

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ

ŞEKİL LİSTESİ

SEMBOL LİSTESİ

UYGULAMA LİSTESİ

GİRİŞ..... 1

1. BÖLÜM:

SES İLE İLGİLİ BÜYÜKLÜKLER 3

1.1. Dalga Hareketi..... 3

1.2. Frekans 4

1.2.1. Oktav Bantlar 7

1.3. Dalga Boyu 9

1.4. Periyot 10

1.5. Genlik..... 10

1.6. Sesin Hızı 11

1.7. Ses Şiddeti 11

1.8. Ses Basıncı 14

1.8.1. Desibel ile toplama, çıkartma yapmak ve ortalama almak 18

1.8.2. Ses Düzeyi 21

1.9. Ses Yüksekliği Düzeyi 24

1.10. Ses Yüksekliği 26

1.11. Bölüm Kaynakları 32

2. BÖLÜM :

SERBEST ALANDA SESİN YAYILMASI 35

2.1 Sesin Açık Alanda (Serbest Alanda) Yayılması

Koşullarında Kaynağın Özellikleri 36

2.1.1. Nokta Kaynak..... 36

2.1.2. Çizgi Kaynak 38

2.1.3. Düzlem Kaynak 40

2.2. Sesin Yayılmasında Uzaklık Faktörünün Etkisi 40

2.3. Sesin Yayılmasında Sınırlı Yol Görüş Faktörünün Etkisi 42

2.4. Sesin Yayılmasında Meteorolojik Faktörlerin Etkisi...	42
2.4.1. Rüzgârın Etkisi	42
2.4.2. Sıcaklık Değişimleri Etkisi.....	45
2.5. Sesin Yayılmasında Havanın Yutuculuk Faktörünün Etkisi	48
2.5.1. Geleneksel emme	48
2.5.2. Moleküler Emme.....	48
2.6. Sesin Yayılmasında Zemin Faktörünün Etkisi	50
2.7. Akustik Gölge Bölgelerinin Oluşumu	54
2.7.1. Meteorolojik ve Zemin Faktörleri Nedeniyle Ses Basınç Düzeyindeki Aşırı Azaltımın Elde Edilmesi	56
2.7.2. Süreçte Etkili Olan Parametreler.....	62
2.8. Sesin Yayılmasında Engel Faktörünün Etkisi	76
2.8.1. Bitkilendirme İle Gürültünün Azaltımı.....	78
2.8.2. Toprak Tümseklerle Gürültünün Azaltılması.....	78
2.8.3. Serbest Alanda İnce Duvar Engellerle Gürültü Azalımı ...	80
2.8.3.1. Sınırsız Uzunlukta Engel Azaltımı	80
2.8.3.2. Sınırlı Uzunlukta Engel Azaltımı	83
2.8.4. Serbest Alan için Yapılan Gürültü Engel Tasarımları	95
2.9. Kendinden Korumalı Bina Formları, Balkonlar ve Konsol Çıkımlar.....	116
2.9.1. Kendinden Korumalı Bina Formları.....	116
2.9.2. Balkonlar ve Konsol Çıkımlar	116
2.10. Bölüm Kaynakları	117
 3. BÖLÜM:	
KAPALI MEKÂNLARDA SESİN YAYILMASI	121
3.1. Sesin Yansıması.....	122
3.2. Sesin Yutulması	125
3.3. Sesin Yayılması (Saçılması)	127
3.4. Sesin Kırılması.....	129
3.5. Çınlama Süresi.....	130
3.6. Oda Modları	139
3.7. Eko	140
3.7.1. Eko Kontrolü	142
3.7.2. Tavan Şekilleri.....	142
3.7.3. Arka ve Yan Duvar Şekilleri.....	143
3.8. Sesin Odaklanması	144
3.9. Bozulma	147

3.10. Ses Gölgeleeri	147
3.11. Fısıldayan Galeri	149
3.12. Işın – Diyagram Analizi	150
3.12.1. Yansımış Sesin Yayılımı.....	150
3.12.2. Işın – Diyagram Analizi.....	150
3.13. Bölüm Kaynakları	186

4. BÖLÜM:

GÜRÜLTÜNÜN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ, GÜRÜLTÜ GÖSTERGELERİ VE KRİTERLERİ..... 191

4.1. Gürültünün İnsan Üzerindeki Etkileri ve

Sınıflandırılması.....191

4.1.1. Gürültüye Bağlı İşitme Bozukluğu.....	192
4.1.2. Konuşmanın Engellenmesi	193
4.1.3. Gürültünün Uyku Üzerindeki Etkileri	194
4.1.4. Gürültünün Kardiyovasküler ve Fizyolojik Etkileri	196
4.1.5. Gürültünün Ruh Sağlığı Üzerindeki Etkileri	197
4.1.6. Gürültünün İş Performansı Üzerindeki Etkileri.....	198
4.1.7. Gürültüsünün Konut Alanlarındaki Genel Davranış ve Rahatsızlık Üzerindeki Etkileri	199
4.1.8. Gürültülerin Sınıflandırılması	200

4.2. Çevre Gürültüsü Göstergeleri ve Kapalı Mekân

Kriterleri202

4.2.1. Çevre Gürültüsü Göstergeleri	202
4.2.1.1. A-Ölçümlü Ses Basınç Düzeyi.....	203
4.2.1.2. C-Ölçümlü Ses Basınç Düzeyi.....	203
4.2.1.3. D-Ölçümlü Ses Basınç Düzeyi	204
4.2.1.4. Algılanan Ses Düzeyi (PNL).....	204
4.2.1.5. Eşdeğer Sürekli Gürültü Düzeyi (L_{eq})	207
4.2.1.6. Gündüz-Gece Gürültü Düzeyi (L_{dn})	210
4.2.1.7. Gürültü Kirliliği Düzeyi.....	213
4.2.1.8. Trafik Gürültüsü İndeksi	214
4.2.1.9. Aşma Seviyeleri (L_n).....	214
4.2.1.10. Ses Etkileme Düzeyi Kriteri (SEL):	214
4.2.2. Kapalı Mekanlarda Ses Kriterleri	215
4.2.2.1. Gürültü Ölçütü (NC).....	215
4.2.2.2. Tercih Edilen Gürültü Ölçütü (PNC)	219
4.2.2.3. Oda Kriteri Eğrileri (RC Eğrileri)	220
4.2.2.4. Gürültü Sınıflandırma Ölçütü (NR)	223

4.2.2.5. Dengelenmiş Gürültü Kriteri.....	225
4.2.2.6. Konuşma Girişim Düzeyi.....	231
4.2.3. Endüstride Duyma Hasarı Riski ile İlgili Kriterler	232
4.3. Gürültü ile İlgili Uluslararası Kuruluşlar.....	234
4.3.1. Çevre Koruma Kurumu (EPA).....	234
4.3.2. Konut ve Şehir Gelişme Bölümü (HUD)	234
4.3.3. Federal Karayolu Kurulu (FHWA).....	236
4.3.4. Federal Havacılık Kurulu (FAA).....	236
4.3.5. Federal Transit Kurulu (FTA)	236
4.3.6. Mesleki Güvenlik ve Sağlık Anlaşması (OSHA)	237
4.4. Çevre Göstergelerinin Ölçülmesi ve Statejik	
Gürültü Haritaları: Atatürk Hava Alanı Uygulaması	
Örneği	239
4.4.1. Uçağın Değişik Konumlarında Oluşan Gürültünün	
İncelenmesi.....	239
4.4.1.1. Uçağın Zemindeki Çalışması Sırasında Oluşan	
Gürültünün İncelenmesi	239
4.4.1.2. Uçağın Kalkış ve Tepe üstü Uçuşları Sırasında	
Oluşan Gürültünün İncelenmesi	240
4.4.1.3. Uçağın İnişi Sırasında Oluşan Gürültünün	
İncelenmesi	240
4.4.2. Gürültü Ölçme Çalışmalarında Uyulması Gereken	
Standartlar, Koşullar ve Ölçüm Sistemleri.....	242
4.4.2.1. Gürültü Ölçme Çalışmalarında Uyulması	
Gereken Standartlar ve Koşullar	243
4.4.2.2. Gürültü Ölçme Sistemleri.....	244
4.4.3. Atatürk Havaalanı Çevresinde Uçak Gürültü	
Ölçümleri	245
4.4.3.1. Uçakların Kalkış Zamanları Sırasında Oluşan	
Gürültünün Ölçülmesi.....	245
4.4.3.1.1. Deneysel Çalışma Sonucunda Elde	
Edilen Sonuçlar	261
4.4.3.2. Uçağın Kalkış ve Tepe Üstü Uçuşları Sırasında	
Oluşan Gürültünün İncelenmesi	273
4.5. Bölüm Kaynakları	282

5. BÖLÜM:	
YAPI ELEMANLARINDA HAVA DOĞUŞLU SESİN	
YAYILMASI VE DENETİMİ.....	287
5.1. Sesin Binada Yayılma Yolları, Sesin Yalıtımı ve	
Emilmesi Arasındaki İlişki	287
5.1.1. Seslerin Yayılma Yollarına Göre Sınıflandırılması	287
5.1.2. Sesin Yalıtımı ile Sesin Emilmesi Arasındaki İlişki	290
5.2. Tek Tabakalı Yapı Elemanlarında Hava Doğuşlu	
Sesin Yayılması.....	291
5.2.1. Düşük Frekanslarda Ses Dalgasının Yayılması	294
5.2.2. Orta Frekanslarda Ses Dalgasının Yayılması	296
5.2.2.1. Sertlik Etkisi ve Kütle Kanunu	300
5.2.3. Yüksek Frekanslarda Ses Dalgasının Yayılması.....	302
5.2.3.1. Panelin Kalınlığı ve Çakışma Etkisi	303
5.2.3.2. Yapı Malzemesinin Titreşim Emiciliği ve	
Kritik Frekans Etkisi.....	306
5.3. İki Tabakalı Yapı Elemanlarında Sesin Yayılması	308
5.3.1. İki Tabakalı Yapı Elemanlarında Sesin Yayılması	308
5.3.1.1. Düşük Frekans Bölgesinde Sesin Yayılması.....	308
5.3.1.2. Orta Frekans Bölgesinde Sesin Yayılması	308
5.3.1.3. Yüksek Frekans Bölgesinde Sesin Yayılması	308
5.3.2. Yapı Konstrüksiyonunun Tabakalarını Ayırmanın	
Önemi.....	311
5.3.2.1. Geniş Boşluk Derinliğinin Önemi.....	311
5.3.2.2. Boşlukta Gözenekli Ses Yutucu Malzeme	
Kullanmanın Önemi.....	312
5.3.2.3. Boşluklu Yalıtımın Yoğunluğu	312
5.3.2.4. Yapı Tabakalarının Birbirinden Farklı	
Olmasının Önemi	313
5.4. Üç Ya Da Daha Fazla Tabakalı Yapı	
Elemanlarında Sesin Yayılması	319
5.4.1. Sandviç Panellerde Sesin Yayılması	319
5.4.1.1. İki Katmanlı Sandviç Panellerde Sesin	
Yayılması	319
5.4.1.2. Üç Katmanlı Sandviç Panellerde Sesin	
Yayılması	319
5.4.2. Ses Delikleri	322
5.4.2.1. Sesi Dolaylı Olarak İleten Geçişlerin	
Engellenmesi	322

5.4.2.2. Ses Deliklerinin TL Üzerindeki Etkisi	322
5.5. Kompozit Duvarlardan Sesin Yayılması.....	323
5.6. İki Mekan Arasındaki Ses Azaltımı, İç ve Dış Gürültü Etkileri	324
5.6.1. İki Hacim Arasındaki Ses Seviyesi Farkı.....	325
5.6.2. İç Gürültünün Dış Gürültüye Etkisi.....	325
5.6.3. Dış Gürültünün İç Gürültüye Etkisi.....	325
5.6.4. Ses Azaltımı ve Sesin Maskelenmesi	334
5.7. Çeşitli Duvar Konstrüksiyonlarında Hava Doğuşlu Seslerin Yalıtımı	352
5.7.1. Betonarme Duvar ve Döşemelerde Sesin Yalıtımı	352
5.7.2. Tek Tabakalı Yığma Duvarlarda Sesin Yalıtımı	353
5.7.3. Çift Tabakalı Yığma Duvarlarda Sesin Yalıtımı	354
5.7.4. Kaplamalı Yığma Duvarlarda Sesin Yalıtımı.....	355
5.7.5. Ses Yalıtımı Açısından Duvar Konstrüksiyonlarının İyileştirilmesi	355
5.7.5.1. Ses Yalıtımı Açısından Tek Tabakalı Duvar Uygulamalarında İyileştirme	355
5.7.5.2. Ses Yalıtımı Açısından Çift Tabakalı Duvar Uygulamalarında İyileştirme	363
5.7.5.3. Ses Yalıtımı Açısından Alçı Panellerden Yapılan Çok Tabakalı Duvar Uygulamalarında İyileştirme	363
5.8. Ses Geçiş Kaybının Laboratuvarda Ölçülmesi	369
5.8.1. STC Ölçümlendirme Sistemi.....	373
5.9. EN Standartlarına Göre Odalar Arasındaki Hava Doğuşlu Sesin Yalıtımı	394
5.9.1. Bina Elemanı Performansını Anlatmak için Kullanılan Büyüklükler	394
5.9.1.1. Görünen Ses Azalma İndeksi, R'	394
5.9.1.2. Standartlaştırılmış Ses Seviye Farkı, D_{nT}	394
5.9.1.3. Normalleştirilmiş Ses Seviye Farkı, D_n	395
5.9.2. Yapı Elemanın Performansını Değerlendirebilmek için Kullanılan Büyüklükler.....	395
5.9.2.1. Ses Azalma İndeksi, R	396
5.9.2.2. Yapı Elemanın Normalleştirilmiş Ses Seviye Farkı, $D_{n,e}$	395
5.10. EN ve ISO Standartlarına Göre Hava Doğuşlu Dış Gürültünün Yalıtımı.....	396
5.10.1. EN Standartlarına Göre Bina Performansını	

Anlatmak İçin Kullanılan Büyüklükler.....	397
5.10.1.1. Görünen Ses Azalma İndeksi, R'_{45°	397
5.10.1.2. Görünen Ses Azalma İndeksi, $R'_{tr,S}$	397
5.10.1.3. Standartlaştırılmış Ses Seviye Farkı, $D_{2m,n,T}$	398
5.10.1.4. Normalleştirilmiş Ses Seviye Farkı, $D_{2m,n}$	398
5.10.2. EN Standartlarına Göre Yapı Elemanı	
Performansını Gösteren Değerler	399
5.10.2.1. Ses Azalma İndeksi, R	399
5.10.2.2. Elemanın Normalleştirilmiş Ses Seviye Farkı, $D_{n,E}$	399
5.10.3. ISO 717-1 Standardına Göre Hava ile Yayılan Sesin Yalıtımının Değerlendirilmesinde Tek Sayılı Büyüklüğün Hesaplanması	399
5.10.3.1. Hava ile Yayılan Sesin Yalıtımı için Tek Sayılı Büyüklük.....	399
5.10.3.2. Spektrum Adaptasyon Büyüklükleri.....	401
5.10.3.3. Tek Sayılı Büyüklüklerin Değerlendirilmesi için İşlem	401
5.10.3.4. Referans Değerler	402
5.10.3.5. Ses Spektrumları	404
5.10.3.6. Karşılaştırma Metodu	405
5.10.3.7. Spektrum Adaptasyon Büyüklüklerinin Hesaplanması.....	405
5.10.3.8. Sonuçların Gösterilmesi	408
5.10.4. Ek Katmanlar ile Ses Azaltım İndeksinin Geliştirilmesi, ΔR	410
5.11. Bazı Avrupa Ülkelerinde ve Türkiye’de Ses Yalıtım Yönetmelikleri ve Standartları	412
5.11.1. Bazı Avrupa Ülkelerinde Ses Yalıtım Yönetmelikleri ve Standartları	412
5.11.2. Türkiye’de Ses Yalıtım Yönetmelikleri ve Standartları..	415
5.12. Bölüm Kaynakları	419
 6. BÖLÜM:	
KATI DOĞUŞLU SESİN YAYILMASI VE DENETİMİ	423
6.1. Katı Doğuşlu Sesin Oluşması	423
6.2. Yumuşak Esnek Yüzeyler	425
6.3. Yüzer Döşemeler	425
6.3.1. Yüzer Döşemelerin Ses Yalıtımları	426

6.3.2. Yüzer Döşeme Tipleri	429
6.3.2.1. Betonarme Döşeme Üzerine Yüzer Döşemeler	429
6.3.2.2. Ahşap Döşeme Üzerine Yüzer Döşemeler	436
6.3.2.3. Darbe Doğuşlu Gürültü Yalıtımı için Tavan Döşeme Konstrüksiyonları	437
6.3.3. Devam Etmeyen Yapılar	438
6.4. Asma Tavanlar	439
6.5. Katı Doğuşlu Sesin Ölçülmesi	443
6.5.1. Laboratuvar Ölçümleri	443
6.5.2. Yerinde Yapılan Ölçümler	444
6.5.3. Avrupa Birliği Standartları EN 12354-1 Bölüm 2: Odalar Arasında Darbe Sesinin Yalıtılması	444
6.5.3.1. Bina Performansını Anlatmak için Kullanılan Nicelikler	444
6.5.3.1.1. Normalleştirilmiş Darbe Sesi Basınç Seviyesi L'_n	444
6.5.3.1.2. Standartlaştırılmış Darbe Sesi Basınç Seviyesi L'_{nT}	445
6.5.3.2. Elemanın Performansını Değerlendirmek için Kullanılan Büyüklükler	445
6.5.3.2.1. Normalleştirilmiş Darbe Sesi Basınç Seviyesi L_n	445
6.5.4. Yapı Elemanlarının Değerlendirilmesi	447
6.6. Bölüm Kaynakları	451

7. BÖLÜM:

PENCERE VE KAPILARIN SES YALITIMI	453
7.1. Pencere ve Kapıların Ses Yalıtımları	453
7.1.1. Çift Camlı Pencere ve Kapılar	453
7.1.2. Boşluktaki Titreşimin Normal Modları	454
7.1.3. Rastlantı Etkisi	455
7.1.4. Hava Akımının Kontrolü	456
7.1.5. Cam Kalınlığı, Tek Cam, Çift Cam ve Lamine Cam Kullanımı	456
7.1.6. Pencerenin İç Kesiminin Ses Yutucu Malzemeyle Kaplanması	458
7.1.7. Açılan Pencere ve Kapıların Ses Yalıtımları	459
7.1.8. Pencere ve Kapıların Ses Yalıtımlarının İyileştirilmesi	459
7.1.9. Pencere ve Kapıların Yalıtım Değerleri, R_w	460

7.2. Kapıların Ses Yalıtımları	462
7.2.1. Ses Yalıtımı Sağlayan Kapılar	462
7.2.2. Kapılarda Ses Sızıntıları	463
7.2.3. Kapıların Ses Yalıtım Değerleri	463
7.3. Bölüm Kaynakları	465
8. BÖLÜM:	
SES EMİCİ MALZEMELER VE UYGULAMALARI	467
8.1. Ses Nasıl Emilir?	467
8.2. Emiciliğe Tesir Eden Faktörler	470
8.3. Malzemenin Seçimi	471
8.4. Ses Yutucu Malzemelerin Sınıflandırılması	472
8.4.1. Gözenekli Malzemeler	472
8.4.1.1. Prefabrike Akustik Üniteleri.....	473
8.4.1.2. Akustik Sıvalar ve Sprey Püskürtücüler	474
8.4.1.3. Akustik Yalıtım Örtüler	475
8.4.1.4. Halı ve Kumaşlar	475
8.4.2. Panel (ya da Zar Benzeri) Yutucular	476
8.4.3. Boşluk ya da Helmholtz Rezonatörleri	476
8.4.3.1. Bireysel Boşluk Rezonatörleri	477
8.4.3.2. Delikli Panel Rezonatörleri	477
8.4.3.3. Yarık Rezonatörler	477
8.4.4. Mekan Yutucuları.....	481
8.4.5. Değişken Yutucular	482
8.5. Ses Yutucu Malzemelerin Montajı ve Sökülmesi	485
8.6. Ses Yutucu Malzemelerin Kullanım Yerleri	486
8.7. Hacim Gürültüsünü Azaltılması	488
8.8. Hacimler için Önerilen Ses Emme İşlemleri	496
8.9. Bölüm Kaynakları	497
9. BÖLÜM:	
KAYNAKLAR	499

