yazılabilir. Yine 1.2.2 'de belirtilen ikinci koşul gereği , ortak düzlemsel sınırda partikül hızların sınır düzlemine dik bileşenleri eşit olduğundan (partikül hızın devamlılığı koşulu),

$$(u_i)_1 + (u_r)_1 = (u_t)_2 + (u_r)_2 \text{ olur. Eş.(2.16a)ve(2.16b)}$$

den ,

$$(u_i)_1 = \frac{(p_i)_1}{\rho_1 v_1}, (u_r)_1 = -\frac{(p_r)_1}{\rho_1 v_1}, (u_t)_2 = \frac{(p_t)_2}{\rho_2 v_2}, (u_r)_2 = -\frac{(p_r)_2}{\rho_2 v_2} \text{ ve}$$

$0_1 0_1'$ sınırında $x=0$ olduğundan, partikül hızın devamlılığı koşulu belirtilen eşitlik şu hali alır;

$$\frac{A_1 e^{iwt}}{\rho_1 v_1} - \frac{B_1 e^{iwt}}{\rho_1 v_1} = \frac{A_2 e^{iwt}}{\rho_2 v_2} - \frac{B_2 e^{iwt}}{\rho_2 v_2}$$

Burada, $\rho_1 v_1$, $\rho_2 v_2$: sırası ile I ve II. ortamların karakteristik empedansını gösteriyor.

Eşitliğin her iki tarafı e^{iwt} ile bölünerek şu sonuç elde edilir:

$$\rho_2 v_2 (A_1 - B_1) = \rho_1 v_1 (A_2 - B_2) \quad (3.19)$$

Yukarıda uygulanan iki sınır koşulu II.ve III. ortamları ayıran $0_2 0_2'$ düzlemsel sınırına uygulandığında, basıncın devamlılığı koşullandır;

$$(p_t)_2 + (p_r)_2 = (p_t)_3 \text{ olur.}$$

$0_2 0_2'$ sınırında $x=l$ olduğundan ve eşitlik (3.15),(3.16) ve (3.17) den ,

$$A_2 e^{i(wt - k_2 l)} + B_2 e^{i(wt + k_2 l)} = A_3 e^{iwt}$$

eşitliği elde edilir. Eşitliğin her iki tarafı (e^{iwt}) ye bölünerek, sonuç şu şekilde yazılabilir.

$$A_2 e^{-ik_2 l} + B_2 e^{ik_2 l} = A_3 \quad (3.20).$$

Partikül hızın devamlılığı koşulu ise şu eşitliği verir:

$$(u_t)_2 + (u_r)_2 = (u_t)_3 \text{ eş. (2.16a) ve (2.16b) den,}$$

$$(u_t)_2 = \frac{(p_t)_2}{\rho_2 v_2}, \quad (u_r)_2 = -\frac{(p_r)_2}{\rho_2 v_2}, \quad (u_t)_3 = \frac{(p_t)_3}{\rho_3 v_3}$$

$0_2 0_2$, ortak sınırında $x=l$ olduğundan,

$$\frac{A_2 e^{-ik_2 l}}{\rho_2 v_2} - \frac{B_2 e^{ik_2 l}}{\rho_2 v_2} = \frac{A_3}{\rho_3 v_3} \quad \text{olur, buradanda;}$$

$$\rho_3 v_3 (A_2 e^{-ik_2 l} - B_2 e^{ik_2 l}) = \rho_2 v_2 A_3 \quad \text{elde edilir. (3.21)}$$

Burada $\rho_3 v_3$ III. ortamın karakteristik empedansıdır.

Eş. (3.18) den B_1 bulunup, eş. (3.19) da yerine konarak, A_1 şu eşitlikle bulunur.

$$A_1 = \frac{(\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1) A_2 + (\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1) B_2}{2 \rho_2 v_2} \quad (3.22)$$

Burada, A_3 kompleks genliğini bulmak yerine, A_2 ve B_2 genlikleri A_3 'e bağlı olarak belirlenip eş. (3.22) de yerine konursa, A_1/A_3 genlikler oranı elde edilebilir. Eş. (3.20) ve eş. (3.21) den A_2 ve B_2 şöyle yazılabilir;

$$A_2 = \frac{(\rho_3 v_3 + \rho_2 v_2)}{2 \rho_3 v_3} A_3 e^{ik_2 l}, \quad B_2 = \frac{(\rho_3 v_3 - \rho_2 v_2)}{2 \rho_3 v_3} A_3 e^{-ik_2 l},$$

bu iki eşitlik, eş. (3.22) de yerine yazılarak,

$$A_1 = \frac{(\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1)(\rho_3 v_3 + \rho_2 v_2) e^{ik_2 l} + (\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1)(\rho_3 v_3 - \rho_2 v_2) e^{-ik_2 l}}{4 \rho_3 v_3 \rho_2 v_2} A_3$$

elde edilir. Eşitlikteki kompleks terimler;

$$e^{ik_2 l} = \cos k_2 l + i \sin k_2 l \text{ ve,}$$

$$e^{-ik_2 l} = \cos k_2 l - i \sin k_2 l \text{ olduğundan, } A_1/A_3 \text{ genlikler k}$$

kompleks oranı şöyle elde edilir:

$$\frac{A_1}{A_3} = \frac{(\rho_3 v_3 + \rho_1 v_1) \cos k_2 l}{2 \rho_3 v_3} + \frac{i(\rho_2^2 v_2^2 + \rho_3 v_3 \rho_1 v_1) \sin k_2 l}{2 \rho_3 v_3 \rho_2 v_2} \quad (3.23)$$

Geçiş katsayısı ise şöyle tanımlanır.

$$\tau = \frac{(i_t)_3}{(i_i)_1} = \frac{|(p_t)_3|^2 / 2 \rho_3 v_3}{|(p_i)_1|^2 / 2 \rho_3 v_3}$$

$$\tau = \left| \frac{A_3}{A_1} \right|^2 \frac{\rho_1 v_1}{\rho_3 v_3}$$

Eş.(3.23) te $[A_3/A_1]^2$ yerine konduğunda şu sonuç elde edilir.

$$\tau = \frac{4 \rho_3 v_3 \rho_1 v_1}{(\rho_3 v_3 + \rho_1 v_1)^2 \cos^2 k_2 l + (\rho_2 v_2 + \rho_3 v_3 \rho_1 v_1 / \rho_2 v_2)^2 \sin^2 k_2 l} \quad (3.24)$$

Eş.(3.24) incelendiğinde şu özel durumlarla karşılaşılır:

a) Yapılarda, havadaki sesin bölme elemanlarından geçişinde olduğu üzere, birinci ve üçüncü ortamların karakteristik empedansları eşit ise;

$\rho_1 v_1 = \rho_3 v_3$ olduğundan, eş.(3.24) şöyle yazılır;

$$\tau = \frac{4}{4 \cos^2 k_2 l + \left(\frac{\rho_2 v_2}{\rho_1 v_1} + \frac{\rho_1 v_1}{\rho_2 v_2} \right)^2 \sin^2 k_2 l} \quad (3.25)$$

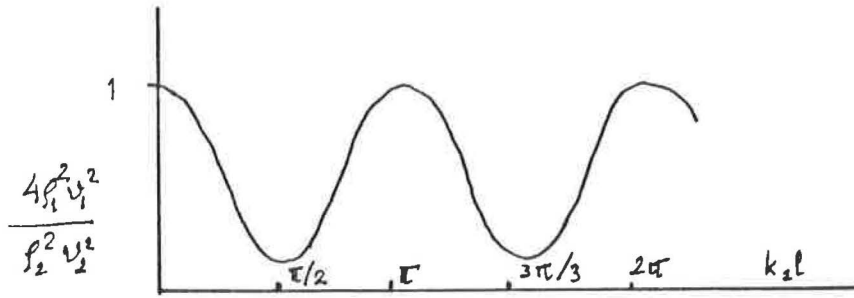
b) (a) şıkkının gerçekleşmesinin yanısıra, klasik yapı elemanlarında olduğu üzere (örneğin tuğla duvar), $\rho_2 v_2 \gg \rho_1 v_1$ ise; eş.(3.25) te $\rho_1 v_1 / \rho_2 v_2$ terimi çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. Bu durumda eş.(3.25)'i yeniden yazalım,

$$\tau \approx \frac{4}{4 \cos^2 k_2 l + \left(\frac{\rho_2 v_2}{\rho_1 v_1} \right)^2 \sin^2 k_2 l} \quad (3.26) \text{ buluruz.}$$

Eş.(3.26) şu sonucu verir;

$$k_2 l \rightarrow \frac{(2n-1)\pi}{2} \text{ ise } \tau \rightarrow \left(\frac{\rho_1 v_1}{\rho_2 v_2} \right)^2,$$

$k_2 l \rightarrow 0$ veya $n\pi$ ise, $\tau \rightarrow 1$ olur. Burada; $n \rightarrow$ tam sayı değişkendir.



Şekil-3.5 En fazla ses geçişi için $k_2 l$ değeri

Yukarıda şekil-3.5 te görüldüğü üzere en fazla ses geçişi için $k_2 l \rightarrow n\pi$ olmalıdır. Burada $k = 2\pi/\lambda$ olduğundan,

$$\frac{\lambda_2}{2} = \frac{l}{n} \text{ olur. } \lambda \rightarrow \frac{2\pi}{k} \text{ idi, } \frac{\lambda_2}{2} = \frac{\pi}{k_2}, k_2 l = n\pi, \text{ nedeniyle}$$

$\frac{l}{n} = \frac{\pi}{k_2}$ bulunur. Çerçeve içindeki terimlerin sağ yanları eşit olduğundan sol yanları da eşit olacağından,

$$\frac{\lambda_2}{2} = \frac{l}{n} \text{ olur. } \lambda_2, \text{ ikinci ortamda dalga boyudur.}$$

En az ses geçişi ise ;

$$k_2 l \rightarrow \frac{(2n-1)\pi}{2} \text{ olduğunda görülür ve } T \rightarrow \left(\frac{2\rho_1 v_1}{\rho_2 v_2} \right)^2 \text{ olur.}$$

Bu durum,

$$\frac{\lambda_2}{2} = \frac{2l}{2n-1} \text{ eşitliği gerçekleştiğinde ortaya çıkar.}$$

c) Klasik yapı elemanlarında $\rho_2 v_2 \gg \rho_1 v_1$ olduğundan;

$\frac{\rho_2 v_2}{\rho_1 v_1} \sin k_2 l \gg 2 \cos k_2 l$ olur. Bu nedenle, $4 \cos^2 k_2 l$ terimi ihmal edilerek, eş.(3.26) şöyle kısaltılabilir;

$$T \approx \frac{4 \rho_1^2 v_1^2}{\rho_2^2 v_2^2 \sin^2 k_2 l} \quad (3.26a)$$

Bunun yanısıra, yüksek frekans bölgesi ve çok kalın yapı elemanları dışında genellikle $\lambda \ll l$ olduğundan $k_2 l \ll 1$ olur. Bu durumda $k_2 l$ çok küçük bir değer verdiğinden, $\sin k_2 l$ yerine sadece $k_2 l$ alınabilir. Çünkü küçük açılarının (5° den küçük açılarının sin ve tg. ları yerine açılardan kendileri alınabilir) sin leri yerine kendileri alınabileceğinden

$k_2 \ell$ yazılabilir. Bu takdirde eş.(3.26)

$$\tau = \frac{1}{1 + \left(\frac{\rho_2 v_2}{2 \rho_1 v_1} k_2 \ell \right)^2} \quad (3.27) \text{ olur.}$$

ℓ , bölme elemanın kalınlığı olduğundan (şekil-3.4 'de ikinci ortamın uzunluğu), $\rho_2 \ell$ birim alanın yüzeysel kütlesi, m 'i verir. $k_2 v_2$ ise açılal frekans w ' ya eşit olduğundan, eş.(3.27) şu hali alır;

$$\tau = \frac{1}{1 + \left(\frac{wm}{2 \rho_1 v_1} \right)^2} \quad (3.28).$$

Burada; $m = \rho_2 \ell$, birim yüzey alanın kütlesidir.

Böyle bir elemanın ses yalıtımını veren "ses iletim kaybı TL" şu eşitlikle saptanır;

$$TL = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

$$TL = 10 \log \left[1 + \left(\frac{wm}{2 \rho_1 v_1} \right)^2 \right] \quad (3.29).$$

Önceki kısımlarda ses geçiş katsayısı τ şöyle tanımlanmıştır;

$$\tau = \frac{i_t}{i_i},$$

burada; $i_t \rightarrow$ bölme elemanından geçen ses dalgalarının akustik şiddeti (Watt/m^2),

$i_i \rightarrow$ bölme elemanına yada duvara gelen ses dalgasının akustik şiddeti (Watt/m^2).

$1/\tau$ ise "Ses Yalıtım Katsayısı" olarak tanımlanmaktadır. Elemanın ses yalıtım değerini veren "Ses iletim Kaybı" TL ise şu eşitlik ile belirlenir.

$$TL = 10 \log \frac{1}{\tau} \quad \text{olduğunu biliyoruz,}$$

$$i_t = |p_t|^2 / 2 \rho v \quad \text{ve} \quad i_i = |p_i|^2 / 2 \rho v \quad \text{olduğundan,}$$

$$TL = 10 \log \frac{|p_t|^2}{|p_i|^2} \quad (3.30)$$

veya

$$TL = 20 \log \frac{[p_t]}{[p_i]} \quad (3.31).$$

Bölme elemanlarının ses iletimi üzerine yapılan çalışmalar oldukça eskiye dayanmaktadır. Ses yalıtımında elemanın kütlesinin etkisi, ilk

olarak 1911 yılında Berger tarafından belirlenmiş ve 1931 yılında MEYER tarafından tekrar edilmiştir(12). Bölme elemanlarının ses yalıtım değerlerinin detaylı olarak incelenip, elemanın sesi iletmesinin fiziksel kuram olarak eşitliklerle belirlenmesi ancak 1942 yılında Cremer(13) tarafından yapılmış ve konu London(14) tarafından geliştirilmiştir.

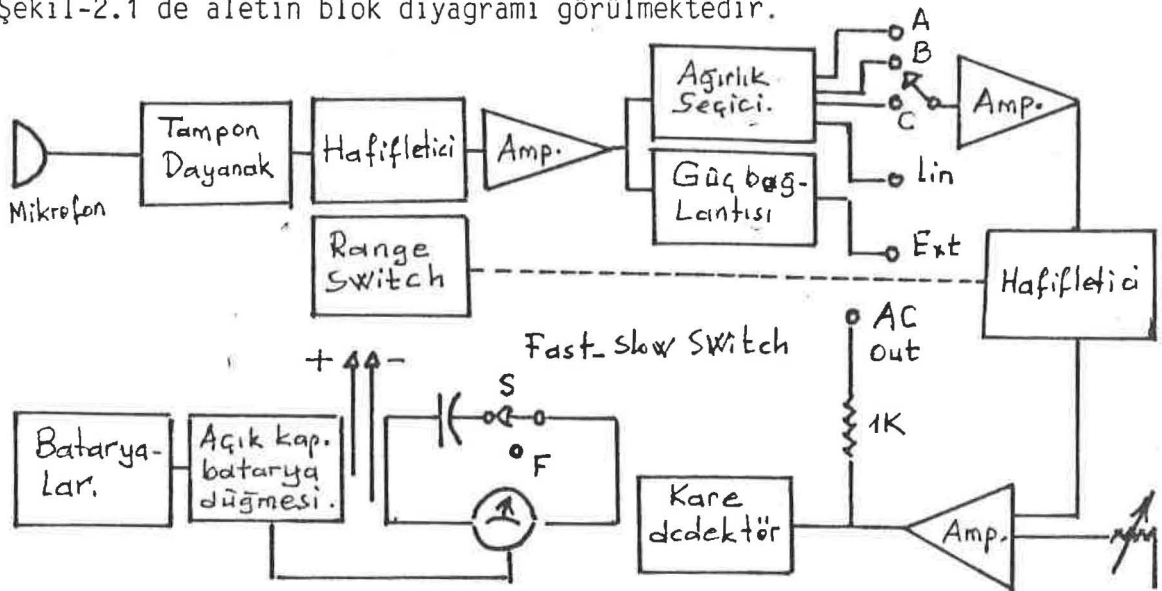
Yukarıda vermiş olduğumuz eş.(3.28), eş(3.29), eş.(3.30) ve eş.(3.31) duvar ve bölme elemanlarının ses yalıtımlarını ifadede kullanılan temel bağıntılardır. Bu eşitlikler, duvar ve bölme elemanlarının ses yalıtımlarını kütle yasasından yola çıkarak yapılan inceleme sonunda bulunan "ses geçiş katsayısı" ve "ses iletim kaybı" eşitliklerinin aynıdır(15).

II-MATERYAL VE METOD

Diyarbakır'da gürültü kirliliğinin insan üzerindeki etkilerini farklı ortamlarda tesbit etmek suretiyle belirlemeye çalıştık. Bu amaçla araştırmamızda, gerekli aşağıdaki materyali kullandık.

- 1- Model 215, Sound Level Meter.
- 2- Model 148A 20MHz AM/FM/PM Generator.
- 3- Rojidar 16 Ω ve 150 Watt hoperlör.
- 4- Eğitim Fakültesi Bina yapısı.
- 5- Ziya Gökalp İlkokulu bina yapısı.
- 6- Sümer Halı Fabrikası. (Makina, tezgah ve diğer teçhizatı ile atelyeleri?)
- 7- Muhtelif duvar yapılar.
- 8- Açık alan ortamlar. (Ofis, Dağ-Kapı, Melik Ahmet Cad.,vs.)
- 9- 1000 Hz. frekanslı, saf ton (beyaz gürültü) ses veren araç kornası.
- 10- Meteorolojik şartların belirlenmesinde kullanılan, sıcaklık, nem, rüzgar ve yağmur ölçer aygıtlar.
- 11- 20MHz iki kanallı ossiloskop.

Ses seviye ölçme aleti, 30 dB(A)'dan 140 dB(A)'ya (20 N/m^2)' varan dinamik bir menzil içinde ses seviye ölçümü yapabilmekte, A, B ve C ağırlık bölmeleriyle çok iyi ayrılmış doğrusal cevap almayı mümkün kılmaktadır. Alet yavaş ve çabuk ölçme kumandasına sahip olup, 20Hz den 10 000 Hz'e kadar bir frekans aralığında frekans menziline sahiptir. 40 dB altındaki şiddetler C skalasında (ağırlığında) ölçülmektedir. Şekil-2.1 de aletin blok diyagramı görülmektedir.



Şekil-2.1 Model-215 Sound Level Meter Cihazının Blok Diyagramı

Wavetek "Model 148A, 20MHz, AM/FM/PM Generator" 0,0002 Hz ile 20 MHz aralığında frekansa sahip dalga ve ses üretebilmektedir. Araç sinüs, kare ve üçgen dalga üretici olarak kullanılabilirdiği gibi ses alanı oluşturmada ses kaynağı olarak kullanılabilir. Üretilen dalga yada seslerin frekans ve genlik kontrolü araç üzerindeki özel kontrol düğmeleri ile yapılabilir. Bu kontrol osiloskop kullanmak suretiyle de yapılabilir. Araştırmamızda araç üzerindeki kontrol düğmeleri ile çalışırken titreşimle ilgili değerlerden (genlik ve frekans gibi) emin olmak için test aracı olarak 20 MHz. iki kanallı osiloskop kullandık. Jeneratörün frekans kontrolü KHz, onda ve yüzde basamaklarında kademelere sahiptir. Şekil-2.2 de aracın fotoğrafı görülmektedir.

16Ω, 150 Watt hoparlör, jeneratöre bağlandıktan sonra, jeneratör kumanda ayarıyla acı sınırı üzerine çıkacak mertebede şiddet seviyesine sahip ses elde etmeye yaramaktadır.

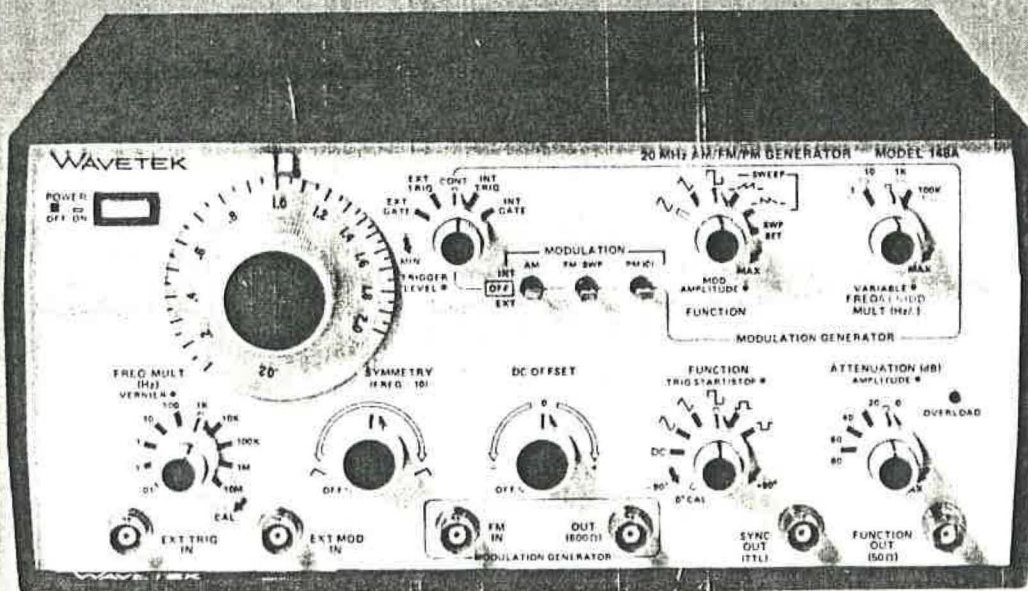
Eğitim Fakültesi ve Ziya Gökalp İlkokulu'nun bir kısım duvarları ile bölme elemanları, Diyarbakır'da yapılmış ve yapılmakta olan inşaatların içerdiği duvar ve bölme elemanları için iyi bir model oluşturmaktadırlar.

Sümer Halı Fabrikası atölyelerindeki makina ve tezgâhlar tam randımanlı çalışmaya başladığı zaman, atölyeler çok gürültülü ortamlara örnek hale geliyor.

Hava sıcaklığı, nem, rüzgâr ve yağmur gibi meteorolojik faktörlerin ses ve dolayısıyla gürültünün yayılmasında, hızında ve genlik değişimlerinde, ses basınç seviyelerinin oluşmasında etkileri kuşkusuz olduğundan, meteoroloji bölge müdürlüğü ile işbirliği yapılarak, çalışma günleri, meteorolojik şartları belirlemede gerekli araç ve donanımdan materyal olarak yararlanıldı.

Duvarların ses yalıtımlarını incelerken, ses alanı oluşturmada bazı mekânların özelliği yüzünden (elektrik tesisatının bulunmaması gibi) ses kaynağı olarak araç kornası (tekli korna) kullandık. 1000 Hz frekanslı saf ton (beyaz gürültü) ses veren kornamız, özel adaptörü sayesinde alternatif akımla şarjlanabilen bataryaya sahiptir.

Araştırmamızı iki aşamalı olarak sürdürdük. Birinci aşamada Diyarbakır'da gürültülü olarak bilinen ve yukarıda bazılarına değinilen yerlerde ölçmeler yaptık. Şehrin gürültü kirliliğinin olabileceğini tahmin ettiğimiz bu yerlerdeki gürültü şiddetlerini tesbit ettik.



Şekil-2.2

Model 148A 20MHz AM/FM/PM Generator

Çevredeki gürültüden konut ve iş yerlerinin, tersine olarak da konut ve iş yerlerindeki gürültüden çevrenin ne denli etkilendiğini global olarak tesbit etmek, incelemeye konu edilen yerin gürültü kirliliğinin ifadesinde ve yorumunda özel önem taşımaktadır. Bu nedenle çalışma alanımız olan Diyarbakır'da bu olguyu incelemek amacıyla, çevredeki yapılara örnek olarak bazı binaları tesbit edip, üzerlerinde deneysel bir seri araştırma yaptık. Böylece genel çizgileriyle, Diyarbakır yapılarının duvar ve bölme elemanlarının ses yalıtımlarını yada diğer bir deyişle ses geçirgenliklerini ortaya çıkardık. İkinci aşamada, elde ettiğimiz sonuçları ISO ve TSE tarafından verilen temel kriterlerle karşılaştırarak, Diyarbakır'da gürültü kirliliğinin boyutlarını tesbit edip, bu kirliliğin toplum yaşamına etkileri bakımından bir değerlendirmesini yaptık.

2.1 Ölçme Koşulları.

Dışarıda yapılan ölçmeler yerden 1,2 m.-1,5 m. yüksekte ve duvarlardan veya ses yansıtıcı engellerden 3,5m. uzakta yapıldı. Dağ-Kapı kavşağında engelden 3,5 m. uzaklık, polis noktası çevresinde yola geldiğinden, trestuvar duvarının 1,5m. önünde ölçme alındı. Diğer mekânlarda, içerde yapılan ölçmeleri duvarlardan 1m., kapı ve pencerelerden 1,5m uzakta, döşemelerden de 1,2m ile 1,5 m. yüksekte yaptık(16).

Duran dalgaların bozucu etkilerini azaltmak amacıyla, ses basınç seviyelerinin ölçümüne özel özen gösterdik. Örneğin, her ses alanındaki ses basınç seviyesi olarak, o alanda en az 0,5m. aralıklı üç ayrı noktada ölçülen ses basınç seviyelerinin ortalaması kabul edildi. Laboratuvar ses alanında yapılan ölçmeler camlar kapalı durumda yapılmakla birlikte, öğrenci kantini gibi kapalı mekânlarda yapılan ölçmelerde, kapı ve camların durumu ayrıca belirtildi. Gürültü kararlı olmadığından, belli zamanlardaki yada belli zaman aralıklarındaki gürültülerin ifadesinde ortalama değerleri kullandık. Çünkü ses seviye ölçme aletimiz hafızalı olmadığından, belli şiddetteki seslerin devam sürelerini tesbit ederek bu zamanları yığma kabiliyeti yoktur. Bu sebeple belli bir zaman aralığı ile bu aralığa karşı gelen ses şiddetlerini kesintisiz yığarak, zaman birimi başına düşen ses şiddetini, yani tam ortalama şiddeti ifade etmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle gerçek ortalamaya yaklaşmak maksadıyla, belli zaman süreleri içinde en az on defa ölçme yaparak, ölçmelerin ortalamasını aldık. Ayrıca ölçmeler sırasında rastgele gösterge değerlerini de, de

model-215 ses seviye ölçme aletinin yavaş seçiminde dB(A) olarak okunan maksimum gösterge değerlerini, ortalamaların bulunmasında kullandık.

Deneyisel çalışmalarımızda, ses alanında üretilen titreşimler bazan 100 ve bazanda 200 Hz den başlayarak 300 Hz,400 Hz,500 Hz, 600 Hz, 700 Hz,800 Hz,900 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz frekansta bir dizge oluşturmaktadır.Bu ölçmeler konutların ve iş yeri gibi başka amaçlarla kullanılan yapıların duvar ve bölme elemanlarının sese karşı yalıtım niteliklerinin belirlenmesinde ve bununla ilişkili olarak yalıtım indislerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.(duvar ve bölme elemanlarının yalıtım indislerinin bilinmesi ses ve inşaat mühendisliğinde önem taşımaktadır) (17).

Binalarda duvarların havada oluşan sesi yalıtım durumlarının bilinmesi gürültü kirliliğinin tayini bakımından ayrı bir önem taşıyor.. Ses alanlarının oluşturulması, ölçmelerin yapılacağı frekans bölgelerinin tayini, sonuçların değerlendirilmesine ayrı bir nitelik kazandırmaktadır.Duvar ve bölme elemanlarının ses yalıtımlarının bulunması ve ses geçiş kayıplarının değerlendirilmesi araştırmanın en önemli hedeflerinden birini teşkil etti.

Gerek fizik laboratuvarlarında , gerekse binalarda yapılan deneylerde ses alanı oluşturmak amacıyla, olabildiği kadar her yönde dağılan ve yaygın ses alanı oluşturabilecek kaynak kullanıldı.Bazı yapılarda yapılan değişik ölçümlerde(Güçlü Pasajı'ndaki çalışmalarda olduğu gibi)ses alanı oluşturmaya müsait mekânlarda, deney düzeneğini olduğu gibi taşımak mümkün olmadığından 1000 Hz frekansla beyaz gürültü veren korna,ses kaynağı olarak kullanıldı.

2.2 Laboratuvar Çalışmaları ve Diğer Araştırmalar.

Konut,kurum ve iş yerlerinin çevre gürültüsünden etkilendikleri gibi, kendilerinde oluşan gürültüyle de çevre gürültüsüne katkıda buldukları bir gerçektir.Ancak bu etkileşimin duvar ve bölme elemanlarının niteliklerine, kapı ve pencerelerin açık ve kapalı oluşlarına bağlı oluşu da bilinmektedir.

Bir taraftan yoğun tarama çalışmalarıyla şehrin gürültülü olarak bilinen cadde ve alanlarında gürültü kirliliği seviyesini ölçerken,bir taraftan da yapıların duvar ve bölme elemanlarının ses yalıtımlarını inceledik.

Diyarbakır yapılarında yaygın olarak delikli ve deliksiz tuğladan, beton biriketten ve bazalt taştan imal duvar ve bölme elemanları bulunmaktadır.

D.Ü.Eğitim Fakültesi tesislerinde değişik ebatta, deliksiz büyük boy tuğladan mamül duvar ve bölme elemanları ile delikli tuğla ve beton biriketten mamül duvar ve bölme elemanları tesbit ettik.Güçlü Pasajı ile D.Ü. kampüsünde delikli tuğla ve beton biriketten mamül duvar ve bölme elemanlı konut ve iş yeri tesbit ederken, bazalt taştan örülmüş duvar ve bölme elemanlarına sahip yapı olarak Ziya Gökalp ilkokulu'nu seçtik.Bina duvar ve bölme elemanlarının ses yalıtımlarını ölçmeye yönelik araştırmalarımızı,D.Ü.Eğitim Fakültesi Fizik Laboratuvarları ile bu yapılar üzerinde yürüttük.

D.Ü.Eğitim Fakültesi dalgalar laboratuvarının duvarları ve bölme elemanları büyük boy deliksiz tuğladan imâl edilmiştir.Ses alanı olarak $51,04 \text{ m}^3$ hacmında öğretmen odasını ve $222,72 \text{ m}^3$ hacmindaki deney odasını kullandık.Ses geçişini incelediğimiz ortak duvarın(bölme elemanı) alanı, $18,56 \text{ m}^2$ ve kalınlığı da 26 cm. dir.Ses alanı oluşturmak amacıyla Wavetek fonksiyon jeneratörü ile 16Ω ,150 Watt hoperlörden ibaret seti kullanırken ses basınç seviyelerini model-215 ses seviye ölçme aleti ile ölçtük.

D.Ü.Eğitim fakültesi, A-blokta, idari bürolar üzerindeki Fizik laboratuvarı ile iki matematik birimi dersanesinin bozulması sonucu oluşturulan odalar arasına çekilen duvarlar, tek sıra delikli tuğla veya tek sıra beton biriket kullanılarak imal edilmişlerdir.Elde edilen odalar bölüm başkanlığı ofisi hariç tamamen özdeştir.Bu gün bu odalar öğretim elemanlarının büro ihtiyaçları için tahsis edilmiştir.Odalar en=2,70 m.,boy= 5,8 m. ve yükseklik= 3,2 m.şeklinde boyutlara sahiptir.Bu boyutlardan görüleceği üzere hacim $V=50,112 \text{ m}^3$ olup,ses alanı oluşturmak için gerekli asgari hacim şartını taşımaktadır.Zira ses alanı olarak araştırmada kullanılacak odaların asgari 50 m^3 hacmında olmaları bir standart olarak kabul edilmektedir.

D.Ü.Eğitim Fakültesi Fizik laboratuvarlarıyla, öğretim elemanlarının bürolarında yapılan deneyler, mesai bitiminden sonra ve hafta tatili günlerinde yapıldı.Fizik laboratuvarında yapılan deneylerde öğretmen odası ses alanı, öğrenci deney odası da sesin geçiş yaptığı oda olarak kullanılıp,tüm cam ve kapılar kapalı vaziyette tutularak büyük boy deliksiz tuğlanın duvar yüzeyine dik durumda kullanılması suretiyle oluşturulan 26 cm. kalınlıklı duvar ve bölme elemanından

ses geçişi incelendi.Sonuçların güvenilirliğini arttırmak için bulgular kısmında görüleceği üzere çok sayıda ölçüm yapılarak bunların ortalaması alındı.

Yine hafta tatili günlerinde delikli tuğladan ve beton biriketten imal edilmiş,duvardan ses geçişini incelemek amacıyla D.Ü.Eğitim Fakültesi Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü öğretim elemanlarının ofislerinde seri deneyler yaptık.Bu ofisler gerek hacim,gerekse şekil olarak özdeş durumdadırlar.Ayrıca bazı odaların aralarındaki bölme elemanı duvar, beton biriketten,bilhassa okul bahçesine bakan fizik öğretim elemanlarının bürolarını birbirinden ayıran bölme elemanlarının bazıları delikli tuğla bazıları da beton biriketten imal duvarlardan müteşekkildir.

Deneysel çalışmalarımızda bürolardan birinde deney cihazlarımızla ses alanı oluştururken, bitişik büroda da geçen ses ölçümlerini aldık.Gerek aralarındaki bölme elemanı beton biriket duvar,gerekse delikli tuğla olan bu odalarda yapılan deneyleri çok defa tekrarlıyarak sonuçların güvenilirliğini artırdık.Sonuçlar tablo-VIII,XII-XIII XIV ve XV te verilmiştir.

Bu deneylerle,büyük boy deliksiz tuğladan, beton biriketten ve delikli tuğladan imal edilen duvar ve bölme elemanlarından ses geçişini ve bilhassa muhtelif frekans ve basınç seviyesine sahip seslerin geçişlerini inceledik.Bulduğumuz sonuçları Diyarbakır'da yeni yapıların ve konutların duvarlarının ve bölme elemanlarının inşasında yaygın bir şekilde delikli tuğla veya beton biriketin kullanılması nedeniyle, yaptığımız diğer araştırmalarla birlikte Diyarbakır yapı ve konutlarının ses yalıtımlarının belirlenmesinde kullandık.Yapıların ses yalıtımları şehrin gürültü kirliliğinin global olarak hesaplanmasında vazgeçilmez bir unsurdur.Bu itibarla araştırmamızda yapıların ses yalıtımları ile ilgili bulduğumuz sonuçları şehrimizin gürültü kirliliğini tesbitte kullanmış bulunuyoruz.

Diyarbakır'da gürültü kirliliğinin seviyesini,bir taraftan şehrin gürültülü olarak bilinen cadde, sokak ve iş yerlerinde,gürültü taraması ölçümleri yaparak,bir taraftan da yapıların ses yalıtımlarını tayin ederek tesbit ettik.Bundan sonra tesbit ettiğimiz kirliliği TSE tarafından benimsenen kriterlerle karşılaştırarak,bu kirliliğin insan yaşamına etkileri bakımından bir değerlendirmesini yaptık(18).

III-BULGULAR

Şehrin gürültü kirliliğinin tesbitinde, gürültülü olarak bilinen cadde, sokak, alan, kurum ve kuruluşlarından yirmi kadarında gürültü taraması yaptık. Çalışma sonuçları ek-1 , tablo-III.1 de görülmektedir. Tarama sonuçlarına göre Diyarbakır'ın muhtelif yerlerindeki ses basınç seviyeleri tablo-III.1'deki gibidir.

Tablo-III.1 Diyarbakır'ın muhtelif yerlerinde ölçülen ses basınç seviyeleri

Semt (gürültü çevresi)	ses ba.	Gürültü çev.	Ses basınç se.
Dağ-Kapı	77 dB(A),	lise cad.sok.	65 dB(A)
D.Ü.Eğitim Fakültesi öğrenci kantini	80 "	11.Ofis Cad.	60 "
Ofis(As.şub.yanı kav.)	79 "	Ziya Gökalp İlk-	
Melik Ahmet Cad.	75 "	okulu Cad.	62 "
Ulu Cami Önü(Meydan)	79 "		
Sümer Halı Fab.İplik Dokuma atölyesi	91 "		
(Ölçmeler 1 makina çalışırken yapılmış, 4 makina çalışırken gürültünün 115 dB(A) üzerinde olduğu bildirilmiştir).			
Kazancılar çarşısı	80 dB(A)		
Kaportacı(sanayi çarşısı)	100 "	(Darbe sesli gürültü)	
İç Ofis(gece 20.00-24.00 arası)	65 "		

Tüm ölçmeler Model-215 ses seviye ölçme aletinin yavaş seçiminde ve dB(A) yani (A) ağırlıklı olarak yapıldı. Ölçmelerde, seçilen zaman dilimi içinde, aletin gösterdiği maksimum gösterge değerlerinin ortalaması alındı. Her mekân için yapılan ölçmeler ayrı bir zaman aralığını kapsamaktadır.

D.Ü.Eğitim Fakültesi tesislerinde yapılan çalışmaları iki kısımda incelemek mümkündür. Bunlardan 1.si Fizik Laboratuvarlarında, tek tuğla (büyük boy, deliksiz) 26cm. kalınlıklı duvar üzerindeki çalışmalar , 2.si de delikli tuğla ve beton biriketten mamül duvarlar üzerindeki çalışmalar. Bu çalışmalardaki bulgular, hem ses alanında yapılan ve hem de sesin geçiş yaptığı odada yapılan ölçümlerden oluşmaktadır.

3.1 Laboratuvar Çalışmaları.

Muhtelif frekans ve şiddette seslerin büyük boy deliksiz tuğladan imal 26 cm.kalınlıklı duvardan geçişini incelemek amacıyla yapılan deneylerde,Eğitim Fakültesi Fizik Laboratuvarı öğretmen odasını ses alanı olarak,aynı laboratuvarın deney salonunu da sesin geçiş yaptığı oda olarak kullandık.Koridordan alınan ölçümlerle salonda yapılanları karşılaştırdık.Her iki mekân da ses alanından aynı tip duvarla ayrılmıştır.Ölçme değerlerinde kayda değer ayrıcalık bulunmadığından koridor ve deney salonunda yapılan ölçme sonuçlarının ayrı ayrı sunulmasına gerek kalmamıştır.

Her deneyde, ses alanında üretilen her frekans ses için, birbirlerine uzaklıkları 1m.den fazla üç ayrı noktada ses basınç seviye ölçmeleri yaptık.Her noktada defalarca tekrarlanan ölçmelerin ortalamasını alarak bulduğumuz değeri, belli frekansta ürettiğimiz ses için ölçülen ses basınç seviyesi olarak ilgili cetvelimize kaydettik.Cetvelde,her frekans ses için,üç ayrı noktada benzer ölçme çalışması yaptığımızdan,belli frekans değeri karşısında üç ses basınç seviyesi değeri yer aldı.Ses alanında belli frekansta üretilen sesler için, ses basınç seviyesi ölçümleri yaptığımız yöntemle,sesin geçiş yaptığı salonda da ses basınç seviyesi ölçümleri yaptık.Gerek ses alanında,gerekse sesin geçiş yaptığı odada yaptığımız ölçme sonuçlarını kullanarak hem ses alanı için ve hem de sesin geçiş yaptığı salon için,ses frekansı ile ses basınç seviyesi arasında grafik çizdik.Tablo-III.2'de laboratuvar ses alanında yapılan ölçme sonuçları ve şekil-3.1 de de bu değerlerin kullanılması ile çizilen ses frekansı-ses basınç seviyesi grafiği görülüyor.

D.Ü.Eğitim Fakültesi Fizik Laboratuvarında büyük boy deliksiz tuğladan imal duvar üzerinde,ses geçişini incelemek amacıyla oluşturulan ses alanında yapılan ölçümler:

Ses alanı : D.Ü.Eğit.Fak.fizik lab.öğretmen odası.

Ses alanı boyut. : En=2,7m.,boy=5,8m.,yükseklik=3,2m.

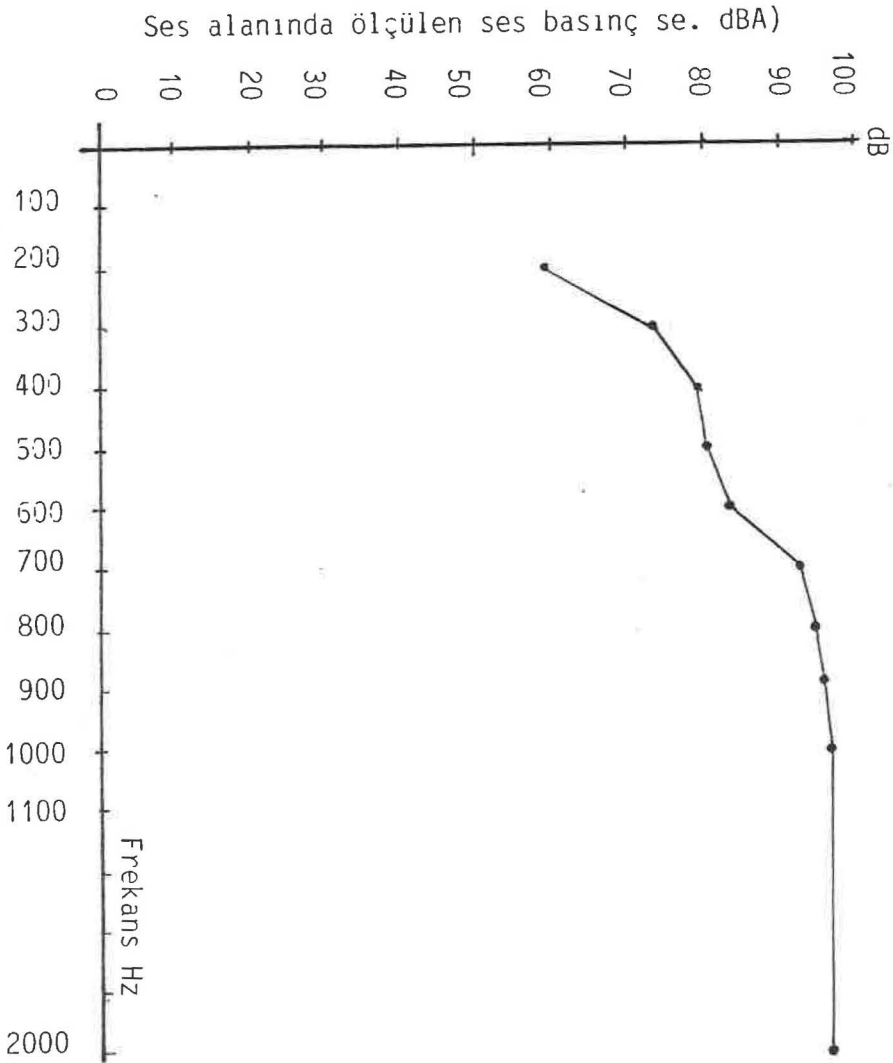
Ses alanı hacmi : 51,04 m³.

Ölçümler ses seviye ölçme aletinin yavaş konumunda dB(A) olarak yapıldı.

Sesin geçiş yaptığı oda olarak deney salonu kullanıldı.Ses alanında üretilen her frekans ses için,sesin geçiş yaptığı odada,ses basınç seviyeleri birbirine en az 60 cm. den fazla uzaklıklarda bulunan üç ayrı noktada ölçülerek,çalışmanın ön görülen tüm frekansları eksiksiz

Tablo-III.2 D.Ü.Eğitim Fakültesi Fizik Laboratuvarı ses alanında yapılan ölçme değerleri.

Frekans Hz	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
1. deney	50	64	62	75	78	80	80	85	86	86
2. deney	55	64	75	75	80	80	82	83	86	90
3. deney	50	51	68	76	72	72	78	80	81	87
4. deney	56	69	69	70	72	72	76	76	79	80
Ölçmeler, ort. dB(A)	59	73	79	80	83	92	94	95	96	96



Şekil-3.1 Ses alanında oluşturulan seslerin frekanslarına göre ses basınç seviyelerini gösteren, frekans-ses basınç eğrisi.

kapsayacak şekilde tekrarı yapıldı. Tablo-III.3'te ölçme ile ilgili değerler görülüyor.

Sesin geçiş yaptığı yani sesi alan odanın ;

Boyutları : En=5,8 m. , boy =12 m., yükseklik =3,2 m.dir.

Hacmi : 222,72 m³ tür.

Tablo-III.3 Sesi alan odadaki ses basınç seviyeleri.

Frekans Hz	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
1.deney	15	15	18	25	22	30	30	36	38	38
2.deney	16	17	18	25	22	30	30	36	38	38
3.deney	12	13	14	18	20	27	30	32	33	35
4.deney	15	15	15	20	20	27	30	30	33	35
Ölçmeler, ort. dB(A)	15	21	25	25	31	34	37	39	39	35

$R = L_1 - L_2 + 10 \log_{10} (S/A)$ dB. Bağıntısının binalarda yapılan ölçmelerde ses geçiş kaybını verdiğini belirtmiştik. Bu bağıntıda şayet S' referans ses soğurma alanı 10 m² olarak alınırsa, R standart ses seviye farkına denk düşmektedir. Bu itibarla frekanslara göre ve deney bulgularına göre standart ses seviye farkları ;

$D_n = D + 10 \log_{10} (A_0/A)$ bağıntısı ile hesaplanarak, aşağıdaki (Tablo-III.4) numaralı tablo hazırlanabilir. Çizelgede her frekans ses için bulunan R değeri D_n ile gösterilmiştir.

Burada; A_0 → standart yada referans ses soğurma değeri olup 10 m² dir.

A → iki oda arasında ses geçişinin incelendiği duvar olup, materyalimizde $A=18,56$ m² dir.

L_1 → ses alanındaki ses basınç seviyesi dB(A),

L_2 → sesi alan odadaki ses basınç seviyesi dB(A),

D → Ortalama ses basınç seviyesi farkı dB(A),

D_n → standart ses basınç seviyesi farkı dB(A) dir.

$$D = L_1 - L_2 \text{ dir.}$$

Önce $D = L_1 - L_2$ olduğundan, D'yi veren cetveli sunuyoruz.

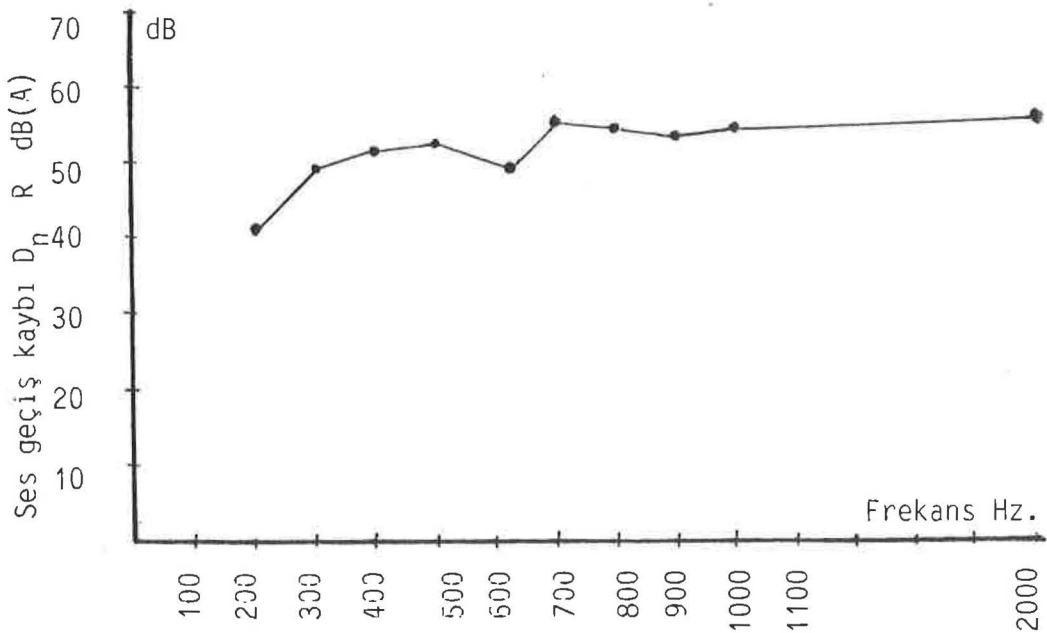
Tablo-III.4 Ortalama ses basınç seviyesi farkları dB(A)

Frekans Hz	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
L ₁ dB(A)	59	73	79	80	83	92	94	95	96	96
L ₂ dB(A)	15	21	25	25	31	34	37	39	39	36
D dB(A)	44	52	54	55	52	58	57	56	57	60

D.Ü.Eğitim Fakültesi Dekanlık binasının dış cephe duvarları ile eski bölme elemanı duvarlarının, dış gürültülerin içeri sızmaları bakımından R' geçiş kaybına esas olmak üzere, tesbit edilen D_n standart ses kayıpları aşağıdaki (Tablo-III.5)' numaralı tabloda görülmektedir. Bu verilerle, frekanslarına göre ses basınç seviyeleri belli seslerin duvardan geçiş kayıplarını içeren grafik şekil-3.2 de görülmektedir.

Tablo-III.5 D.Ü.Eğitim Fakültesi Dekanlık binası büyük boy tuğladan imal edilmiş, duvarların havada oluşan ses bakımından R geçiş kaybına esas olmak üzere tesbit edilen D_n standart ses kayıpları.

Frekans Hz	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
L ₁ dB(A)	59	73	79	80	83	92	94	95	96	96
L ₂ dB(A)	15	21	25	25	31	34	37	39	39	36
D dB(A)	44	52	54	55	52	58	57	56	57	60
D _n dB(A)	41	49	51	52	49	55	54	53	54	57



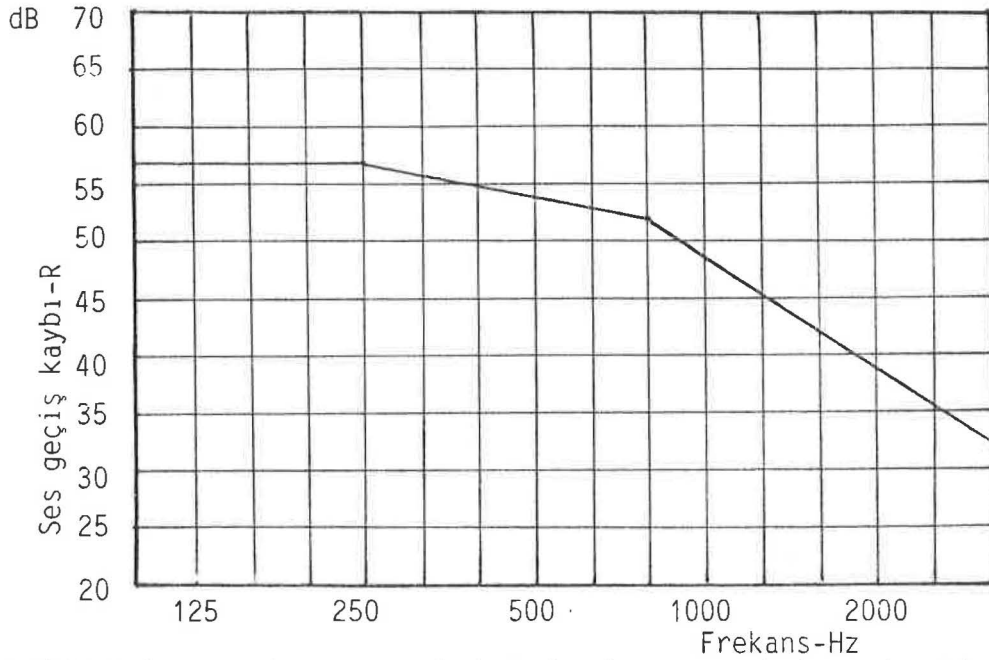
Şekil-3.2 D.Ü.E.Fak.Dekanlık binasının havada oluşan ses bakımından R ses geçiş kaybı ile ses frekansları arasındaki grafik (R-f eğrisi).

3.2 Havada Oluşan Sese Karşı Yalıtım Referans Değerleri.

Ölçülen,yalıtımla karşılaştırmak için TSE'nce verilen yalnız bir referans değerler takımı kullanılmıştır.Bu değerler,aşağıda Tablo-III.6 da cetvel haline ve şekil-3.3'te de grafik haline getirilmiştir.

Tablo-III.6 Konutlar arasında havada oluşan ses bakımından R' geçiş kaybının referans değerleri.

Frekans Hz	100	125	160	200	250	315	400	500
R' dB	33	36	39	42	45	48	51	52
Frekans Hz	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
R' dB	53	54	55	56	56	56	56	56



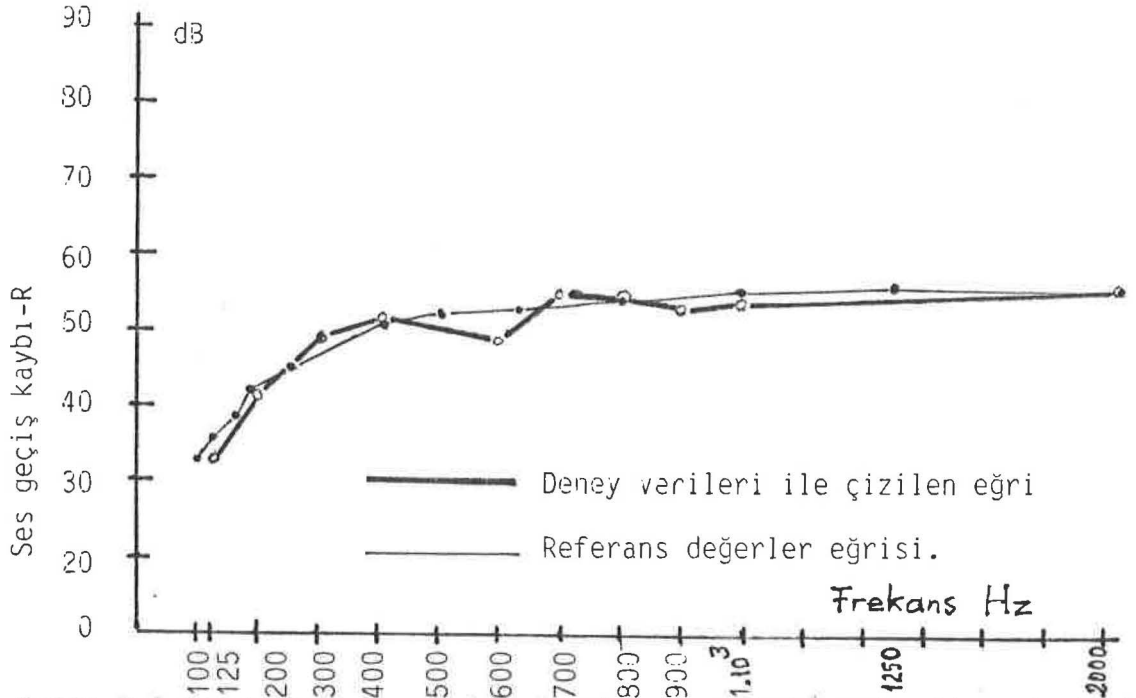
Şekil-3.3 Konutlar arasında havada oluşan ses bakımından R' geçiş kaybının referans değerleri.

D.Ü.Eğitim Fakültesi Dekanlık binasının büyük boy deliksiz tuğladan mamül dış cephe duvarlarıyla bölme elemanlarının dış gürültülerin içeri sızmaları bakımından tesbit edilen R'geçiş kayıpları Tablo-III.5 te gösterilmişti.Bu tablonun özeti aşağıda Tablo-III.7 de verilmiştir

Tablo-III.7 D.Ü.Eğitim Fakültesi Dekanlık binasının büyük boy deliksiz tuğla kullanılarak imal edilmiş 26 cm. kalınlıklı dış cephe duvarlarıyla bölme elemanlarının havada oluşan ses bakımından R' geçiş kayıpları

Frekans Hz	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
R' dB(A)	41	49	51	52	49	55	54	53	54	57

Hem TSE'nce verilen, konutlar arasında havada oluşan ses bakımından R' geçiş kaybının referans değerleri Tablo-III.6 ve hemde D.Ü.Eğitim Fakültesi Dekanlık binasının büyük boy deliksiz tuğla kullanılarak imal edilen dış cephe duvarları ile bölme elemanlarının havada oluşan ses bakımından R' geçiş kayıplarını içeren Tablo-III.7 değerleri, şekil-3.4'te, birlikte grafiğe taşınmışlardır. Grafiğin incelenmesiyle D.Ü.Eğitim Fakültesi Dekanlık binasının büyük boy deliksiz tuğladan mamül 26 cm. kalınlıklı dış cephe duvarlarıyla bölme elemanlarının, havada oluşan ses bakımından referans değerlerle iyi uyum sağlayan bir yalıtım yeteneğine sahip olduğu söylenebilir.



Şekil-3.4 Konutlar arasında havada oluşan ses bakımından R' geçiş kaybının referans değerleri ile çizilen (R-f) eğrisinin, D.Ü.E.Fak.Dekanlık binasının dış cephe duvarlarıyla eski bölme elemanlarının, havada oluşan ses bakımından ölçülen değerlerle çizilen (R-f) eğrisinin karşılaştırılması.

D.Ü.Eğitim Fakültesi tesislerinde büyük boy deliksiz tuğladan imal edilmiş duvarların ses yalıtımlarına ait bu tesbitlerden sonra, Dekanlık binası 3. katında, delikli tuğla ve beton biriketten mamül bölme elemanına sahip özdeş bürolardaki araştırmalarımıza geçtik.

2.2 de de belirtildiği üzere, bu konudaki çalışmalarımızda özdeş odalardan birini ses alanı olarak kullanırken, incelemeye konu bölme elemanı ile ayrılmış diğer odayı, sesin geçiş yaptığı mekân olarak değerlendirdik.

Ses alanı oluşturmada, Model 148A 20 MHz AM/FM/PM Generator ile 16Ω , 150 Watt, hoperlörden müteşekkil kiti kullanırken, sesleri model 215 ses seviye ölçme aleti ile ölçtük. Ölçüleri aracın yavaş konumunda ve (A) ağırlıklı olarak aldık. Değerler ses basınç seviyesini dB(A) olarak göstermektedir. Araç 40 dB(A) altındaki basınç seviyesine sahip sesleri (C) ağırlığında ölçtüğünden, buna özen gösterdik.

Beton biriketten duvarla ayrılmış, $a=2,7m$, $b=5,8m$, $c=3,2m$ boyutlu, iki özdeş odadan, ses alanı olarak kullanılan odada üretilen, belli frekanstaki seslerle, bu seslerin Model-215 ses seviye ölçme aleti ile ölçülen ses basınç seviyeleri dB(A) olarak aşağıda Tablo-III.8 de görülmüyor.

Tablo-III.8 Ses alanında üretilen seslerin, frekanslarına göre ölçülen ses basınç seviyeleri.

Frekans Hz	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
Ölçümler, dB(A)	62	78	83	86	87	94	98	98	98	96
Ölçümler, ort.dB(A)	60	75	80	83	90	92	92	95	95	95
	62	76	81	85	88	93	94	96	96	96

Daha önce aynı boyutlardaki fizik laboratuvarı ses alanında yapılan Tablo-III.2 de görülen değerlerle, Tablo-III.8 deki değerlerin büyük bir uyum sağladığı görülmektedir.

Sesin geçiş yaptığı odada her frekans ses için ölçülen ses basınç seviyeleri aşağıda Tablo-III.9 da gösterildi.

Tablo-III.9 Sesin geçiş yaptığı, ses alanı ile beton biriketten mamül bölme elemanı ile ayrılmış odada yapılan, ses basınç seviye ölçümler.

Frekans Hz.	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2.10 ³
Ölçümler,	48	52	56	62	68	68	72	74	70	71
dB(A)	47	55	60	60	65	66	70	72	72	69
Ölçmeler,	45	55	60	57	63	65	68	70	70	70
ort.dB(A)	47	54	59	60	65	66	70	72	71	70

Tablo-III.8 ve Tablo-III.9'u kullanarak beton biriketten mamül duvarın havada oluşan ses bakımından R'geçiş kaybını ifade için D_n standart ses kaybını çalışma yaptığımız her frekans ses için ,

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log_{10}(S/A) \text{ dB.}$$

bağıntısına göre hesaplayıp Tablo-III.10'u oluşturduk.

Tablo-III.10, Beton biriketten duvarın havada oluşan ses bakımından ölçüm sonucu tesbit edilen R' standart ses kayıpları.

Frekans Hz	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
L_1 dB(A)	62	76	81	85	88	93	94	96	96	96
L_2 dB(A)	47	54	59	60	65	66	70	72	71	70
$D_n - R$ dB(A)	24	31	31	34	32	36	33	33	34	35

Buradada daha önce belirtildiği üzere ;

$L_1 \rightarrow$ ses alanındaki ses basınç seviyesi dB(A),

$L_2 \rightarrow$ sesi alan odadaki ses basınç seviyesi dB(A), olup, D_n , havada oluşan ses bakımından, duvardan geçen sesin geçiş kaybı R' yi standart ses geçiş kaybı olarak ifade etmektedir.

Beton biriketten mamül duvardan sonra delikli tuğladan mamül duvar üzerindeki araştırmalarımıza geçtik. Burada gerek biriketin ve gerekse delikli tuğlanın duvar inşasında duvar yüzeyine, tek sıra ve uzunlamasına kullanılmış olduğunu belirtelim.

Tek sıra delikli tuğla kullanılarak örülmüş duvarla ayrılan, $a=2,7m$, $b=5,8m$, $c=3,2m$ boyutlarındaki iki özdeş odadan biri ses alanı diğeri ise sesin geçiş yaptığı oda olarak kullanıldı. Bu bölme elema-

nından ses geçişine ait olmak üzere ses alanında yapılan ölçme sonuçları Tablo-III.11 ve sesin geçiş yaptığı odada ölçülen, ses basınç seviye ölçümleri de Tablo-III.12 de gösterildi.

Tablo-III.11 Ses alanında yapılan, ses basınç seviye ölçümleri.

Frekans Hz	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2.10 ³
Ölçmeler, dB(A).	47	56	72	82	82	89	93	95	94	95	95
Ölçmeler, ort. dB(A)	45	55	60	76	75	85	86	90	92	92	85
	47	56	64	79	79	87	90	93	93	94	90

Tablo-III.12 Ses alanından, delikli tuğla ile örülmüş duvarla ayrılan odada yapılan, ses basınç seviye ölçümleri.

Frekans Hz	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2.10 ³
Ölçmeler, dB(A).	36	41	46	50	50	55	58	64	65	59	55
Ölçmeler, ort. dB(A)	35	40	44	45	45	53	55	63	65	55	50
	35	40	45	47	48	54	57	64	65	57	53

Tablo-III.11 ve Tablo-III.12 verilerini kullanarak delikli tuğladan imâl edilmiş, duvarın, havada oluşan ses bakımından R' ses geçiş kaybı için D_n standart ses kaybını her frekans ses için,

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log_{10}(S/A) \text{ dB.}$$

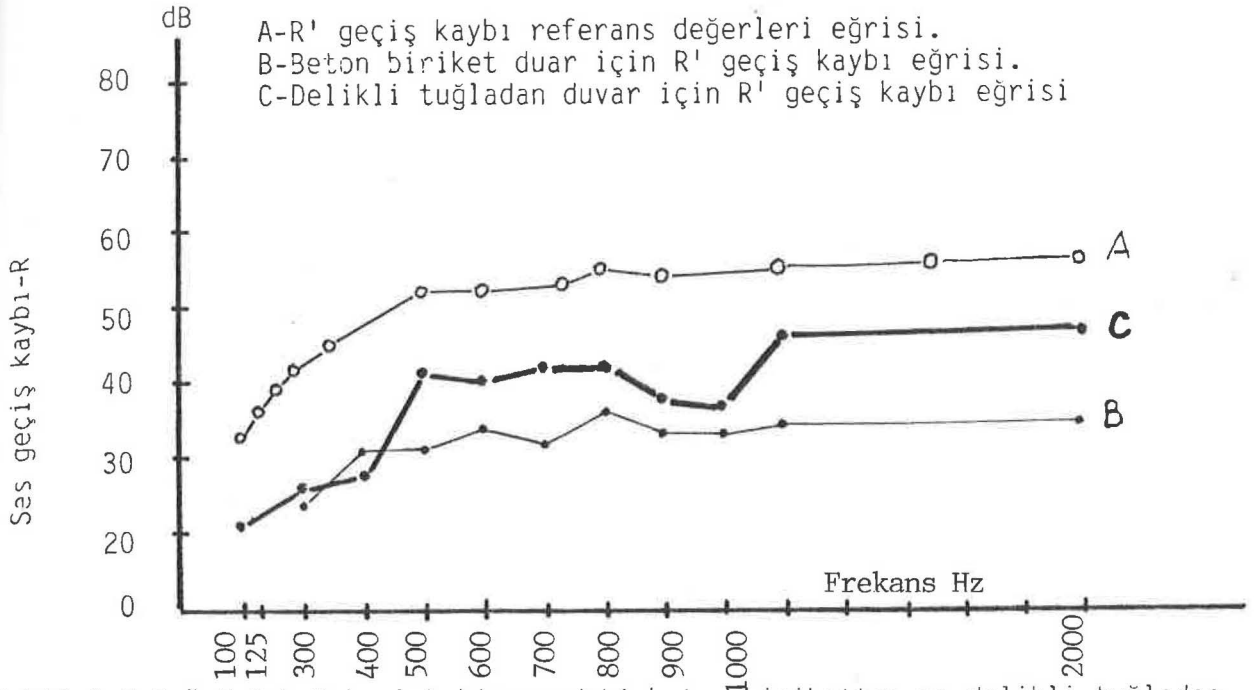
bağıntısına göre hesaplayıp, Tablo-III.13'ü oluşturduk

Tablo-III.13 Delikli tuğladan mamül duvarın havada oluşan ses bakımından ölçüm sonucu tesbit edilen R' standart ses kayıpları.

Frekans Hz	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2.10 ³
L ₁ dB(A)	47	56	64	79	79	87	90	93	93	94	90
L ₂ dB(A)	35	40	45	47	48	54	57	64	65	57	53
D _n dB(A)	21	25	28	41	40	42	42	38	37	46	46

Tablo-III.10 ve Tablo-III.13 verilerini Tablo-III.6 verileri ile aynı grafiğe almak ilgi çekicidir. Zira bu sayede konutlar arasında havada oluşan ses bakımından R' geçiş kaybının referans değerleri ile be-

ton biriket duvar ile delikli tuğla duvar için ölçülen standart değerleri karşılaştırma imkânı bulacağız.Bu nedenle şekil-3.5 teki grafiği çizdik.



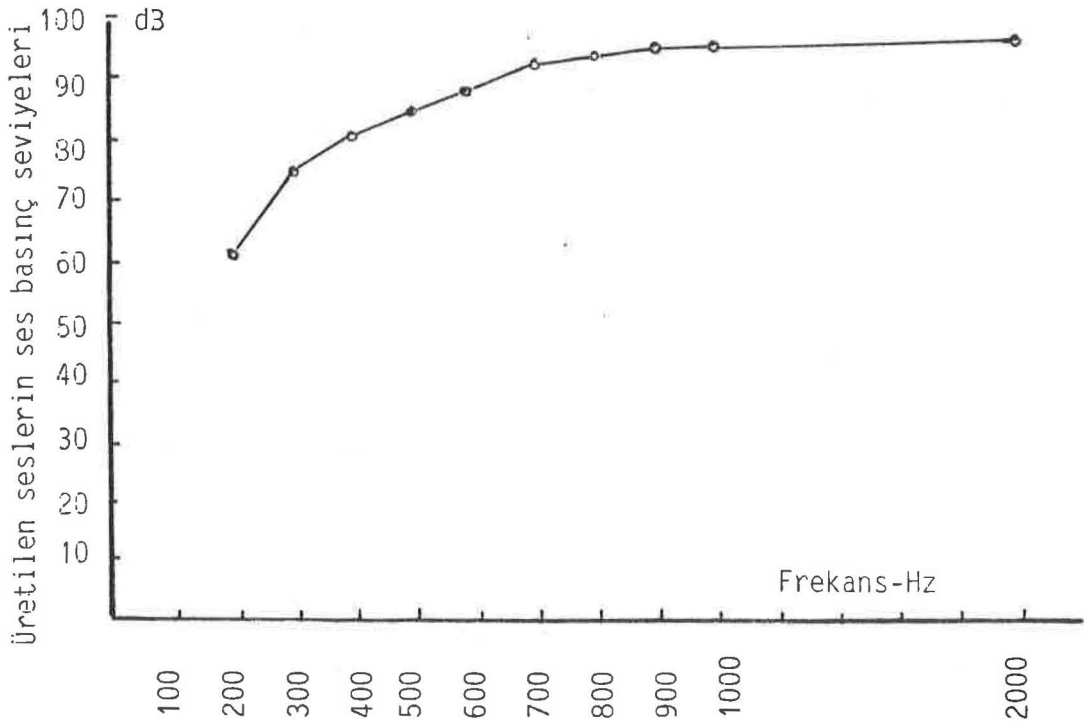
Şekil-3.5 D.Ü.E.Fak.Dekanlık binasındaki beton biriketden ve delikli tuğladan mamül duvarların,havada oluşan ses bakımından R'geçiş kayıpları ile konutlar arasında,havada oluşan ses bakımından R'geçiş kay.referans değerler eğrisi.

Grafiğin incelenmesinden görüleceği üzere,gerek beton biriketden mamül duvardan ve gerekse delikli tuğladan mamül duvardan geçmek üzere gelen sesin geçiş sırasında uğradığı kayıplar, TSE'nin referans değerlerinde olduğu gibi 1000 Hz frekanslı sese kadar genellikle artmakta,ancak ondan sonra 2000 Hz frekanslı seslere kadar,ses kaybında kayda değer bir değişiklik olmamaktadır.Delikli tuğladan mamül duvardan geçmek üzere gelen ses,beton biriketden mamül duvardan geçmek üzere gelen sese nazaran daha fazla kayba uğramakta, diğer bir deyişle tek sıra delikli tuğla kullanılarak imâl edilen ve iki yüzü sıvalı ve badanalı duvar,tek sıra beton biriket kullanılarak örülen ve aynı yöntem ve şekilde sıvanıp,badana edilen duvara nazaran daha iyi ses yalıtımı sağlamaktadır.

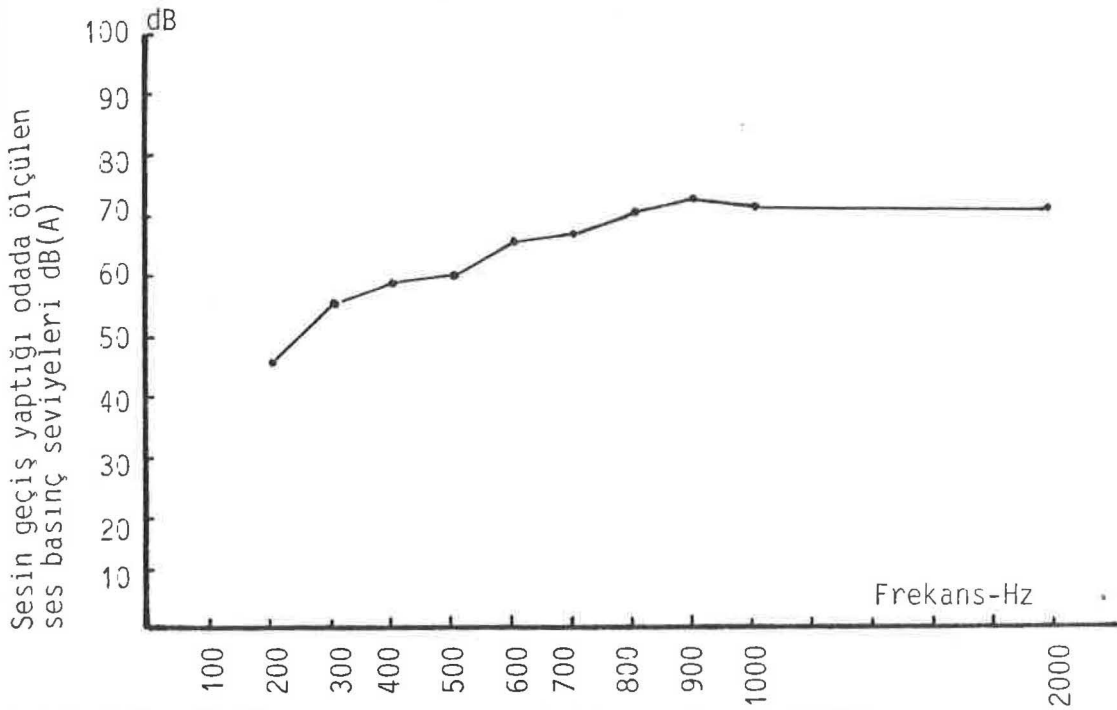
Her iki tip duvar da havada oluşan ses bakımından referans değerlerin hayli altında yalıtım sağlamaktadırlar.

Gerek beton biriketden,gerekse delikli tuğladan mamül duvardan geçiş yapan ses üzerindeki deneylerimizde; Tablo-III.8,III.9,III.11 ve III.12 nin incelenmesinde de görüleceği üzere gerek ses alanında ,ge-

rekse sesin geçiş yaptığı odada ölçülen ses basınç seviyeleri 1000 Hz frekansta maksimuma ulaşmakta ondan sonra 2000 Hz frekansa kadar değişmemektedir. Bu durum Şekil-3.3 teki konutlar arasında havada oluşan ses bakımından R'geçiş kaybının referans değerler eğrisinde de benzer özellik gösteriyor. Durumu grafik üzerinde de görmek amacıyla Tablo-III.8 ve Tablo-III.9 verilerini kullanarak beton biriketten mamul duvar ve bölme elemanı üzerinde yapılan deneylerin, ses frekans-ses basınç seviyesi grafiklerini çizdik. Şekil-3.6 ses alanındaki, Şekil-3.7 ise sesin geçiş yaptığı odadaki ölçüm sonuçlarının, "frekans-ses basınç seviyesi" çizgelerini gösteriyor. Ses alanında ve sesin geçiş yaptığı odalarda atmosfer Şartları aynı olarak ölçülmüŐtür. Bilindiği üzere ses hızı atmosfer Őartlarından etkilenmektedir. Her iki odada ölçülen ses basınç seviyelerinin frekanslara göre çizilen grafiklerinde, 1000Hz ile 2000 Hz arasında, grafik eğrisinin, frekans eksenine paralel bir doğru verdiği grlyor.



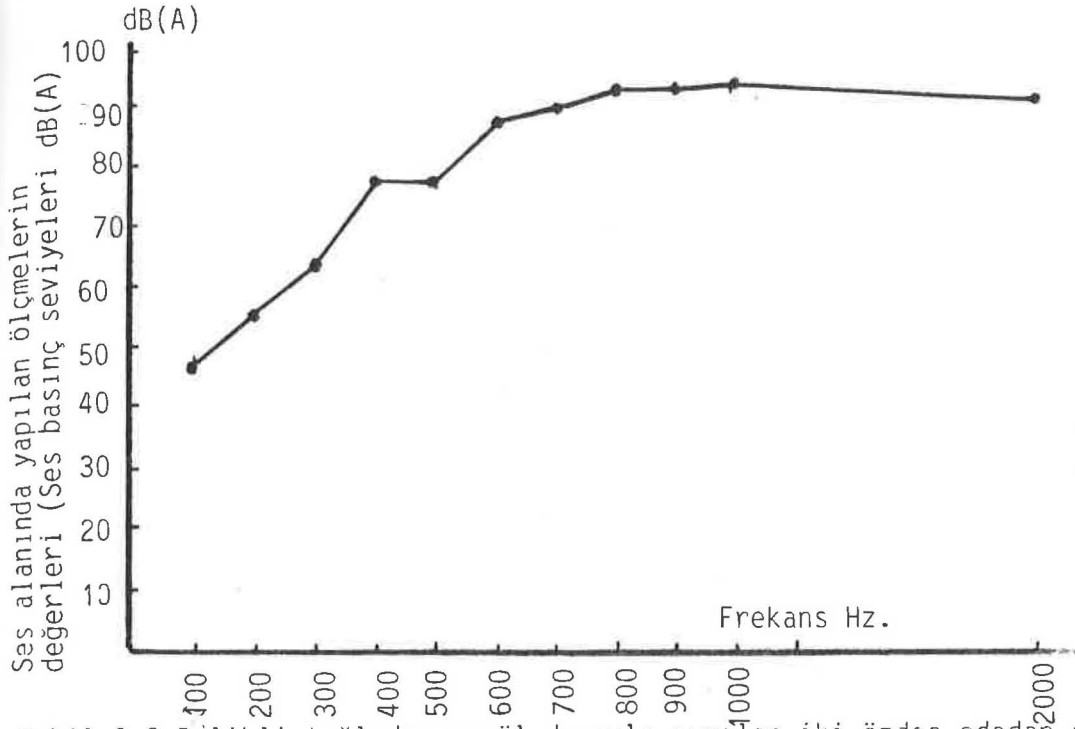
Şekil-3.6 Ses alanında üretilen seslerin frekans-ses basınç seviye eğrisi



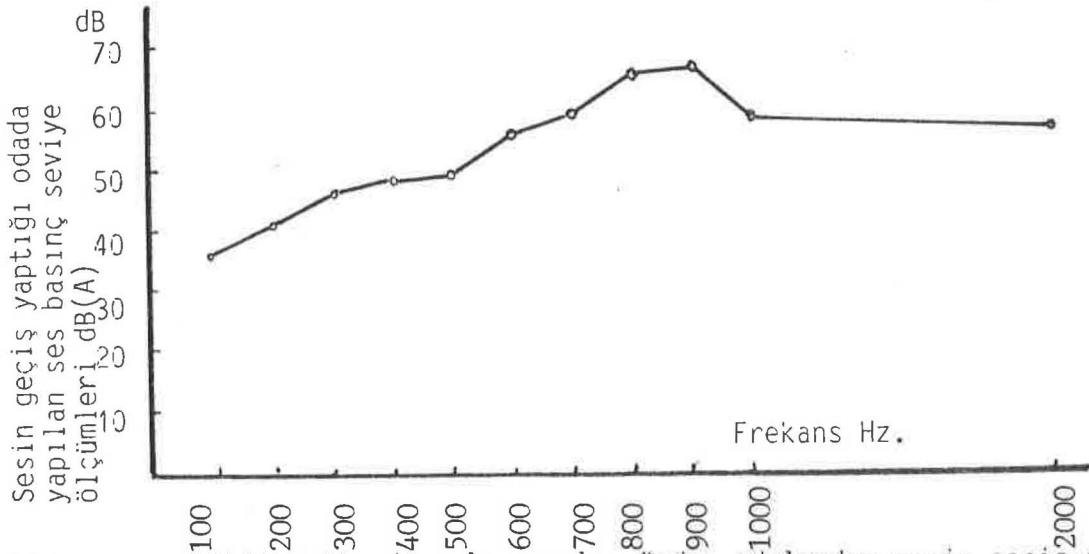
Şekil-3.7 Sesin geçiş yaptığı odadaki seslerin frekans-ses basınç seviyesi eğrisi

Tablo-III.11 ve Tablo-III.12,D.Ü.Eğitim Fakültesi Dekanlık binasının 3.(1.kat zemin kat sayılırsa 2.kat) katında 1990 yılında Temel Fizik laboratuvarı ve bazı sınıfların bozulmasıyla Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü öğretim elemanlarına çalışma odası olarak yapılan özdeş odalar arasındaki delikli tuğladan mamül duvardan ses geçişi ile ilgili olarak yapılan ölçme sonuçlarını göstermektedir.(Şu anda fizik öğretim elemanlarının çalışma odalarını ayıran duvar delikli tuğladan imal edilmiştir).Çalışma sırasında odalardan birisi ses olarak kullanılmış ve belli frekansta üretilen seslerin ses basınç seviyeleri Tablo-III.11 de,bu seslerin geçiş yaptığı odada yapılan ses seviye ölçümleri de Tablo-III.12 de gösterilmiştir. Tablo-III.11 verileriyle çizilen grafik şekil-3.8 de,Tablo-III.12 verileriyle çizilen grafik de şekil-3.9'da görülüyor.

Bu grafiklerde de grafik eğrilerinin,1000 Hz ile 2000Hz frekans aralığında,frekans eksenine paralel bir doğru verdikleri hemen tesbit edilebiliyor.



Şekil-3.8 Delikli tuğladan mamül duvarla ayrılan iki özdeş odadan ses alanında üretilen belli frekanstaki seslerle bu seslerin ses basıncı seviyeleri dB(A).



Şekil-3.9 Delikli tuğla duvarla ayrılan özdeş odalardan sesin geçiş yaptığı odada ölçülen seslerin ses basıncı seviyeleri dB(A)

Bu araştırmalara ilaveten bazalt taş duvarlı yapı olarak Ziya Gökalp İlkokulu seçilmiş ve öğrencilerin de okulda bulunduğu sırada yapının kendine özgü duvar ve bölme elemanlarından ses geçişi incelenmiştir. Biz bu incelemeyi yaparken, ses alanı olarak teneffüste salonu, sesin geçişi yaptığı oda olarak da Md.Y. odasını kullandık. Ayrıca 1000 Hz frekanslı ses üreten korna kullanarak, Md.Y. odasını ses alanı haline getirip, dışarda muhtelif cephelerden, duvarlardan geçen sesin ses basınç seviyelerini ölçtük. Ek-1, Tablo-I de ve ek'in ilgili gürültü tarama cetvelinde, elde edilen değerler görölmektedir.

Yine D.Ü.Eğitim Fakóltesi dışındaki çalışmalarda, bölme elemanlarından geçen ses kayıpları hakkında, bilgi edinmek maksadıyla, Güçlü Pasajı dükkânları ile D.Ü.Kampüsündeki lojmanlardan E-2 blokta deneyler yaptık. Bu çalışmalarda da 1000 Hz frekanslı, ses veren kornayı ses alanı oluşturmada kullandık. Çalışma sonuçları ek-1, Tablo-I de ve ilgili tarama cetvelinde görölmektedir.

Teorik bilgilere paralel olarak, bazı duvar ve bölme elemanlarının ses geçirme yeteneklerini tesbit etmek amacıyla yürüttüğümüz bu deneysel çalışmalar sonunda, aynı zamanda ses alanında ürettiğimiz belli ses basıncındaki seslerle, özdeş, dış gürültüler meydana geldiğinde, konut ve iş yerlerinde yaşıyan insanların ne denli bir gürültüyle karşı karşıya kalacaklarını belirleme imkânını da bulduk.

D.Ü.Eğitim Fakóltesi tesisleriyle Diyarbakır'ın muhtelif kurum ve kuruluşlarında belli frekans aralığında ve belli basınç seviyesinde, seslerle çalışarak, değişik frekans ve basınç seviyesindeki sesler için yapı duvar ve bölme elemanlarının ses yalıtım seviyelerini tesbit ettik. Yaptığımız ölçme sonuçları ile bazı değerlendirmeleri tablo haline getirerek aşağıya çıkardık. Tablolarda görölen veriler, ileriki kısımlarda Diyarbakır'da gürültü kirliliğinin tesbitinde ayrıca kullanılacaktır.

Aşağıda Tablo-III.14 'te büyük boy deliksiz tek tuğla duvar üzerindeki incelemelerle ilgili veriler görölüyor. Burada ;

$L_i = p_i$ → duvar üzerine gelen sesin, ses basınç seviyesi,

$L_t = p_t$ → duvardan geçen sesin ses basınç seviyesi,

$1/\alpha$ → duvarın ses yalıtım katsayısı,

TL → duvarın ses iletim kaybı,

α → duvarın ses iletim katsayısıdır.

Sembollerin, ilgili büyüklüklerin ortalama değerlerini ifade ettiklerini belirtmek amacıyla üzerlerine yatay çizgi çizilmiştir. \overline{TL} (orta-

lama ses iletim kaybı gibi".

Tablo-III.14 D.Ü.E.Fakültesi tesislerinde (fizik laboratuvarında) yapılan deneylerle ilgili Tablo-III.2 ve Tablo-III.3'ten alınan deney bulguları.

Frekans Hz	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
$L_i=p_i$	59	73	79	80	83	92	94	95	96	96
$L_t=p_t$	15	21	25	25	31	34	37	39	39	36
$\bar{\epsilon}$	0,06	0,08	0,10	0,09	0,13	0,13	0,15	0,16	0,16	0,14
$1/\bar{\epsilon}$	16,66	12,25	10,00	11,11	7,69	7,69	6,66	6,25	6,25	7,14
TL	28,13	25,25	23,02	24,07	20,40	20,40	18,96	18,32	18,32	19,65

$$\overline{1/\bar{\epsilon}} = 8,33, \quad \overline{TL} = 21,65 \quad \text{ve} \quad \bar{\epsilon} = 0,12 \text{ dir.}$$

Tablo-III.15 D.Ü.Eğitim Fakültesi tesislerinde beton biriket duvar üzerinde yapılan deneylerle ilgili Tablo-III.8 ve Tablo-III.9 dan alınan deney bulguları.

Frekans Hz	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
p_i	62	76	81	85	88	93	94	96	96	96
p_t	47	54	59	60	65	66	70	72	71	70
$\bar{\epsilon}$	0,57	0,50	0,53	0,49	0,54	0,50	0,55	0,56	0,54	0,53
$1/\bar{\epsilon}$	1,75	2,00	1,88	2,04	1,85	2,00	1,81	1,78	1,85	1,88
TL	5,59	6,93	6,31	7,12	6,15	6,93	5,93	5,76	6,15	6,31

$$\overline{1/\bar{\epsilon}} = 1,88 \quad \overline{TL} = 6,31 \quad \bar{\epsilon} = 0,53 \text{ tür.}$$

Tablo-III.16 D.Ü.Eğitim Fakültesi tesislerinde delikli tuğladan mamül duvar üzerinde yapılan deneylerle ilgili Tablo-III.11 ve Tablo-III.12 den alınan deney bulguları.

Frekans Hz	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
p_i	56	64	79	79	87	90	93	93	94	90
p_t	40	45	47	48	54	57	64	65	57	53
$\bar{\epsilon}$	0,51	0,49	0,35	0,36	0,38	0,40	0,47	0,48	0,36	0,34
$1/\bar{\epsilon}$	1,96	2,04	2,85	2,77	2,63	2,50	2,12	2,08	2,77	2,94
TL	6,73	7,13	10,49	10,18	9,66	9,16	7,55	7,33	10,21	10,78

$$\overline{1/\bar{\epsilon}} = 2,40 \quad \overline{TL} = 8,65 \quad \text{ve} \quad \bar{\epsilon} = 0,46 \text{ dir.}$$

Tablo-III.14, III.15 ve III.16 yukarıda da belirtildiği üzere E.Fakültesi tesislerinde yapılan deneylerle ilgili bulguları yansıtıyor. Diğer araştırmalarla ilgili sonuçlar Tablo-III.17'ye alındı.

Teorik verilerin ışığında, duvar üzerine gelen ses basınç seviyesi burada p_i ile duvarı geçen ses basınç seviyesi p_t ile ses iletim katsayısı τ ile, ses yalıtım katsayısı $1/\tau$ ile ve nihayet ses iletim kaybı TL ile gösterilir.

$$\text{Ses iletim kaybı } \tau = \frac{|p_t|^2}{|p_i|^2}, \quad \text{"} p_t \text{ ve } p_i \text{ nin mutlak değerleri karesi...}$$

Ses yalıtım katsayısı $\frac{1}{\tau}$ terimi ile ve ses iletim, kaybı TL;

$$TL = 10 \log_{10} \frac{1}{\tau} \quad \text{eşitliği ile verilmektedir.}$$

Tablo-III.17 1000 Hz frekanslı ses kullanarak, muhtelif duvarlar üzerinde yaptığımız araştırma sonuçları.

Duvar tipi	Ses iletim katsayısı (τ)	Ses yalıtım katsayısı ($1/\tau$), kaybı (TL)	Ses iletim kaybı (TL)
Büyük boy tek tuğladan mamül 26 cm.kalınlıklı duvar. (D.Ü.E.Fak.tesislerinde)	0,16	9,12	21,65
Beton biriketten mamül 15 cm.kalınlıklı duvar. (Güçlü Pasajı'nda)	0,33	3,03	11,08
Delikli tuğladan mamül 13 cm.kalınlıklı duvar. (D.Ü.E.Fak.tesislerinde)	0,36	2,77	10,21
Bazalt taştan örülmüş 40 cm.kalınlıklı duvar. (Ziya Gökalp İlkokulu)	0,04	25,00	32,18
Delikli tuğladan mamül duvar 13 cm kalınlıklı. (D.Ü.Kampüs Loj.)	0,30	3,33	12,12
Beton biriketten mamül 15 cm.kalınlıklı duvar. D.Ü.E.Fak.tesislerinde)	0,54	1,85	6,15

1000 Hz frekanslı ses kullanarak muhtelif duvarlar üzerinde yaptığımız araştırma sonuçlarını Tablo-III.17 de topladık.

Tablonun incelenmesinden görüleceği üzere en iyi ses yalıtımı bazalt taş duvar ile büyük boy deliksiz tuğladan imal edilen duvar tarafından sağlanmaktadır. Deliksiz tuğlalar, duvar yüzeyine dikey konumda veya çift sıra pozisyonda, araları harçla doldurulmuş, delik-

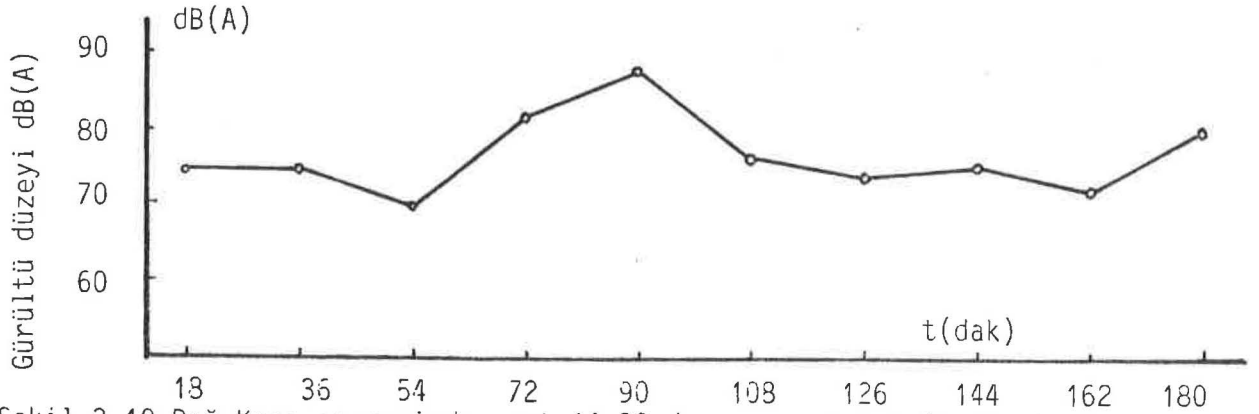
li tuğla ile beton biriketten yapılan duvarlarda, tuğla ve biriketin duvar yüzeyine paralel kullanıldığını görüyoruz. 1. tip duvarların sıva ile birlikte 26cm civarında, 2. ve 3. tip duvarların ise sıva ile birlikte 11-15 cm. civarında kalınlığı olduğunu tesbit ettik.

Eski Diyarbakır evlerinin, Diyarbakır'ın yaz mevsimindeki şiddetli sıcaklarına karşı iyi ısı yalıtımı sağlayan özellikleri bulunmaktadır. Bu yalıtım mimari yapıdan, daha doğrusu yapı plânından kaynaklandığı gibi, kalın bazalt taş duvarlardan da kaynaklanmaktadır. Bazalt taşlar gözenekli bir yapıda olduklarından ısı yalıtım yetenekleri ses yalıtım yeteneklerinden daha yüksektir. Hava çok kötü bir ısı iletkenidir. Halbu ki ses iletiminde mekanik titreşim için ortam oluşturmaktadır. Gözenekler hava ile dolu olduğundan ısı geçişinde iyi bir yalıtkan ortam oluşmasına sebep olmaktadır. Ayrıca kalın duvarlar ısı gradiyentini de mükemmel küçültmektedirler. Son yirmi yıl içinde tarihi özellik taşıyanlarla, han hamam gibi genel hizmet amaçlı olanlar dışındaki eski Diyarbakır evleri yıkılarak yerlerine 5-11 katlı modern binalar yapılmaktadır. Bina yerleşim coğrafyası şehirde belli park ve okullar dışında yeşil alan bırakmıyacak gibi görünmektedir. Binaların sıklığı ve caddelerin Ofis ve Yeni Şehir gibi semtlerde birbirine paralel olması, trafik gürültüsünün yoğun olduğu cadde kenarlarındaki evlerin arka cadde için gürültü engeli teşkil etmesine sebep olmaktadır. Ayrıca binaların bu tarz yapılanması caddede meydana gelen gürültünün de binalarda karşılıklı yansımalar sonucu kararlı gürültü haline gelmesine neden olmaktadır. Şehrin ana caddelerinin iç kısımlara nazaran çok daha gürültülü oluşu, büyük ölçüde bu yapılanmadan kaynaklanıyor. Şu anda Diyarbakır'da inşaat sektöründe bazalt yada diğer taşlar ancak ihata duvarlarının yapısında yer almakta, yapı bölme elemanı olarak kullanılmamaktadır. Beton biriket, delikli ve deliksiz tuğla gibi malzemeler, yapıların duvar ve bölme elemanlarının inşasında kullanılmaya devam edilmektedir. Son zamanlarda bazı banka ve kurum inşaatlarında yapı bölme elemanı olarak, hazır duvarlardan yararlanıldığını görüyoruz. Bunlar yani hazır duvar bölme elemanları çok ekonomik bulunmakta fakat düşük kütleli oluşları nedeniyle iyi ses yalıtımı sağlamamaktadırlar.

Şehirde gürültü kirliliği büyük ölçüde trafik gürültüsünden kaynaklanmaktadır. Uçuş günleri hava üssündeki jet uçaklarının uçuşları gürültüyü artırmaktadır. Şehrimizde disiplinli bir çarşı planlaması yapılmamaktadır.

dığından, beyaz eşya, konfeksiyon, mağazası ve bunlar gibi daimi esnaf ile seyyar satıcılar ve sebzedciler, manavlar... iç içe karmaşık bir yapı oluşturmaktadırlar. Bu yapı trafik ile iç içe bulunmaktadır. Kurum lojmanları ve bazı gecekondu bölgeleri kısmen bu karmaşık yapı dışında tutulabilir. Bu düzensizlik gerek darbe sesli ve gerekse spektrum özellikli gürültünün şiddetini artırmaktadır. Ana cadde dışındaki cadde ve sokaklarda yapılan gürültü taramaları bunu göstermektedir (Ek-1, Tablo-1).

Yapılan ölçümler sonucu trafik gürültüsü düzeylerinin gece saatlerinde, özellikle saat 20.00 den sonra önemli düşüşler gösterdiği görülmektedir. Nitekim Elazığ istikametinden gelip Mardin istikametinde devam eden ana cad. de Dağ-Kapı çevresinde trafik gürültüsü gündüz ortalama 77 dB(A) iken, saat 20.00 den sonra üç saati kapsayan zaman diliminde ortalama 55-60 dB'le düşmüş bulunmaktadır. Dağ-kapı kavşak ve çevresinde gündüz saat 14.30 dan itibaren 3 saatlik süreyi kapsayan ölçümlerin yapılmış olması nedeniyle (ek-1; Tablo+1), gürültünün zamana göre değişimi şekil-3.10 da çizilmiştir. Gürültü büyük ölçüde homogen'dir.



Şekil-3.10 Dağ-Kapı çevresinde saat 14.30 dan sonra geçen üç saatlik sürede ölçülen gürültünün zamana göre değişimi.

Gürültü çevresi olarak, Diyarbakır şehir içi yollarının çevresinde yapay massif parmaklık ve perde duvarlar bulunmamaktadır. Asfalt kenarlarındaki sıralı evlerin oluşturduğu bloklar, turistik cadde ile İnönü caddesi kenarındaki ağaçlar, doğal engelleri teşkil etmektedir.

Ofis 2. caddede (ana caddeye paralel cadde) ses, ana caddeye göre 15 dB. dolayında daha düşük olarak ortalama 60 dB civarında ölçüldü. Ziya Gökalp ilkokulu önünden geçen caddede gürültü ana caddeye göre çok düşük bulundu. Nitekim ana caddede 21/XII/1990 günü yapılan ölçümlerde gürültü ortalama 88,2 dB(A) olduğu zaman bu caddede 58-62 dB(A) olarak ölçüldü. Bu düşüş büyük ölçüde yol kenarındaki binaların oluşturduğu doğal engellerden kaynaklanmaktadır. Cadde kenarlarındaki binaların aralarında yolların bulunması halinde gürültü içeriye nüfuz etmekte, yol olmaması halinde binaların çatılarında kırılan dalgardan, yıkıcı girişim ve soğurmalarından kurtulan miktarları ancak iç kısma girebilmektedir. Akustik travmaların sık olduğu sanayi sitesi oto tamircileri ve kaportacıların bulunduğu caddelerde ortalama gürültü, 80-94 dB(A), kaporta tamir atölyelerinde 100-130 dB(A) aralığında ölçülmüş olup, ölçümler aldığımız darbe sesli gürültü maksimumlarının ortalamasını yansıtmaktadır.

Gürültülü iş yerlerimizden Sümer Halı Fabrikası'nda yaptığımız ölçme sonuçları ekteki Tablo-I de görülmektedir. İlgili gürültü tara- ma cetvelleri tüm atölyelerde yapılan ölçme çalışmalarının sonuçla- rını gösteriyor. Ölçmeler sırasında bir veya iki tezgah veya makina çalıştırılmıştır. Tüm makinaların çalışması durumunda gürültünün acı duyma sınırının üzerine çıkabildiği, atölyelerde yıllardan beri ça- lışan kulaklık takma disiplinine iyi uymayan işçilerde işitme kayıp- larının meydana geldiğinin tıbbi kontrollarda ortaya çıktığı ilgili- lerce ifade edilmiştir. Sanayi tesislerinde işçilerin çalışma şartla- rına uymaları ne kadar beklenen bir koşul ise de sağlıklarını riske atmamaları veya sağlıklarını tehlikeye düşürecek davranışlardan ka- çınmaları başta gelen hakları yada görevlerindedir(20).

IV-TARTIŞMA VE SONUÇ

Genellikle "istenmeyen ses" şeklinde tanımlanan gürültü, fiziksel açıdan periyodik olan bir seri harmonik ilişkili saf tonu olabildiği gibi, periyodik olmayan çeşitli sayıda farklı farklı frekanslara sahip seslerin karmaşık kompozisyonu ile meydana gelebilmektedir(21). Ancak gürültü kavramı; gelen sese karşı merkezi sinir sisteminin özel bir tepki gösterdiği bir insanın varlığı durumunda söz konusudur. Dolayısıyla temel olarak subjektif yargılara dayandırılan bir çevre faktörüdür denebilir.

Dünya sağlık örgütü tarafından "tam bir fiziksel sosyal dirlik ve sadece sıhhatçe sağlamlığın üstünde bir kavram " şeklindeki sağlık tanımına dayanarak, gürültünün bu dirliği ve iç rahatlığını bozması, insanı moral ve fiziksel yönden tedirgin etmesi, sıkıntı ve kızgınlık duygularını oluşturması gibi çok sayıda olumsuz etkileri ile geniş anlamda sağlık veya konfor durumunu bozduğu söylenebilir. İşitme hazzı, insanın, iklimsel ve görsel haz gibi çeşitli fiziksel çevresel etkenlere bağlı olarak konforluluk durumunu belirten kavramlardan biridir veiki yönden incelenebilmektedir.

4.1.a Fizyolojik Açıdan Konfor.

"İnsanın işitme fizyolojisi yönünden sağlıklı olması durumu" diye tanımlanabilen bu konforun sağlanamaması durumunda, gürültünün özellikle yüksek düzeylerinde insan metabolizmasında, kan dolaşımında, solunum düzeninde, kas geriliminde değişikliklere, yorgunluklara, hatta denge kaybına neden olmasının yanısıra işitme mekanizması üzerinde olan asıl önemli etkisi, sağırılık ve kısmi sağırılıktır.

4.1.b Psikolojik Açıdan Konfor.

Kişilerin ve toplulukların gürültüye karşı tepkileri birbirlerine göre başlıklar gösterdiğinden, insanların psikolojik konfor durumlarının tanımlanması kolay olmamaktadır. Ancak, çeşitli ülkelerde, gürültünün etkisinde kalan insanların rahatsızlık derecelerini saptamak üzere çok sayıda sosyolojik anketler yapılmıştır. Sosyal ve özellikle psiko-akustik soru sisteminin uygulandığı testlerin sonuçlarının değerlendirilmesi ile gürültünün fiziksel parametreleri ile öznel derecesi arasındaki ilişkileri veren kriterlerin ve birimlerinin saptanması olanaklı olmuştur. Anket çalışmalarının dışında, çevre gürültüsüne karşı toplumun tepkilerini saptamak üzere yöntemde geliştirilmiştir.

4.2 İşitsel Konforu Etkileyen Değişkenler.

İnsanların gürültüye karşı gösterdikleri öznel tepkilerin bağlı olduğu parametreler şu şekilde sınıflandırılabilir.

- a) Kişinin o andaki psikolojik durumu (keyifli keyifsiz).
- b) " " " genel eylem durumu (çalışma, dinlenme, uyuma, problem çözme, okuma ve müzik dinleme gibi).
- c) Kişinin eğitim ve kültür alışkanlığı.
- d) Kişinin aile durumu vs.

Kulağın duyarlılık sınırları içinde kalan gürültüye ve sese bağlı parametreler ise;

- 1) Gürültünün niteliği (kısa süreli ani sinyaller, durgun ve devamlı sinyaller).
- 2) Gürültünün toplam düzeyi ve frekans spektrumu.
- 3) Gürültünün etkilediği süre ve yönü
- 4) Aktüel arka plan gürültüsü ve maskeleyen olayıdır.

Bu etkenler açısından trafik gürültüsü incelendiğinde, korna sesleri dışında, zamana bağlı olarak, değişen ve devamlılığı olan bir özellik gösterdiği, yol kenarlarında ses basınç seviyesinin 80dB(A) ya kadar çıkabildiği, gece saatlerinde şiddetinin azaldığı görülmektedir. Trafik gürültüsünün aynı zamanda arka plan gürültüsüne bağlı olarak etkili olabildiği ve sonuçta bireylerde daha çok psikolojik yönden rahatsızlık yarattığı görülür.

Kişilerin ve toplulukların gürültüye karşı tepkileri, birbirlerine göre başlıklar göstermelerine rağmen, şehrimizdeki gürültü kirlilik derecesinin yorumlanabilmesi için, tarama ve deney bulgularının değerlendirilmiş (L_p) ses seviyesi haline getirilmesi gerekmektedir. Çoğu kez, gürültünün toplumsal yaşam yönünden daha iyi değerlendirilmesi için ölçülen L_A ses seviyesinde düzeltmelere ihtiyaç vardır. Bu düzeltmeler gürültünün tepe değer faktörü, spektrum özelliği, süre ve dalgalanma durumu niteliğine bağlıdır. L_A seviyesinin ve yapılacak düzeltmelerin toplamı L_p değerlendirilmiş ses seviyesi olarak tanımlanır. Buna göre örneğin, impuls özelliği olmayan kararlı bir gürültünün veya saf tonların ses seviyesi, topluma etki yönünden, ölçülen gürültüyle eş olacaktır.

4.3 L_p ' nin Tayin Yöntemi

- a) Impuls özelliği olmayan veya fark edilebilen tonları bulunma-

- yan kararlı gürültü (yağmur gürültüsü gibi)sonometreyle ölçülen L_A ses seviyesiyle değerlendirilir ve dB(A) olarak belirtilir.
- b)İmpuls özelliği olan (çekiçleme veya perçinleme gibi) veya belirgin gürültü impulslarını içeren kararlı gürültü,dB(A) olarak, belirtilen L_A ses seviyesiyle,Tablo-IV.1'in birinci bölümünde verilen düzeltme değerinin toplamı olarak değerlendirilir.

Tablo-IV.1 dB(A) olarak ölçülen ses seviyeleri için düzeltmeler.

Bölüm	Gürültünün belirgin özelliği	düzeltilme dB(A)
1	Tepe değer faktörü İmpuls özellikli gürültü (örneğin çekiçleme)	+5
2	Spektrum özelliği Farkedilebilen ses tonu varsa(örneğin cızırtı)	+5
3	İlgili zaman periyodunun yüzdesi olarak L_A ses seviyesindeki, gürültünün devam süresi.	100 ile 56 arasında 56 " 18 18 " 6 6 " 1,8 1,8 " 0,6 0,6 " 0,2 0,2 den az
		0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

- c)Fark edilebilen ses tonlarını içeren (örneğin;cızırtı,gıcırtı,vızıltı vs.) kararlı gürültü dB(A) olarak belirtilen, L_A ses seviyesi ile Tablo-IV.1'in 2. bölümünde verilen düzeltme değerinin toplamı olarak değerlendirilir.
- d)Gürültü aravermeler nedeniyle kesintiliyse (hemen hemen değişmeyen fabrika gürültüsünün,bir ara vermeden sonra birkaç saat kesilmesi gibi) gürültü süresindeki kısılmanın,hesaba katılması için, L_A ses seviyesine Tablo-IV.1'in üçüncü bölümüne uygun olarak düzeltme uygulanmalıdır.

Gürültünün zamana bağlı değişimi Tablo-IV.1'in kullanılmasına uygun değilse,istatistik analiz yöntemleri ile bulunan eşdeğer ses seviyeleri alınarak Tablo-IV.1 deki tepe değer faktörü veya ses spektrumu özelliğine bağlı düzeltmeler uygulanmalıdır.

Buna göre Diyarbakır'ın muhtelif yerlerinde yapılan,gürültü ölçümlerinin değerlendirilmiş ses seviyesi olarak değerleri aşağıda Tablo-IV.2 de görüldüğü gibi olabilir.

Tablo-IV.2 Bazı gürültü ölçümlerinin değerlendirilmiş ses seviyesi olarak değerleri.

Gürültü Çevresi	L_A (ölçülen değer)	L_r (Değerlendirilmiş ses seviyesi)
Melik Ahmet Cad.	75 dB(A)	$L_1 = L_A + 5 + 5 - 10 = 75$ dB(A)
Ofis (araba yıkama istasyonu çev)	78 "	$= L_A + 5 + 5 - 10 = 78$ "
Öğrenci kantini (D.Ü.E.Fak.)	76 "	$= L_A + 5 - 5 = 76$ "
Dağ-Kapı (kav. ve çev.)	77 "	$= L_A + 5 + 5 - 5 = 82$ "
Ulu Cami önü ve çev.	79 "	$= L_A + 5 - 5 = 79$ "
Kazancılar çarşısı	80 "	$= L_A + 5 + 5 - 10 = 80$ "
Ziya Gökalp İlkokulu (teneffüste)	91 "	$= L_A + 5 + 5 - 10 = 91$ "
" " " öğretmenler odası (teneffüste)	75 "	$= L_A + 5 - 10 = 70$ "
Halı Fab. (desenli dok. atel.)	98 "	$= L_A + 5 = 103$ "
Lise cad. sok .	65 "	$= L_A = 65$ "
II. Ofis cad. (postane önü)	60 "	$= L_A = 60$ "
Ziya Gökalp İLKOKULU cad.	62 "	$= L_A = 62$ "
Kaporta Atölyesi (sanayi site.)	100 "	$= L_A + 5 + 5 = 110$ "

L_r , bulunurken aşağıdaki kestirme yolu izlemek mümkündür. Değişmez seviyeli gürültülerde gürültü impuls özelliğine veya fark edilebilen ses tonu bileşenlerine sahipse (yada her ikisine sahipse),

$$L_r = L_A + 5 + \text{gürültü kesintiliyse süre için düzeltme.}$$

Dalgalanan seviyeli gürültülerde, gürültü impuls özelliğe veya fark edilebilen ses tonu bileşenlerine veya her ikisine sahipse;

$$L_r = L_A + 5 + \dots \text{ işlemleri yapılır.}$$

Şehrin gürültü kirliliğinin belirlenmesi için araştırma sonuçlarının şehir için veya şehrin muhtelif bölge ve sektörleri için ön görülmüş kriterlerle karşılaştırılması gerekir. Şehrimizde henüz böyle bir tesbit ve ön görü söz konusu değildir. Bu itibarla TSE ve ISO kriterleri araştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanıldı.

TSE tarafından konut bölgelerinde dış gürültü için temel kriter genellikle 35 dB(A) ile 45 dB(A) olarak verilmiş olup, temel kritere günün çeşitli zamanları için uygulanacak düzeltmeler Tablo-IV.3'te,

farklı bölgelerde, konut yerleşmeleri için uygulanacak düzeltmeler de, Tablo-IV.4 te verilmiştir.

Tablo-IV.3 Günün çeşitli zamanları için temel kritere uygulanacak düzeltmeler.

Günün Zamanı	Temel kritere uygulanacak düzeltmeler dB(A)
Gündüz	0
Akşam	- 5
Gece	-10 ile -15

Tablo-IV.4 Farklı, bölgelerde konut yerleşmeleri için temel kritere uygulanacak düzeltmeler.

Yerleşme Yeri Tipi	Temel kritere uygulanacak düzeltmeler dB(A).
Kırsal konut, hastane, dinlenme bölgeleri, banliyölerden konut bölgeleri, hafif yol trafiği şehir konut bölgeleri.	0 + 5
Bazı atölyelerin veya iş yerlerinin veya ana yolların bulunduğu şehir konut bölgeleri.	+ 10 + 15
Büyük şehir (iş, ticaret, yönetim)	+ 20
Endüstri alanları (Ağır Endüstri)	+ 25

Bu verilere göre Diyarbakır iç Ofis semtinde, Ziya Gökalp ilkokulu semtinde gürültü kriteri 40-50 dB(A) civarında olmalıdır. Ölçülen değerler ortalama 60 dB(A) ve 62 dB(A) dır. Diğer tarama sonuçlarına göre ölçüm yapılan yerlerdeki temel kriterler ile gürültü şiddet seviyeleri ,dB(A) olarak Tablo-IV.5 te gösterildi.

Tablo-IV.5 , Kriter değerlerle ölçme sonuçları arasındaki farklar.

Ölçme Mahalli	Temel kriterler	(L_r) Ölçmeler ort. aşma.	Temel kriteri
Melik Ahmet Cad.	65 dB(A)	75 dB(A)	10 dB(A)
Ofis(As.şb., yanı kav.)	65 "	78 "	13 "

(Devamı sayfa 78'de)

Tablo-IV.5 Kriter değerlerle ölçme sonuçları arasındaki farklar.

Ölçme Mahalli	Temel kriter.	(L_r) Ölçmeler ort.	Temel kriteri aşma.
Eğitim Fak.öğr.kantini	70 dB(A)	76 dB(A)	6 dB(A)
Dağ-Kapı(kavşak ve çev)	75 "	82 "	7 "
Ulu Cami önü	75 "	79 "	4 "
Kazancılar çarşısı	70 "	80 "	10 "
Ziya Gökalp İlkok.(teneffüs)	75 "	91 "	16 "
" " " öğret.odası (teneffüste)	65 "	70 "	5 "
Sümer H.Fab.(desenli dok.at.)	75 "	103 "	28 "
" " " (iplik " "at..)	75 "	90 "	15 "
" " " (hallaç atölye.)	75 "	86 "	11 "
" " " (Atölye)	75 "	95 "	20 "
Lise cad.sok.(yenişehir)	55 "	65 "	10 "
II.Ofis cad.(postahane önü)	55 "	60 "	5 "
Ziya Gökalp İlkok.cad.	50 "	62 "	12 "

Konutların içindeki gürültülerin değerlendirilmesi için genel kriter değerleri,daha önce dış gürültüler için belirtilen ve tarama bölgeleri için yukarıda verilen değerlere,ses basınç seviyesinin dıştan içe pencerelerin açık veya kapalı olmasına bağlı azalmasına uyan düzeltmelerin ilavesiyle bulunacaktır.Aşağıda Tablo-IV.6 'da iç gürültüler bakımından gürültü genel kriterinin bulunmasında, dış gürültüler için olan gürültü genel kriterine uygulanacak düzeltmeler gösterildi."Düzeltilmeler yaklaşıktır".

Tablo-IV.6 İç gürültüler bakımından gürültü kriterinin bulunmasında,dış gürültüler için olan gürültü genel kriterine uygulanacak düzeltmeler.

Pencere Durumu	Düzeltilme dB(A)
Açık pencere	-10
Kapalı tek yüzeyli pencere	-15
Kapalı çift yüzeyli pencere veya açılmıyan pencere.	-20

Konuttan başka binalarda,iç gürültüler için kriterler,hacımların çeşitli kullanım amaçlarına uygun olarak Tablo-IV.7 de görülmektedir.

Tablo-IV.7 Konut olarak kullanılmayan hacımlar için önerilen gürültü kriterleri için örnekler.

Hacım Tipi	Gürültü Kriteri dB(A)
Büyük büro,büro,resmi daire toplantı odası, sessiz lokanta.	35
Büyük lokanta,sekreter bürosu(yazı makinalı)	45
Yazı makinaları bulunan büyük bürolar .	55
Dükkân,mağaza,iş yeri,atölye,(kullanma amacına uygun olarak)	45 ile 75

Tarama bölgelerindeki,temel kriterler,TSE temel kriterlerine ki bunlar (ISO) temel kriterleri ile uyuşum halindedirler, Tablo-IV.3 ve Tablo-IV.4 teki düzeltme unsurlarının uygulanması ile elde edilmişlerdir.Örneğin Melik Ahmet cad.,yol dışı konut bölgesi olduğundan temel kriter,45+20=65 dB(A) bulunmuştur. Çünkü burası bir iş ve ticaret yeridir.

Gürültü taraması sonuçlarının,değerlendirilmesine geçmeden önce konutlarımızın inşaatında yer alan bölme elemanlarının ve duvarların gürültüye karşı ne denli yalıtım sağladıklarına bakalım.Bu maksatla Tablo-III.17 deki ilgili değerleri tekrar aşağıya çıkaralım.

Tablo-III.17 1000 Hz frekanslı ses kullanarak,muhtelif duvarlar üzerinde yapılan araştırma sonuçları.

Duvar Tipi.	Ses iletim kat.s.(τ)	Ses yal. kat.s.($1/\tau$)	Ses iletim kay.(TL).
Büyük boy deliksiz tuğ.(D.Ü.E.Fak tesis.,duvar kalınlığı 26 cm.)	0,16	9,12	21,65
Beton biriket duvar(D.Ü.E.Fak., tesis.duvar kalınlığı 15 cm.)	0,54	1,85	6,15
Beton biriket duvar(Güçlü Pa. duvar kalınlığı 15 cm.)	0,33	3,03	11,08
Delikli tuğla duvar(D.Ü.E.Fak. duvar kalınlığı 13 cm.)	0,36	2,77	10,21
Delikli tuğla duvar(D.Ü.Loğ., kalınlık 13 cm.)	0,30	3,33	12,12
Bazalt taş duvar(Ziya G.ilkok. duvar kalınlığı 40 cm)	0,04	25,00	32,18

Bu değerler belirtildiği üzere 1000 Hz frekanslı sesle yapılan çalışma sonuçlarına dayanmaktadır.

Büyük boy,deliksiz tuğlanın yüzeye dikey kullanılması veya çift sıra tertibiyle örülen ve bazalt taştan imal edilen duvarlara şimdi-ki yapılarda ne dış cephe duvarı olarak ve ne de bölme elemanı olarak hemen hemen hiç yer verilmemektedir.Bu nedenle beton biriket ve delikli tuğladan imal yapı,duvar ve bölme elemanlarının yalıtımlarına bakmak gerekmektedir. Beton biriket ve delikli tuğladan imal duvar ve bölme elemanlarının (200-2000) Hz. frekanslı sesler için ortalama $\bar{\alpha}$, $\frac{1}{\bar{\alpha}}$ ve \bar{TL} değerlerini, Tablo-III.15 ve Tablo-III.16 dan alalım.İlgili değerlerle Tablo-IV.8'i oluştururuz.

Tablo-IV.8 Bazı duvarların ortalama $\bar{\alpha}$, $\frac{1}{\bar{\alpha}}$ ve TL katsayıları.

Duvar Tipi	Ort.ses ilet. kat.s.($\bar{\alpha}$)	Ort.ses yalıt. kat.s. ($\frac{1}{\bar{\alpha}}$)	Ort.ses iletim kaybı. (TL)
Beton biriket duvar	0,53	1,88	6,31
Delikli tuğla "	0,46	2,40	8,65

Gürültü taraması yapılan çevrede bulunan ya da eşdeğer gürültüye sahip mahallerdeki konutlar, gürültüye karşı ne denli yalıtım sağlı-yacaklardır.Bunu global olarak anlamak amacıyla (maksimum %1 ile %10 hata ile) , Tablo-IV.7 verilerini, 35 dB(A)-45 dB(A) aralığına "temel kritere" uygulayarak, dış gürültülerin, ne kadarının içeriye girdiğine bakmak lazımdır.Bu itibarla, önce, Tablo-IV.4'e göre farklı bölgelerdeki konut yerleşmeleri için dış gürültü ve konut içi temel kriterlerini bulalım.

(Bu amaçla hazırladığımız Tablo-IV.9, sayfa 81 de görölüyor)

Tablo-IV.9 Konut yerleşmeleri için iç ve dış temel kriterler.
 "Konut bölgelerinde dış gürültü için temel kriter genellikle,
 (35-45) dB(A) aralığında olmaktadır".

Yerleşme Yeri Tipi	Temel kriter uygulanacak dü.	Temel kriter dB(A)	İç gürültüler bakımından gürültü genel kriterinin bulunmasında dış gürültüler için olan gürültü genel kriterine uygulanacak düzeltmeler.			İç gürültü temel kriteri.
			Açık pencere. -10 dB(A)	Kapalı tek yüzlü pen. -15 dB(A)	Kapalı çift yüzlü veya ka- pa.p. -20 dB(A)	
Kırsal konut,hastane,dinlenme bölgeleri, banliyölerden konut bölgeleri,hafif yol tra- fiği ,şehir konut bölgeleri.	0	35-45	25-35	20-30	25	←
Bazı atölyelerin ve iş yerlerinin bulunduğu yada ana yolların bulunduğu şehir konutböl- geleri.	+5	40-50	30-40	25-35	20-30	←
Büyük şehir (iş,ticaret,yönetim)	+10	45-55	35-45	30-40	25-35	←
Endüstri alanları	+15	50-60	40-50	35-45	30-40	←
	+25	60-70	50-60	45-55	40-50	←

Konut olarak kullanılmayan hacımlar için, önerilen gürültü kriterleri Tablo-IV.7 de verilmişti. Bu tesbitlerden sonra tarama bölgelerinde yer alan konutların genellikle, ya beton biriket yada delikli tuğla yapı bölmeleri içermeleri nedeniyle iç gürültüleri (gürültü dalgasına hedef ilk duvara sahip odalar için) aşağıdaki gibi değerler alabilecektir. Bu değerlerin bulunmasında her frekans ses için ayrı değerlendirme yapılmamış, tüm frekansları kapsayacak ortalama değerler kullanılmıştır. Gürültü muhtelif frekanslı seslerin oluşturduğu bir yapıya sahip olduğundan bu yöntem tercih edilmiştir. Kaldı ki yukarıdaki, değerlerden de görüleceği üzere, muhtelif frekanslı sesler için ortalama değerlerden anormal sapmalar, makro düzeyde yanlışlara sebep olacak sapmalar görülmemektedir.

Tablo-IV.10 Diyarbakır tarama bölgelerinde bölme elemanları ve dış cephe duvarları beton biriket duvar olan yapılarda beklenen iç gürültüler.

Ölçme Mahalli	Dış gürültü seviyesi dB(A).	\bar{Z}	$\frac{1}{\sqrt{Z}}$	\bar{L}	İç gürültü
Melik Ahmet cad.	75 dB(A)	0,53,	1,88	6,31	54,60 dB(A)
Ofis (As.şb.yanı kavşak)	78 "	"	"	"	56,78 "
Dağ-Kapı(kav.ve çevresi)	82 "	"	"	"	59,69 "
Ulu Cami önü ve çevresi	79 "	"	"	"	57,51 "
Kazancılar çarşısı ve çev.	80 "	"	"	"	58,24 "
II.Ofis cad. (postane yanı)	60 "	"	"	"	43,68 "
Lise cad.	65 "	"	"	"	47,32 "
Ziya Gökalp ilkokulu cad.ve ç.	62 "	"	"	"	45,13 "

Tablo-IV.11 Diyarbakır'da gürültü taraması yapılan bölgede, bölme elemanları ve dış cephe duvarları delikli tuğladan yapılmış konutlarda beklenen iç gürültüler.

Ölçme Mahalli	Dış gürültü seviyesi dB(A)	\bar{C}	$1/\bar{C}$	TL	İç gürültü dB(A)
Melik Ahmet cad.	75 dB(A)	0,46	2,40	8,65	50,86 dB(A)
Ofis(As.şb.kav.ve çevresi)	78 "	"	"	"	52,90 "
Dağ-Kapı(kav.ve çev.)	82 "	"	"	"	55,61 "
Ulu Cami önü ve çevresi	79 "	"	"	"	53,58 "
Kazancılar Çarş.ve çevresi	80 "	"	"	"	54,25 "
II.Ofis cad.	60 "	"	"	"	40,69 "
Lise cad.	65 "	"	"	"	44,08 "
Ziya Gökalp İlkokulu cad.	62 "	"	"	"	42,05 "

Konut olarak kullanılmayan hacımlar için önerilen iç gürültü kriterleri Tablo-IV.7 de verilmişti. Bu hacımların gürültü çevrelerinden beton biriket duvarla yada delikli tuğladan imal duvarla ayrılmalari halinde, maruz kalabilecekleri beklenen gürültü şiddetleri dB(A) olarak hesaplandı. Dış cephe duvarlara gelen gürültü şiddetleri, tarama sonucu ölçülen ortalama ses basınç seviyeleridir. Duvar ve bölme elemanlarının niteliklerine göre \bar{C} , $1/\bar{C}$ ve TL değerleri, deneylerle bulunduğundan, dış cephesine gelen ses basınç seviyesi belli bir duvarın, bu değerleri bildiği takdirde geçireceği ses şiddeti kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Biz de bu yöntemle yaptığımız işlemler sonucu Tablo-IV.10 ve Tablo-IV.11'deki iç gürültü değerlerini elde ettik.

Sayfa 84'de yer alan, Tablo-IV.12 numaralı tablomuz verilerinden görüleceği üzere, gürültü çevrelerinde konut dışı amaçlar için kullanılan hacımlarda içerden kaynaklanan gürültü (0) bile olsa, çevreden kaynaklanan gürültü, dükân, mağaza ve iş yerleri dışında normal kriterleri aşmaktadır. Hacım içindeki eylemden kaynaklanacak gürültü ile ses basınç seviyesi, normal kriteri büsbütün aşabilecektir.

Gürültünün toplum yaşamına etkisi yönünden değerlendirilmesinde, gürültü çevrelerinde ölçülerek değerlendirilmiş ses seviyelerinin, konut bölgelerinde öngörülen dış gürültü için temel kriterin düzeltilerek değerlendirilmiş biçimi ile karşılaştırılması ve yine gürültü çevrelerin-

Tablo-IV.12 KÖnut olarak kullanılmayan hacımlar için ,iç gürültü kriterleri ile gürültü çevrelerindeki dış gürültülerden mütevellit oluşacak iç gürültüleri.(1) rakamı hacım tipinin çevreden beton biriket duvarla ayrılması halinde beklenen iç gürültüsünü,(2) rakamı ise,hacım tipinin çevreden delikli tuğladan mamül duvarla ayrılması durumunda beklenen iç gürültüsünü gösteriyor.

Hacım Tipi	Gürültü kriterleri dB(A)		Melik Ahmet cad.		Ofis(As.şb.kav.ve çevresi)		Dağ-Kapı(kav.ve çevresi)		Ulu Cami ve çev. (eski Belediye ç)		Kazancılar çar. ve çevresi		II.Ofis cad.		Lise cad. (Yenişehir)		Ziya Gökalp İlk. cad.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Büyük büro,büro,resmi daire, toplantı odası, sessiz lokanta.	35	55 51	57 52	60 56	58 54	58 54	44 41	47 44	45 42								
Büyük lokanta,sekreter bürosu(yazı mak.)	45	55 51	57 52	60 56	58 54	58 54	44 41	47 44	45 42									
Yazı makinaları bulunan büyük bürolar.	55	55 51	57 52	60 56	58 54	58 54	44 41	47 44	45 45									
Dükkân, mağaza, iş yeri,atölye(kullanma amacı- na uygun olarak).	45-75	55 51	57 52	60 56	58 54	58 54	44 41	47 44	45 45									

de ölçülmüş ve değerlendirilmiş ses seviyelerinin muhtelif yapı bölme-lerine sahip konutların iç kısmında oluşturduğu gürültülerle, iç gürültü kriterlerinin karşılaştırılması gerekmektedir. Değerlendirilmiş ses seviyesi kriter değeri aşarsa toplum bu gürültüden rahatsız olacaktır.

5 dB(A) veya daha düşük farklar güvenlik sınırları içindedir. Fark 10 dB(A) veya daha fazla olursa yakınmalar önemli ölçüde artabilir.

Değerlendirilmiş ses seviyesinin kriter değeri belli ölçülerde aşması halinde toplumun buna karşı muhtemel davranışı aşağıdaki Tablo-IV.13'te gösterildi.

Tablo-IV.13 Gürültüye karşı toplumun muhtemel davranışı

Değerlendirilmiş ses seviyesi L_p nin kriter değeri dB(A) olarak aşma miktarı	Toplumun muhtemel davranışı.	
	Yakınma türü	Tanım
0	Yok	Reaksiyon yok
5	Az	Bireysel yakınma
10	Orta	Toplu yakınmalar
15	Kuvvetli	Toplumun aksiyonunda güçlenme.
20	Çok kuvvetli	Güçlü toplu yakınmalar.

Diyarbakır'da değerlendirmeye alınan gürültü çevrelerindeki değerlendirilmiş ses seviyeleri L_p ile bu çevrelere mahsus kriter değerler arasındaki farklar Tablo-IV.5 'ten görüleceği üzere aşağıdaki Tablo-IV.14' te görüldüğü gibidir.

Tablo-IV.14 Gürültü tarama ölçüm sonuçlarının temel kriteri aşma miktarı

Ölçme Mahalli	Gürültü tarama ölçmeler ortalamasının temel kriteri aşma miktarı
Melik Ahmet cad.	10 dB(A)
Ofis(As.şb.kav. ve çevresi)	13 "
Dağ-Kapı(kav.ve çevresi)	7 "
Ulu Cami önü ve çevresi	4 "
Kazancılar çarşısı ve çevresi	10 "
Ziya Gökalp ilkokulu (teneffüs)	16 "
" " " cad.ve çevresi	7 "
Sümer HalıFab.(desenli dokuma atölyesi)	23 "
" " " (İplik dokuma ")	15 "
" " " (Hallaç ")	11 "
" " " (Atölye)	20 "
Lise cad .	10 "
II.Ofis cad.ve çevresi	5 "

Tablo-IV.14 'ten görüleceği üzere,Diyarbakır'da Melik Ahmet Cad. ve çevresi,Ofis(As.şb.kav.ve çe) Dağ-Kapı,Kazancılar çarşısı ve çevresi,Ziya Gökalp ilkokulu cad. ve çevresi ile Lise Cad.ve çevresinde gürültü kirliliği mevcuttur.Şehrimizde trafik hacminin gittikçe artması ki, ölçme yapılan gün Dağ-Kapı kavşağında,trafik hacmi , 2400 araç/sa.sayılmıştır,cadde çevrelerinde gürültü kontrolü açısından hiçbir fiziki tedbir alınmamış olması nedeniyle gürültü kirliliği akan zamana paralel olarak artmaya devam edecektir.

İnşaat sektörü ısı yalıtımına ses yalıtımından daha fazla önem vermektedir.Bu günümüz için herhalde gerçekçi bir yaklaşımdır.Zira konut,tesis,kurum ve kuruluşların ısıtılma sorunlarının,henüz gürültü kirliliğinin ulaştığı boyutlar yanında öncül problem olma niteliğini koruduğu kuşkusuzdur.

Daha önce Diyarbakır'ın muhtelif cadde,semt ve alanlarında konut dışı amaçlar için kullanılan yapıların,çevre gürültüsünden kaynaklanan iç gürültülerine değinmiştik.Şimdide şehrimizde,konutların dış gürültüden kaynaklanan iç gürültülerine değineceğiz.

Tablo-IV.10 ve Tablo-IV.11 de,Diyarbakır'da gürültü taraması yapılan mahallerde bulunan konutların dış gürültülerden kaynaklanan iç gürültülerini ve Tablo-IV.5 ile Tablo-IV.9'da aynı mahallerdeki konutların iç ve dış gürültü kriterlerini görüyoruz.

Tarama bölgelerindeki konutların dış gürültülerden kaynaklanan iç gürültülerini,gürültü kriterleriyle karşılaştırmak üzere Tablo-IV.15'i oluşturduk.

(Tablo-IV.15 ,takip eden sayfalarda Tablo-IV.15A ve Tablo-IV.15B olarak izlenebilir).

Tablo-IV.15A Beton biriket duvar ve bölme elemanlı yapıların dış gürültülerden kaynaklanan iç gürültüleriyle ,iç gürültü kriterlerinin karşılaştırılması.

Ölçme Mahalli	Tablo-IV.10'a göre konutların iç gürültüleri	Tablo-IV.5 ve Tablo-IV.9'a göre kapalı cam durumunda iç gürültü kriterleri	Aralarındaki fark. dB(A)
Melik Ahmet cad.ve çevresi	55 dB(A)	65-20= 45 dB(A)	10 dB(A)
Ofis (as.şb.kav. ve çevresi)	57 "	65-20= 45 "	12 "
Dağ-Kapı(kav. ve çevresi)	60 "	75-20= 55 "	5 "
Ulu Cami önü ve çevresi	58 "	75-20= 55 "	3 "
Kazancılar çarşısı ve çevresi	58 "	75-20= 55 "	3 "
II.Ofis cad. ve çevresi	44 "	55-20= 35 "	9 "
Lise cad. ve çevresi	47 "	55-20= 35 "	12 "
Ziya Gökalp ilkokulu cad. ve çevresi	45 "	50-20= 30 "	15 "

Tablo-IV.15B, Delikli tuğladan mamül dış cephe duvarlı ve bölme elemanlı konutların dış gürültüden kaynaklanan iç gürültüleriyle, iç gürültü kriterlerinin karşılaştırılması.

Ölçme Mahalli	Tablo-IV.11'e göre konutların iç gürültüleri	Tablo-IV.5 ve Tablo-IV.9'a göre kapalı cam durumunda iç gürültü kriterleri.	Aralarındaki fark. dB(A)
Melik Ahmet Cad. ve çevresi	51 dB(A)	65-20=45 dB(A)	6 dB(A)
Ofis (As.şb.kav.ve çevresi)	53 "	65-20=45 "	8 "
Dağ-Kapı (kav.ve çev.)	56 "	75-20=55 "	1 "
Ulu Cami önü ve çevresi	54 "	75-20=55 "	-
Kazancılar çarşısı ve çevresi	54 "	75-20=55 "	-
II.Ofis cad.ve çevresi	41 "	55-20=35 "	6 dB(A)
Lise cad.ve çevresi	44 "	55-20=35 "	9 "
Ziya Gökalp İlkokulu Cad. ve çevresi	42 "	50-20=30 "	12 "

Tablo-IV.15A ile Tablo-IV.15B' nin son sütunlarının karşılaştırılmalarından görüleceği üzere,delikli tuğladan mamül dış cephe duvarlarına ve bölme elemanlarına sahip konutlar,beton biriketten mamül dış cephe duvarlarıyla bölme elemanlarına sahip konutlara nazaran daha iyi yalıtım sağlamaktadırlar.İnşaat setrnde yapı malzemesi olarak delikli tuğlanın bu özelliği ile beton birikete üstünlük sağladığı söylenebilir.Nitekim son zamanlarda inşaatlarda yapı malzemesi olarak çok yaygın bir şekilde delikli tuğla kullanıldığını görüyoruz.Ulu cami,Kazancılar arşısı ve evre alanındaki konutlar için Cami duvarlarıyla,arşı dükkânları bir çeşit massif gürültü engeli oluşturmaktadır.Tarama alanına giren diğer tüm semt ve caddelerde yer alan konut ve yapılar gürültü kirliliği açısından risk altındadırlar.Dış gürültüler bakımından Tablo-IV.5 te grldği üzere gürültü kirliliği tüm semt ve alanlara ulaşmış durumdadır.Gürültü kirliliği bu tablonun incelenmesinden hemen görüleceği üzere bazı cadde ve sokaklarda toplu yakınmalara,bazı kurumlarımızda toplumun aksiyonunda güçlenmeye ve hatta güçlü toplumsal reaksiyona sebep olacak boyuttur.

GAP'a paralel olarak,Diyarbakır'da kentleşme ve köyden kente gç hızlanmış görünmektedir.Gerekli ekonomik,sosyal ve fiziki önlemler alınmadığı takdirde hava kirliliği gibi gürültü kirliliği de önemli evre sorunlarından biri haline gelecektir.

Bu sade araştırmanın,ilgililerin ve yetkililerin kentin gürültü kirliliğini ve toplumsal yaşama etkilerini rasyonel olarak değerlendirmeleri bakımından bir baz oluşturmasını umarken gerekli önlemlerin alınmasına vesile olmasını temenni ederiz.

EK-1

Tablo-1 MODEL,215 SES SEVİYE ÖLÇME ALETİ İLE YAPILAN,DIYARBAKIR GÜRÜLTÜ TARAMA SONUÇLARINI GÖSTERİR CETVEL.

ölçme sıra sayısı	ölçme saati	ölçme süresi	ölçme tarihi	Gürültü mahalli iş yeri ise,gürültü etkisindeki işçi sayı.	Gürültü çev.kapalı veya açık mekân.	ölçme yapılan semt veya mahal.	Sırasıyla ölçülen maksimum gürültü şiddeti.(ölçmeler (A) ağırlıklı olarak ve aletin yavaş seçiminde yapılmıştır.)										ölçmeler ortalaması dB(A)	DÜŞÜNCELER
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	14.30	3 sa	21.XI.90	-	Oto.dura.	Dağ-Kapı	75	75	70	82	88	76	74	75	72	80	76,7	Durak ve çevresi
2	12.30	90dk.	16.XI.90	E.F.öğr	Kapalı.	Öğ.kanti.	84	80	80	75	76	82	82	78	77	85	79,9	Kapılar açık
3	14.40	3.sa.	15.XI.90	" 300 "	"	" "	75	75	77	80	75	80	75	78	75	78	77,1	" "
4	9.40	2.sa.	20.XI.90	" 200 "	"	" "	67	68	72	70	72	70	70	82	75	74	72	" "
5	15.00	3.sa.	1.XI.90	-	Açık al.	Ofis(kav)	84	78	75	84	83	73	73	70	74	75	78,5	(As.şb.ve çev.)
6	15.00	3.sa.	26.XI.90	-	Açık ".sok	Melik Ah.	78	72	80	75	76	75	78	70	70	75	74,9	Cadde ve çev.
7	14.00	2.sa.	12.12.90	Var.iş.	Kapalı	S.Halı F.	85	90	92	94	93	92	94	92	90	86	90,8	Vardiyadaki iş.
8	14.00	2.sa.	12.12.90	" "	"	"	86	86	85	87	85	85	87	86	87	85	85,1	" "
9	14.00	2.sa.	12.12.90	" "	"	"	98	99	97	96	98	98	99	98	98	98	97,9	" "
10	14.00	2.sa.	12.12.90	" "	"	"	92	93	95	96	94	98	95	96	96	94	94,9	" "
11	15.00	2.sa.	18.12.90	4 kişi	Kapalı	G.Pasajı	50	55	55	60	60	60	60	50	52	54	55,6	Reklacı dükkânı
12	15.00	2.sa.	19.12.90	-	Kapalı	Md.Y.oda.	60	78	62	62	60	50	54	55	50	58	52,9	Md.Y.ile bitişik
13	14.00	2.sa.	20.12.90	öğret.	Kapalı	öğret.oda.	75	73	88	70	75	72	74	70	72	76	74,5	Dev.öğr.içerde.
14	15.00	2.sa.	21.12.90	öğren.	Kap.açık.	Teneffüs.	90	88	90	94	85	92	94	90	94	96	91,3	Sal.kapı.açık
15	15.00	1.sa.	8.12.90	Çar.iş.	" "	K.çarşısı	70	72	74	76	82	84	84	88	86	86	80,2	Kazancılar ve ç
16	15.00	2.sa.	6.12.90	-	Açık alan	U.Ca.önü.	77	78	82	80	82	80	80	82	75	74	79	Namaz dışı zam.

EK-2 MOJEL -215,SES SEVİYE ÖLÇME ALETİ İLE YAPILAN GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ
CETVELİ.

Ölçme mahalli : Dağ-Kapı kavşak ve otobüs dur. çevresi.
Ölçme süresi : Üç saat.
Ölçme saati : 14.30
Gürültü mahalli iş yeri ise,
gürültü etkisindeki işçi sayısı.: -
Gürültü çevresinin kapalı veya
açık alan oluşu : Açık alan ve kısmen gürültü engeli binalarla
Ölçme tarihi : çevrili.
21.XII.1990

Ölçme sıra sayısı	Ağırlık seçimi.	Desibel sıra seçimi.	Ölçülen maksimum gös- terge(aracın ağırlık lı skalasına göre)	Hesaplanan maksimum gürültü şiddeti.	Gürültünün yayılma süresi(gün başına ve tahmini)	Düşünceler
1	A	80	-5	75	3.Hr./Day	
2	"	"	-5	75	"	
3	"	"	-10	70	"	
4	"	"	2	82	"	
5	"	"	8	83	"	
6	"	"	-4	76	"	
7	"	"	-6	74	"	
8	"	"	-5	75	"	
9	"	"	-8	72	"	
10	"	"	0	80	"	
Ortalama şiddet				76,7		

Not: Ölçmeler ölçü aracının yavaş seçiminde alınmıştır.

EK-2 MODEL-215, SES SEVİYE ÖLÇME ALETİ İLE YAPILAN GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ
CETVELİ.

Ölçme mahalli : Ofis (As. şubesi yanı kav. ve çevresi)
Ölçme süresi : Üç saat.
Ölçme saati : 15.00
Gürültü mahalli iş yeri ise, gü-
rültü etkisindeki işçi sayısı : -
Gürültü çevresinin kapalı veya
açık mekan oluşu. : Açık alan.
Ölçme tarihi : 1.XII.1990

Ölçme sıra sayısı	Ağırlık seçimi.	Desibel sıra seçimi	Ölçülen maksimum gös- terge(aracın ağırlık- lı skalasına göre)	Hesaplanan maksimum gürültü şiddeti.	Gürültünün yayılma süresi(gün başına ve tahmini)	Düşünceler.
1	A	80	4	84	3 Hr/Day	
2	"	"	-2	78	"	
3	"	"	-5	75	"	
4	"	"	4	84	"	
5	"	"	8	88	"	
6	"	"	-2	78	"	
7	"	"	-10	70	"	
8	"	"	-2	78	"	
9	"	"	-6	74	"	
10	"	"	-4	76	"	
Ortalama şiddet				78,5		

Not : Ölçmeler ölçü aracının yavaş seçiminde alınmıştır.

EK-2 MODEL-215,SES SEVİYE ÖLÇME ALETİ İLE YAPILAN GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ
CETVELİ.

Ölçme mahalli : Sümer Halı Fabrikası(desenli dokuma atöl.)
Ölçme süresi : İki saat.
Ölçme saati : 14.00
Gürültü mahalli iş yeri ise,gürültü etkisindeki işçi sayısı. : Vardiyadaki işçilerin tamamı.
Gürültü çevresinin kapalı veya açık mekan oluşu : Kapalı atölye
Ölçme tarihi : 12.XII.1990

Ölçme sıra sayısı	Ağırlık seçimi.	Desibel sıra seçimi.	Ölçülen maksimum gös-terge(aracın ağırlıklı skalasına göre)	Hesaplanan maksimum gürültü şiddeti.	Gürültünün yayılma süresi(gün başına ve tahmini)	Düşünceler.
1	A	90	+8	98	Vardiya süresi	
2	"	"	9	99		
3	"	"	7	97		
4	"	"	6	95		
5	"	"	8	93		
6	"	"	8	93		
7	"	"	9	93		
3	"	"	8	93		
9	"	"	8	93		
10	"	"	8	93		
Ortalama şiddet				97,9		

Not: Ölçmeler ölçü aracının yavaş seçiminde alınmıştır.

EK-2 MODEL -215 ,SES SEVİYE ÖLÇME ALETİ İLE YAPILAN GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ
CETVELİ.

Ölçme mahalli : Güçlü Pasajı
Ölçme süresi : İki saat.
Ölçme saati : 15.00
Gürültü mahalli iş yeri ise ,gürültü etkisindeki işçi sayısı : 4 kişi
Gürültü çevresinin kapalı veya açık mekan oluşu. : Kapalı dükkân.
Ölçme tarihi : 18.XII.1990

Ölçme sıra sayı.	Ağırlık seçimi.	Desibel sıra seçimi.	Ölçülen max. gösterge(aracın ağırlıklı skala-sına göre.	Hesaplanan max. gürültü,şid.	Gürültünün yayılma süresi. (gün başına ve tahmini).	Düşünceler
1	A	60	-10	50	sa.3.00-17.00 arası.	Biriket duvar. Duvarın öbür tarafında gürültü,96 dB(A).
2	"	"	-5	55		
3	"	"	-5	55		
4	"	"	0	60		
5	"	"	0	50		
6	"	"	0	50		
7	"	"	0	50		
8	"	"	-10	50		
9	"	"	-8	52		
10	"	"	-6	54		
Ortalama şiddet				55,6		

Not: Ölçmeler ölçü aracının yavaş seçiminde alınmıştır.

EK-2 M0JEL-215,SES SEVIYE 0LÇME ALETİ İLE YAPILAN GÜRÜLTÜ 0LÇÜMLERİ
CETVELİ.

Ölçme mahalli : Ziya Gökalp ilkokulu
 Ölçme süresi : iki saat.
 Ölçme saati : 15.00
 Gürültü mahalli iş yeri ise, Teneffüs nedeniyle,devre nöbetçi öğretmen-
 gürültü etkisindeki işçi sa. : leri ile öğrencilerinin büyük bir kısmı.
 Gürültü çevresinin kapalı ve-
 ya açık mekan oluşu : Gürültü mahalli salon.Kapıları açık.
 Ölçme tarihi : 18/XII/1990

Ölçme sıra sa.	Ağırlık seçimi	Desibel sıra seçimi.	Ölçülen max. gösterge.(Ara- cın ağırlıklı skalasına göre	Hesaplanan max. gürültü şid-	Gürültünün ya- yılma süresi, (gün başına ve tahmini	Düşünceler
1	A	90	0	90	Sa.7.30-17.00 arası(8 teneffüs)	
2	A	80	8	88		
3	"	80	0	90		
4	"	"	4	94		
5	"	"	-5	85		
6	"	"	2	92		
7	"	"	4	94		
8	"	"	0	90		
9	"	"	4	94		
10	"	"	6	96		
Ortalama şiddet				91,3		

EK-3 SES SEVİYE ÖLÇÜMÜ YAPILAN GÜNLER ATMOSFER(METEOROLOJİ) BİLGİLERİ

Ölçme Yapılan tarih	Ortalama sıcaklık	Max. sıcaklık	Min. sıcaklık	Havanın nemi	Yağış
15.XI.1990	4.8	12.8	-2.6	59	---
16.XI.1990	6.1	16.4	-0.2	50	---
20.XI.1990	9.7	17.7	6.0	64	0.0
21.XI.1990	12.1	22.0	7.0	53	---
22.XI.1990	11.2	22.2	4.0	59	---
26.XI.1990	11.2	17.3	6.6	55	---
1.XII.1990	9.9	16.3	3.5	75	0.0
8.XII.1990	6.8	12.4	0.0	79	---

Not: cetvel tüm çalışma günlerini kapsamamaktadır.

V- KAYNAKÇA

- 1- Kinsley,L.E ve Frey,A.R. Fundamentals Of Acoustics NewYork:
John Wiley and Sons Inc.1967
- 2- Resnick Robert ,Halliday David, Fundamentals Of Physics .
John Wiley Sons,Inc.NewYork 1974
- 3- TS.2382/Nisan 1976
- 4- TS.2673/Nisan 1973
- 5- Burus,W. Noise and Man Londra:
John Murray,1965
- 6- Thomson,P.A. Compresible-fluid Dynamics . New York McGraw Hill,
1972.
- 7- Crawford,Jr,F.S.Waves,Berkeley Physics Cours,V.3.
- 8- Akrill,T.B. ve Millar,C.J.Mechanics,Vibration and Waves.
Londra;Faber and Faber Ltd.1969
- 9- Morse,P.M. ve Ingard,K.U.Theoretical Acoustics.
New York, McGraw Hill,1968
- 10- Morse,P.M. Vibration and Sound.New York.McGraw Hill 1948
- 11- Sey,Y İTÜ Mimarlık Fak.Akustik Ders Notları.1971
- 12- Kayılı,M An Attempt to Modify the Sound Transmission Through
Partitions at low Frequencies M.Sc.tezi ,ISVR
Southampton Üniversitesi 1971
- 13- Cremer,L.Teoryof the Sound Insulation of Thin Wall for Oblique
Incidence,Acoustica 2.7.81.1942
- 14- London,A. Transmission of Reverberant Sound Through Single Walls.
J.R.National Bureau of Standards,Rept.1998,42,605-615,1949
- 15- Fahy,F.Sound Transmission Ders Notları"Advanced Acoustics" M.Sc
Öğrenimi.Southampton Üniversitesi 1969-1970
- 16- TS.2606/Mart 1977
- 17- TS.2381/Nisan 1976
- 18- ISO/R-1996(1974)
- 20- Ana Maria Verzini de Romera. Ciudad Üniveritaria. Cordoba
Argentina-1989
- 21- Kurra,S. İTÜ.Mimarlık Fak.1978