İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL ÇERÇEVELİ GİYDİRME CEPHELERDE SES YALITIMI SORUNLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Mahmut UYAR
(502001500)

Anabilim Dalı : MİMARLIK

Programı : ÇEVRE KONTROLÜ VE YAPI TEKNOLOJİSİ

OCAK 2005

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL ÇERÇEVELİ GİYDİRME CEPHELERDE SES YALITIMI SORUNLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Mahmut UYAR
(502001500)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Aralık 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 25 Ocak 2005

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Sevtap Yılmaz DEMİRKALE
Diğer Jüri Üyeleri: Doç.Dr. Murat AYGÜN (İ.T.Ü.)
Doç.Dr. Leyla TANAÇAN (İ.T.Ü.)

OCAK 2005

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında bana anlayış gösteren, değerli eleştirileri ile tezimi başarıyla hazırlamamda büyük pay sahibi olan tez danışmanım İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Sevtap Yılmaz Demirkale'ye şükranlarımı sunarım. Tezimin hazırlanmasında katkıları olan İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi Araştırma Görevlisi Mete Akçadağ'a teşekkürü borç bilirim. Derslerimi tamamlama ve tezimi hazırlama döneminde, gösterdikleri anlayıştan dolayı, çalıştığım iş yerinde yöneticilerim olan, Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Süleyman Varlıbaş ve Genel Müdür Teknik Yardımcısı Sayın Metin Varlıbaş'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca başta Makine Mühendisi Sayın Umut Yakar ve Muhasebe Müdür Yardımcısı Sayın Resul Bilge olmak üzere, çok sevdiğim, benim için çok değerli olan iş arkadaşlarıma ve bana destek olan tüm arkadaşlarıma, bana olan güven ve sevgilerini hiç esirgemeyen aileme de çok teşekkür ederim.

Ocak 2005 **Mahmut Uyar**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **VI**
TABLO LİSTESİ **VII**
ŞEKİL LİSTESİ **VIII**
SEMBOL LİSTESİ **XII**
ÖZET **XIII**
SUMMARY **XIV**

1. GİRİŞ **1**
1.1. Giriş Ve Yapılan Çalışmanın Amacı **1**

2. SESİN ALGILANMASI, GÜRÜLTÜNÜN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE GÜRÜLTÜ KRİTERLERİ **3**
2.1. Giriş **3**
2.2. Sesin Algılanması, Gürültünün İnsan Üzerindeki Etkileri **3**
2.2.1. Kulağın Hassasiyeti 3
2.2.2. Kulak Anatomisine Giriş 4
2.2.3. Ses Şiddeti Kontrolü 6
2.2.4. İşitebilme Alanı 7
2.2.5. Ses-Şiddeti Vs Ses-Basıncı Seviyesi 9
2.2.6. Ses-Şiddeti (Loudness) Ve Bant Genişliği (Bandwith) 11
2.2.7. Impulsların Ses-Şiddeti 13
2.2.8. Ses-Şiddeti Değişimlerinin İşitilebilirliği 15
2.2.9. Perde (Pitch) Ve Frekans 15
2.2.10. Tını (Timbre) Ve Spektrum 16
2.2.11. Ses Kaynaklarının Saptanması (Localization) 17
2.2.12. Çözümleyici Olarak Kulak 20
2.2.13. Ölçüm Aleti Olarak Kulak 20
2.2.14. Öncelik Etkisi 21
2.2.15. Yansıyan Ses'in Algılanması 22
2.3. Gürültü Kriterleri **23**
2.3.1. Kapalı Mekanlarda Gürültü Kriterleri 24
2.3.1.1. Eşdeğer Enerji Düzeyi Kriteri (L_{eq}) 24
2.3.1.2. Konuşma Anlaşılabilirliği (Psıl) 26
2.3.1.3. Konuşma İletimi Ve Gizliliği 27
2.3.2. Endüstriyel Ortamlarda Duyma Bozukluğu Riskleri Düzenlemesi 28
2.3.2.1. A.B.D' De Osha Düzenlemesi Öncesi Yapılan Çalışmalar 29
2.3.2.2. 1970 A.B.D Çalışma Güvenliği Ve Sağlık Kanunu 32

3. GİYDİRME CEPHELER VE METAL ÇERÇEVELİ (HAFİF) GİYDİRME CEPHELERDE ÖRTÜ BİLEŞENLERİ **37**
3.1. Giriş **37**
3.2. Giydirme Cephe Kavramı **37**
3.3. Giydirme Cephelerin Gelişimi **38**

3.4. Ülkemizde Giydirme Cephelerin Gelişimi **41**
3.5. Giydirme Cephelerin Sınıflandırılması **41**
3.5.1. Ağir Giydirme Cepheler 42
3.5.2. Metal Çerçeveli Giydirme Cepheler 43
3.6. Metal Çerçeveli Giydirme Cephelerde Saydam Bölge (Cam) **46**
3.6.1. Cam Giydirme Cephe Tarihi, Gelişimi Ve Ülkemizdeki Durumu 46
3.6.2. Cephede Saydamlık (Transparan Cephe) 51
3.6.3. Camın Fiziksel Özellikleri 53
3.6.4. Camın Mekanik Özellikleri 53
3.7. Metal Çerçeveli Giydirme Cephelerde Opak Bölgeler **54**
3.7.1. Opak Bölgelerde Cam 54
3.7.1.1. Tek Cam Uygulamalari 55
3.7.1.2. Yalitim Üniteleri 55
3.7.2. Opak Bölgelerde Kompozit Malzemeler 56
3.7.2.1. Alüminyum Kompozit Levhalar 56
3.7.2.2 Cam Lifi Takviyeli Plastik (Glass Fiber Reinforced) 56
3.7.2.3. Cam Lifi Takviyeli Beton (Glass Fiber Reinforced Cement-Grc-) 57
3.7.2.4. Sandviç Paneller 59
3.7.3. Opak Bölgelerde Doğal Taş Malzemeler 59
3.7.3.1. Granit 59

4. SES YALITIMI **62**
4.1. Giriş **62**
4.2. Rahatsızlık Verici Gürültülerin Kontrolü **62**
4.3. Gürültü Kaynakları Ve Bazı Çözümler **63**
4.4. Gaz Ortamlarda Ses Dalgalarının Yayılması (Hava Doğuşumlu Gürültü) **65**
4.4.1. Dolayli Gürültü İletim Yollari (Çapraz Geçiş Yollari) 66
4.4.2. Gürültü Düzeyi Farki Ve Ses Azaltim İndeksi (Sri) 67
4.4.3. Kütle Kanunu 70
4.4.4. Diyafram Hareketiyle İletilen Gürültüler 70
4.4.5. Ses Yalitim Duvarlari (Opak Kisim) 71
4.4.5.1. Hava Doğuşumlu Ses Yalitimi Için Duvar Strüktürlerinin Karşilaştirilmasi 73
4.4.5.2. Gözenekli Malzemeler 77
4.4.5.3. Ses Iletim Siniflandirmasi (Stc) 77
4.4.6. Aktif Gürültü Kontrolü 78
4.5. Iki Tabakali Yapi Konsrüksiyonlari **78**
4.5.1. Ses Geçiş Kaybi 78
4.5.1.1. Yapi Konstrüksiyonunu Oluşturan Katmanlari Ayirmanin Ses Iletim Kaybina Katkilari 79
4.5.1.2. Yapi Konstrüksiyonunu Oluşturan Katmanlarin Farkli Olmasinin Ses Iletim Kaybina Katkilari 79
4.5.1.3. Boşlukta Gözenekli Ses Yutucu Malzeme Kullanmanin Ses Iletim Kaybina Katkilari 79
4.5.1.4. Geniş Boşluk Derinliğinin Ses Iletim Kaybina Katkilari 80
4.6. Ses Iletim Sinifi (Stc) **81**
4.6.1. Stc Ölçülendirme Sistemi 83
4.6.2. Stc Konturu Ve Stc Ölçme Kriteri 83

4.7. Kompozit Yapi Sisteminin Ses Geçiş Kaybi **84**
4.8. Ses Delikleri Ve Dolayli Ses Geçişleri **84**
4.8.1. Akustik Macunlar 85
4.9. Laboratuvar Ortami – Alan Ses Iletim Sinifi **85**
4.10. Bina Dişi – Bina Içi Iletim Sinifi **85**

5. ÇİFT TABAKALI YAPI ELEMANLARININ SES YALITIMI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER VE BU ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN METAL ÇERÇEVELİ GİYDİRME CEPHE İLE KAPLANMIŞ BİNALARIN SES YALITIMI PERFORMANSININ KURAMSAL VE DENEYSEL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ **87**
5.1. Giriş **87**
5.2. Kuramsal Yöntem **87**
5.3. Deneysel Yöntem **91**
5.3.1. Giriş 91
5.3.2. Prensip 92
5.3.3. Ölçüm ve Analizde Kullanılan Aletler 92
5.3.4. Ölçüm Yöntemi 93
5.3.5. Deney Ölçümlerinin Analizi 93
5.4. Renault Truck Binası (Ümraniye) Cephesi Ses Yalıtımı Performansının Kuramsal Ve Deneysel Açıdan Değerlendirilmesi **94**
5.4.1. Giriş 94
5.4.2. Renault Truck Binası (Ümraniye) Cephesi Ses Yalıtımı Performansının Kuramsal Açıdan Değerlendirilmesi 95
5.4.3. Renault Truck Binası (Ümraniye) Cephesi Ses Yalıtımı Performansının Deneysel Açıdan Değerlendirilmesi 97
5.5. Varlıbas Group İdare Binası (İçerenköy) Cephesi Ses Yalıtımı Performansının Kuramsal Ve Deneysel Açıdan Değerlendirilmesi **101**
5.5.1. Giriş 101
5.5.2. Varlıbas Group İdare Binası (İçerenköy) Cephesi Ses Yalıtımı Performansının Kuramsal Açıdan Değerlendirilmesi 102
5.5.3. Varlıbas Group İdare Binası (İçerenköy) Cephesi Ses Yalıtımı Performansının Deneysel Açıdan Değerlendirilmesi 104
5.6. Kuramsal Yöntemle Hesaplanan ve Deneysel Yöntemle Ölçülen Sonuçlarının Kıyaslanması. **108**
5.6.1. Giriş 108
5.6.2. Renault Truck Binası (Ümraniye) Cephesi İle İlgili Gürültü İletim Kaybı Değerlerinin Kıyaslanması 109
5.6.3. Varlıbas Group İdare Binası (İçerenköy) Cephesi İle İlgili Gürültü İletim Kaybı Değerlerinin Kıyaslanması 112

6. SONUÇ **115**

KAYNAKLAR **118**

EKLER **121**

ÖZGEÇMİŞ **143**

KISALTMALAR

WHO : World Healt Organization
EPA : Environmental Protection Agency
AI : Articulation Index
SIL : Speech Transmission Index
RASTI : Rapid Speech Transmission Index
SEL : Sound Exposure Level
NPL : Noise Pollution Level
TNI : Traffic Noice Criteria
NC : Noice Criteria
PNC : Preffered Noise Criteria
NCB : Blanced Noise Croteria
CNR : Composite Noise Rating
STC : Sound Transmission Class
FSTC : Field Sound Transmission Class
CSTC : Ceeling Sound Transmission Class
OITC : Outdoor – Indoor Transmission Class

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1.	Ses-Şiddeti Seviyesi (Phon) Vs Ses-Şiddeti (Sone). ……	11
Tablo 2.2.	Farklı Ortamlarda Kabul Edilebilir Gürültü Düzeyleri. ……	24
Tablo 2.3.	İç Mekanlarda Gürültü Düzeyi Sınırları. ……..	25
Tablo 2.4.	Konutlarda Ve Dış Dinlenme Alanlarında Kabul Edilebilir Maksimum Yol Ve Tren Gürültü Düzeyleri. ……	26
Tablo 2.5.	Günlük, Farklı Periyotlarda, Gürültüye Maruz Kalmanın Duyma Bozukluğuna Eden Olmaması İçin Maksimum Ses Basınç Düzeyleri……	31
Tablo 2.6.	Çalışma Güvenliği ve Sağlık Hareketinin (1970) izin verdiği günlük maksimum gürültüye maruz kalma süresi ve ses basınç düzeyi…….	33
Tablo 3.1.	Cam Lifi Takviyeli Betonun Fiziksel Özellikleri. ……	58
Tablo 5.1.	Renault Truck Binası – Gürültü Analiz Sonuçları……	97
Tablo 5.2.	Renault Truck Binası – Frekans Analizi. …….	98
Tablo 5.3.	Renault Truck Binası – Eşdeğer Emicilik Alanının (A) Hesaplanması……	100
Tablo 5.4.	Varlibas Group İdare Binası ı – Gürültü Analiz Sonuçları…..	104
Tablo 5.5.	Varlibas Group İdare Binası – Frekans Analizi……	105
Tablo 5.6.	Varlibas Group İdare Binası – Eşdeğer Emicilik Alanının (A) Hesaplanması……	107
Tablo 5.7.	NCB 35 Kriterine göre bina kabuğunda istenilen gürültü iletim kaybı değerleri ile deneysel yöntemle elde edilen sonuçların kıyaslanması (Renault Truck Binası)…….	109
Tablo 5.8.	Kuramsal ve deneysel yöntemlerle elde edilmiş gürültü iletim kaybı değerlerinin kıyaslanması(Renault Truck Binası)..	110
Tablo 5.9.	NCB 35 Kriterine göre bina kabuğunda istenilen gürültü iletim kaybı değerleri ile deneysel yöntemle elde edilen sonuçların kıyaslanması (Varlibas Group İdare Binası)…….	111
Tablo 5.10.	Kuramsal ve deneysel yöntemlerle elde edilmiş gürültü iletim kaybı değerlerinin kıyaslanması (Varlibas Group İdare Binası)……...	113

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. İnsan kulağının dört ana parçası: kulak kepçesi, işitme kanalı, orta kulak ve iç kulak. …… 5

Şekil 2.2. Kulağın 20 Hz' deki tepkisinin 1000 Hz' deki ile karşılaştırılması. 30 phon' luk ses şiddeti seviyesinde, 20 Hz tonluk sesin ses-basıncı aynı ses-şiddetine ulaşması için 1000-Hz'lik bir tondan 58 dB daha fazla olmalıdır. 90 phon'luk bir ses şiddeti seviyesinde ise sadece 32 dB'lik bir artış gerekmektedir. Kulağın tepkisi yüksek ses-şiddeti seviyelerinde biraz daha yumuşaktır. Ses-şiddeti seviyesi yazıda anlatıldığı gibi gerçek öznel ses-şiddetine ulaşmada sadece bir ara basamaktır…….. 6

Şekil 2.3. İnsan kulağının işitme alanı 2 uç eğri ile sınırlanmıştır, (A) insan kulağının yakalayabileceği en düşük seviyedeki seslerin duyulduğu uç, (B) yüksek sınırdaki hissetme ucu. Bütün işitme deneyimlerimiz bu alan içersinde gerçekleşir….. 8

Şekil 2.4. Fiziksel ses-şiddeti seviyesi (phon) ile öznel ses-şiddeti (sone) arasındaki grafiksel ilişki…… 10

Şekil 2.5. (A) Farklı bant genişliğinde 3 ses, ancak hepsi aynı ses-basıncı seviyesine sahip (60 dB). (B) 100,160 Hz sesleri için öznel ses-şiddeti aynıdır, ancak 200 Hz bandı daha yüksek işitilir çünkü kulağın 100 Hz'deki kritik bant genişliği olan 160 Hz'i geçmiştir……. 12

Şekil 2.6. 1/3 ve 1/6 oktav bantlarının, kulağın kritik bantlarının ve yukarıdaki formülden hesaplanan eşdeğer dikdörtgensel kritik bantların (ERB) bir karşılaştırması. …… 13

Şekil 2.7. Bu grafiklerin gösterdiği gibi kısa ton veya gürültü, uzun süreli pulslara nazaran daha az işitilebilirler. 100 ila 200 ms arasındaki kesikli bölge kulağın bütünleyici zamanıyla ilişkilidir…… 15

Şekil 2.8. Perde (mel cinsinden, öznel bir birim) frekansa (Hz cinsinden, fiziksel bir birim) şekilde gösterilen dinleyici jürileri tarafından elde edilen eğri ile bağlıdır. ……. 16

Şekil 2.9. Bir sesin dalga önü o dalga önüne dik çeşitli ışınlar gibi düşünülebilir. Kulak kepçesine çarpan bu ışınlar, çeşitli sırt ve kıvrımlardan yansıtılırlar. Bu yansımalar kulak kanalının girişine doğru yönlendirilirler ve vektörel olarak birleşirler. Bu yolla kulak kepçesi kulağa düşen tüm sesleri yönsel bilgi ile birlikte kodlar ve beyin de bu kodları yön algılaması olarak çözer……. 18

Şekil 2.10. Kulak kanalının girişinde, öznenin hemen önünde gelen bir sese karşılıkelen ölçülmüş ses basıncına (transfer fonksiyonu) bir örnek. Bu tür transfer fonksiyonlarının şekli sesin kulak

kepçesine ulaştığı yatay ve düşey açılarla değişir. …….. 19
Şekil 2.11. Kulak kanalının transfer fonksiyonu ile birleştirildikten sonra, şekil 3.14'te gösterilen kulak kanalının girişindeki transfer fonksiyonu bu şekle dönüştürülmüştür. Başka bir deyişle, kulak kanalının girişine gözlemcinin direkt olarak önünden gelen bir ses, kulak zarında şekil 3.14'deki gibi görünür, çünkü kulak kanalının kendisinin karakteristiği ile birleşmiştir. Beyin gelen her değişik sesten kulak kanalının bu sabit etkisini çıkarmakta bir sorun yaşamaz…… 19
Şekil 2.12. İnsan işitme sistemindeki öncelik etkisi 5 ila 35 ms bölgesinde, yankının algılanabilmesi için seviyesinin direkt sesten 10 dB daha fazla olması gerekir. Bu bölgede, bir çok yönden gelen yansıyan bileşenler kulak tarafından birleştirilir. Yansımalar sebebiyle sonuçta oluşan ses daha şiddetli olur ve direkt kaynaktan geliyormuş gibi algılanır. 50 ila 100 ms arsındaki ve daha uzun gecikmeler için, yansımalar kesikli yankı olarak algılanır……. 22
Şekil 2.13. Stereo düzenlemeli bir odada direkt sesin algılanmasına yan yansımaların etkileri. Bu ölçümler yankısız ortamdan alınmıştır, yan açılar 45-90 derece, konuşma sinyaldir. (A) Yansımanın mutlak işitilebilme alt sınırı. (B) Görüntü kayma/genişleme alt sınırı. (C) Yan yansımaların yankı olarak algılanması. …….. 23
Şekil 2.14. Konuşma anlaşılabilirliği seviyelerinden konuşma iletişimi kapasitesini belirlemek için yayılma grafiği…… 27
Şekil 2.15. Anlaşılabilirlik indeksini (AI) oluşturma eğrileri. Şekilde bulunan düz çizgi örnekte verilen spektrumdur…….. 28
Şekil 2.16. A ağırlıklı gürültüye maruz kalma süresinin (Yıl) duyma bozukluğu riski…… 30
Şekil 2.17. Tavsiye edilen dinlenme ve çalışma süresi ilişkisi. …… 32
Şekil 3.1. Cam-Alüminyum kombinasyonundan oluşan giydirme cephe örneği……. 39
Şekil 3.2. Giydirme cephe sistemlerinin sınıflandırılması…… 42
Şekil 3.3. Ağır giydirme cephe perspektifi…….. 43
Şekil 3.4. Metal çerçeveli giydirme cephe sistem perspektifi……. 45
Şekil 3.5. Giydirme cephe sistemlerinin gelişimini ifade eden cam-alüminyum kombinasyonundan oluşan giydirme cephe örneği……. 47
Şekil 3.6. Giydirme cephe sistemlerine günümüzden bir örnek…….. 47
Şekil 3.7. Giydirme cephe sistemlerinin gelişimi ile cephe tasarımında sağlanan esnekliğe bir örnek…… 48
Şekil 3.8. Giydirme cephe sistemleri kullanılarak güneş ışınlarının direkt etkisinin kırılması için yapılmış bir cephe tasarımı örneği…… 49
Şekil 3.9. Cephe yüzeyinin büyük bir oranının camla kaplandığı giydirme cephe sistemine bir örnek…….. 49
Şekil 3.10. Birden çok malzemenin kullanılması ile oluşturulmuş cephe tasarımı örneği……. 50
Şekil 3.11. Giydirme cephe sistemleri ile cephede sağlanan tasarım esnekliğine bir başka örnek……. 51

Şekil 3.12. Camın çok yoğun kullanıldığı bir giydirme cephe tasarımı örneği…….. 51
Şekil 3.13. Alüminyum kompozit panellerin kullanıldığı giydirme cephe tasarımı örnekleri…….. 56
Şekil 3.14. Granit kaplama giydirme cephe tasarımından bir bina örneği 60
Şekil 3.15. Granit kaplama giydirme cephe tasarımından bir bina örneği 60
Şekil 3.16. Bilgisayar ortamında tasarlanmış granit kaplama giydirme cephe örnekleri……... 61
Şekil 4.1. Gürültü iletim kaybı……... 64
Şekil 4.2. Ses yalıtımı……..……... 66
Şekil 4.3 Gürültünün odaya ulaşım yolları…… 67
Şekil 4.4. Odalardaki gürültü seviyesi farkı…… 68
Şekil 4.5. İçerden dışarıya gürültü düzeyi farkı……. 68
Şekil 4.6. Dışardan içeriye gürültü düzeyi farkı……. 69
Şekil 4.7. Bina içi bina dışı gürültü durumunun karşılaştırılması…….. 69
Şekil 4.8. Bir yapı malzemesinin kütle değişimi ile sağladığı ses geçiş kaybı değerleri…… 70
Şekil 4.9. Duvar ağırlığı gürültü iletim kaybı ilişkisi……. 72
Şekil 4.10. 10 cm beton blok duvar…….. 74
Şekil 4.11. 20 cm beton blok duvar…….. 75
Şekil 4.12. Standart kompozit bölme duvar……. 75
Şekil 4.13. Dikmeleri şaşırtılmış kompozit bölme duvar……. 76
Şekil 4.14. Çift konstrüksiyonlu kompozit bölme duvar…….. 76
Şekil 4.15. Hesaplamalarla elde edilmiş iletim kaybı özelliklerini gösteren eğri ile, kütle kanununa göre oluşturulmuş eğri arasındaki fark…… 78
Şekil 4.16. Üç ayrı cam sisteminin ses geçiş kaybı – frekans ilişkilerinin karşılaştırılması…….. 81
Şekil 4.17. Malzeme panelinin ses geçiş kaybını ölçmek için hazırlanan ölçüm ortamı. …… 82
Şekil 4.18. Standart STC konturu…… 83
Şekil 5.1. Çift tabakalı cephe elemanlarında, 500 Hz'de, yüzey yoğunluğu ses iletim kaybı ilişkisi (İki tabaka arasında hava boşluğu bulunduğu durumlarda)……. 88
Şekil 5.2. Çift tabakalı cephe elemanlarında, 500 Hz'de, yüzey yoğunluğu ses iletim kaybı ilişkisi (iki katman arası boşlukta ses yutucu malzeme kullanıldığı durumlarda)…….. 89
Şekil 5.3. Farklı frekanslarda, iki cam arası farklı genişliklerde, çift camlı pencerelerin ses yalıtım değerleri…… 90
Şekil 5.4. Kompozit yapı elemanlarında ses kaybı değerinin bulunması. 91
Şekil 5.5. Reault Truck firmasına ait binanın resmi 94
Şekil 5.6. Renault Truck Binası iç ve dış ses basınç düzeyi – Frekans İlişkisi……... 98
Şekil 5.7. Varlıbas Group idare binası resmi …….. 101
Şekil 5.8. Varlibas Group İdare Binası iç ve dış ses basınç düzeyi – Frekans ilişkisi…….. 105
Şekil 5.9. NCB Gürültü kriteri eğrileri …… 108
Şekil 5.10. NCB 35 Kriterine göre Renault Truck Binası kabuğunda istenilen gürültü iletim kaybı değerleri ile deneysel yöntemle ölçülen değerler arasındaki farkın grafiksel

	gösterimi……	109
Şekil 5.11.	Renault Truck Binası kabuğunda kuramsal yöntemle hesaplanan ve deneysel yöntemle ölçülen gürültü iletim kaybı değerleri arasındaki farkın grafiksel gösterimi……	111
Şekil 5.12.	NCB 35 Kriterine göre Varlibas Group İdare Binası kabuğunda istenilen gürültü iletim kaybı değerleri ile deneysel yöntemle ölçülen değerler arasındaki farkın grafiksel gösterimi……..	112
Şekil 5.13.	Varlibas Group İdare Binası kabuğunda kuramsal yöntemle hesaplanan ve deneysel yöntemle ölçülen gürültü iletim kaybı değerleri arasındaki farkın grafiksel gösterimi….	114
Şekil A.1.	Reault Truck firmasına ait binanın yerleşim krokisi …….....	120
Şekil A.2.	Reault Truck firmasına ait binanın resmi	121
Şekil A.3.	Reault Truck firmasına ait binanın kat planı ……....	122
Şekil A.4.	Reault Truck firmasına ait binanın kesitleri ……	123
Şekil A.5.	Reault Truck firmasına ait binanın giriş cephesi ……	124
Şekil A.6.	Reault Truck firmasına ait binanın sağ yan cephesi ……	125
Şekil A.7.	Reault Truck firmasına ait binanın sol yan cephesi ……	126
Şekil A.8.	Reault Truck firmasına ait binanın 1'nolu detayı ……	127
Şekil A.9.	Reault Truck firmasına ait binanın 2'nolu detayı ……	128
Şekil A.10.	Reault Truck firmasına ait binanın 3'nolu detayı ……	129
Şekil A.11.	Reault Truck firmasına ait binanın 4'nolu detayı ……	130
Şekil B.1.	Varlıbas Group idare binası yerleşim krokisi …….	131
Şekil B.2.	Varlıbas Group idare binası resmi ……..	132
Şekil B.3.	Varlıbas Group idare binası kat planı …….	133
Şekil B.4.	Varlıbas Group idare binası kesitleri ……..	134
Şekil B.5.	Varlıbas Group idare binası giriş cephesi ……..	135
Şekil B.6.	Varlıbas Group idare binası sol yan cephesi ……..	136
Şekil B.7.	Varlıbas Group idare binası 1'nolu detayı …….	137
Şekil B.8.	Varlıbas Group idare binası 2'nolu detayı …….	138
Şekil B.9.	Varlıbas Group idare binası 3'nolu detayı …….	139
Şekil B.10.	Varlıbas Group idare binası 4'nolu detayı …….	140
Şekil B.11.	Varlıbas Group idare binası 5'nolu detayı …….	141

SEMBOL LİSTESİ

dB	: Ses Basınç Düzeyi, dB
dBA	: A Ölçümlü Ses Basınç Düzeyi, dB
L_{eq}	: Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Düzeyi, dB
L_{dn}	: Gece – Gündüz Ortalama Ses Basınç Düzeyi, dB
L_{max}	: Maksimum Ses Basınç Düzeyi, dB
R	: Ses Geçiş Kaybı, dB
TL	: Ses Geçiş Kaybı
B	: Eğilme Sertliği, N/m
E	: Elastikiyet Modülü N/m^2
D	: Yapı Elemanın Kalınlığı, m
c_L	: Uzunluğuna Dalgaların Ses Hızı, m/sn
ρ	: Yapı Elemanının Yoğunluğu, kg/m^3
σ	: Poisson Oranı
c_s	: Kesme Dalgalarının Ses Hızı
G	: Kesme Modülü, N/m^2
C_T	: Bükme Dalgalarının Ses Hızı, m/sn
K	: Bükme Sertliği, m^4
I	: Kutupsal Moment, m^4
c_B	: Eğilme Dalgalarının Ses Hızı, m/sn
f	: Sesin Frekansı, Hz
m	: Yapı Elemanının Alan Ağırlığı, kg/m^2
f_c	: Kritik Frekans, Hz
f_{res}	: Rezonans Frekansı, Hz
l_x	: Yapı Elemanının Eni, m
l_y	: Yapı Elemanının Boyu, m
n	: x Ekseni Doğrultusunda Oluşan Rezonans Sayısı
m	: y Ekseni Doğrultusunda Oluşan Rezonans Sayısı
τ	: Ses Geçiş Katsayısı
W_i	: Yapı Elemanından İletilen Güç, Watt
W_g	: Yapı Elemanından Gelen Güç, Watt
I_i	: Yapı Elemanından İletilen Ses Şiddeti, $Watt/m^2$
I_g	: Yapı Elemanından Gelen Ses Şiddeti, $Watt/m^2$
P_i	: Yapı Elemanından İletilen Ses Basıncı, N/m^2
η	: Yapı Elemanının Kayıp Faktörü
c	: Sesin Havadaki Hızı, m/sn
θ	: Sesin Geliş Açısı
θ_{lim}	: Ses Alanında Oluşan Sınır Açısı
S	: Yapı Elemanının Alanı, m^2
α	: Yapı Elemanının Ses Emicilik Katsayısı, sabin

METAL ÇERÇEVELİ GİYDİRME CEPHELERDE SES YALITIMI SORUNLARI

ÖZET

Günümüzde teknolojinin gelişimiyle birlikte, bina cephelerinde ağır yapı elemanları yerine montajı kolay, hafif yapı elemanları kullanılmaya başlanmıştır. Bu hafif elemanlardan giydirme cephe elemanları kullanımı gittikçe artmaktadır. Bu gelişmeyi ülkemiz açısından değerlendirirsek giydirme cephe elemanlarının özellikle İstanbul ve çevresinde çok yoğun bir şekilde kullanıldığı gözlenmektedir.

Yapacağımız bu çalışmanın konusu; öncelikli olarak ülkemizde en çok kullanılan giydirme cephe tiplerini; kullanılan malzemelerin teknik özellikleri, uygulama detayları, avantajları, dezavantajları açısından ayrıntılı olarak incelemek, ve en çok kullanılan giydirme cephe tipini belirlemek ve belirlenen bu giydirme cephe tipini farklı fonksiyonlar için ses yalıtımı açısından incelemektir.

Birinci bölümde, genel olarak gürültünün tanımı yapılmış ve geçmişten günümüze gürültü kontrolü incelenmiştir. Teknolojik gelişmeler sonucu yapı elemanlarındaki değişimler ele alınmış ve geleneksel yapı elemanları ile yeni yapı elemanları kısaca karşılaştırılmıştır. Ayrıca gürültü kavramının değerlendirilmesindeki güçlüklerin nedeni açıklanmıştır.

İkinci bölümde, sesin algılanması, gürültünün insan üzerindeki etkileri ve gürültü kriterlerine değinilmiştir.

Üçüncü bölümde, genel olarak giydirme cephe kavramına değinilmiş, giydirme cephelerin tarihsel gelişimi ve türleri anlatılmış, metal çerçeveli giydirme cepheler detaylı olarak incelenmiştir.

Dördüncü bölümde, ses yalıtımıyla ilgili konular işlenmiştir.

Beşinci bölümde, İstanbul'da belirlenen metal çerçeveli giydirme cepheli iki ayrı binanın bulunduğu bölgelerde gürültü ortamı incelenmiş, bu binalarda iç ve dış gürültü değerleri saptanmış ve bu binalardaki metal çerçeveli giydirme cepheler için teorik olarak ses yalıtım değeri hesaplanmıştır.

Sonuç bölümünde ölçülen ve hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri karşılaştırılıp metal çerçeveli giydirme cephelerin ses yalıtım performansı değerlendirilmiştir.

SUMMARY

Nowadays, in parallel to the constant growth in the technology, light construction and structure materials are started to be used in building facades rather than heavy construction and structure materials. The utilization of these light construction and structure materials is increasing progressively. Evaluating this progress in terms of our country, it can be observed that facade materials are extensively used especially in Istanbul and nearby cities.

The subject of this study is primarily to evaluate the most widely used types of curtain walling and facade cladding in terms of technical specifications of the used material, application details, advantages, disadvantages; and to determine the most widely used type of curtain walling and facade cladding and to analyze this type with respect to different functions for sound isolation.

In the first chapter, the general definition of sound has been made and the control of sound of has been investigated through the past till today. The changes in building materials due to technological improvement have been described, and the comparison of old and new building materials has been made in this chapter. The difficulty of determining the noise numerically and the reasons of this problem have been searched.

In the second chapter, the feeling of sound, the effects of the noise on humans and noise criteria are described.

In the third chapter, curtain walling and facade cladding are generally described, their historical progress and types are examined together with metal covered curtain walling.

In the fourth chapter, subjects related to sound isolation are explained.

In the fifth chapter, in the surroundings of two buildings having metal covered curtain walling, noise media has been investigated. Inner and outer noise values of these buildings were determined and theoretical sound isolation values of metal covered curtain walling are calculated.

In the results chapter, measured and calculated sound passage losses have been compared and sound isolation performance of metal covered curtain walling has been evaluated.

BÖLÜM 1: GİRİŞ

1.1 GİRİŞ VE YAPILAN ÇALIŞMANIN AMACI

Gürültü, istenmeyen ses olarak tanımlanabilir. Endüstri Devrimi ile gelişen teknolojik koşullar ve beraberinde gelen kentleşmeyle gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri artmıştır. Şehirlerdeki araç gürültüsü, havaalanı gürültüsü ve endüstriyel tesislerin gürültüsü teknolojinin gelişmesi sonucu ortaya çıkan gürültülerdir. [1]

Teknolojik gelişmeler sonucu yapı elemanlarında da önemli gelişmeler olmuştur. Günümüzde hafif yapı elemanları olarak adlandırılan giydirme cephelerin kullanımının artmasıyla, gürültünün bina içindeki insanları etkileme oranı da artmıştır. Hafif yapı elemanlarının ses yalıtımı düşüktür. Betonarme ve çelik yapı elemanlarının taşıyıcılık avantajlarından dolayı duvarlar taşıyıcı eleman olmaktan çıkmıştır, bu sayede cephe tasarımında daha esnek tasarım yapma imkânı ortaya çıkmıştır, giydirme cephelerin kullanımı artmıştır. Giydirme cephelerde kullanılan cam, alüminyum gibi malzemelerin ses yalıtım değeri düşük olduğundan gürültünün iç mekândaki değeri artmıştır.

Gürültünün insanlar üzerindeki olumsuz etkilerinin artmasının bir sebebi de, düzensiz kentleşme sonucu oluşan plansız kentlerdir. Kent ölçeğinde gürültüyü engelleyici önlemler alınmamaktadır. Fabrikalar, konut yerleşimleri, işyeri gibi iç içe geçmesi sakıncalı olan alanlar plansız kentlerde bir arada bulunmaktadır. Otoyollar ve havaalanlarına yakın konut yerleşimleri vardır. Bu sebepten ötürü, gürültü kontrolünde öncelikle kent ölçeğinde denetim yapılmalıdır. Ancak, denetim sadece yapı elemanı ölçeğinde sınırlı kalmaktadır. Yapı elemanlarının yetersiz olduğu durumlarda da kişiler direkt olarak gürültüye maruz kalmaktadır.

Gürültünün insan üzerinde fizyolojik ve psikolojik etkileri vardır. Gürültünün kişiler üzerinde oluşturduğu rahatsızlık temel olarak gürültünün ses basınç düzeyine ve frekans spektrumuna bağlıdır. Ancak, kişilerin gürültüye karşı gösterdiği tepkinin öznel doğası, gürültünün toplum için genelleştirilmesini ve kesin bağıntılarla ifade

edilmesini zorlaştırmaktadır. Kişilerin gürültüye karşı tepkileri farklıdır. Bir insana göre normal olan bir ses, başka bir insan için gürültü olabilmektedir. Ayrıca, gürültüye karşı verilen tepkilerin fiziksel ya da psikolojik güdüyle oluşup oluşmadığını ayrımlamak zordur. Bütün bu koşullara rağmen, günümüzde gürültü parametreleri saptanmış, kriterler ve bunlara bağlı yasalar oluşturulmuştur. Dünya Sağlık Örgütü'nün tanımlamasına göre "Sağlık, kişinin kendisini, fiziksel, ruhsal ve sosyal olarak iyi hissetmesi durumu ve herhangi bir hastalığı, özrü olmamasıdır". Bu tanıma göre gürültü, insan sağlığını tehdit eden bir unsurdur. [1]

Türkiye'de, gürültünün önüne geçilmesi ve engellenmesi amacıyla, 11 Aralık 1986 tarih ve 19308 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Gürültü Kontrol Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir. Ancak, yönetmeliğin uygulanma yetkisi yerel yönetimlere verilmiştir ve yasal olarak uygulanmaktadır. Mevcut eksikliklerin giderilmesi amacıyla bu yönetmelik revizyona tabi tutulmuş ve Gürültü Kontrol Yönetmeliği Taslağı oluşturulmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki ve Avrupa ülkelerindeki kapsamlı yasalarla ve kriterlerle karşılaştırıldığında, Türkiye'deki durum oldukça olumsuzdur. [1]

Türkiye'deki mevcut durumun olumsuzluğunun belirlenmesi, yapı elemanlarındaki eksiklikler ve özellikle metal çerçeveli giydirme cephelerin ses yalıtım performanslarının incelenmesi amacıyla bu tez çalışması yapılmıştır. Tez çalışmasında, metal çerçeveli giydirme cephelerin ses yalıtım değerleri kuramsal olarak hesaplanmış, deneysel olarak ölçülmüş ve elde edilen değerler karşılaştırılmış, eksiklikler saptanmıştır.

BÖLÜM 2: SESİN ALGILANMASI, GÜRÜLTÜNÜN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE GÜRÜLTÜ KRİTERLERİ

2.1. GİRİŞ

Bu bölümde kulağın yapısı incelenmiş, sesin algılanması, gürültünün insan üzerindeki etkilerine değinilmiş ve gürültü kriterleri anlatılmıştır.

2.2. SESİN ALGILANMASI, GÜRÜLTÜNÜN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Kulağın yapısının incelenmesi fizyoloji biliminin bir konusudur. İnsanın sesi algılaması konulu çalışmalar psikolojinin genel başlığı altında gelir. Psiko-akustik, kulağın fiziksel yapısı, sesin izlediği yol, sesin algılanması ve bunlar arasındaki ilişkileri birleştiren kapsamlı bir terimdir. Oldukça yeni bir terim olan psiko-akustik, insan kulağının hem yapısını hem de çalışma şeklini vurgulaması nedeniyle bu çalışma için uygun bir terimdir.

Kulağa ulaşan uyarıcı ses dalgası, beyine doğru yolunu bulan nöron deşarjına ve dolayısıyla bir duyunun oluşmasına yol açan, mekanik hareketlerin oluşmasını sağlarlar. Bundan sonra sorulacak soru "Bu sesler nasıl tanınmakta ve yorumlanmaktadır" olacaktır. İnsanın duyması ile ilgili tüm kapsamlı ve gayretli araştırma aktivitelerine karşın, bu konudaki bilgiler hala oldukça eksik durumdadır. [2]

2.2.1. KULAĞIN HASSASİYETİ

İşitmemizin hassas ve duyarlı doğası küçük bir deneyle vurgulanabilir. Yankısız bir odanın ağır kapısı; kalın duvarları ve cam liften 3-ayaklık (yaklaşık 1 metre) kıskı ile içeriyi işaret edecek; tüm duvarları, tavanı ve (yürüdüğünüz çelik ızgara hariç) yeri astarlayan halini gösterecek şekilde yavaşça açılır.

İçeriye bir sandalye getirilir ve oturmanız istenir. Bu deney biraz zaman alacaktır ve daha önceden söylendiği gibi arkanıza yaslanırsınız, bu arada sabırlı bir şekilde

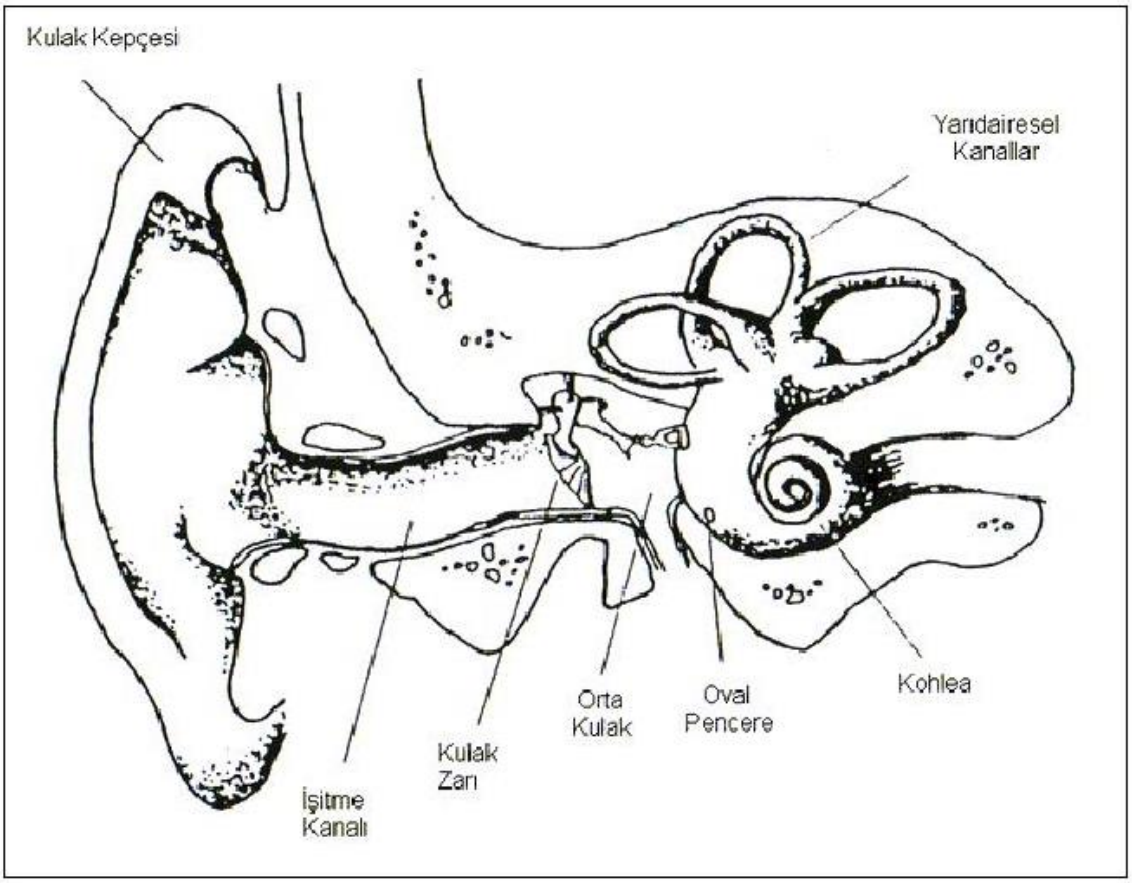
zaman geçirmek için cam kıskıları sayarsınız. Bu arada oda pek bir esrarengizdir. Normalde içinde bulunduğumuz ve çoğunlukla nadiren bilincinde olduğumuz ses denizi ve yaşamın ve aktivitelerin hafif gürültüsü eksiklikleri nedeniyle bu anda çok dikkat çekicidirler.

Sessizlik, sizi bir mezar sessizliği gibi üzerinizde baskı oluşturur; 10 dakika, daha sonra yarım saat geçer. Yeni sesler keşfedilir, vücudunuzun içinden gelen sesler. Önce kalbinizin gürültülü çarpışı, durumun yeniliği içerisinde kendini gösterir. Bir saat geçer. Damarlarınızdan akan kan işitilebilir hale gelir. En sonunda, eğer kulaklarınız hassas ise, sabrınız kalbinizin kapakçıkları ile kanınızın erimesi arasında oluşan tıslama ile ödüllendirilir. Bu ses, kulak zarınıza çarpan hava partiküllerinin sesidir. Bu tıslama sonucu oluşan kulak zarı hareketi inanılmaz derecede küçüktür – santimetrenin 100 milyonda biri – veya hidrojen molekülünün çapının 10'da biri kadar.

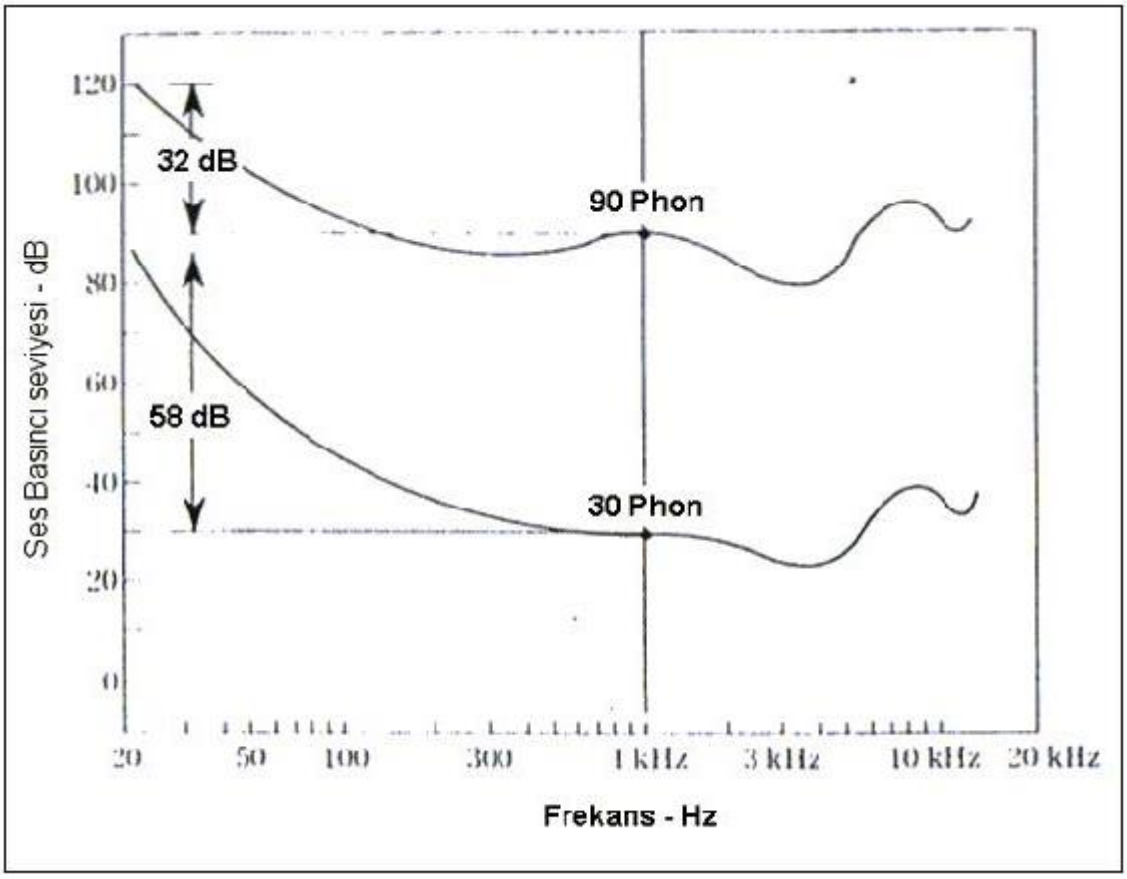
İnsan kulağı kulak zarındaki hava partikülü yağmurundan daha düşük sesleri fark edemez. Bu işitme işlevi için bir alt sınırdır. Daha hassas kulaklara sahip olmanın hiçbir nedeni yoktur, çünkü daha düşük seviyedeki ses hava-partiküllerinin sesi tarafından bastırılacaktır. Bu demektir ki, işitmemizin nihai hassaslığı hava ortamında mümkün olan en yumuşak ses ile çakışmaktadır. Bir diğer uç noktada ise, kulaklarımız savaşta kullanılan topun gümbürdemesine, roket patlamasına, veya tam güçle çalışan jet uçağının çıkaracağı sese tepki gösterebilmektedir. En şiddetli gürültüler dışında, kulağın özel koruyucu özellikleri tüm seslere karşı hassas mekanizmanın zarar görmesini engeller.

2.2.2. KULAK ANATOMİSİNE GİRİŞ

İnsan işitme sistemine ait üç temel kısım Şekil 2.1'de gösterilmektedir; Dış Kulak, Orta Kulak, ve İç Kulak. Dış kulak, pinna ve işitme kanalından oluşur. İşitme kanalı timpan zarı veya kulak zarı ile sonlanır. Orta-kulak ise içi hava dolu kavitede bulunan üç ufak kemikten oluşur, çekiç, örs ve üzengi adı verilen kemikçikler. Çekiç kulak zarına bağlıdır ve üzengi ise iç kulağın oval penceresine bağlıdır. Bu üç kemik birlikte hava-aktivasyonlu kulak zarı ile iç kulaktaki içi sıvı dolu kohlea arasında bir mekanik kaldıraç etkisi oluştururlar. İç kulak beyne sinyaller gönderen işitme siniri ile son bulur. [2]



Şekil 2.1: İnsan kulağının dört ana parçası: kulak kepçesi, işitme kanalı, orta kulak ve iç kulak. [2]



Şekil 2.2: Kulağın 20 Hz' deki tepkisinin 1000 Hz' deki ile karşılaştırılması. 30 phon' luk ses şiddeti seviyesinde, 20 Hz tonluk sesin ses-basıncı aynı ses-şiddetine ulaşması için 1000-Hz'lik bir tondan 58 dB daha fazla olmalıdır. 90 phon'luk bir ses şiddeti seviyesinde ise sadece 32 dB'lik bir artış gerekmektedir. Kulağın tepkisi yüksek ses-şiddeti seviyelerinde biraz daha yumuşaktır. Ses-şiddeti seviyesi yazıda anlatıldığı gibi gerçek öznel ses-şiddetine ulaşmada sadece bir ara basamaktır. [2]

2.2.3. SES ŞİDDETİ KONTROLÜ

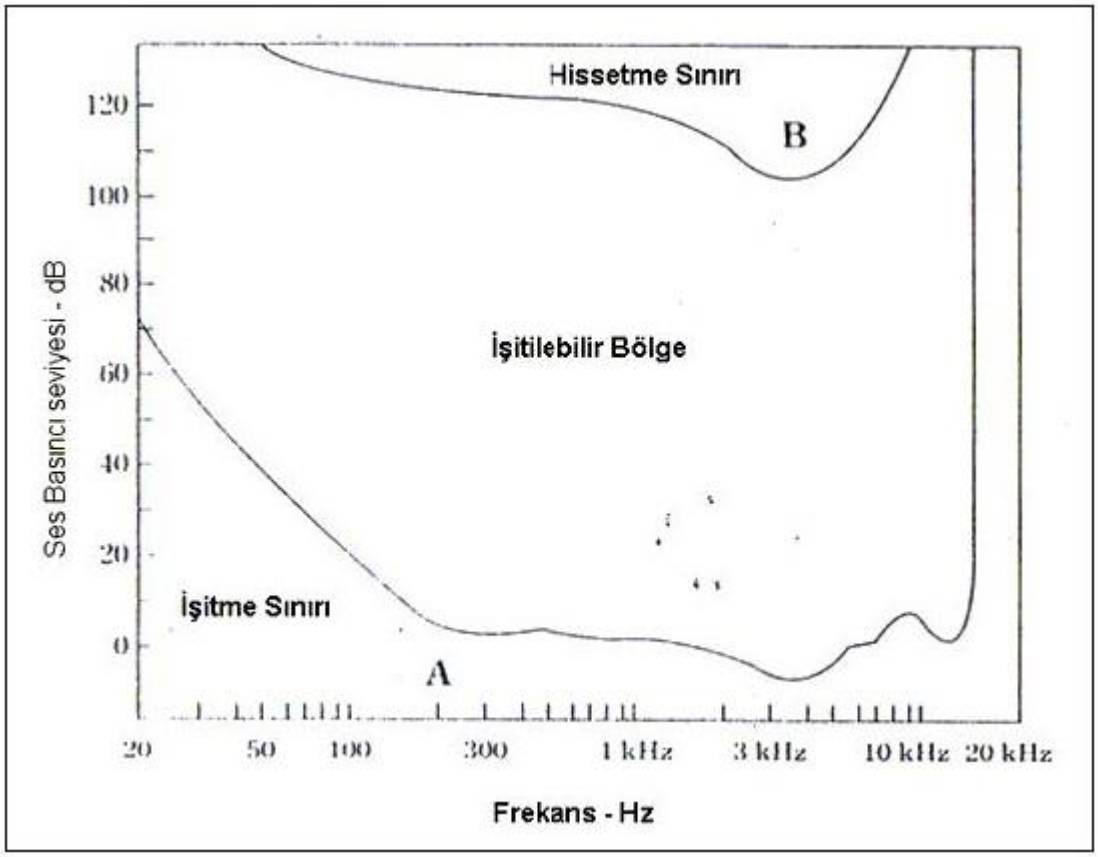
Farz edelim ki yüksek dikkatli hayranımız yükselticisindeki ses kontrolünü öyle ayarlamaktadır ki kayıt edilen senfonik müzik arka plan konuşması ile uyum içindedir (yaklaşık 60-phon civarında olduğu varsayılmıştır). Parça konser salonunda 80 phon'luk bir ses şiddeti seviyesinde oynandığı zaman, müziğin bas ve tiz seslerine konser salonunun seviyesinden daha düşük bir seviye vermek amacıyla uygun ayarı vermek için bir şeyler yapılmalıdır. Hayranımız iyi bir denge (balans) için hem bas hem de tiz sesi artırmak ihtiyacı hissedecektir.

Birçok yükselticide bulunan ses-şiddeti kontrolü, değişik ses-şiddeti seviyelerinde kulağın frekans tepkisinin değişmesini karşılamak için elektriksel ağları (network) kullanır. Ancak verilen bir ses-şiddeti kontrolü ayarına karşılık gelen eğri, yeniden

üretilen sesin sadece bir belli ses şiddeti seviyesine uygulanabilir. Ses-şiddeti kontrolü probleme eksiksiz bir çözüm olmaktan uzaktır. Herhangi bir durumda ses-kontrol ayarlarına etki eden bütün nedenleri düşünün. Hoparlörler, verilen bir giriş gücünde değişik akustik çıktılar verirler. Ön-yükselticilerin, güç yükselticilerin, tunerlerin ve pikapların çıktıları markadan markaya ve devreden devreye değişir. Dinleme-odası koşulları sıfırdan çok yüksek yankılıya kadar değişmektedir. Bütün bu değişkenlerle bir üretici dinleyici x'in (x'in ekipmanı ve dinleme ortamına bağlı değişkenlerle birlikte) ses-basıncı seviyesine doğru bir şekilde ayarlanmış bir ses-şiddeti kontrol aletini nasıl tasarlayabilir? Bir ses şiddeti kontrolünün düzgün bir şekilde çalışabilmesi için, x'in sisteminin kalibre edilmeli ve ses-şiddeti kontrolü buna ayarlanmalıdır. [2]

2.2.4. İŞİTEBİLME ALANI

Şekil 2.3'te gösterilen A ve B eğrileri eğitilmiş dinleyicilerden elde edilmiştir. Bu durumda, dinleyiciler ses kaynağı ile yüzleşmekte ve verilen bir frekanstaki tonun güçbela duyulabilir (A eğrisi) veya acıtıcı olmaya başlamış (B eğrisi) olduğuna karar vermişlerdir. Bu iki eğri bizim ses-şiddetini algılamamızın iki uç noktasını oluşturmaktadır.



Şekil 2.3: İnsan kulağının işitme alanı 2 uç eğri ile sınırlanmıştır, (A) insan kulağının yakalayabileceği en düşük seviyedeki seslerin duyulduğu uç, (B) yüksek sınırdaki hissetme ucu. Bütün işitme deneyimlerimiz bu alan içersinde gerçekleşir. [2]

Şekil 2.3'teki işitme sınırını gösteren A eğrisi, insan kulağının 3kHz civarında en hassas olduğunu bize göstermektedir. Bir başka ifadeyle, 3kHz civarındaki düşük-seviyeli ses daha yüksek veya düşük frekanslardaki seslerden daha fazla bir tepki oluşturmaktadır.bu en hassas bölgede 0dB ses-basıncı seviyesi, ortalama işitme yeteneğine sahip bir insan tarafından güçbela duyulabilir. Bu uç noktasının 0dB seviyesinde olması rastlantı mıdır? Hayır, bu nedenle 20 mpa'lık (20 mili paskal) referans basıncı seçilmiştir. 60 dB'lik bir ses-basıncının bizim işitme sınırımızın 60dB üzerinde olduğunu bilme hem öğretici hem de rahatlık vericidir.

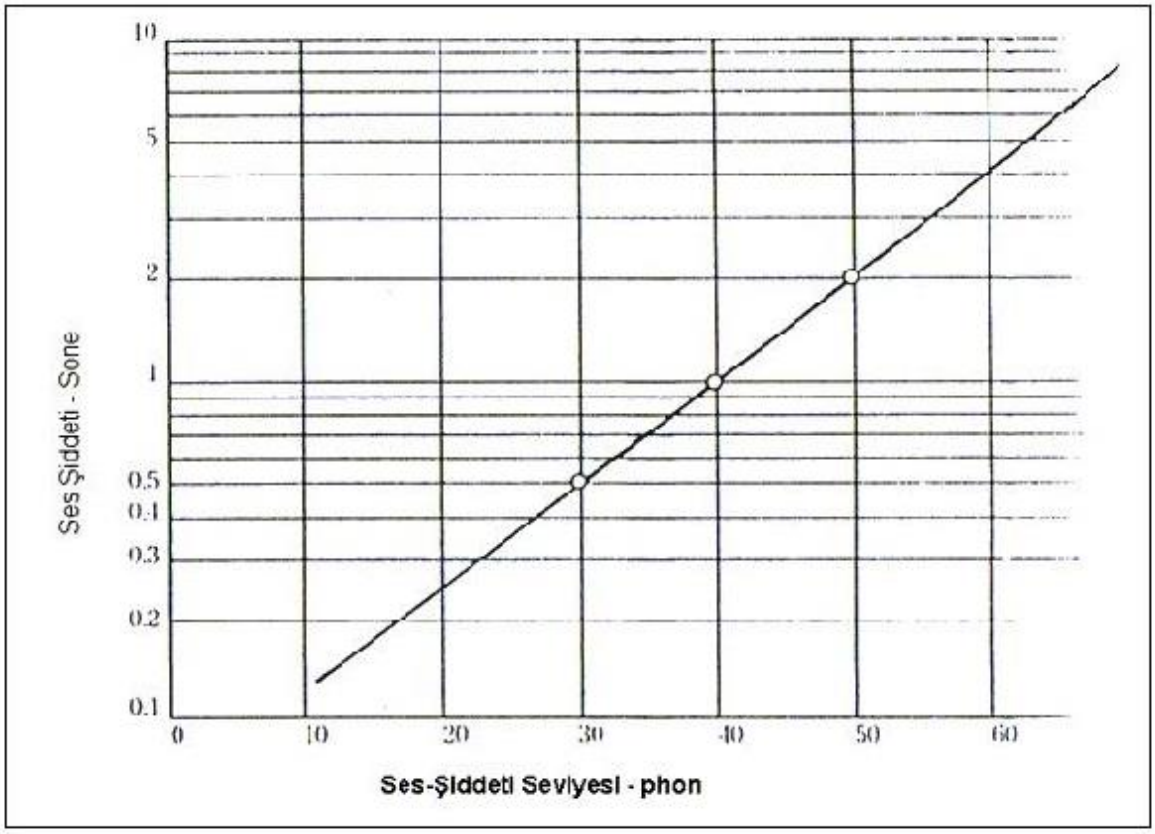
Şekil 2.3'teki B eğrisi her frekans için kulakta bir gıdıklanmanın hissedildiği seviyeyi göstermektedir. Bu yaklaşık olarak 120-130dB'lik bir ses-basıncında meydana gelir. Daha fazla artırılması, hissetmede acı hissine varan bir artışa neden olur. Eşik gıdıklanması, sesin tehlikeli biçimde şiddetli olmaya başladığını gösterir ve kulağa zarar verilmek üzeredir veya çoktan başlamıştır.

İşitme eşiği (Şekil 2.3'te A eğrisi) ve hissetme eşiği (Şekil 2.3'te B eğrisi) arası işitilebilir bölgedir. Burası iki boyutlu bir alandır: Düşey boyutta ses-basıncı seviyesi ve yatay boyutta ise kulağın algılayabileceği frekansların aralığı bulunmaktadır. İnsanların algıladığı bütün sesler bu türden frekanslar olmalı ve bu alan içerisinde bulunmalıdır. İnsanların İşitebilme Alanı diğer hayvanlarınkinden oldukça farklıdır. Yarasalar bizim kulaklarımızın yüksek frekans limitlerinin çok ötesinde bulunan sonar çığlıklar konusunda uzmanlaşmışlardır. Köpeklerin işitme aralığı bizimkilerden daha büyüktür ve bu nedenle ultrasonik köpek düdükleri kullanılır. İnsanların işitmesi ile ilgili olan, infrasonik ve ultrasonik alanlardaki ses fiziksel anlamda daha az gerçek değildir, sadece insanda bir algılamaya neden olmamaktadır.

2.2.5. SES-ŞİDDETİ VS SES-BASINCI SEVİYESİ

'Phon' 1000Hz'deki ses-basıncı seviyesine bağlı ses-şiddeti seviyesinin birimidir. Bu bir noktaya kadar yaralıdır, ancak insan kulağının sesin şiddetine karşı verdiği tepki hakkında çok az şey anlatır. Bizim ihtiyacımız olan ses-şiddetine ait daha öznel bir birim bulmaktır. Yüzlerce özne ve birçok türde ses ile gerçekleştirilen birçok deney göstermektedir ki ses-basıncı seviyesindeki 10dB'lik bir artış karşısında insanların sesin ikiye katlandığını belirtmektedirler. Ses seviyesindeki 10dB'lik bir düşüş ile öznel ses-şiddeti yarıya düşmektedir. Bir araştırmacı bunun 6 başka bir araştırmacı 10 olması gerektiğini söylemektedir, bu nedenle problem üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. Ancak, öznel ses-şiddetine ait bir birim uyarlanmış ve adına "sone" denmiştir. Bir sone, 40 phon ses-şiddeti seviyesinde bir sesin bir insanda oluşturduğu ses-şiddeti olarak tanımlanmıştır. 2 sone'lik bir ses 2 kat daha şiddetlidir ve 0.5'lik ise yarı yarıyadır.

Şekil 2.4 ses-basıncı seviyesini ses-şiddetine sone cinsinden çeviren bir grafiği göstermektedir. Grafikteki önemli olan bir nokta sone'nin tanımından ileri gelmektedir, 40dB ses-basıncı seviyesindeki 1000Hz tonundaki sesin bir insan tarafından işitilmesi veya 40phon. 2 sone'lik bir ses şiddeti 10dB daha yüksektir, 0.5 sone'lik bir ses şiddeti ise 10dB düşüktür. Bu üç noktadan süzgün bir doğru çizilebilir ve daha yüksek ve düşük ses-şiddetleri için ekstrapolasyon (dış değer biçim) yapılabilir.



Şekil 2.4: Fiziksel ses-şiddeti seviyesi (phon) ile öznel ses-şiddeti (sone) arasındaki grafiksel ilişki. [2]

her ne kadar bu grafik biraz üstünkörü gibi görünse de, ses-şiddetinin öznel faktörüne ulaşmada bir yoldur. Bu şekilde düşünülmesinin nedeni, bir mahkeme tarafından bir bilirkişiye komşularını rahatsız eden bir endüstriyel gürültünün ses şiddeti hakkında fikir vermesi istendiğinde, bilirkişi gürültünün üçte bir oktavlık analizini yapabilir, her bandın ses-basıncı seviyesini Şekil 2.4'deki gibi eğrilerin yardımı ile sone'ye çevirebilir ve her bandın sone'sini toplayarak gürültünün ses-şiddeti hakkında bir tahminde bulunabilir. Bileşen sone'lerin toplanması fikri oldukça güzeldir, ses-basıncı seviyelerinin desibellerini eklemek ise sadece kafa karıştırmaya yol açar.

Tablo 2.1 phon cinsinden ses-şiddeti seviyesi ile sone cinsinden öznel ses şiddeti arasındaki ilişkiyi verir. Birçok ses cihazı çalışanı phon ve sone'ye çok az gerek duymasına rağmen, öznel bir ses şiddetinin (sone), tanımı gereği ses-ölçüm aleti ile ölçebileceğimiz, ses-şiddeti seviyesine (phon) bağlı olduğunu bilmek iyidir. Salt ses spektrasından ölçümler ile insanlar tarafından algılanan ses-şiddetini hesaplanmasında oldukça gelişmiş yöntemler bulunmaktadır. Ses-Seviye ölçer ve oktav veya üçte-bir oktav filtresi gibi.

Tablo 2.1: Ses-Şiddeti Seviyesi (phon) vs Ses-Şiddeti (sone). [2]

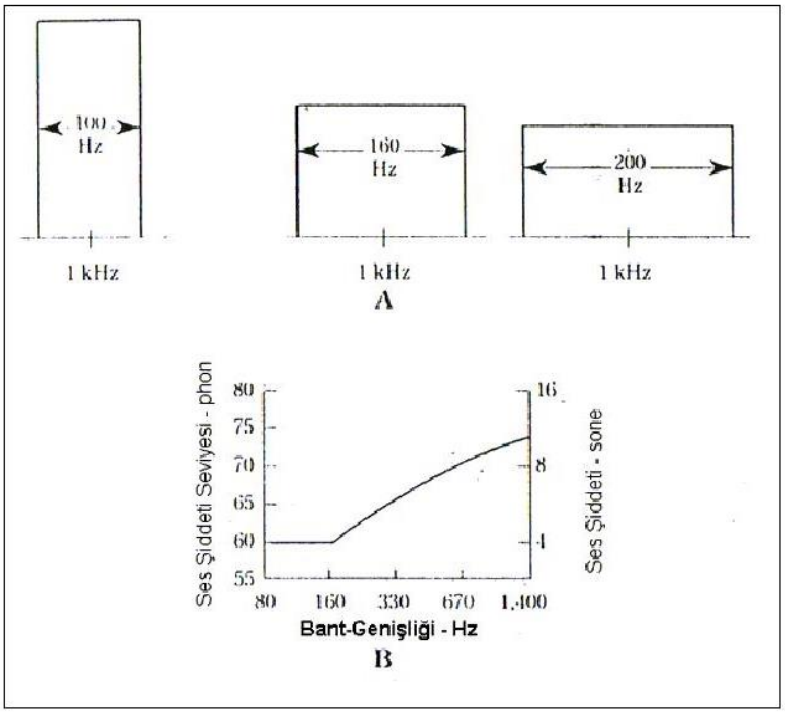
Ses Şiddeti Seviyesi (phon)	Öznel Ses-Şiddeti (sone)	Tipik Örnekler
100	64	Tır veya Ağır Kamyon
80	10	Yüksek Sesle Konuşma
60	4	Kısık Sesle Konuşma
40	1	Sessiz Oda
20	0.25	Çok Sessiz Stüdyo

2.2.6. SES-ŞİDDETİ (LOUDNESS) VE BANT GENİŞLİĞİ (BANDWİTH)

Ses-şiddeti konulu bölümlerde bu noktaya kadar ton'lardan bahsedildi, ancak tek-frekans tonlar öznel ses-şiddetini ölçüm değerlerine ilişkilendirmede ihtiyaç olan tüm bilgiyi vermemektedir. Bir jet uçağının kalkerken çıkardığı gürültü aynı ses-basınç seviyesindeki bir ton'dan çok daha şiddetlidir. Gürültünün bant-genişliği sesin şiddetini, en azından belli limitler içerisinde, etkiler.

Şekil 2.5A aynı ses-basıncı seviyesine sahip 60dB'lik 3 sesi göstermektedir. Bant-genişlikleri 100, 160 ve 200Hz'dir, ancak yükseklikleri (Hz başına ses yoğunluğu) alanları aynı olacak şekilde farklıdır. Bir başka deyişle, 3 ses eşit yoğunluğa sahiptir. (Ses yoğunluğu akustikte özel bir anlama sahiptir ve ses-basıncına eşitlenmemelidir. Ses yoğunluğu düzlemsel ilerleyen bir dalga için ses-basıncının karesi ile orantılıdır.) görünen odur ki Şekil 2.5A'da gösterilen 3 sesin şiddetleri aynı değildir. Şekil 2.5B'deki grafik 1000Hz'de ortalanmış ve 60dB sabit ses-basıncına sahip bir sesin bant-genişliğinin ses-şiddeti ile olan ilişkisini deneysel olarak göstermektedir. 100Hz'lik gürültü 60phon'luk bir ses şiddeti seviyesine ve 4 sonelik ses şiddetine sahiptir. 160Hz'lik bant-genişliği de aynı ses-şiddetine sahiptir ancak bant-genişliği 160Hz'den itibaren artırıldıkça enteresan bir şeyler olmaktadır. Sesin şiddeti 200Hz

bant-genişliğinde daha şiddetlidir ve 160Hz'den sonra bant-genişliğini artırmak ses-şiddetini artırmaktadır. [2]



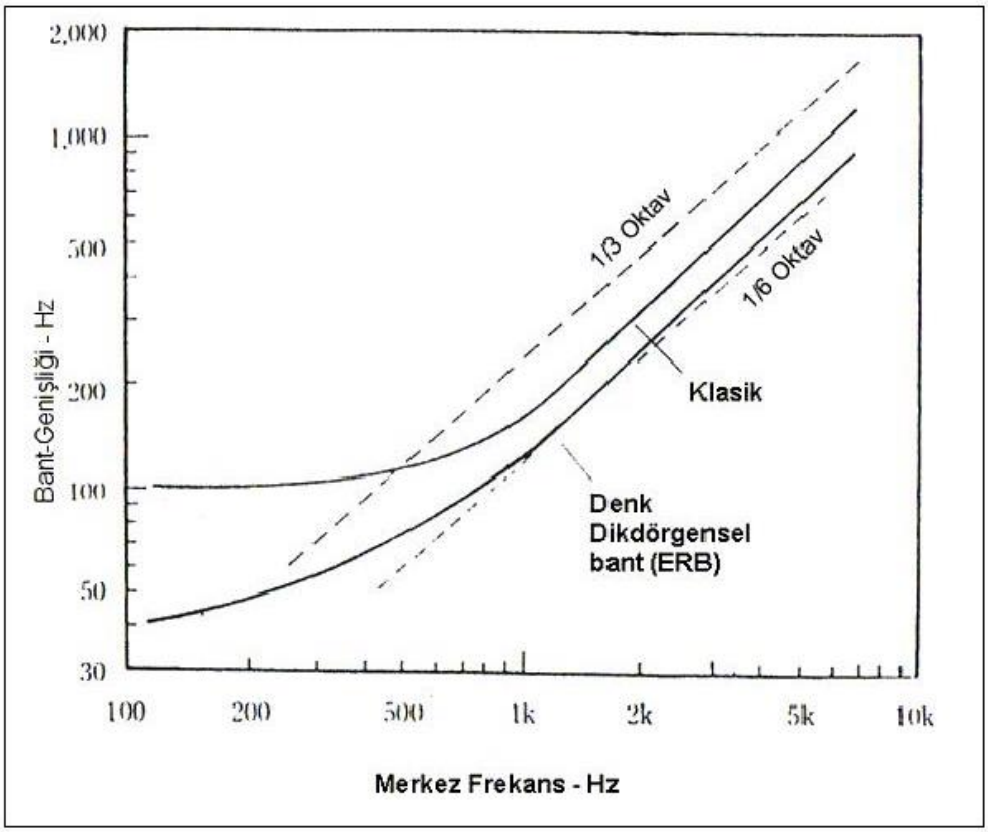
Şekil 2.5: (A) Farklı bant genişliğinde 3 ses, ancak hepsi aynı ses-basıncı seviyesine sahip (60 dB). (B) 100,160 Hz sesleri için öznel ses-şiddeti aynıdır, ancak 200 Hz bandı daha yüksek işitilir çünkü kulağın 100 Hz'deki kritik bant genişliği olan 160 Hz'i geçmiştir. [2]

Öyle görünüyor ki 160Hz genişliği, kulağın 1000Hz'deki kritik bant genişliğidir. Eğer 1000Hz tonu bir dinleyiciye rast gele bir ses ile dinletilirse, yalnızca 160Hz bant genişliği içerisinde bulunan bir ses, tonu gizlemede başarılı olabilir. Diğer bir ifadeyle, kulak işitilebilir spektrum içerisinde esneyen bant filtrelerinden oluşan bir çözümleyici gibi davranır. Filtre seti, elektronik laboratuarlarında bulunanlar gibi değildir. Yaygın 1/3-oktav filtresi 3dB noktasında çakışan 28 komşu filtresine sahip olabilir. Kritik bant filtreleri seti süreklidir; yani, sinyal jeneratörü kadranını nereye kurarsanız kurun, o frekansta merkezlenen bir kritik bant vardır.

Bu problem üzerinde yıllar boyu süren araştırmalar kritik-bant filtrelerinin frekansla değişimi konusunda pek az bir fikir birliğine yol açmıştır. Bu klasik bant-genişliği fonksiyonu Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Bu grafiğin 500Hz'in altındaki değerlerdeki doğruluğu hakkında bazı sorular ortaya çıkmıştır ve bu da bant-genişliğini ölçmenin başka yollarının kullanılmasına neden olmuştur. Bu çalışmalar neticesinde ortalama

ses seviyelerindeki genç dinleyicilere uygulanabilen Eşdeğer Dikdörtgensel Bant Genişliği fikrinin oluşmasını sağlamıştır. Bu yaklaşım matematiksel yöntemlere dayanmaktadır ve Şekil 2.6'da verilen eşitlikle ERB'nin hesaplanmasını sağlar.

Filtre bant-genişliklerinin kulağın kritik bant-genişliğine yaklaşması sebebiyle belli ölçümlerle üçte-bir oktav filtre setleri kullanılmıştır. Karşılaştırma için, Şekil 2.6'ya üçte-bir oktav bant-genişliğinin bir çizimi de dahil edilmiştir. Üçte-bir oktav bantları merkez frekansın yüzde 23.2'sidir. klasik kritik-bant fonksiyonu merkez frekansın yaklaşık yüzde 17'sidir. ERB fonksiyonunun (yüzde 12) altıda-bir oktav bandına (yüzde 11.6) çok yakın olduğunu görmek ilginç gelmektedir. Bu gösteriyor ki altıda-bir oktav setleri gelecekteki ses ölçümlerinde daha büyük rol alabilir.



Şekil 2.6: 1/3 ve 1/6 oktav bantlarının, kulağın kritik bantlarının ve yukarıdaki formülden hesaplanan eşdeğer dikdörtgensel kritik bantların (ERB) bir karşılaştırması. [2]

2.2.7. IMPULSLARIN SES-ŞİDDETİ

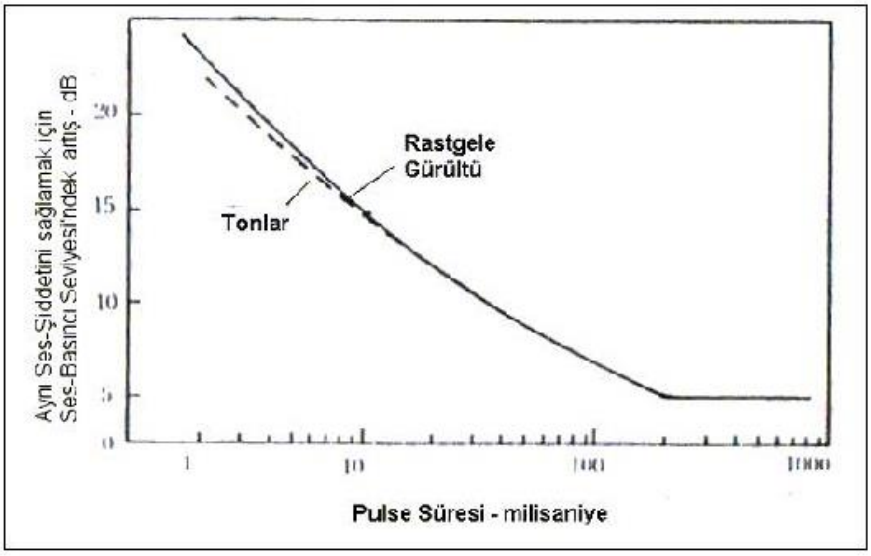
Bu noktaya kadar tartışılan örnekler hep sabit-durum (steady-state) tonlar ve gürültülerle ilgiliydi. Kulak kısa süreli geçici seslere nasıl tepki vermektedir? Bu önemlidir çünkü müzik ve konuşma esas olarak bu geçici seslerden oluşmaktadır.

Konuşma ve müziğin bu yönüne dikkat çekmek amacıyla bazı teypler geriye doğru çalındığında önceki geçici sesler şimdi hecelerin ve müziksel notalar sonunda ortaya çıktığı ve göze çarpan bir şekilde durduğu görülmektedir. Bu geçici sesler kulağın kısa ömürlü seslere verdiği tepkileri haklı çıkarmaktadır.

1000 Hz tone 1-saniyede 1000Hz'lik patlama gibi ses çıkarır, ancak çok kısa bir patlama klikleme gibi duyulur. Böyle bir patlamanın süresi algılanan ses şiddetini etkiler. Kısa patlamalar uzunları kadar şiddetli duyulmaz. Şekil 2.7 kısa atışların (puls), uzun atışların veya sabit tonların ses-şiddetine ulaşabilmesi için ne kadar artırılması gerektiğini göstermektedir. 3 milisaniyelik bir puls 0.5 saniyelik (500 milisaniye) bir puls kadar şiddetli duyulabilmesi için 15dB yükseltilmelidir. Tonlar ve rast gele gürültüler ses-şiddeti ve puls uzunluğu arasında kabaca aynı ilişkiyi gösterirler.

Şekil 2.7'deki 100 milisaniye bölgesi önemlidir. Tonlar ve gürültü patlamaları sadece bundan kısa oldukları zaman, uzun pulslar veya sabit tonların veya gürültülerin şiddetine ulaşmak için ses-basıncı seviyesinin artırılması gerekir. Bu 100ms insan kulağının tamamlama zamanı veya zaman sabiti gibi görünmektedir.

Gerçekte, Şekil 2.7 kulaklarımızın kısa geçici seslere dah az hassas olduğunu göstermektedir. Bu, konuşmanın anlaşılmasında direkt bir etkisi vardır. Konuşmanın ünsüzleri kelimelerin anlamını belirler. Mesela, yarasa, kötü, geri, bas, yasak, ve banyo (bat, bad, back, bass, ban, bath) kelimeleri arasındaki tek fark sonlarındaki ünsüzlerdir. Göstermek, kırmızı, kulübe, yatak, beslemek ve evlenmek (led, red, shed, bed, fed, wed) kelimelerinin tümü önemli ünsüzlerini başta bulundurmaktadırlar. Nerede bulunurlarsa bulunsunlar bu geçici seslerin süresi 5 ila 15ms arasındadır. Şekil 2.7'ye atılacak bir bakış diğer seslerle karşılaştırılabilir seviyede olması için bu kısalıktaki geçici seslerin daha şiddetli olması gerektiğini gösterir. Yukarıdaki kelimelerde, her ünsüz kelimenin geri kalanından sadece kısa olmakla kalmayıp aynı zamanda daha düşük bir seviyededir. Bu nedenle bu kelime gruplarını ayırt etmek için iyi dinleme koşullarına ihtiyacınız vardır. Çok fazla arka plan gürültüsü veya çok fazla yankı konuşmanın anlaşılırlığını ünsüz problemi nedeniyle çok kötü etkileyebilir. [2]



Şekil 2.7: Bu grafiklerin gösterdiği gibi kısa ton veya gürültü, uzun süreli pulslara nazaran daha az işitilebilirler. 100 ila 200 ms arasındaki kesikli bölge kulağın bütünleyici zamanıyla ilişkilidir. [2]

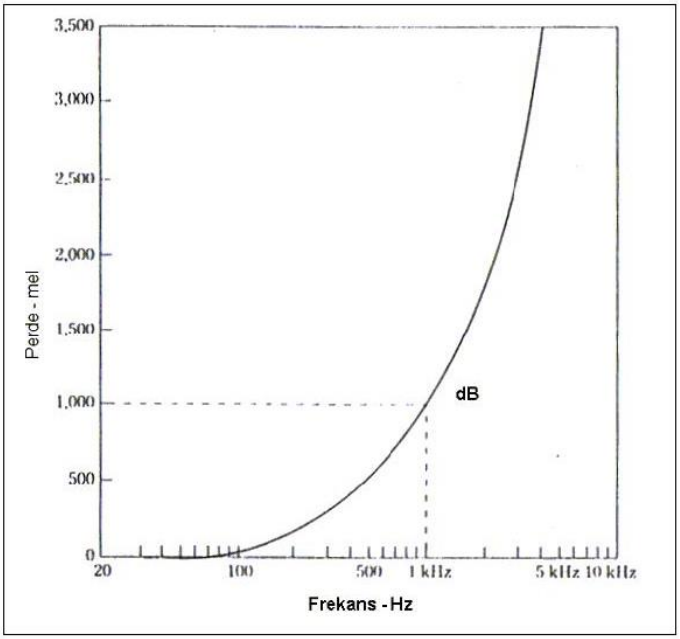
2.2.8. SES-ŞİDDETİ DEĞİŞİMLERİNİN İŞİTİLEBİLİRLİĞİ

1kHz'de tüm düşük seviyeler için, 3dB değişiklik kulak tarafından yakalanabilir en küçük değerdir, ancak daha yüksek seviyelerde kulak 0.25dB değişiklikleri dahi yakalayabilir. Çok düşük seviyeli 35Hz'lik bir tonun yakalanabilmesi için 9dB seviye değişikliği gerekir. Önemli orta-frekans aralığı ve yaygın seviyeler için, kulak tarafından en az yakalanabilir değişiklik 2 veya 3dB'dir. Bundan daha düşük seviyede basamaklar yapmak gereksizdir.

2.2.9. PERDE (PİTCH) VE FREKANS

Öznel bir terim olan perde, esas olarak frekansın bir fonksiyonudur, ancak ona lineer olarak ilişkili değildir. Frekans saniyedeki döngüleri ölçen fiziksel bir terimdir, bugünkü adıyla Hertz. Zayıf bir 1000Hz'lik sinyal seviyesini artırsanız da hala 1000Hz olmasına rağmen, sesin perdesi ses-basıncı seviyesine bağlı olabilir. Referans perdesi olarak 60dB ses-basıncı seviyesine sahip 1000Hz'lik bir ton 1000mel olarak tanımlanmıştır. Dinleyici jürileri tarafından belirlenmiş, perde ve frekans arasındaki ilişki Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Deneysel eğride 1000mel ile 1000Hz'in aynı noktaya geldiğine görülmektedir, bu bize ses-basıncı seviyesinin 60dB olduğunu göstermektedir. Şekil 2.8'deki eğrinin iç kulağının bazilar zarının pozisyonunun frekansın bir fonksiyonu olarak değişimini gösteren eğriye benzemesi

ilginçtir. Bu, perdenin bu zarın hareketleriyle ilişkili olduğu hissini vermektedir, ancak bundan emin olmak için yapılması gereken çok iş vardır.



Şekil 2.8: Perde (mel cinsinden, öznel bir birim) frekansa (Hz cinsinden, fiziksel bir birim) şekilde gösterilen dinleyici jürileri tarafından elde edilen eğri ile bağlıdır. [2]

Araştırmacılar insan kulağı tarafından yakalanabilen, yoğunlukta 280 fark edilebilir adım olduğunu ve 1400 perdede yaklaşık 1400 fark edilebilir adım olduğunu söylemektedirler. Yoğunluk ve perdenin iletişimin elemanları olmaları sebebiyle kaç değişik kombinasyonlarının bulunduğunu bilmek ilginç olabilirdi. Şu an için görünen, kulak tarafından yakalanabilen 28000x1400 = 392000 kombinasyon olduğudur. Bu oldukça iyimser bir tahmindir, çünkü deneyler iki basit, tek frekanslı seslerin arka arkaya getirilmesi ile yapılmıştır ve bu yönüyle yaygın olarak duyulan seslere çok az benzemektedirler. Daha gerçekçi deneyler göstermektedir ki kulak yaklaşık 7 şiddet derecesi ve 7 perde derecesini, yani toplamda 49 perde-ses şiddeti kombinasyonunu yakalayabilmektedir. Bu değer her dilde yakalanabilen sesbirim (bir dildeki her sesin birbirinden ayrılmasını sağlayan en küçük birim) sayısından pek uzak değildir. [2]

2.2.10. TINI (TİMBRE) VE SPEKTRUM

Tını bizim kompleks sesleri algılamamız ile ilgilidir. Kelime esas olarak çeşitli müzik enstrümanlarının seslerine uygulanmaktadır. Bir flüt ve obua aynı anda La notasını çalsalar bile farklı ses verirler. Her enstrümanın tonu kendi tınısına sahiptir.

Tını, enstrümanın parçalarının sayısına ve göreceli kuvvetleri ile belirlenir. Tonsal kalite tını ile neredeyse eş anlamlı olmaya başlamıştır.

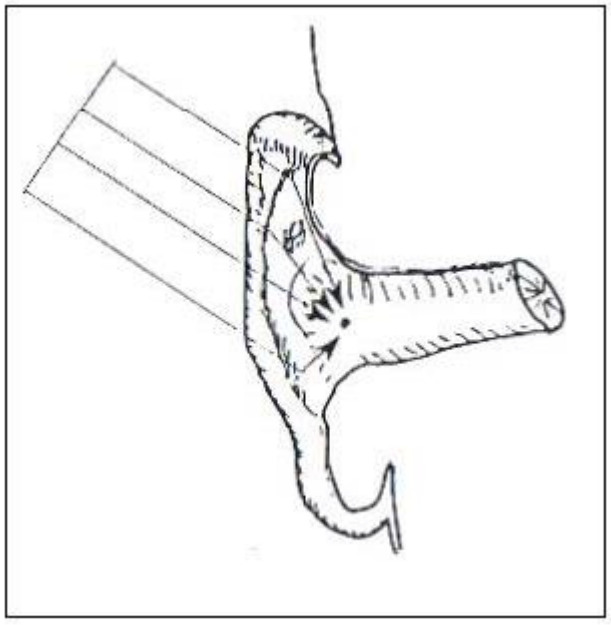
Tını da bir başka öznel terimdir. Benzer fiziksel terim spektrumdur. Bir müzik enstrümanı, dalga çözümleyicide incelenebilecek bir temel ses ve bir kısmi ses grubu (armoni) çıkarır. Temel sesin 200Hz olduğunu, ikinci armoninin 400Hz, üçüncü armoninin 600Hz , vs. olduğunu düşünün. Kulağın bizim ölçtüğümüz, mesela 200Hz ile, ilişkilendirdiği perde sesin seviyesi biraz değişir. Kulağın ayrıca armoniye ait kendine özgü öznel bir yorumu vardır. Bu nedenle, kulağın enstrümanın notasının tüm tınısını algılaması çok karmaşık şekilde ölçülen spektrumdan çok farklı olabilir. [2]

Bir müzik salonunda bir orkestrayı dinlerken duyduğunuz tını, oturma alanının değişik bölgelerinde değişik olacaktır. Müzik, geniş bir aralıktaki frekanslardan oluşur ve çeşitli bileşenlerin genişlikleri ve fazları odanın farklı yüzeylerinden gelen yankılardan etkilenir. Birinin analitik ellerini bu farklılıkları çalışmada kullanmasının tek yolu, farklı noktalarda ses spektrasını çalışmasıdır. Ancak, bunlar fiziksel ölçümlerdir ve öznel tını hala bizden uzaklaşmak eğilimindedir. Bu bölümünü önemli noktası tını ve spektrum arasında bir fark bulunduğunun anlaşılmasıdır.

2.2.11. SES KAYNAKLARININ SAPTANMASI (LOCALİZATİON)

Bir ses kaynağına yönelik algılama, en azından kısmen, dış kulağın, kulak kepçesinin şaşırtıcı kod çözme fonksiyonunun bir sonucudur. Kulak kepçesinin değişik sırtlarından, kıvrımlarından ve yüzeylerinden yansıyan ses işitme kanlının girişindeki yansıtılmamış ses ile birleşir. Bu kombinasyon, yön bilgisi ile, işitme kanalından geçerek kulak zarına ulaşır ve sonra da sırasıyla orta kulak, iç kulak ve yorumlanmak üzere beyine gider.

Ses sinyalinin bu yönsel kodlanma prosesi Şekil 2.9'da gösterilmiştir. Ses dalgasının önü özel bir kaynaktan özel bir yatay ve düşey açıyla gelen ses ışınları olarak düşünülebilir. Bu ışınlar kulak kepçesine çarptıklarında çeşitli yüzeylerden, bazıları işitme kanalının girişine yönelecek şekilde yansırlar. Bu noktada bu yansıyan bileşenler yansımamış (direkt) bileşenler ile birleşirler.

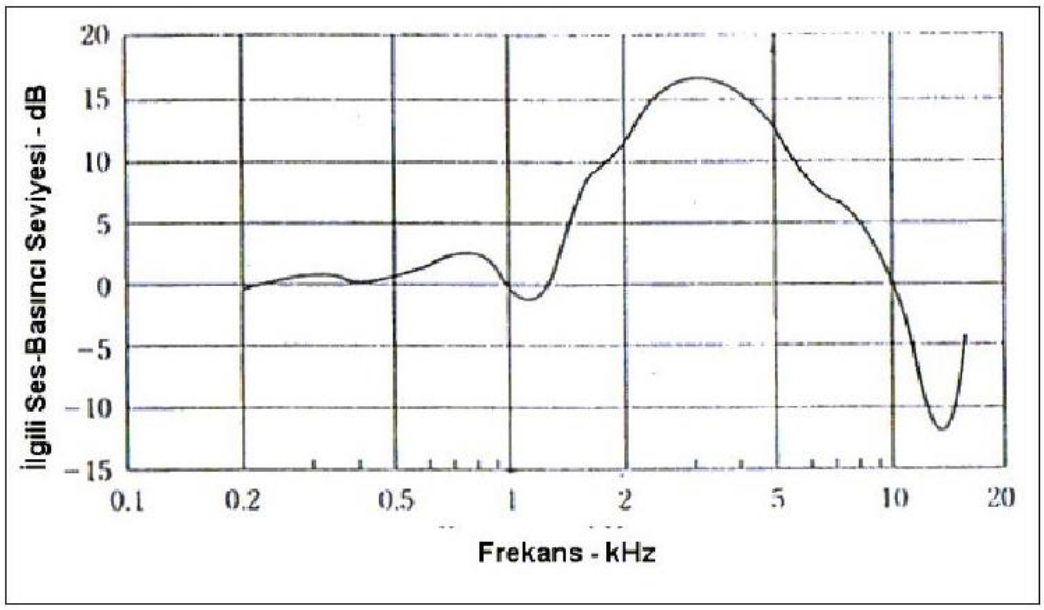


Şekil 2.9: Bir sesin dalga önü o dalga önüne dik çeşitli ışınlar gibi düşünülebilir. Kulak kepçesine çarpan bu ışınlar, çeşitli sırt ve kıvrımlardan yansıtılırlar. Bu yansımalar kulak kanalının girişine doğru yönlendirilirler ve vektörel olarak birleşirler. Bu yolla kulak kepçesi kulağa düşen tüm sesleri yönsel bilgi ile birlikte kodlar ve beyin de bu kodları yön algılaması olarak çözer. [2]

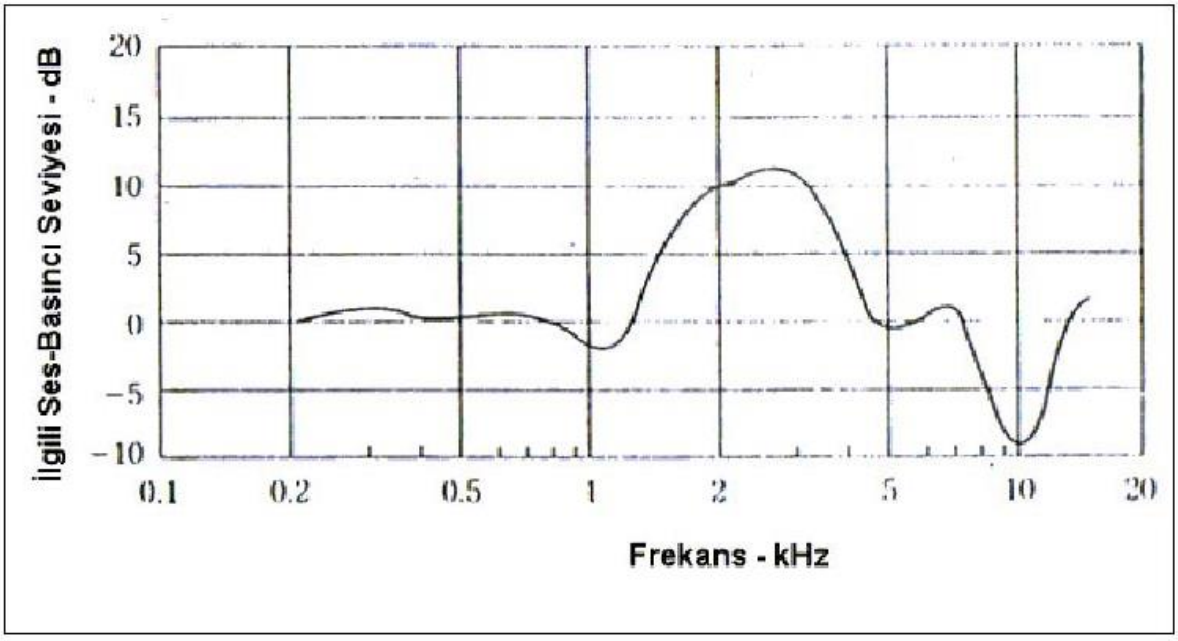
Gözlemcinin direk olarak önünden (yatay açı ve düşey açı = 0) gelen bir ses için, kombinasyonun kulak kanalının girişindeki "frekans tepkisi" Şekil 2.10 da gösterildiği gibi olacaktır. Frekans tepkisi yerine, bu tip eğrilere Transfer Fonksiyonu adı verilir, çünkü bu şekil faz açılarını içeren vektör kombinasyonunu göstermektedir.

Kulak kanalının girişindeki sesin, kulak zarına ulaşması için işitme kanalını baştan başa geçmelidir. Kulak kanalının girişindeki transfer fonksiyonu ve kulak kanalınınki birleştirildiği zaman, kulak zarında oluşan transfer fonksiyonu oldukça değişir. Kulak kanalı bir ucunda kulak zarı tarafından kapatılmış çeyrek dalga borusu gibi davranmaktadır ve iki göze çarpan rezonans göstermektedir. [2]

Kulak kanalına girişteki transfer fonksiyonu, her yatay ve düşey yön için farklı şekil alır. Bu, kulak kepçesinin gelen tüm sesleri kodlayarak beyinin nasıl farklı algılamalar gerçekleştirmesini sağladığını gösterir. Kulak zarına ulaşan ses tüm yönsel algılamalar için ham maddedir. Beyin kulak kanalının zabit bileşenini ihmal eder (içini görür) ve farklı şekil alan transfer fonksiyonunu yönsel algılamalar olarak saptar.



Şekil 2.10: Kulak kanalının girişinde, öznenin hemen önünde gelen bir sese karşılıkelen ölçülmüş ses basıncına (transfer fonksiyonu) bir örnek. Bu tür transfer fonksiyonlarının şekli sesin kulak kepçesine ulaştığı yatay ve düşey açılarla değişir. [2]



Şekil 2.11: Kulak kanalının transfer fonksiyonu ile birleştirildikten sonra, şekil 3.14'te gösterilen kulak kanalının girişindeki transfer fonksiyonu bu şekle dönüştürülmüştür. Başka bir deyişle, kulak kanalının girişine gözlemcinin direkt olarak önünden gelen bir ses, kulak zarında şekil 3.14'deki gibi görünür, çünkü kulak kanalının kendisinin karakteristiği ile birleşmiştir. Beyin gelen her değişik sesten kulak kanalının bu sabit etkisini çıkarmakta bir sorun yaşamaz.

2.2.12. ÇÖZÜMLEYİCİ OLARAK KULAK

İyi bir senfoni orkestrasını favori konser salonunuzda dinlerken, önce kemanlara konsantre olunur şimdi ilginizi klarnetlere, sonra da perküsyonlara. Ardından dörtlü bir erkek grubun dinlenir ve tenor, bariton ve bası ayırt edilir. Bu insan kulak/beyin kombinasyonunun kayda değer bir gücüdür. İşitme kanalında tüm bu sesler karışmış durumdadır; kulak bunları ayırmada nasıl başarılı olmaktadır? Deniz yüzeyi birçok dalga sistemi tarafından karıştırılabilir, biri yerel rüzgar, biri uzak bir fırtına ve birçoğu da geçen gemiler nedeniyle olabilir. Göz bunları ayırt edemez, ancak bu aslında kulağın kompleks ses dalgaları ile yaptığı iştir. Özenli bir eğitim ile, iyi bir gözlemci kemanın sesini dinleyebilir ve temel ses dışındaki birçok sesi aralarından seçebilir.

2.2.13. ÖLÇÜM ALETİ OLARAK KULAK

Fiziksel ölçümler ve öznel duyular arasındaki ayırıma yapılan vurgu, kulak ile fiziksel ölçümler yapılabilirliğini belli edecektir. Doğrudur, birinin gözlerine (kulaklarına) bakarak sayısal (dijital) ölçümler yapılamaz, ancak karşılaştırma yapmada kulaklar oldukça uzmandır. Eğer bant uygunsa, insanlar işitilebilir bant içerisinde 1dB civarındaki ses-seviyesi farklarını yakalayabilirler. İdeal koşullar altında, bu miktarın üçte birindeki bir değişiklik bile algılanabilirdir. Sıradan seviyelerde, ve 1000Hz'den küçük frekanslarda, kulak %0.3 farkla ayrılan tonlar arasındaki farkı söyleyebilir. Bu 1000Hz'de 0.3Hz ve 1000Hz'de 3Hz'e denk gelmektedir.

Ünlü Harvey Fletcher müziksel sesleri sentezleme üzerin yaptığı araştırmaların birçoğunda "insan kulağının hassasiyetinin günü kurtardığını" belirtmiştir. Mesela, piyano sesleri hakkındaki çalışmasında ilk olarak temel sesin ve armonilerin frekans ve şiddetini ölçmenin ve sonra ölçülen artış ve düşüş değerleri ile birleştirmenin yeterli olacağını farz etmişti. Bu yapıldığı zaman, dinleyici jürisi oybirliği ile sentetik seslerin piyano gibi ses vermediğini daha çok org gibi olduğunu söylemişlerdi. Süren araştırmalar, piyano tellerinin katı olduğu ve hem sert çubukların hem de esnek tellerin özelliklerine sahip olduğu gerçeğini gösterdi. Bunun etkisi şudur ki piyano kısmi sesleri armonik değildir. Armonik oldukları farz edilen parçalardaki frekansların düzeltilmesiyle, jüri sentetik piyano sesi ile gerçek sesleri ayırt edemedi.

Jürinin kulakların kritik duyma yetisi ses kalitesini karşılaştırmada anahtarı oluşturmuştu. [2]

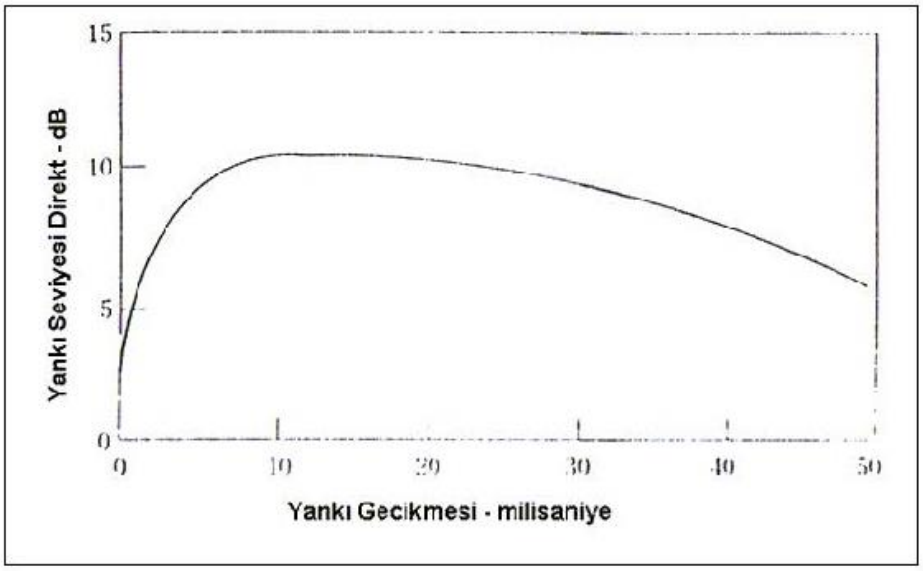
2.2.14. ÖNCELİK ETKİSİ

İşitme mekanizmamız ses yoğunluklarını kısa aralıklarla birleştirir ve balistik bir ölçüm enstrümanına benzer şekilde davranır. Daha basit ifadeyle, bir konser salonunda kulak ve beyin direkt sesten 50 milisaniye sonra gelen tüm yansımaları alabilme ve diğer yönlerden yansımalar bulunmasına rağmen bunları birleştirerek bu seslerin orijinal kaynağın yönünden geldiği hissini verme yetisine sahiptir. Bu süre boyunca birleştirilen ses enerjisi ayrıca daha yüksek ses-şiddeti hissi verir.

İnsan kulağının belli bir zaman penceresinde gelen sesleri eritip birleştirmesi çok şaşırtıcı olmamalıdır. Bununla birlikte, gözlerimiz sinemada bir seri sabit resmi birleştirerek bize sürekli bir hareket hissi vermektedir. Sabit resimlerin sunulma hızı önemlidir; bir seri sabit resim veya titreşim görmemek için her saniyede en az 16 resim olmalıdır (62 milisaniyeli aralıklarla). İşitsel eritme en iyi ilk 20 ila 30 milisaniyede çalışır, 50 ila 80 milisaniyeden sonra kesikli yankılar başlar.

Haas deneklerini iki hoparlörden her biri 45° açı yapacak şekilde 3 metre uzağa koydu, gözlemcinin simetri çizgisi bu açıları ayırmaktaydı. Koşullar neredeyse yankısızdı. Gözlemcilerden, direkt hoparlörden gelen ses gecikmeli gelenle eşit olana kadar hafifleticiyi ayarlamaları istenmişti. Daha sonra değişen gecikmenin etkilerini inceleyerek devam etti.

Birçok sayıda araştırmacı iki kulağımıza hafif farklı zamanlarda sesin ulaşmasında çok kısa gecikmelerin (1 milisaniyeden daha kısa) insanın yönleri ayırt etmesinde kullanıldığını bulmuşlardı. Bundan fazla gecikmeler insanların yönsel hislerini etkilememektedir.



Şekil 2.12: İnsan işitme sistemindeki öncelik etkisi 5 ila 35 ms bölgesinde, yankının algılanabilmesi için seviyesinin direkt sesten 10 dB daha fazla olması gerekir. Bu bölgede, bir çok yönden gelen yansıyan bileşenler kulak tarafından birleştirilir. Yansımalar sebebiyle sonuçta oluşan ses daha şiddetli olur ve direkt kaynaktan

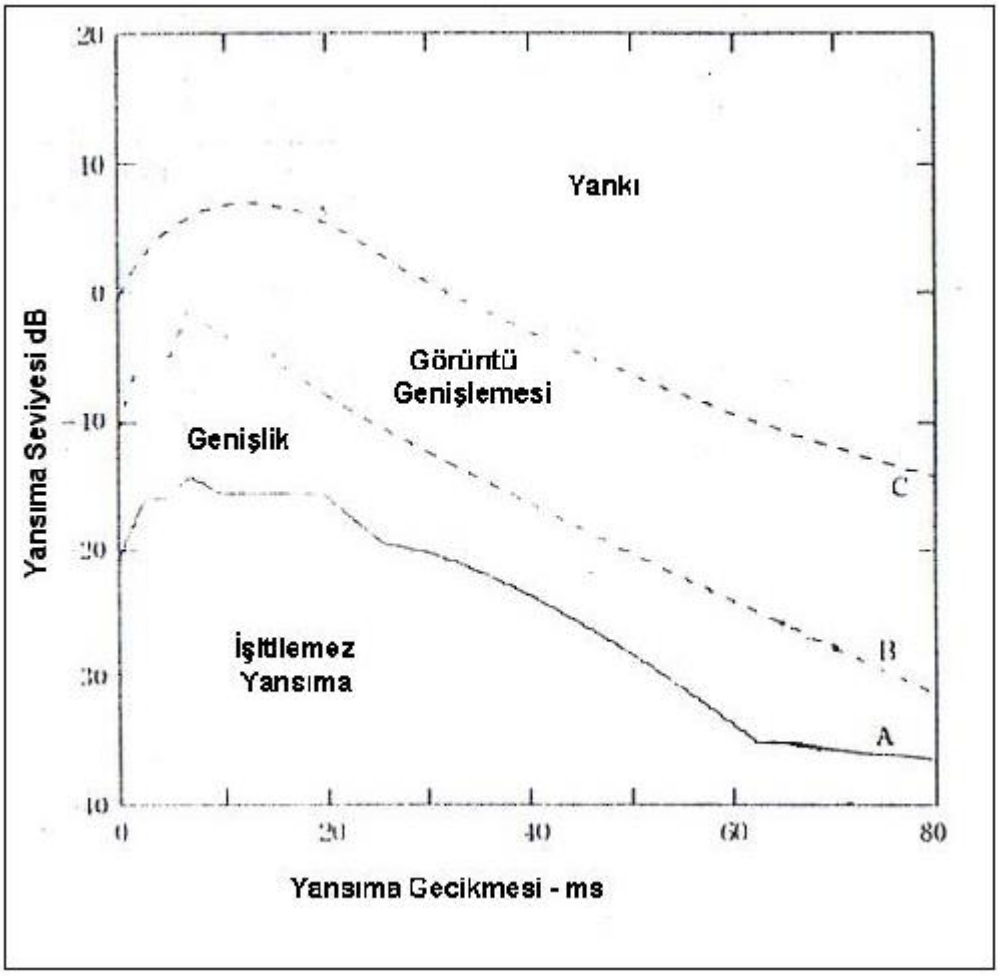
2.2.15. YANSIYAN SESİN ALGILANMASI

Bir önceki bölümde "yansıyan" ses sınırlı bir şekilde ele alınmıştı. Daha genel bir yaklaşım bu bölümde alınacaktır. Haas'ın kullandığı hoparlör düzenlemesinin düzinelerce başka araştırmacı tarafından kullanılmış olması ve bunun temelde tanıdık stereo düzen olması ilginçtir, iki ayrı hoparlör ile aralarında simetrik olarak yerleşmiş bulunan bir gözlemci (dinleyici). Bir hoparlörden gelen ses direkt olarak, ve diğerinden gelen de gecikmeli (yansıyan) olarak belirlenir. İki sinyal arasına sokulan gecikme ve göreceli seviyeleri ayarlanabilirdir. Konuşma sinyal olarak kullanılmıştır.

Direkt hoparlörün sesi rahat bir seviyeye ayarlanmışken, yansıyan veya gecikmeli olan mesela 10ms'lik bir gecikmeye ayarlanır, hoparlör sesi çok düşük bir değerden yavaşça açılır. Gözlemcinin ilk seste bir farklılık yakaladığı anda yansımanın ses seviyesi, yansıma yakalamada bir alt sınırdır. Bundan düşük seviyeler için, yansıma işitilmezdir, bundan yüksek seviyelerde yansıma açıkça duyulabilir.

Yansıma seviyesi alt sınırdan yukarı yavaş yavaş artırıldıkça, birleşen sese bir genişlik verilir. Bu genişleme hissi, deney yankısız bir ortamda gerçekleşse bile devam eder. Yansımanın seviyesi alt sınırdan 10dB yukarı artırıldıkça, seste bir başka değişiklik fark edilir.; ses görüntüsünde bir genişleme ve direkt hoparlöre

doğru görüntünün kayması genişlik hissine eklenir. Yansıma seviyesi bir 10dB veya daha fazla artırıldığı zaman bir başka değişiklik fark edilir; kesikli yankılar duyulur.



Şekil 2.13: Stereo düzenlemeli bir odada direkt sesin algılanmasına yan yansımaların etkileri. Bu ölçümler yankısız ortamdan alınmıştır, yan açılar 45-90 derece, konuşma sinyaldir. (A) Yansımanın mutlak işitilebilme alt sınırı. (B) Görüntü kayma/genişleme alt sınırı. (C) Yan yansımaların yankı olarak algılanması. [2]

2.3. GÜRÜLTÜ KRİTERLERİ

Giderek artan gürültüye maruz kalma düzeyleri, Leq ve Ldn değerlerinin (8 yada 24 saatlik periyotlar için) hesaplanmasını gerektirmektedir. Eğer ses frekans spektrumu sürekli ise keskin tepe ve dip noktaları oluşmaz, geniş frekans aralığına ulaşır. Bir çok karmaşık yayılma şemasında olduğu gibi A-seviyesi insan tepkisi ile ilişkilidir. Bu yüzden A-seviyesi iç ve diş ortamdaki bir çok yayılma ile ilgili standartlara ve yasalara adapte edilmiştir. Sadece iç ortamdaki gürültü ile ilgili genel kabul gören bir

standart olmamasına rağmen, spesifik durumlar için A-seviyesi önerileri sağlayan bir çok çalışma vardır.

2.3.1. KAPALI MEKANLARDA GÜRÜLTÜ KRİTERLERİ

Gürültünün kabul edilebilirlik düzeyinin belirlenmesi, gürültüye maruz kalan ortamda yapılan aktivitenin türüne, ortamın arka fon gürültü düzeyine ve gürültünün sürekliliğine göre değişir.

Tablo 2.2: Farklı ortamlarda kabul edilebilir gürültü düzeyleri. [1]

Ortamlar	**dBA**
Konferans salonları	30
Şehirdeki yatak odaları	35
Kırsal alanlardaki oturma odaları Banliyölerdeki oturma odaları Şehirdeki otuma odaları	40 45 50
Derslikler	45
Özel ofisler	45-50
Açık ofisler	55-60

2.3.1.1. EŞDEĞER ENERJİ DÜZEYİ KRİTERİ (L_{eq})

Kanada' da Ontario Çevre Bakanlığı, kentsel gürültü ve ilgili standartlar konusunda oldukça kapsamlı çalışmalar yapmıştır. A.B.D Ev ve Gelişme Bölümü'nün yeni yerleşimlerle ilgili belirlediği sınır gürültü seviyeleri tablo 2.3' te görülmektedir. Bu değerler Ontario Çevre Bakanlığı'nın model Kentsel Gürültü Kontrolü Kanunu'ndan faydalanılarak hazırlanmıştır.

Tablo 2.3: İç mekanlarda gürültü düzeyi sınırları. [1]

	L_{eq}
Yatak odaları, Hastaneler, vs. (23:00-00:07 saatleri arası)	40 dB(A)
Yaşama odaları, Oteller, Moteller, vs. (07:00-23:00 saatleri arası)	45 dB(A)
Özel ofisler, Küçük konferans odaları, Okuma odaları (07:00-23:00 saatleri arası)	45 dB(A)
Açık ofisler, Resepsiyon salonları, Mağazalar (07:00-23:00 saatleri arası)	50 dB(A)

Kanada'da geçerli diğer bir ses düzeyi limitleri düzenlemesi yol ve tren gürültülerinin evler üzerindeki etkisi ile ilgilidir. Bu düzenlemede, gürültü ölçümlerinin binanın bulunduğu alanda yapılması, yüksek olduğu yerlerde kabul edilebilir düzeye indirilmesi gerektiği belirtiliyor. İlgili limitler tablo 2.4'de belirtilmiştir.

Tablo 2.4: Konutlarda ve dış dinlenme alanlarında kabul edilebilir maksimum yol ve tren gürültü düzeyleri. [1]

	$24\,h\,(L_{eq})$
Yatak odaları	35 dB(A)
Yaşama, Yemek, Dinlenme odaları	40 dB(A)
Mutfaklar, Banyolar, Holler	45 dB(A)
Dış dinlenme alanları	55 dB(A)

2.3.1.2. KONUŞMA ANLAŞILABİLİRLİĞİ (PSIL)

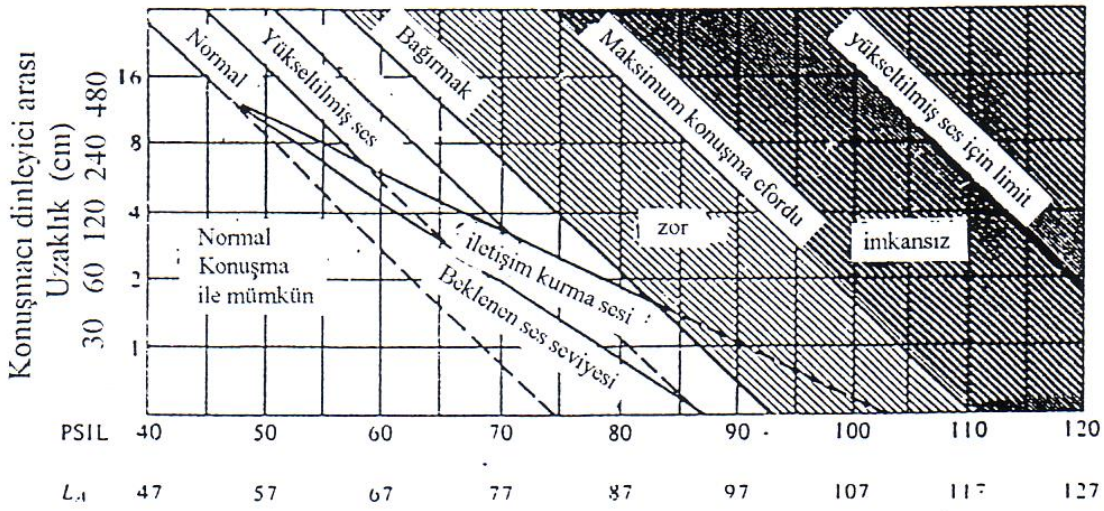
Konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili uç datalar ve maskeleme etkisi prosedürlerin oluşmasına neden olur, bu sayede insan tepkisi gözlemeyle ilgili fiziksel ölçümlerden 'Konuşma Anlaşılabilirliği İndeksi' hesaplanabilir.

Gürültünün etkili olduğu bir ortamda iki kişi arasındaki karşılıklı konuşma iletişimiyle ilgili olarak, anlaşılabilirlik endeksinin basit bir versiyonu Beranek tarafından önerilmiştir. Bu prosedürde rahatsız edici gürültünün 500, 1000, 2000 Hz oktav bandı seviyesinin aritmetik ortalaması belirlenmiştir.Bu ortalamaya 'Tercih Edilmiş Konuşma Anlaşılabilirliği Seviyesi' (PSIL) denir. Tercih edilmiş denilmesinin sebebi ISO standartlarına uydurulmuş oktav bandın kullanılmasıdır.

Örnek: Bir fabrikanın gürültü ortamında 3 kritik merkez frekansta oktav bandı seviyesi ölçülerek belirlenen PSIL= (81+80+80)/3=80 dB olmuştur. Şekil 2.14'de PSIL için en yüksek değer 80 dB dir. Bu durumda sözlü bir iletişim ancak 60 cm' den daha yakında özel efor sarf edilerek yapılır.

Şekil 2.14' de görüldüğü gibi oktav bandı okumaları yapılamadığı zaman A-ağırlıklı ses basınç seviyeleri basitleştirilmiş alternatif indeks olarak kullanılabilir. Dış ortamda PSIL ve A- ağırlıklı L ses basınç seviyeleri indeksi 500-2500 Hz aralığı dışındaki gürültüleri önemsemediğinden dolayı her iki indekste 500 Hz altındaki ve 2500 Hz üstündeki frekanslara sahip gürültüler için kullanılmamalıdır.

Şekil 2.14'de belirtilen seviyeler, ortalama konuşma gücünde seslerle yüz yüze konuşan insanlar içindir, dinleyiciye uygun olmayan konuşma enstrümanları kullanılmıştır. (Uzman bir konuşmacı için şekilde belirtilen değerlerden 5 dB düşülmelidir.) Konuşmacının ve dinleyicinin serbest bir ortamda oldukları düşünülmüştür (örnek olarak; oda reverberant değildir, arka fon gürültü düzeyini attıran yansıtıcı duvarlar vardır).



Şekil 2.14: Konuşma anlaşılabilirliği seviyelerinden konuşma iletişimi kapasitesini belirlemek için yayılma grafiği. [1]

2.3.1.3. KONUŞMA İLETİMİ VE GİZLİLİĞİ

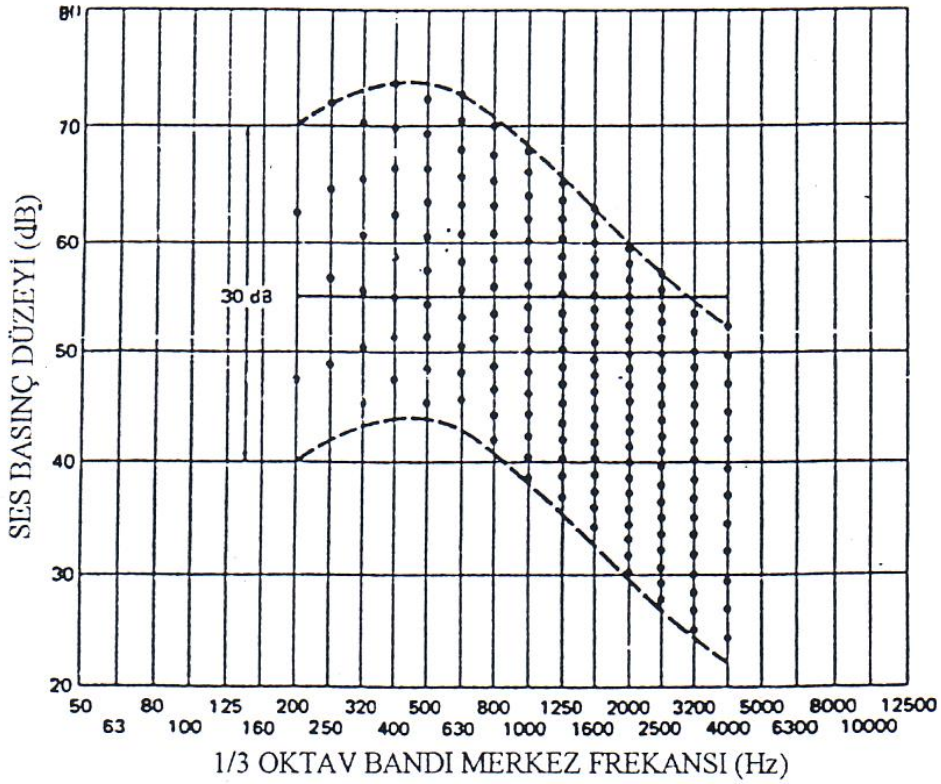
Konuşma anlaşılabilirliği ve gizliliği ile ilgili şartları geliştirmek için bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların en önemli sonuçlarından biri 'Konuşma Anlaşılabilirliği İndeksi' nin oluşturulmasıdır.

Şekil 2.15 'deki üst ve alt eğri arasındaki alanda normal konuşma sık sık düşer. Örnek; 1/3 oktav bandı 500 Hz merkez frekansta SPL (Konuşma Gizliliği Seviyesi) değerleri 43-73 aralığındaki farklı değerlerde ölçülmektedir (30 dB' lik bir aralık oluşuyor).

Yapılan çalışmalardan anlaşıldığına göre bu frekanslar konuşma anlaşılabilirliği açısından eşit öneme sahip değildir. Konuşma anlaşılabilirliği, yaklaşık 1500-3000 Hz aralığındaki frekansa sahip konuşmaların eksiksiz olarak algılanabilmesine bağlıdır. Bu aralığın dışındaki frekansların önemi daha azdır. Şekil 3.20 'deki her merkez frekanstaki nokta sayısı faklı frekanslardaki konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili önemi yansıtmaktadır. Bu şekilde 182 adet nokta bulunmaktadır. AI (Anlaşılabilirlik

İndeksi) değeri hesaplamak için; arka fon gürültüsünün 1/3 oktav frekans spektrumu aralığı ile üst eğri arasındaki nokta sayısı 182'ye bölünür ve sonuç AI değerini verir. Yoğun arka fon sesi üst eğrinin üstünde ve üzerinde bir spektruma sahip olduğu için parazit oluşturmaz ve konuşma anlaşılabilirliğini etkilemeyen bir AI değerine sahip olur. [1]

Genellikle 0.3 altı AI değerleri iletişim için tatmin edici değildir olarak değerlendirilir, 0.7 üstündeki değerler çok iyi olarak dikkate alınır, 0.5-0.7 arası değerler de uygundur denilebilir, 0.3-0.5 arası değerler sınır değerlerdir fakat kabul edilebilir.



Şekil 2.15: Anlaşılabilirlik indeksini (AI) oluşturma eğrileri. Şekilde bulunan düz çizgi örnekte verilen spektrumdur. [1]

2.3.2. ENDÜSTRİYEL ORTAMLARDA DUYMA BOZUKLUĞU RİSKLERİ DÜZENLEMESİ

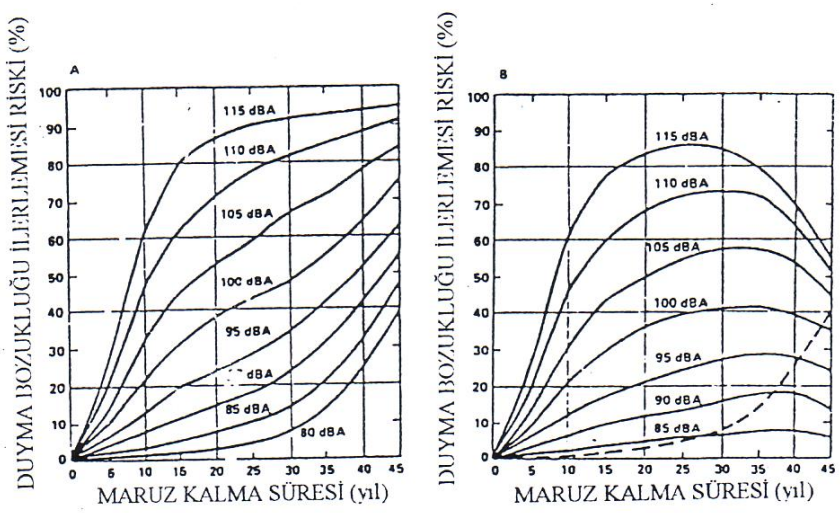
Endüstriyel gürültü ile ilgili ilk düzenlemeleri yapan ülke A.B.D dir. Ulusal temeller dikkate alınarak çalışma ortamı için izin verilen maksimum gürültü seviyeleri belirlenmiştir. Çalışma Ortamı Güvenliği ve Sağlık Kanunu (OSHA,1970) adı

verilen bu standartlar yasalaştıktan sonra, eyaletler arası faaliyet gösteren bütün şirketlerin bu yasalara uyması zorunluluğu getirilmiştir.

Günümüzde bir çok ülkede bu standartların geliştirilmiş hali 'Endüstriyel Gürültü Düzenlemeleri' adı altında uygulanmakta yada uygulanması için hazırlıklar yapılmaktadır. OSHA standartlarına göre çalışma zamanı yarıya indirilerek, bu standartlardaki değerler 5 dB arttırılabilir. Fakat eşit enerji prensibine göre şekillendirilen bir çok düzenlemeye göre bu artış değerinin 3 dB olması gerektiği belirtilmiştir. [1]

2.3.2.1. A.B.D' DE OSHA DÜZENLEMESİ ÖNCESİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

O yıllarda, yüksek düzeydeki gürültülerin uzun süre bu gürültülere maruz kalan insanlarda çeşitli derecelerde duyma bozukluklarına neden olduğu fark edilmiştir. İlk çalışmalar hükümet tarafından desteklenmiş ve elde edilen bulgular onaylanmıştır. 1956-1965 yılları arasında gürültüye maruz kalma limitleri farklı tiplerde askeri birimler tarafından önerilmiştir. 1965 yılında biyomekanik, biyoakustik, duyma üzerine oluşturulan Ulusal Bilim Akademisi ve Ulusal Araştırma Kurumunun ortak komitesi CHABA aralıklı ve sürekli gürültüye maruz kalma riskleriyle ilgili bir doküman hazırlamıştır. Bu doküman 20000 kişi üzerinde yapılan duyma bozuklukları ile ilgili çalışmaları da içermektedir. Şekil 2.16' da bu çalışmaların bir bölümü özetlenmiştir. Şeklin B bölümünde gürültü seviyesi ve maruz kalma zamanının etkisi görülmektedir.

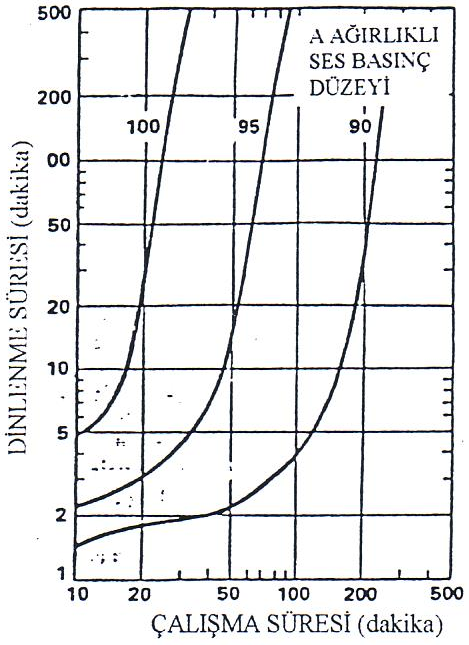


Şekil 2.16: A ağırlıklı gürültüye maruz kalma süresinin (Yıl) duyma bozukluğu riski. [1]

Tablo 2.5: Günlük, farklı periyotlarda, gürültüye maruz kalmanın duyma bozukluğuna eden olmaması için maksimum ses basınç düzeyleri

Oktav frekans bandı	Günlük gürültüye maruz kalma süresi (saat)					
	8	4	2	1	1/2	1/4
Bölüm A : Geniş frekans bandı aralığındaki gürültü (dB)						
125	97	103	111	119	127	135
250	92	96	101	107	115	123
500	89	90	94	99	105	112
1000	86	88	91	95	100	106
2000	85	86	88	91	95	100
4000	85	85	87	90	93	98
8000	86	87	90	95	100	105
Bölüm B : Dar frekans bandı aralığındaki gürültü (saf ton) (dB)						
125	92	93	95	98	105	112
250	87	88	90	94	100	106
500	84	83	86	91	96	101
1000	81	82	85	89	93	97
2000	80	81	83	86	90	94
4000	80	80	82	85	88	92
8000	81	82	85	90	94	99

Şekil 2.16' da A bölümü çalışma ortamı gürültüsü, çalışma ortamı dışındaki gürültüleri ve gürültüyle ilgili olmayan yaşlanma faktörlerini içermektedir. B bölümünde ise sadece gürültü etkisi gösterilmiştir. CHABA' nın çalışmaları aralıklı gürültülerin etkisini de içermektedir. Tablo 2.5' de, CHABA' nın belirlediği günlük gürültüye maruz kalma süreleriyle ilgili maksimum ses basınç düzeyleri verilmiştir. Ayrıca bu çalışmada dinlenme ve iyileşme süreler de vurgulanmıştır. Dinlenme zamanındaki gürültü seviyesi tablodaki değerlerden en az 10 dB az olmalıdır. Bu süreçte kulak maruz kaldığı gürültü etkisinden dolayı oluşan hasarlardan kurtulur ve bir sonraki çalışma için kendisini hazırlar. Tablodaki bu değerler 8 saatlik sürekli gürültüye maruz kalarak yapılan çalışma durumuyla ilgilidir. Bu süreyi zaman dilimlerine bölerek çalışanın aralıklı olarak gürültüye maruz kalması sağlanabilir. Bu sayede yüksek seviyedeki gürültünün etkisi azaltılabilir yada aynı derecede etkilenme ile daha yüksek seviyelerde gürültü ortamında çalışılabilir. Şekil 2.17 de çalışma zamanı, dinlenme zamanı, gürültü düzeyi ilişkisi verilmiştir.



Şekil 2.17: Tavsiye edilen dinlenme ve çalışma süresi ilişkisi. [1]

2.3.2.2. 1970 A.B.D ÇALIŞMA GÜVENLİĞİ VE SAĞLIK KANUNU

Çalışma Güvenliği ve Sağlık Kanunu (OSHA) A.B.D Çalışma Kurumu tarafından kurulmuştur. Bu birliğe, riskli çalışma şartları altındaki insanlara çalışma güvenliği

sağlamak için düzenlemeler oluşturma ve mevcut düzenlemeleri güçlendirme yetkisi verilmiştir.

a- Sürekli gürültü: OSHA' nın 1970 düzenlemesine göre izin verilen günlük sürekli olarak gürültüye maruz kalma süresi tablo 2.6' da belirtilmiştir. Çalışma ortamında gün boyunca gürültü seviyesinde önemli bir değişme olmuyorsa, çalışma süresi iyi tespit edilebiliyorsa, ses seviyesi ölçümünde kullanılan basit cihazlarla çalışanların gürültüye maruz kalma düzeyleri belirlenebilir.

Tablo 2.6: Çalışma Güvenliği ve Sağlık Hareketinin (1970) izin verdiği günlük maksimum gürültüye maruz kalma süresi ve ses basınç düzeyi . [1]

Günlük çalışma süresi (saat)	Ses basınç düzeyi (dBA)
8	90
6	92
4	95
2	97
1.5	100
1	105
0.5	110
0.25	115

- Değişken gürültü değerlerine sahip ortamlarda gürültüye maruz kalmak: Ses seviyesinin değişken değerlere sahip olduğu ortamlardaki gürültüye maruz kalma

$$D= \frac{C_1}{T_1}+\frac{C_2}{T_2}+\frac{C_3}{T_3}+ \quad .....$$

dozu aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.

C: 1 saatlik sürede maruz kalınan gürültü düzeyi

T: Tablo 2.6' da belirtilen, C düzeylerinde izin verilen maksimum çalışma süresidir.

Örnek: Bir işçinin, 100 dB(A) seviyesindeki gürültü ortamında 2 saat, 95 dB(A)' de 2 saat, 90 dB(A)' de 4 saat çalıştığını kabul edelim.

$$C_1 = 2h, \quad C_2 = 2h, \quad C_3 = 4h, \quad T_1 = 1.5h, \quad T_2 = 4h, \quad T_3 = 8h,$$

$$D = \frac{2}{1.5} + \frac{2}{4} + \frac{4}{8} = 2.33 > 1$$

olduğundan bu çalışma ortamı uygun değildir.

Eğer ses düzeyi geniş bir aralıkta ve hızlı bir şekilde dalgalanma gösteriyorsa, çalışan sık sık yer değiştiriyorsa gürültü seviyesini ölçmek ve gürültüye maruz kalma düzeyini belirlemek basit ekipmanlarla zordur. Bu durumda kulağa takılan mikrofonları olan bireysel ölçüm cihazları kullanılır. Bu şekilde gürültüye maruz kalma dozu belirlenebilir. Gürültü dozu zamanla değişen (dalgalanma gösteren) gürültü düzeyini ve süresini içerir.

ISO 1999-1984, gürültüye maruz kalma süresinin her yarıya indirilmesinde izin verilen maksimum gürültü düzeyinin 3 dB attırılabileceğini belirtir, OSHA (A.B.D) ise bu değerin 5 dB olması gerektiğini söyler. Örnek olarak; ISO 1994 standartlarına göre, 93 dB(A) gürültü düzeyi altında 4 saatlik çalışma yerine aynı ortamda 96 dB(A) gürültü düzeyinde 2 saatlik çalışma da uygundur. [1]

b- Beyinde tahribat yapıcı sesler: 140 dB üzerindeki tepe noktasına sahip sesler beyinde tahribat yapmaktadır. Beyinde tahribat yapıcı ses kaynakları; presleme, zımbalama, kompresör gibi darbe (vuruş) etkili makinelerdir. OSHA standartlarına göre, bu tür seslerin tepe noktasına çıkış süresi 35 milisaniye' den, tepe noktasındaki değerden 20 dB altındaki değere ininceye kadar geçen süre 500 milisaniye (1/2 sn)' den çok değilse bu ses 'vuruş etkili (beyinde tahribat yapıcı)' olarak adlandırılır. Eğer iki tepe noktası oluşumu arasındaki süre 1 sn' den kısa ise bu ses sürekli ses olarak adlandırılır. Ses tepe noktası değeri ölçümü tepe noktası okuyucu cihazlarla yapılır. Tepe noktası yakalandığı zaman alet durdurulur ve okuma yapılır. Örnek: 4 sn aralıklarla tepe noktası değerine ulaşan ve gün boyunca çalışan zımba etkili bir

presleme işlemi her vuruşta 112 dB(A) tepe noktası değeri oluşturmakta, zirve enerjisine sahip olma süresi 50 milisaniye (1/20 sn) olmaktadır. 8 saatte 7200 adet tepe noktası oluşur. Toplam gürültüye maruz kalma süresi 7200 X (1/20) = 360 sn (6 dakika). Tablo 2.6'ya göre 112 dB(A) için 6 dakika kabul edilebilir bir süredir.

OSHA gürültü düzenleme standartlarının önerilen yeni versiyonu 140 dB üzerinde tepe noktası oluşturan vuruş etkili ses kaynaklarının kullanımını yasaklamıştır. Ayrıca 140 dB altında tepe noktası oluşturan kaynakların günlük oluşturdukları tepe noktası sayısı sınırlandırılmıştır. Bu sayı günlük 100' ü aşmamalıdır.

c- Gürültü kontrol yaklaşımları: OSHA gürültüye maruz kalma standartları iki aşamadan oluşmaktadır. Günde 8 saat 85 dB(A) gürültüye maruz kalma durumunda kulak koruma programı uygulaması zorunludur. Bu değer 90 dB(A)' i aşarsa mühendislik yada idari gürültü kontrol yöntemleri gerekir.

- Mühendislik yöntemleri: OSHA standartları, problemi çözmek için mühendislik yöntemlerinin uygulanmasını ve gürültü düzeyinin tablo 2.6'da ki uygun değerlere getirilmesini gerektirir. Makinelerin gürültüsünü, yeniden dizayn ederek, daha az gürültü oluşturan alternatifleriyle yer değiştirerek azaltmak yada oluşan gürültüyü yolunda, alıcıda önlem alarak azaltmak mühendislik yöntemlerinin içeriğini oluşturur.

- İdari yöntemler: Bunlar, personeli vardiyalı çalıştırmak, işçilerin gürültüye maruz kaldığı süreleri kısaltmak gibi uygulamalardır. ğer bu önlem yaklaşımları belirlenmiş koşulları sağlamakta başarısız olursa, bireysel koruma ekipmanları (kulaklık, vs.) kullanılmalıdır.

- Duyma koruma programı: OSHA standartları mühendislik ve idari yöntemlere ilave olarak, sürekli ve etkili kulak koruma programını gerektirir. Gürültü ile ilgili araştırmalar, etkili kulaklıkların kullanımı, işçilerin eğitimi, ölçümler yaparak ortamı kontrol altında tutmak, duyma testleri uygulamak bu programın içeriğini oluşturur.

- Duyma koruma programı kriterleri: A.B.D Çalışma Güvenliği ve Sağlık Enstitüsü, sürekli olarak çalışan işçilerin güvenliği ve sağlığı ile ilgili çalışmalar yapmış ve çeşitli değişiklik önerileri sunmuştur. Bunun gibi öneriler sonucunda OSHA gürültüye maruz kalma dozunu artırmıştır. Günlük gürültü dozu hesabındaki 85-90 dB(A) değerleri de buna dahildir. Bu artış aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmakta ve çıkan D (doz) <%50 olduğu sürece artış uygun olmaktadır.

$$D = 100 \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \ldots\ldots \frac{C_n}{T_n}\right)$$

D: Günlük gürültüye maruz kalma dozu

1,2,3: Farklı dB(A) seviyelerindeki gürültüye maruz kalma periyotları

C: Farklı seviyelerde gürültüye maruz kalma süreleri

T: Belirtilen gürültü düzeylerindeki kabul edilebilir maksimum maruz kalma süresi

Bu durumda, 8 saat yada aşan zaman periyodunda, ortalama 85 dB(A) ses düzeyi ve günlük dozun %50 olduğu ortamlarda, işverenler çalışanlarına düzenli olarak duyma testi sağlamalıdırlar. [1]

Örnek: Gürültüye maruz kalma süreleri; 100 dB(A) 1 saat, 90 dB(A) 4 saat, 85dB(A) 3 saat.

D=100[(1/2)+(4/8)+3/16)]= %118.75

%50 değerini aştığı için istenilen seviyeyi aşan gürültü düzeyleri kabul edilemez.

BÖLÜM 3: GİYDİRME CEPHELER VE METAL ÇERÇEVELİ(HAFİF) GİYDİRME CEPHELERDE ÖRTÜ BİLEŞENLERİ

3.1. GİRİŞ

Bu bölümde giydirme cephe kavramına, giydirme cephelerin gelişimine, ülkemizde giydirme cephelerin gelişimine, giydirme cephelerin sınıflandırılmasına değinilmiş, metal çerçeveli giydirme cephe kaplama bileşenleri detaylı olarak anlatılmıştır.

Metal çerçeveli giydirme cephe kaplama bileşenleri bina taşıyıcı sistemine tespit edilen taşıyıcı metal ızgaraların önüne veya içine monte edilerek dış örtü sistemini oluşturmaktadır. Bu bölgeler saydam ve opak bölge olmak üzere iki türlüdür. Saydam bölgede tek yada çift cam panelleri; opak bölgelerde ise dışta cam, çift cam, metal sandviç panel, plastik, ahşap plaklar, alüminyum paneller, ara katman olarak ise; çeşitli ısı ve ses yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Bazı yapılarda kaplama plakları yalnız camdan oluşsa da, bazılarında cephenin bir bölümü saydam diğer bölümleri ise opak ve metal sandviç panel, paslanmaz çelik, granit, seramik…vb. kaplama plakları ile kaplanabilmektedir.

3.2. GİYDİRME CEPHE KAVRAMI

Geleneksel mimaride kullanılan dış cephe malzemeleri (beton, taş, tuğla vs.) binaya 200 kg/m² üzerinde yük getirmektedir. Günümüzde konstrüksiyon ve malzeme alanındaki gelişmeler, yapıda; konstrüksiyonun ve temelin aşırı yüklenmesini önleyen ve iç konfor koşullarında daha yüksek standartlaşmaya gidilmeyi amaçlayan bir düşüncenin gelişmesine yol açmıştır. Bu düşünceye cevap vermesi açısından cephede cam, Alüminyum vs. gibi hafif malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür hafif malzemelerin konstrüksiyona getirdiği 100 kg/m²' nin altına inmiştir. [7]

Giydirme cephe tanımını açıklamamız gerekirse: Yapının taşıyıcı strüktürü içersinde hiçbir görev almayan, bu strüktür tarafından taşınan veya desteklenen hafif malzemelerle yapılan prefabrike bir yapı elemanıdır.

Giydirme cepheler bina ile doğa arasında iki taraflı çalışan bir filtre gibidir. Bazı etkenleri geçirmemesi, bazılarını kısmen geçirmesi ve bazılarını da tamamen geçirmesi istenir. Bu sistemi bir şema üzerinde gösterebiliriz.[7]

Giydirme cephe kavramı ve deyimleri üzerinde biraz durmakta yarar vardır. İngilizce'de en yaygın deyim "Curtain Wall" dur. Önceleri Türkçe'ye perde duvarı şeklinde çevrilmiştir. Fakat perde duvar Türkçe'de daha çok betonarme duvarları anlatmak için kullanılmaktadır. Aynı zamanda curtain wall deyimi sadece hafif sistemleri değil aynı zamanda ağır sistemlerden oluşan, taşıyıcı özelliği olmayan ve konstrüksiyona ankrajlarla tespit ettirilen cepheler anlamında da kullanılmaktadır. [7]

İngilizce'de Curtain Wall' un yanı sıra daha köklü ve bilimsel bir deyim olarak "Cladding" kullanılır. Bu kelime Germanik bir kökten Almanca'daki "Kleid" ve "Keiden" kelimeleri ile ilişkili bulunmaktadır. Bu açıdan günümüzde kullandığımız "Giydirme Cephe" isabetli bir deyimdir. Cladding en genel anlamda binanın konstrüksiyonuna giydirilen ve dış yüzeyden algılanan bütün elemanları anlatır. Günümüzde hafif cepheler daha çok kullanılmaktadır. [7]

3.3. GİYDİRME CEPHELERİN GELİŞİMİ

20. yüzyıl, cephe mimarisinde önemli değişim ve teknolojik yeniliklere şahit olmuştur.



Şekil 3.1: Cam-Alüminyum kombinasyonundan oluşan giydirme cephe örneği. [8]

Bilim ve teknolojideki inanılmaz ivme yeni inşaat malzemelerinin keşfine, inşaat yapım teknolojilerinde gelişmelere, değişen yaşam biçimi sonucu yeni şehirleşme ve yapı konseptlerinin oluşmasına yol açmıştır. Yüzyılın ilk çeyreğinde yüksek yapıların boy göstermesi ile mimarlar, mühendisler bilim adamları yepyeni bir meydan okuma ile karşı karşıya kalmıştır. İnşaat prefabrikasyon, yapım sürati, hafif malzemelere olan talep birçok yeni ürünün keşfine ve gelişmesine yol açmıştır. Bu ürünler içinde herkes tarafından kolaylıkla algılanan ve izlenebilen, dolayısı ile gelişimi ve gelişme kültürünü simgeleyen mimari ürün ise cepheyi teşkil eden metal cam kombinasyonu olan "Giydirme Cepheler" olmuştur. [8]

Geçen yüzyılın sonunda ilk defa elde edilebilen ve bu yüzyılın başında ticari anlamda ekonomik olarak üretilmesi, paslanmayan, hafif ama dayanıklı, kolay olarak işlenebilen bir metal olması alüminyumun, temperleme yönteminin keşfi ile sertleştirilerek emniyetli bir hale getirilmesi ise camın cephelerde kombine kullanılmasında önemli rol oynamıştır. (1851 yılında Londra' da 18 dönüm inşa edilen Crystal Palace sergi merkezi yeni bir kavramı dünyaya tanıttı. Tamamen şeffaf, ışığın içeri aktığı tamamen şeffaf olabilen bir kabuk. Yarı yüzyıl kadar hak ettiği değer unutulan bu kavram, Amerika' lı mimar Louis Sullivan tarafından 1891' de Chicago' da Monadnock binasında bu sefer kalıcı olarak kendini gösterdi.)

1930' larda yüksek yapılarda da kullanıma giren giydirme cephe, 1950' lerde patlama yaparak yüksek yapılarda simgelenmiş ve modern anlamdaki cephelerin yaygın kullanımına başlanılmıştır. Bu gelişmede önemli bir etken de 2. Dünya Savaşı

esnasında artan alüminyum üretim kapasitesinin savaş sonrası ekonomiye ucuz şekilde arzı olmuştur. O yıllardaki giydirme cephe detayları doğrama detaylarının cepheye adapte edilmesinden öte değildir.

1960' ların sonlarında Norveç Bina Teknolojileri Araştırma Enstitüsü tarafından teorisi geliştirilen Basınç Dengeleme (pressure equalization) prensibinin bulunması giydirme cephe teknolojisinde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Bugün halen kullanılmakta olan ve "kapaklı sistem" olarak nitelenen bu sistemde rüzgar yüküne mukavemeti sağlayan bir alt konstrüksiyon karkas (Mullion/Transom) sistemi ile bu karkasın içine yerleştirilen camlar bu camların sisteme mekanik olarak sabitlenmesini sağlayan baskı profili ve bakı profilindeki vidaları gizleyen kapak profilinden oluşmaktadır. [8]

Bu arada camda da önemli gelişmeler olmuş; 1950' lerde kenarları eritilerek ısı cam elde etme yöntemi, float prosesinin keşfi, daha sonra bugünkü ısı cam teknolojisinin gelişmesi, camların önce renkli (tinted), bilahare reflekte olarak üretilebilmesi aluminyumdaki gelişmeye paralel bir çizgi göstermiştir. Bu iki sektörün teknolojik evrimi ve maliyetlerinin düşmesi (eritme yöntemi ile elde edilen ısıcamlar 1000 DM/m2 iken, bugün reflekte ısıcamlar 100 DM/m2 seviyesindedir) gerek estetik gerekse fonksiyonel açıdan yüksek olsun olmasın bina cephesinde en uygun çözüm olmuştur.

Silikonun keşfi ve cephelerdeki sızdırmazlık problemlerine kalıcı çözüm getirmesinin katkısı unutulmamalıdır. Beton ve çeliğe nazaran 3 misli fazla uzama katsayısı olan alüminyum profillerin inşaat ile birleşim noktalarında sızdırmazlık silikonunun (weather seal silicone) kullanılması cephe imalatçılarının işini kolaylaştırmıştır. 1930' lardan başlayarak büyük bir ivme ile gelişen alüminyum - cam cephe teknolojisi yanı sıra yüzyılın başında hayal edilen ancak yüzyılın sonuna doğru yaygınlaşan camın mümkün olduğu tek başına kullanılabilmesi konsepti mimarları sürekli meşgul etmiştir. 1922' lerde ilk eksizlerini çizen Mies van der Rohe' nin tasarımı ancak 1963' te Henri Bernard tarafından gerçekleştirilmiştir. Ana konsept camın strüktürel olarak kullanılması yani camın mukavemeti özelliklerinin alüminyum profilin yerine ikame edilmesi idi. Pilkinton' un meşhur "PLANAR" cephe sistemi "strüktürel cam cephe" lerin ilk ticari markası olmuştur. Camın dış cepheden görünüşünden hiç profil olmaması fikri reflekte camların yaygınlaşması ve

en önemlisi camların çerçeveye mekanik olmayan bir sistemle tutuşturulması ancak "Dow Corning" firması "strüktürel silikonu" keşfi ile mümkün olmuştur.

3.4. ÜLKEMİZDE GİYDİRME CEPHELERİN GELİŞİMİ

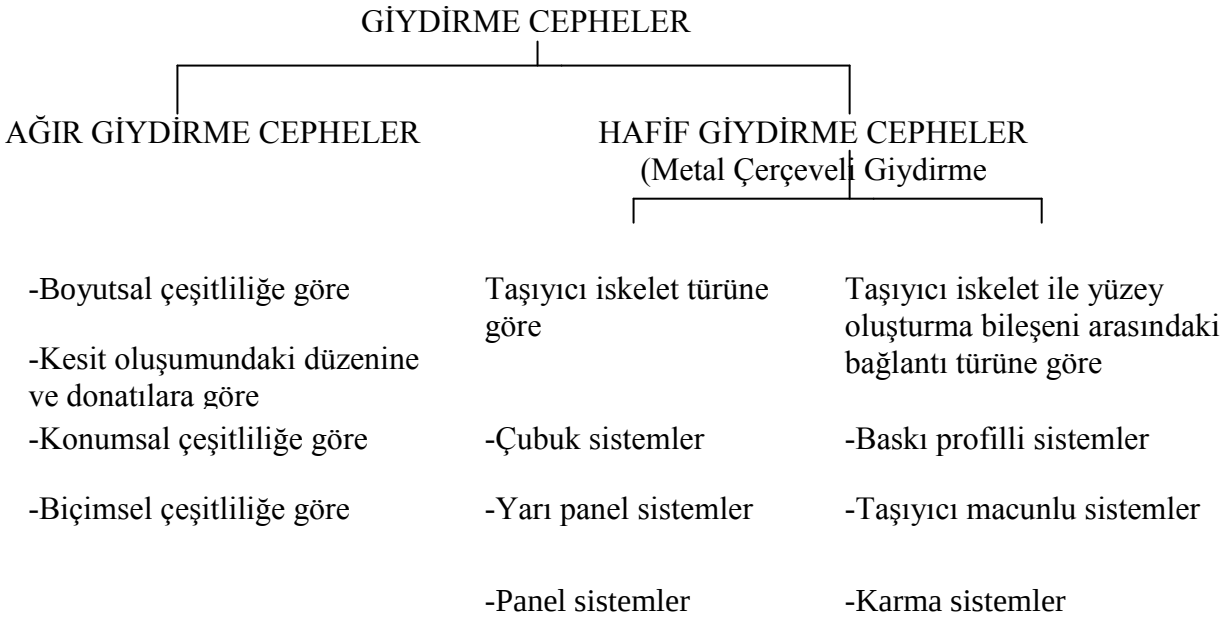
Son yıllarda ülkemizin mimari yapısında önemli yenilikler ve değişmeler gözlenmektedir. Ülkemizdeki turizm ve iş merkezleri yatırımlarındaki hızlı artış ve devlet tarafından bu inşaatlara sağlanan teşvik ve inşaat kolaylıkları inşaat sektörüne bir hareket getirmiştir. Daha önceleri cesaret edilemeyen yüksek yapılar; gelişmiş ülkelerden yapılan teknoloji transferleri ve çağdaş malzemelerle ülkemizde de uygulama alanına girmiştir. İnşaat sektöründeki bu gelişme inşaat yan sanayini ve müteahhitlik hizmetlerini teknoloji ve modernizasyon alanında arayışa itmiştir. Yüksek yapılarda dış cephelerde uygulamaya başlanılan giydirme cepheler ülkemizde malzeme çeşitlerinin artmasına neden olmuştur ve bu gelişme sonucunda çeşitli boyut ve desenlerde seramikler, çeşitli renk ve özellikte ısı-güneş kontrol camları, çeşitli renklere sahip alüminyum levha ve kompozitler inşaat malzemelerimiz arasına vazgeçilmez yapı elemanı olarak girmiştir. Giydirme cephenin gelişmesine paralel olarak örnekler de çoğalmaya başlamıştır. [8]

Bu örneklere Nişantaşı Amerikan Hastanesini, Yapı Kredi Plazaları, Şişli Nova Baran Centeri, Sabancı Centeri, Akmerkezi, Mowenpick Oteli, Swiss Oteli ve bunlar gibi bir çok yapıyı katabiliriz.

3.5. GİYDİRME CEPHELERİN SINIFLANDIRILMASI

-Ağır Giydirme Cepheler (Heavy Cladding): Taş, yapaytaş, beton kullanılan cepheler

-Hafif Giydirme Cepheler (Light Cladding): Metal, cam, plastik sandvich levha kullanılan cepheler

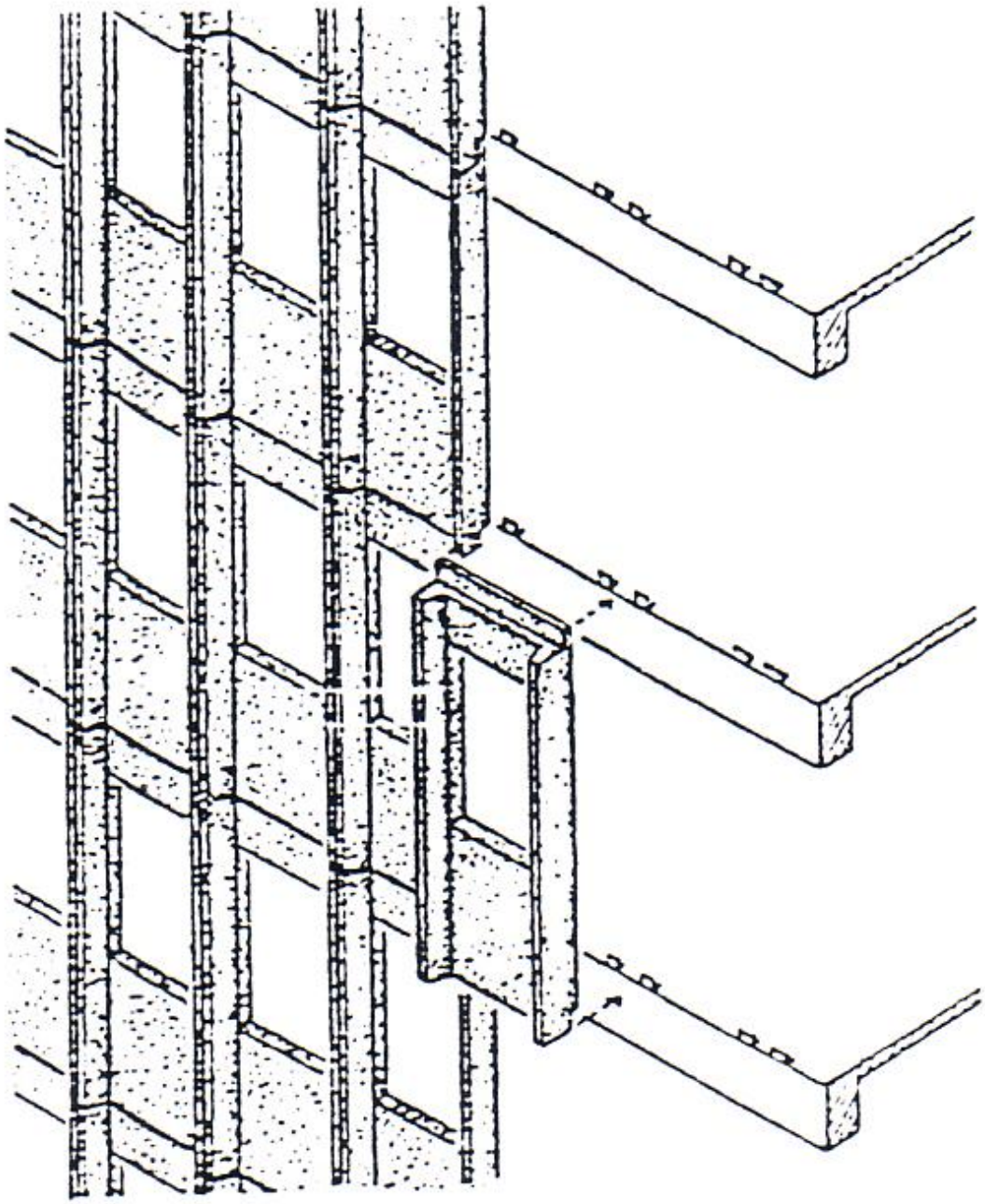


Şekil 3.2: Giydirme cephe sistemlerinin sınıflandırılması. [7]

3.5.1. AĞIR GİYDİRME CEPHELER

Ağırlıkları 100 kg/m² ’den fazla olan ve genelde beton esaslı ön üretimle gerçekleştirilen (prekast) duvar panellerinden oluşan cepheler olarak tanımlanabilirler. Betonarme panellerin dışında çok yaygın olmamakla birlikte cam elyaf donatılı beton yada plastikten veya metal malzemelerden üretilmiş panellerde yapılmaktadır. [7]

Genel olarak beton esaslı giydirme cephe panelleri; panellerin genişliklerine, yüksekliklerine, kesit oluşumundaki tabakalaşma düzenine ve donatılarına, biçimsel farklılıklarına ve bina taşıyıcı sistemleri ile konumsal çeşitliliklerine bağlı olarak da sınıflandırılabilmektedir.



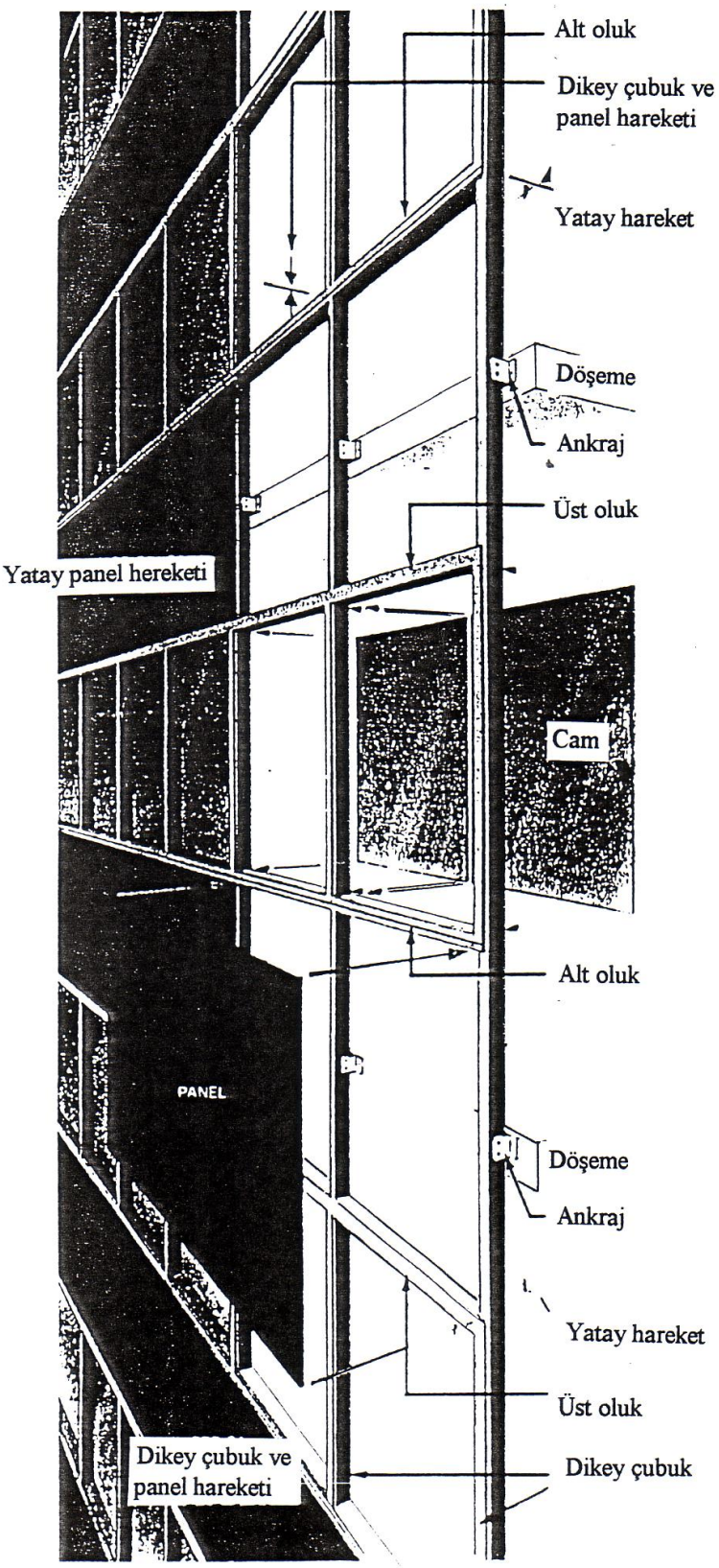
Şekil 3.3: Ağır giydirme cephe perspektifi. [7]

3.5.2. METAL ÇERÇEVELİ GİYDİRME CEPHELER

Yapılan dış duvarları genellikle tuğla, blok… vb. kagir malzemeler örülerek, kalıp içersine beton dökülerek veya beton bünyeli prefabrike elemanlarla oluşturulur. Bu elemanlar binanın stabilizesinde doğrudan doğrudan veya dolaylı olarak görev alırlar. Günümüzde ise bazı yapıların dış duvarları metaller, cam elyaflı ve plastik ürünler gibi tamamen farklı malzemelerden de yapılabilmektedir. Bu durumda cephe

elemanlarının opak ve saydam bölümlerinin ağırlığı çoğu kez 100 kg/m² 'nin altındadır. Uygulama şekilleri ve taşıma durumları kagir malzemeden yapılan dış duvarlardan tamamen farklı olan bu cepheler 'Hafif Cephe' adını almaktadır. [7]

Metal çerçeveli giydirme cepheler de ağırlıkları 100 kg/m² 'yi geçmeyen hafif cepheler sınıfında olup; bina taşıyıcı sisteminin önüne monte edilen metal, cam, sandviç levha ve granit… vb. kaplama malzemelerinin metal bir çerçeve içinde konumlandırıldığı, taşıyıcı olmayan düşey örtü sistemidir. [7]



Şekil 3.4: Metal çerçeveli giydirme cephe sistem perspektifi. [7]

3.6. METAL ÇERÇEVELİ GİYDİRME CEPHELERDE SAYDAM BÖLGE (CAM)

Giydirme cephelerde saydam kaplama malzemesi olan cam, günümüzde cam teknolojisindeki gelişmelerin sağladığı imkanlar sayesinde alüminyum taşıyıcı sistemin arasında tamamen kullanılabilir duruma gelmiştir. Giydirme cephelerde çok yüksek oranda kullanılan bir malzeme olan cam farklı şekillerde karşımıza çıkmaktadır. Projenin gerektirdiği şekilde: güneş ışınımı kontrol camları (ısı emici, renkli, yansıtıcı…vb.), ısı kontrol camları, lamine camlar… gibi pek çok farklı yapıda camın üretilip uygulanması mümkündür.

3.6.1. CAM GİYDİRME CEPHE TARİHİ, GELİŞİMİ VE ÜLKEMİZDEKİ DURUMU

Günümüzde binaların cepheleri, giderek artan bir oranda cam ve metal giydirme cephe sistemleri olarak inşa edilmektedir. Giydirme cephe sistemleri, hızlı yapım, homojen ve yüksek kalite, yapılara estetik bir form kazandırma, taşıyıcı sisteme az yük bindirme, güneş ışığından maksimum düzeyde yararlanma vb. gibi avantajlar sağlamaktadır. [9]

Bundan dolayısıyla her geçen gün Giydirme cephe teknolojisi gelişmekte ve daha fonksiyonel yaşam alanları oluşumuna katkıda bulunmaktadır.

Giydirme cephe sistemlerindeki tarihsel gelişim insanoğlunun almış olduğu yolu görmek açısından çok önemlidir. Bu tarihsel süreç içinde, Cephe sistemlerinin ana bileşenlerinden olan camın gelişimi bizi Giydirme Cephe Sistemlerinin kronolojik başlangıcına götürür.



Şekil 3.5: Giydirme cephe sistemlerinin gelişimini ifade eden cam-alüminyum kombinasyonundan oluşan giydirme cephe örneği. [9]

Cam'ın ilk kez M.Ö. 3000 yıllarında Mezopotamya ve Mısır'da üretildiği bilinmektedir. Denizci bir kavim olan Fenikelilerin ilk camı ürettikleri de bu bilgiler arasındadır. Plinus'un anlattığı bir efsaneye göre, Fenike kıyılarında bazı tacirlerin yemek pişirirken tencerelerini oturttukları güher çile yopakları, yerdeki kumlarla karışmış ve ateşin etkisiyle ilk camsal opak malzemenin meydana gelmesine yol açmıştır. Aslında M.Ö. 4000 yılından beri Doğuda cam biliniyordu. Evlerde pencerelere cam koyma düşüncesini Romalılar'dan geldiği sanılıyor. Nitekim Pompei antik kentinde bulunan 30/60 cm boyutundaki camlar bunu kanıtlamaktadır. [9]



Şekil 3.6: Giydirme cephe sistemlerine günümüzden bir örnek. [9]

Cam üretiminde kullanılan yöntemler tarihsel kronoloji içerisinde üfleme, döndürme, dökme, çekme ve de şu an günümüzde de en yaygın olarak kullanılan yöntem olan yüzdürme yöntemidir.

Camın yapılarda kullanılması ile cephe sistemleri de gelişim göstermeye başlamıştır. M.S. 1600'lü yıllara kadar yaygın olarak dini mekanlarda gün ışığının renklendirilmesi ve mistik bir ortam oluşturmasında cam malzemeler kullanılmaktaydı.



Şekil 3.7: Giydirme cephe sistemlerinin gelişimi ile cephe tasarımında sağlanan esnekliğe bir örnek. [9]

1700 de kömürün bulunması ile birlikte demir ve cam üretimindeki ısıtma sorunu büyük ölçüde azaltılmıştır. Böylelikle cam ve demir daha fazla kullanılmaya başlanmıştır.1700 ve 1800'lü yıllarda kış bahçelerinde , tren istasyonlarında ayrıca pasajların üst kısımlarında, çelik konstrüksiyon üstünün, camlarla kapatılması ile fonksiyonel yaşam mekanları teşkil edilmeye başlanmıştır. 1830 yılında Philedelphia'da inşa edilen iki katlı banka binasının dökme demirden imal edilmiş olan cephesi bilinen ilk asma cephe uygulaması olmuştur.



Şekil 3.8: Giydirme cephe sistemleri kullanılarak güneş ışınlarının direkt etkisinin kırılması için yapılmış bir cephe tasarımı örneği. [9]

1851 yılında Demirci Fox ile camcı Handerson'un 11 ayda tamamladıkları Crystal Palace, Giydirme cephede devrim yaratan projelerden biridir. Günümüzdeki giydirme cephe sistemlerinin ana malzemesi olan alüminyum 1827 yılında ilk kez rafine edilmiştir. Ancak bu işlem çok pahalı olmasından dolayı uzun yıllar alüminyum kullanımı yaygınlaşmamıştır. Buna karşın 1884 yılında Washington anıtı üzerinde inşa edilen kare piramit ilk alüminyum yapı elemanı olarak dikkati çekmektedir. 1886 yılında Charles Martin Hall tarafından Alüminyum elektroliz yolu ile elde edilmesi alüminyum sanayinin başlangıcı kabul edilir. 1929 yılına kadar alüminyum yaygın olarak kullanım alanı bulmamasına karşın bu tarihte ilk büyük uygulama olan Empire State Binası yapılmıştır. Bu yapıda, alüminyum malzeme ile toplam 6000 adet parapet paneli, dükkan doğramaları ve bazı süslemeler kullanılmıştır. [9]



Şekil 3.9: Cephe yüzeyinin büyük bir oranının camla kaplandığı giydirme cephe sistemine bir örnek. [9]

1930'lu yıllardan sonra çift cam teknolojisi, ısı yalıtımlı alüminyum cephe sistemleri, alüminyum sanayi ve silikon sektöründe teknolojik gelişmeler yaşanmıştır. Buna bağlı olarak, 1950'li yıllardan sonra modern Giydirme cephe sistemleri dizayn edilmeye başlanmıştır. Artık mimarın istekleri doğrultusunda birçok malzeme ve teknoloji kullanılarak Giydirme cephe sistemleri dizayn edilebilmektedir.Bu süreç içerisindeki bazı önemli uygulamalar: U. N. General Secratariat Building (New York, 1951),Alcoa Building (Pittsburgh, 1952), 99 Park Avenue Building (New York, 1953), Corning Glass Building (New York, 1959).

1970'li yıllardan sonra Giydirme cephe sistemlerinde performans ve dizayn kriterlerinde gelişme sağlayıcı çalışmalar yapılmıştır. Bu bağlamda gerek iç ortamdaki yaşamsal koşulların yapı fiziği kuralınca iyileştirilmesinin yolları araştırılmıştır. Bunun için cephe sistemlerinin ısı geçirgenliği, ses sönümleme oranı, yangına karşı davranışı, yağmurlu ve rüzgarlı bir havada su ve hava geçirimsizliği ve benzeri konularda deneysel ve bilimsel çalışmalar yapılarak optimum çözüm yolları bulunmaya çalışılmıştır. Böylece Cephe sistemleri modern ve çağın gerekliliğini yerine getirebilecek hale getirilmiştir.



Şekil 3.10: Birden çok malzemenin kullanılması ile oluşturulmuş cephe tasarımı örneği. [9]

Türkiye de Giydirme Cephe sistemleri, 1980'li yıllardan sonra yaygın olarak uygulama alanı bulmuştur. İlk uygulamalarda genel olarak klasik kapaklı cephe sistemleri kullanılmaktayken daha sonraları silikon teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak cephe sistemlerinde Strüktürel silikonlu cephe sistemleri ön plana çıkmıştır. Strüktürel silikonlu cephe sistemleri "cam cama cephe" olarak da ifade edilmektedirler. Bu sistemlerde cephe sistemine dışarıdan bakıldığında herhangi bir bağlantı veya taşıyıcı bir profil gözükmez.



Şekil 3.11: Giydirme cephe sistemleri ile cephede sağlanan tasarım esnekliğine bir başka örnek. [9]

Sistem camları strüktür silikon ile taşıyıcı sisteme taşıttırılmaktadır. Günümüzde cephe sistemlerinde panel sistem uygulamaları yaygınlaşmıştır. Böylelikle tamamıyla fabrika ortamında kontrol altında hazırlanan cephe panelleri ile hızlı ve daha güvenli montaj gerçekleştirilebilmektedir.

3.6.2. CEPHEDE SAYDAMLIK (TRANSPARAN CEPHE)

Sürekli, engelsiz, şeffaf bir cephe rüyası 1922 senesinde Mies van der Rohe' nin eskizlerinde tepeden aşağıya doğru birbirlerine asılmış ve tüm sistemin cam kirişlerle desteklendiği fikri işlenmiştir.



Şekil 3.12: Camın çok yoğun kullanıldığı bir giydirme cephe tasarımı örneği. [8]

Bu fikrin teoriden pratiğe dönüşmesinde en önemli gelişme olan camın strüktürel dayanımını arttırılması yani temperlenmesi 1928 yıllarında Fransa' da keşfedildi. Rohe' nin fikrinin bir projede gerçekleştirilmesi ancak 1963 yılında "Maison de la Rodio " binasında Henri Bernad' a nasip olmuştur. İki kat yüksekliğindeki oldukça büyük camları asarak kullanmıştır.

Bu yeni cephe teknolojisindeki gelişmenin en önemli itici gücü camların kenara yakın yerinde delik açıldıktan sonra temperlenmesi esnasında kırılmaması ve dolayısıyla cıvatalar vasıtasıyla cepheye asılabilmesiydi. Böylece cam herhangi bir çerçeve kullanılmadan çeşitli tasarımlarda yan yana getirilerek kullanılabilmesi mimarlara çok büyük tasarım alternatifleri getirmiştir. İlk mekanik uygulamalar Pilkington firmasının "patch fitting" elemanları kullanılarak yapılmıştır.

Bundan sonraki adım camların arkasındaki strüktürün daha hafif görünmesi cam cephenin mümkünse hiç fark edilmemesi için çalışmalardı. Bu konudaki en önemli dönüm noktası 1981' de mimar Adrian Fainsilber' in Paris Parc de la Vilette' de Science Museum binasıdır. Peter Rice, Martin Francis ve lan Richie tarafından getirilen sistemde "pach fitting" ve cam kiriş kaldırılmış, yerine camların küresel yatak ve yaylı tutamaklarla arkadaki kablolardan oluşmuş kiriş sistemine bağlanarak strüktürel taşıyıcı yapı minimuma indirilmiştir.

Zaman içinde Pilkington' un öncülüğünde diğer cam firmaları da kendi mühendislerini kullanarak çeşitli sistemler geliştirmiştir. Bu tasarımlarda Pice, Francis ve Richie üçlüsünün yanı sıra Holandalı Mick Eekhout, Fransız Marc Malinowsky özgün tasarım geliştiren ve transparan cephe sisteminin gelişmesine önemli katkıları bulunan isimlerdir. Transparan cephede temel amaç, görüşe engel olacak düşey ve yatay mütemadi bağlantıların ortadan kaldırılmasıdır.

Günümüzde bağlanma teknikleri, ısıcam, lamine camın uygulanması, camın kompresyon özelliği ön plana çıkarılarak çeşitli tasarımlar geliştirilmiştir. Bu konu ile ilgili olarak ilk uygulamalardan biri taşıyıcı olarak patch fitting' lerle askıdaki camın içerisinden desteklenmesidir.

Diğer bir uygulama şekli de çelik giydirme halatlarla askıdaki camın desteklenmesi sistemidir. Bu konuda ana prensip yüklerin değişik araçlara dağıtılması prensibidir. Yukarıdaki sistemlerden hangisi uygulanırsa uygulansın, uygulanan destekleme

sisteminin montajında camın emniyetini sağlayacak özel parçaların kullanılmasıdır. Bu sistemde tasarımcının estetik ve fonksiyonel cephe tasarımında tasarımın sınırlarını genişletmek mümkündür. Strüktürün taşınması yatay veya düşey olarak asılması suretiyle çözülür. Bu tasarımda taşıyıcı sistem içeriden veya dışarıdan olabilir. [8]

3.6.3. CAMIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Normal camın birim hacim ağırlığı 2500 kg/m³ 'tür. Sertlik değeri; ortoz için (6.0) ile kuvars için (7.0) arasındadır. Bu düzeydeki sertlik cama iyi bir aşınma direnci kazandırmaktadır. Normal camların mohs sertlik değeri biraz düşük olup, 5.5 dolayındadır. [8]

Camın genleşme katsayısı $8.7x10^{-6}$ dır. Bu değer çeliğin değerine ($11x10^{-6}$) oldukça yakındır ve alüminyumun değerinden ($24x10^{-6}$) üç kez daha küçüktür. Bu özellik, camın birlikte kullanıldığı alüminyum doğramalarla ilişkisi açısından önem kazanmaktadır. [8]

3.6.4. CAMIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Basınç mukavemeti; kırılma yükü olarak camın basınç mukavemeti 2000-18000 kgf/cm² 'dir. [8]

Çekme mukavemeti; kırılma yükü olarak camın çekme mukavemeti $4\text{-}7x10^{7}$ pa yada 400-600 kgf/cm² 'dir. Ani olarak soğutulan temperlenmiş camlarda bu değer $5x10^{7}$ pa yada 500 kgf/cm² olarak alınmalıdır.

Camın elastiklik modülü $7.2x10^{4}$ kgf/cm².[19]

Camın poisson oranı; γ=0.22 'dir.

Giydirme cephelerdeki cam kullanımında genel olarak yapı içine giren güneş ışınlarının parlaklıklarını kontrol altına almak, iç mekanların konfor düzeyini arttırmak ve iklimlendirme giderlerinden tasarruf sağlamak amacı ile seçilen reflektif kaplamalı veya harmandan renkli güneş kontrol camı seçilir.

3.7. METAL ÇERÇEVELİ GİYDİRME CEPHELERDE OPAK BÖLGELER

Metal çerçeveli giydirme cephe sistemlerinde parapet kuşağı ve diğer sağır bölgeler ‘opak bölge’ olarak isimlendirilmektedir. Gerek sistemin bağlantı noktalarının bu bölgelerde olma zorunluluğu gerekse yapısal sorunların çözüm noktaları olmaları nedeniyle bu bölgeler, sistemin genel olarak problem noktalarıdır. [55]

Metal çerçeveli giydirme cephelerde opak bölgeler için, başta cam olmak üzere alüminyum, paslanmaz çelik, granit, mermer, seramik… gibi malzemelerin kullanımı söz konusudur.

3.7.1. OPAK BÖLGELERDE CAM

Metal çerçeveli giydirme cephe sistemlerinde tasarım gereği kat döşemelerinin özellikle gözükmesinin istendiği durumlar dışında, parapet bölgelerinde cam; dış koşullara dayanıklılık, bakım kolaylığı, görüntüde homojenlik… gibi nedenlerle tercih edilen bir malzemedir. Kiriş, parapet betonu ve kullanılan yalıtım malzemelerinin gizlenmesi açısından kullanılan camın opak olması gerekmektedir. Parapet ve diğer sağır bölgelerde kullanılan camın arkasında; havalandırma sorunları olan kiriş ve parapet duvarı önünde dar, kapalı bir aralık ile tesisat veya asma tavan boşlukları yer almaktadır. Bu nedenle adı geçen bölgelerde cam kullanımında;

- Opaklaştırma malzeme ve yöntemlerinin seçimi

- Cam ve sağır cephe arasındaki boşluklarda oluşan ısı birikimi ve ısı transferleri

- Kurulanamayan ve temizlenemeyen aralıklarda kondensasyon ve uçucu bileşiklerin oluşumu

- Saydam bölge camlarına oranla artan ısıl kırılma riskleri

- Gürültü geçirgenliği

- Rüzgar ve diğer yüklere karşı dayanım

- Güvenlik ve emniyet… gibi birtakım kriterler dikkate alınmalıdır.

Metal çerçeveli giydirme cephe sistemlerinde opak bölgelerde kullanılan camların tasarım ve detaylandırılmasında uygulanan yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

3.7.1.1. TEK CAM UYGULAMALARI

Gölge kutusu: Cam arkasındaki kiriş, parapet duvarı veya tecrit yüzeyi üzerine, cam yüzeyinden minimum 50 mm geride kalacak şekilde, koyu ve mat renkli homojen bir satıh oluşturulmakta ve bu ara boşluğa yanlardan ışık sızmasına özen gösterilmektedir. Bu şekildeki uygulamalarda özellikle bakış açısının dik açıya yaklaştığı ve camdaki yansımanın az olduğu durumlarda, arka fondaki dalgalanmalar seçilebilmektedir.

Opaklaştırılmış camlar: Cam parapet kaplamaları konusundaki bir diğer uygulama da cam yüzeyin arkasının görülmesini önlemek için boya türünde malzemelerle opaklaştırmaktır. Opaklaştırma malzemelerinin güneş radyasyonu etkisi ile ulaşılan yüksek sıcaklık derecelerinin ve güneşin mor ötesi ışınlarının yıpratıcı etkilerine, kondensasyon nedeniyle oluşabilecek rutubete, parapet-cam arasında oluşabilecek biyolojik ve kimyasal ortamlara karşı dayanıklı olmaları gerekmektedir.

Metal çerçeveli giydirme cephelerde sağır bölgelerde kullanılan opaklaştırılmış camlar;

- Fırın boyalı kaplama camları

- Organik esaslı opaklaştırıcı kaplama camları

- Polietilen yada polyester film kaplanmış parapet camları,

olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

3.7.1.2. YALITIM ÜNİTELERİ

Parapet önlerindeki camlı uygulamalarda gerek uçucu bileşikler gerekse kondensasyon ile ilgili sorunlara karşı en iyi çözüm yollarından biri de yalıtım üniteleri kullanmaktır. Yalıtım ünitelerinin iç yüzeyinin minimum 50 mm gerisinde sağlanan koyu ve mat renkli fonlarla yaratılan gölge kutusu uygulamaları oldukça başarılı çözümler oluşturmaktadır.

3.7.2. OPAK BÖLGELERDE KOMPOZİT MALZEMELER

Birbirinin zayıf yönünü tamamlayarak üstün özellikler elde etmek amacıyla iki yada daha fazla makro bileşenin bileşiminden oluşan, pratik olarak birbiri içinde çözünmeyen ve başlangıç malzemelerinin fiziksel özelliklerinden farklı özellikler taşıyan malzeme sistemine 'kompozit malzeme' adı verilmektedir. [55]

Aşağıda giydirme cephelerde opak bölgelerde en çok kullanılan kompozit malzemelerden bazıları hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

3.7.2.1. ALÜMİNYUM KOMPOZİT LEVHALAR

Modern teknoloji, estetik, dayanıklı sistemler için dış cephe kaplamalarında alüminyum giydirme cepheler vazgeçilmez unsurlardır.



Şekil 3.13: Alüminyum kompozit panellerin kullanıldığı giydirme cephe tasarımı örnekleri. [55]

İki yüksek yoğunlukta ince tabaka ve bunları ayıran kalın, düşük yoğunlukta, sertliği ve mukavemeti daha az olan çekirdek malzemeler 'sandviç kompozit' adını almaktadır. Alüminyum kompozit levhalar ise, 0.5 mm kalınlığında alüminyum levhadan oluşan, ortasında polietilen (visko elastik yüksek moleküler reçine) bulunan kompozit levhalardır.

Özgül ağırlığı 1.2-1.5 g/cm³ arasında değişen paneller, aynı mukavemetteki alüminyum levhaya oranla %40 daha hafiftir. Ağırlık, ortadaki malzemenin kalınlığına göre değişebilmektedir (3 mm:4.5 kg, 8 mm:9.1 kg).

Yüzey tipleri; iki yüzü hadde matlığında, bir veya iki yüzü fırın boyalı, eloksallı, dekoratif folyo kaplı olabilir. Ayrıca granit, mermer görüntüsü de verilebilmektedir.

3.7.2.2 CAM LİFİ TAKVİYELİ PLASTİK (GLASS FİBER REİNFORCED POLYESTER-GRP-)

Cam lifi takviyeli plastik temel amaç; lifli malzemelerle bağlanan yüksek gerilme değerine sahip plastik malzemeler elde etmektir. Modüler paneller olarak üretilen malzemenin temel karakteristik özelliği;

- Yüksek gerilme gücüne sahip düşük yoğunluklu malzemelerdir

- Korozyona karşı dayanıklıdır

- Kalıplanması için yüksek sıcaklık veya preslenmesine gerek yoktur, malzemenin yüzeyine değişik renk ve doku verilebilir

- Aynı işlevi görecek diğer malzemelere karşı maliyeti yüksektir

- Malzemenin dış ortam koşullarına dayanıklılığı yüzeyine yapılan kaplamaya göre değişir.

3.7.2.3. CAM LİFİ TAKVİYELİ BETON (GLASS FİBER REİNFORCED CEMENT-GRC-)

Cam lifi takviyeli beton kompozit bir malzeme olup; portlant çimento, ince kum, iyileştirici ve su ile hazırlanan beton ile alkali resistant cam liflerinin karışımından yapılmaktadır.

Cam lifi takviyeli beton su geçirimsizliği, düşük ısıl gerilmeleri ve yanmaz özellikleri ile brüt beton cephelerin alternatifi durumuna gelmiştir. Yüksek gerilme kabiliyeti, 10 mm civarındaki kalınlık ve hafif bir malzeme olması bu malzemeyi cazip hale getirmektedir. Yaklaşık 1300 dozajlı beton kullanılmaktadır. Demir donatının yerini cam lifleri almıştır. Bu durumda maliyetin artmasına neden olmaktadır. Isı yalıtımı için, kimyasal bir sıvının çimento içinde kompresör ile karıştırılmasıyla elde edilen köpük beton kullanılabilmektedir. [12]

Üretim tekniğinde kalıp kullanılması nedeniyle istenen form ve yüzey dokusunu sağlayabilmektedir. Asbetli çimentoda olduğu gibi karışım içersine renk pigmentleri katılarak malzemenin renklendirilmesi de mümkündür.

Tablo 3.1: Cam lifi takviyeli betonun fiziksel özellikleri. [12]

Özellik	Abbr.	Unit	Premix	Spray
Basınç Mukavemeti	fc	N/mm²	40-60	50-80
Çekme Mukavemeti	fct	N/mm²	-	5-10
Kırılma Modülü	MOR	N/mm²	8-12	15-25
Darbe Mukavemeti	-	KF/m²	10-15	10-25
Elastisite Modülü	E	KF/mm²	10-20	10-20
Yoğunluk	γ	Kg/dm³	1.9-2.0	1.9-2.0
Isıl Genleşme Katsayısı	αT	/C	$(1.0\text{-}1.5)x10^{-5}$	$(1.0\text{-}1.5)x10^{-5}$
Isıl İletkenlik	λ	W/mk	0.8-1.2	0.8-1.2
Yangına Dayanıklılık (DIN 4102)	-	-	A1-A2	A1-A2

3.7.2.4. SANDVİÇ PANELLER

Geniş açıklıklı yapılarda emniyetle kullanılabilecek ve tam bir ısı yalıtımı sağlayan çatı ve cephe kaplama malzemesidir. Deforme olmaz, yüzeyinde bakteri oluşmaz ve paslanmaz.

Poliüretanlı sandviç panel, iki kat metalin (alüminyum veya boyalı galvanizli sac) arasına enjekte edilmiş poliüretan dolgu ile üretilen kompozit bir malzemedir. Kullanılan alanlarda tam bir ısı, ses ve su yalıtımı, sızdırmazlık sağlar. Nem yoğunlaşmasını ve korozyonu önler. Projelere uygun istenen boylarda üretilir. İşçilik ve zamandan tasarruf sağlar. Periyodik bakım gerektirmez. [13]

3.7.3. OPAK BÖLGELERDE DOĞAL TAŞ MALZEMELER

Doğal yapı taşları doğada mevcut taş ocaklarından çıkarılan, homojen, atmosfer etkilerine dayanıklı, petrografik ve teknolojik özellikleri bakımından yapı işlerinde kullanılmaya elverişli taşlardır.Giydirme cephelerde opak bölgelerde doğal taş olarak kirlilik ve atmosfer değişiklikleri…vb. dış etkilere dayanıklı ve uzun ömürlü olmaları nedeniyle mermer ve granit gibi sert doğal taşlar grubuna giren taşlar tercih edilmektedir.

Özellikle granit, mermer grubundan daha sert olması, doğa şartlarına karşı daha dirençli ve dayanıklı olması, cila kabul etmesi ve plaka olarak işlenebilmesi, geniş renk ve doku alternatiflerine sahip olması gibi nedenlerden dolayı cephelerde daha çok kullanılmaktadır.

Çok nitelikli doğal taşlara sahip olan Türkiye, potansiyelini değerlendirme konusunda çok gayretli olduğundan mermer sektörü son 15 yılda, ortalama yıllık 13,6 oranında büyümüştür ve bu, dünya ortalamasının iki katı olmaktadır.

3.7.3.1. GRANİT

Metal çerçeveli giydirme cephelerin opak bölgelerinde kullanılan granit ocaktan çıkarıldıktan sonra bir takım kesim ve yüzey işlemleri geçirerek cephe kaplama elemanına dönüşmektedir. Bu işlemler sonrasında plaka haline gelen granitler, granit plakaları cepheye bağlayan tespit elemanları ve taşıyıcı ızgaralar rüzgar yükü, deprem yükü, ısıl gerilmeler gibi dış faktörlerin etkisi altında kalmaktadır. Gerek

granitin plaka haline gelinceye kadar geçirdiği süreç gerekse sistemi etkileyen fiziksel-kimyasal faktörler granitin boyutlandırılmasını, taşıma ve uygulama sistemlerini etkilemektedir. [18]



Şekil 3.14: Granit kaplama giydirme cephe tasarımından bir bina örneği. [13]



Şekil 3.15: Granit kaplama giydirme cephe tasarımından bir bina örneği. [13]



Şekil 3.16: Bilgisayar ortamında tasarlanmış granit kaplama giydirme cephe örnekleri. [20]

BÖLÜM 4: SES YALITIMI

4.1. GİRİŞ

Bu bölümde ses yalıtımı anlatılmıştır. Rahatsız edici, istenmeyen her ses gürültü olarak adlandırılır. İstenmeyen tanımı kişiden kişiye değişir, sesin tipi, gürültüsü, frekansı, içeriği ve süresiyle ilişkilidir. Hatta bazen müzik bile gürültü olarak nitelendirilebilir.

Binalarda gürültü kontrolü sağlamanın prensiplerinden biri; gürültünün bina kabuğu ile engellenmesidir. Düşük ses geçirimli bariyerlerle ses iletim kaybının arttırılmasına ses yalıtımı denir.

4.2. RAHATSIZLIK VERİCİ GÜRÜLTÜLERİN KONTROLÜ

- Gürültüye duyarlı odayı gürültü seviyesinin düşük olduğu bir yerde planlamak.
- Gürültüye karşı kaynak çıkışında önlem almak.
- Kaynak ile oda arasına yalıtım bariyerleri yerleştirmek.

Gürültüye duyarlı mekanları dış cepheden uzağa yerleştirmek çevreden gelen gürültüleri azaltmada etkili bir çözümdür, fakat akustikle ilgili olmayan bir çok nedenden dolayı tercih edilmeyen bir durumdur (manzara, doğal ışık, güneş alma, vs.). Eğer bu gürültüden etkilenen oda yayın odası yada kayıt odası ise, odanın bulunduğu bina muhtemelen bir çok amaç için kullanılan bir komplekstir ve bu komplekste ofis makinelerinden, havalandırma ekipmanlarından, ayak seslerinden kaynaklanan yada diğer stüdyolardan gelen gürültüler vardır. Doğal olarak bu gürültüler yayın ve kayıt odasındaki akustik ortamı olumsuz etkiler. [14]

4.3. GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI VE BAZI ÇÖZÜMLER

Bütün zamanlar boyunca odaları caddelerdeki gürültüden korumak zor olmuştur fakat çözümleri mevcuttur: Kaynakla oda arasındaki uzaklığı iki katına çıkarmak yaklaşık 6 dB' lik bir gürültü seviyesi düşüşü sağlar. Çalılıklar ve sık yapraklı ağaçlar caddelerden gelen gürültüden korunmamıza yardımcı olur: 60 cm kalınlığındaki servi sırası 4 dB' lik bir düşüş sağlar.

Bir evin bir odasındaki gürültü kontrol problemine yaklaşımın ilk adımı; gürültünün odaya ulaşım yollarını belirlemektir. Doğal olarak bu yollar strüktürün akustik açısından en zayıf noktalarıdır. Dış cephedeki pencereler ve kapılar çok az gürültü iletim kaybı sağlar. Duvarların, döşemenin, çatının iletim kaybı değerleri yüksek olduğu durumlarda içeriye ulaşan gürültünün büyük çoğunluğu açıklıklardan geçmektedir. Pencerelerin ve dış kapıların kapalı olması iletim kaybında önemli artışlar sağlamaktadır. [14]

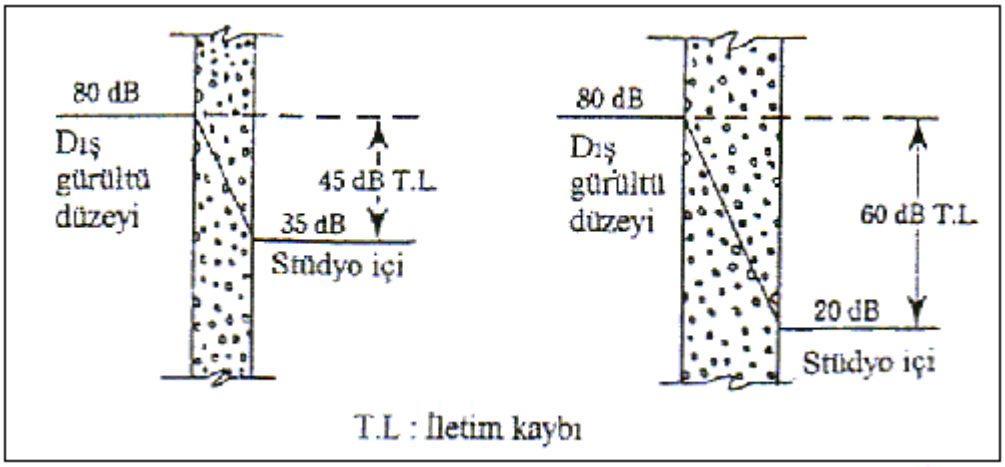
Başarı elde edebilmek için önce bütün açıklıklar kapatılmalıdır. Bu açıklıkları tespit etmek zordur fakat bu açıklıklar genellikle duvar birleşimlerinde, pencere ve kapı doğraması duvar birleşimlerinde, yada bunların kasaları ile kanatları birleşimlerinde oluşmaktadır. Çiftli pencere sistemleri ve yoğunluğu yüksek malzemelerden yapılmış kapılar kullanılmalı, conta uygulamaları uygun yapılmalıdır. Tavanlar ve döşemelerde gerekli iletim kaybını sağlayacak detay ve malzemelerle yalıtılmalıdır. Sonuç olarak uygun ses yalıtımlı ev oluşturmak için; duvar, tavan, döşeme gibi evin dış çevreyle temas eden bütün yüzeyleri gözden geçirilmelidir.

Bir şekilde oda içersinde oluşan gürültü düzeyleri gürültü emici yalıtım malzemeleri ile azaltılabilir. Örnek olarak bir stüdyoda ölçülerek elde kaydedilen 45 dB' lik gürültü düzeyi, duvarlara ses emici özelliklere sahip malzemeler kaplanarak 40 dB'e düşürülebilir. Fakat bu ses emici malzemeler reverberasyon zamanını oldukça kısaltabilir. Reverberasyon zamanı kontrolüne öncelik verilmelidir. Bu hassas dengeden dolayı emici özelliğe sahip malzemelerle istenilen verim sağlanamayabilir, bu yüzden daha çok yalıtım için diğer metotları kullanılabilir.

Gürültü düzeyini kaynak çıkışında azaltmak, eğer mümkünse daha mantıklı ve maliyet açısından daha uygun bir yöntemdir. Uçakların gürültülerini ve trafik

gürültülerini kaynak çıkışından istenilen miktarda azaltmak zordur fakat havalandırma fanlarından kaynaklanan gürültü düzeyini esnek montajla, tesisat kanallarını ses yalıtım malzemeleri ile kaplayarak, ayak seslerinden kaynaklanan gürültü düzeyini de zemin halı kaplayarak azaltılabilir.

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi duvarlar sesi iletirken gürültü iletim kaybı sağlarlar. 80 dB düzeyindeki bir gürültü seviyesi doğru detaylandırılmış duvardan geçip iç yüzeye varıncaya kadar 35 dB seviyesine kadar düşürülebilir, yani 45 dB iletim kaybı sağlanabilir. Bu verimin sağlanabilmesi için yan duvarların, döşeme ve tavanın gürültü köprüsüz olarak duvarla aynı miktarda gürültü iletim kaybını sağlayacak yalıtıma sahip olması gerekir, aksi halde gürültü dolaylı yollardan odaya ulaşabilir. [14]



Şekil 4.1: Gürültü iletim kaybı. [14]

Hava doğuşlu gürültü, yüzeylerin diyafram hareketi, katı strüktürler ve bunların kombinasyonu gürültü iletim yollarını oluşturur.

Binalarda ses yalıtım prensibinin doğru olarak uygulanması, sesin özelliklerinin ve tipinin doğru olarak saptanmasıyla mümkündür. Ses binada iki iki şekilde yayılır: Hava ile, strüktür titreşimi ile.

Konuşma, müzik aletleri, fanlar, motorlar, uçaklar ve arabalar hava ile yayılan sesleri oluştururlar.

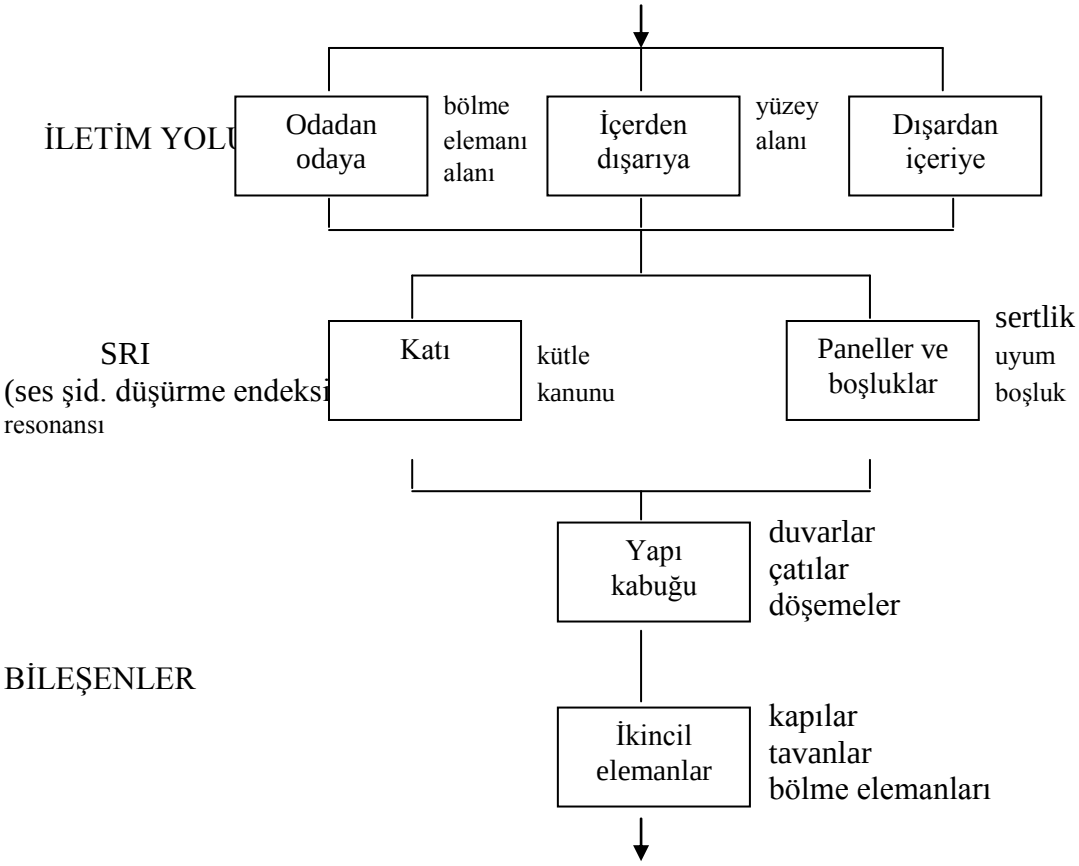
Strüktür doğuşumlu ses, bina elemanları oluşan bir darbe ile meydana gelir. Darbe bina elemanlarının titreşim yapmasına sebep olur ve titreşim sesi yayar. Strüktür doğuşumlu ses darbe sesi olarakta bilinir. Duvara çakılan çivi insanın döşeme üzerinde yürümesiyle oluşan ses strüktür doğuşumlu sese örneklerdir.

Strüktür doğuşumlu ses darbe ve titreşimle yapı elemanı ile ilişki halinde bir ses kaynağı oluşturur. Yapı bileşeni de darbe ve titreşim kaynağından oluşan sesi yayar. Örneğin titreşen bir musluk kendi başına fazla bir ses yaymaz. Ama rijit olarak bir duvara bağlıysa, ses çeşitli kollardan duvar içi titreşimlerle yayılır.

Bir çok kaynak yada strüktür yada hava doğuşumlu ses oluştururken, bazı kaynaklar iki tip ses oluşturur. Fanlar, hareketli parçalar hava doğuşumlu ses oluştururken makine içi titreşimler strüktür doğuşlu ses oluşturur. [17]

4.4. GAZ ORTAMLARDA SES DALGALARININ YAYILMASI (HAVA DOĞUŞUMLU GÜRÜLTÜ)

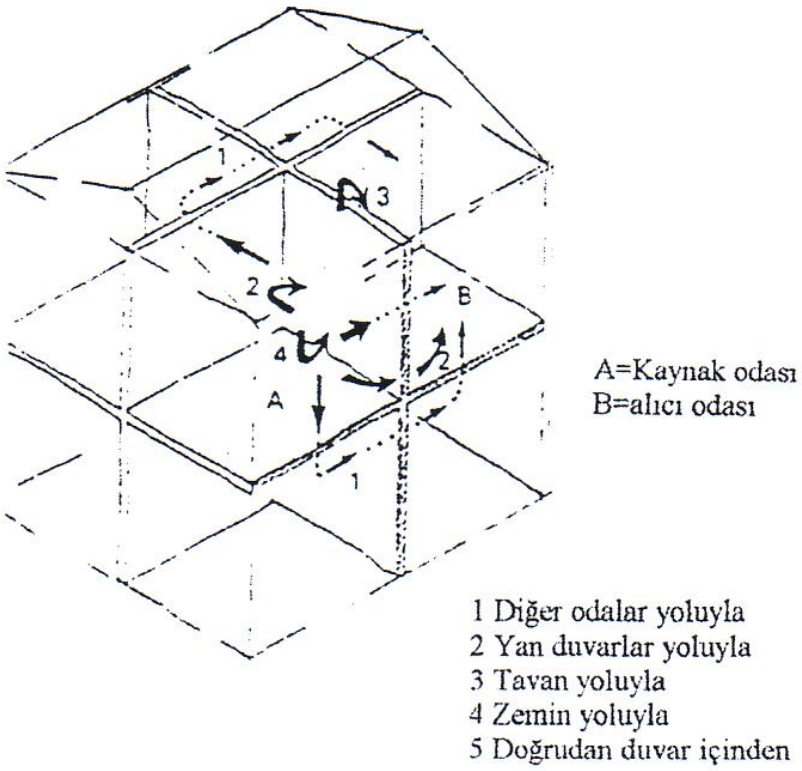
Hava doğuşlu gürültülerin kontrolü için fiziksel bariyerler ve strüktür arası boşluklarda sıkıştırılmış hava gereklidir. Bu bariyerler bölme elamanı olabilir, duvar olabilir, çatı elemanı olabilir, döşeme elemanı olabilir. Burada sözü edilen bölme elemanı; prefabrike strüktürler, modüler panellerdir. Taşıyıcı olmayan duvarlar ise; yük taşımayan sadece bölme elemanı olarak kullanılan duvarlardır (tuğla, beton bloklar, vs.). Bu iki sistem arasında benzerlik olmasına rağmen farklılıklarda vardır. Modüler bölme elemanları kenar çatlaklarına ve resonans etkisi oluşmasına yatkındırlar. Bölme duvarlar ise strüktür doğuşlu gürültüleri iletirler ve çok özel detaylar oluşturmadıkça sürekliliğini engellemek zordur. Havadaki ses dalgaları modüler bölme elemanlarının vibrasyon oluşturmasına alıcı odasına gürültü yaymasına neden olur. Bu tip duvarların ses yalıtım kapasitesini bölme elemanının strüktürü, bileşenleri, ve bu bileşenlerin strüktüre montaj şekilleri oluşturur. Gürültü iletim kaybı artışı sadece duvarlara bağlı değildir: Diğer odalardan, diğer duvarlardan, tavandan, döşemeden geçerek (flanking) alıcı odasına ulaşması da dikkate alınmalıdır.



Şekil 4.2: Ses yalıtımı. [15]

4.4.1. DOLAYLI GÜRÜLTÜ İLETİM YOLLARI (ÇAPRAZ GEÇİŞ YOLLARI)

Dolaylı gürültü iletim yolları fiziksel bariyerin kenarlarında oluşur. Bu duvarın döşeme ile, yan duvarlarla, tavanla, tesisat elemanları ile birleşimleri yan, alt ve üst odalar dolaylı iletim yollarını oluşturur. Bu yollarla gürültü iletimini engellemek için belirtilen noktalarda ses yalıtım önlemi almak gerekir.

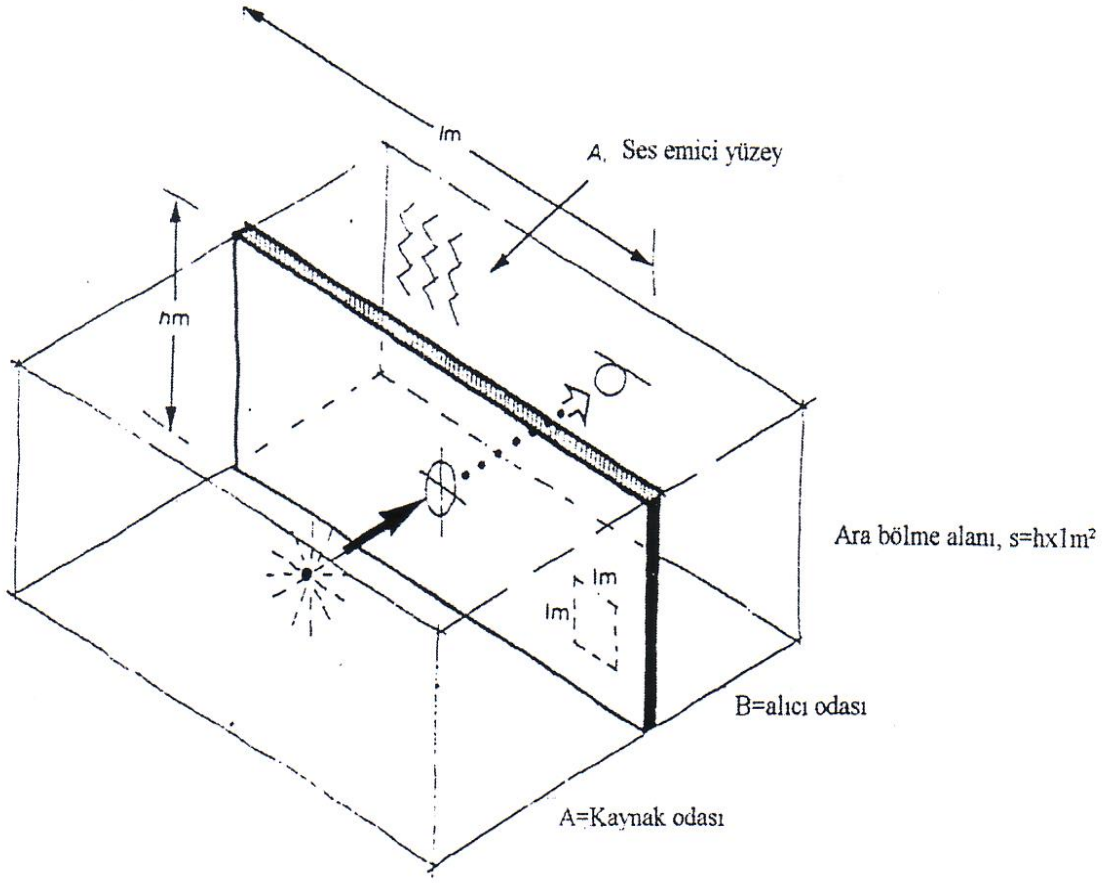


Şekil 4.3: Gürültünün odaya ulaşım yolları. [15]

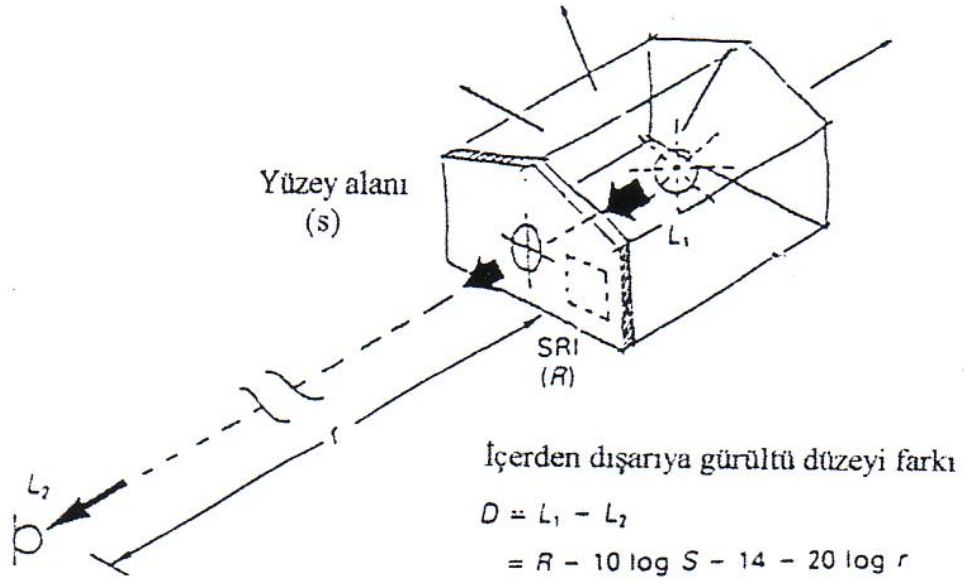
4.4.2. GÜRÜLTÜ DÜZEYİ FARKI VE SES AZALTIM İNDEKSİ (SRI)

İki oda arasındaki gürültü düzeyi farkı bölme elemanlarının gürültü iletim kaybı kapasitesine, toplam alanına ve kaynak ve alıcı adasının akustik özelliklerine bağlıdır.

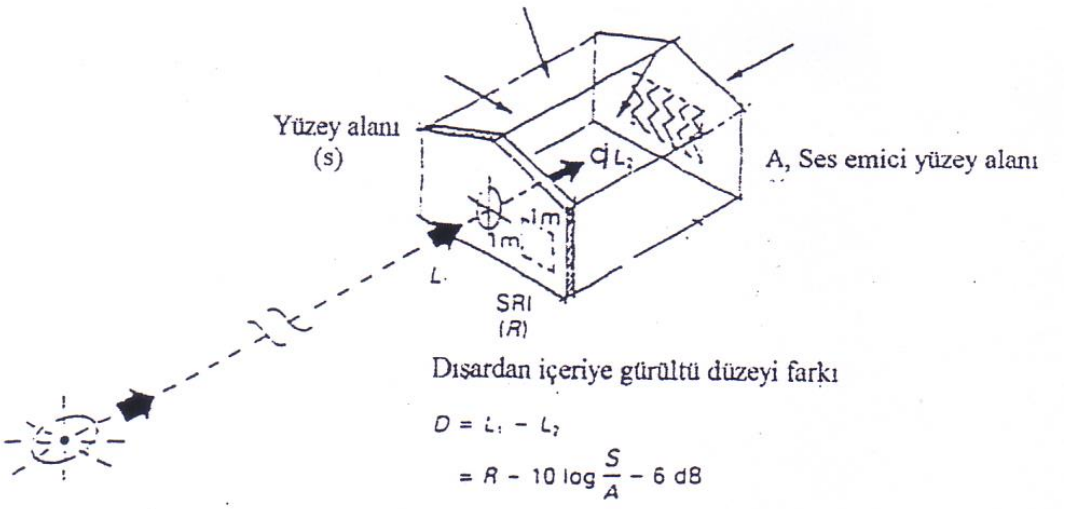
Ses azaltım indeksi temel ses yalıtımı ölçümüdür (ses duvardan geçerken ses enerjisindeki dB cinsinden azalmadır). Ortalama ses azaltım indeksi, 1/3 oktav bandı 100-3150 Hz aralığında dikkate alınmaktadır.



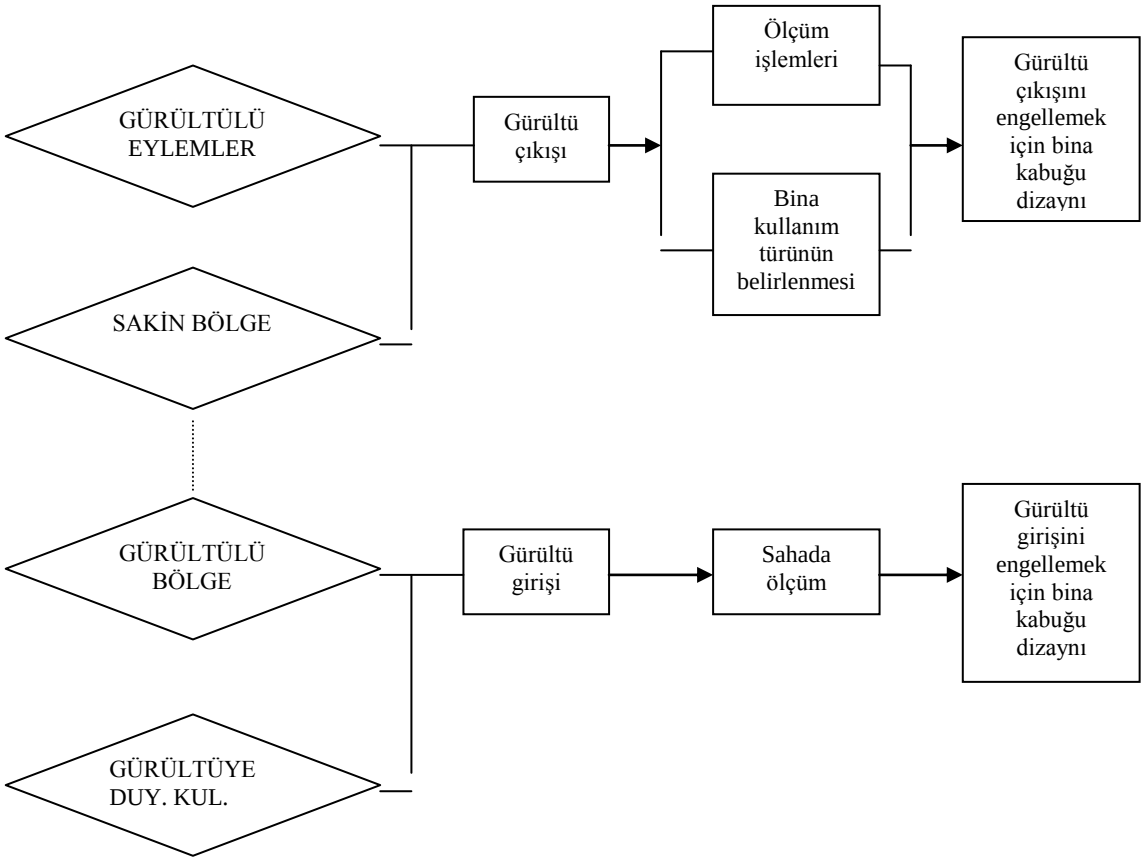
Şekil 4.4: Odalardaki gürültü seviyesi farkı [15]



Şekil 4.5: İçerden dışarıya gürültü düzeyi farkı. [15]



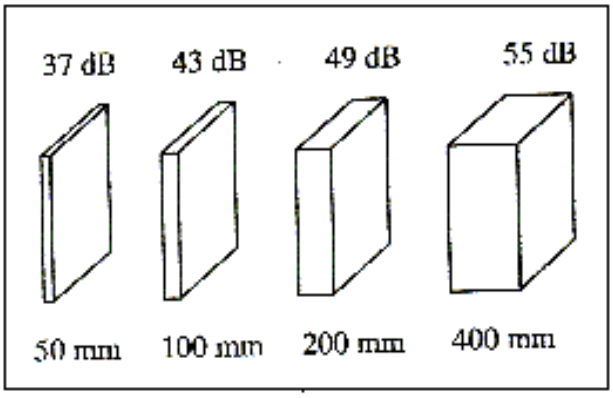
Şekil 4.6: Dışardan içeriye gürültü düzeyi farkı. [15]



Şekil 4.7: Bina içi bina dışı gürültü durumunun karşılaştırılması. [15]

4.4.3. KÜTLE KANUNU

Kütle kanununa göre, yapı malzemesinin her birim yüzeyi birbirinden bağımsızdır. Bu parçalar ses titreşimine maruz kaldığında birbirini etkilemeden kayar. Bu ideal olarak kabul edilen bir durumdur. Ses geçiş kaybı alan ağırlığı ve frekansla orantılıdır. Alan ağırlığı ve frekansın ikişer kat artırılması, ses geçiş kaybını 6 dB attırır. Buna kütle kanunu denir. Şekil 4.8'de bir yapı malzemesinin kütlesinin artmasıyla sağladığı ses geçiş kaybı değerleri verilmiştir.



Şekil 4.8: Bir yapı malzemesinin kütle değişimi ile sağladığı ses geçiş kaybı değerleri. [17]

Kütle kanunu, yapı malzemesinin her parçasının birbirinden bağımsız olduğunu ve parçaların birbirini etkilemeden kaydığını öngörür. Bu, malzeme sıfır sertliğe sahip olduğunda, yani bütünüyle elastik olduğunda mümkündür.

Gerçek yapı malzemesi yumuşak değildir. Malzemenin parçaları birbirinden bağımsız olmayıp, birbirine elastik kuvvetlerle bağlıdır. Malzemenin eğilme oluşan bölümü, eğilme dalgalarını yayar.

Malzemenin sertlik derecesi ses geçiş kaybını etkiler. Sertleştikçe ses geçiş kaybı düşer. Genellikle bütün yapı malzemelerinde alan ağırlığı ve sertlik oranı birbiriyle ilişkilidir. Malzemenin kalınlığı arttıkça alan ağırlığı ve sertlik artar. [17]

4.4.4. DİYAFRAM HAREKETİYLE İLETİLEN GÜRÜLTÜLER

Çok küçük düzeydeki hava doğuşlu sesler masif strüktürler içinden direkt olarak iletilebildiği gibi hava doğuşlu sesler duvarın bir diyafram gibi vibrasyon oluşturmasına neden olur. Bu diyaframın dönüş hareketi sırasında gürültü bu duvarla

bağlantılı katı strüktürlere iletilir. Böyle strüktür doğuşlu gürültüler korumaya çalıştığımız odaya gürültü yayarak diğer duvarlarında vibrasyon oluşturmasına neden olurlar. Eğer duvarlar katı strüktürlerle birbirine bağlantılı ise oluşan vibrasyon duvardan duvara iletilir ve korumaya çalıştığımız odada daha da olumsuz gürültü ortamı oluşur.

4.4.5. SES YALITIM DUVARLARI (OPAK KISIM)

Gürültü kontrolü konusunda başarılı olmak; ses dalgaları ile malzemelerin karşılıklı etkileşim davranışını anlamayla ilgilidir. Gürültü kontrolü iki ana kategoriye ayrılmış bir konudur: Ses enerjisinin malzemenin içinden geçerek iletilmesi, ses enerjisinin malzemenin yüzeyinde ve içersinde emilerek ısı enerjisine dönüştürülmesi. Bu iki etki malzemelerin farklı fiziksel özelliklerinden kaynaklandığı için çok dikkatli bir şekilde birbirinden ayırt edilmelidir. Ses enerjisinin sadece çok azının iletilmesine izin veren malzemeler genellikle ses yutuculuk için çok iyi değildirler, hatta tam tersini söyleyebiliriz. Bu temel farkı anlamak, temel gürültü kontrol prensiplerini benimsemeyen insanların yaptığı bir çok pahalı hataları önler.

Bir ses dalgaları duvar ve pencere gibi yapı elemanlarının yüzeylerine geldikleri zaman, yüzeyi oluşturan malzemelerin fiziksel özelliklerinden dolayı mevcut enerjisinin bir kısmı yansıtılırken kalan enerjileri malzemenin içersinden geçer, malzemenin diğer tarafında ilk haline göre azalmış şiddette ses dalgaları olarak ortaya çıkarlar. Bunun sonucunda ses dalgaları yapı elemanı tarafından azaltılmıştır diyebiliriz. Eğer yapı elemanını oluşturan malzemenin yoğunluğu yüksek ise ses dalgaları yapı elemanının vibrasyon oluşturmasına neden olamaz ve bunun sonucunda iletilen ses enerjisi miktarı çok az olur. Bu aksine ince ve yoğunluğu az malzemelerden oluşan yapı elemanları ise ses dalgalarına karşı vibrasyon hareketi yaparak tepki verirler ve bunun sonucunda iletilen ses enerjisi miktarı yüksek olur. Yoğunluk arttıkça ses enerjisi iletim kaybı artan diyebiliriz. Yoğunluk artışıyla artan ses enerjisi iletim kaybı sesin frekansıyla da doğru orantılıdır. [14]

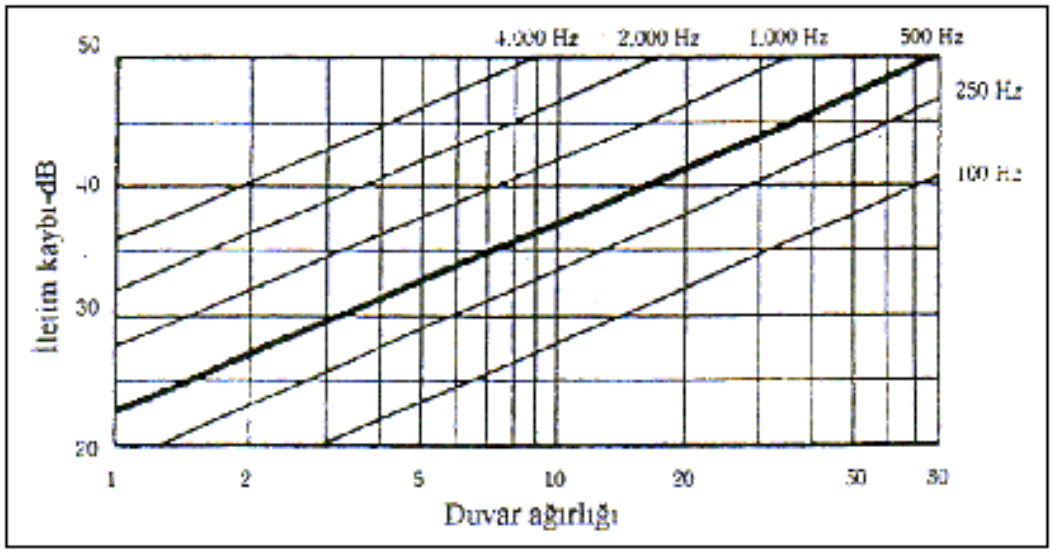
Ses enerjisi iletim kaybı malzemenin yoğunluna bağlı olduğu gibi; rijitliğine, boşluklu duvarların özelliklerine, havanın tutulmasına ve problemlerin detaylandırılıp çözümlenmesine bağlıdır. Fakat temel kural kütle kanunudur.

Dış çevreden gelen hava doğuşlu sesleri yalıtmak için genel kural; dış çevreyle bağlantılı yüzeylerde yoğunluğu daha yüksek malzemeler kullanmaktır. Duvar ağırlığı attıkça havadaki ses dalgalarının duvarı hareket ettirmesi zorlaşacaktır. Duvarın kalınlığının artması doğrudan etkili değildir, etkili olan duvarda kullanılan malzemenin yoğunludur.

Şekil 4.9' da frekans arttıkça gürültü iletim kaybı da artacaktır. Farklı malzemelerin gürültü iletim kaybı karşılaştırılırken genellikle 500 Hz' deki değerleri dikkate alınır. 500 Hz altındaki frekanslarda malzemenin yoğunluğu gürültü iletim kaybı açısından etkisini kaybetmekte, 500 Hz üstündeki frekanslarda ise oldukça etkili olmaktadır.

Şekil 4.9' da malzemelerin türü değil yoğunlukları incelenmiştir. Belli bir kalınlıktaki kurşun katmanı kendisinden 95 kat daha kalın bir suntayla aynı miktarda gürültü iletim kaybı sağlar. Ayrıca beton duvarın kalınlığını iki katına çıkarmak gürültü iletim kaybını sadece 5 dB arttırabilir.

Kireç harcıyla örülmüş tuğla duvar gibi süreksiz strüktürler ses iletim kaybı açısından beton ve çelik gibi homojen strüktürlere göre daha etkilidir. İki duvar arasındaki ses köprüsüz boşluklar hava doğuşlu gürültülerin yalıtımı açısından oldukça etkilidir, fakat bu boşlukları uygun şekilde oluşturmak zordur. Bu ses köprüsüz duvarları oluşturmak için birbiriyle teması olmayan iki strüktür oluşturmak gerekir.



Şekil 4.9: Duvar ağırlığı gürültü iletim kaybı ilişkisi

Gürültü iletim kaybını etkileyen bir başka kategori ise sesin yutulmasıdır. Ses dalgalarının yutulması yüzeyi oluşturan malzemenin içinde ve yüzeye yakın noktalarda meydana gelir. Ses dalgalarının yutulması ile ilgili bir çok mekanizmalar vardır, fakat en çok bilinen duvarların iç yüzeylerinde ses yutucu gözenekli malzemelerin kullanılmasıdır: Taş yünü asma tavan plakaları, cam yünü, taş yünü şilteler, vs. Bu malzemeler sürtünme direnci ile ses dalgalarını ısı enerjisine çevirerek bünyelerine alırlar. Bu sayede gözenekli ses yutucu malzemelerden geçen ses dalgası gözenekli malzemenin arkasındaki ana duvara ulaşıncaya kadar enerjisinin büyük bir kısmını kaybetmiş olur ve bu kalan ses enerjinin bir kısmı yansımaya uğrar, kalan miktarı ise duvardan iletilir, iletilen bu enerjinin şiddeti oldukça düşük olur. Bu gözenekli malzemelerin yoğunluğu oldukça düşük olduğundan tek başlarına bölme elemanı olarak kullanılamazlar, eğer kullanılırlarsa ses iletim kaybı performansları oldukça düşük olur.

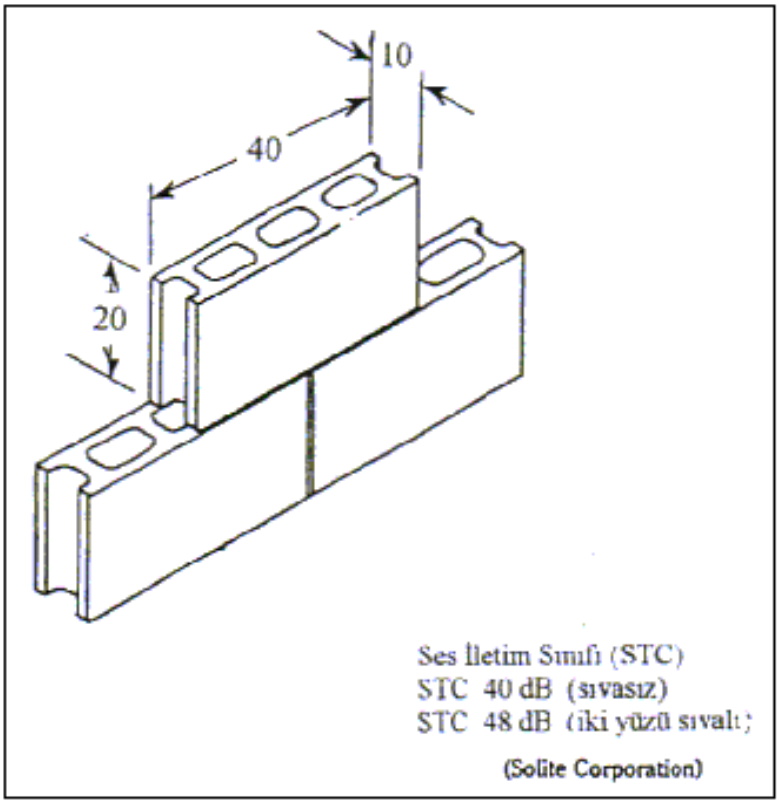
4.4.5.1. HAVA DOĞUŞUMLU SES YALITIMI İÇİN DUVAR STRÜKTÜRLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Şekil 4.10’ de 10 cm kalınlıkta beton blok duvarın ses bariyeri olarak ölçümler sonucunda elde edilmiş performansı gösterilmiştir. Duvarın her iki tarafını sıvamak iletim kaybını STC sınıflandırma sistemine göre 40’ tan 48’ e çıkartmaktadır. Şekil 4.10’ da görüldüğü gibi beton blok duvarın kalınlığı iki katına çıkartılmış, bu kalınlıkta sıvasız ve heriki tarafı sıvalı hali arasındaki ses iletim kaybı farkı 11 dB olmuştur. 5x10 dikmelerden oluşan strüktürlü tek kat alçı plakadan oluşan duvar sisteminde strüktür içersindeki boşluğa cam yünü koymak gürültü iletim kaybını sadece STC34’ ten STC36’ ya çıkartmaktadır. Maliyetini göz önüne alınca bu kadar artış verimsiz olmaktadır.

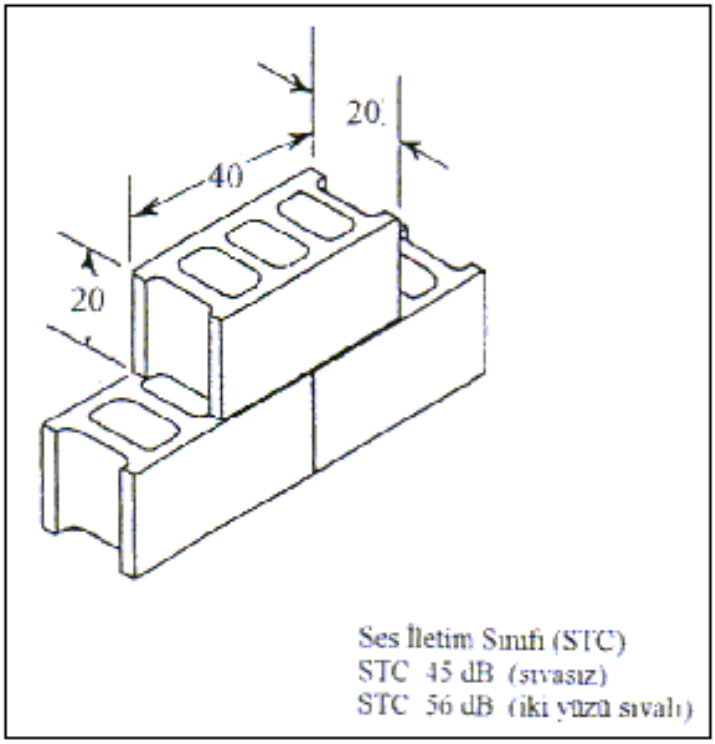
Şekil 4.10’da gösterilen dikmeleri şaşırtılmış ve duvarın iki tarafındaki kaplamaların teması kesilmiş sistemde ise aradaki boşluğa cam yünü koymak STC 52’ ye kadar ses iletim kaybı sağlamaktadır. Fakat bu sistemde strüktür çok iyi monte edilmeli, kesinlikle duvarın her iki tarafındaki kaplama birbiriyle temas etmemeli.

Şekil 4.14 ’de ise 5x10 dikmelerden oluşmuş iki farklı strüktüre sahip çift duvarda ise boşluk cam yünü ile doldurulduğu zaman STC 58 dB ses iletim kaybı değerine ulaşılmaktadır.

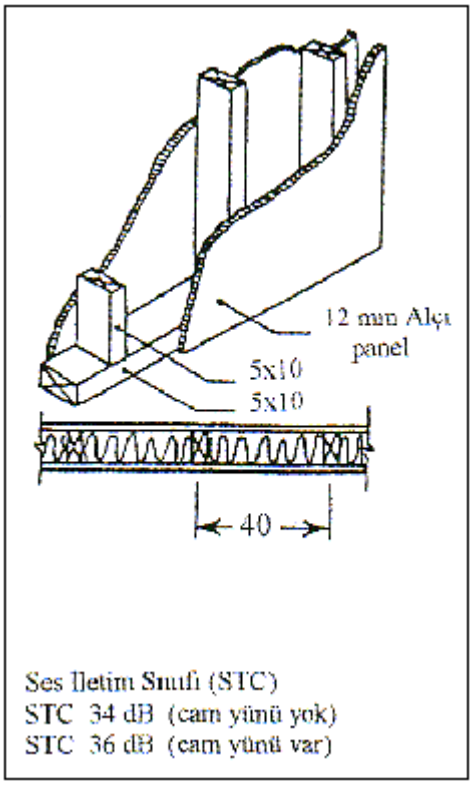
Daha önce gözenekli malzemelerin gürültü yalıtımı açısından düşük değerlere sahip olduklarını belirtilmişti: Bu malzemeler tek başlarına bölücü eleman olarak kullanıldıkları zaman pek etkili değildirler, fakat strüktür içersinde yani duvar arası boşluklarda kullanıldıkları zaman, iki duvar arasındaki resonansı azaltarak ses iletim kaybını 15 dB kadar arttırabilmektedirler. Gözenekli malzemeler sayesinde kompozit duvarlar ses iletim kaybı açısından etkili olmaktadır.



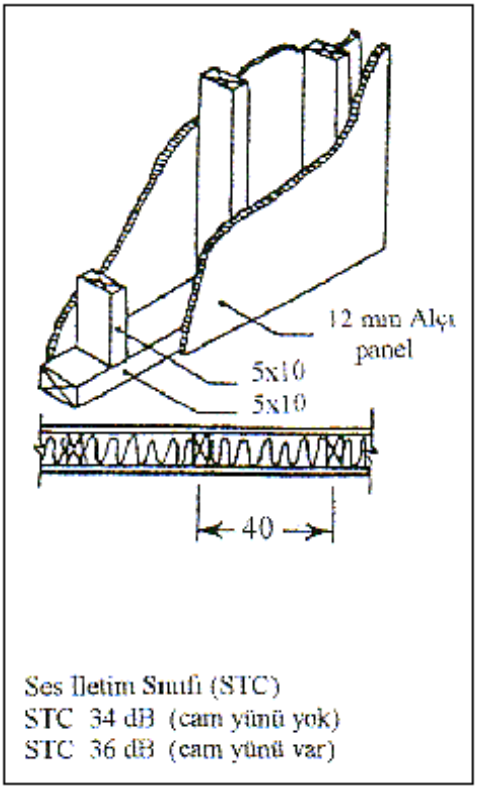
Şekil 4.10: 10 cm beton blok duvar. [14]



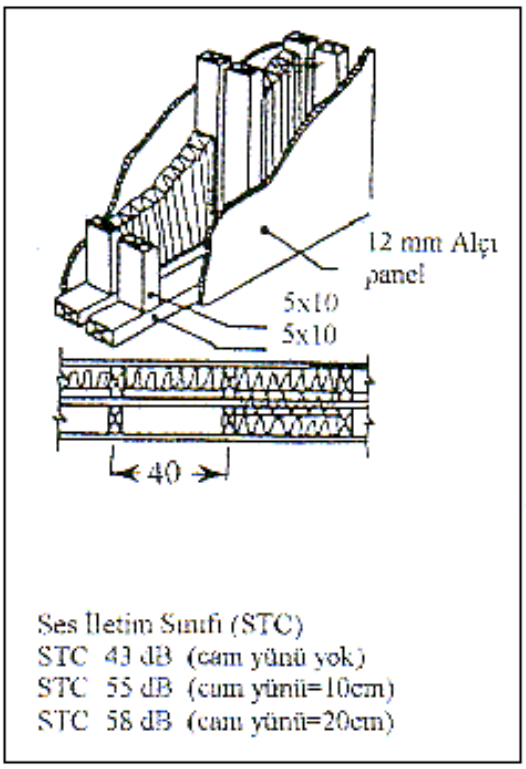
Şekil 4.11: 20 cm beton blok duvar. [14]



Şekil 4.12: Standart kompozit bölme duvar



Şekil 4.13: Dikmeleri şaşırtılmış kompozit bölme duvar. [14]



Şekil 4.14: Çift konstrüksiyonlu kompozit bölme duvar. [14]

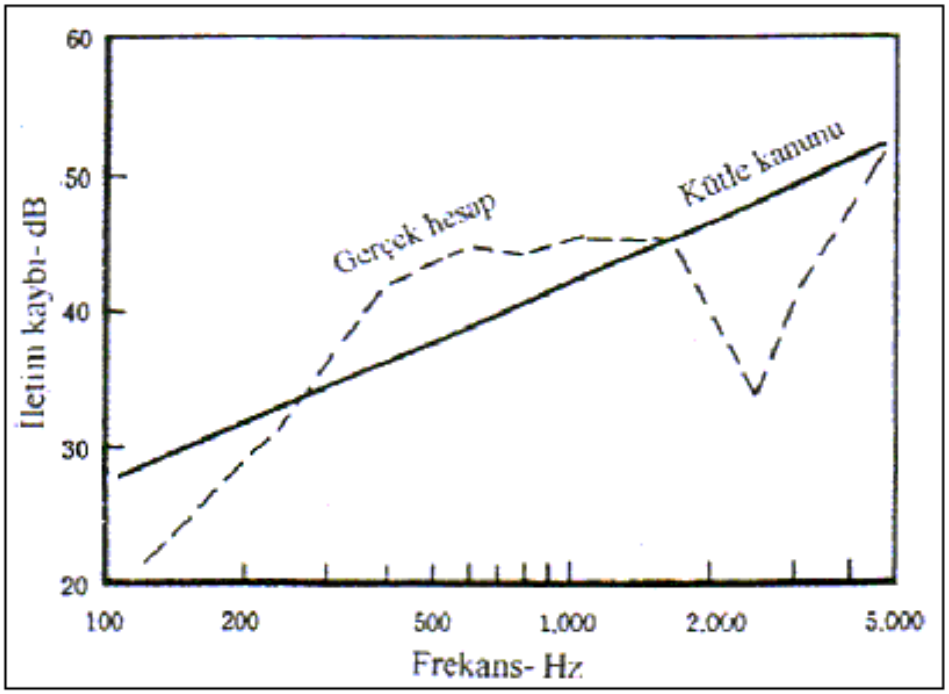
4.4.5.2. GÖZENEKLİ MALZEMELER

Cam yünü ve taş yünü gibi gözenekli malzemeler çok iyi ses yutucu malzemelerdir. Fakat ses yalıtımı için sınırlı değerlere sahiptir. Yalıtım için cam yünü, taş yünü kullanmak belli miktarda fayda sağlamaktadır, fakat mükemmel değildir. Bu tür malzemeleri duvar arası boşluklarda kullanmak daha etkili iletim kaybı sağlamaktadır. Gözenekli malzemelerde gürültü iletim kaybı doğrudan kalınlığa bağlıdır (masif ve katı duvarlarda ise yoğunluğa bağlıdır). Gözenekli malzemelerde 100 Hz' de her inch kalınlık artışında 1 db 300 Hz' de ise 4 dB iletim kaybı sağlanmaktadır (katı malzemelerde ise kalınlık her iki katına çıktıkça 5 dB' lik iletim kaybı artışı oluyordu). [15]

4.4.5.3. SES İLETİM SINIFLANDIRMASI (STC)

Eğer kütle kanununu aynen takip ederek hesaplarımızı yapsaydık, belirlenmiş yoğunluktaki bir malzemeden oluşan duvarın farklı frekanslardaki ses iletim kaybı eğrisi şekil 4.15' deki sürekli çizgiden oluşan eğri olurdu. Fakat gerçek iletim kaybı ölçümleri sonucu ortaya çıkan eğri kesik çizgili olandır. Bu farkın nedeni kütle kanununda resonans etkisinin ve diğer etkenlerin dikkate alınmamasıdır.

Malzemeler gürültü iletim kaybı özellikleri açısından sınıflandırması, Amerikan test ve malzeme birliği (ASTM) tarafından, belli bir prosedür içersinde, referans grafiklerle karşılaştırarak yapılmıştır. Bu sınıflandırmanın sonuçları, farklı tiplerde duvarlarda karşılaştırma yapmak için uygulanmıştır. Bu STC sınıflandırma değerlerine göre 50 dB değerinde olan duvar yalıtım 40 dB olandan daha iyidir.



Şekil 4.15: Hesaplamalarla elde edilmiş iletim kaybı özelliklerini gösteren eğri ile, kütle kanununa göre oluşturulmuş eğri arasındaki fark. [15]

4.4.6. AKTİF GÜRÜLTÜ KONTROLÜ

Bazı uzmanlar rahatsız edici gürültülere karşı ters fazda kendisinin kopyasının yayınlanmasıyla gürültünün etkisiz hale getirilebileceğini düşünmektedirler. Bu fikir basit gibi gelse de uygulaması zordur. Bu prensibin otomobil gibi kontrolü kolay ortamlarda kullanılabilirliği ile ilgili ciddi araştırmalar yapılmaktadır. Bu sistemin ev, müzik dinleme odası, kayıt odası gibi gürültüye mekanlarda kullanılması uzak bir ihtimal olarak görülüyor, fakat yeni dijital ses kayıt teknikleri buna imkan verebilir.

4.5. İKİ TABAKALI YAPI KONSRÜKSİYONLARI

4.5.1. SES GEÇİŞ KAYBI

Tek takalı yapı malzemelerinde, kalınlık iki kat arttıkça, ses geçiş kaybı 5 dB artar. Örneğin 100 mm kalınlığındaki tuğla duvarın ses geçiş kaybı 40 dB' dir. 5 dB' lik bir artış için 200 mm kalınlığında bir tuğla duvar gerekmektedir. Yapı malzemesinin ağırlığı ve kalınlığı mimaride önemli etkenlerdir. Bu sebepten dolayı gerekli ses

geçiş kaybını sağlamak için tek tabakalı yapı malzemeleri yerine iki tabakalı ve ikiden çok tabakalı yapı panelleri geliştirilmiştir.

Eğer yapı paneli, arasında hava boşluğu olacak şekilde iki ayrı tabakaya ayrılacak olursa, elde edilecek olan ses geçiş kaybı, aynı kalınlığa sahip tek tabakalı panelden daha fazla olacaktır.

4.5.1.1. YAPI KONSTRÜKSİYONUNU OLUŞTURAN KATMANLARI AYIRMANIN SES İLETİM KAYBINA KATKILARI

İdeal olarak, iki tabaka birbirine bağlı olmamalıdır. Eğer bu şekilde, yapı elemanları birbirinden bağımsız olacak şekilde birleştirilebilecek olsalardı, bu sistemin ses iletim kaybı, her tabakanın ses iletim kayıplarının toplamına eşit olurdu. Ancak uygulamada bu tam anlamı ile mümkün değildir.

4.5.1.2. YAPI KONSTRÜKSİYONUNU OLUŞTURAN KATMANLARIN FARKLI OLMASININ SES İLETİM KAYBINA KATKILARI

Tek tabakalı yapı konstrüksiyonlarında olduğu gibi, çift tabakalı yapı konstrüksiyonlarında da rezonans çukuru vardır. Fakat rezonans problemi bu tip sistemlerde daha karışıktır. Ancak rezonans etkisi, farklı rezonans frekansına sahip malzemeler kullanılarak azaltılabilir.

Eğer bu iki tabaka birbiriyle aynı ise, aynı kalınlıktaki aynı malzemeden oluşmuş ve aynı şekilde uygulanmışsa aynı rezonans frekansına sahip olacaktır. Sonuç olarak, rezonans etkisi vurgulanmıştır ve rezonans çukuru artar. Bu sebeple, farklı kalınlıkla aynı malzemeden kullanmak ya da farklı malzemeler kullanmak bu çukurun şiddetini azaltır. Aynı malzemeden farklı kalınlıkta kullanmak genellikle daha pratiktir.

4.5.1.3. BOŞLUKTA GÖZENEKLİ SES YUTUCU MALZEME KULLANMANIN SES İLETİM KAYBINA KATKILARI

İki tabakalı yapı kontrüksiyonlarının ses geçiş kaybı – frekans bağıntısında, ek olarak başka bir rezonans çukuru vardır. Bu çukur, boşluktaki havanın rezonansına bağlı olarak oluşur. Boşluğun genişliği azaldıkça sertliği artar ve rezonans daha yüksek bir frekansta oluşur. Boşluğun arttırılması, daha alçak frekanslarda rezonans oluşturur.

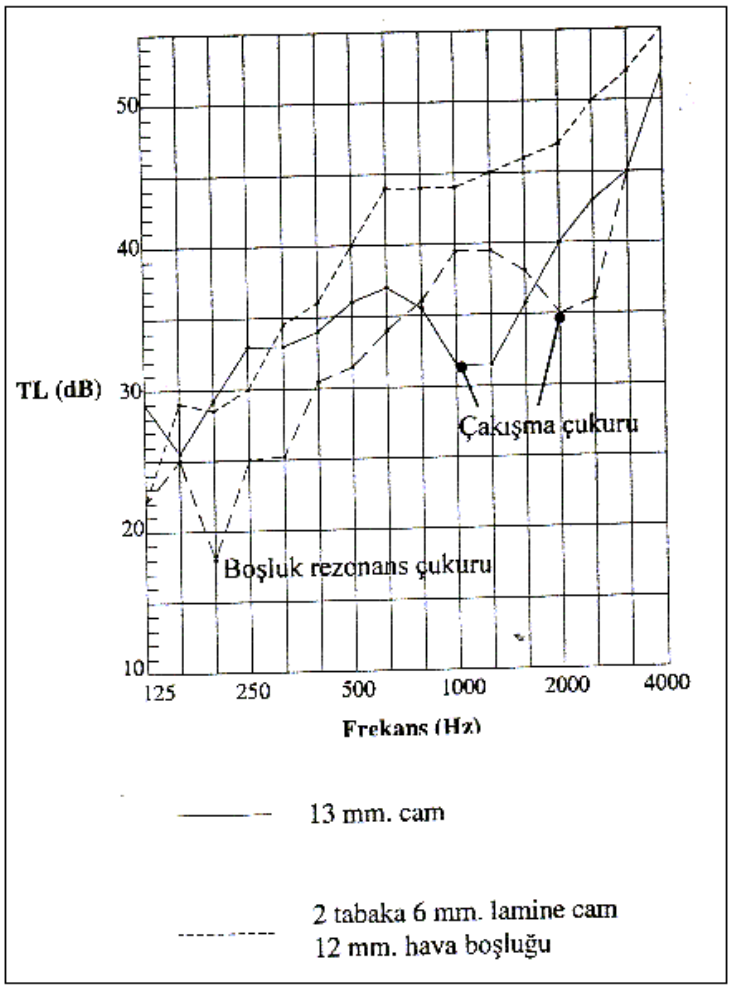
Boşluk rezonansından kaynaklanan çukurun etkilerini azaltmanın iki yolu vardır: Birinci yol, boşluğa fiberglas yada açık gözenekli plastik köpük gibi gözenekli bir ses yutucu malzeme koymaktır. Fiberglas, boşluğun eni ve boyunu kaplayacak şekilde konulmalıdır. Kalınlığın, boşluğun genişliğinin dörtte üçünü aşmasına gerek yoktur, çünkü bu artış, ses geçiş kaybında çok az bir gelişme sağlar. [17]

4.5.1.4. GENİŞ BOŞLUK DERİNLİĞİNİN SES İLETİM KAYBINA KATKILARI

Boşluk rezonansının etkisini azaltmanın ikinci yolu da boşluğun derinliğini arttırmaktır. Boşluktaki havanın rezonans trekansı, boşluğun genişliğiyle ters orantılıdır. Eğer genellik etkili bir şekilde arttırılırsa, boşlukyan kaynaklanan rezonans çukurunu, bizi etkilemeyen bir frekans aralığına düşürmek mümkündür. Yalnız bu artış, uygulanabilir pratik ölçüler içinde yapılmalıdır.

İki tabakalı bir yapı panelinde, malzemeler arasında çok dar bir hava boşluğu bırakılırsa, ses geçiş kaybının performansı, tek tabakalı bir panelden daha kötü olabilir. Bunun sebebi boşluğun oluşturduğu rezonans çukurudur.

Şekil 4.16'da, 13 mm kalınlığında tek cam ile 6 mm kalınlığında cam panellere sahip yalıtımlı çift camın, ses geçiş kaybı – frekans ilişkileri karşılaştırılmıştır. Düşük frekansta, ses geçiş kaybında oluşan çukur, boşluk rezonansından kaynaklanmaktadır. Lamine cam, aynı kalınlık ve hava boşluğuna sahip normal camdan, daha iyi performans göstermektedir.



Şekil 4.16: Üç ayrı cam sisteminin ses geçiş kaybı – frekans ilişkilerinin karşılaştırılması [17]

4.6. SES İLETİM SINIFI (STC)

Birçok kritik ses yalıtım probleminde detaylı bir ses geçiş kaybı – frekans ilişkisi gereklidir. Çeşitli yapı malzemelerinin yalıtım etkilerini karşılaştırmak için, bu ilişki her zaman yeterli ve pratik değildir.

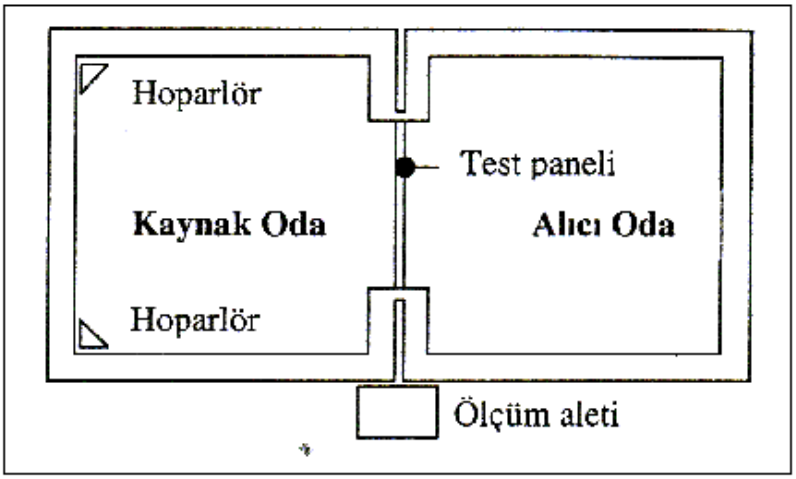
Bu amaçla, malzemenin ses geçiş kaybını ölçülendiren tek bir sayı gerekmektedir.

Ses geçiş kaybını frekansa bağlı olarak ölçülendiren bu tek bir sayıyı elde etmek için, malzemenin çeşitli frekanslardaki çeşitli ses geçiş kaybı değerlerinin ortalaması bulunmalıdır. Ancak genellikle ortalama değer eksiktir, çünkü grafikteki yüksek ve düşük noktalar ihmal edilmektedir.

Yukarıdaki sorunlara hitap eden, standart frekans aralığında test edilmiş yapı malzemesinin, ses geçiş kaybı performansının sayısal derecesine ses iletim sınıfı (Sound Transmission Class: STC) denir.

Bir malzemenin STC değerini elde etmek için, öncelikle malzemenin ölçülmüş ses geçiş kaybı – frekans grafiğine ihtiyaç vardır. Malzemenin ses geçiş kaybı, ortak bir duvardan oluşan, ASTM (American Standards for Testing Materials) standardına uygun yapılmış iki reverberasyon odasından oluşan bir sistemle ölçülür. Aradaki ortak duvarda, malzemenin test örneğinin yerleştirildiği bir açıklık vardır. Bu açıklığın çevresi iyi bir şekilde kapatılmıştır. İki odadan biri kaynak oda, diğeri ise alıcı odadır. İki odada kalın, masif duvarlardan oluşmuştur ve test örneğinden çok daha az ses enerjisini iletirler. Bu yüzden iletilen ses enerjisinin neredeyse hepsi test örneğinin içinden geçer. [17]

Kaynak odası ve alıcı odası arasındaki ses düzeyi farkı (L_1-L_2), bize test edilen malzemenin ses geçiş kaybını desibel cinsinden verir. İki odadaki ses düzeyleri 1/3 oktav bandından ölçülür. Ses geçiş katsayısı τ ise, yayılan ses gücünün (W_1), alınan ses gücüne oranıdır (W_2).



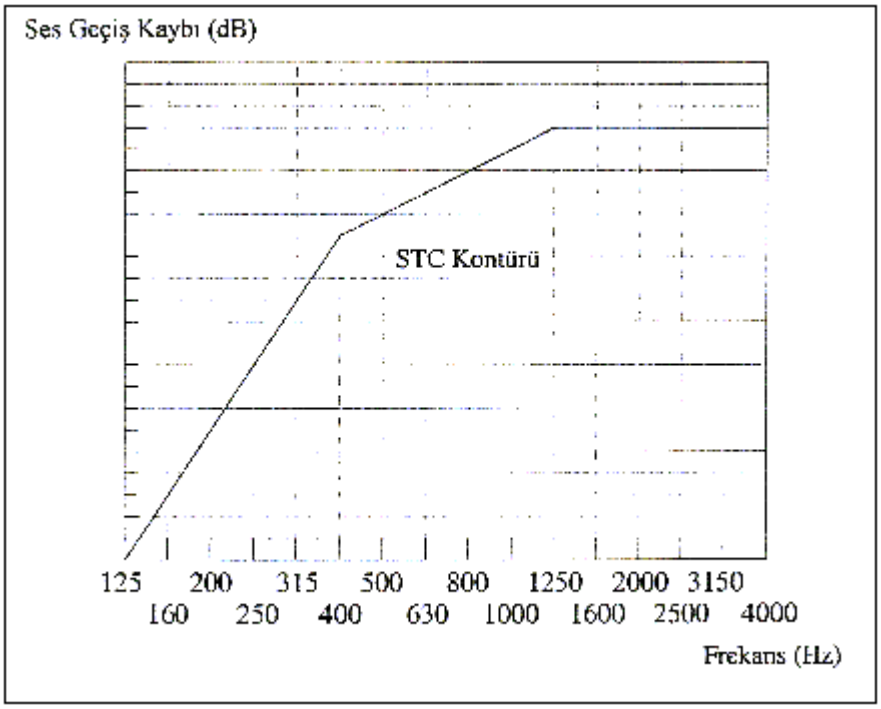
Şekil 4.17: Malzeme panelinin ses geçiş kaybını ölçmek için hazırlanan ölçüm ortamı. [17]

4.6.1. STC ÖLÇÜLENDİRME SİSTEMİ

Yeni geliştirilen ses iletim sınıfı, 125 – 4000 Hz konuşma frekansı aralığındaki bütün ses geçiş kaybı eğrisini ölçer ve standart hattı referans olarak kabul eder. Ancak bu metot, müzik ve mekanik araç gürültülerinin yüksek olabileceği 125 Hz altındaki frekanslarda kullanılamaz. Bir malzemenin STC derecesi, 500 Hz frekansta, standart konturla, final ölçüsünün kesiştiği ses geçiş kaybı değeridir.

4.6.2. STC KONTURU VE STC ÖLÇME KRİTERİ

STC ölçme metodu, ASTM' nin belirlediği metotla yapılır. Yapı malzemesinin test örneğinin, 125 – 4000 Hz arası 16 oktav banttaki ses geçiş kaybı değeri ölçülür ve bu değerler, ait olduğu frekansa göre işaretlenir. Şeffaf referans STC konturuyla karşılaştırılır.



Şekil 4.18: Standart STC konturu. [17]

STC konturu, test sonuçlarının oluşturduğu eğriye ve aşağıdaki kriterlere bağlı olarak mümkün olan en son pozisyona, düşey olarak taşınır.

Kriterler:

1. Tek frekansta, test örneği eğrisinde, konturun altında oluşmuş maksimum sapma 8 dB' i geçmemelidir.

2. 16 frekansın bütününde, konturun altında kalan tüm sapmaların toplam değeri 32 dB' i geçmemelidir.

4.7. KOMPOZİT YAPI SİSTEMİNİN SES GEÇİŞ KAYBI

Bir çok yapı sistemi, farklı ses geçiş kaybına iki yada daha fazla yapı malzemesinin bileşiminden oluşur. Örneğin bir duvarda, kapı ve pencere gibi açıklıklar, çatılarda da çatı pencereleri bulunabilir.

Aşağıdaki formülden yola çıkılarak, farklı bileşenlerden oluşan bir yapı sisteminin son geçiş kaybı bulunabilir:

$$R_{son} = 10 \log \frac{1}{\frac{A_1}{\sum A} 10^{-0.1TL_1} + \frac{A_2}{\sum A} 10^{-0.1TL_2} + \frac{A_3}{\sum A} 10^{-0.1TL_3} + ...} \qquad (4.1)$$

4.8. SES DELİKLERİ VE DOLAYLI SES GEÇİŞLERİ

Ses deliği, sesin geçtiği amaçsız aralıktır. Ses, böyle bir delikten doğrudan geçtiği için ses geçiş kaybı sıfırdır. Bir yapı malzemesinin üstündeki bir delik, malzemenin ses geçiş kaybını oldukça azaltır. Mesela toplamın %1' i kadar bir delik ses geçiş kaybını 20 dB düşürür.

Sonuç olarak ses yalıtımı sağlayan konstrüksiyon hava geçirimsiz olmalıdır. Eğer bariyerin altında, üstünde yada yanlarında sesi geçiren delikler varsa, bunlar özel akustik macunlarla, bütün çevre boyunca macunlanmalıdır. Elektrik ve telefon çıkışları, düğmeler, duvar montaj yerleri gibi panelin içinden kesimler kapatılmalıdır.

Pencere ve kapılar contalanmalıdır. Kapıların altındaki boşluğu kapatmak için eşik bırakılabilir.

Taş duvarlar söz konusu olduğunda, taş ve harcın kesişim yerleri iyice kapatılmalı ve mümkünse boyanmalıdır. Boyama, özellikle betonarme sistemlerde gereklidir, çünkü beton gözenekli bir yapıya sahiptir.

4.8.1. AKUSTİK MACUNLAR

Akustik macun, sertleşmeyen ve kurumayan, dolayısıyla esnek ve yapışkan bir macundur. Bu özellikleriyle, genellikle yapıların kesişim yerlerinde kullanılan sert macunlardan farklıdır. Bu sebepten ötürü, ısı izolasyonunun sağlanması, strüktürel basınç gibi problemlerde kullanılmazlar.

Püskürtülen akustik macunlar, önceden şekil verilmiş macunlardan daha kullanışlı olabilir. Çünkü, problem yaşanan bölgedeki bütün delikler kapatılabilirler. Ancak önceden şekil verilmiş macunlar, elektrik telefon çıkışları gibi kısımlarda daha kullanışlı ve etkilidir.

4.9. LABORATUVAR ORTAMI – ALAN SES İLETİM SINIFI

Çeşitli konstrüksiyonların ses iletim sınıfı, laboratuar ölçümleri sonucu elde edilir. Laboratuar ölçümlerinde, test edilen malzemenin bütün delikleri macunlanmış ve dolaylı ses geçişi yok farzedilmiştir. Alanda yapılan uygulamalar laboratuvar ortamındaki kadar iyi değildir ve belli bir miktarda dolaylı ses geçişi meydana gelmektedir.

Mevcut yapıda alınan ses iletim sınıfı (STC) ölçümlerine Alan Ses İletim Sınıfı (Field STC=FSTC) denir ve laboratuvar ölçümlerinden düşük değerdedir.

FSTC ≈ STC – (5 ile 8 arası)

4.10. BİNA DIŞI – BİNA İÇİ İLETİM SINIFI

Malzemelerin ses geçiş kaybı performanslarını değerlendiren bir başka kriter de Bina Dışı – Bina İçi İletim Sınıfı (Outdoor – Indoor Transmission Class: OITC)' dır. OITC, bina dışındaki hava oluşumlu gürültülere karşı, bina kabuğunun gösterdiği ses

yalıtımını ölçer. Hava doğuşumlu dış gürültüler olan havaalanı, trenyolu ve karayolu gürültülerinin ortalaması alınarak bina dışı gürültünün derecesi belirlenir.

Kompozit bir dış duvarın (duvar, kapı, pencere, vb. bileşenlerden oluşmuş) OITC değerini elde etme, dBA düzeylerinin, dB düzeylerinden hesaplanmasına benzer. Çünkü dış gürültü düzeyi genellikle dBA şiddetinde hesaplanır ve dB'e çevrilir. OITC, STC ile aynı ses geçiş kaybı değerlerinden elde edilir, ancak frekans aralığı 80 Hz – 4 kHz arasındadır. Frekans aralığının daha geniş olmasının sebebi, ulaşım gürültülerinin içeriğindeki düşük frekans yoğunluğundan kaynaklanır. [17]

Sonuç olarak, ulaşım gürültüleri söz konusu olduğunda, OITC, STC' den daha sağlıklı bir değerlendirme ölçütüdür. STC ise, konuşma, radyo ve televizyon gibi gürültü kaynaklarına karşı, yapı malzemelerinin değerlendirilmesinde daha sağlıklı sonuç verir.

BÖLÜM 5: ÇİFT TABAKALI YAPI ELEMANLARININ SES YALITIMI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER VE BU ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN METAL ÇERÇEVELİ GİYDİRME CEPHE İLE KAPLANMIŞ BİNALARIN SES YALITIMI PERFORMANSININ KURAMSAL VE DENEYSEL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. GİRİŞ

Bu bölümde, kuramsal yöntem ve deneysel yöntem anlatılmıştır. Önce kuramsal yöntem olarak sonuçlandırılan bağıntıların ortaya çıkış noktalarına değinilmiş, daha sonra deneysel yöntem anlatılmış, yapılan deneyin temelini oluşturan esaslar izah edilmiş, deneyin yapılış şekli ve kullanılan aletler ortaya konulmuştur.

5.2. KURAMSAL YÖNTEM

Deneysel olarak ölçümü yapılmış olan yapı kabukları, opak ve saydam bölgelerden oluşan giydirme cephelerdir. Opak bölge cam veya alüminyum levhalardan, saydam bölge ise camdan oluşmaktadır.

Yapı bileşenlerinin sese karşı verdiği tepki akustik biliminin kapsamına girer. Ses yapı strüktürüne güç iletir. Bu güç, yapı strüktürünün bağlı olduğu diğer yapı bileşenlerine ve havaya iletilir. [17]

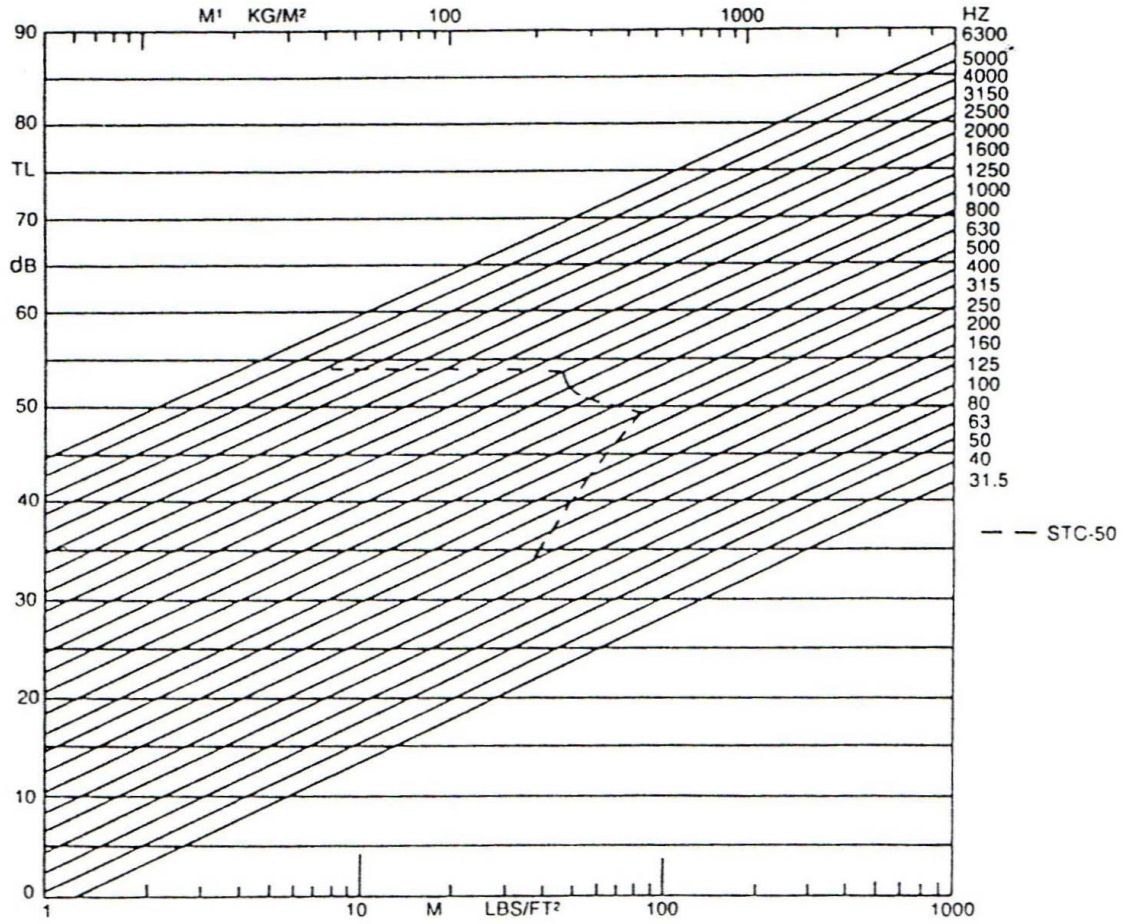
Genel olarak iki katman arasında hava boşluğu olan ve boşlukta ses emici malzeme içeren cephe elemanlarının gürültü iletim kaybı ile ilgili karakteristik özelliklerini tam olarak belirlemek zordur. Bunun sebepleri aşağıda belirtilmiştir:

1- Hava doğuşlu ses dalgaları önce dışta bulunan 1. bariyer olarak adlandırılan cephe elemanından, sonra hava boşluğundan, daha sonra ikinci bariyerden geçer, iki panel arasında, özellikle panellerin çevrelerinde mekanik bir bağ oluşur. Panel

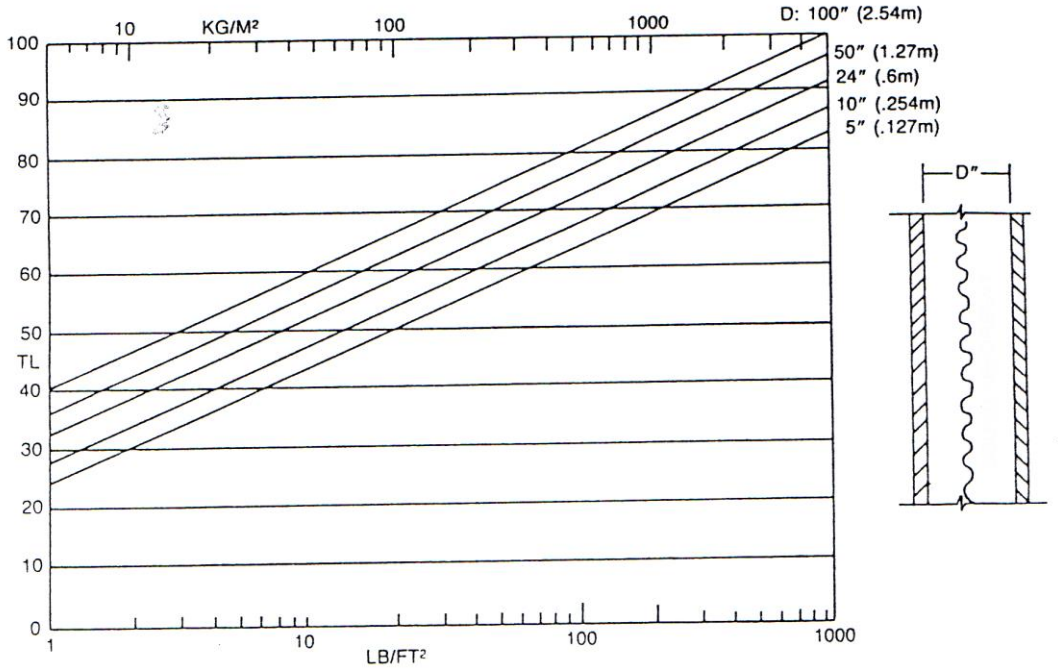
çevresi boyunca sesin titreşimsel enerjisi hareket edip ikinci duvar katmanını harekete geçirerek bu panelde de titreşim oluşmasına neden olur. [56]

2- İki panel arasındaki boşluk bir oda gibidir, gürültü iletimini etkiler; bu boşluk özellikle sürekli ses dalga sisteminin oluşturduğu uzun süreli sinyallerde daha da etkili olur. [56]

3-İki tabaka arasındaki boşlukta bulunan taş yünü, cam yünü gibi ses emici malzemelerin miktarı ve dağılımı, farklı frekanslarda, gürültü iletim kaybı açısından etkili olur. [56]



Şekil 5.1: Çift tabakalı cephe elemanlarında, yüzey yoğunluğu ses iletim kaybı ilişkisi (İki tabaka arasında hava boşluğu bulunduğu durumlarda). [56]



Şekil 5.2: Çift tabakalı cephe elemanlarında, 500 Hz'de, yüzey yoğunluğu ses iletim kaybı ilişkisi (iki katman arası boşlukta ses yutucu malzeme kullanıldığı durumlarda). [56]

Çift tabakalı duvarların gürültü iletim kaybı duvarın yüzey yoğunluğuna, iki katman arasındaki boşluğun genişliğine, strüktürel bağlantı detayına bağlıdır. İki tabakalı cephe elemanlarında ses iletim kaybı hesaplamalarında aşağıdaki bağıntı kullanılır:

$$TL = 20\log M + 13\log D + 20\log f - 58 \quad (5.1)$$

M = Çift tabakalı yapı elemanının yüzey yoğunluğu, kg/m²

D = İki tabaka arasındaki genişlik, cm, ve D 2,5 cm' den büyük

f = Frekans

Frekans, f = 500 Hz olduğu durumlarda;

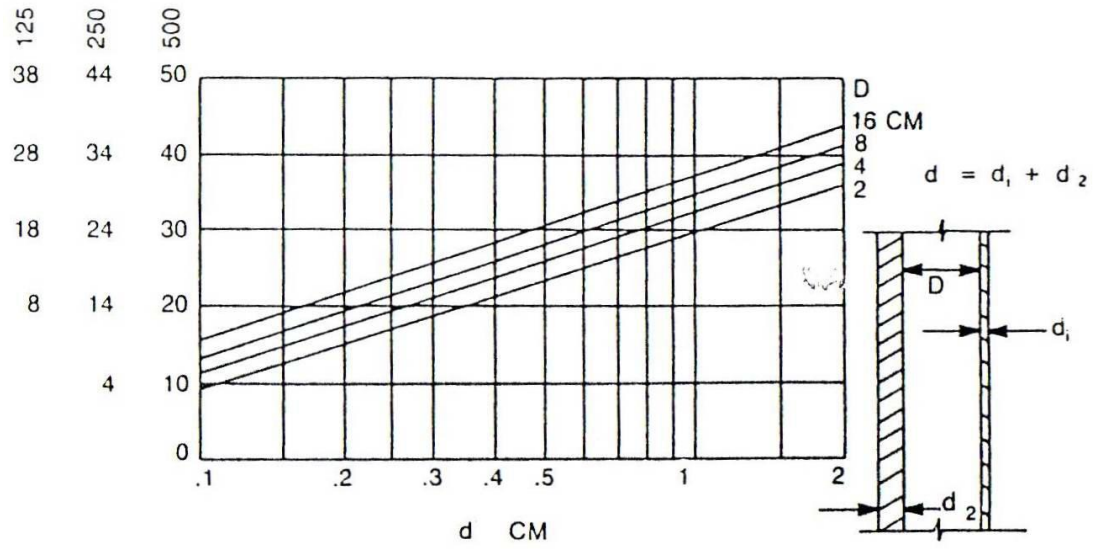
$TL_{500} = 20\log M + 13\log D - 4$ bağıntısı kullanılır. (5.2)

Pencereler ise mevcut dış ortam ile arzu edilen iç ortam arası ses yalıtımında en zayıf noktalardır. Camın yoğunluğu cephe elemanını oluşturan diğer elemanlardan az

olduğu için ses yalıtımı açısından cephe elamanının performansının düşmesine sebep olur. [56]

İki cam arası boşluklu çift camlı pencereler ses yalıtımı açısından performansı artırır.

Çift camlı pencerelerde toplam cam kalınlığının, 125, 250, 500 Hz de farklı genişlikteki hava boşluklarına göre ses yalıtım performansları Şekil 5.3' de verilmiştir.



Şekil 5.3: Farklı frekanslarda, iki cam arası farklı genişliklerde, çift camlı pencerelerin ses yalıtım değerleri.[56]

Çift camlı pencerelerde ses yalıtımı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır;

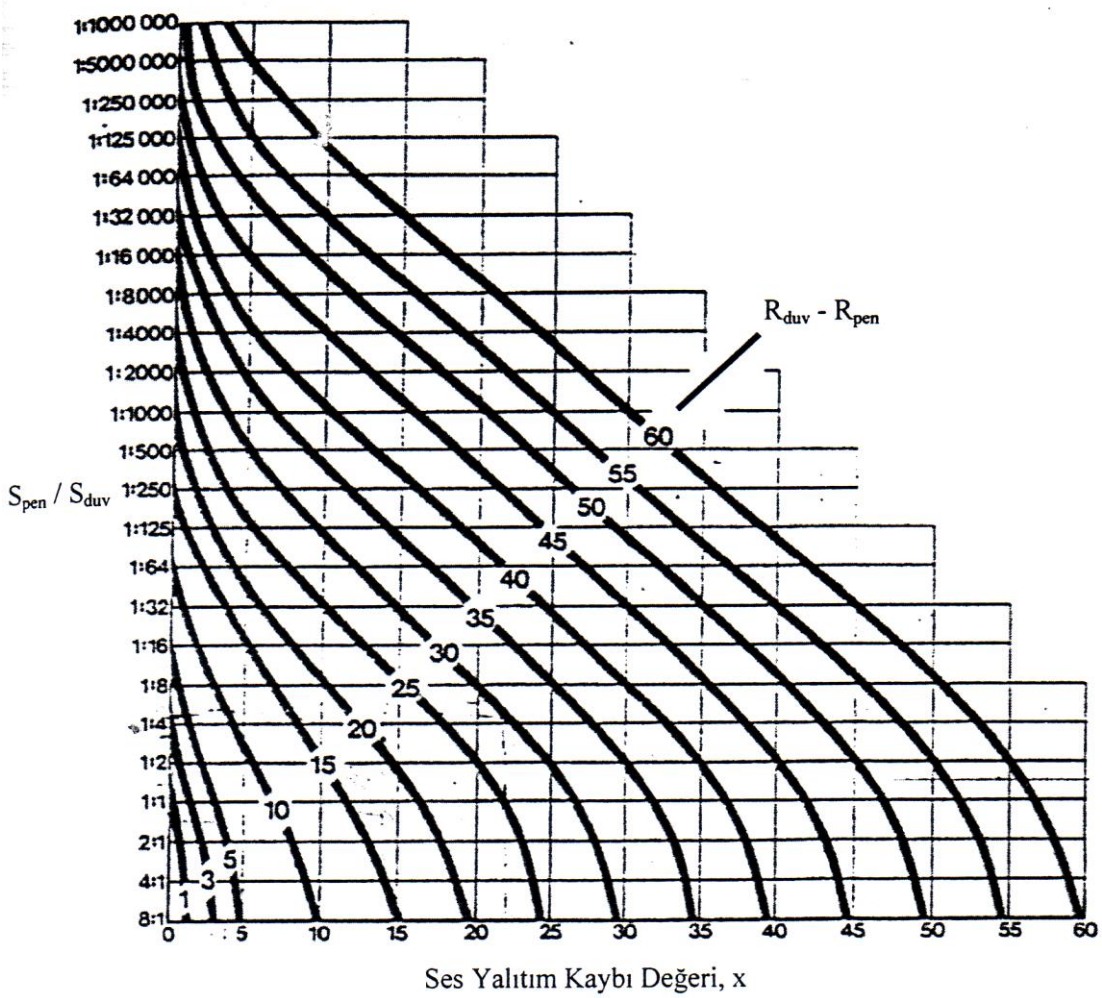
$$TL = 20\log d + 13\log D + 20\log f - 29 \quad (5.3)$$

$$TL = 20\log d + 13\log D + 20\log f + 25 \ (f = 500 \text{ Hz için}) \quad (5.4)$$

d = toplam cam kalınlığı, cm

D = İki cam arasındaki hava boşluğu genişliği, cm

f = Frekans, Hz



Şekil 5.4: Kompozit yapı elemanlarında ses kaybı değerinin bulunması. [17]

Kompozit yapı elemanının toplam ses geçiş kaybı aşağıdaki formülle bulunur:

$$R_{T,Teo.} = R_{du\ var} - x \ldots\ldots\ldots dB \qquad (5.5)$$

5.3. DENEYSEL YÖNTEM

5.3.1. GİRİŞ

Yapı kabuğunun ses yalıtım performanslarının deneysel olarak ölçülmesinde ölçüm metodu olarak TSE-ISO 140-5 sayılı "Akustik – Bölüm 5: Dış Cephe Kaplama Elemanları ve Dış Cephe Kaplama Elemanlarının Hava İle Yayılan Ses Yalıtımının Alan Ölçümleri" ile ilgili standardı esas alınmıştır. [17]

5.3.2. PRENSİP

TSE-ISO 140-5'e göre, ses, yapı kabuğu üzerine değişik yönlerden ve çeşitli yoğunlukta gelirse, örnek olarak; kalabalık caddelerdeki trafik gürültüsünde olduğu gibi, yapı kabuğunun ses geçiş kaybı, yapı kabuğunun her iki tarafında ölçülen eşdeğer ses basınç seviyelerinden elde edilir. Yapı kabuğunun ses geçiş kaybı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R_{T,Den.} = L_{dış} - L_{iç} + 10 \log \frac{S}{A} ....dB \quad (5.6)$$

$L_{dış}$= Yapı kabuğunun, 1 m önündeki eşdeğer ses basınç düzeyi, dB

$L_{iç}$= İç mekanda, oda ortalaması olarak ölçülen eşdeğer ses basınç düzeyi, dB

S= Ölçülen yapı kabuğunun alanı, m²

A= İç mekandaki eşdeğer emicilik alanı, sabin.m²

$$A = S_1.\alpha_1 + S_2.\alpha_2 + ...S_n.\alpha_n = \sum (S.\alpha) \quad (5.7)$$

α= Yapı malzemesinin ses yutuculuk katsayısı

S= Yapı malzemesinin alanı, m²

Yukarıdaki eşitlik, trafik hattının yeterince uzun ve düzenli olduğu ve çarpan sesin dağılımının homojen olduğu durumlarda kullanılır.

5.3.3. ÖLÇÜM VE ANALİZDE KULLANILAN ALETLER

Ölçüm yapılırken kullanılan aletler aşağıda sıralanmıştır:

1- 2 adet Precision Ses Basınç Düzeyi Ölçeri, Brüel &Kjaer, Type 2204

2- 2 adet 1'lik "condenser" mikrofon, Brüel &Kjaer, Type 4145

3- 2 adet oktav filtre, Octav Fitler Band, Brüel &Kjaer, Type 1613

4- 2 adet tripod

5- Kablolar

Analiz yapılırken kullanılan aletler aşağıda sıralanmıştır:

1. Noise Level Analyzer(Gürültü Düzeyi Analizörü), Brüel &Kjaer, Type 4427

5.3.4. ÖLÇÜM YÖNTEMİ

İç ve dış ortamdaki ses düzeyleri, yapı kabuğunun her iki tarafında, aynı anda ölçülmüştür. Yapı kabuğunun dışındaki ölçümler yapı kabuğunun bir metre önünde, tripod üzerine yerleştirilmiş 'Ses Basınç Düzeyi Ölçerleri' ile yapılmıştır. Yapı kabuğunun içindeki ölçümler, iç mekana yerleştirilmiş tripod üzerindeki 'Ses Basınç Düzeyi Ölçerleri' ile yapılmıştır. Ayrıca ölçüm sırasında yapı kabuğu içindeki ve dışındaki ölçümler için 'Gürültü Düzeyi Analizörü' aleti kullanılmış, elde edilen sonuçlar deneysel yöntemle yapılan hesaplamalarda kullanılmıştır. Bu çalışma için yapılan ölçüm sırasında 'Teyp Recorder' aletinde ve 'Kanal Analizörü Programı'nda meydana gelen sorunlardan dolayı bu cihaz ve program kullanılamamıştır. Ölçüm yapılan binalarda, zemin katlar uygun olmadığı için bina içi ölçümler birinci katta yapılmıştır.

5.3.5. DENEY ÖLÇÜMLERİNİN ANALİZİ

Deney ölçümleri ilk olarak 'Gürültü Düzeyi Analizörü'nde değerlendirilmiş ve aşağıda sıralanan değerler belirlenmiştir:

1- Short L_{eq}= Kısa süreli eşdeğer basınç düzeyi, dBA

2- Sound Level= Ses düzeyi, dBA

3- SEL= Ses Etkileme Düzeyi

4- L_{max}= Maksimum Ses Düzeyi, dBA

5- Cumulative Distribution= Kümülatif dağılım

6- Probability Distribution= Olasılık dağılımı

5.4. RENAULT TRUCK BİNASI (ÜMRANİYE) CEPHESİ SES YALITIMI PERFORMANSININ KURAMSAL VE DENEYSEL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.4.1. GİRİŞ

Renault Truck binası TEM Otoyolu ile Çamlıca-Şile Çevre Yolu birleşiminde (Ümraniye) bulunmaktadır. Bina özel ofis olarak kullanılmaktadır. Bina ile ilgili resimler, yerleşim krokisi ve çizimler Ekler' de sunulmuştur.

Bina betonarme karkas taşıyıcı sistem olarak inşa edilmiş, Alüminyum ve cam karışımı bitiş malzemeli metal çerçeveli giydirme cephe ile kaplanmıştır. Bina dışı gürültü ölçümü zemin katta bina cephesinden bir metre uzaklıkta, bina içi gürültü ölçümü ise birinci katta bina cephesinden yaklaşık yarım metre uzaklıkta TEM Otoyoluna bakan cephede saat 12:00 dolaylarında yapılmıştır.



Şekil 5.5: Renault Truck firmasına ait binanın resmi.

5.4.2. RENAULT TRUCK BİNASI (ÜMRANİYE) CEPHESİ SES YALITIMI PERFORMANSININ KURAMSAL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

$TL(R_{duv}) = 20\log M + 13\log D + 20\log f - 58$ (5.1)

$TL(R_{pen}) = 20\log d + 13\log D + 20\log f - 29$ (5.3)

$R_{T,Teo} = R_{duv} - X$ (5.5)

125 Hz;

$R_{duv}=20\log(92,2) + 13\log22 + 20\log125 - 58= 40,67$ dB

$R_{pen}= 20\log(1,2)+ 13\log(1,2) + 20\log125 -29= 15,54$ dB

$R_{duv}- R_{pen}= 25,13$ dB

$S_{pen}/S_{duv}= 20/46 =0,43$

X= 19 (X değeri şekil 5.4 'den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}= 21,67$ dB

250 Hz;

$R_{duv}=20\log(92,2) + 13\log22 + 20\log250 - 58= 46,69$ dB

$R_{pen}= 20\log(1,2)+ 13\log(1,2) + 20\log250 -29= 21,56$ dB

$R_{duv}- R_{pen}= 25,13$ dB

$S_{pen}/S_{duv} = 20/46= 0,43$

X= 19 (X değeri şekil 5.4 'den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}= 27,69$ dB

500 Hz;

$R_{duv}=20\log(92,2) + 13\log22 + 20\log500 - 58= 52,71$ dB

$R_{pen}= 20\log(1,2)+ 13\log(1,2) + 20\log500 -29= 27,58$ dB

R_{duv}- R_{pen}= 25,13 dB

S_{pen}/S_{duv} = 20/46= 0,43

X= 19 (X değeri şekil 5.4 ‘den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}$= 33,71 dB

1000 Hz;

R_{duv}=20log(92,2) + 13log22 + 20log1000 – 58= 58,74 dB

R_{pen}= 20log(1,2)+ 13log(1,2) + 20log1000 -29= 33,61 dB

R_{duv}- R_{pen}= 25,13 dB

S_{pen}/S_{duv} = 20/46= 0,43

X= 19 (X değeri şekil 5.4 ‘den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}$= 39,74 dB

2000 Hz;

R_{duv}=20log(92,2) + 13log22 + 20log2000 – 58= 64,76 dB

R_{pen}= 20log(1,2)+ 13log(1,2) + 20log2000 -29= 39,63 dB

R_{duv}- R_{pen}= 25,13 dB

S_{pen}/S_{duv} = 20/46= 0,43

X= 19 (X değeri şekil 5.4 ‘den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}$= 45,76 dB

4000 Hz;

R_{duv}=20log(92,2) + 13log22 + 20log4000 – 58= 70,78 dB

R_{pen}= 20log(1,2)+ 13log(1,2) + 20log4000 -29= 45,65 dB

R_{duv}- R_{pen}= 25,13 dB

S_{pen}/S_{duv} =20/46=0,43

X= 19 (X değeri şekil 5.4 ‘den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}$= 51,78 dB

5.4.3. RENAULT TRUCK BİNASI (ÜMRANİYE) CEPHESİ SES YALITIMI PERFORMANSININ DENEYSEL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan ölçüm sonucu elde edilen değerler ‘Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

İmpulse Precision Sound Level Meter ölçüm aletinin ayarları:

Konum :Extension Fitler ve slow konumunda

Type : 2209

Octave Fitler Set Type :1613

Octave Fitler Set konumu : On konumunda

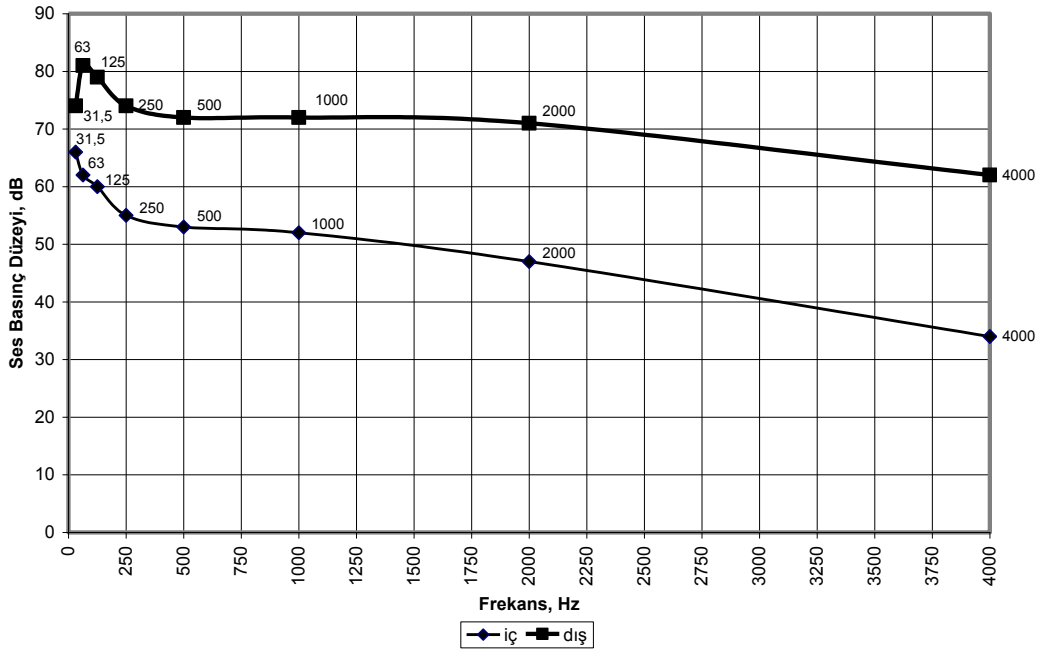
Tablo 5.1: Renault Truck binası – Gürültü Analiz Sonuçları

(dBA)	Short L_{eq}	Med. L_{eq}	Long L_{eq}	1 sec. L_{eq}	L_{max}	Short SEL	Long SEL	Sound Level
Dış(dB)	79,6	79,5	79,5	82,2	83,6	92,6	101,0	80,4
İç(dB)	58,9	58,3	58,3	58,2	63,4	70,9	83,2	58,9
Dış-İç(dB)	20,7	21,2	21,2	24	20,2	21,7	17,8	21,5

Gürültü Düzeyi Analizörü ile bulunan iç ve dış gürültü düzeylerinin oktav band ve 1/1 oktav band frekans dağılımı Tablo 5.2’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.2: Renault Truck binası – Frekans analizi

	Frekans (Hz)								**dBA**
	31,5	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	
Dış(dB)	74	81	79	74	72	72	71	62	78
İç(dB)	66	62	60	55	53	52	47	34	54



Şekil 5.6: Renault Truck Binası iç ve dış ses basınç düzeyi – Frekans ilişkisi

$$R_{T,Den.} = L_{dış} - L_{iç} + 10 \log \frac{S}{A} \text{..... ..} dB \qquad (5.6)$$

125 Hz, $R_T = 79-60+10\log\frac{46}{84,924}$

$R_T = 16,34$ dB

250 Hz, $R_T = 74-55+10\log\frac{46}{71,414}$

R_T=17,09 dB

500 Hz, $R_T=72-53+10\log\frac{46}{63,214}$

R_T=17,62 dB

1000 Hz, $R_T=72-52+10\log\frac{46}{60,855}$

R_T=18,79 dB

2000 Hz, $R_T=71-47+10\log\frac{46}{69,856}$

R_T= 22,19 dB

4000 Hz, $R_T=62-34+10\log\frac{46}{86,835}$

R_T=25,25 dB

Oktav band merkez frekansları için, deneysel yöntemle yapı kabuğunun ses geçiş kaybı hesabı, TS – ISO 140/5' te belirtilen yöntemle yapılmıştır. Eşdeğer yutuculuk alanının (A) hesaplanması Tablo5.3' te belirtilmiştir.

Tablo 5.3: Renault Truck Binası - Eşdeğer emicilik alanının (A) hesaplanması

ELEMAN ADI	TOPLAM S(m²)	ALAN (m²)	MALZEME (m²)	FERKANS (Hz)											
				125		250		500		1000		2000		4000	
				α	S.α	α	S.α	α	S.α	α	S.α	α	S.α	α	S.α
A DUVARI	59,00	17,00	Çift cam	0,100	1,700	0,070	1,190	0,050	0,850	0,030	0,510	0,020	0,340	0,020	0,340
		32,00	Alçı + beton	0,013	0,416	0,015	0,480	0,020	0,640	0,030	0,960	0,040	1,280	0,050	1,600
		10,00	Alçı panel	0,270	2,700	0,100	1,000	0,050	0,500	0,040	0,400	0,030	0,300	0,030	0,300
B DUVARI	59,00	17,00	Çift cam	0,100	1,700	0,070	1,190	0,050	0,850	0,030	0,510	0,020	0,340	0,020	0,340
		32,00	Alçı + beton	0,013	0,416	0,015	0,480	0,020	0,640	0,030	0,960	0,040	1,280	0,050	1,600
		10,00	Alçı panel	0,270	2,700	0,100	1,000	0,050	0,500	0,040	0,400	0,030	0,300	0,030	0,300
ÖN DUVAR	46,00	20,00	Çift cam	0,100	2,000	0,070	1,400	0,050	1,000	0,030	0,600	0,020	0,400	0,020	0,400
		14,00	Alçı + beton	0,013	0,182	0,015	0,210	0,020	0,280	0,030	0,420	0,040	0,560	0,050	0,700
		12,00	Alçı panel	0,270	3,240	0,100	1,200	0,050	0,600	0,040	0,480	0,030	0,360	0,030	0,360
ARKA DUVAR	46,00	2,10	Ahşap kapı	0,140	0,294	0,100	0,210	0,060	0,126	0,080	0,168	0,100	0,210	0,100	0,210
		43,90	Alçı + beton	0,013	0,571	0,015	0,659	0,020	0,878	0,030	1,317	0,040	1,756	0,050	2,195
DÖŞEME	365,00	365,00	Ahşap parke	0,160	58,400	0,140	51,100	0,110	40,150	0,080	29,200	0,080	29,200	0,070	25,550
TAVAN	365,00	365,00	Alçı + beton	0,013	4,745	0,015	5,475	0,020	7,300	0,030	10,950	0,040	14,600	0,050	18,250
MASA	27,00	27,00	Ahşap	0,140	3,780	0,100	2,700	0,060	1,620	0,080	2,160	0,100	2,700	0,100	2,700
İNSAN	13,00	13,00		0,160	2,080	0,240	3,120	0,560	7,280	0,690	8,970	0,810	10,530	0,780	10,140
HACİM (m³)	950,00	950,00		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	2,850	0,006	5,700	0,023	21,850
EŞDEĞER EMİCİLİK ALANI, A, Sabin.m²				84,924		71,414		63,214		60,855		69,856		86,835	

5.5. VARLIBAS GROUP İDARE BİNASI (İÇERENKÖY) CEPHESİ SES YALITIMI PERFORMANSININ KURAMSAL VE DENEYSEL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.5.1. GİRİŞ

Varlıbas Group İdare Binası İçerenköy' de E-5 çevre yolu yakınında bulunmaktadır. Bina özel ofis olarak kullanılmaktadır. Bina ile ilgili resimler, yerleşim krokisi ve çizimler Ekler' de sunulmuştur.

Bina betonarme karkas taşıyıcı sistem olarak inşa edilmiş, Alüminyum ve cam karışımı bitiş malzemeli metal çerçeveli giydirme cephe ile kaplanmıştır. Bina dışı gürültü ölçümü zemin katta bina cephesinden bir metre uzaklıkta, bina içi gürültü ölçümü ise birinci katta bina cephesinden yaklaşık yarım metre uzaklıkta E-5 çevre yoluna bakan cephede saat 12:50 dolaylarında yapılmıştır.



Şekil 5.7: Varlıbaş Group idare binası resmi.

5.5.2. VARLIBAS GROUP İDARE BİNASI (İÇERENKÖY) CEPHESİ SES YALITIMI PERFORMANSININ KURAMSAL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

$TL(R_{duv}) = 20\log M + 13\log D + 20\log f - 58$ (5.1)

$TL(R_{pen}) = 20\log d + 13\log D + 20\log f - 29$ (5.3)

$R_{T,Teo} = R_{duv} - X$ (5.5)

125 Hz;

$R_{duv}=20\log(95) + 13\log22 + 20\log125 - 58= 40,93$ dB

$R_{pen}= 20\log(1,2)+ 13\log(1,2) + 20\log125 -29= 15,54$ dB

$R_{duv}- R_{pen}= 25,39$ dB

$S_{pen}/S_{duv} =12,50/32,50=0,38$

X= 20 (X değeri şekil 5.4 'den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}= 20,93$ dB

250 Hz;

$R_{duv}=20\log(95) + 13\log22 + 20\log250 - 58= 46,95$ dB

$R_{pen}= 20\log(1,2)+ 13\log(1,2) + 20\log250 -29= 21,56$ dB

$R_{duv}- R_{pen}= 25,39$ dB

$S_{pen}/S_{duv} =12,50/32,50=0,38$

X= 20 (X değeri şekil 5.4 'den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}= 26,95$ dB

500 Hz;

$R_{duv}=20\log(95) + 13\log22 + 20\log500 - 58= 52,97$ dB

R_{pen}= 20log(1,2)+ 13log(1,2) + 20log500 -29= 27,58 dB

R_{duv}- R_{pen}= 25,39 dB

S_{pen}/S_{duv} =12,50/32,50=0,38

X= 20 (X değeri şekil 5.4 ‘den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}$= 32,97 dB

1000 Hz;

R_{duv}=20log(95) + 13log22 + 20log1000 – 58= 59,00 dB

R_{pen}= 20log(1,2)+ 13log(1,2) + 20log1000 -29= 33,61 dB

R_{duv}- R_{pen}= 25,39 dB

S_{pen}/S_{duv} =12,50/32,50=0,38

X= 20 (X değeri şekil 5.4 ‘den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}$= 39,00 dB

2000 Hz;

R_{duv}=20log(95) + 13log22 + 20log2000 – 58= 65,02 dB

R_{pen}= 20log(1,2)+ 13log(1,2) + 20log2000 -29= 39,63 dB

R_{duv}- R_{pen}= 25,39 dB

S_{pen}/S_{duv} =12,50/32,50=0,38

X= 20 (X değeri şekil 5.4 ‘den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}$= 45,02 dB

4000 Hz;

R_{duv}=20log(95) + 13log22 + 20log4000 – 58= 71,04 dB

R_{pen}= 20log(1,2)+ 13log(1,2) + 20log4000 -29= 45,65 dB

R_{duv}- R_{pen}= 25,39 dB

S_{pen}/S_{duv} =12,50/32,50=0,38

X= 20 (X değeri şekil 5.4 ‘den faydalanılarak bulunmuştur)

$R_{T,Teo}$= 51,04 dB

5.5.3. VARLIBAS GROUP İDARE BİNASI (İÇERENKÖY) CEPHESİ SES YALITIMI PERFORMANSININ DENEYSEL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan ölçüm sonucu elde edilen değerler ‘Tablo 5.4’de gösterilmiştir.

İmpulse Precision Sound Level Meter ölçüm aletinin ayarları:

Konum :Extension Fitler ve slow konumunda

Type : 2209

Octave Fitler Set Type :1613

Octave Fitler Set konumu : On konumunda

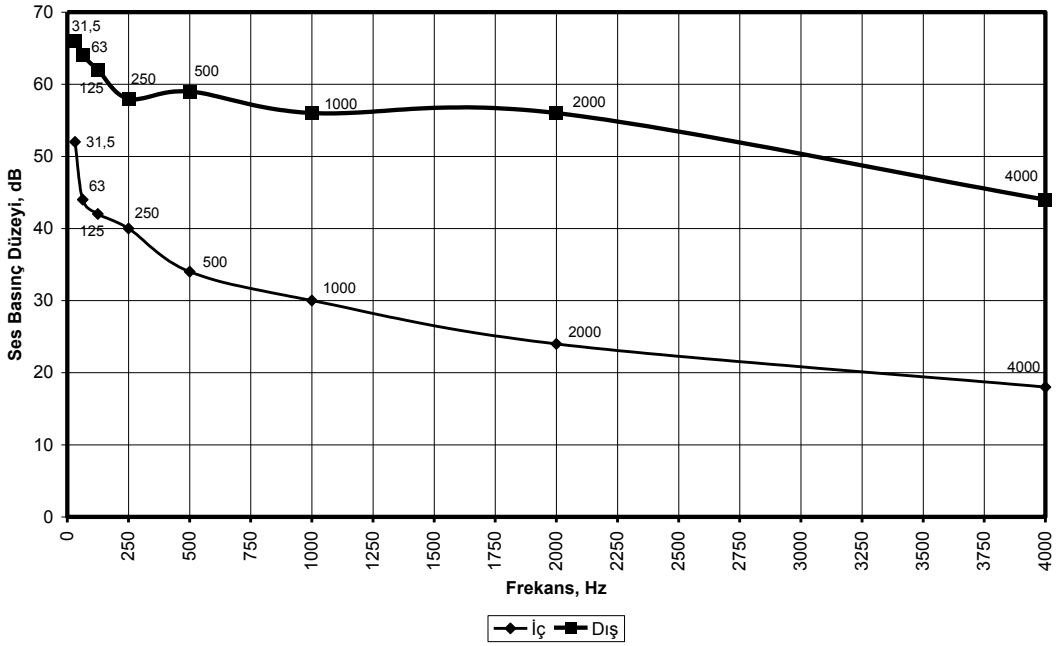
Tablo 5.4: Varlıbas Group İdare Binası – Gürültü analiz sonuçları

(dBA)	**Short L_{eq}**	**Med. L_{eq}**	**Long L_{eq}**	**1 sec. L_{eq}**	**L_{max}**	**Short SEL**	**Long SEL**	**Sound Level**
Dış(dB)	60,9	60,6	60,6	59,8	68,6	76,7	83,9	60,7
İç(dB)	40,0	37,7	37,7	35,7	43,0	51,5	60,6	37,5
Dış-İç(dB)	20,9	22,9	22,9	24,1	25,6	25,2	23,3	23,2

Gürültü Düzeyi Analizörü ile bulunan, iç ve dış gürültü düzeylerinin oktav band ve 1/1 oktav band frekans dağılımı Tablo 5.5’ te gösterilmiştir.

Tablo 5.5: Varlıbas Group İdare Binası – Frekans analizi

	Frekans (Hz)								**dBA**
	31,5	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	
Dış(dB)	66	64	62	58	59	56	56	44	66
İç(dB)	52	44	42	40	34	30	24	18	38



Şekil 5.8: Varlibas Group İdare Binası iç ve dış ses basınç düzeyi – Frekans ilişkisi

$$R_{T,Den.} = L_{dış} - L_{iç} + 10 \log \frac{S}{A} ....dB \qquad (5.6)$$

125 Hz, $R_T = 62-42+10\log\frac{32,50}{27,805}$

$R_T = 20,67$ dB

250 Hz, $R_T = 58-40+10\log\frac{32,50}{23,089}$

R_T=19,48 dB

500 Hz, $R_T=59-34+10\log\frac{32,50}{21,374}$

R_T=26,81 dB

1000 Hz, $R_T=56-30+10\log\frac{32,50}{21,441}$

R_T=27,8 dB

2000 Hz, $R_T=56-24+10\log\frac{32,50}{24,718}$

R_T= 33,18 dB

4000 Hz, $R_T=44-18+10\log\frac{32,50}{29,521}$

R_T=26,41 dB

Oktav band merkez frekansları için, deneysel yöntemle yapı kabuğunun ses geçiş kaybı hesabı, TS – ISO 140/5' te belirtilen yöntemle yapılmıştır. Eşdeğer yutuculuk alanının (A) hesaplanması Tablo5.6' da belirtilmiştir.

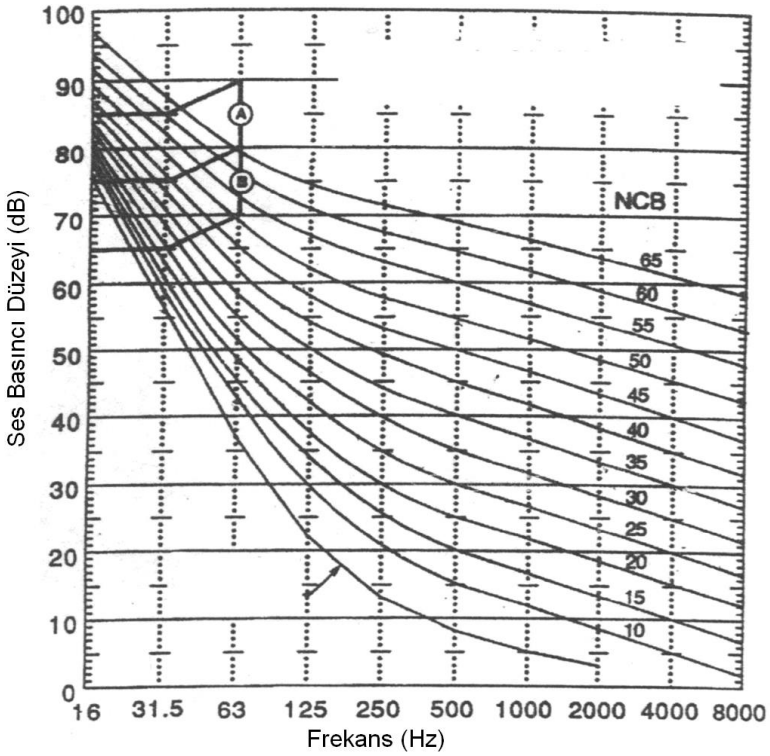
Tablo 5.6: Varlibas Group İdare Binası - Eşdeğer emicilik alanının (A) hesaplanması

ELEMAN ADI	TOPLAM S(m²)	ALAN (m²)	MALZEME (m²)	FERKANS (Hz)											
				125		250		500		1000		2000		4000	
				α	S.α	α	S.α	α	S.α	α	S.α	α	S.α	α	S.α
A DUVARI	24,00	4,50	Çift cam	0,100	0,450	0,070	0,315	0,050	0,225	0,030	0,135	0,020	0,090	0,020	0,090
		17,00	Alçı + beton	0,013	0,221	0,015	0,255	0,020	0,340	0,030	0,510	0,040	0,680	0,050	0,850
		2,50	Alçı panel	0,270	0,675	0,100	0,250	0,050	0,125	0,040	0,100	0,030	0,075	0,030	0,075
B DUVARI	24,00	8,00	Çift cam	0,100	0,800	0,070	0,560	0,050	0,400	0,030	0,240	0,020	0,160	0,020	0,160
		11,50	Alçı + beton	0,013	0,150	0,015	0,173	0,020	0,230	0,030	0,345	0,040	0,460	0,050	0,575
		4,50	Alçı panel	0,270	1,215	0,100	0,450	0,050	0,225	0,040	0,180	0,030	0,135	0,030	0,135
ÖN DUVAR	32,50	12,50	Çift cam	0,100	1,250	0,070	0,875	0,050	0,625	0,030	0,375	0,020	0,250	0,020	0,250
		14,00	Alçı + beton	0,013	0,182	0,015	0,210	0,020	0,280	0,030	0,420	0,040	0,560	0,050	0,700
		6,00	Alçı panel	0,270	1,620	0,100	0,600	0,050	0,300	0,040	0,240	0,030	0,180	0,030	0,180
ARKA DUVAR	32,50	2,10	Ahşap kapı	0,140	0,294	0,100	0,210	0,060	0,126	0,080	0,168	0,100	0,210	0,100	0,210
		30,40	Alçı + beton	0,013	0,395	0,015	0,456	0,020	0,608	0,030	0,912	0,040	1,216	0,050	1,520
DÖŞEME	101,00	101,00	Ahşap parke	0,160	16,160	0,140	14,140	0,110	11,110	0,080	8,080	0,080	8,080	0,070	7,070
TAVAN	101,00	101,00	Alçı + beton	0,013	1,313	0,015	1,515	0,020	2,020	0,030	3,030	0,040	4,040	0,050	5,050
MASA	14,00	14,00	Ahşap	0,140	1,960	0,100	1,400	0,060	0,840	0,080	1,120	0,100	1,400	0,100	1,400
İNSAN	7,00	7,00		0,160	1,120	0,240	1,680	0,560	3,920	0,690	4,830	0,810	5,670	0,780	5,460
HACİM (m³)	252,00	252,00		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,756	0,006	1,512	0,023	5,796
EŞDEĞER EMİCİLİK ALANI, A, Sabin.m²				27,805		23,089		21,374		21,441		24,718		29,521	

5.6. KURAMSAL YÖNTEMLE HESAPLANAN VE DENEYSEL YÖNTEMLE ÖLÇÜLEN SONUÇLARININ KIYASLANMASI

5.6.1. GİRİŞ

Her iki bina için NCB 35 kriterlerine göre iç ortamda istenilen gürültü düzeyi belirlenmiş, buna göre bina kabuğunun gürültü iletim kaybının ne kadar olması gerektiği hesaplanmış, bu istenilen değerlerle bina kabuğunun deneysel yöntemlerle elde edilmiş gürültü iletim kaybı değerleri kıyaslaması tablo olarak gösterilmiştir. Ayrıca kuramsal yöntemlerle elde edilmiş gürültü iletim kaybı değerleri ile deneysel yöntemlerle elde edilmiş gürültü iletim kaybı değerleri kıyaslaması yine tablo olarak sunulmuştur.



Şekil 5.9: NCB Gürültü kriteri eğrileri (Egan, 1988) [50]

5.6.2. RENAULT TRUCK BİNASI (ÜMRANİYE) CEPHESİ İLE İLGİLİ GÜRÜLTÜ İLETİM KAYBI DEĞERLERİNİN KIYASLANMASI

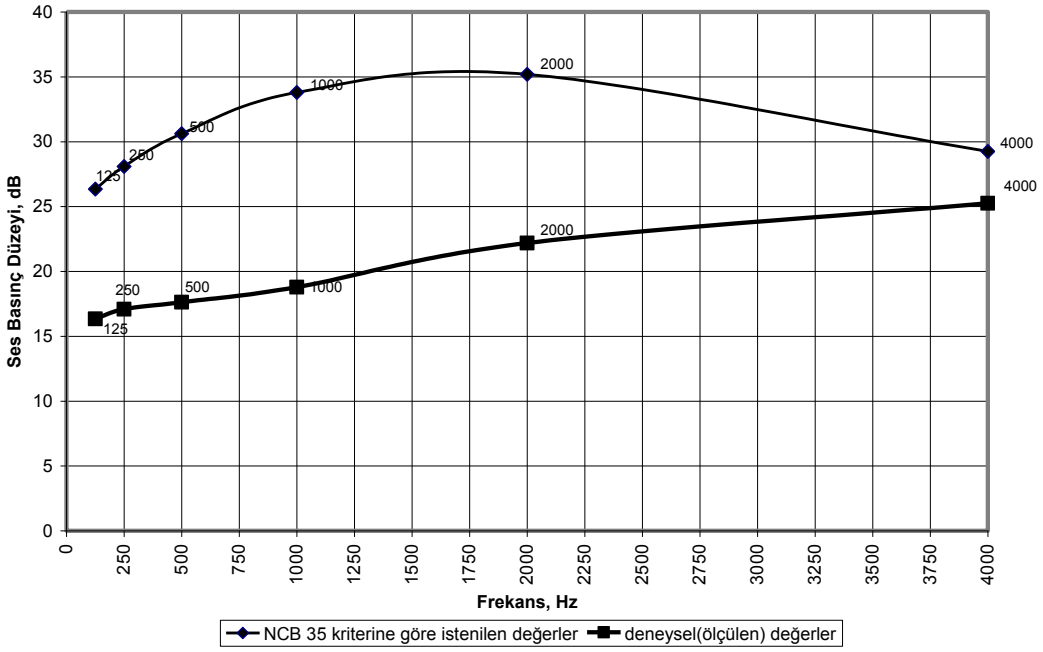
Tablo 5.7: NCB 35 Kriterine göre bina kabuğunda istenilen gürültü iletim kaybı değerleri ile deneysel yöntemle elde edilen sonuçların kıyaslanması.

	125	250	500	1000	2000	4000
$L_{dış}$, dB	79	74	72	72	71	62
L_{kri}, dB NCB 35	50	44	40	37	34	30
10log S/A	-2,66	-1,91	-1,38	-1,21	-1,81	-2,75
R_{ist}, dB (istenilen)	26,34	28,09	30,62	33,79	35,19	29,25
$R_{T,Den}$, dB (ölçülen)	16,34	17,09	17,62	18,79	22,19	25,25
R_{ist}- $R_{T,Den}$, dB	10,00	11,00	13,00	15,00	13,00	4,00

$$R_{ist} = L_{dış} - L_{kri} + 10\log S/A \quad (5.6)$$

$$R_{T,Den} = L_{dış} - L_{iç} + 10\log S/A \quad (5.6)$$

R_{ist}-$R_{T,Den}$, dB:Yapı kabuğuna ilave edilmesi gereken ses iletim kaybı değeri.



Şekil 5.10: NCB 35 Kriterine göre Renault Truck Binası kabuğunda istenilen gürültü iletim kaybı değerleri ile deneysel yöntemle ölçülen değerlerin grafiksel gösterimi.

Renault Truck Binası kabuğunda, NCB 35 Kriterine göre istenilen gürültü iletim kaybı değerleri ile deneysel yöntemle ölçülen değerler arasındaki farkın (R_{ist}- $R_{T,Den}$, dB), 125 Hz'den başlayarak 1000 Hz'e kadar arttığı, 1000 Hz'den 4000 Hz'e kadar ise azaldığı görülmektedir. Deneysel yöntemle ölçülen değerlerin NCB 35 Kriterine göre istenilen değerlerden düşük olmasından dolayı Renault Truck Binasının, metal çerçeveli giydirme cephe sisteminden oluşturulan bina kabuğunun, ses yalıtım performansının arttırılması gerekmektedir.

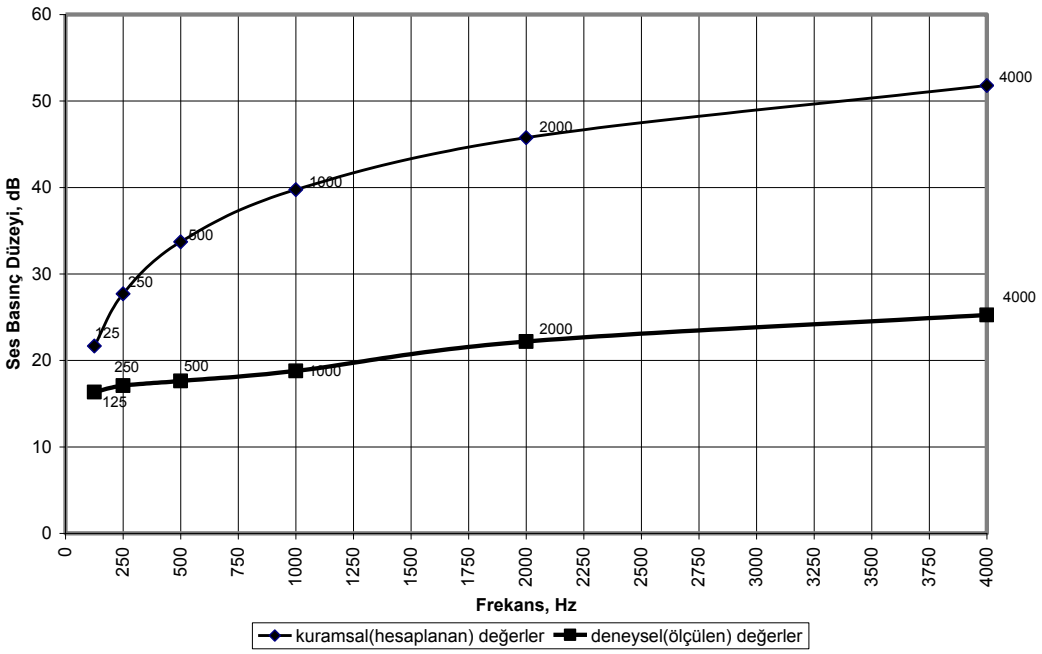
Tablo 5.8: Kuramsal ve deneysel yöntemlerle elde edilmiş gürültü iletim kaybı değerlerinin kıyaslanması.

		125	250	500	1000	2000	4000
Deneysel (ölçülen)	$L_{dış}$, dB	79	74	72	72	71	62
	$L_{iç}$, dB	60	55	53	52	47	34
	10log S/A	-2,66	-1,91	-1,38	-1,21	-1,81	-2,75
	$R_{T,Den}$,dB	16,34	17,09	17,62	18,79	22,19	25,25
Kuramsal (Teorik) (hesaplan)	R_{duv}, dB	40,67	46,69	52,71	58,74	64,76	70,78
	R_{pen}, dB	15,54	21,56	27,58	33,61	39,63	45,65
	R_{duv}- R_{pen}, dB	25,13	25,13	25,13	25,13	25,13	25,13
	X	19	19	19	19	19	19
	$R_{T,Teo}$,dB	21,67	27,69	33,71	39,74	45,76	51,78
	$R_{T,Den}$,dB (ölçülen)	16,34	17,09	17,62	18,79	22,19	25,25
Kıyaslama	$R_{T,Teo}$- $R_{T,Den}$, dB	5,33	10,60	16,09	20,95	23,57	26,53

X değerleri şekil 5.4 'den faydalanılarak bulunmuştur.

$R_{T,Den.} = L_{dış} - L_{iç} + 10\log S/A$ (5.6)

$R_{T,Teo} = R_{duv} - X$ (5.5)



Şekil 5.11: Renault Truck Binası kabuğunda kuramsal yöntemle hesaplanan ve deneysel yöntemle ölçülen gürültü iletim kaybı değerlerinin grafiksel gösterimi.

Renault Truck Binası kabuğunda kuramsal yöntemle hesaplanan ve deneysel yöntemle ölçülen gürültü iletim kaybı değerleri arasındaki farkın, 125 Hz'den başlayarak 4000 Hz'e kadar arttığı görülmektedir. Kuramsal yöntemle hesaplanmış ve deneysel yöntemle ölçülmüş sonuçlar karşılaştırıldığında, kuramsal yöntemle belirlenmiş değerlerin deneysel yöntemle ölçülmüş değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir ve frekans değerleri arttıkça ses iletim kaybı değerleri arasındaki fark artmaktadır.

5.6.3. VARLIBAS GROUP İDARE BİNASI (İÇERENKÖY) CEPHESİ İLE İLGİLİ GÜRÜLTÜ İLETİM KAYBI DEĞERLERİNİN KIYASLANMASI

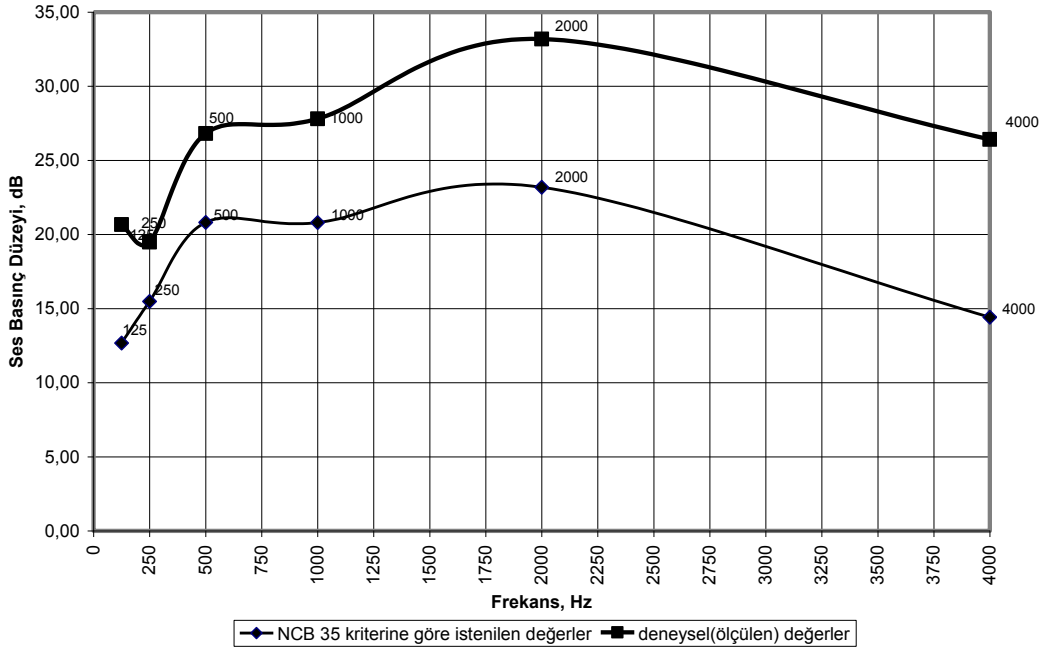
Tablo 5.9: NCB 35 Kriterine göre bina kabuğunda istenilen gürültü iletim kaybı değerleri ile deneysel yöntemle elde edilen sonuçların kıyaslanması.

	125	250	500	1000	2000	4000
$L_{dış}$, dB	62	58	59	56	56	44
L_{kri}, dB NCB 35	50	44	40	37	34	30
10log S/A	0,67	1,48	1,81	1,80	1,18	0,41
R_{ist}, dB (istenilen)	12,67	15,48	20,81	20,80	23,18	14,41
$R_{T,Den}$, dB (ölçülen)	20,67	19,48	26,81	27,80	33,18	26,41
R_{ist}- $R_{T,Den}$, dB	-8,00	-4,00	-6,00	-7,00	-10,00	-12,00

$$R_{ist} = L_{dış} - L_{kri} + 10\log S/A \quad (5.6)$$

$$R_{T,Den.} = L_{dış} - L_{iç} + 10\log S/A \quad (5.6)$$

R_{ist}-$R_{T,Den}$, dB:Yapı kabuğuna ilave edilmesi gereken ses iletim kaybı değeri.



Şekil 5.12: NCB 35 Kriterine göre Varlibas Group İdare Binası kabuğunda istenilen gürültü iletim kaybı değerleri ile deneysel yöntemle ölçülen değerlerin grafiksel gösterimi.

Varlibas Group İdare Binası kabuğunda, NCB 35 Kriterine göre istenilen gürültü iletim kaybı değerleri ile deneysel yöntemle ölçülen değerler arasındaki farkın (R_{ist}-$R_{T,Den}$, dB), 125 Hz'den başlayarak 4000 Hz'e kadar ölçülen değerler yönünde arttığı görülmektedir. Deneysel yöntemle ölçülen değerlerin NCB 35 Kriterine göre istenilen değerlerden yüksek olmasından dolayı Varlibas Group İdare Binasının, metal çerçeveli giydirme cephe sisteminden oluşturulan bina kabuğunun, ses yalıtım performansının, NCB 35 Kriterine uygun olduğu anlaşılmaktadır.

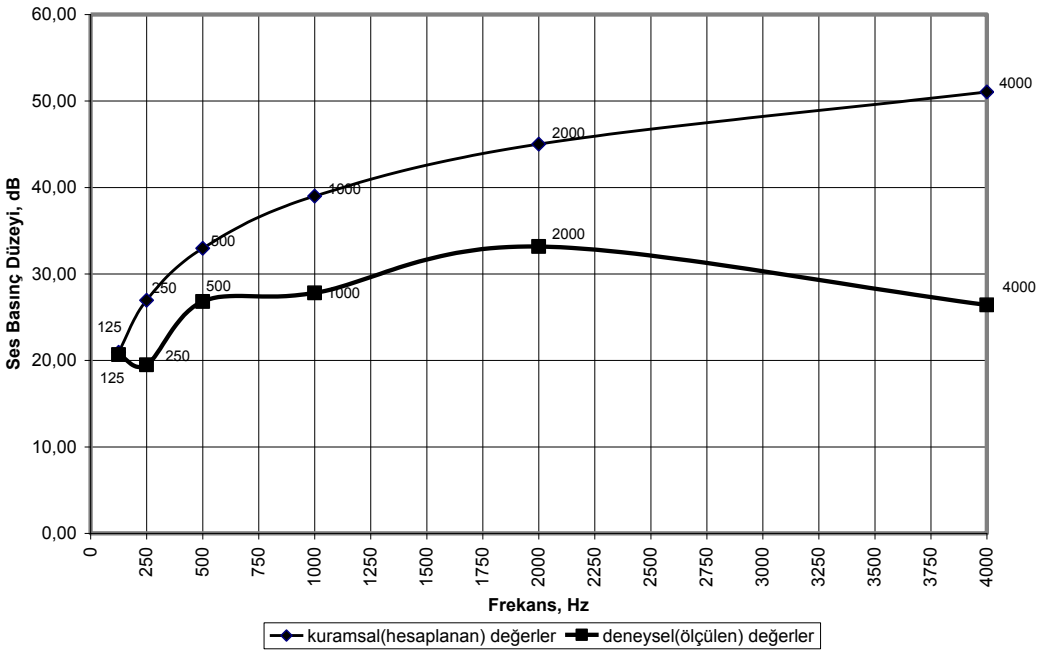
Tablo 5.10: Kuramsal ve deneysel yöntemlerle elde edilmiş gürültü iletim kaybı değerlerinin kıyaslanması.

		125	250	500	1000	2000	4000
Deneysel (ölçülen)	$L_{dış}$, dB	62	58	59	56	56	44
	$L_{iç}$, dB	42	40	34	30	24	18
	10log S/A	0,67	1,48	1,81	1,80	1,18	0,41
	$R_{T,Den}$,dB	20,67	19,48	26,81	27,80	33,18	26,41
Kuramsal (Teorik) (hesaplan)	R_{duv}, dB	40,93	46,95	52,97	59,00	65,02	71,04
	R_{pen}, dB	15,54	21,56	27,58	33,61	39,63	45,65
	R_{duv}- R_{pen}, dB	25,39	25,39	25,39	25,39	25,39	25,39
	X	20	20	20	20	20	20
	$R_{T,Teo}$,dB	20,93	26,95	32,97	39,00	45,02	51,04
	$R_{T,Den}$,dB (ölçülen)	20,67	19,48	26,81	27,80	33,18	26,41
Kıyaslama	$R_{T,Teo}$- $R_{T,Den}$, dB	0,26	7,47	6,16	11,20	11,84	24,63

X değerleri şekil 5.4 'den faydalanılarak bulunmuştur.

$R_{T,Den.}=L_{dış}-L_{iç}+10\log S/A$ (5.6)

$R_{T,Teo}=R_{duv}-X$ (5.5)



Şekil 5.13: Varlibas Group İdare Binası kabuğunda kuramsal yöntemle hesaplanan ve deneysel yöntemle ölçülen gürültü iletim kaybı değerlerinin grafiksel gösterimi.

Varlibas Group İdare Binası kabuğunda kuramsal yöntemle hesaplanan ve deneysel yöntemle ölçülen gürültü iletim kaybı değerleri arasındaki farkın, 125 Hz'den başlayarak 250 Hz'e kadar arttığı, 250 Hz ile 500 Hz aralığında azaldığı, 500 Hz ile 4000 Hz aralığında tekrar arttığı görülmektedir. Kuramsal yöntemle hesaplanmış ve deneysel yöntemle ölçülmüş sonuçlar karşılaştırıldığında, kuramsal yöntemle hesaplanmış değerlerin deneysel yöntemle ölçülmüş değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

BÖLÜM 6: SONUÇ

Renault Truck Binası ile ilgili deneysel olarak ölçülmüş ses geçiş kaybı değerlerinin, NCB kriterine bağlı olarak istenilen ses geçiş kaybı değerleriyle karşılaştırması Tablo 5.7'de gösterilmiştir. Deneysel yöntem sonuçları (ölçülen) ile NCB kriterine bağlı sonuçlar (istenilen) karşılaştırıldığında 125 Hz frekans değerinden başlayarak 1000 Hz frekans değerine kadar ses iletim kaybı değerleri arasındaki fark artmaktadır, 1000 Hz frekans değerinden sonra frekans arttıkça ses kaybı değerleri arasındaki fark azalmaktadır. Bu farklara bakıldığında bu binanın cephe kabuğunun ses yalıtım performansının istenilen değerleri sağlamadığı görülmektedir.

Renault Truck Binası ile ilgili, kuramsal olarak hesaplanmış ses geçiş kaybı değerleri ile deneysel olarak ölçülmüş ses geçiş kaybı değerlerinin oktav band frekansları için karşılaştırması Tablo 5.8'de gösterilmiştir. Kuramsal yöntemle hesaplanmış ve deneysel yöntemle ölçülmüş sonuçlar karşılaştırıldığında, Kuramsal yöntemle belirlenmiş değerlerin deneysel yöntemle elde edilmiş değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir ve frekans değerleri arttıkça ses iletim kaybı değerleri arasındaki fark artmaktadır.

Varlıbas Group İdare Binası ile ilgili deneysel olarak ölçülmüş ses geçiş kaybı değerlerinin, NCB kriterine bağlı olarak istenilen ses geçiş kaybı değerleriyle karşılaştırması Tablo 5.9'da gösterilmiştir. Deneysel yöntem sonuçları ile NCB kriterine bağlı sonuçlar karşılaştırıldığında, diğer binanın aksine, bu binada, deneysel yöntemle elde edilmiş sonuçlar daha yüksek çıkmaktadır. 125 Hz frekans değerinden başlayarak frekans arttıkça ses iletim kaybı değerleri arasındaki fark artmaktadır. Bu farklara bakıldığında bu binanın cephe kabuğunun ses yalıtım performansının istenilen değerlerden yüksek olduğu görülmektedir.

Varlıbas Group İdare Binası ile ilgili, kuramsal olarak hesaplanmış ses geçiş kaybı değerleri ile deneysel olarak ölçülmüş ses geçiş kaybı değerlerinin oktav band frekansları için karşılaştırması Tablo 5.10'da gösterilmiştir. Kuramsal yöntemle ve deneysel yöntemle elde edilmiş sonuçlar karşılaştırıldığında, Kuramsal yöntemle

belirlenmiş değerlerin deneysel yöntemle elde edilmiş değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir ve frekans değerleri arttıkça ses iletim kaybı değerleri arasındaki fark artmaktadır.

Deneysel yöntemlerle ölçülmüş ses geçiş kaybı değerleri, yapı kabuğunun gerçek ortamdaki ses yalıtım performansını göstermektedir, bu sebeple elde edilen sonuçlar daha gerçekçidir. Kuramsal yöntemle yapılan hesaplamada kullanılan malzemelerin ses emme katsayıları literatürden alınmış ideal koşullardaki değerlerdir, gerçek ortam koşullarında ise ideal ortam koşulları yoktur, yapı kabuğundaki elemanların özelliklerinin, literatür değerlerine uygunluğu yapılan bu ölçümler sırasında kontrol edilememektedir . Frekans arttıkça ses iletim kaybı değerleri arasındaki farkın artması Kütle Kanunu'ndan kaynaklanmaktadır. Kütle Kanunu'na göre, her oktav bandda, ses iletim kaybı 6 dB artmaktadır. Ölçüm sırasında iki adet 'Gürültü Düzeyi Ölçer' bina içinde ve dışında aynı anda kullanılmıştır, kanal analizörü programı bozuk olduğu için, manyetik teybe kaydedilen gürültünün frekans analizleri bu programdan alınamamıştır, bu yüzden frekans değerleri 'Gürültü Düzeyi Ölçer'lerden alınmıştır. Ayrıca cephe kaplaması uygulaması sırasında detaylarda hatalı uygulamalar olabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı yapı kabuğunun ses iletim kaybı performansının değerlendirilmesinde, deneysel yöntemlerle elde edilmiş ses iletim kaybı değerlerinin kullanılması daha gerçekçi bir yaklaşım olacaktır.

Sonuç olarak; bu tez çalışmasında iki farklı binada uygulanmış, giydirme cephe kaplamasından oluşan yapı kabuğunda, ses yalıtım performansı değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda, deneysel yöntemle yapılan hesaplamalarda elde edilmiş değerlerle, kuramsal yöntemle elde edilmiş değerler arasında farklar olduğu görülmektedir. Oluşan bu farkların azaltılması ve kullanılan giydirme cephe sistemlerinden daha verimli ses yalıtım performansları elde edebilmek için, uygulama detaylarının tekrar gözden geçirilmesi, bu doğrultuda çalışmalar yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

[1]- **John E.K. Foreman**, 1990, Sound Analysis and Noise Control, Van Nostrand Reinhold Company, New York

[2]- Sesin Algılanması

[3]- **Department of the Environment**, 2001, Transport and the regions Proposals for Amending Part E of the Building Regulations, 2000. Resistance to the Passage of Sound – Consolation Package, London.

[4]- **Peter Sacre,** 1993, Environmental Acoustic, Acoustic in the Built Environment Edited by Duncan Templeton, Butter Worth-Heinemann Company, London.

[5]- **BS 8233,** 1997 İngiliz Standartları

[6]- **Z. Maekawa, P. Lord,** Environmental And Architectural Acoustics / E & FN Spon Company, London

[7]- **Mimar Şevket Akaya,** 1995, Giydirme Cephe Sistemleri, Bunların Tasarımı ve Uygulamasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar, İ.T.Ü. Mimarlık Fak.

[8]- **Alpar Özgül,** 1998, Strüktürel Silikon Cephe - Cephe Mimarisinin Teknolojik Evrimi, İnşaat & Malzeme dergisi, Ekim 98, İstanbul

[9]- **Bülent Özgül,** 1998, Cephede Saydamlık (Transparan Cephe), İnşaat & Malzeme dergisi, Kasım 98, İstanbul

[10]- **http://www.izocam.com.tr**

[11]- **Prof. Dr. Erkin Nasuf,** 2003, İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Sectör Dergisi, Mart 2003.

[12]- **http://www.fibrobeton.com**

[13- **http://www.cephe.com.tr**

[14]- **Duncan Templeton,** 1993, Acoustic in the Built Environment, Butter Worth-Heinemann Company, London.

[15]- **F. Alton EVEREST, 2001,** The Master Handbook of Acoustic, Fourth Edition, Mc Graw-Hill Company, New York.

[16]- **ISO 1999**, İngiliz Uygulama Yasası.

[17]- **Mimar Ayçe Döşemeciler,** Ağustos 2002, Bina Cephelerinin Ses Yalıtım Performanslarının Değerlendirilmesi: Taksim-Beşiktaş Örneği, , İ.T.Ü. Mimarlık Fak.

[18]- **Mimar Aslıhan Kalmaz,** 2001, Metal Çerçeveli Giydirme Cephelerde Granit ve Uygulama Sistemleri, Y.T.Ü. Mimarlık Fak.

[19]- **TS 347 EN 572-4,** Cam – Yapılarda kullanılan – Temel ürünler.

[20]- **http://www.autodesk.com**

[21]- **TS 6234,** Granit – Yapı taşı olarak kullanılan.

[22]- **Mimar F. Ertaç Çatıkkaş,** 1996, Alüminyum Giydirme Cephelerin Yeniden Sınıflandırılması ve değerlendirilmesi, İ.T.Ü. Mimarlık Fak.

[23]- **Mimar Nelin Çapkur,** 2000, Alüminyum Giydirme Cephe Sistemleri İçinde Panel Sistemlerinin Yerinin İncelenmesi, İ.T.Ü. Mimarlık Fak.

[24]- **Mimar Caner Göçer,** 1997, Beton Esaslı Giydirme Cephe Sistemleri, İ.T.Ü. Mimarlık Fak.

[25]- **Mimar N. Volkan Gür,** 2001, Hafif Giydirme Cephe Sistemlerinin Analiz ve Değerlendirilmesi İçin Bir Model, İ.T.Ü. Mimarlık Fak.
[26]- **Mimar Ertuğrul Uzak,** Metal Çerçeveli Giydirme Cepheler, İ.T.Ü. Mimarlık Fak.
[27]- **Chris Grech,** 1990, The Building Envelope: applications of new technology cladding, London, Butterworth Architecture.
[28- **Micheal D. Lewis,** 1995, Modern Stone Cladding: Design and installation of exterior dimension stone systems, Philadelpia, PA : ASTM.
[29]- **John Wiley and Sons.Inc.,** 1999, Cavanaugh, W.J., Wilkes, J.A., Architectural Acoustics, Principles and Practice, ,Canada
[30]- **Annon**, 1986, The Architectural Sound, Architectural Press Library of Planning and Design, E&FN Spon, London, 1994
[31]- **Schaudinischky, L.H.,** 1976, Sound, Man and Building, Applied Science Publishers Ltd., London.
[32]- **Ando,Y.,** 1998, Architectural Acoustics, Blending Sound Sources, Sound fields and Listeners, Aip Press,New York.
[33]- **Lawrence, A .,** 1992, Acoustics and the Built Environment, Elsevier Applied Science, London.
[34]- **Crocker, M.,** 1982, Noise and Noise Control, CRC Press.
[35]- **Beranek. L. L.,** 1970, Noise and Vibration Control, USA, Mc Graw Hill Inc.
[36]- **Smith, B.J., Peters,** 1982, RJ., Acoustics and Noise Control, Longman Inc. , New York.
[37]- **Irwin, J. D. , Graf, E. R.,** 1979, Industrial Noise and Vibration Control, Prentice- Hall, Inc., New Jersey.
[38]- **Stephens, R.W.B., Leventhall, H.G.,1974,** Acoustics and Vibration Progress, Chapman and Hall, London.
[39- **Yerges, L.F.,** 1969, Sound, Noise and Vibration Control , Litton Eduction Publ. Inc.
[40]- **Annon, 1976**, Practical Building Acoustics, Sound Research Laboratories Limited, London.
[41- **Smith B.J. ,Peters R.J. ,Owen S.,** 1982, Acoustics and noise control , Longman, New York.
[42]- **Egan D.M.,** 1988, Architectural Acoustics, McGraw-Hill Book Company, United States Of America.
[43]- **Lord P. ,Templeton D.,Potter A.,** 1983, Detailing For Acoustics ,The Architectural Press,London.
[44]- **Croome D.J.,** 1977, Noise Buildings and people, Permagon Press,Oxford.
[45]- **Thumann A. ,P.E. ,Miller R.K.,** 1976, Secrets of noise control, Pairmont Press, United States of America.
[45]- **Ginn K.B.,** 1978, Architectural Acoustics ,Brüel Kjaer.
[47]- **Bugliarello G. ,Alexandre A., Barnes J., Wakstein C. ,**1976, The İmpact of Noise Pollution, Pergoman Press , Oxford.
[48]- **Stephens R.W.B. , Leventhall H.G. ,** 1974, Acoustics and Vibration Progress, Chapman and Hall ,London.
[49]- **Anthrop D.F.,** 1973, Noise Polltion ,Lexington Books,Canada.
[50]- **Egan M.D. , 1972,** Concepts İn Architectural Acoustics,McGraw-Hill Book Company, United States of America.
[51]- **Smith B.J.,** 1970, Environmental Physics, Acoustics , American Elsevier Publishing Company, NewYork.

[52]- **Sound Research Laboratories,** 1976, "Practical Building Acoustics", SRL, London
[53]- **Irwin, J.D., Graf, E.R.,** 1979, "Industrial Noise And Vibration Control", Prentice-Hall, New Jersey.
[54]- **Deolle, L.J., 1972,** "Environmental Acoustics", McGraw-Hill, New York.
[55]- http://www.erayapi.com.tr
[56]- **Michael Rettnger,** 1988, "Handbook of Architectural Acoustics And Noise Control", TAB Boks Inc., USA,

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Alanya'da doğdu. 1985 yılında Alanya Mahmutlar Yenimahalle İlkokulu'ndan, 1988 yılında Alanya Mahmutlar Orta Okulu'ndan, 1991 yılında Alanya Lisesi'nden, 1998 Yılında İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nden mezun oldu. 1999 yılı Mart-Kasım ayları arasında kısa dönem olarak askerlik hizmetini tamamladı. 2000 yılı kış döneminde İ.T.Ü F.B.E Mimarlık Ana Bilim Dalı Fiziksel Çevre Kontrolü Programında Lisansüstü eğitimine başladı. Aşağıda isimleri bulunan firmalarda çalışarak mesleki deneyimini geliştirmeye çalıştı.

İŞ TECRÜBESİ :

VARYAP Varlıbaşlar Yapı San ve Tur. Yat. Tic. Ltd. Şti. (İstanbul) (2002-)
Bilgisayar ortamında mimari proje çizimleri, mevcut projelerin revizyonu, Metraj hazırlama (Kars Devlet Hastanesi İnşaatı-TEKEL Tarsus Suma Fabrikası İnşaatı), İstanbul içi şantiye takibi (İdare binası inşaatı şantiye sorumluluğu), ISO 9001:2000 Kalite Yönetim Sistemi dokümanları hazırlık çalışmaları ve belgenin alınması, İdare binası teknik işleri sorumluluğu, Bağcılar Dr. Cemil ve Fevziye Özkaya İ.Ö.O Yapım İşi Şantiye Şefliği, Şirketin katıldığı ihaleler için keşif oluşturmak.

AYA Yapı (Göztepe- İst.) (2001-2002)
-Garanti Bankası İzmir Konak kurumsal şb, Ege Üniv. Şb, Halit Ziya şb, Aydın şubelerinin dekorasyonunda şantiye şefliği.
-Ege serbest bölgesi Delphi Packard fabrikası yönetim binasında, Laminant duvar kaplaması, saç kasa, ahşap kanat, polikor resepsiyon bankosu, alçıpan duvar kaplaması, demontable bölme duvar işleri.

İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Fiziksel Çevre Kontrolü Biriminde (2000-2001) Bir öğretim yılı part-time Araştırma Görevlisi olarak çalıştı.
ARKAS holding genel merkez binası (İzmir) titreşim ve ses yalıtımı projelerinin ve detaylarının AutoCAD ile çizilmesi (Prof. Dr. Selma KURRA 'nın (İTÜ) yardımcısı olarak).

Pm mühendislik mimarlık inşaat Ltd. Şti (Mecidiyeköy) (1999-2000)
-Alkent 2000 şantiyesinde taşyünü asma tavan, alçıpan asma tavan, alçıpan duvar, boya, duvar kağıdı, çatı, seramik kaplama, sıva imalatlarını gerçekleştirdi.
-Ritz Carlton İstanbul (Gökkafes) oteli health clup mekanının ince imalatlarında çalıştı.

Ekrem ERK Mimarlık ve İnşaat Ltd.Şti.'de (Teşvikiye) (1998-1999)
-Bebek'te bir Ahşap Konağın Rölöve ve Restorasyon Projelerinin AutoCAD ile çizilmesi
-Adapazarı'nda EGE KİMYA Holdinge ait fabrika binalarının Tasarımı, Uygulama Projelerenin çizilmesi Metrajlarının çıkartılması ve Uygulamasının takibi.