

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SANAYİ YAPILARININ TASARIMINDA GÜRÜLTÜNÜN
BİR ÖLÇÜT OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR
YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ**

Y. Mimar M. Nuri İLGÜREL

**F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında
Hazırlanan**

Tez Savunma Tarihi : 29 Aralık 2009

Tez Danışmanı : Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN (YTÜ)

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ (YTÜ)

Prof. Dr. Ahmet GÜNEY (İTÜ)

Prof. Dr. Zekai GÖRGÜLÜ (YTÜ)

Doç. Dr. Haluk EROL (İTÜ)

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiv
ÖNSÖZ	xxi
ÖZET	xxii
ABSTRACT.....	xxiv
1. GİRİŞ.....	1
2. SANAYİ YAPILARINDA GÜRÜLTÜ ETKENİ ve ETKİLERİ	8
2.1.1 Gürültü kaynaklarının genel özellikleri.....	8
2.1.1.1 Gürültünün doğup yayıldığı ortamlara göre sınıflandırılması.....	8
2.1.2 Sanayi yapılarında gürültü kaynakları.....	13
2.2 Gürültünün Sanayi Çalışanları Üzerindeki Etkileri.....	15
2.2.1 Gürültünün Çalışanlar Üzerindeki Fizyolojik Etkileri	15
2.2.1.1 Sürekli Gürültü Etkisi İle Oluşan Geçici İşitme Kayıpları.....	16
2.2.1.2 Sürekli Gürültü Etkisi İle Oluşan Kalıcı İşitme Kayıpları	17
2.2.1.3 Süreksiz Gürültü Etkisi İle Oluşan Kalıcı İşitme Kayıpları	19
2.2.2 Gürültünün Çalışanlar Üzerindeki Psikolojik Etkileri	19
2.3 Gürültü Etkilenmesini Değerlendirmede Kullanılan NR Eğrileri ve Doz Etkilenmesi.....	20
2.3.1 Çalışanların Gürültüden Etkilenmesinde Doz Kavramı	21
2.4 Sanayi Çalışanlarının Gürültü Etkilenmesi İle İlgili Uluslararası Yasal Düzenlemeler.....	24
2.4.1 Sanayi Çalışanlarının Gürültü ve Titreşim Etkilenmesi İle İlgili Ulusal Yasal Düzenlemeler.....	27
2.4.2 Gürültü Etkeni İle İlgili Diğer Ulusal Yasal Düzenlemeler	29
2.4.2.1 Makinelerin Gürültü Emisyonları İle İlgili Yasal Düzenlemeler.....	29
2.4.2.2 Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY)....	31
3. SANAYİ YAPILARININ TASARIMINDA GÜRÜLTÜ ETKENİ İLE İLGİLİ İLKESEL YAKLAŞIMLAR.....	34
3.1 Sanayi Yapılarının Organize Sanayi Bölgelerinde Planlanması	34
3.2 Sanayi Yapılarının Mimari Tasarım Süreci.....	36
3.2.1 Yapı programının oluşturulması.....	36
3.2.2 İş yeri düzeninin oluşturulması	37
3.3 Sanayi yapısının tasarım aşaması	40
3.4 Planlama – Tasarım – Uygulama Evreleri İle İlgili Yaklaşım Önerileri.....	46
3.5 Gürültü Etkeninin Değerlendirilmesinde Akış Şeması Oluşturulması.....	51
4. SANAYİ YAPILARININ ÜRETİM HACİMLERİNDE GÜRÜLTÜ ETKENİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ İLE İLGİLİ GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇALIŞMALAR	52
4.1 Üretim Hacimlerinde Gürültü Düzeylerinin Önceden Belirlenmesi	52
4.1.1 Kapalı Hacimlerde Kaynak ve Hacme Bağlı Etkenler	52
4.1.2 Üretim Hacimlerinde Gürültü Düzeylerinin Öngörülmesinde Kullanılan Yöntemler.....	56
4.1.3 ODEON Akustik Benzetim Programı’nın Tanıtılması	59
4.2 Kapalı Hacimlerde Gürültünün Azaltılmasında Engellerden Yararlanılması	60
4.2.1 Kapalı Hacimlerde Engel Etkinliğini Belirlemeye Yönelik Kuramsal Çalışmalar.....	64
4.2.2 Yarı Yansız Hacımda Engel Etkinliğini Belirlemeye Yönelik Deneysel Çalışma.....	69

4.2.2.1	Düz Engelin Gürültü Azaltım Etkinliğinin İncelenmesi	74
4.2.2.2	L-Biçimli Engelin Gürültü Azaltım Etkinliğinin İncelenmesi	78
4.2.3	Engel Etkinliği İle İlgili Deneysel Çalışmanın Genel Değerlendirmesi	80
5.	ÜRETİM HACMİNİN TASARIMI İLE İLİŞKİLİ DEĞİŞKENLERİN GÜRÜLTÜ ORTAMINA ETKİSİNİN KURGU HACİM ÜZERİNDE İNCELENMESİ	85
5.1	Sanayi Yapılarının Üretim Hacimleri İçin Gürültü Etkeni ile İlgili Yaklaşımın Oluşturulmasında İzlenen Yöntem	85
5.1.1	Toplam Yutuculuk İle İlgili İncelemeler	92
5.1.2	Bulguların Değerlendirilmesi	102
5.2	Farklı Toplam Yutuculuk Koşullarında Uzaklığa Bağlı Gürültü Düzeyi Azaltımının İncelenmesi	108
5.3	Yüzey Yutuculukları İle İlgili İncelemeler	112
5.4	Kurgu Üretim Hacminde Engel Etkinliği İle İlgili Modellemeler	119
5.5	Engel Etkinliği İle İlgili Modelleme Bulgularının Değerlendirilmesi	122
5.6	Üretim Alanı Büyüklüğü - Gürültü Düzeyleri Dağılımları İlişkisini İnceleyen Modellemeler	134
6.	SANAYİ YAPILARININ ÜRETİM HACİMLERİNDE GÜRÜLTÜ ORTAMININ KABUL EDİLEBİLİR OLMASINDA ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN AŞAMALARI	141
6.1	Üretim Hacminin Gerekli Toplam Yutuculuk Değeri ile İlgili Ölçütün Oluşturulması	143
6.2	Gürültü Kaynağının Engel ile Ayrılması Durumunda Gerekli Toplam Yutuculuk Değeri ile İlgili Ölçütün Oluşturulması	148
7.	ÜRETİM HACİMLERİNDE KABUL EDİLEBİLİR GÜRÜLTÜ ORTAMININ ELDE EDİLMESİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN YAKLAŞIMIN SINANMASI	170
7.1	Engel Kullanılmadan Toplam Yutuculuk Artışı İle Gürültü Düzeylerinin Azaltılması	171
7.1.1	Gerekli Verilerin Oluşturulması	171
7.1.2	Yöntemin Uygulanması	172
7.1.3	Yutuculukların Yüzeylere Atanması	174
7.1.4	Gürültü Düzeyleri Dağılımının (X95) Öngörülmesi	175
7.2	Gürültülü Makinenin Engel İle Ayrılması Durumunda Gerekli Toplam Yutuculuğun Bulunması ve Gürültü Düzeylerinin Öngörülmesi	177
7.2.1	Yöntemin Uygulanması	177
7.2.1.1	Gerekli Toplam Yutuculuğun Belirlenmesi	177
7.2.2	Yutuculukların Yüzeylere Atanması	179
8.	SONUÇ ve DEĞERLENDİRMELER	181
EKLER		202
Ek 1	Yarı yansızlımsız hacimde farklı engel tipleri için akustik ölçüm değerleri	203
Ek 2	Ölçüm sonuçlarının formüle bağlı hesap sonuçlarıyla karşılaştırılması	210
Ek 3	Alçıpan duvar detay çizimleri.	213
Ek 4	ODEON ABP'nin bir hacim örneğinde incelenmesi	215
Ek 5	ODEON ABP'nde akustik modellemelede kullanılan hesaplama parametreleri	217
Ek 6	TY5-TY30-TY55-TY80 toplam yutuculuk koşullarında farklı alıcı noktalarında hesaplanan gürültü düzeyleri	218
Ek 7	Farklı toplam yutuculuk koşulları için istatistiksel gürültü dağılım eğrileri.	234
Ek 8	Farklı toplam yutuculuk koşullarında kaynaktan değişik uzaklıktaki alıcı noktaları için hesaplanan frekansa bağlı düzeyler	238

Ek 9	Farklı çatı ve duvar yutuculuk koşullarında alıcı noktasına bağlı olarak hesaplanan gürültü düzeyleri.....	241
Ek 10	Farklı çatı ve duvar yutuculuk koşulları için istatistiksel gürültü dağılım eğrileri. ...	255
Ek 11	Farklı toplam yutuculuk koşullarında 2,5 m. engel yüksekliği için hesaplanan gürültü düzeyleri.....	259
Ek 12	Farklı toplam yutuculuk koşullarında 3,5 m. engel yüksekliği için hesaplanan gürültü düzeyleri.....	266
Ek 13	Engelli koşul için alıcı noktalarına (R1-R9) göre gerekli toplam yutuculuk değerleri.....	274
Ek 14	Engel yüksekliği 1m arttırıldığında gerekli toplam yutucukta sağlanabilen azaltım değerleri (2,5m – 3,5m.).....	279
Ek 15	Engelin akustik gölge bölgesinde gürültü düzeylerinin belirlenmesi için alıcı noktalarına bağlı grafikler	284
Ek 16	Farklı ses yutma karakteristiğinde ses yutucu gereç örnekleri.....	293
Ek 17	Ses gücü düzeylerine bağlı olarak frekans ölçeğinde gereksinim duyulan toplam yutuculuk değerleri.....	296

KISALTMA LİSTESİ	
ABP	Akustik Benzetim Programı
ÇGDYY	Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
ÇOB	Çevre ve Orman Bakanlığı
ÇSGB	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
GY	Gürütü Yönetmeliği
ISO	International Organization for Standardization
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
OSHA	Occupational Safety and Health Act
SGD	Ses Gücü Düzeyi
TY	Titreşim Yönetmeliği
YYH	Yarı Yansız Hacı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Gürültü kaynaklarının yerleşim durumuna göre	10
Şekil 2.2 Birbirinden ayrı özellik gösteren gürültü tayfı modelleri.	11
Şekil 2.3 Gürültü kaynaklarının yansıtıcı yüzeylerle olan ilişkisine göre doğrultululuk özellikleri (Irwin, Grafer, 1979)	12
Şekil 2.5 Sanayi yapılarındaki gürültü kaynaklarının şematik gösterimi. (Şerefhanoglu Sözen, İlgürel 2005)	15
Şekil 2.6 4000 Hz’de ortaya çıkan geçici işitme eşiği değişimine bir örnek.	17
Şekil 2.7 Dokumacı kadınlar arasında çalışma süresine ve frekansa bağlı ortalama işitme kaybı değerleri (Sanders, McCormick, 1987)	18
Şekil 2.8 NR (Noise Rating) Eğrileri (ISO 1980; Şerefhanoglu, 1987).....	21
Şekil 2.9 Etkilenilen gürültü dozunun etkilenme süresi ve eşdeğer sürekli gürültü düzeyi parametresine bağlı olarak bulunması. (Cyril, Marsh, William,1998).....	23
Şekil 3.1Kentsel ölçekte organize sanayi bölgelerinin planlanması.(İlgürel, 2004).....	35
Şekil 3.2Bir sanayi yapısında temel ilişkiler.....	37
Şekil 3.3 Sanayi yapılarının arsa üzerinde yerleşiminde iki temel yaklaşım. (Şerefhanoglu Sözen, 2004)	41
Şekil 3.4 Üretim – sosyal – yönetim işlevlerinin aynı yapılarda planlanması.(Şerefhanoglu Sözen, 2004)	43
Şekil 3.5 Yönetimle ilgili işlevlerin ayrı yapıda planlanması. (Şerefhanoglu Sözen, 2004) ...	43
Şekil 3.6 Yönetim ve sosyal işlevlerin bağımsız yapılarda planlanması. (İlgürel, 2004).....	44
Şekil 3.7 Yönetim – sosyal işlevlerin üretim hacminden bağımsız bir arada planlanması. (servis hacimleri üretim yapısında) (İlgürel, 2004)	44
Şekil 3.8 Yönetim ve sosyal işlevlerin üretim hacminden ayrı bağımsız yapı / yapılarda toplanması. (Şerefhanoglu Sözen, 2004)	45
Şekil 3.9 Yönetim ve sosyal alanların üretim hacmi ile organik ilişkisinin kurulması(Şerefhanoglu Sözen, 2004)	45
Şekil 3.10 Sanayi yapılarında yerleşimin planlanmasında gürültü etkenin değerlendirilmesi. (İlgürel, 2004).....	46
Şekil 3.11 Sanayi yapılarının arsa yerleşiminde belirleyici etkenlerin değerlendirilmesi. (Şerefhanoglu Sözen, 2004)	47
Şekil 3.12 Yönetim – sosyal birimlerin yapı içindeki farklı yerleşim durumları (Şerefhanoglu Sözen, 2004)	48
Şekil 3.13 Yönetim – sosyal birimlerin yapı dışındaki yerleşim durumu (İlgürel, 2004).....	49

Şekil 3.14 Üretim alanının planlanmasında gürültü ve titreşimle ilgili önlemler.(İlgürel, 2004)	50
Şekil 3.15 Gürültü etkeninin sistematik değerlendirilmesinde akış şeması. (İlgürel, 2004)....	51
Şekil 4.1 20° C için bağıl neme bağlı ‘m’ katsayısının değişik frekanslar için değerleri. (Cyril, H.,(Ed), Marsh, William, 1998).....	54
Şekil 4.2 Kaynaktan uzaklığa bağlı olarak hacim sabiti değişkenine (R) bağlı ses basınç düzeyi – ses gücü düzeyi ayrımları(Irvine, Richards, 1979)	55
Şekil 4.3 Toplam yutuculuk artışıyla birlikte kritik uzaklık sınırının genişlemesi ve toplam ses düzeyindeki azalmalar. (Crocker, Kessler, 1982).....	56
Şekil 4.4 Üretim hacimlerinde engelin akustik gölge bölgesinde oluşan toplam sesin bileşenleri (İlgürel, 2009)	66
Şekil 4.5 Gürültü engellerinde farklı başlık uygulamaları (Japonya). Boyutlar (mm). (a–d) Yutuculuk ile azaltım, (e–i) Girişim ile azaltım, (j–k) rezonans ile azaltım ve (l) aktif denetim ile azaltım. (Okubo, Yamamoto, 2006).....	67
Şekil 4.6 Tipik bir gürültü engelinde kaynak-alıcı yol ayrımları ve etkin yükseklik.....	68
Şekil 4.7 YYH’de engelsiz koşulda ölçme düzeneği planı	71
Şekil 4.8 YYH’de I-tipi engel koşulunda ölçme düzeneği planı.....	72
Şekil 4.9 YYH’de L-engelli koşulda ölçme düzeneği planı.....	72
Şekil 4.10 YYH’de kaynak ve alıcı ölçüm noktaları	73
Şekil 4.11 İTÜ OTAM YYH’de engelsiz durumda ölçme düzeneği	73
Şekil 4.12 İTÜ OTAM YYH’de oluşturulan engel ve alıcılar	73
Şekil 4.13 R1 – R7 ölçüm akslarında yalıtımlı ve yalıtımsız düz engelin sağladığı gürültü azaltım değerlerinin karşılaştırılması.....	76
Şekil 4.14 R1 ölçüm aksında H1 ve H2 kotlarında yalıtımsız / yalıtımlı engel koşullarında gürültü azaltım değerlerinin frekans dağılımları.	77
Şekil 4.15 R1 – R7 ölçüm akslarında yalıtımlı ve yalıtımsız L engelin sağladığı gürültü azaltım değerlerinin karşılaştırılması.....	79
Şekil 4.16 Düz, yalıtımlı düz ve L-tipi engellerin etkinliklerinin alıcı noktasına bağlı olarak karşılaştırılması.....	79
Şekil 4.17 R1 ölçüm aksında H1 ve H2 kotlarında yalıtımsız / yalıtımlı engel koşullarında gürültü azaltım değerlerinin frekans dağılımları.	80
Şekil 5.1 Akustik modellemelerde kullanılan üretim alanı ile ilgili A, B, C, D yerleşim biçimleri.....	88
Şekil 5.2 Kurgu üretim hacmi planı.	91
Şekil 5.3 Kurgu üretim hacmi enine kesiti (B-B).....	91

Şekil 5.4 A-tipi yerleşim planında R1-R12 alıcı noktaları için, A-ağırlıklı toplam düzeyler ve toplam yutuculuk değişimlerine bağlı gürültü azaltım değerleri.....	93
Şekil 5.5 B-tipi yerleşim planında R1-R12 alıcı noktaları için, A-ağırlıklı toplam düzeyler ve toplam yutuculuk değişimlerine bağlı gürültü azaltım değerleri.....	93
Şekil 5.6 C-tipi yerleşim planında R1-R12 alıcı noktaları için, A-ağırlıklı toplam düzeyler ve toplam yutuculuk değişimlerine bağlı gürültü azaltım değerleri.....	94
Şekil 5.7 D-tipi yerleşim planında R1-R12 alıcı noktaları için, A-ağırlıklı toplam düzeyler ve toplam yutuculuk değişimlerine bağlı gürültü azaltım değerleri.....	94
Şekil 5.8 Gürültü kaynaklarının üretim alanındaki yerleşim durumlarına göre A-B-C-D yerleşim düzenleri.....	95
Şekil 5.9 A-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında elde edilen A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları.....	96
Şekil 5.10B-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında elde edilen A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları.....	97
Şekil 5.11 C-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında elde edilen A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları.....	98
Şekil 5.12 D-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında elde edilen A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları.....	99
Şekil 5.13 Farklı toplam yutuculuklarda yerleşim tipine ve noktaya bağlı gürültü azaltım değerleri ve min,, ort,, maks. azaltım eğrileri.....	100
Şekil 5.14 A-B-C-D yerleşim tiplerinde frekansa göre toplam yutuculuk artışına bağlı ortalama gürültü azaltım değerleri.(X50 parametresi)	101
Şekil 5.15 A-tipi yerleşim planında frekansa göre toplam yutuculuk artışına bağlı gürültü azaltım değerleri	102
Şekil 5.16 Farklı yerleşim tiplerinde üretim alanında gürültü düzeyi dağılımları ayrımını veren X(90)-X(10) değerlerinin toplam yutuculuğa bağlı değişimleri.....	104
Şekil 5.17 Farklı yerleşim tiplerinde ortalama gürültü düzeyleri açısından azaltım eğrileri.	105
Şekil 5.18 Toplam yutuculuk artışına bağlı gürültü azaltım değerlerinin hesaplanmasında kullanılan kaynak ve değişik uzaklıktaki alıcılar.	108
Şekil 5.19 Farklı toplam yutuculuk koşullarında R1-R5 alıcı noktalarında hesaplanan düzeyler.	110
Şekil 5.20 Farklı toplam yutuculuk koşullarında alıcı notasına bağlı olarak hesaplanan düzeylerin frekans dağılımları.	111
Şekil 5.21 A-tipi yerleşim düzeninde farklı çatı yutuculuklarının uygulanması durumunda	

elde edilen gürültü haritaları.....	115
Şekil 5.22 A-tipi yerleşim düzeninde farklı duvar yutuculuklarının uygulanması durumunda elde edilen gürültü haritaları.....	116
Şekil 5.23 B-tipi yerleşim düzeninde farklı çatı yutuculuklarının uygulanması durumunda elde edilen gürültü haritaları.	117
Şekil 5.24 B-tipi yerleşim düzeninde farklı duvar yutuculuklarının uygulanması durumunda elde edilen gürültü haritaları.....	118
Şekil 5.25 Kurgu üretim hacminde oluşturulan engel ve kaynak aksında 5'er m aralıklarla yerleştirilen alıcı noktaları.	120
Şekil 5.26 2, 50 m engel yüksekliği ve TY5: 0,05; TY30: 0,30; TY55: 0,55; TY80: 0,80 toplam yutuculuk koşulları için sağlanabilen gürültü azaltım değerleri.....	123
Şekil 5.27 2, 50 m engel yüksekliği ve TY5: 0,05; TY30: 0,30; TY55: 0,55; TY80: 0,80 toplam yutuculuk koşulları için engel gürültü azaltım değerleri.....	123
Şekil 5.28 3, 50 m engel yüksekliği ve TY5: 0,05; TY30: 0,30; TY55: 0,55; TY80: 0,80 toplam yutuculuk koşulları için engel gürültü azaltım değerleri.....	124
Şekil 5.29 H1, H2 ve H3 yüksekliğinde taban alanları 30 m x 60 m olan eşit hacimler.	125
Şekil 5.30 Toplam yutuculuk fonksiyonunda hava hacmine bağlı gürültü azaltım değerleri.	129
Şekil 5.31 Hacim fonksiyonunda toplam yutuculuğa bağlı gürültü azaltım değerleri.....	133
Şekil 5.32 S1; S2; S3 üretim alanlarının TY30 ortalama yutuculuk koşulunda elde edilen gürültü düzeyi dağılımları.	138
Şekil 5.33 63-125-250-500 Hz için toplam yutuculuk fonksiyonunda üretim alanı büyüklüğüne bağlı düzeltme değerleri.	139
Şekil 5.34. 1-2-4-8 KHz için toplam yutuculuk fonksiyonunda üretim alanı büyüklüğüne bağlı düzeltme değerleri.	140
Şekil 6.1 Üretim hacimlerinde kabul edilebilir gürültü düzeylerinin elde edilmesinde önerilen yaklaşımın aşamaları	142
Şekil 6.2 Düzey – toplam yutuculuk ilişkisinin tanımlandığı analitik düzlem.	144
Şekil 6.3 Gürültü kaynaklarının frekans ölçeğinde toplam ses gücü düzeyi değerlerinden gerekli (optimum) toplam yutuculuğun belirlenmesinde gerekli ölçütlerin oluşturulması.	145
Şekil 6.4 Gürültü kaynaklarının toplam ses gücü düzeylerine göre frekansa bağlı gerekli toplam yutuculukların bulunması	146
Şekil 6.5 Hacim büyüklüğüne bağlı düzeltme değerleri	146
Şekil 6.6 Yeterli engel etkinliği için gerekli (optimum) toplam yutuculuğun belirlenmesinde	

gerekli ölçütlerin oluşturulması.....	150
Şekil 6.7 63 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri.....	151
Şekil 6.8 125 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri.....	152
Şekil 6.9 250 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri.....	152
Şekil 6.10 500 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri.....	153
Şekil 6.11 1000 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri.....	153
Şekil 6.12 2000 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri.....	154
Şekil 6.13 4000 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri.....	154
Şekil 6.14 8000 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri.....	155
Şekil 6.15 X(95) dağılım parametresine göre gürültü düzeylerinin belirlenmesi için gerekli ölçütlerin oluşturulması.....	157
Şekil 6.16 A-tipi makine yerleşimi ve duvar yutuculuğu için öngörülen X(95) gürültü düzeyi dağılım parametreleri.....	158
Şekil 6.17 A-tipi makine yerleşimi ve çatı yutuculuğu için öngörülen X(95) gürültü düzeyi dağılım parametreleri.....	158
Şekil 6.18 B-tipi makine yerleşimi ve duvar yutuculuğu için öngörülen X(95) gürültü düzeyi dağılım parametreleri.....	159
Şekil 6.19 B-tipi makine yerleşimi ve çatı yutuculuğu için öngörülen X(95) gürültü düzeyi dağılım parametreleri.....	159
Şekil 6.20 Engelin akustik gölge bölgesinde gürültü düzeylerinin öngörülmesi için gerekli ölçütlerin oluşturulması.....	161
Şekil 6.21 63 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri	162
Şekil 6.22 125 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri	162
Şekil 6.23 250 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri	163
Şekil 6.24 500 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri	163
Şekil 6.25 1000 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri	164

Şekil 6.26 2000 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri	164
Şekil 6.27 4000 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri	165
Şekil 6.28 8000 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri	165
Şekil 6.29 63 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri	166
Şekil 6.30 125 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri	166
Şekil 6.31 250 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri	167
Şekil 6.32 500 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri	167
Şekil 6.33 1000 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri	168
Şekil 6.34 2000 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri	168
Şekil 6.35 4000 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri	169
Şekil 6.36 8000 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri	169
Şekil 7.0.1 Radyatör fabrikası üretim hacmi planı ve ölçülen A-ağırlıklı toplam ses düzeyleri.	172
Şekil 7.0.2 Ses gücü düzeyi değerlerine karşılık gelen toplam yutuculuk değerlerinin bulunması.....	173
Şekil 7.0.3 Havanın yutuculuğu ile ilgili düzeltme değerlerinin bulunması.....	174
Şekil 7.0.4 Radyatör fabrikası üretim hacmi akustik modelinde makinelerin yerleşimi	176
Şekil 7.0.5 Radyatör fabrikası üretim hacmi modelinde ek-yutucu elemanlar	176
Şekil 7.0.6 Radyatör fabrikası makine yerleşim planı.	177
Şekil 7.7 500 Hz için gerekli toplam yutuculuğun bulunması.....	178
Şekil 7.1 Üretim hacimlerinin tasarım aşamasında gürültü etkeni ile ilgili önerilen yaklaşımın uygulanması ile ilgili akış şeması.....	185
Şekil Ek 1 1 Farklı engel tipleri için alıcı noktalarına bağlı A-ağırlıklı gürültü düzeyi ölçüm değerleri	209
Şekil Ek 2 1 Alıcı noktalarında frekansa bağlı olarak formül ve ölçüm değerleri arasında ortaya çıkan ayrımlar	212
Şekil Ek 3 1 L-tipi engel yatay kesit	213
Şekil Ek 3 2 I-tipi engel yatay kesit	213
Şekil Ek 3 3 I ve L tipi engel için düşey kesit.....	214
Şekil Ek 4 1 Deneysel çalışma, alet yerleşimi ölçüm noktalarını gösteren plan.....	215
Şekil Ek 4 2 Aletin ölçüm ortamında yerleşimi	216
Şekil Ek 4 3 Deneysel çalışma kapsamında ölçülen ve ODEON ABP'nda alıcı noktalarına göre hesaplanan ses basınç düzeyleri	216
Şekil Ek 4 4 Deneysel çalışma kapsamında ölçülen ve ODEON ABP'nda hazırlanan modelde hesaplanan ses basınç seviyelerinin frekansa göre düzeyleri	216

Şekil Ek 5 1 Akustik modellemelerde kullanılan Room Setup ayarları.....	217
Şekil Ek 5 2 Sanal gürültü kaynakları için ses gücü düzeyi değerlerinin girilmesi	217
Şekil Ek 7 1 A-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları için elde edilen istatistiksel değerlendirme sonuçları.....	234
Şekil Ek 7 2 B-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları için elde edilen istatistiksel değerlendirme sonuçları.....	235
Şekil Ek 7 3 C-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları için elde edilen istatistiksel değerlendirme sonuçları.....	236
Şekil Ek 7 4 D-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları için elde edilen istatistiksel değerlendirme sonuçları.....	237
Şekil Ek 8 1 Farklı toplam yutuculuk koşullarında gürültü kaynağından uzaklığa bağlı gürültü düzeyi azalma eğrileri.....	240
Şekil Ek 10 1 A yerleşim düzeninde farklı çatı yutuculuğu koşulları için elde edilen gürültü düzeyi dağılım eğrileri.....	255
Şekil Ek 10 2 A yerleşim düzeninde farklı duvar yutuculuğu koşulları için elde edilen gürültü düzeyi dağılım eğrileri.....	256
Şekil Ek 10 3 B yerleşim düzeninde farklı çatı yutuculuğu koşulları için elde edilen gürültü düzeyi dağılım eğrileri.....	257
Şekil Ek 10 4 B yerleşim düzeninde farklı duvar yutuculuğu koşulları için elde edilen gürültü düzeyi dağılım eğrileri.....	258
Şekil Ek 13 1 R1 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri	274
Şekil Ek 13 2 R2 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri	274
Şekil Ek 13 3 R3 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri	275
Şekil Ek 13 4 R4 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri	275
Şekil Ek 13 5 R5 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri	276

Şekil Ek 13 6 R6 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri	276
Şekil Ek 13 7 R7 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri	277
Şekil Ek 13 8 R8 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri	277
Şekil Ek 13 9 R9 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri	278
Şekil Ek 15 1 R1 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	284
Şekil Ek 15 2 R2 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	284
Şekil Ek 15 3 R3 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	285
Şekil Ek 15 4 R4 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	285
Şekil Ek 15 5 R5 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	286
Şekil Ek 15 6 R6 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	286
Şekil Ek 15 7 R7 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	287
Şekil Ek 15 8 R8 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	287
Şekil Ek 15 9 R9 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	288
Şekil Ek 15 10 R1 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	288
Şekil Ek 15 11 R2 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	289
Şekil Ek 15 12 R3 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	289
Şekil Ek 15 13 R4 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	290
Şekil Ek 15 14 R5 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	290
Şekil Ek 15 15 R6 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	291
Şekil Ek 15 16 R7 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	291
Şekil Ek 15 17 R8 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	292
Şekil Ek 15 18 R9 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler	292

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 OSHA'ya göre gürültüden etkilenmeye bağlı eylem planları (www.osha.gov)..	24
Çizelge 2.2 OSHA'ya göre Etkilenme Süresine Bağlı İzin Verilen Gürültü Düzeyleri (www.osha.gov).....	25
Çizelge 2.3 Sanayi Çevresel Gürültü Sınır Değerleri (ÇOB, 2003).....	32
Çizelge 2.4 Sanayi yapılarında kabul edilebilir düzeyler. (ÇOB, 2003).....	32
Çizelge 4.1 R1 – R3 ölçüm aksları için istatistiksel değerler.....	75
Çizelge 4.2 I, I(y) ve L tipi engellerin ortalama gürültü azaltım değerleri	82
Çizelge 4.3 I, I(y) ve L tipi engellerin frekansa bağlı ortalama gürültü azaltım değerleri.....	82
Çizelge 4.4 I, I(y) ve L tipi engellerin kaynak aksındaki değişik alıcı noktaları için frekansa bağlı gürültü azaltım değerleri.....	83
Çizelge 4.5 R1 ve R2 aksı için I, I(y) ve L tipi engellerin gürültü azaltımları ile ilgili değerlendirmeler	84
Çizelge 5.1 NR 75'e göre frekansa bağlı kabul edilebilir gürültü düzeyi değerleri.....	86
Çizelge 5.2 Değişik ortalama yutma çarpanı değerleri için hesaplanan toplam yutuculuk değerleri	92
Çizelge 5.3 Farklı toplam yutuculuk koşullarında hesaplanan ortalama gürültü düzeyleri ve istatistiksel değerlendirmeler.....	103
Çizelge 5.4 Toplam yutuculuk artışına bağlı gürültü azaltım değerlerinin frekans dağılımları.....	104
Çizelge 5.6 Odeon ABP'nda gürültü kaynağından farklı uzaklıktaki alıcı noktalarında hesaplanan gürültü düzeyleri ve azaltım değerleri	109
Çizelge 5.7 Farklı toplam yutuculuk koşullarında Odeon ABP'nda hesaplanan min., ort., maks. gürültü düzeyleri ve üretim alanı genelindeki dağılımı gösteren (X) değerleri	114
Çizelge 5.8 2,50 m. Engel yüksekliği için belirlenen toplam yutuculuk koşullarında R1-R3 noktalarında gürültü azaltım değerlerinin hesaplanması.....	122
Çizelge 5.9 Hacim yüzey yutuculuklarının eşit olması için belirlenen yutma çarpanları.....	127
Çizelge 5.10 Üç farklı hacim büyüklüğü ve değişik toplam yutuculuk koşullarında elde edilen gürültü düzeyleri.....	127
Çizelge 5.11 Farklı toplam yutuculuk koşullarında değişik hacim büyüklükleri için 500 Hz frekansına göre ayrımlar.....	128
Çizelge 5.12 Hacim büyüklüğüne bağlı gürültü azaltım değerleri.....	130
Çizelge 5.13 Farklı toplam yutuculuk koşulları için hacim büyüklüğü fonksiyonunda denklemlerin oluşturulması	131

Çizelge 5.14 Oluşturulan denklemler kullanılarak hesaplanan hacim büyüklüğüne bağlı gürültü düzeyi ayrımları.	132
Çizelge 5.15 Farklı alan büyüklüklerinde üretim hacimleri ve oransal ilişkileri.	134
Çizelge 5.16 S1; S2; 3 hacimlerinin yüzey yutuculuklarının eşitlenmesi.	135
Çizelge 5.17 TY5; TY30; TY55; TY80 toplam yutuculuk değerlerine göre yüzey yutma çarpanlarının belirlenmesi.	136
Çizelge 5.19 S2 alanı referans alındığında S1 ve S3 ile ilgili düzeltme değerleri.	137
Çizelge 6.1 X-95 Dağılım Ölçütüne Göre Ses Gücü Düzeylerine Karşılık Gelen Toplam Yutuculuk Değerleri (Sabine-m2)	147
Çizelge 6.2 Hacim büyüklüğüne bağlı düzeltme değerleri (Sabine-m2)	148
Çizelge 6.3 Donanımın üretim alanından ayrılması için önerilen sınır ses gücü düzeyleri. ...	149
Çizelge 6.4 Engelin akustik gölge bölgesindeki alıcı noktalarının engelden uzaklıkları.	149
Çizelge 7.1 Makinelerin frekansa bağlı ses gücü düzeyleri.	172
Çizelge 7.2 Gerekli toplam yutuculuk değerlerinin belirlenmesi.	173
Çizelge 7.3 Gerekli toplam yutuculuk değerlerine göre ODEON veri bankasından 2067 kodlu taş yünü ses yutucu gereç tavan ve duvarda uygulanmak üzere seçilmiştir. ...	174
Çizelge 7. 4 Üretim alanında gürültü düzey dağılımlarını veren X(95) parametresinin öngörülmesi.	175
Çizelge 7.5 Yeterli engel etkinliğini sağlamak için gerekli toplam yutuculuğun bulunması	178
Çizelge 7.6 Gerekli toplam yutuculuğun atanması	179
Çizelge 7.6 Yaklaşımın uygulanmasında engelin akustik gölge bölgesindeki gürültü düzeylerinin belirlenmesi ile ilgili işlemler.	180
Çizelge 7.2 2,50m. engel yüksekliği için yeterli engel etkinliğinin sağlanmasında gürültü kaynağının ses gücü düzeyine (SGD) ve tayf yapısına bağlı, havanın yutuculuğunun değerlendirilmediği gerekli toplam yutuculuk değerleri.	188
Çizelge 7.3 2,50m. engel yüksekliği için yeterli engel etkinliğinin sağlanmasında S1, S2 ve S3 hacimleri için 1,2,4,8 KHz'de havanın yutuculuğunun değerlendirildiği gerekli toplam yutuculuk değerleri.	189
Çizelge Ek 1 1 Kaynak aksında yapılan ölçmelerle ilgili yol gösterici çizelge	204
Çizelge Ek 1 2 Yanal bölgede yapılan ölçmelerle ilgili yol gösterici çizelge.	205
Çizelge Ek 1 3 K1-K2-K3 kaynak konumunda I-engelli ve engelsiz durumlarda kaynak aksında ölçülen gürültü düzeyleri – dB(A)Çizelge Ek 1 4 K1-K2-K3 kaynak konumunda engelli ve engelsiz durumlarda kaynak aksı için hesaplanan gürültü azaltım değerleri	206

Çizelge Ek 1 4 K1-K2-K3 kaynak konumunda engelli ve engelsiz durumlarda kaynak aksı için hesaplanan gürültü azaltım değerleri	207
Çizelge Ek 1 5 K2 kaynak konumunda engelli (I,I(y),L) ve engelsiz durumlar için kaynak aksı ve yanal bölgede hesaplanan gürültü azaltım değerleri	207
Çizelge Ek 1 6 K2 kaynak konumunda engelli (I,I(y),L) ve engelsiz durumlar için kaynak aksı ve yanal bölgede ölçülen gürültü düzeyleri-dB(A)	208
Çizelge Ek 2 1 Formül ve ölçme sonuçları arasındaki ayrımların alıcı noktalarına göre ortalaması ve standart sapma değerleri	211
Çizelge Ek 2 2 Alıcı noktalarında frekansa bağlı olarak formül ve ölçüm değerleri arasında ortaya çıkan ayrımlar. (dB)	212
Çizelge Ek 6 1 A-tipi yerleşim 0,05 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri	218
Çizelge Ek 6 2 A-tipi yerleşim 0,30 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.	219
Çizelge Ek 6 3 A-tipi yerleşim 0,30 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.	220
Çizelge Ek 6 4 A-tipi yerleşim 0,80 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.	221
Çizelge Ek 6 5 B-tipi yerleşim 0,05 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri	222
Çizelge Ek 6 6 B-tipi yerleşim 0,30 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri	223
Çizelge Ek 6 7 B-tipi yerleşim 0,55 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri	224
Çizelge Ek 6 8 B-tipi yerleşim 0,80 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri	225
Çizelge Ek 6 9 C-tipi yerleşim 0,05 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.	226
Çizelge Ek 6 10 C-tipi yerleşim 0,30 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.	227
Çizelge Ek 6 11 C-tipi yerleşim 0,55 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.	228
Çizelge Ek 6 12 C-tipi yerleşim 0,80 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.	229

Çizelge Ek 6 13 D-tipi yerleşim 0,05 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.	230
Çizelge Ek 6 14 D-tipi yerleşim 0,30 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.	231
Çizelge Ek 6 15 D-tipi yerleşim 0,55 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.	232
Çizelge Ek 6 16 D-tipi yerleşim 0,80 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.	233
Çizelge Ek 8 1 R1 – R6 alıcı noktalarında 0,05 ortalama yutma çarpanı için frekansa bağlı hesaplanan gürültü düzeyleri	238
Çizelge Ek 8 2 R1 – R6 alıcı noktalarında 0,30 ortalama yutma çarpanı için frekansa bağlı hesaplanan gürültü düzeyleri	238
Çizelge Ek 8 3 R1 – R6 alıcı noktalarında 0,55 ortalama yutma çarpanı için frekansa bağlı hesaplanan gürültü düzeyleri	239
Çizelge Ek 8 4 R1 – R6 alıcı noktalarında 0,80 ortalama yutma çarpanı için frekansa bağlı hesaplanan gürültü düzeyleri	239
Çizelge Ek 9 1 A yerleşim düzeninde 0,05 ortalama çatı/ duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	241
Çizelge Ek 9 2 A yerleşim düzeninde 0,30 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	242
Çizelge Ek 9 3 A yerleşim düzeninde 0,55 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	243
Çizelge Ek 9 4 A yerleşim düzeninde 0,80 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	244
Çizelge Ek 9 5 A yerleşim düzeninde 0,30 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	245
Çizelge Ek 9 6 A yerleşim düzeninde 0,55 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	246
Çizelge Ek 9 7 A yerleşim düzeninde 0,80 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	247
Çizelge Ek 9 8 B yerleşim düzeninde 0,05 ortalama çatı / duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.....	248
Çizelge Ek 9 9 B yerleşim düzeninde 0,30 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	249

Çizelge Ek 9 10 B yerleşim düzeninde 0,55 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	250
Çizelge Ek 9 11 B yerleşim düzeninde 0,80 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	251
Çizelge Ek 9 12 B yerleşim düzeninde 0,30 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	252
Çizelge Ek 9 13 B yerleşim düzeninde 0,55 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	253
Çizelge Ek 9 14 B yerleşim düzeninde 0,80 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.	254
Çizelge Ek 11 1 TY5 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R1-R3 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleriÇizelge Ek 11 2 TY5 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R4-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri	259
Çizelge Ek 11 2 TY5 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R4-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	260
Çizelge Ek 11 3 TY30 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R1-R6 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	261
Çizelge Ek 11 4 TY30 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R7-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	262
Çizelge Ek 11 5 TY55 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R1-R4 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	263
Çizelge Ek 11 6 TY55 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R4-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	264
Çizelge Ek 11 7 TY80 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R1-R6 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	265
Çizelge Ek 12 1 TY5 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R1-R3 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	266
Çizelge Ek 12 2 TY5 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R4-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	267
Çizelge Ek 12 3 TY30 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R1-R6 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	268
Çizelge Ek 12 4 TY30 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R7-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	269

Çizelge Ek 12 5 TY55 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R1-R3 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	270
Çizelge Ek 12 6 TY55 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R4-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	271
Çizelge Ek 12 7 TY80 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R1-R6 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	272
Çizelge Ek 12 8 TY80 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R7-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri.....	273
Çizelge Ek 14 1 R1 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri.....	279
Çizelge Ek 14 2 R2 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri.....	279
Çizelge Ek 14 3 R3 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri.....	280
Çizelge Ek 14 4 R4 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri.....	280
Çizelge Ek 14 5 R5 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri.....	281
Çizelge Ek 14 6 R6 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri.....	281
Çizelge Ek 14 7 R7 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri.....	282
Çizelge Ek 14 8 R8 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri.....	282
Çizelge Ek 14 9 R9 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri.....	283
Çizelge Ek 16 1 ODEON ABP veri bankasında yer alan baskın eş-dağılımlı yutuculuk karakterinde kabul edilebilecek ses yutucu gereçlere örnekler.Çizelge Ek 16 2 ODEON ABP veri bankasında yer alan baskın yüksek frekans yutuculuk karakterinde kabul edilebilecek ses yutucu gereçlere örnekler.	293
Çizelge Ek 16 2 ODEON ABP veri bankasında yer alan baskın yüksek frekans yutuculuk karakterinde kabul edilebilecek ses yutucu gereçlere örnekler.	294
Çizelge Ek 16 3 ODEON ABP veri bankasında yer alan baskın alçak frekans yutuculuk karakterinde kabul edilebilecek ses yutucu gereçlere örnekler.	295

Çizelge Ek 17 1Eş dağılımlı, baskın yüksek frekans ve baskın alçak frekans tayf özelliği gösteren farklı nitelikteki gürültü kaynaklarının frekansa bağlı ses gücü düzeyi değerleri	296
Çizelge Ek 17 2 63 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları	297
Çizelge Ek 17 3 125 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları	298
Çizelge Ek 17 4 250 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları	299
Çizelge Ek 17 5 500 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları	300
Çizelge Ek 17 6 1000 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları	301
Çizelge Ek 17 7 2000 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları	302
Çizelge Ek 17 8 4000 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları	303
Çizelge Ek 17 9 8000 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları	304

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince bilimsel bir tutumla beni destekleyen, maddi-manevi yönden desteğini her zaman hissettiğim, değerli danışman hocam Prof. Müjgan Şerefhanoglu Sözen'e teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme jürisi değerli hocalarım Doç.Dr. Neşe Yüğrük Akdağ ve Prof. Dr. Ahmet Güney'e de göstermiş oldukları ilgili ve bilimsel katkıları nedeniyle teşekkür etmek isterim.

Engel etkinliği ile ilgili gerçekleştirdiğim deneysel ölçmelerde, İTÜ OTAM'daki yarı yansız hacmi kullanmamı sağlayan ve ölçmeler sırasında beni denetleyen hocam Prof. Dr. Ahmet Güney'e başta olmak üzere, ölçmelerin bir bölümünü birlikte gerçekleştirdiğim yüksek elektronik mühendisi Sayın Alper Akgül'e ve gerekli desteği sağlayan teknik personele teşekkür ederim.

Doktora çalışmamı candan destekleyerek, çalışmamın deneysel bölümü ile ilgili akustik engelin yapımı konusunda yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Zekai Görgülü'ye teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, bu konuda gerekli desteği vererek akustik engelin yapımını sağlayan Sayın Mimar Metin Demir'e teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmam süresince gösterdikleri ilgi ve içten destekleri için aileme de teşekkür etmek isterim.

Aralık 2009

ÖZET

Sanayi yapıları, gürültü düzeyleri ve karakteri üretimin niteliğine bağlı olarak ayırım gösteren, genellikle yüksek düzeyli gürültülerin ortaya çıktığı çalışma ortamlarıdır. Bu ortamlarda çalışan kişilerin, başta işitme kayıpları olmak üzere çeşitli sağlık sorunları ile karşılaşma riskleri bulunmaktadır. Bununla birlikte, sanayi çalışanları ile ilgili uluslararası ve ulusal yasal düzenlemeler gürültülü çalışma ortamları ile ilgili işverenin yükümlülüklerini arttırarak, çalışanları gürültünün zararlarından korumayı amaçlayan yeni sınırlamalar getirmiştir. **2003/10/EC Avrupa Birliği Yönergesi**'nde ve Türkiye'de yürürlükte olan, bu yönergeden uyumlaştırılmış **Gürültü Yönetmeliği**'nde, 85 dBA düzeyi 8 saatlik günlük çalışma süresi göz önünde bulundurularak çalışanların etkilenme üst sınır değeri olarak belirlenmiştir. Buna göre, işverenler, çalışanların gürültü etkilenmesini izlemek ve iş yerinde gürültünün azaltılması için gerekli önlemleri almak konusunda sorumluluk taşımaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, gürültü sorununu sanayi yapısı üretime başladıktan sonra çözümlemeyi amaçlayan geleneksel yaklaşıma karşı, gürültü etkeninin sanayi yapılarının tasarımında bir **tasarım ölçütü** olarak değerlendirilmesi amaçlanmış ve sanayi yapılarının yerleşim, planlama ve tasarım aşamalarında gürültü etkeni ile ilgili ilkesel yaklaşım önerileri oluşturulmuştur. Sanayi yapılarına asıl işlevini veren ve genelde yüksek düzeyli gürültülerin çalışanları etkilediği üretim hacimlerinde gürültü düzeylerinin kabul edilebilir sınırlar içinde kalması için, Gürültü Yönetmeliği ve ilgili standartlardaki koşullar da göz önünde bulundurularak akustik modelleme verilerine dayanan, tasarım aşamasında kullanılabilecek bir yaklaşım geliştirilmiştir. İki ayrı aşamadan oluşan bu yaklaşım, üretim alanında yer alan makinelerin ses gücü düzeyi değerlerine bağlı olarak üretim hacminde sağlanması gereken optimum(gerekli) toplam yutuculuğun belirlenmesi ve yüzey yutuculuklarına bağlı olarak gürültü düzeyleri dağılımının üretim hacminin tasarım aşamasında önceden belirlenebilmesini ve 85 dB(A) gürültü düzeyi ölçütüne bağlı olarak değerlendirilebilmesini olanaklı kılmıştır.

Tez çalışmasının ilgili bölümlerinin kapsadığı konulara özet olarak yer verilmiştir;

1. GİRİŞ BÖLÜMÜNDE : Sanayi yapılarının tasarımında gürültü etkenini bir **tasarım ölçütü** olarak değerlendirmeyi amaçlayan çalışmanın amacı, önemi, kapsamı ve yöntemi ile ilgili bilgi verilmiştir.

2. BÖLÜMDE : Sanayi yapılarında gürültü etkeni ve çalışanlar üzerindeki etkileri konusu ele alınmıştır. Gürültü kaynaklarının genel fiziksel özellikleri açıklanarak, sanayi yapılarındaki gürültü kaynakları konusunda bilgi verilmiştir. Ayrıca, gürültü ile ilgili uluslararası ve ulusal yasal düzenlemelere yer verilerek 2003/10/EC Avrupa Birliği Yönergesi ve Gürültü Yönetmeliği ayrıntılı olarak incelenmiştir.

3. BÖLÜMDE : Sanayi yapılarının mimari tasarım süreci incelenerek, yerleşim, planlama ve tasarım aşamalarında gürültü etkeni ile ilgili ilkesel yaklaşım önerileri getirilmiştir. Gürültü denetimi ile ilgili öneriler; yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin üretim yapısı içinde planlanması ya da yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin üretim yapısından bağımsız ayrı yapı ya da yapı gruplarında planlanması olmak üzere arsa yerleşimi ile ilgili iki farklı yaklaşım kapsamında incelenmiştir.

4. BÖLÜMDE : Bu bölümde, üretim hacimlerinde gürültü düzeylerinin önceden belirlenmesinde kullanılan değişik yöntemler açıklanmış ve çalışma kapsamında gerçekleştirilen akustik modellemelerde yararlanılan ODEON Akustik Benzetim Programı (ODEON ABP) Sanayi Modülü 9.2 Sürümü tanıtılmıştır. Engelin akustik gölge bölgesi ile ilgili kuramsal hesaplama yöntemlerinin tez çalışmasına uygulanabilmesi amacıyla gerçekleştirilen ve yarı yansız hacimde engel etkinliğinin akustik ölçümlerle

belirlenmesini amaçlayan deneysel çalışmanın sonuçlarına da bu bölümde yer verilmiştir.

5. BÖLÜMDE: Tez çalışmasının ağırlıklı bölümünü oluşturan bu bölümde öncelikle çalışmada izlenen yöntem açıklanmış ve sanayi yapılarının üretim hacimleri için gürültü etkeni ile ilgili gürültü düzeyleri dağılımının kabul edilebilir olması için ilgili değerlendirme ölçütleri oluşturulmuştur. Kurgu hacim üzerinde gerçekleştirilen akustik modellemeler temelde iki amaç için yapılmıştır :

- Üretim alanı genelinde ve engelin akustik gölge bölgesinde kabul edilebilir gürültü düzeylerinin olmasında, üretim hacminin optimum toplam yutuculuğunun belirlenmesi için gerekli ölçütlerin oluşturulması.
- Üretim alanı genelinde X(95) gürültü düzeyi dağılımlarının ya da engelin akustik gölge bölgesinde engelden değişik uzaklıktaki noktalar için gürültü düzeylerinin, çatı ve duvar yutuculuklarına bağlı olarak belirlenebilmesi için gerekli ölçütlerin oluşturulması.

Kurgu hacim üzerinde 1-toplam yutuculuk, 2-yüzey yutuculuğu, 3-engel etkinliği, 4-hava yutuculuğu, 5-üretim alanı boyutları ile ilgili değişkenlerin üretim hacminde gürültü düzeylerine etkisi incelenerek, 6. Bölüm'de önerilen yaklaşım için gerekli değerlendirme ölçütleri elde edilmiştir.

6. BÖLÜMDE : Sanayi yapılarının üretim hacimlerinde gürültü düzeylerinin kabul edilebilir olmasında önerilen yaklaşımın aşamalarına yer verilmiştir. Buna göre, üretim alanı genelinde ya da engelin akustik gölge bölgesinde makinelerin ses gücü düzeylerinin logaritmasal toplamına bağlı olarak, NR 75 eğrisine göre kabul edilebilir gürültü düzeylerinin elde edilmesinde optimum toplam yutuculuğun belirlenmesi ve bu yutuculuğa göre atanan çatı ve duvar yutuculuklarına bağlı olarak engelin akustik gölge bölgesindeki gürültü düzeylerinin ve X(95) gürültü düzeyleri dağılım parametresinin önceden belirlenmesi ile ilgili geliştirilen yaklaşım ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

7.BÖLÜMDE : Geliştirilen yaklaşımın bir üretim hacmi üzerinde engelsiz ve engelli koşullar için örneklemesi yapılmıştır. İlk aşamada, engelsiz koşul için üretim alanı bütününde kabul edilebilir gürültü ortamı için gerek duyulan toplam yutuculuk değerleri bulunmuş, yüzey yutuculukları atanarak üretim alanı bütünü için gürültü düzeyleri dağılım parametresi X(95) belirlenmiştir. Bu değerlerin ODEON ABP'nda aynı yutuculuklar kullanılarak yapılan akustik modelleme verileri ile tutarlı olduğu görülmüştür. İkinci aşamada ise, engelli koşul için gerek duyulan toplam yutuculuk değeri belirlenerek, yüzey yutuculukları atanmış ve engelin akustik gölge bölgesi için gürültü düzeyleri belirlenmiştir. Her iki koşulda da gürültü düzeylerinin istenildiği gibi 85 dB(A) sınır düzeyinin altında kaldığı görülmüştür.

8. SONUÇ BÖLÜMÜNDE : Sanayi yapılarının tasarımı aşamasında gürültü etkenini bir tasarım ölçütü olarak değerlendirmeyi amaçlayan bu çalışmanın Sonuç Bölümü'nde önerilen yaklaşımın getirdiği genel sonuçlar irdelenerek, yaklaşımın tasarım aşamasındaki sanayi yapılarına uygulanması ile ilgili öneriler getirilmiş ve üretim alanı geneli ve engelin akustik gölge bölgesinde kabul edilebilir gürültü düzeylerinin elde edilmesi bağlamında, gürültü kaynaklarının farklı ses gücü düzeyi değerleri ve frekans tayfı özellikleri için hacim büyüklüğüne bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri önerilmiştir. Ayrıca, sanayi yapılarının tasarım aşamasında gürültü etkeni ile ilgili temel ilkesel kararlara değinilerek, üretim hacimlerinin tasarımı ile ilgili önerilen yaklaşımın uygulanmasında yol gösterebilecek nitelikte bir akış şemasına yer verilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Sanayide Gürültü Denetimi, Gürültü Yönetmeliği, Tasarım Ölçütü, Toplam Yutuculuk, Gürültü Engeli, Üretim Hacmi, Akustik Benzetim

ABSTRACT

Industrial buildings are such noisy work places with variations in noise levels and noise characteristics according to their production peculiarities. Workers involved at these noisy workplaces are usually facing against various health risks, especially noise induced hearing hazards. However, some international and national regulations concerning the industrial workers have brought much obligation for employers by suggesting new limitations related to the noisy environment in the workplaces to protect the workers from the noise hazards. 2003/10/EC Directive of the European Parliament and the Noise Regulation in Turkey, both regulations have determined the 85 dBA noise exposure level for 8 hours working day as the upper exposure level that should not be exceeded in a work place. Therefore, the employers should monitor the exposure level of their employee and take the appropriate measures to reduce the noise levels in their work place.

This thesis aims, to consider the noise problem concerning the industrial buildings in the design stage of the industrial buildings as a design criterion instead of the traditional approach to the problem, which tries to control noise after the construction of the industrial buildings. Some proposals have been suggested at the site planning, machine layout planning and building design stages as principal approaches related to noise problem.

A new method was developed for the production halls in particular, which is the main part of an industrial building with high noise levels affecting the workers, to control the noise levels that they do not exceed the acceptable levels. The principal approach based mainly on the acoustical simulation data and takes the noise level limitations in noise regulations into account. This principal approach consisting of two main phases have brought methods making it possible to determine the required (optimum) amount of total absorption in the production hall from the sound power levels of the machinery, to predict the noise levels at the design stage of the production hall and to make an assessment related to the acceptable noise level criterion of 85 dB(A). This thesis consists these main units cited below, on which some explanations have been made.

CHAPTER 1 INTRODUCTION : The aim, the objectives, the scope and the importance of the study are explained comprehensively, a study which tried to consider the noise factor as a design criterion in the design process of the industrial buildings.

CHAPTER 2 : The noise factor in the industrial buildings and its influence on the workers were considered in this unit. Information on the main noise sources in the industrial buildings and the main physical peculiarities of the noise sources were given. Moreover, international and national legislations on the noise exposure were explained, among which the 2003/10/EC Directive of the European Parliament and Noise Regulation in Turkey were studied thoroughly.

CHAPTER 3 : The designing process of the industrial buildings was investigated at the site planning, machine layout planning and building design stages, and some principal approaches concerning the noise factor were developed. These are based on two different site planning decisions as; planning the management units and social facilities inside the production building and planning the management units and social facilities apart from the production building as independent building parts.

CHAPTER 4: Different noise prediction methods for predicting the noise levels inside the production halls were investigated and the ODEON Acoustic Simulation Software Industrial Module 9.2 Version that was used in the acoustical modelings was introduced. The results from an experimental study carried out in a semi-anechoic chamber was presented, in order to apply the theoretical calculation methods to the hybrid calculation method used in this thesis

related to the acoustic shadow region of the noise barrier.

CHAPTER 5 : First, the method of the study was introduced and then the criteria were constituted, which aim to evaluate the noise factor to obtain an acceptable noisy environment on the production area. The acoustical modelings were performed on a virtual production space, for two different goals mainly:

- Constituting the required criteria to be able to determining the optimum amount of total absorption in the production hall for the aim of achieving acceptable noise levels on the production area in general and also according to the receivers in the acoustic shadow zone.
- Constituting the required criteria related to the amount of the absorption at the roof and walls to predict the noise levels according to the noise level distributions parameter $X(95)$ on the entire production area and according to the receivers in the acoustic shadow zone.

The effect of the different parameters related to the production hall on the noise levels were investigated on the virtual space namely 1-total absorption, 2-surface absorption, 3-barrier effectiveness, 4-air absorption, 5-dimensions of the production area, and so the required data of noise criteria could be obtained from the acoustical modelings in order to constitute a base for the principal approach studied in Chapter 6 of this thesis.

CHAPTER 6 : The stages of the proposed principal approach aiming the acceptable noise levels in the production hall were explained. At the first stage; the determinations were made to calculate the optimum amount of the total absorption from the logarithmic summation of the sound power levels of the machinery, according to the NR 75 curve in order to create an acceptable noisy environment on the entire production area and also in the acoustic shadow zone. At the second stage; after assigning the required amount of absorption to the roof or wall parts, determinations were made to calculate the noise level predictions according to the noise level distributions parameter $X(95)$ and also according to the receivers in the acoustic shadow zone. The data graphs take place in this chapter that consist the required numerical data to apply this principal approach to the production halls at the design stage.

CHAPTER 7 : A case study was performed to show the capacity of the proposed principal approach on a real situation consisting the noise control procedures with adding absorption and use of noise barrier according to the method developed in this thesis. So, at the first stage without barrier usage the required amount of total absorption and the parameter $X(95)$ showing the noise level distributions were determined. These predicted values were coherent with the values obtained by acoustical modeling of the same industrial hall using the ODEON software. At the second stage with a noise barrier for a single noise source, the required amount of total absorption was determined and afterwards the noise levels in the acoustic shadow zone were predicted using the appropriate data graphs. In both cases, after using the appropriate amount of absorption by using the developed method in this thesis, the noise levels were within the acceptable levels according to the 85 dB(A) criterion.

CHAPTER 8 CONCLUSION: The major results of the study were considered that could be derived from the principal approaches proposed in this study, which aimed to consider the noise matter as a design criterion in the designing process of the industrial buildings. Moreover, some basic proposals related to the application of this principal approach to the industrial buildings at the design stage and principal decisions related to the noise factor were mentioned with a flow-chart showing the basic steps for application of this principal approach to the industrial buildings.

Key Words : Industrial Noise Control, Noise Regulation, Design Criterion, Total Absorption, Noise Barrier, Production Hall, Acoustic Simulation

1. GİRİŞ

Sanayi yapıları, bir ürünün en verimli biçimde üretilmesi için gerekli endüstriyel etkinliklerin belirli bir iş programına göre bir arada organize edilmesi ile birlikte işlevsel bir bütün oluşturan ve çalışanların sosyal gereksinimlerinin karşılanması için gerekli donatıları ve yönetim birimlerini de içeren yapı ya da yapılar bütünü olarak tanımlanabilmektedir.

Sanayi devriminden günümüze dek insanın üretim sürecine doğrudan ya da dolaylı olarak katkıda bulunması gerekmiştir. Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ve kimi üretim alanlarında otomasyona geçilmiş olması üretim sürecinde insana olan gereksinimi azaltmış gibi görünse de gerçekte insanın üretim sürecinin ayrılmaz bir parçası olması gerekliliği nedeniyle insan-makine ilişkisi önemini korumuştur. Bu ilişkiyi küçük ölçekte programlamada makine mühendisliği ve ergonomi biliminin başvurduğu değişik yöntemler bulunmaktadır. Endüstri mühendisliği ise, farklı üretim sistemleri açısından konuya bütüncül yaklaşarak her ölçekte uygulanabilir çözümler üretebilen bir disiplin olması açısından önem taşımaktadır.

Sanayi devrimi ile birlikte üretimin verimliliğinin artan gereksinimlere yanıt verebilecek şekilde artırılması gerekliliği, giderek üretim ile ilgili eylemlerin daha sistemli bir biçimde gerçekleştirilmesi zorunluluğunu gündeme getirmiştir. Böylece, üretimin niteliğine bağlı olarak farklı üretim sistemleri gelişmiş ve üretim alanının planlaması önem kazanarak, üretim eylemleri için giderek daha büyük yapılara gereksinim duyulmuş ve daha işlevsel mimari çözümler üretilmesi gerekmiştir.

Sanayileşme, tüm dünyada iş gücü yaratılması, sanayi ürünlerinin ulusal kaynaklar kullanılarak üretilmesi ve toplumsal gönencin artırılması gibi pek çok açıdan ülkelerin gelişmişlik düzeyine etki eden toplumsal bir olgu olarak önem taşımaktadır. Bununla birlikte, sanayi kuruluşlarında üretim eylemleri sırasında ortaya çıkan genellikle yüksek düzeyli **gürültüler**, çalışanları türlü yönlerden etkileyen önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu etkilenmeler; dolaylı ya da dolaysız yollardan gerçekleşmekte ve uzun çalışma süreleri sonunda kişilerde kimi zaman geriye dönüşü olmayan fizyolojik - psikolojik zarar ve rahatsızlıklar şeklinde kendini göstermektedir.

Gürültüye bağlı kalıcı işitme kayıpları gürültülü ortamlarda çalışanlar arasında yaygın bir meslek hastalığı olarak sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Ayrıca, gürültülü ortamlar, çalışanların dikkatini olumsuz yönde etkileyerek ya da gürültünün maskeleyerek etkisiyle uyarı işaretlerinin algılanmasını önleyerek iş kazalarına da neden olabilmektedir. Gürültülü ortamlarda çalışanların çalışma ortamlarından hoşnutluğunun azalması sonucu ortaya çıkan

verim düşüklüğü konunun üzerinde durulması gereken diğer bir yönüdür.

Günümüzde, sanayi yapısının üretim ile ilgili birimleri içeren işlevsel bir yapı olmanın ötesinde işverenin toplum içindeki yerini tanımlayan mimari bir prestij yapısı olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu bağlamda sanayi yapılarının tasarımı, genellikle bu alanda uzmanlaşan mimarların yürüttüğü, mimari tasarımın önemli alanlarından biri durumuna gelmiştir. Üretim yerlerinde çalışma sürelerinin kısalması, fiziksel güç gerektiren işlerin azalması, makine yerleşim planının en işlevsel biçimde düzenlenmesi gibi gerekliliklerin yanında üretim hacimlerindeki fizik ortam koşullarının da insanı temel olarak düzenlenmesi gereği gündeme gelmiştir. Bununla birlikte, üretim yerlerindeki çalışma koşullarının iyileştirilmesi ile ilgili gereksinimler, insan-makine ilişkisinin ergonomi bilimi açısından değerlendirilmesini ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeniden düzenlenmesini gerekli kılmıştır. Üretim yerlerindeki fizik ortam koşulları ile ilgili uygun düzenlemelerin yapılarak, sağlık alanındaki gereklilikler ve çalışma konforu açısından çalışanların bulundukları ortamda uygun koşullarda çalışmalarının sağlanması, doğrudan çalışanların haklarını ilgilendiren bir konudur. Bu nedenle, üretim yerlerinde **gürültü ortamının kabul edilebilir olması** bağlamında uygun akustik koşulların sağlanması için gerekli düzenlemelerin, çalışanların sağlık güvenceleri ve kişisel hakları çerçevesinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Uluslararası alanda ekonomik güç ve sanayi üretimleri açısından önde gelen ABD ve Avrupa Birliği ülkelerinde üretim yerlerinde çalışanların gürültüden etkilenmesini denetlemek amacıyla ABD’de **OSHA Occupational Noise Regulations - 1910.95**, Avrupa Birliği ülkelerindeki **6/2/2003 tarih ve 2003/10/EC sayılı Avrupa Parlamentosu Yönergesi**, getirdiği yasal sınırlamalar ile çalışanları gürültünün etkilerinden korumayı amaçlamaktadır. Türkiye’de ise, **İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği** ve **Gürültü Yönetmeliği** ile birlikte getirilen yasal düzenlemeler, çalışanların çalışma ortamlarında etkilendikleri gürültü dozunun sınırlanması ve iş yerlerinde gürültü denetimi ile ilgili gerekli önlemlerin alınması konusunda işverenleri bağlayıcı nitelik taşımaktadır.

Sanayi yapılarının üretim hacimleri, üretimin niteliğine bağlı olarak genellikle yüksek düzeyde gürültülerin ortaya çıktığı ve çalışanları kümülatif olarak etkilediği ortamlardır. Bu nedenle, üretim hacimlerinde, üretim ortamının niteliğine bağlı olarak iyi görme koşullarının ve ısısal konforun sağlanmasının yanında gürültü düzeyleri açısından da kabul edilebilir bir **akustik ortamın** oluşturulması kabul edilebilir çalışma koşullarının sağlanması yönünden kaçınılmazdır. Bu durum, çalışanların işitsel zarar riskinden korunmak başta olmak üzere sağlıklı bir ortamda çalışma haklarının gereği olmasının yanı sıra bu konuda getirilen yasal

düzenlemelerin de bir gereğidir. Artık işverenler, çalışanlarının gürültüden kaynaklanabilecek sağlık sorunları ile ilgili birinci derecede sorumlu kişiler durumuna gelmiştir, çünkü yasal düzenlemeler çalışanların, çalıştıkları ortamda gürültü ile ilgili belli etkilenme düzeylerini aşmamalarını gerektirmektedir. (Gürültü Yönetmeliği'ne göre 8 saatlik çalışma süresi için bu değer 85 dBA'dır.) İstanbul ve çevresindeki değişik nitelikteki sanayi kuruluşlarının üretim hacimlerinde gerçekleştirilen gürültü düzeyi ölçümleri ve yerinde incelemelerde, gürültü düzeylerinin bu kuruluşların büyük bir bölümünde 85 dBA'nın üzerinde olduğu ve gürültüye bağlı çeşitli rahatsızlıklarının olmasına karşın çalışanların genelde kulak koruyucusu kullanmadıkları belirlenmiştir. (Şerefhanoglu Sözen, 2005)

Değişik alanlarda üretim yapan sanayi kuruluşlarında, gürültü sorununun denetimine yönelik önlemlerin genellikle sanayi yapısı tamamlandıktan ve üretime başladıktan sonra gündeme geldiği ve gürültü düzeyleri oldukça yüksek olduğu halde bu durumun çoğunlukla üretimin doğal bir sonucu olarak kabullenildiği görülmektedir. Bu aşamada önlem alınması istenirse de makineler üzerinde yapılabilecek sınırlı değişiklikler söz konusu olmakta ya da gürültü azaltımı ile ilgili önlemler uygulanması güç ekonomik olmayan değişiklikler gerektirebilmektedir. Bununla birlikte, gürültü sorununun sanayi yapısının mimari tasarım sürecinde ele alınması ve gürültü etkeninin bir tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesi, konuya bütüncül yaklaşılmasını ve gürültü denetimi ile ilgili çözüm önerilerinin tasarımın kurgusu içinde oluşturulmasını sağlayarak, sanayi yapılarında gürültü sorununun çözümünde en etkili yaklaşımı oluşturmaktadır. Bu nedenle, sanayi yapılarında, üretim alanı – yönetim birimleri – sosyal birimler arasındaki ilişkilerin programlanmasında ve özellikle üretim alanının planlanmasında gürültüyle ilgili tasarım ölçütlerinin ortaya konulması, böylece konuya yapıyı tasarlayan kişi olarak mimarın bakış açısından yaklaşılması önem taşımaktadır.

Sanayi yapılarında ayrıca, makinelerden kaynaklanan yüksek genlikli titreşimlerin, yapı taşıyıcı sistemine geçerek döşeme, giriş, duvar, gibi yapı elemanları aracılığıyla yapı geneline yayılması ve yapı elemanlarını duyulabilir frekans aralığında titreştirerek bu hacimlerde gürültüye neden olması sıklıkla karşılaşılan bir sorundur. Ayrıca, yapı elemanlarını kendi öz frekanslarında etkileyen yüksek genlikli titreşimler, duyarlı aletleri olumsuz etkileyebilmekte, kimi durumlarda yapı taşıyıcı sistemini zayıflatıcı hasarlara da neden olabilmektedir. Sanayi yapılarında, makine ve mekanik donanımlardan kaynaklanan ve yapı geneline etkileyen titreşimlerin ve bu titreşimlerin neden olduğu gürültülerin önlenmesi konusuna, ayrı bir uzmanlık alanı olduğu için bu çalışmada sınırlı olarak yer verilmiştir.

Sanayi yapısının yapı kabuğunun yeterli ses geçiş kaybı sağlamadığı ve üretim hacminde

yüksek düzeyde gürültülerin söz konusu olduğu kimi koşullarda ise, yapı içi gürültülerin üretim hacminin dışına geçerek çevre yerleşimleri de etkilemesi söz konusu olabilmektedir. Özellikle, sanayi yapısının yakın çevresinde gürültüye duyarlı yerleşimlerin olması durumunda bu konu önem taşımaktadır. Bu durum, sanayi yapıları ile ilişkili olarak bölge planlama, kent planlama, imar planlama süreçlerinde ve yapının tasarım - yapım aşamalarında gürültü etkeninin de bir ölçüt olarak değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Bununla birlikte, sanayi yapılarından kaynaklanan gürültülerin oluşturduğu çevresel gürültülerin değerlendirilmesi ve yapı kabuğunda ya da yapı dışında gerekli önlemlerin geliştirilmesi konuları bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

Sanayi yapılarının tasarımında gürültü etkenini bir tasarım ölçütü olarak değerlendirmeyi amaçlayan bu tez çalışmasında, gürültü etkeni ile ilgili ilkesel yaklaşım önerileri oluşturulmuş ve üretim hacminde kabul edilebilir gürültü ortamının elde edilmesinde tasarım aşamasında yararlanılabilecek bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, üretim hacimlerinin tasarım aşamasında konunun uzmanı olmayan mimarlar ya da tasarımcılar tarafından da yararlanılabilecek nitelikte, grafik üzerinden yapılan okumalarla uygulanabilecek adımlardan oluşmaktadır. Önerilen yaklaşımın ilk aşaması, üretim alanının bütününde ve engelin akustik gölge bölgesinde kabul edilebilir gürültü düzeylerinin elde edilmesinde, üretim hacminin sağlaması gereken optimum toplam yutuculuk değerinin, gürültü kaynaklarının ses gücü düzeylerine bağlı olarak Sabine(m²) cinsinden bulunabilmesini amaçlamaktadır. Yaklaşımın ikinci aşaması, çatı ve duvar yutuculuklarına bağlı olarak üretim alanı bütününde gürültü düzeyi dağılımlarının ve engelin akustik gölge bölgesinde alıcı noktalarına bağlı gürültü düzeylerinin üretim hacminin tasarımı aşamasında önceden belirlenebilmesini amaçlamaktadır. Üretim hacminin tasarımı aşamasında bir akustik benzetim programından yararlanarak üretim alanı ile ilgili gürültü haritalarının elde edilme olanağının bulunması durumunda ise, önerilen yaklaşımın ilk aşamasından yararlanılması ve hacim içindeki yutuculukların optimum toplam yutuculuk değerini sağlayacak nicelikte seçilmesi, gereksiz yere ses yutucu gereç kullanımının önüne geçerek üretim hacmi içinde ortaya çıkan gürültülerin denetlenmesinde ekonomik bir yaklaşım oluşturacaktır.

Temelde (1) üretim hacminin toplam yutuculuk değerinin artırılması ve (2) gürültü kaynaklarının engel ile ayrılması ile ilgili belirlemelerde bulunabilmeyi amaçlayan yaklaşım, üretim hacmi içinde kabul edilebilir gürültü düzeylerinin elde edilmesinde gereksinim duyulan verilerin sağlanması için yararlanılabilecek niteliktedir. Buna göre, toplam yutuculuk ve engel kullanımı ile ilgili önerilen yaklaşımın uygulanabilmesi için gereksinim duyulan

verilerin elde edilmesinde yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

(1) Toplam yutuculuk değerinin arttırılması ile ilgili olarak yapılan çalışmalar,

- Üretim alanı genelinde gürültü düzeylerinin kabul edilebilir sınırlar içinde kalabilmesi bağlamında, X(95) dağılım parametresinin NR 75 değerlerini aşmaması için frekans ölçeğinde gerekli toplam yutuculuk değerlerinin gürültü kaynaklarının ses gücü düzeyleri toplamına bağlı olarak elde edilmesi yönünde gerekli ölçütlerin oluşturulması.
- Üretim hacminin çatı ve / ya da duvar bölümlerinde kullanılan yutuculuklara ve üretim alanındaki gürültü kaynaklarının frekans ölçeğinde toplam ses gücü düzeylerine bağlı olarak X(95) gürültü düzeyi dağılım parametrelerinin frekansa göre, çatı ve duvar yutuculukları için ayrı olarak bulunabilmesi yönünde gerekli ölçütlerin oluşturulması.

(2) Gürültü kaynaklarının engel ile ayrılması ile ilgili olarak yapılan çalışmalar,

- Engelin akustik gölge bölgesinde gürültü ortamının kabul edilebilir olması bağlamında, engelden farklı uzaklıklardaki alıcı noktalarında gürültü düzeylerinin NR 75 değerlerini aşmaması için frekans ölçeğinde gerekli toplam yutuculuk değerlerinin gürültü kaynağının frekansa göre ses gücü düzeylerine bağlı olarak elde edilmesi yönünde gerekli ölçütlerin oluşturulması.
- Üretim hacminin çatı ve / ya da duvar bölümlerinde kullanılan yutuculuklara ve engel ile ayrılan gürültü kaynağının frekans ölçeğindeki ses gücü düzeylerine bağlı olarak, engelin akustik gölge bölgesinde engelden farklı uzaklıklardaki alıcı noktalarında frekansa göre gürültü düzeylerinin çatı ve duvar yutuculukları için ayrı olarak bulunabilmesi yönünde gerekli ölçütlerin oluşturulması.

Önerilen bu yaklaşım için gerekli ölçütlerin oluşturulmasında, engelsiz koşul için bütünüyle ODEON Akustik Benzetim Programı (ODEON ABP) Sanayi Modülü 9.2 Sürümü kullanılarak kurgu üretim hacmi üzerinde gerçekleştirilen akustik modelleme verilerinden yararlanılmıştır. Engelli koşul için, ODEON ABP Sanayi Modülü 9.2'nin engel kenarlarında gerçekleşen ve engelin akustik gölge bölgesindeki dolaysız ses bileşenini oluşturan kırınım etkisini hesaplayamaması nedeniyle yalnız yansımış ses bileşeninin hesaplanması amacıyla kısmen yararlanılmıştır. Bu nedenle, engelin akustik gölge bölgesindeki dolaysız ses bileşeninin hesap yoluyla belirlenmesi konusunda literatür araştırması yapılmış, farklı kuramsal hesaplama yöntemleri ve ampirik formüller incelenmiştir. Ayrıca, engelin akustik

gölge bölgesindeki dolaysız ses bileşeninin alıcı noktasına bağlı olarak belirlenebilmesi amacıyla yarı yansız hacim koşullarında deneysel bir çalışma yapılarak engelin gürültü azaltım değeri engelden değişik uzaklıktaki alıcı noktaları açısından incelenmiştir. Bu bağlamda, düz ve L-biçimli engellerin etkinlikleri ile yüzeyi yalıtımlı ve yalıtımsız düz engellerin etkinlikleri, birçok ölçme noktasında gerçekleştirilen akustik ölçmelerle belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ölçüm sonucu elde edilen frekansa bağlı engel azaltım değerleri aynı noktalar için kuramsal hesaplama yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve yapılan değerlendirme sonucu çalışmada Maekewa'nın yaklaşımının kullanılması uygun görülmüştür. Bu çalışmanın teslim aşamasına gelindiğinde ise, üretim hacimleri için geliştirilen bir benzetim programı için önemli sorun niteliği taşıyan engelin akustik gölge bölgesiyle ilgili hesap yapma konusundaki eksikliğin çözümlenerek, ODEON Sanayi Modülü 10. Sürüm'de engel kenarlarında gerçekleşen kırınım etkisinin hesaplanabildiği yeni bir modül geliştirildiği görülmüştür.

Literatürde sanayi yapılarında gürültü denetimi ile ilgili bilimsel ve teknik çalışmalar genellikle, konunun uzmanı olan makine, endüstri ve inşaat mühendisleri tarafından gerçekleştirilmiş çalışmalardır. Bu çalışmalar çoğunlukla, kuramsal ağırlıklı çalışmalar olup genelde mimarlara sanayi yapılarının mimari tasarım sürecinde yararlanabilecekleri verileri sunamamaktadır. Mimari tasarım bağlamında konuyu ele alan çalışmalar ise gürültü denetimi gibi teknik bir konuda herhangi bir yaklaşım getirmemekte ve konunun yapı tamamlandıktan sonra mühendislerce çözüme kavuşturulacağını varsayan bir yaklaşım sergilemektedir. Bu tez çalışması, sanayi yapılarının mimari tasarım sürecinde gürültü etkeni ile ilgili ilkesel yaklaşımları belirlemek ve gürültü düzeylerinin kabul edilebilir kılınması bağlamında üretimden kaynaklanan gürültülerin ortaya çıktığı üretim hacminin tasarlanması aşamasında yararlanılabilecek tasarım ölçütlerini oluşturmak amacını taşımaktadır.

Tez çalışmasının, genel olarak günümüz sanayi yapılarının tasarımında gürültü etkeni ile ilişkili tasarımı yönlendirici nitelikte ilkesel kararlara yer verdiği ve üretim hacimleri ile ilgili geliştirilen yaklaşımın, üretim alanının bütünü ile ilgili değerlendirme yapabilmesine olanak tanıyarak;

- Üretim hacimleri için üretim alanı geneli ve engelin akustik gölge bölgesinde kabul edilebilir gürültü ortamının elde edilmesinde, makinelerin ses gücü düzeyi değerlerine bağlı optimum (gerekli) toplam yutuculuğun belirlenmesi,
- Üretim alanı geneli ya da engelin akustik gölge bölgesi için gürültü düzeylerinin

tasarım aşamasında çatı ve duvar yutuculuklarına bağı olarak belirli yaklaşıklıkla önceden belirlenmesi

bağlamında tasarım aşamasındaki sanayi yapılarına uygulanabilir yeni bir yaklaşım getirdiğı söylenebilir. Bununla birlikte, yaklaşımın kullandığı akustik modelleme verilerinin temelde belirli tasarım özelliklerinde (30 m x 60 m x 7,5 m. boyutlarında) dikdörtgen planlı bir hacim ile ilgili veriler olması ve gürültü kaynaklarının üretim alanında düzgün yayılı ve eş dağılımlı noktasal kaynaklardan oluşması çalışmanın sınırlılıkları olarak kabul edilebilir.

Bu tez kapsamında, üretim hacimlerinde kabul edilebilir gürültü ortamının elde edilmesi için geliştirilen yaklaşımın yöntemi, kapsamı ve sınırlılıklarına Bölüm 5’de ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

2. SANAYİ YAPILARINDA GÜRÜLTÜ ETKENİ ve ETKİLERİ

Bu bölümde sanayi yapılarındaki gürültü kaynaklarının genel özellikleri ile ilgili bilgi verilmiş, gürültünün çalışanlar üzerindeki etkileri açıklanmış, ayrıca çalışanların gürültüden etkilenmesine yönelik ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler ile ilgili özet bilgi aktarılmıştır.

Gürültü genel anlamda istenmeyen, hoş gitmeyen düzensiz sesler topluluğu olarak tanımlansa da, gürültünün bilgi kuramları bağlamında tanımlanması da olasıdır; buna göre işitme merkezinin işleyemediği ya da işitsel bilgi biçiminde değerlendiremediği anlık işitsel uyarılar insan tarafından gürültü olarak tanımlanır. (Burrows, 1960).

Üretim etkinliklerinin gerçekleştirildiği makinelerin ve mekanik sistemlerin, motorlu ulaşım araçlarının insan yaşamında yerini almasından önce, el aletleri ile gerçekleştirilen onarım işleri, doğadaki canlı varlıklar ve doğal süreçler, ulaşımı sağlayan at arabaları gibi oldukça sınırlı gürültü kaynakları bulunmaktaydı. Ancak, bu durum uygarlığın ilerlemesiyle birlikte çeşitli üretim ve yapım işlevlerine yönelik makinelerin geliştirilmesi, motorlu ulaşım araçlarının ortaya çıkışı, radyo, televizyon gibi iletişim araçlarının ve çeşitli elektrikli ev aletlerinin yaygınlaşması ile sona ermiş, insan, yaşamının her alanında “gürültü” ile karşı karşıya gelmiştir. İş yerlerinde gerçekleştirilen etkinliklere bağlı olarak ortaya çıkan değişik nitelikteki gürültüler ise, çalışanları çeşitli yönlerden olumsuz etkilemektedir. Özellikle sanayi yapıları, yüksek düzeylerde gürültülerin ortaya çıktığı çalışma ortamları olarak çalışanları fizyolojik ve psikolojik açıdan olumsuz etkileyen gürültülü ortamların başında gelmektedir.

2.1.1 Gürültü kaynaklarının genel özellikleri

2.1.1.1 Gürültünün doğup yayıldığı ortamlara göre sınıflandırılması

Sanayi yapılarındaki gürültü kaynakları, duvar, tavan ve döşemeye tespit edilmiş çeşitli nitelikte mekanik donanımlar ve elektronik sistemlerdir. Bunların oluşturduğu gürültü yapı içinde iki ayrı yoldan yayılmaktadır;

- Katıda doğup yayılan gürültüler,
- Havada doğup yayılan gürültüler

Makinelerden değişik yollarla yapı elemanlarına geçen titreşimler, özellikle türdeş bir yapı oluşturan betonarme sistem içinde az bir kayıpla yol alarak, duvar – döşeme gibi geniş yüzeyli yapı elemanlarını titreşmeye zorlayıp gürültüye neden olabilmektedir. Bu titreşimler

kesintisiz yapı strüktürü boyunca kolayca ilerleyerek yapıdaki bitişik veya bitişik olmayan tüm hacimleri etkileyebilmektedir. Bu nedenle sanayi yapılarında mekanik donanımların titreşimlerinin yapı elemanlarına geçmesinin önlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Darbe gürültüsünün geçişiyle ilgili olarak döşemenin kesit ve gereçsel niteliği, döşemeye düşen ya da etkiyen nesnenin kuvvet itkisini (puls) etkileyeceği için önemlidir. Esnek yüzey katmanlı döşemedeki darbe yalnız alçak frekanslı ses üretirken, sert yüzey katmanlı döşemedeki darbe, yüksek frekanslarda geniş frekans aralığında bir tayf vermektedir. (Erdoğan, 2000).

Perçinleme makinesi, baskı makinesi, giyotin vb. makineler, demirin-çeliğin dövülmesi işlemleri darbe etkisi kaynaklı katıda doğan gürültülerdir. Sönümsüz etki kaynaklı gürültüler ise, darbe gürültüsünde olduğu gibi ani olarak ortaya çıkıp hemen sönümlenmezler. Bunlar doğrudan mekanik donanımların yapı elemanlarını titreşime sokmasıyla ya da havadaki titreşimlerin yapı elemanlarına geçmesi sonucu ortaya çıkarlar. Otomatik dokuma tezgâhları, öğütücüler, karıştırıcılar, motorlar sönümsüz etki kaynaklı gürültülere neden olan kaynaklardır.

Sanayi üretiminde kullanılan makinelerin önemli bir bölümü için gürültülerin hem hava ortamında hem de katı ortamda denetlenmesi önem taşımaktadır. Mekanik donanımlardan kaynaklanan ve havada doğup yayılan gürültü ve titreşimler, devamlı olarak makine başında bulunması gereken operatörü birinci dereceden etkilerken, hava içinde yol alan gürültü, aynı hacimde bulunan diğer çalışanları da etkileyebilmektedir.

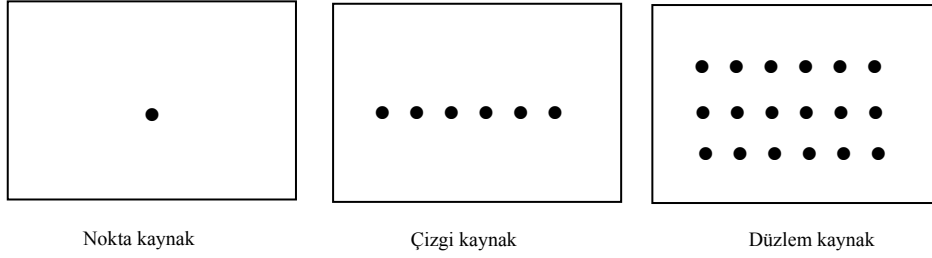
Gürültünün yayılma durumuna göre sınıflandırılması

Nokta kaynak: Gürültünün, kaynağını merkez kabul eden küresel dalgalar şeklinde yayılması durumunda nokta kaynaktan söz edilebilir. Alıcının bulunduğu konuma göre kaynağın büyüklüğü onun nokta kaynak olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceği konusunda belirleyicidir.

Çizgi kaynak: Çizgi kaynakların ise nokta kaynakların yan yana dizilmesiyle oluştuğu kabul edilebilir. Bu durumda yayılan dalgaının karakteri bu nokta dizisini eksen kabul eden silindirler şeklindedir. Örnek vermek gerekirse, tek bir öğütme makinesi nokta kaynak otomotiv sanayindeki araba montaj bandı çizgi kaynak olarak gösterilebilir.

Düzlem kaynak: Genellikle hacimde nokta ya da çizgi kaynakların belli bir düzende yan yana gelmesiyle düzlem kaynak oluşur. Çevresel gürültü yayan bir sanayi yapısı da yerleşim

ölçeğinde düzlem kaynak kabul edilebilir.



Şekil 2.1 Gürültü kaynaklarının yerleşim durumuna göre nokta – çizgi – düzlem kaynak oluşturmaları (Şerefhanoglu Sözen, 2008)

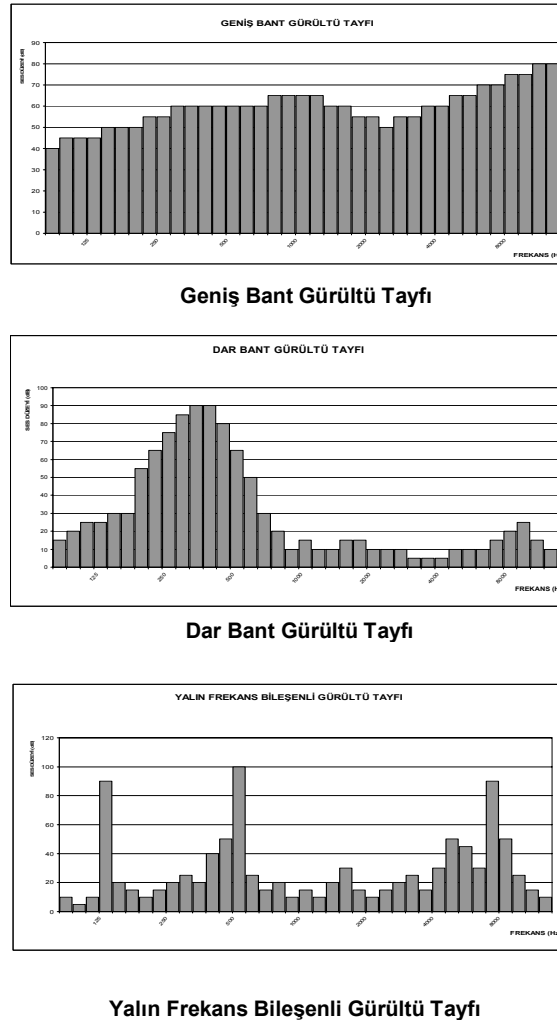
Gürültünün frekans dağılımına göre sınıflandırılması

Gürültüler, genelde frekans ve yeğlilik dağılımları gelişigüzel olan, az ya da çok sayıda frekansın bileşiminden oluşur. Ses enerjisinin frekans tayfındaki dağılım durumuna göre gürültüler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir. (Şekil 2.2)

Geniş bant gürültüler: Ses enerjisinin tüm frekanslara dağıldığı gürültülerdir. Gürültü kaynaklarının genelinde görülen bir durumdur.

Dar bant gürültüler: Ses enerjisinin belli bir frekans bölgesinde yoğunlaştığı gürültülerdir. Bu bölgenin yüksek frekanslarda olması insan kulağının yüksek frekanslara daha duyarlı olması nedeniyle işitsel zarar oluşturma riski daha fazladır.

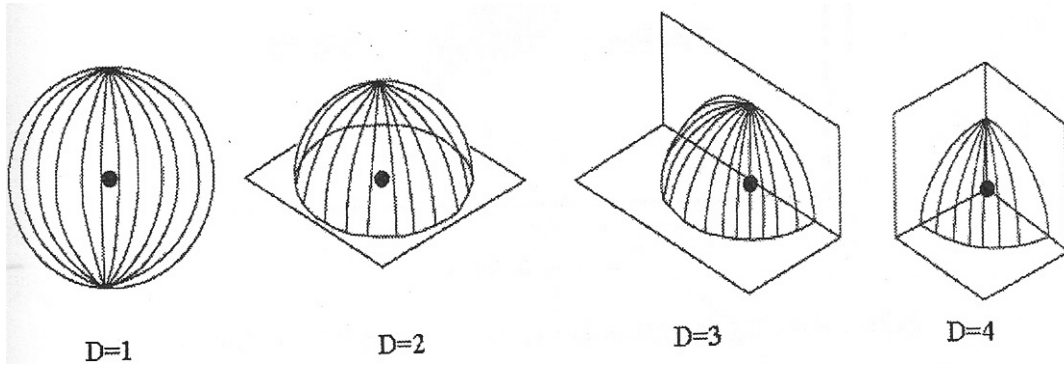
Yalın frekans bileşenleri bulunduran gürültüler: Ses enerjisinin belli frekans ya da frekanslarda yoğunlaşması sonucu frekans tayfı içinde belli noktalarda zirve yapan dar ya da geniş bant özelliği gösterebilen gürültülerdir. Enerjinin belli frekanslarda toplanmış olması işitsel yönden özellikle risk oluşturmaktadır.



Şekil 2.2 Birbirinden ayrı özellik gösteren gürültü tayfı modelleri. (İlgürel, 2004)

Gürültü kaynağının doğrultululuk özelliği

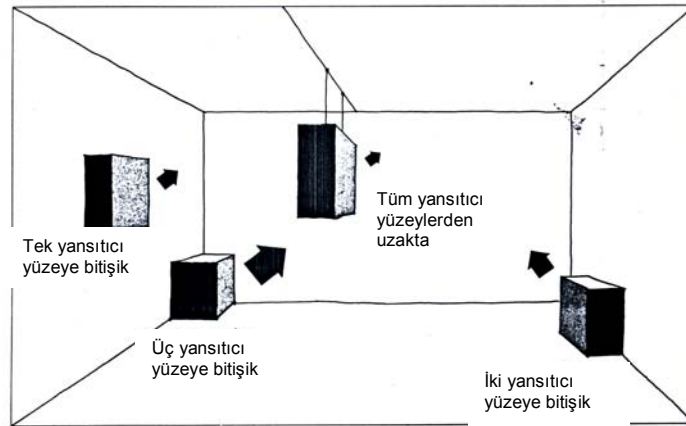
Doğrultululuk özelliği bir ses kaynağının yapısıyla ilgili olarak kaynağın çevresindeki eş ses basınç düzeyi alanlarını tanımlamaktadır. Kaynaktan sabit uzaklıkta ama değişik doğrultularda ölçülen ses basınç düzeyleri kaynağın doğrultululuk özelliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu ayrımlar yüksek frekanslarda belirgin bir biçimde ortaya çıkarken, alçak frekanslar için hemen hemen yok gibidir. Bir kaynağın doğrultululuk özelliğinin belirlenmesinde doğrultuluk modelleri kullanılır. Doğrultululuk modelleri, kaynak çevresindeki eş ses basıncı eğrilerinin çizilmesiyle elde edilen grafiksel gösterimlerdir. Bir kaynağın doğrultululuk özelliğinin ortaya çıkarılması için genelde, yatay ve düşeydeki doğrultululuk modellerinin belirlenmesi yeterli olmaktadır.



Şekil 2.3 Gürültü kaynaklarının yansıtıcı yüzeylerle olan ilişkisine göre doğrultululuk özellikleri (Irwin, Grafer, 1979)

Gürültü kaynağının konumu

Gürültü kaynağının yansıtıcı yüzeylere yakın yerleştirilmesi, ortama yaydığı gürültüde artışa neden olmaktadır. Kaynağın bir yansıtıcı yüzey önünde bulunması, iki ya da üç yüzeyin birleşim noktasında bulunması birbirinden ayrı durumlar ortaya koymaktadır. (Şekil 2.3) Yansıtıcı bir döşeme üzerinde konumlandırılan bir gürültü kaynağından yayılan sesin düzeyi, yansıtıcı yüzeylerden uzakta hacim ortasında asılı bulunduğu duruma göre döşemeden yansıyan ses enerjisinin de eklenmesiyle artmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, gürültü yayan bir ekipmanın yerleştirilebileceği en kötü yer, üç yüzeyin birleşme noktası olan köşeler, en iyi yer ise yüzeylerden uzakta hacmin ortasında asılı olduğu durumdur. (Şekil 2.4) (Sound Research Laboratories, 1991).



Şekil 2.4 Gürültü kaynağının hacim içinde konumlandırılmasında farklı seçenekler (BRUEL&KJAER, 1982)

2.1.2 Sanayi yapılarında gürültü kaynakları

Üretimde kullanılan değişik makine ve mekanik sistemlerin, bulundukları hacimde çalışan kişileri etkilemesinin yanında değişik yollarla diğer hacimlere geçerek burada çalışan kişileri etkilemesi de söz konusudur. Bu etkilemede, gürültülü hacim içinde bulunan kişiler için, makinelerin tipleri, yerleşim düzeni, tespit biçimleri, gürültü kaynaklarının uzaklıkları, hücre içinde bulunmaları, engel arkasında yer almaları, hacim özellikleri gibi etkenler rol oynarken, gürültülü hacim dışında bulunanlar için daha çok mimari yerleşim düzeni ve gürültünün yayılma ortamındaki yapı elemanlarının özellikleri önem kazanmaktadır.

Makinelerden yayılan gürültünün kapalı alanda oluşturduğu dolaysız ve yansımış ses alanları hacimde bulunan çalışanları farklı biçimde etkilemektedir. Bu etkilenmede, gürültü kaynağının ses gücü düzeyi, tayfsal yapısı, zamansal değişimleri, etkilenme süresi gibi etkenlerin dışında üretim hacminin özellikleri de önem taşımaktadır. Makinelerle doğrudan ilişkili kişiler dışında alıcı durumundaki diğer kişiler için, etkisi altında kalınan gürültünün düzeyi ve niteliği, gürültü kaynağından ne kadar uzakta bulunduklarına, kaynakla aralarındaki ortam özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir.

Sanayi yapılarında çalışanları etkileyen gürültüler arasında ilk sırayı genellikle üretim eylemleri sırasında makine ve mekanik donanımlardan kaynaklanan gürültüler almakla beraber; değişik amaçlara hizmet eden elektronik sistemler, çeşitli donatı ve döşem, malzeme ulaşımını sağlayan araçlar (vinç, forklift, yük asansörü vb. taşıyıcı araçlar) ve kişilerin neden olduğu gürültüler ikinci sırada yer almaktadır. (Şekil 2.5)

Sanayi yapılarında üretim sırasında ortaya çıkan gürültüler şu etkiler sonucunda oluşur:

Darbe etkisi: Bir nesnenin bir nesneye çarpmasıyla ortaya çıkan, darbe etkisinin neden olduğu titreşimler sanayi gürültüleri içinde yaygın olarak karşımıza çıkan darbe gürültüsünü oluşturmaktadır. Darbe gürültüsü sadece vurma etkisiyle değil, dişli çarkların dişlerinin birbiriyle etkileşimi sırasında da ortaya çıkmaktadır. Birbirine vuran yüzeylere sönümleyici gereçler uygulanması durumunda ortaya çıkan enerjinin azalmasıyla birlikte ses alçak frekanslara kayarak daha az problem oluşturmaktadır.

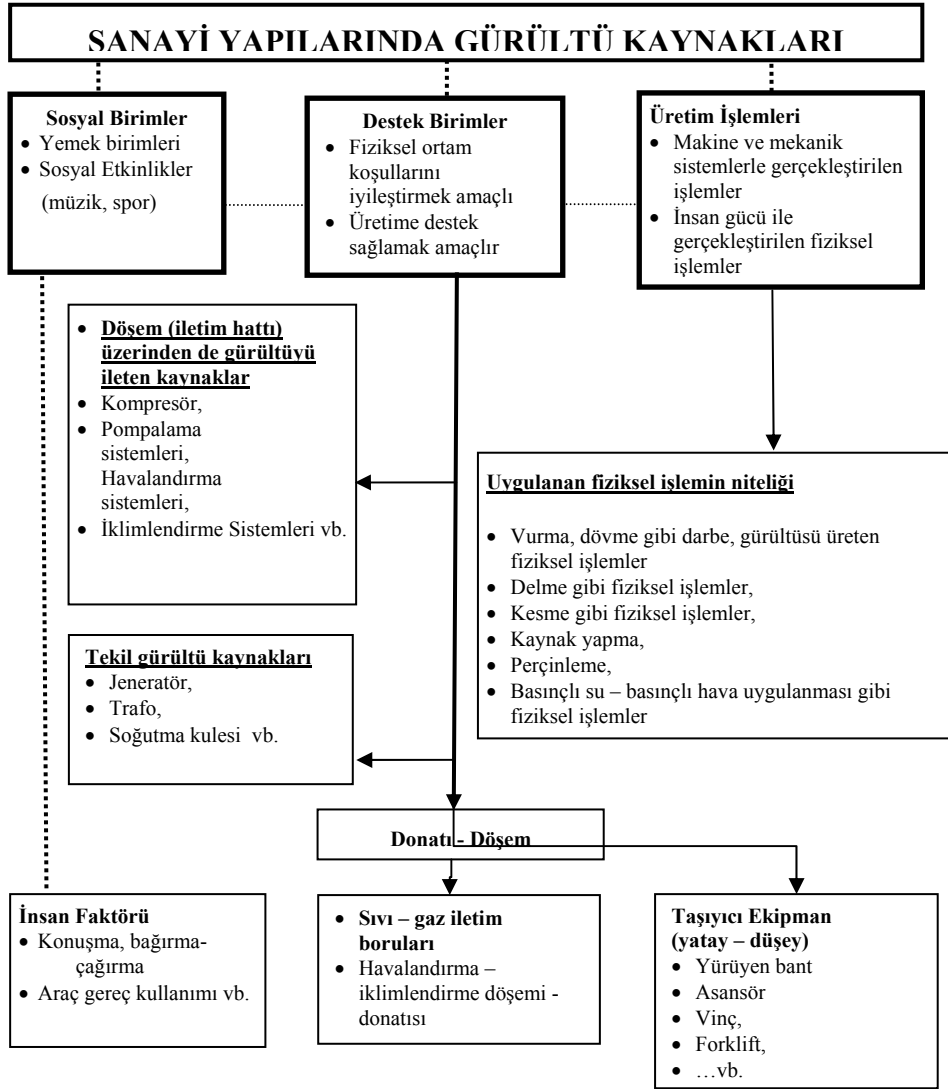
Periyodik hareketler: Bir makine parçasının periyodik hareketi ya da titreşimi alt duyma eşiğinin üzerinde olursa, bu parça gürültü kaynağı durumuna gelmektedir. Bu tür titreşimlerin en bilinen örneklerinden biri hızla dönen dengesiz makine parçaları ya da dengesiz pistonlu sistemlerdir. Bu yolla yayılan sesler çoğunlukla alçak frekanslıdır.

Sürtünme etkisi: Birbiriyle ortak yüzeyi bulunan kayıcı yüzeylerdeki gerilmeler sürtünme kuvvetini oluşturmaktadır. Öğütme ve kumlama gibi işlemler sırasında sürtünme yoluyla oluşan gürültü, diğer sanayi işlemlerindeki kadar büyük değildir. Sürtünme, torna tezgâhlarının kenarında, diğer makine parçalarında, frenlerde, kötü yağlanmış mil yataklarında, taşıyıcılarda görülmektedir. Gürültünün tayfı genellikle rahatsız edici yüksek frekanslı bileşenler içermektedir.

Hidrolik kuvvetler: Pompa ve benzeri donanımlar tarafından hareket ettirilen akışkanların iletim boruları içinde yol alırken boru duvarlarına etki etmeleri ya da hızla hareket eden akışkanda ortaya çıkan ani basınç değişimleri gürültüye neden olmaktadır. Akışkanların etkisiyle ortaya çıkan gürültülerin düzeyi, bunların iletim boruları içindeki hızlarına bağlı olarak hızla artmaktadır. Hidrolik etkilerden kaynaklanan gürültü, motor, pompa, valf ve sistemdeki diğer bileşenlerin tasarımı ile bağlantılıdır. Keskin dönüşler, kelebek vanalar ve kanal içindeki diğer düzensizlikler özellikle gürültüye neden olmaktadır.

Aerodinamik kuvvetler: Fan, üfleyici, kompresör gibi donanımlar tarafından harekete geçirilen veya basınç altında sıkıştırılan hava veya gazların neden olduğu gürültülerdir. Aerodinamik kuvvetlerden kaynaklanan gürültüler ikiye ayrılmaktadır:

- 1- Dolaysız aerodinamik etkilerden kaynaklanan gürültü: Hava akışının neden olduğu türbülansın sonucu ortaya çıkan gürültüdür.
- 2- Dolaylı aerodinamik etkilerden kaynaklanan gürültü: Hava akışı ve katı yüzeylerin etkileşimleri sonucu ortaya çıkan gürültüdür (Erdoğan, 2000).



Şekil 2.5 Sanayi yapılarındaki gürültü kaynaklarının şematik gösterimi. (Şerefhanoglu Sözen, İlgürel 2005)

2.2 Gürültünün Sanayi Çalışanları Üzerindeki Etkileri

Gürültülü ortamlarda çalışanlarda, çalışma sürelerine, gürültünün düzeyine, frekans yapısına, zamansal karakterine bağlı olarak dolaylı-dolaysız çeşitli fizyolojik ve psikolojik etkilenmeler söz konusudur.

2.2.1 Gürültünün Çalışanlar Üzerindeki Fizyolojik Etkileri

Gürültünün, insanın fizyolojik sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin başında bir meslek hastalığı olarak yaygın biçimde görülmesi ve gürültü ile doğrudan ilişkisinin kurulabilmesi nedeniyle işitme kayıpları gelmektedir. Bunun dışında, cilt direncinde oluşan değişimler,

istemli kasları kapsayan refleksler, kan basıncının artması, kan dolaşımının yavaşlaması, hormonal dengenin bozulması ve buna bağlı olarak gelişen kalp-damar hastalıkları gibi gürültünün insan organizması üzerinde kısa ve uzun süreli birçok olumsuz fizyolojik etkisi bulunmaktadır. (IHA, 1987)

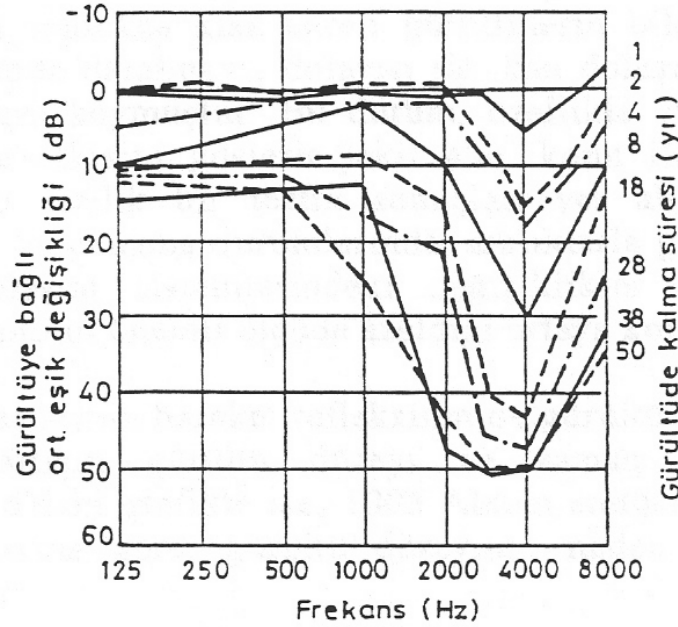
Yaşlanmaya bağlı olarak gelişen *presbicusis* ve kişinin günlük etkinlikleri ile bağlantılı ortaya çıkan *sociocusis* dışındaki işitme kayıplarının hemen hepsi gürültülü çalışma ortamlarından kaynaklanan işitme kayıplarıdır. Bu işitme kayıpları, gürültünün uzun süreli etkisine bağlı olarak ya da yüksek düzeyli ani gürültülerin sonucu işitme duyusunun kısmen ya da bütünüyle kaybı şeklinde çalışanlarda ortaya çıkabilmektedir. Kalıcı işitme kayıpları, işitme kaybının derecesine bağlı olarak kişinin yaşamını önemli ölçüde etkileyebilir, özellikle işitme yoluyla iletişimin gerçekleştirildiği meslek kollarında kişinin iş göremez duruma gelmesine neden olabilmektedir. (Sanders, McCormick, 1987)

2.2.1.1 Sürekli Gürültü Etkisi İle Oluşan Geçici İşitme Kayıpları

Bir süre gürültü etkisi altında kalınması ve belli bir dinlenme süresinin geçmesinin ardından, yapılan odyometrik işitme testleri ile işitme duyusunun eski durumuna döndüğü belirlenen işitme kayıplarıdır. Bu test gürültüden etkilenme sona erdikten genellikle 2 dakika sonra yapılmaktadır. Gürültüden etkilenmeden önceki durum referans alınarak yapılan değerlendirmeye göre ortaya çıkan ayırım *geçici işitme eşiği yükselmesi* olarak tanımlanmaktadır. Geçici işitme eşiği yükselmesine neden olmayan gürültüler, düzeyleri frekansa bağlı olarak değişmekle birlikte genelde 60-65 dB(A) aralığında yer almaktadır. 80-195 dB(A) aralığındaki düzeyler için işitme eşiği değişimleri etkilenilen düzeyin artışının logaritmasıyla orantılı olarak artar. İşitme eşiği yükselmesi, etkilenme süresi ile de logaritmik ilişki içindedir; önce hızla gelişen işitme eşiğindeki yükselme daha sonra giderek yavaşlayan bir eğilim içindedir. 40 dB(A)'dan küçük geçici işitme kaybının düzelmesi için geçen süre ile, iyileşme süresi arasında logaritmik ilişki kurulabilmektedir. (Sanders, McCormick, 1987)

Geçici işitme eşiği yükselmesinin oluşması ve iyileşmesi süreçlerinin ikisinin de geçen bu süreler ile ilişkisi, geçen zamanın logaritmasına bağlı olsa da iyileşme süresi, etkilenme süresinden uzun sürmekte; örneğin bir saatten az bir etkilenme ile işitme eşiğinde ortaya çıkan 25 dB(A)'lık bir değişimin düzelmesi için 16 saat gerekmektedir. (Davies, Jones, 1982) İşitme eşiği yükselmesinde, belli bir gürültünün etkisi, gürültünün frekansından daha yüksek frekanslarda ortaya çıkmakta; örneğin 700 Hz'lik yalın bir sesin neden olduğu işitme kaybının zirve değeri 1000 Hz ve üstündedir. Bununla birlikte, en kolay ve hızlı etkilenme, 3000-4000

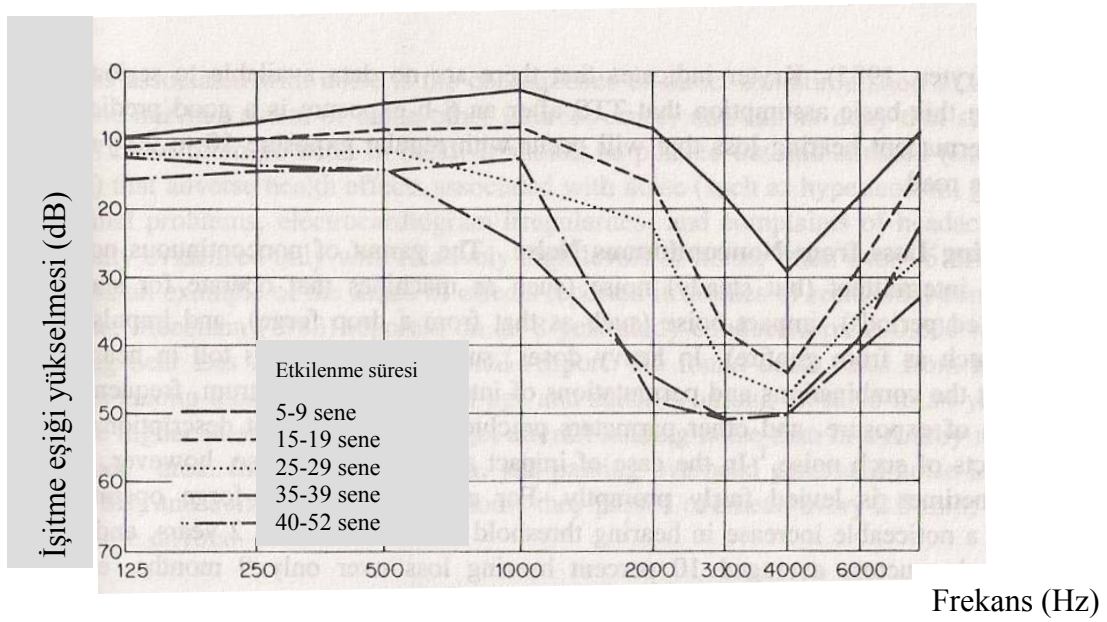
Hz arasında kalan frekanslarda, özellikle de 4000 Hz dolaylarında olmaktadır. Şekil 2.6'da görülen grafikte, orta frekansı 1700 Hz olan bir oktav bantlık gürültünün, 4000 Hz'de neden olduğu geçici eşik değışikliğı görölmektedir.



Şekil 2.6 4000 Hz'de ortaya çıkan geçici işitme eşiğı değışimine bir örnek.
(Sanders, McCormick, 1987)

2.2.1.2 Sürekli Gürültü Etkisi İle Oluşan Kalıcı İşitme Kayıpları

Genellikle, bir süre yüksek düzeyde gürültü etkisi altında kalındıktan sonra, gürültü düzeyi ve etki süresine bağılı olarak birkaç saat ya da birkaç gün içinde işitme duyusunun geri kazanıldığı görölmektedir. Bununla birlikte, gürültüden etkilenme yinelenendiğinde her defasında işitme duyusunun biraz daha az geri kazanıldığı ve giderek işitme duyusundaki kalıcı kaybın arttığı belirlenmektedir. Kalıcı işitme kaybı çoğunlukla ilk olarak insan kulağının en duyarlı frekans bölgesindeki 4000 Hz'de ortaya çıkmakta, gürültünün kümülatif etkisine bağılı olarak önce 4000 Hz'deki işitme kaybı belirginleşmekte, sonra daha geniş bir frekans aralığına yayılmaktadır. Ancak, bu frekans bölgesi genellikle 3000Hz - 6000Hz aralığının dışına çıkmamaktadır. Şekil 2.7'de dokumacı kadınların etki altında kaldıkları, 1000 ve 2000 Hz'de zirve değeri bulunan 99 - 102 dB(A) arasında değışen geniş bant gürültüye bağılı olarak geliştirdikleri işitme kaybı grafik olarak gösterilmiştir. (Sanders, McCormick, 1987)



Şekil 2.7 Dokumacı kadınlar arasında çalışma süresine ve frekansa bağlı ortalama işitme kaybı değerleri (Sanders, McCormick, 1987)

Gürültüye bağlı işitme kaybı en sık karşılaşılan meslek hastalıkları arasında yer alır ve en sık rapor edilen ikinci meslek hastalığıdır. Güncel bir araştırmaya göre ABD’de yaklaşık 9 milyon çalışan eşdeğer gürültü düzeyi değerlendirmesine göre 85 dB(A) ve üzerinde gürültü düzeylerinden etkilenmektedir. Gürültüye bağlı işitme kayıpları öncelikle, kişinin işitsel duyarlılığını gösteren grafikler olan ‘audiogram’larda insanın konuşma seslerinin yer aldığı frekans aralığında bulunan 4000 Hz frekansında gözlenmektedir. (Nelson, Nelson, 2005)

Dünya genelinde, yetişkinlerde görülen işitme kaybı özürlerinin %16’sı gürültülü çalışma ortamlarına bağlanmaktadır. Leigh, işitme kaybı verilerine bakarak yıllık 1,628,000 kişi düzeyinde olay belirlemiştir ki bu her 1000 eski çalışan için 1,9 oranında yıllık artışa karşılık gelmektedir. (Leigh Macaskill, Kuosma, Mandryk, 1999).

80 dB(A)’nın üzerinde uzun süreli gürültü etkisinde kalma işitme kaybı açısından giderek artan bir risk oluşturmaktadır. Bu etki gürültü düzeyi artışı ile üstel bir ilişki içindedir ve sonuçta işitme duyusunun kalıcı olarak zarar görmesi ile sonuçlanmaktadır. Bu nedenle işitme duyusunun zarar görmesi riski yaşa bağlı olarak artmaktadır. İşitme kaybı ile ilgili belirlemelerde 1, 2 ve 4 kHz frekanslarında ortalama 25 dB ve üzeri işitme eşiği yükselmesi belirgin işitsel zarar göstergesidir. İşitsel duyusunun bu derecede yitirilmesi konuşmanın anlaşılabilirliğini önemli ölçüde etkileyerek kişinin sosyal ortamlarda ilişki kurmasını

güçleştirmektedir. Yapılan genel değerlendirmelere göre, gürültünün kümülatif etkisi göz önünde bulundurularak 35 yaşına kadar gürültülü ortamda çalışmış olan bir kişi ile 60 yaşına kadar çalışmış olan bir kişinin işitme duyusunun zarar görmüş olma olasılıkları sırasıyla % 10 ve % 50 olarak kabul edilmektedir. Gürültülü ortamlarda solvent'ler ya da ağır metaller gibi toksinlerin etkisi altında kalınmasının gürültünün zarar verici etkisini arttırdığı belirlenmiştir. (Morata, Dunn, Kretschmer, Lemasters, Keith, 1993)

2.2.1.3 Süreksiz Gürültü Etkisi İle Oluşan Kalıcı İşitme Kayıpları

Süreksiz gürültünün neden olduğu işitme kayıpları, durağan kesintili gürültü (belirli kısa aralıklarla çalışan makineler), darbe gürültüsü (ağır bir kitlenin düşüşü sonucu iş gören makineler), impulsif gürültülerden(silah ateşlenmesi) kaynaklanabilmektedir. Yüksek dozda etkilenilen bu tür gürültülerde işitme kayıpları söz konusu olsa da, gürültünün düzeyi, etkilenme süresi, gürültünün frekans tayfı gibi etkenler işitme kayıpları ile ilişkisinin basit biçimde kurulmasını önlemektedir. Bununla birlikte, darbe ve impulsif gürültülerin neden olduğu iki örnek bu gürültülere bağlı işitme kayıplarının kolayca ortaya çıkabileceğini göstermiştir; 35 çekiç darbesini kullanan bir makinenin operatörlerinde 2 sene içinde fark edilebilir derecede işitme eşiği yükselmesi belirlenmiş, silahla ateş eden 45 kişinin % 10'unda kulak koruyucusu kullanmalarına karşın 9 ay içinde işitme kayıpları gelişmiştir. (Sanders, McCormick, 1987)

Akustik travma ise, kulağın çok kısa süreli de olsa, yüksek ses enerjisi nedeni ile ani olarak hasara uğramasıdır. Ses basınç düzeyi 120 dB'in üzerinde olduğunda, kulak zarının ve orta kulak elemanlarının büyük genlikli titreşimleri sonucu iç kulakta hasar ve dengenin bozulması söz konusudur. 130 dB'in üzerindeki düzeylerde ise, büyük oranda akustik travma oluşmaktadır.

2.2.2 Gürültünün Çalışanlar Üzerindeki Psikolojik Etkileri

Fizyolojik etkilenmelerin dışında gürültünün önemli psikolojik etkileri de bulunmaktadır. Bunların içinde başlıcaları; yorgunluk, sinirlilik, gerginlik, sıkıntı, uykusuzluk, öğrenmede güçlük, sosyal davranışlarda değişiklik olarak sıralanabilmektedir.

Gürültüye bağlı olarak işyerlerinde çalışanların hoşnutsuzlukları ve buna bağlı olarak iş veriminin azalması ekonomiyi de ilgilendiren ve ülke genelinde yaygın karşılaşılan bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Gürültünün, iş verimi, öğrenme, okuma gibi konularda yol açtığı performans değişimlerinin saptanması çalışmaları, 1930'lardan beri süregelmektedir.

Bu çalışmalar; gürültüye ve gürültü değişimlerine alışma, kişinin zeka derecesi, yapılan işin güçlüğü, yaş vb. gibi neredeyse sayısız etkenin performans değişimlerini etkilemesi nedeniyle, performans düşüklüğüne yol açan gürültü tipleri ve kritik gürültü düzeylerinin ortaya konamayacağını göstermiştir. (Kavraz, 2006)

Gürültünün, önemli olumsuz etkilerinden birisi de çalışanların çalışma ortalarından duydukları hoşnutsuzluk ve çalışma veriminin azalmasıdır. Gürültülü çalışma ortamları ile ilgili yapılan 58 deneyin 29'unda gürültüye bağlı olarak iş veriminde azalma belirlenirken, 28'inde olumsuz bir bulguya rastlanmamış, 7'sinde ise gürültünün performansı artırıcı bir etkisi olduğu saptanmıştır. Bunun nedeninin, iş yerlerinin bir bölümünde sürekli gürültü ortamı söz konusu iken, bir bölümünde kesintili bir gürültü ortamı olduğu için test edilen gürültü ortamlarının birbirinden ayrı özellikler taşıması olabileceği belirtilmiştir. (Sanders, McCormick, 1987)

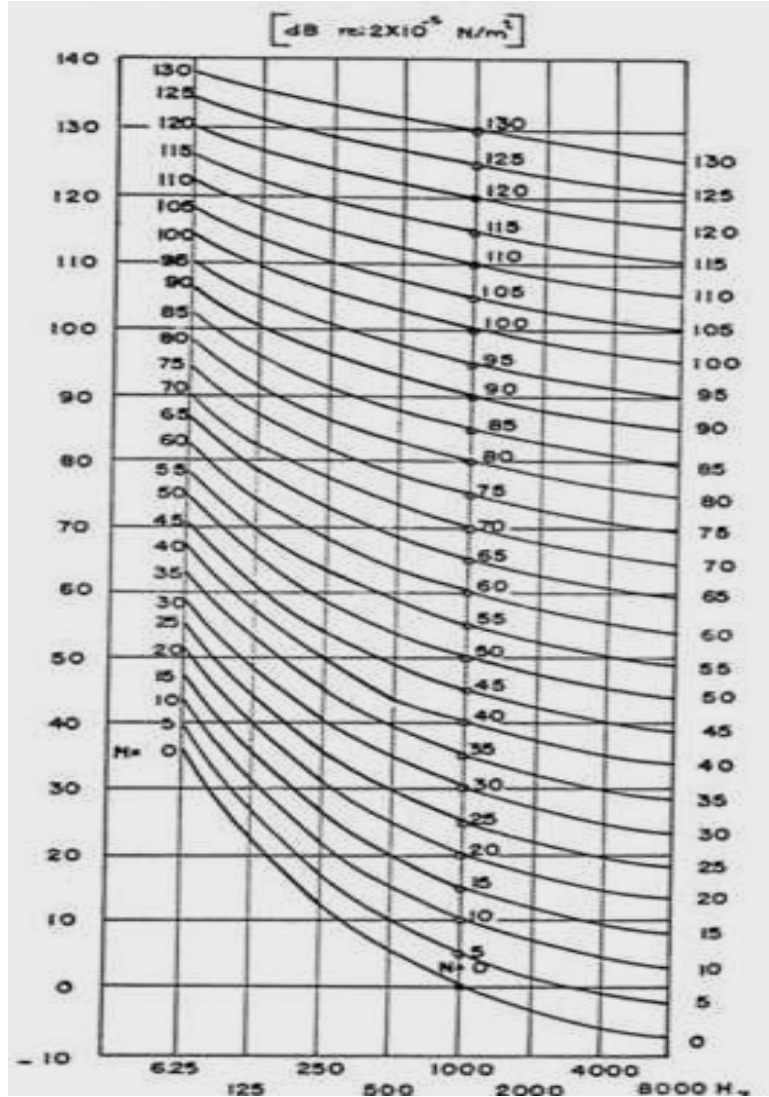
2.3 Gürültü Etkilenmesini Değerlendirmede Kullanılan NR Eğrileri ve Doz Etkilenmesi

Gürültüden etkilenme ile ilgili belirlemelerde genelde, insan kulağının frekansa göre değişen işitsel duyarlılığına göre hazırlanmış olan Noise Rating (NR, gürültü değerlendirme) eğrilerinden yararlanılmaktadır. (Şekil 2.8)

NR değerleri ISO (International Organization for Standardization) tarafından, laboratuvar ortamında yapılan deneylerde gürültünün kümülatif etkisi sonucunda ortaya çıkan kalıcı işitme eşiği değişimlerinin, geçici işitme eşiği değişimlerine benzetilmesi yoluyla oluşturulmuştur. NR değerlendirme ölçütlerinin oluşturulmasında, işitsel zarar riski yönünden özellikle önem taşıyan konuşmayla ilgili işitme frekansları (500 – 1000 – 2000 Hz) göz önünde bulundurulmuştur. (ISO, 1990)

1000 Hz'ten daha yüksek frekanslı sesler, işitme eşiğinde daha fazla yükselmeye neden olduğundan NR eğrileri bu frekanslarda etkilenme eşiğini düşürerek daha küçük değerler almaktadır. NR eğrileri, insan kulağının duyarlılık durumunu ortaya koyan Fletcher Eğrileri (Eş seslilik eğrileri)'nde olduğu gibi frekans ve düzeye bağlı olarak değişim göstermekte ve yüksek düzeylerde frekanslar arasındaki duyarlılık ayrımı giderek azalmaktadır. Eğrilerin oluşturulmasında 1000 Hz frekansı kullanılarak duyarlılık testleri yapıldığı için bu frekansta NR değeri ile etkilenilen gürültü düzeyi eşitlenmektedir. Etkilenilen gürültü geniş bant karakteri taşıdığı ve gün boyunca aralıksız olarak gürültüden etkilenme söz konusu

olduğunda düzeltme abakları kullanılmadan doğrudan NR eğrilerinden yararlanılabilmektedir. (MŞS, 1987)



Şekil 2.8 NR (Noise Rating) Eğrileri (ISO 1980; Şerefhanoglu, 1987)

2.3.1 Çalışanların Gürültüden Etkilenmesinde Doz Kavramı

Çalışanların gürültüden etkilenme düzeyinin bilinmesi, işitme kayıpları başta olmak üzere gelişebilecek sağlık risklerine karşı zamanında önlem alınabilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle çalışan kişilerin günlük ve haftalık gürültü doz etkilenmesinin izlenmesi önem taşımaktadır. Bu amaçla günümüzde kişinin toplam etkilenme durumunu hesaplayabilen, çalışan kişinin üzerinde taşıyabildiği dozimetre olarak adlandırılan ölçüm aygıtları kullanılmaktadır. Gürültü dozu terimi özellikle çalışanların işitsel zarar riskine karşı geliştirilmiş bir büyüklüktür, eşdeğer ses basınç düzeyi, gürültü etkilenim düzeyi terimlerinden farklı olarak ses ile ilgili fiziksel bir büyüklük tanımlamamaktadır.

Gürültülü ortamda çalışan bir kişinin günlük doz etkilenmesinin izin verilen sınırlar içinde olup olmadığının denetlenmesi için o kişinin ne kadar süre ile ne düzeyde gürültü etkisinde kaldığının bilinmesi gerekmektedir.

$$D = C_1 / T_1 + C_2 / T_2 + \dots + C_n / T_n < 1 \quad (2.1)$$

olmalıdır.

C: Belirli düzeyde bir gürültüden etkilenme süresi

T : Aynı düzeyde gürültü için izin verilen etkilenme süresi

ISO'nun önerisinde (ISO/R 1999) ve bundan uyumlulaştırılan TS 2607 standardında, değişik gürültü düzeylerinde değişik sürelerde çalışmanın eşdeğeri sayılabilecek eşdeğer sürekli ses düzeyini pratik olarak hesaplama yöntemi, daha sonra da, hesaplanan eşdeğer sürekli ses düzeyinden, karşı karşıya kalınan işitme kaybı riskini belirleme yöntemi verilmiştir. (Özgüven, N., 1985)

Bir günlük çalışma süresince etkisi altında kalınan gürültü düzeyinde değişmelerin olduğu durumlarda günlük gürültü dozunun bulunmasında, kimi ülkelerde 8 saatlik çalışma günü ya da 40 saatlik çalışma haftası için hesaplanacak eşdeğer sürekli ses düzeyi kullanılmaktadır.

• Doz Etkilenmesinin Hesaplanması

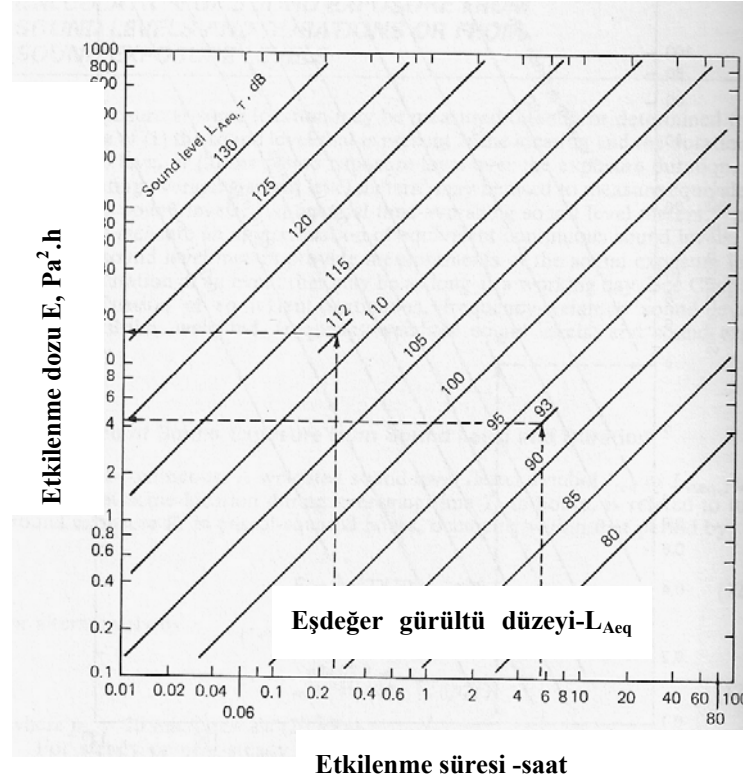
Sanayi çalışanlarının gürültü etkilenmeleri ile ilgili belirlemeler genelde günlük ve haftalık olarak etkilenilen doz kavramına göre yapıldığı için burada doz kavramı üzerinde durulmuştur.

Gürültü dozunun hesaplanmasında, belirli bir sürede toplam ses enerjisini bulabilmek için eşdeğer ses düzeyini hesaplayabilen ölçme aygıtlarından (Integrating Sound Level Meter) ya da temel ses ölçümü yapabilen ses basınç düzeyi ölçerlerden yararlanılmaktadır.

Belirli bir sürede zamansal ortalamaya bağlı olarak elde edilen eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi değeri, o süre içinde etkilenilen toplam enerjiyi tanımlayan E (pa²) ile ilişkilidir. (Cyril, Marsh, William, 1998)

$$E = (p_{o2T})[100.1 \times Leq] \quad (2.2)$$

P_o = 20 mPa.



Şekil 2.9 Etkilenilen gürültü dozunun etkilenme süresi ve eşdeğer sürekli gürültü düzeyi parametresine bağlı olarak bulunması. (Cyril, Marsh, William,1998)

8 saatlik çalışma süresi için uyumlulaştırılmış ortalama gürültü düzeyi (L_{8hn}), 8 saatlik çalışma süresinde (T_n) etkilenilen gürültü dozu göz önünde bulundurularak 8 saatten daha kısa ya da uzun çalışma sürelerinde (T) etkilenilen gürültü dozunun hesaplanmasına yardımcı olmaktadır.

$$L_{8hn} = L_{eq} + 10 \log (T / T_n) \quad (2.3)$$

İmpulsif Nitelikte Gürültülerin Değerlendirilmesi

Gürültülü ortamlarda çalışan kişilerin gürültüden etkilenmesinde değerlendirilmesi gereken bir konu da impulsif gürültülerin neden olduğu etkilenmelerdir. İmpulsif nitelikte gürültülerin ölçülmesi ani çıkış ve sönümlenme sürelerinden ötürü ancak, tüm frekans bantlarını kapsayan gerekli donanımı olan aygıtlarla gerçekleştirilebilmektedir. İmpulsif nitelikte gürültülerin ölçme aygıtlarıyla tam olarak değerlendirilebilmeleri güç olduğu gibi insan kulağı da önemli işitsel zarar riski taşımalarına karşın bu tür sesleri kolay ayırt edememektedir. (Cyril, Marsh, William,1998)

2.4 Sanayi Çalışanlarının Gürültü Etkilenmesi İle İlgili Uluslararası Yasal Düzenlemeler

Bu bölümde, sanayi çalışanlarının gürültüden etkilenmelerinin denetlenmesini amaçlayan uluslararası ve ulusal yasal düzenlemelere yer verilmiştir.

ABD’deki OSHA (Occupational Safety and Health Act) tarafından hazırlanan **Occupational Noise Regulations - 1910.95**’da gürültülü ortamlarda çalışanlar açısından 8 saatlik günlük çalışma süresi göz önünde bulundurularak 2 aşamalı eylem planı oluşturulmuştur. Buna göre, çalışan kişinin günlük olarak etkisi altında kaldığı ortalama gürültü düzeyinin 85 dBA’yı ve 90 dBA’yı aşması durumunda uygulanması gereken eylem planları Çizelge 2.1’de özetlenmiştir. Gürültü düzeylerinin 95 dBA’yı aştığı durumlarda ise kullanılan kulak koruyucularının ses azaltım değerlerinin özellikle kontrol edilmesi önerilmektedir. (www.osha.gov)

Çizelge 2.1 OSHA’ya göre gürültüden etkilenmeye bağlı eylem planları (www.osha.gov)

Eşdeğer gürültü düzeyi	Günlük doz	Eylem Planı	Açıklama
85 dBA +	%50+	İşitme Korunma Programı	- Çalışanlar için kişisel kulak koruyucularının sağlanması (kullanılması kişiye bağlı) - Çalışanların gürültüye bağlı zararlar konusunda bilgilendirilmeleri - Gürültü düzeylerinin düzenli olarak izlenmesi
90 dBA+	%100+	Gürültü Denetimi Programı	- Kulak koruyucularının kullanılması zorunludur. - Yüksek düzeyli gürültü etkisi altında çalışmanın zararları ve kulak koruyucusu kullanımı konularında eğitim verilmesi gerekir. - Çalışanlara odyometrik testlerin düzenli yapılması zorunludur.

Çizelge 2.2’de OSHA tarafından hazırlanan “Occupational Noise Regulations - 1910.95”a göre etkilenme süresine bağlı izin verilen gürültü düzeyleri verilmiştir. Buna göre, kişinin çalışma günü süresince değişik sürelerde farklı düzeyde gürültülerden etkilenmesi durumunda

Denklem. 2.1'deki formülden yararlanması gerekir.

Çizelge 2.2 OSHA'ya göre Etkilenme Süresine Bağlı İzin Verilen Gürültü Düzeyleri
(www.osha.gov)

Günlük etkilenme süresi	A-ağırlıklı ses düzeyi	Günlük etkilenme süresi	A-ağırlıklı ses düzeyi
8	90	2	100
6	92	1.5	102
4	95	1	105
3	97	0.5	110
Impulsif nitelikteki gürültüler 140 dB'i aşmamalıdır.			

Avrupa Birliği ülkelerinde, 6/2/2003 tarih ve **2003/10/EC sayılı Avrupa Parlamentosu Yönergesi**, getirdiği yasal sınırlamalar ile çalışanları gürültünün etkilerinden korumayı amaçlamaktadır. (AP Yönergesi, 2003)

Yönerge'nin amacı, gürültülü ortamlarda çalışanları doğrudan ya da dolaylı olarak gürültüden etkilenme sonucu doğabilecek sağlık zararlarından ve özellikle işitme kaybı riskinden korumak amacıyla minimum gereksinimlerin belirlenmesi olarak açıklanmıştır. Yönerge'in uygulanma alanı, çalışanların çalışma koşullarının kaçınılmaz bir sonucu olarak gürültüden etkilenme riski ile karşı karşıya oldukları tüm çalışma alanları olarak belirlenmiştir.

Yönerge, öncelikle olabildiği ölçüde gürültüsüz çalışma ortamlarının tasarlanmasını istemektedir. Bununla ilgili olarak Yönerge 89/391/ EEC, madde 6(2)'ye gönderme yaparak, gürültü denetimi ile ilgili temel konulara dikkat çekmektedir ;

- Çalışanların gürültüden etkilenmesini en aza indirecek yeni çalışma yöntemlerinin geliştirilmesi,
- İstenilen çalışma koşullarına uygun olası en düşük gürültü emisyonu olan makinelere öncelik verilmesi,
- İş yeri yerleşim düzeninin planlanması ve çalışma ortamlarının tasarımı,
- Kullandıkları ekipmanın gürültüsünden en aza etkilenecek şekilde etkili kullanmaları konusunda çalışanların eğitilmeleri,
- Gürültü denetimi ile ilgili teknik önlemlerin alınması,

- Hava doğuşlu seslerin engel kullanımı, ses yutucu gereç kullanımı,vb. yoluyla azaltılması,
- Katı doğuşlu seslerin titreşim yalıtımı ve sönümlemesi ile önlenmesi
- Çalışma ortamındaki teknik donanımların bakımlarının düzenli olarak yapılması,
- Çalışma koşullarının düzenlenmesi,
 - Gürültüden etkilenme süresinin ve etkilenme düzeyinin azaltılması,
 - Uygun dinlenme aralıklarını içeren çalışma programları yapılması.

Eğer, yukarıda belirtilen önlemler çerçevesinde çalışanların gürültüden etkilenmelerinin önüne geçilemiyorsa, Yönerge'nin kişisel önlemler bölümünde belirtilen koşullara uyulması gerekmektedir. Buna göre, biri etkilenme sınır değeri, diğer ikisi ise alt ve üst etkilenme değerleri olmak üzere üç ayrı değer belirlenmiş ve aksi durumda yasal yaptırım uygulanmak üzere Avrupa Birliği'ne üye ülkelerdeki gürültülü çalışma ortamları için bu belirlemelere uyulmasını ve gerekli önlemlerin alınmasını zorunlu kılmıştır.

Çalışanların gürültü etkilenmeleri ile ilgili sınır değerler;

- (a) Etkilenme sınır değeri : LEX, 8h = 87 dB (A) ve Pzirve = 200 Pa (140 dB(C)-re.20mPa)
- (b) Üst etkilenme değeri : LEX, 8h: 85 dB(A) ve Pzirve :140 Pa (137 dB(C) re.20mPa)
- (c) Alt etkilenme değeri : LEX, 8h: 80 dB (A) ve Pzirve :112 Pa (135 dB(C) re.20mPa)

olarak belirlenmiştir.

Yönerge'nin istediği koşullar özet olarak aşağıda verilmiştir;

- Çalışanın gürültü etkilenmesi, alt etkilenme değerini(c) aşıyorsa, işveren uygun kulak koruyucusunu çalışanların kullanımına hazır bulundurmak durumundadır.
- Çalışanın gürültü etkilenmesi, üst etkilenme değerini (b) aşıyorsa çalışan kulak koruyucusunu gürültülü çalışma ortamında bulunduğu sürece takmak zorunda, işveren ise takıldığını denetlemek ile yükümlüdür.
- Etkilenme sınır değeri (a) açısından, çalışanın durumunun değerlendirilmesinde kullanılan kulak koruyucusunun azaltım değerinin göz önünde bulundurulması, ancak üst (b) ve alt (c) etkilenme değerleri açısından kulak koruyucusunun etkisinin göz ardı

edilmesi gerekir.

- Yeterli ölçümle tespit edilen haftalık gürültü etkilenme düzeyi 87 dB(A) etkilenme sınır değerini aşmamalıdır.
- Çalışanın gürültü etkilenmesi hiçbir koşulda etkilenme sınır değerini aşmamalıdır. Eğer alınan tüm önlemlere karşın çalışanın gürültü etkilenmesi, etkilenme sınır değerini aşıyorsa, işveren çalışanın gürültü etkilenme değerinin, etkilenme sınır değerini aşma nedenini ortaya çıkarmak ve gerekli önlemleri hemen almakla yükümlüdür.
- Kulak koruyucusu işlevini en iyi biçimde yerine getirmeli ve işitsel zarar riskini en aza indirmelidir.
- Çalışanların etkilendikleri gürültülerin düzeyleri günden güne önemli değişimler gösteriyorsa, günlük etkilenme dozu yerine haftalık etkilenme dozu kullanılabilir.
- İşveren, uygun kulak koruyucularının çalışanlar tarafından çalışma ortamında takıldığından denetlenmesinden ve gürültü denetimi ile ilgili Yönerge’de yer alan önlemlerin uygulanmasından sorumludur.

2.4.1 Sanayi Çalışanlarının Gürültü ve Titreşim Etkilenmesi İle İlgili Ulusal Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından, 4857 Sayılı İş Kanununun 78. maddesi uyarınca **Gürültü Yönetmeliği, Titreşim Yönetmeliği ve İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Yönetmeliği** hazırlanmıştır.(ÇSGB,2003a, 2003b)

09.12.2003 tarihinde yürürlüğe konan 25311 sayılı **İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Yönetmeliği**, işyerlerinde sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için alınacak önlemleri belirler. Bu yönetmelikte “İşin kişilere uygun hale getirilmesi için, özellikle işyerlerinin tasarımında, iş donanımları, çalışma şekli ve üretim metotlarının seçiminde özen gösterilmesi” gerekliliğiyle ilgili hükümler yer almaktadır.

14765 sayılı **İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü** ise 11.01.1974 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu Tüzük’te işyerinde işçilerinin sağlığını ve iş güvenliğini arttırmak için sağlanması gereken koşullar ve güvenlik önlemleri belirtilmiştir. İşyerinin karşılaması gereken minimum fizik koşulları ve gürültünün zararlı etkilerden korunmak için alınması gereken önlemler gibi

konular da bu koşullar kapsamında yer almaktadır.

Sanayi çalışanlarının gürültüden etkilenmesi konusu Avrupa Birliği Uyum Yasaları bağlamında yeniden ele alınmış ve önceki bölümde açıklanan 6/2/2003 tarihli ve 2003/10/EC sayılı Avrupa Parlamentosu yönergesinin uyumlulaştırılmasıyla **Gürültü Yönetmeliği** hazırlanmıştır. Gürültü Yönetmeliği, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından, 23 Aralık 2003 tarih ve 4857 sayılı İş Kanunu kapsamına giren tüm iş yerlerinde, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği hükümleriyle birlikte uygulanmak üzere İş Kanununun 78. maddesine göre düzenlenmiştir.

Gürültü Yönetmeliği, beş ana bölümden oluşmaktadır;

1.Bölüm: Amaç-Kapsam-Dayanak ve Tanımlar: Bu yönetmeliğin kendi yetki alanları içerisinde uygulanmasından, mahallin en büyük mülki amiri, belediyeler ve köy tüzel kişilikleri sorumludur. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, gürültü kontrolü konusunda ilgili kuruluşlar arasında koordinasyonu sağlamakla yükümlüdür.

2.Bölüm: Etkilenme Sınır Değerleri : Yönetmeliğin ikinci bölümünde, sanayi çalışanları açısından günlük gürültü etkilenme düzeyleri ile ilgili olarak etkilenme sınır değerleri Avrupa Parlamentosu'nun ilgili Yönergei'nde olduğu gibi (a)-Etkilenme sınır değeri:87 dBA, (b)-üst etkilenme değeri: 85 dBA, (c)-alt etkilenme değeri: 80 dBA olarak belirlenmiş ve işyerlerinde bu etkilenme düzeylerine karşılık gelen eylem planlarının uygulanması kabul edilmiştir.

3. Bölüm : İşverenlerin Yükümlülükleri: Gürültü Yönetmeliği'nin üçüncü bölümünde ise sanayi gürültüsüyle ilgili olarak çalışanların gürültüden etkilenmenin önlenmesi veya azaltılmasına, bu bağlamda etkilenmenin sınırlandırılması için işçilerin bilgilendirilmesi ve eğitimine yönelik hükümler yer almaktadır. İşyerinde gürültüden kaynaklanan risklerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması ile ilgili ilke kararlarına yer verilmiştir. Gürültü düzeylerinin kabul edilebilir değerlere düşürülemediği durumlarda kişisel korunma yöntemlerine başvurulması önerilmektedir.

4. Bölüm: Çeşitli Hükümler: Yönetmeliğin ikinci bölümünde açıklanan alt etkilenme değerini aşan işçilerin işitme ile ilgili sağlık kayıtlarının tutulması istenmektedir. İşitme ile ilgili sağlık gözetimi sonucunda, işçide işitme kaybı saptandığında, işitme kaybının gürültüden etkilenmeye bağlı olup olmadığını bir hekim veya hekimin uygun gördüğü bir uzman değerlendirecektir.

5. Bölüm : Son Hükümler: Yönetmeliğin, 6/2/2003 tarihli ve 2003/10/EC sayılı Avrupa

Parlamentosu ve Konseyi Yönergesi esas alınarak hazırlandığı belirtilmektedir.

Titreşim Yönetmeliği ise 25.6.2002 tarih ve 2002/44/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Yönergesi esas alınarak hazırlanmıştır. (ÇSGB,2003c)

İşçilerin mekanik titreşim etkilenmeleri sonucu ortaya çıkabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden korunmalarını sağlamak için alınması gerekli önlemleri belirlemek amacıyla ele alınan **Titreşim Yönetmeliği**; Amaç-Kapsam-Dayanak ve Tanımlar, İşverenlerin Yükümlülükleri, Çeşitli Hükümler ve Son Hükümler olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, Etkilenme Sınır Değerleri ve Etkilenme Etkin Değerleri, Risk Belirlenmesi ve Değerlendirmesi, Etkilenmenin Önlenmesi veya Azaltılması, İşçilerin Bilgilendirilmesi ve Eğitimi, İşçilerin Görüşünün Alınması ve Katılımın Sağlanması konularında düzenlemeler getirilmiştir. Bu bölümde, titreşim kaynaklarından vücuda el-kol ve bütün vücut aracılığıyla geçen titreşimler için etkilenme sınır değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

El – kol titreşimi için;

- 8 saatlik çalışma süresi için günlük etkilenme sınır değeri 5 m/s²,
- 8 saatlik çalışma süresi için günlük etkilenme etkin değeri 2,5 m/s².

İşçinin el–kol titreşiminden etkilenmesi, bu Yönetmelik Ek’inin A Bölümünün 1 inci maddesi hükümlerine göre ölçülmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bütün vücut titreşimi için;

- 8 saatlik çalışma süresi için günlük etkilenme sınır değeri 1,15 m/s²,
- 8 saatlik çalışma süresi için günlük etkilenme etkin değeri 0,5 m/s²

2.4.2 Gürültü Etkeni İle İlgili Diğer Ulusal Yasal Düzenlemeler

2.4.2.1 Makinelerin Gürültü Emisyonları İle İlgili Yasal Düzenlemeler

Makinelerin gürültü emisyonları ile ilgili 22/1/2003 tarih ve 25001 sayılı Açık Alanda Kullanılan Teçhizat Tarafından Oluşturulan Çevredeki Gürültü Emisyonu İle İlgili Yönetmelik (2000/14/AT) Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulmuştur. (www.ce.web.tr)

Yönetmelik altı ana bölüm ve eklerden oluşmaktadır;

1.Bölüm : Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar : İnsan sağlığını korumak amacıyla açık

alanda kullanılan makineler ile ilgili standartların uygulanması, gürültü emisyonlarının belirlenmesi, uygunluk değerlendirme prosedürlerinin uygulanması ve etiketleme yapılması olarak belirlenmiştir.

2. Bölüm : İzin verilen ses gücü düzeyleri, ilgili standartlar ve etiketleme yöntemleri üzerinde durulmuştur. Bu bölümde değişik özellik ve güçteki makineler listelenmiş ve Ek Bölümü'ndeki standartlara atıfta bulunulmuştur.

3.Bölüm : Uygunluk değerlendirme prosedürleri ve etiketleme yöntemleri açıklanmıştır.

4.Bölüm : Uygunluk değerlendirme işlemlerini yürütecek kuruluşların özellikleri ile ilgili belirlemelerde bulunulmuştur.

5. Bölüm : Piyasadaki ürünlerin gürültü emisyon değerlerinin uygunluğunun denetlenmesinde CE belgesi taşımaları konusu açıklanmıştır. Buna göre;

- Makinenin, bu Yönetmeliğin çevredeki gürültü emisyonu ile ilgili özelliklerini sağlaması
- Bu Yönetmeliğin 7. maddesinde belirtilen uygunluk değerlendirme işlemleri tamamlanması,
- Makinenin, CE işaretini ve garanti edilen ses güç seviyesi işaretini taşıması ve AT uygunluk beyanı bulunması

gerekmektedir.

6. Bölüm: Çeşitli hükümler: “Avrupa Birliğinin 2000/14/EC sayılı yönergesi esas alınarak hazırlanan bu Yönetmeliğin uygulamaya konulduğu Müsteşarlık aracılığı ile Komisyona ve Avrupa Birliği üyesi ülkelere bildirilmelidir. Bu Yönetmeliğin hükümleri, 5 inci maddenin (a) bendinde yer alan tabloda müsaade edilen ses güç seviyeleri bakımından I inci safha için 3/1/2004 tarihinden, II nci safha için 3/1/2006 tarihinden itibaren zorunlu olarak uygulanması gerekmektedir. Bu Yönetmelik hükümlerini Sanayi ve Ticaret Bakanı yürütür.” Hükümleri yer almaktadır.

Kapalı hacimlerde gürültü ile ilgili geçerli olan kimi standartlar ise aşağıda tanıtılmıştır.

TS EN ISO 3744-Akustik-Gürültü Kaynaklarının Ses Gücü Seviyelerinin Ses Basıncı Kullanılarak Tayini Bir Yansıtma Düzleri Boyunca, Esas Olarak Serbest Bir Alan İçinde Uygulanan Mühendislik Metodu : Bu standartta kapalı bir hacimde bulunan makinenin ses

gücü düzeyi değerlerinin frekansa bağlı olarak hesaplanması için bir yaklaşım getirilmiştir. Makinenin yansıtıcı yüzeylere göre konumu (ortada bulunması, iki yüzeyin kesişiminde yer alması ya da köşede konumlanmış olması durumlarında) da göz önünde bulundurularak makineyi içine alan bir yarım küre ya da prizma üzerinde tanımlanmış belirli alıcı noktalarında belirtilen koşullarda gerçekleştirilecek ses düzeyi ölçmelerinden yararlanılarak ses gücü düzeyinin belirli hata sınırları içinde hesaplanabilmesi için standartlaştırılmış bir yöntem önerilmektedir.

TS EN ISO 17624 : Akustik- Akustik Perdeler Aracılığıyla Bürolarda ve Çalışma Ortamlarında Gürültü Kontrolüne İlişkin Kılavuz Bilgiler : Standardın amacı akustik engellerin etkinliği ile ilgili olarak üretici ve kullanıcı arasında akustik ve işletme açısından gerekli standart yaklaşımın oluşturulması olarak tanımlanmıştır. Standardın uygulanabileceği alanlar;

- Açık planlı ofisler, sergi alanları, servis alanları gibi hacimlerde kullanılan akustik engeller,
 - Üretim hacimlerinde yer değiştirebilen portatif akustik engeller
- olarak belirlenmiştir.

2.4.2.2 Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY)

26809 sayılı ve 7 Mart 2008 tarihli **ÇGDYY**, 872 sayılı Çevre Kanununun 14 üncü maddesine dayanılarak ve 25/6/2002 tarihli 2002/49/EC Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönergesine paralel olarak Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanmıştır. ÇGDYY, kişilerin beden ve ruh sağlığını, huzur ve rahatlığını gürültü ile bozmayacak bir çevrenin geliştirilmesi için, çevresel gürültünün etkilenme etkileriyle savaşılmaya yönelik esas ve ölçütleri belirlemek ve bu ölçütlerin gürültü kaynakları bazında uygulanması için ele alınmıştır. Bu yönetmelikte sanayi yapıları çevresel gürültü kaynakları olarak değerlendirilmiş, bulundukları kentsel alanlara göre çevreye yaydıkları gürültülerin denetim altında tutulması için yasal düzenlemeler getirilmiştir. Burada, ÇGDYY'nin sanayi gürültüsü ile ilgili getirdiği düzenlemeler ele alınmıştır. (ÇOB, 2003)

ÇGDYY'ye göre, sanayi tesislerinde kullanılan alet, ekipman ve makinelerin uyması gereken koşullar aşağıdaki gibi özetlenmiştir;

- Sanayi tesislerinde kullanılan alet, ekipman ve makinelerden yayılmasına izin verilen

maksimum ses gücü düzeyleri, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından 5/6/2002 tarihli ve 24776 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe konulan Makine Emniyeti Yönetmeliği'nde (98/37/AT) verildiği gibi olup, yönetmelik hükümlerine tabidir.

Sanayi tesisleri için çevresel gürültü kriterleri belirlenmiştir. Sanayi tesislerinin bulunduğu alana ve tanımlanan zaman dilimine bağlı olarak endüstriyel çevresel gürültü sınır değerleri Lgündüz ve Lakşam cinsinden Çizelge 2.3'deki değerleri aşamaz. Tonal ve ani gürültüler için 5 dB'lik ayarlamalar yapılmalıdır.

Çizelge 2.3 Sanayi Çevresel Gürültü Sınır Değerleri (ÇOB, 2003)

Alanlar	Lgündüz (dBA)	Lakşam (dBA)	LAmaz dBA
Endüstriyel (sanayi bölgeleri)	70	60	70
Endüstriyel ve yerleşimin birlikte olduğu alanlar	65	55	65
Kırsal alanlar	55	55	55

- Sanayi tesisinde çalışanların gürültünün olumsuz etkilerinden etkilenmelerini önlemek amacıyla işitme sağlığı açısından Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nca 23 Aralık 2003 tarih ve 25325 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Gürültü Yönetmeliği'nde yer alan kabul edilebilir en yüksek gürültü seviyesinin aşılmaması ve yönetmelikte getirilen esaslara uyulması zorunludur. Sanayi tesisleri içerisinde ve üretim birimlerinde iç mekan toplam gürültü düzeyi, Çizelge 2.4'de verilen sınır değerleri aşmamalıdır.

Çizelge 2.4 Sanayi yapılarında kabul edilebilir düzeyler. (ÇOB, 2003)

Kullanım Alanı	L dBA)	Zaman Dilimi (h)
Atölyeler veya imalathane (işe bağlı olarak)	45-75	Faaliyet süresince
Endüstri yapıları	80	
	85	

- Çizelge 2.3 ve 2.4’de verilen sınır değerlerin aşıldığı durumlarda; ilgili makine ya da mekanik araç –gereçle ilgili olarak hava ve katı doğuşlu gürültülerin azaltılması için gerekli teknik önlemler planlanarak öncelikle, bunların maliyet ve uygulanabilirlik analizleri yapılmalıdır. Gürültü denetimine yönelik kaynakta ve hacim içinde alınabilecek önlemler uygulandıktan sonra akustik ölçümlerle yeterli gürültü azaltımı sağlanıp sağlanamadığı rapor edilmeli ve bu rapor Bakanlığa sunulmalıdır. Gürültü ve titreşimin kaynağında azaltılması için teknik uygulamaların yetersiz kaldığı durumlarda işveren işçilere 1475 sayılı İş Kanunu’nda belirtilen koruyucu giysiler ve gereçleri sağlamakla yükümlüdür.

3. SANAYİ YAPILARININ TASARIMINDA GÜRÜLTÜ ETKENİ İLE İLGİLİ İLKESEL YAKLAŞIMLAR

Bu bölümde, sanayi yapıları ile ilişkili **gürültü etkeni** bir tasarım ölçütü olarak değerlendirilmiş, sanayi yapılarının planlama ve tasarım aşamalarında gürültü denetimi ile ilgili farklı çözüm önerilerinin geliştirilmesi amacıyla kuramsal bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, öncelikle sanayi yapılarının organize sanayi bölgeleri içinde planlanması konusuna yer verilerek sanayi yapılarının mimari tasarım süreci açıklanmıştır. Sanayi yapılarının tasarımı ile ilgili olarak, yönetim ve sosyal işlevlerin üretim yapısı içinde planlanması ile üretim yapısından ayrı bağımsız yapılarda planlanması durumları incelenmiş, gürültü sorunu ile planlama ve mimari tasarım ilişkisi kurularak sanayi yapılarının planlanması ve tasarımı evrelerini yönlendirebilecek nitelikte temel ilke kararları belirlenmiştir. (Şerefhanoglu Sözen, İlgürel, Erdoğan, 2008; İlgürel, 2004)

3.1 Sanayi Yapılarının Organize Sanayi Bölgelerinde Planlanması

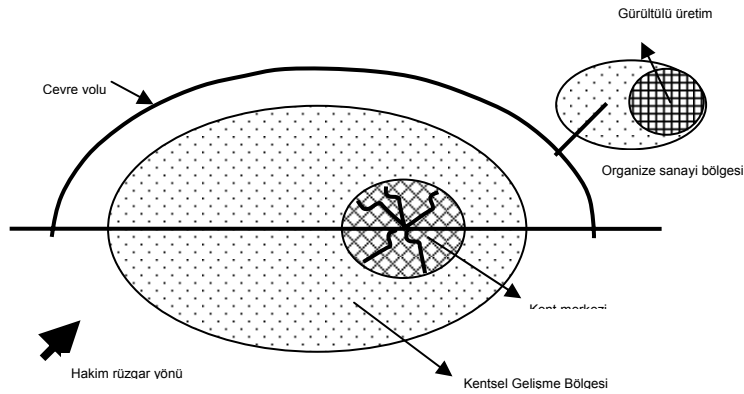
Sanayi birimlerinin dağınık ve birbirinden kopuk olması planlama açısından olduğu gibi, sanayi faaliyetlerinin çevrede yaratacağı etkilerin denetlenmesi açısından da olumsuz durumlar ortaya koymaktadır. Sanayi birimlerinin topluca yer aldıkları alanlarda çevrenin olumsuz etkilenmesine karşı daha kolay ve ucuza önlem alınabilmektedir.. Bu nedenlerden dolayı, sanayi yapılarının olanaklar el verdiği ölçüde “Sanayi Bölgeleri”nde topluca planlanması yoluna gidilmelidir. Böylece, sosyal donatı alanları bütünüyle ya da kısmen ortak kullanım alanları içinde çözümlenerek işlevsel bir organizasyon anlayışı ile gereksinimler karşılanmış olmaktadır. Bu şekilde sanayi bölgesi içinde çalışanların yemek, dinlenme, spor, duş gibi türlü gereksinimlerini karşılamaya yönelik olarak, gürültü ve diğer zararlı etkenlerden korunmak açısından en uygun alanlar belirlenerek sanayi yapılarının geneline hizmet verebilecek ekonomik ve sağlıklı mimari çözümler geliştirilmesi olanaklı olmaktadır.

“Sanayi Bölgesi”, üzerinde oluşan sanayi faaliyetlerinin diğer faaliyetlere egemen olduğu arazi parçasıdır. Bu anlamda, tekil sanayi kuruluşlarının bir araya gelmesiyle ortaya çıkan her türlü kompleks oluşum “Sanayi Bölgesi” olarak adlandırılabilir. Sanayi Bölgesi, türlü nedenlerden, tekil sanayi kuruluşlarının belli bir arazi parçası üzerinde kurulmaları sonucunda kendiliğinden meydana gelebileceği gibi, bir imar planı ile bu işe ayrılmış ve hatta altyapısı geliştirilmiş bir arazi parçası da olabilmektedir. (organize sanayi bölgesi veya küçük sanayi siteleri gibi)

Bu bağlamda, “Organize Sanayi Bölgesi”, fiziksel yönden yol, su, kanalizasyon, enerji vb. gibi altyapı tesisleri tamamlanarak sanayinin kullanımına sunulmuş bir arazi parçasıdır. Sanayi Bölgesi’nin organizasyonu, arsa üzerinde yer alacak ve tekil sanayi yapılarına hizmet edecek olan teknik ve sosyal altyapı donatılarına bir bütün olarak yer vermeyi gerektirmektedir. Bu amaçla, enerji, su, kanalizasyon, arıtma, ulaşım ile ilgili teknik altyapı donatıları ve spor alanları, rekreasyon alanları, otopark alanları gibi sosyal altyapı donatıları tüm yapılara hizmet edecek bir biçimde ortak planlanmaktadır.

Organize Sanayi Bölgesi’nin planlanmasının gerektirdiği özellikler;

- Ekip çalışmasını gerektiren çok yönlü bir uğraş alanı olması,
 - Fiziksel planlama bir bütün olarak ele alınmalı ve her aşamasında ekonomik hedefler ile çakıştırılması,
 - Fiziksel öğelerin işlevini düzenleyen bir araç olarak değerlendirilmesi ve ekonomik yapının olanak ve gereksinimler ile sınırlandırılması,
 - Organizasyon ve standartların uygulanmasında fiziksel planlamanın çok önemli bir rol oynayacağı ve çoğu kere düşünülenin aksine olarak “Organize Sanayi Bölgesi” nin fiziksel açıdan yörenin nitelikli ve estetik değeri olan bir yerleşmesi olabileceği,
- gibi sıralanabilmektedir.



Şekil 3.1 Kentsel ölçekte organize sanayi bölgelerinin planlanması. (İlgürel, 2004)

Organize sanayi bölgelerinin planlanmasında, tasarım – gürültü ilişkisi bağlamında göz önünde bulundurulması gereken temel ilke kararları ;

- Arsa üzerinde sosyal eylemlerle ilgili alanların (spor alanları, yeşil alanlar gibi) olabildiği ölçüde bir araya getirilerek organize sanayi bölgesi içinde gürültülü üretim yapılarından uzakta planlanması,
- Sosyal eylemlerle ilgili sanayi kuruluşları tarafından ortak kullanılabilen yapı grupları oluşturularak, bunların gürültülü üretim alanlarından uzak bir bölgede planlanmaya çalışılması,
- Trafo, jeneratör, soğutma kulesi gibi üretim yapıları ile doğrudan ilişkisi bulunmayan tekil gürültü kaynaklarının, çalışanların dolaşım alanlarından ve sessiz olması istenen yapı gruplarından uzakta, olabildiği ölçüde doğal – yapay engellerin arkasında planlanması,
- Gürültülü üretim bölgelerinde yapı aralarının yeterli genişlikte olması ve bu bölgelerde gürültülü havalandırma açıklıklarına ve dışarıya açılan gürültülü fan vb. donanımına izin verilmemesi,
- Çalışanların ulaşımının sağlandığı gürültülü bölgelerde engellerden yararlanılması

olarak sıralanabilmektedir.

3.2 Sanayi Yapılarının Mimari Tasarım Süreci

Sanayi yapıları, üretim özelliklerine göre birbirinden ayrıldığı gibi üretim kapasitelerine göre de büyük ayrımlar göstermektedir. Bu nedenle, sanayi etkinliklerinin gerçekleştirildiği yerler olan sanayi yapıları, küçük bir atölyeden geniş alanlar üzerinde kurulu kompleks yapı gruplarına kadar değişik tür ve boyutta tasarlanabilmektedir. Kapasiteleri ne olursa olsun sanayi yapılarının mimari tasarım süreci;

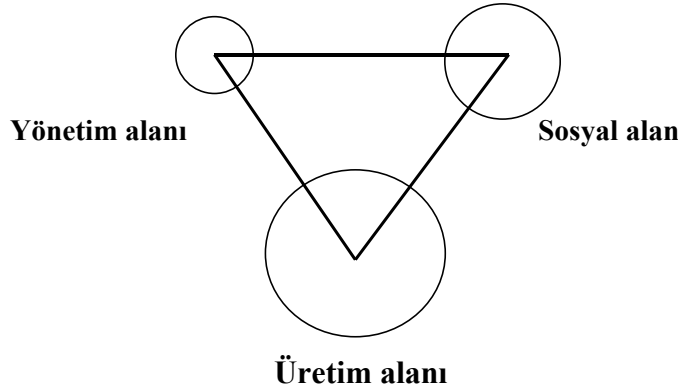
- Yapı programının oluşturulması,
- İş yeri düzeninin oluşturulması ve
- Tasarım aşaması

başlıkları altında ele alınabilir.

3.2.1 Yapı programının oluşturulması

Sanayi yapılarının tasarımında temel işlevler arasındaki ilişkilerin doğru bir biçimde programlanması gerekmektedir. Bu ilişkilerin programlanmasında, günün önemli bir bölümünü üretim hacminde geçiren işçilerin türlü gereksinimlerini karşılayabilecekleri sosyal hacimlere kolay ulaşımının sağlanması önem taşımaktadır. Yönetim alanlarının da benzer biçimde üretimin ilgili alanları ile ilişkisinin kurulması gerekmektedir.

Sanayi yapılarının programı içinde yer alan birimler sanayi yapısının türüne, üretim özelliklerine ve üretim kapasitesine göre değişiklik göstermekle birlikte, bu birimler ilkesel olarak üretim, yönetim ve sosyal alanlar gibi temel işlevler altında gruplanabilir.



Şekil 3.2 Bir sanayi yapısında temel ilişkiler.

3.2.2 İş yeri düzeninin oluşturulması

Sanayi yapılarında işyeri düzeninin oluşturulması, üretim sürecinin planlanması işidir. Üretim hacminin planlanmasında gerek duyulan planlama verileri, üretim alanındaki makine yerleşimini tanımlayan işyeri düzeni ile elde edilir. İşyeri düzeni; ürünün en az işgücü ile en kısa sürede ve en ekonomik şekilde ortaya çıkabilmesi için işgücü - makine - malzeme arasındaki ilişkileri doğru biçimde düzenlemelidir. Bu bakımdan, işyeri düzeninin üretim alanının planlanmasında temel verileri içeren bir altyapı oluşturması gerekir. Sanayi yapısında, işyeri düzeninin oluşturulması süreci, iş akışının programlanması, üretim sisteminin belirlenmesi ve makine yerleşim düzeninin oluşturulması işlerini kapsamaktadır. (Altay, 1979)

İşyeri düzenini etkileyen etmenler;

Ürün tipi ve üretim hacmi,

- Makine – araç ve donatının özellikleri (kullanım özellikleri, çevreye yaydıkları ısı, titreşim, gürültü, atık maddeler vb.),

- Malzeme dolaşımının en kısa yoldan en kolay biçimde sağlanması,
 - İleride gerekebilecek değişikliklere ve / ya da gelişmelere olanak sağlaması
- olarak sıralanabilir.

Sanayi yapılarında iş yeri düzeninin oluşturulması; üretim tipine ve üretimin kapasitesine bağlı olarak iş akışının programlanması, üretim sisteminin belirlenmesi ve makine yerleşim düzeninin oluşturulması aşamalarını içermektedir.

İş Akışının Programlanması: Sanayide ürünün ortaya çıkması için gereksinim duyulan üretim sürecinin tanımlanması, iş akışının programlanmasını gerekli kılmaktadır. İş akışının programlanması, ürün haline getirilecek ana maddenin, depolardan üretim bölgelerine dağılımı, üretim işlemlerinin birbirleri ile ilişkileri, ardışık sıralanma durumu ve ürünün depolara ulaştırılması süreçlerinin kroki olarak anlatılmasıdır. Bu krokide malzeme akışı ile üretim işlemleri arasındaki ilişkiler tanımlanmaktadır. Bu krokiden yararlanarak değişik üretim sistemleri arasından, üretimin verimliliği açısından amaca en uygun üretim sisteminin belirlenmesi gerekmektedir. Üretim sistemine karar verilirken, iş akışının gerektirdiği yerleşim düzenini sağlayabilecek üretim sisteminin belirlenmesi amaçlanmalıdır. (Altay, 1979)

Üretim Sisteminin Belirlenmesi: Üretim sisteminin belirlenmesinde, iş akışının gerektirdiği yerleşim düzenini sağlayabilecek yerleşim düzeni amaçlanmalıdır.

Üretim sistemleri;

- Sürekli üretim sistemi,
- Oluşuma göre üretim sistemi,
- Gruplar ile üretim sistemi

olarak sıralanabilir. (Altay, 1979)

Sürekli üretim sistemi: Sürekli üretim sistemleri, malzemenin kesintisiz akışını ve değişik işlemlerden geçmesini gerekli kılan durumlarda kullanılan sistemlerdir (şeker, çimento, kimya sanayindeki gibi).

Sürekli üretim sistemlerinde, üretim işlemlerinin süreklilik taşıması bunların aynı hacim içinde toplanmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, kesintisiz üretim akışının istendiği durumlarda genellikle sürekli üretim sistemi yeğlenmektedir. Böyle bir üretim sisteminde, üretimin süreklilik göstermesi nedeniyle tüm üretim işlemlerinin genellikle zemin kotunda planlanması gerekmektedir.

Oluşuma göre üretim sistemi: Oluşum, üretim sürecinde bir parçanın üretilmesi ya da bir ürünün montajı gibi belirli bir sonuca götüren üretim eylemlerinin sıralanışı biçiminde tanımlanmaktadır. Oluşuma göre üretim sisteminde aynı sonuca götüren üretim işlemlerinin bir yerde toplanması söz konusudur (motor ve makine sanayinde olduğu gibi). Oluşuma göre üretim sistemlerinde, birbirinden ayrı özellikler içeren üretim işlemlerinin ayrı hacimlerde planlanması olanaklıdır. Bu işlemlerin ardışık sıra izlemesi koşulu olmadığı gibi, oluş süreleri de birbirinden ayrı olabilir. Oluşuma göre üretim sistemi, işlemlerin ayrı planlanmasına izin verdiği için; toz, zararlı gazlar, değişik atıklar ya da gürültülü işlemler söz konusu olduğunda, bunların üretim alanından ayrılarak planlaması sağlanabilmektedir.

Gruplar ile üretim sistemi: Gruplar ile üretim sistemi, bir ürünün ortaya çıkabilmesi için birbirinden ayrı üretim süreçlerinin bir araya getirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, gruplar ile üretim sisteminde, ürünün elde edilmesi için birbiri ile ilişkisi fazla bölümler bir araya getirilmektedir. Bu şekilde üretilen bitmiş parçalar daha sonra bir araya getirilerek son ürün elde edilmektedir. (otomobil sanayindeki gibi)

Makine Yerleşim Düzeninin Oluşturulması : Makine yerleşim düzeni, üretim sürecinde yer alan her bir oluşum evresinin verimliliğini en üst düzeye çıkaracak şekilde bir arada organizasyonu gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, makine yerleşim düzeninin oluşturulması, malzeme akışının planlanması, makine – insan ilişkilerinin tanımlanması ve dolaşım alanlarının belirlenmesini gerektirmektedir.

Makine yerleşim düzeninin, üretim akışı göz önüne alınarak;

- Makine sıralaması,
- Makine aralıkları,
- Makine kullanım alanları,
- Gerekli dolaşım alanları

gibi bilgilere göre oluşturulması önem taşımaktadır.

Makine yerleşim düzeni oluşturulurken makinelerin çalışma özelliklerinin yanında ısı ve gürültü emisyon değerleri de göz önünde bulundurulmalıdır (ALTAY, 1979).

3.3 Sanayi yapısının tasarım aşaması

Sanayi yapılarının ilk tasarım aşamasında, değişik işlevleri üstlenen birimler arasındaki ilişkilerin doğru kurulması ve mekânsal büyüklüklerin saptanması gerekmektedir. Yapı kütlelerin bir araya getirilerek mimari kurgunun oluşturulması süreci sonraki aşamayı oluşturmaktadır. Bu süreçte düşünülmesi gerekenler; yapı taşıyıcı sisteminin kurgulanması, fiziksel ortam koşullarının değerlendirilerek yapı kabuğu ve malzemesinin belirlenmesi gibi konulardır. Yapı arsasının imar planının oluşturulması ile ilgili temel kararların alınmasında göz önünde bulundurulması gereken konular;

- Ana üretim alanının (fabrika, atölye) arsa içinde işlevine en uygun şekilde yerleştirilmesi, yön, giriş, çıkış; arsa topografyasını en az değiştirecek yer ve düzenin bulunması,
- Birinci kararla bağlantılı olarak yönetim ve sosyal alanların en kısa iç ulaşımı sağlayacak şekilde yerleştirilmeleri,
- Bütün işlevlerin kendi içinde genişleme olanaklarının sağlanması,
- Yük ve insan ulaşımının en az yol yüzeyi ile gerçekleştirilmesi ve bunun giriş-çıkış kontrolünün sağlanması gibi fonksiyonel problemlerin çözüme ulaştırılması

olarak sıralanabilir. (Tekeli ve Sisa, 1970)

Sanayi yapılarının organize sanayi bölgelerinde planlanması durumunda sosyal donatı alanlarının ortak çözümlenmesi ile gürültüden korunmaları, sanayi bölgesinin planlama aşamasında gürültü etkeninin bir ölçüt olarak değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin bu süreç içinde ele alınmasıyla daha etkili ve ekonomik olarak gerçekleşebilmektedir. Organize Sanayi Bölgesi'nin fiziki planlamasında, önceden kararlaştırılmış hedeflere yönelmek gerekmektedir. Bu hedefler;

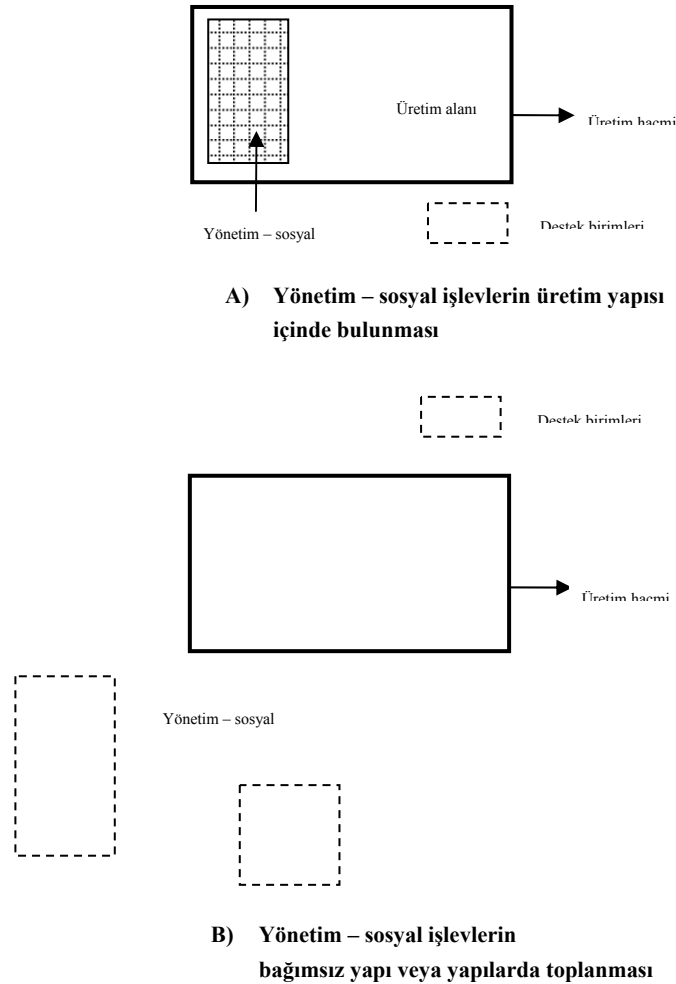
- Toplumun ortaklaşa kullanabileceği her yerleşmede olduğu gibi, tüm yerleşim elemanlarına yer verecek biçimde bir bütün olarak planlanması,
- Hizmetlerin veya işleyişin tek tek işletmeler tarafından yapılması yerine, yönetim tarafından bir bütün olarak planlanması,
- Fiziksel planlama, bölgenin işletilmesinde uygulanacak standartlarla birlikte ele alınmalı ve standartların eksiksiz uygulanmasını sağlayacak biçimde oluşturulması,
- Organize Sanayi Bölgesi nitelikli bir kuruluş olma ve çalışanlara en iyi koşulları sağlamak durumundadır. Bu nedenle, planlamanın modern, çağdaş, gerek bölgenin gerekse çevrenin fiziksel değerlerini koruyabilecek, ilişkileri sağlıklı kuran, estetik değeri yüksek nitelikleri içermesi,.

olarak sıralanabilmektedir. (Onat, E., 1969)

Bununla birlikte, üretim hacmi ile yakın ilişki içinde olması gereken yönetim ile ilgili birimler ve sosyal donatı alanları açısından yapı arsası ile ilişkili olarak imar planının gerçekleştirilmesinde koşullara göre değişik yaklaşımlar söz konusu olabilmektedir.

Şekil 3.2’de gösterildiği gibi, sanayi yapılarının tasarım sürecinde, arsa üzerinde yerleşim aşamasında genellikle iki farklı yaklaşım söz konusu olabilir:

- Üretim – yönetim – sosyal alanların aynı yapı içinde ve çoğunlukla aynı taşıyıcı sistem içinde tasarlanması,
- Yönetim ve sosyal alanlarla ilgili işlevlerin tümünün ya da bir bölümünün üretimin gerçekleştiği yapıdan ayrı bağımsız yapı veya yapılarda tasarlanması.



Şekil 3.3 Sanayi yapılarının arsa üzerinde yerleşiminde iki temel yaklaşım. (Şerefhanoglu Sözen, 2004)

Bir sanayi yapısında üretim – yönetim – sosyal alanlar belli tasarım ilkeleri doğrultusunda planlanmalıdır. Bu temel bileşenler içinde, sanayi yapısında ana işlevi üstlenen üretim alanının tasarlanması ayrı önem taşımaktadır. Sanayi yapılarında üretim etkinlikleri genellikle zemin kotunda planlanmakla birlikte, iş yeri düzenine bağlı olarak ayrı kat düzeylerine de dağıtılabilmektedir. Yayıldığı alan ve hacimsel büyüklük olarak da yönetim ve sosyal alanlardan ayrılan üretim hacmini tasarlariken, mekânsal düzenlemelerde, yapı strüktürünün belirlenmesinde ve döşeme-duvar-çatı gibi yüzeylerde kullanılacak yapı malzemelerinin seçiminde, strüktürel ve fonksiyonel gereklilikler dışında üretimin özelliğine ve çalışanlar açısından uygun fizik ortam gereksinimlerine göre karar verilmelidir. Bu bağlamda yapılacak olan çalışma, üretim hacmi için belirlenen gereksinimler arasında denge kurularak yürütülecek bir optimizasyon çalışmasıdır.

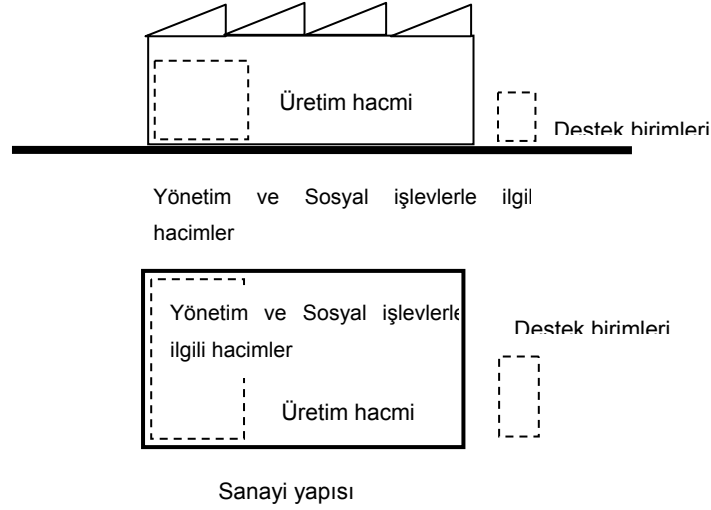
Sanayi yapılarında üretim hacminde uygun fizik ortam koşullarının sağlanmasında ışık –renk, ses - titreşim, ısı – nem - koku, gibi fiziksel etkenler önem taşımaktadır. Bununla birlikte üretimin özelliğine bağlı olarak farklılaşan çalışma koşullarına göre üretim hacminde sağlanması gereken fizik ortam koşulları değişebilmektedir. Sanayi yapılarının planlanmasında, üretim hacminde uygun fizik ortamın sağlanmasını, sanayi yapısının mimari tasarım süreci içinde ele alınmalıdır.

Taşıyıcı sistemin kurgulanması sanayi yapılarında önemli bir karar aşamasını oluşturmaktadır. Bu aşamada, diğer mimari ölçütlerle birlikte iş yeri düzeni, geçilmesi gereken açıklık, deprem ve rüzgâr gibi etkenler dikkate alınmalıdır.

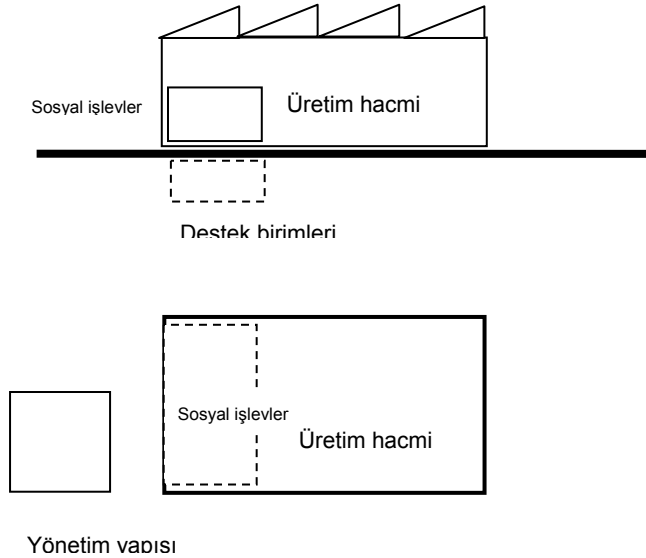
Yapı kabuğunda yer alan malzemelerin, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları ve mekândaki fiziksel konfor koşulları konusundaki belirleyici özellikleri göz önünde tutulmalıdır. Sanayi yapılarında yapı kabuğunun tasarlanmasında, duvar, döşeme ve çatı gibi mimari öğeleri oluşturan yapı bileşenlerinin gereçsel özelliklerinin bilinmesi, üretim hacmi içinde optimum fizik ortam koşullarının sağlanması yönünden önem taşımaktadır.

Sanayi yapılarının mimari tasarım sürecinde, üretim hacmi ile yönetim - sosyal işlevlerle ilgili yapı bölümlerinin karşılıklı ilişkilerinin en işlevsel biçimde tanımlanması gerekmektedir. Bu yapı bölümlerinin mekansal olarak kurgulanmaları ve arsa üzerinde belli bir ana düşünce (konsept) çerçevesinde bir araya getirilmeleri ile belli bir mimari kompozisyon oluşturmaları sağlanmalıdır. Sanayi yapısının mimari tasarım sürecinin ilk aşamalarında üretim ve yönetim - sosyal işlevlerle ilgili birimlerin arsa üzerinde belli bir kompozisyon içinde bir araya getirilmelerinde, tasarımın sonraki evrelerinde ise mekânsal ilişkilerin tanımlanmasında,

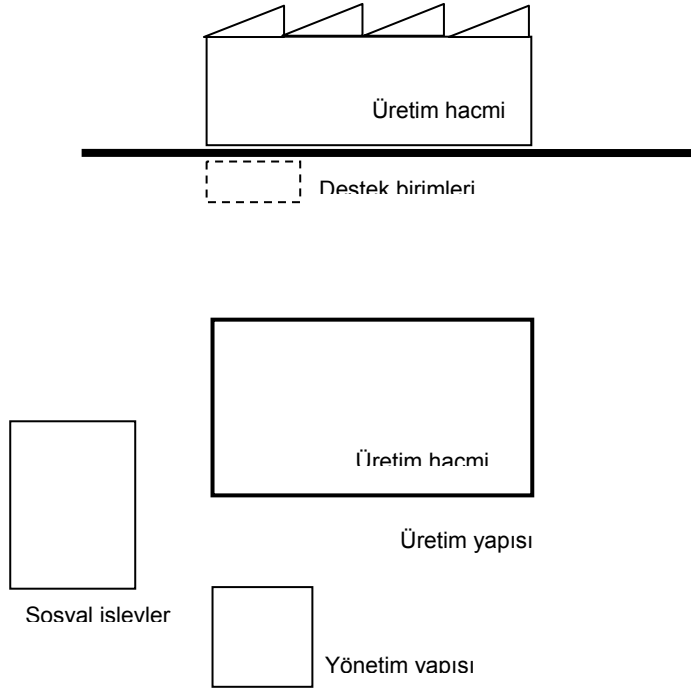
gürültü etmeni bir tasarım ölçütü olarak değerlendirilmelidir. Üretim – sosyal – yönetim alanlarının arsa üzerindeki olası yerleşim biçimleri ve destek birimlerinin planlanabileceği bölgeler aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



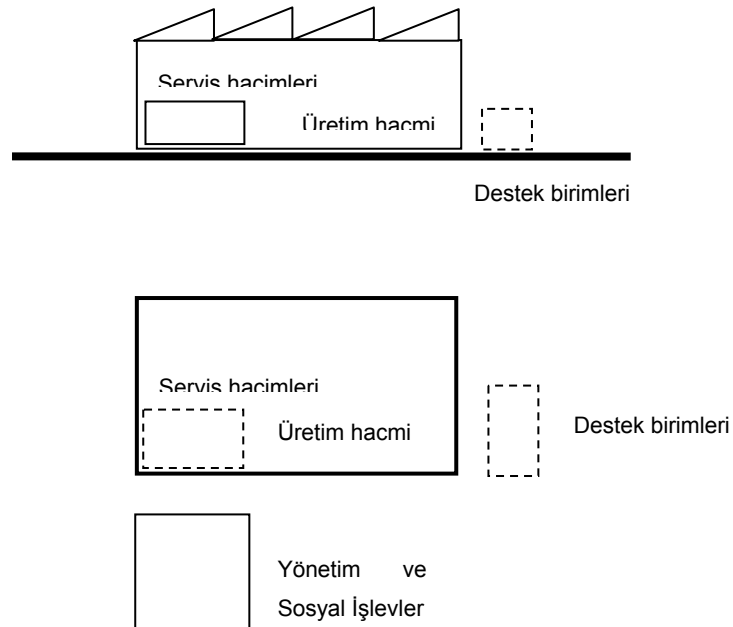
Şekil 3.4 Üretim – sosyal – yönetim işlevlerinin aynı yapılarda planlanması. (Şerefhanoğlu Sözen, 2004)



Şekil 3.5 Yönetimle ilgili işlevlerin ayrı yapıda planlanması. (Şerefhanoğlu Sözen, 2004)



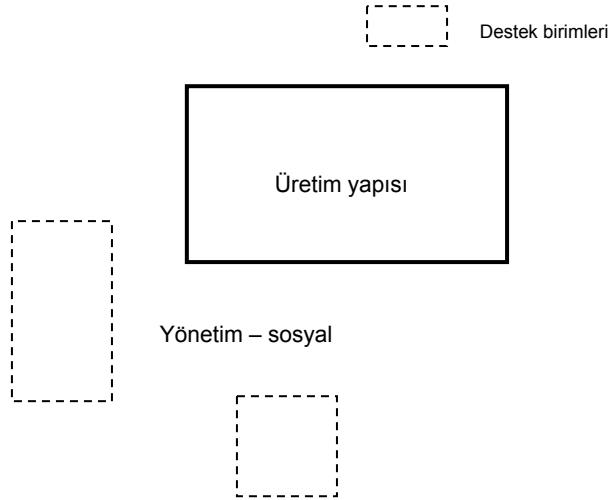
Şekil 3.6 Yönetim ve sosyal işlevlerin bağımsız yapılarda planlanması. (İlgürel, 2004)



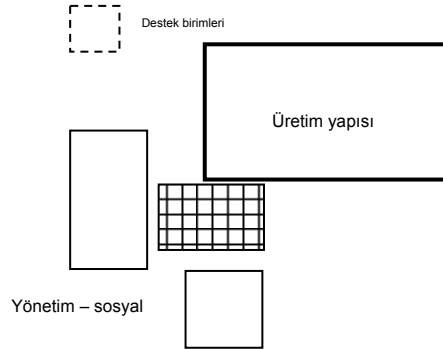
Şekil 3.7 Yönetim – sosyal işlevlerin üretim hacminden bağımsız bir arada planlanması. (servis hacimleri üretim yapısında) (İlgürel, 2004)

Şekil 3.8’de gösterildiği gibi üretim yapısı ile yönetim ve sosyal işlevlerin bulunduğu yapı veya yapıların birbirleri ile olan ilişkilerinde şu temel durumlar ortaya çıkabilir :

- Yönetim ve sosyal işlevlerin bulunduğu yapı ya da yapılar üretim yapısı ile organik ilişki içinde planlanabilir,
- Yönetim – sosyal işlevlerin yer aldığı yapı veya yapılar üretim yapısından ayrı, bağımsız yapı veya yapılar olabilir.



Şekil 3.8 Yönetim ve sosyal işlevlerin üretim hacminden ayrı bağımsız yapı / yapılarda toplanması. (Şerefhanoğlu Sözen, 2004)



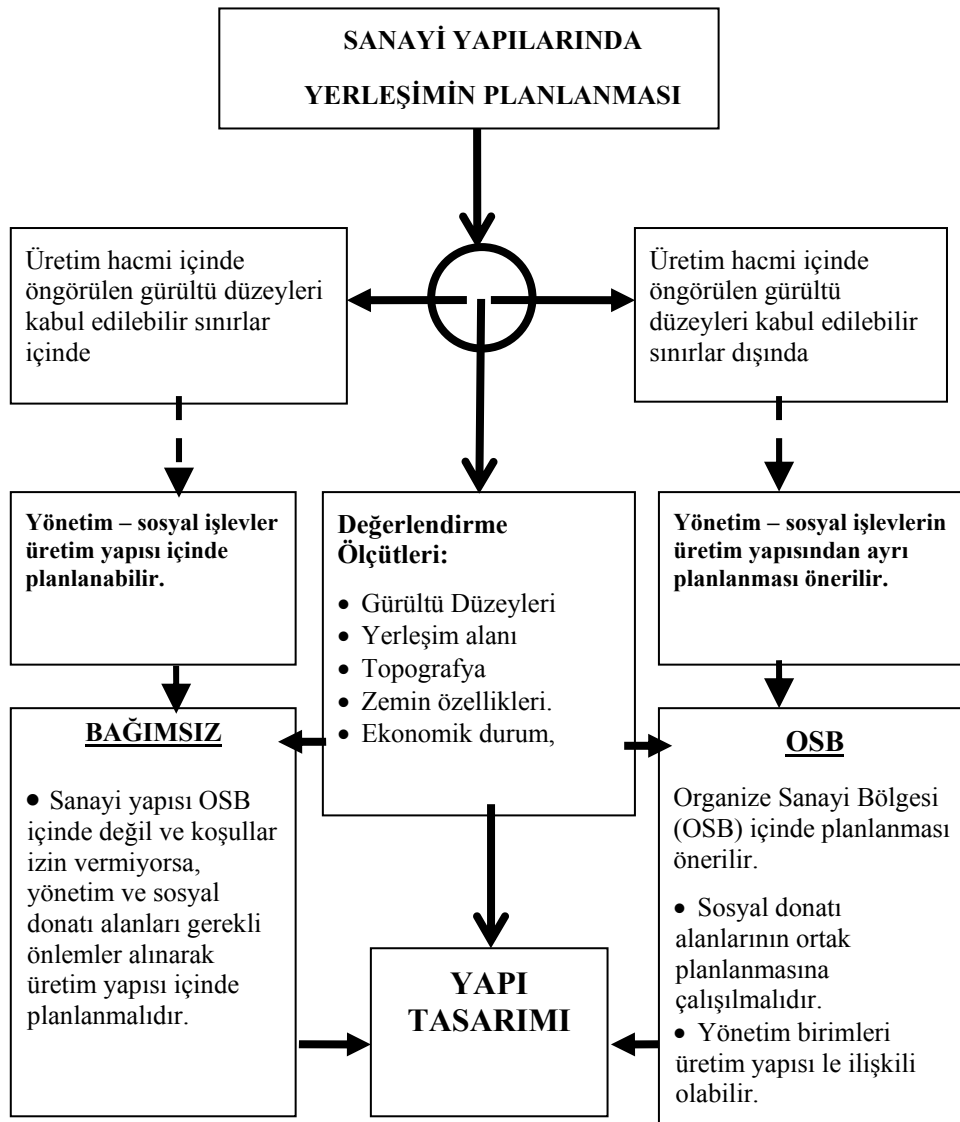
Şekil 3.9 Yönetim ve sosyal alanların üretim hacmi ile organik ilişkisinin kurulması(Şerefhanoğlu Sözen, 2004)

3.4 Planlama – Tasarım – Uygulama Evreleri İle İlgili Yaklaşım Önerileri

Bu bölümde, sanayi yapılarının yerleşiminde temel ilke kararlarına bağlı olarak şematik açıklamalarla farklı tasarım yaklaşımları için gürültü denetimi ile ilgili öneriler geliştirilmiştir. Bu öneriler temelde, yönetim ve sosyal birimlerin üretim yapısı içinde ya da bağımsız yapılarda planlanmaları durumları için ele alınarak mimari tasarım kurgusu içinde incelenmiştir.

• Yerleşim Planının Oluşturulması

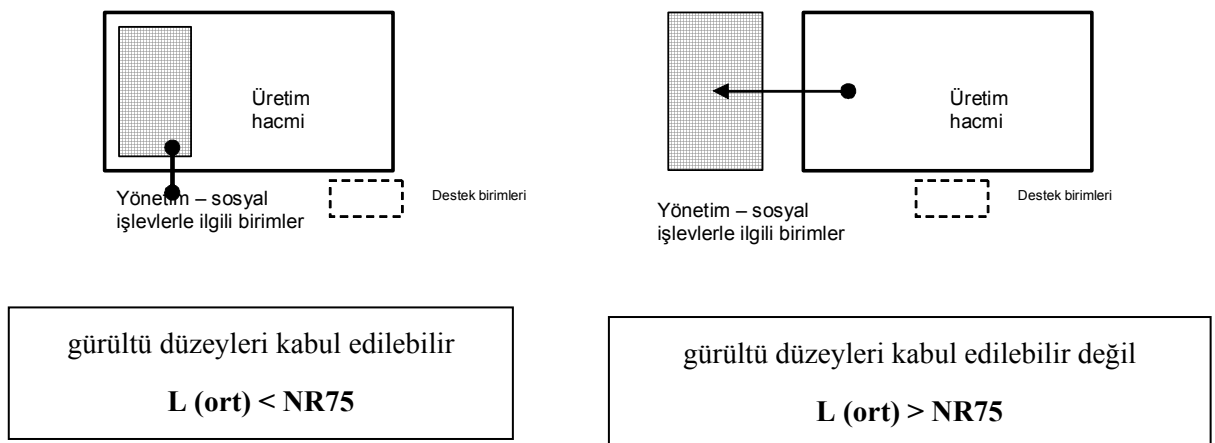
Sanayi yapılarının arsa yerleşimi aşamasında üretim hacmindeki gürültü ortamının değerlendirilmesi, sessiz olması istenen yönetim ve sosyal birimlerin yerleşimi bağlamında bir ölçüt olarak değerlendirilmelidir. (Şekil 3.9)



Şekil 3.10 Sanayi yapılarında yerleşimin planlanmasında gürültü etkeninin değerlendirilmesi. (İlgürel, 2004)

Bölüm 3.1’de açıklandığı gibi sanayi yapılarının kentsel alanlardan ve yerleşim bölgelerinden uzakta, organize sanayi bölgelerinde planlanması birçok açıdan önem taşımaktadır. Bu durum, sessiz yerleşim bölgeleri ve kentsel alanların gürültüden korunması konusunda olduğu kadar, sanayi yapılarının bileşenleri olan sosyal donatı alanlarının gürültüden korunması bağlamında, üretim yapılarından kaynaklanan gürültüye karşı gerekli önlemlerin alındığı bütüncül bir planlama anlayışı açısından da gereklidir. Sanayi yapılarının Organize Sanayi Bölgesi’nde(OSB) planlanması özellikle sosyal işlevler ile ilgili donatıların bütün sanayi yapılarına hizmet verecek bir anlayışla, gürültü ve diğer zararlı etkenlerden etkilenmeyecek bir alanda, altyapısı hazırlanmış ve ulaşımı çözümlenmiş olarak planlanması önem taşımaktadır. Bu durumda, çalışanların sosyal gereksinimlerinin bir bölümü ya da tamamı bu alanlarda karşılanabilmektedir. Bu alanların gürültüden etkilenmesinin önlenmesinde, üretim yapılarının yerleşimi, arsa topografyası, bitki örtüsü, rüzgar durumu vb. etkenler göz önünde bulundurularak sanayi bölgesinin planlanması aşamasında uygun çözümler değerlendirilmelidir. Gerekli durumlarda, üretim yapılarından kaynaklanan gürültülere karşı doğal-yapay engellerden yararlanılması, üretim yapılarının ve sosyal donatıları içeren yapıların yapı kabuğunda gerekli önlemlerin alınması düşünülmelidir.

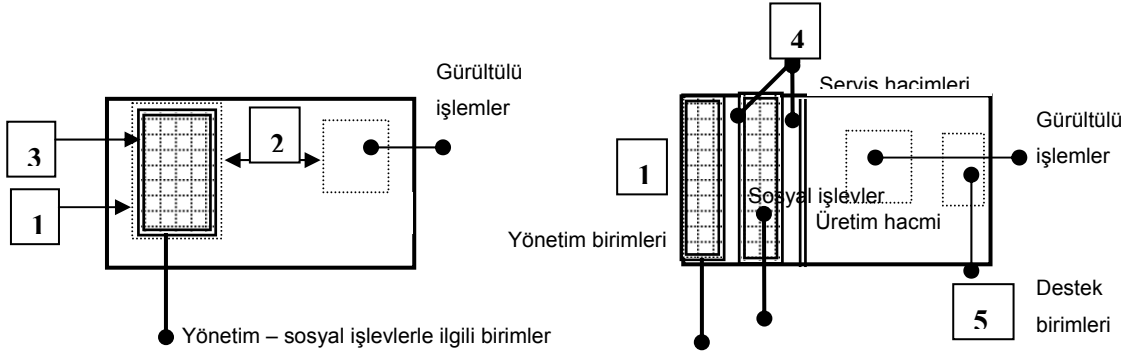
Bununla birlikte sosyal işlevler ile ilgili alanların ve yönetim birimlerinin üretim yapısı içinde ya da üretim yapısı ile ilişkili tasarlanmaları gereği ortaya çıkabilir. Şekil 3.11’den Şekil 3.14’e kadar yer verilen şematik çizimler farklı koşullar için gürültü ile ilgili önlemleri irdelemektedir.



Şekil 3.11 Sanayi yapılarının arsa yerleşiminde belirleyici etkenlerin değerlendirilmesi.
(Şerefhanoglu Sözen, 2004)

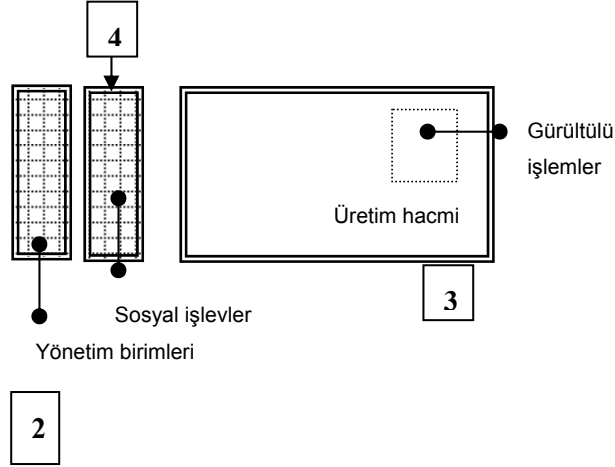
1. Teknik altyapı donatılarının arsa üzerindeki yerleşiminde gürültü etkeni dikkate alınmalı, bunlar yönetim – sosyal işlevleri etkilemeyecek bir bölgede planlanmaya çalışılmalı.
2. Üretim hacmine hizmet veren destek birimlerinin olabiliyorsa yapı dışında, yönetim – sosyal işlevleri etkilemeyecek bir bölgede planlanması düşünülmelidir.

• **Yönetim ve Sosyal Alanların Yapı Genelindeki Yerleşimi**



Şekil 3.12 Yönetim – sosyal birimlerin yapı içindeki farklı yerleşim durumları (Şerefhanoglu Sözen, 2004)

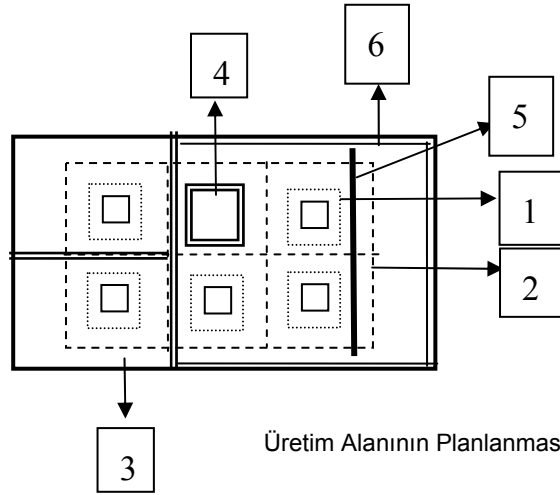
1. Gürültü ve titreşimin taşıyıcı sistem aracılığı ile yapı geneline yayılması riski bulunan durumlarda; yönetim – sosyal işlevleri içeren yapı bölümlerinin strüktürel olarak üretim hacmi genelinden ayrılması,
2. Yönetim – sosyal işlevlerin üretim hacminin gürültülü işlemleri içeren bölümlerinden uzakta planlanması,
3. Yönetim – sosyal işlevleri içeren yapı bölümlerini üretim hacminden ayıran cidarın yeterli ses geçiş kaybı sağlayacak özellikte tasarlanması,
4. Üretim hacmi içinde yüksek düzeyli gürültülerin ortaya çıkması öngörülen durumlarda üretim hacmi ile yönetim – sosyal işlevlerle ilgili yapı bölümleri arasında tampon hacimlerden yararlanılması,
5. Üretim hacmine hizmet veren destek birimlerinin yapı dışında planlanmasının uygun görülmediği durumlarda, bodrum kat kotunda veya sessiz olması istenen hacimlerden uzakta ayrı bir bölüm içinde planlanması,



Şekil 3.13 Yönetim – sosyal birimlerin yapı dışındaki yerleşim durumu (İlgürel, 2004)

1. Yönetim – sosyal işlevlerin üretim hacminin görece gürültüsüz bölümlerinin yer aldığı tarafta planlanması ve üretim hacmi ile ilişkisinin bu bölümden sağlanması,
2. Sessiz olması özellikle önem taşıyan yönetim birimleri ile üretim yapısı arasında fon gürültüsü daha yüksek olan sosyal işlevlere yer verilerek sessiz olması önem taşıyan bu birimlerin gürültüden korunmasının sağlanması.
3. Üretim hacminin yapı kabuğunun yeterli ses geçiş kaybı sağlayacak özellikte tasarlanması.
4. Yönetim – sosyal işlevleri içeren yapının yapı kabuğunun yeterli ses geçiş kaybı sağlayacak özellikte yapılması.

- **Üretim Alanının Tasarımı**

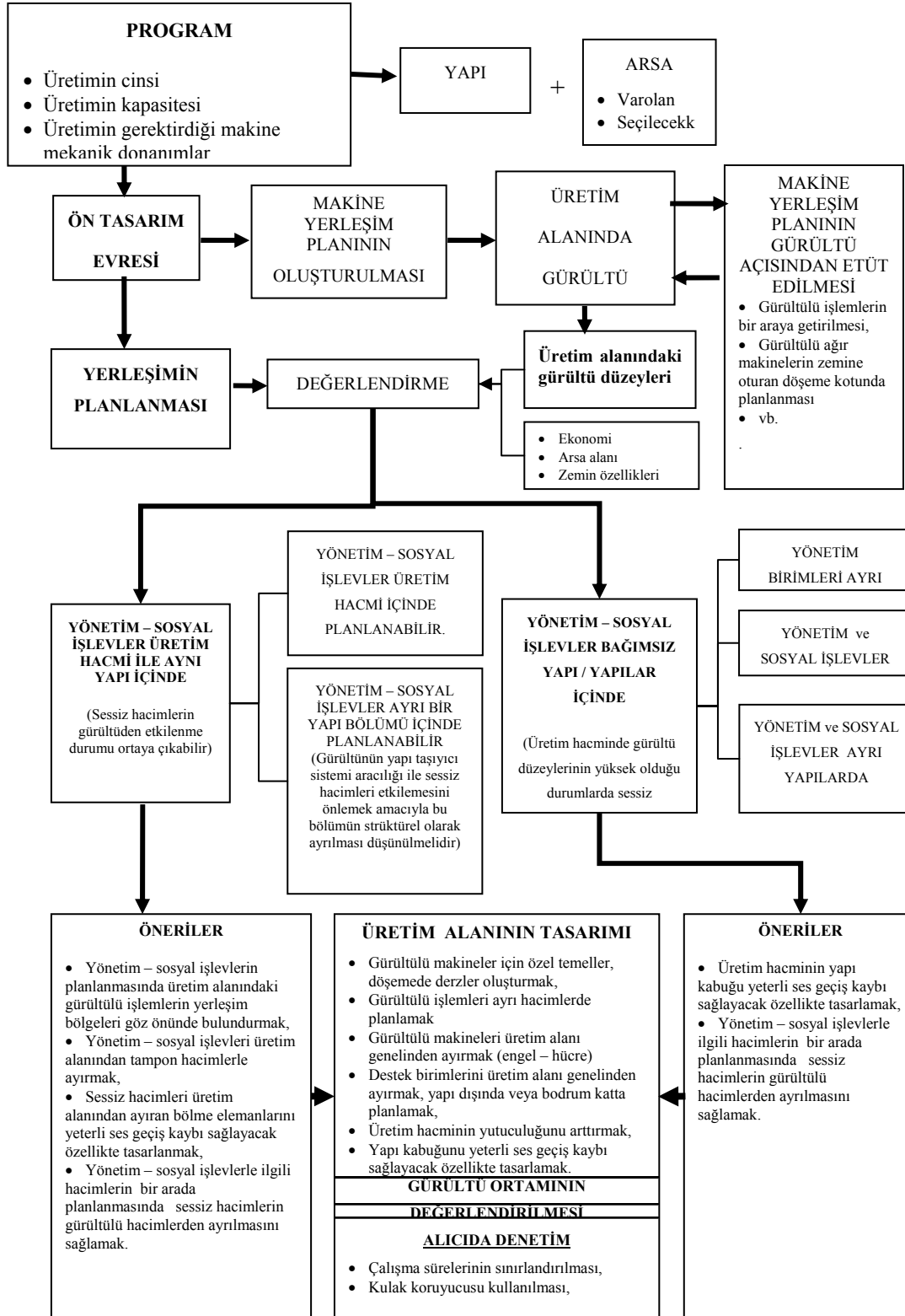


Şekil 3.14 Üretim alanının planlanmasında gürültü ve titreşimle ilgili önlemler.(İlgürel, 2004)

1. Gürültülü ve döşemeye titreşim geçiren makineler için özel temeller oluşturulmalı ve / ya da titreşim yalıtımı uygulanmak üzere gerekli altyapı (yüzer döşeme ve benzeri) hazırlanmalı,
2. Üretim hacminin betonarme döşemesinde gürültünün üretim alanı geneline yayılmasını önleyecek dilatasyon derzleri bırakılmalı,
3. Yüksek düzeyde gürültülü üretim işlemleri üretim alanı genelinden ayrılarak özel hacimler içinde planlanmalı,
4. Gürültülü işlemlerin üretim alanından soyutlanmasında üretim akışının ve makine özelliklerinin izin verdiği ölçüde hücrelerden / kısmi hücrelerden yararlanılması,
5. Üretim hacmi içinde kaynak – alıcı arasında, akustik gölge oluşturacak engeller kullanılmalı,
6. Üretim hacmi içinde yansıyan ses düzeyini azaltmak için hacim yüzeylerinde uygun ses yutucu gereçler ve ek yutucu elemanlar kullanılması,

Şekil 3.14’de sanayi yapılarında gürültü etkeninin değerlendirilmesi ile ilgili akış şeması verilmiştir.

3.5 Gürültü Etkeninin Değerlendirilmesinde Akış Şeması Oluşturulması



Şekil 3.15 Gürültü etkeninin sistematik değerlendirilmesinde akış şeması. (İlgürel, 2004)

4. SANAYİ YAPILARININ ÜRETİM HACİMLERİNDE GÜRÜLTÜ ETKENİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ İLE İLGİLİ GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, kapalı hacimlerde gürültü düzeylerine etki eden etkenler açıklanmış ve gürültü düzeylerinin kuramsal olarak belirlenebilmesi için geliştirilen hesaplama yöntemlerine yer verilmiştir. ODEON Akustik Benzetim Programı (ODEON ABP) tanıtılarak teknik özellikleri açıklanmıştır. Ayrıca, engel etkinliği ile ilgili literatürdeki değişik nitelikteki çalışmalar incelenmiş, yarı yansız hacimde engel etkinliği ile ilgili gerçekleştirilen deneysel çalışmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

4.1 Üretim Hacimlerinde Gürültü Düzeylerinin Önceden Belirlenmesi

Kapalı hacimlerde gürültü düzeylerinin öngörülmesinde belli kabullere dayanan kuramsal yaklaşımlardan ya da akustik benzetim programlarından yararlanılmaktadır. Bu bölümde öncelikle, kapalı hacimlerde kaynak ve hacme bağlı etkenler incelenmiştir.

4.1.1 Kapalı Hacimlerde Kaynak ve Hacme Bağlı Etkenler

Kapalı bir hacimde kaynaktan belli uzaklıkta bir alıcının algıladığı ses düzeyi temel olarak, kaynak ile alıcı arasındaki uzaklığa, ses kaynağının ses gücü düzeyine, ses kaynağının alıcı doğrultusundaki ses yönelim katsayısına, yüzey yutuculuklarına ve hacmin toplam yutuculuğuna bağlıdır.

Bundan ötürü, kapalı hacimlerde gerçekleşen ses ile ilgili fizik olaylarda sesin düzeyini belirleyen etkenler;

- Ses kaynağına bağlı etkenler,
- Hacme bağlı etkenler

olarak gruplanabilir. Bu bölümde, ses kaynağına bağlı etkenlerin dışında hacme bağlı etkenlerden özellikle toplam yutuculuğun gürültü düzeylerine etkisi incelenmiştir.

Toplam yutuculuk – gürültü düzeyi ilişkisinin incelenmesinde, öncelikle sesin yayılmasında açık alan ve kapalı hacim koşulları arasındaki temel ayrımların açıklanması önem taşır. Kuramsal olarak bir ses kaynağının açık alanda ya da kapalı bir hacim içinde bulunması, akustik yönden farklı ses ortamlarının oluşmasına neden olmaktadır. Açık alanda, zeminden ve sesin iletim yolu üzerinde bulunabilecek diğer nesnelerin yüzeyinden oluşabilecek yansımalar göz ardı edilirse kaynaktan çıkıp doğrudan alıcıya ulaşan dolaysız ses erkesi,

alıcıda algılanan ses düzeyini oluşturur. İdealize edilmiş bu durumda (*açık alan koşulu*) sadece kaynaktan alıcıya doğrudan iletilen dolaysız ses etkilidir ve bu koşuldaki ses alanı *doğrultulu ses alanı* olarak tanımlanır.

Açık alan koşullarında, noktasal olarak tanımlanabilecek bir ses kaynağından yayılan sesin kaynaktan belirli uzaklıklarda oluşturduğu ses düzeyi, havanın yutuculuğu, zeminden olan yansımalar, atmosferik etkenler gibi yere ve zamana bağlı etkiler göz ardı edilebilirse, yayılan ses erkesi uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azaldığı için kolayca hesaplanabilir. Ses kaynağının frekans yapısının düz olmadığı durumda bu hesaplamanın frekans ölçeğinde yapılması gerekmektedir.

Ses kaynağının ilgili frekanstaki ses gücü düzeyi, o frekansta kaynak-alıcı doğrultusundaki yönelim katsayısı ve kaynak-alıcı uzaklığı bilinmesi gereken değişkenlerdir. 63 Hz – 8000 Hz aralığını kapsayan frekanslarda hesaplama yapıldıktan sonra alıcı noktasındaki toplam ses düzeyi ağırlıksız ya da A-ağırlıklı olarak bulunabilir. (Irvine, Richards, 1979)

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log(Q / 4 \cdot \pi \cdot r^2) \quad (4.1)$$

L_p : Alıcıda oluşan ses düzeyi (dB)

L_w : Kaynağın ilgili frekanstaki ses gücü düzeyi (dB)

Q : Kaynağın ilgili frekanstaki yönelim katsayısı

r : Kaynak – alıcı arası uzaklık (m)

Kapalı hacimlerde ise, kaynağın yakın çevresinde etkili olan doğrultulu ses alanının dışında hacmin büyük bir bölümünde yansımış ses alanının varlığından söz edilebilir. Kuramsal olarak yayınık ses alanı, kapalı hacimlerde ses düzeyinin noktadan noktaya değişmediği bir alanı tanımlamaktadır. Bu nedenle kapalı hacimlerde alıcıda oluşan ses, kaynaktan çıkıp doğrudan alıcıya ulaşan doğrultusu belli olan **dolaysız ses** ile hacmin yüzeyleri arasında peş peşe gerçekleşen yansımaların sonucu olarak bütün hacmi dolduran ve her doğrultudan alıcıya ulaşan **yansımış ses** bileşeninden oluşmaktadır. Kimi durumlarda, yutuculuğu düşük çatı, duvar yüzeyi gibi yansıtıcı yüzeylerden gerçekleşen ilk yansımalar dolaysız ses düzeyine katkı yapabilir. Herhangi bir kapalı hacimde yansımış ses düzeyi yüzey yutuculuklarına, nesnelerin yutuculuklarına ve havanın yutuculuğuna bağlıdır. Ses alanının yayınık olması koşuluyla kapalı bir hacimdeki toplam ses düzeyi ses kaynağının ses gücü düzeyine bağlı olarak hesaplanabilmektedir.

Havanın yutuculuğu, yüksek frekanslar olan 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz için söz konusudur ve 'm' katsayısına bağlıdır. Bu katsayı havanın sıcaklığına ve bağıl neme bağlı bir büyüklüktür. Gerçekte ses yutucu bir gerecin ses yutuculuğu, ses dalgasının yüzeye çarpma açısına bağlı olarak değişir, bununla birlikte hesaplamalarda kullanılan ses yutma çarpanları ortalama değer olarak verilir.

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log(4 / R + Q / 4 \cdot \pi \cdot r^2) \quad (4.2)$$

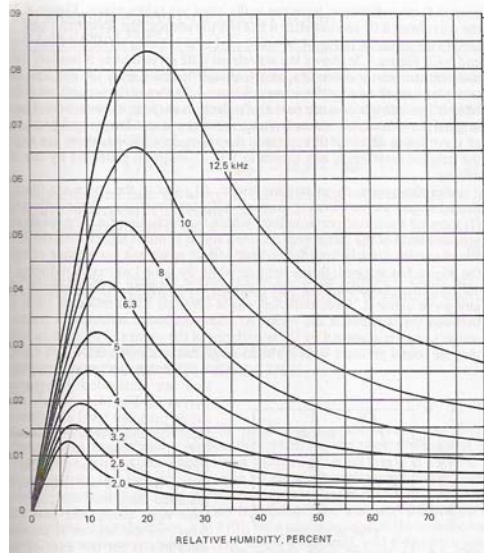
L_p : Alıcıda oluşan ses düzeyi (dB)

L_w : Kaynağın ilgili frekanstaki ses gücü düzeyi (dB); $10 \log_{10} [W / 10^{-12}]$

Q : Kaynağın ilgili frekanstaki doğrultululuk katsayısı

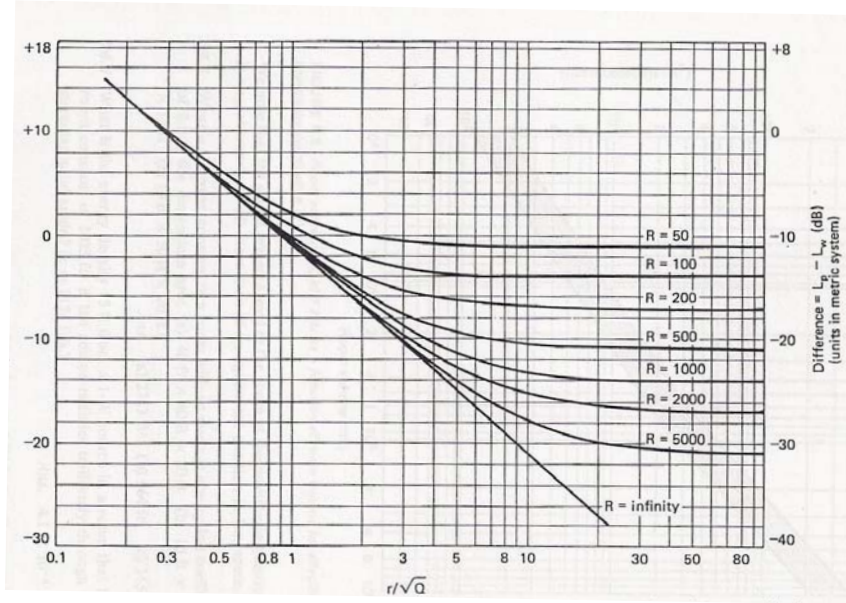
r : Kaynak – alıcı arası uzaklık (m)

R : Hacim sabiti



Şekil 4.1 20° C için bağıl neme bağlı 'm' katsayısının değişik frekanslar için değerleri. (Cyril, H.,(Ed), Marsh, William, 1998)

Bu denklem, farklı hacim sabiti değerleri için grafik olarak oluşturulmuştur. (Şekil...) Hacim sabiti değerinin sonsuza yaklaşmasıyla birlikte, açık alan koşullarında olduğu gibi $L_p - L_w$ değerinin uzaklığın iki kat artışı için 6 dB'lik bir azalma gösterdiği görülür. R değerinin çok küçülmesiyle birlikte hacimdeki yansımanın arttığı ve kaynağın yakın bölgesine kadar $L_p - L_w$ değerinin değişmediği görülür. (Irwin, J.D., Graf, E.R., Industrial Noise and Vibration Control, 1979)



$L_p - L_w$: Ses basınç düzeyi – ses gücü düzeyi farkı

Şekil 4.2 Kaynaktan uzaklığa bağlı olarak hacim sabiti değişkenine (R) bağlı ses basınç düzeyi – ses gücü düzeyi ayrımları(Irvine, Richards, 1979)

$$R = S \times \bar{a} / (1 - \bar{a}) \quad (4.3)$$

$$A_t = A_y + A_b + A_h$$

$$A_y / S = \bar{a}$$

R : Hacim sabiti.

A_t : Toplam yutuculuk

S : Toplam yüzey alanı (m²)

$\bar{a}$: Ortalama yutma çarpanı

$$\text{Yüzeylerin yutuculuğu : } A_y = S_1 a_1 + S_2 a_2 + S_3 a_3 + \dots + S_n a_n$$

$$\text{Birimlerin yutuculuğu : } A_b = N_1 a_1 + N_2 a_2 + N_3 a_3 + \dots + N_n a_n$$

$$\text{Havanın yutuculuğu : } A_h = 4 \cdot m \cdot V$$

Dolaysız ses düzeyi, gürültü kaynağından uzaklaşıldıkça azalarak yansımış ses düzeyinin altına düşer. Dolaysız ses ile yansımış sesin düzey olarak eşitlendiği durumda gürültü kaynağından olan uzaklık, kritik uzaklık olarak tanımlanır ve r_c olarak gösterilir. Üretim hacmi içinde toplam yutuculuğun artırılması, kritik uzaklık sınırı içinde bulunan alıcı noktasındaki ses düzeyini azaltmada pek etkili olmaz, ancak makineye göre kritik uzaklık sınırı dışında bulunan çalışanlar için toplam yutuculuğun büyüklüğüne bağlı olarak gürültü düzeylerinin azaltılması söz konusu olabilir. Bu durumda üretim hacmindeki makinelerin yerleşim düzeni ve çalışanların gürültülü makinelere göre konumları toplam yutuculuk

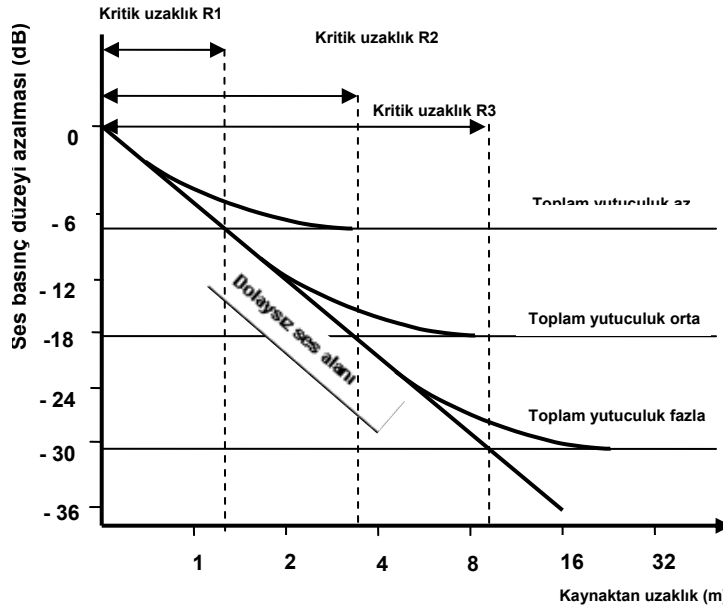
artışının sağlayacağı gürültü azaltımında belirleyicidir. Bir gürültü kaynağı için kritik uzaklık sınırı, o kaynak için dolaysız ses düzeyinin yansımış ses düzeyine eşitlenmesi yoluyla bir denklem yardımıyla hesaplanabilmektedir. (Crocker, Kessler, 1982)

$$4 / R = Q / 4\pi r_c^2 \quad (4.4)$$

R: Hacim sabiti

r_c : Kritik uzaklık

Q : Doğrultululuk katsayısı



Şekil 4.3 Toplam yutuculuk artışıyla birlikte kritik uzaklık sınırının genişlemesi ve toplam ses düzeyindeki azalmalar. (Crocker, Kessler, 1982)

4.1.2 Üretim Hacimlerinde Gürültü Düzeylerinin Öngörülmesinde Kullanılan Yöntemler

Günümüzde, üretim hacimlerindeki gürültü düzeylerinin ve dağılım durumunun öngörülmesinde, bilgisayarların ve bilgisayar yazılımlarının gelişmiş olması bilimsel açıdan önemli bir aşama oluşturmaktadır. Işın izleme (ray-tracing) yöntemini kullanan akustik modelleme yazılımlarında, üretim hacmi üç boyutlu olarak tasarlanabilmektedir. Bu yazılımlarda, hacmi sınırlayan yüzeylere, yutma çarpanlarının ve dağıtma katsayılarının atanması ayrıntılı bir biçimde yapılabilmektedir. Bununla birlikte, akustikte ses dalgalarının yüzeylerden yansımaları olgusu, optikte ışık ışınlarının yüzeylerden yansımaları olgusundan daha

karmaşıktır. Optikte görünebilir aralıkta yer alan ışınların yüzeylerden düzgün yansıma yapması söz konusu iken, akustikte dalga boyuna ve yüzey düzgünsüzlüklerine bağlı olarak ses ışınlarının yüzeye teğet bir küre içine dağılması söz konusudur. Bu olgu, akustikle ilgili modelleme çalışmalarının gerçek duruma yaklaştırılmasında bir güçlük oluştursa da silindirselsel, konik ışın izleme yöntemlerinin uygulanması ve ışın izleme ile görüntü kaynak yöntemlerinin birleştirilmesi bu konudaki çözüm arayışlarını göstermektedir.

- Işın izleme yöntemi kapalı bir hacimdeki gürültü ortamının öngörülmesinde kullanılan basit ama özgün bir yaklaşımdır. 1968'den günümüze değin gürültü düzeylerinin öngörülmesinde ışın izleme yönteminden yaygın bir biçimde yararlanılmaktadır. Işın izleme yönteminde, simule edilen ses dalgasının uzunluğunun oda boyutlarına göre *Schroeder cut off frekansını* aşmaması gerekmektedir. (Dance, 2004)

Büyüklüğü ve yansışım süresi belli bir hacim için bu kritik frekans değeri;

$$f_c = 2000 \cdot (T / V)^{1/2} \quad (4.5)$$

T: Yansışım süresi (s)

V: Hacim (m³)

formülü ile hesaplanabilir.

- Işın izleme yönteminde, ses enerjisi ses kaynağı ile alıcı arasında binlerce ses ışını kullanılarak iletilmektedir. Hesaplamalar, kaynaktan yayılan ışınların bir kürenin bölümlenmesiyle elde edilen konik ya da piramit hacimler içinde toplandığı düşünülerek gerçekleştirilir. Kaynaktan iletilen ışın sayısı kullanıcı tarafından belirlenebileceği gibi, genelde alıcı hücrenin büyüklüğüne bağlı olarak seçilmektedir. Bu hücrenin boyutları 0,25m. çaplı bir küreden 1 m. çaplı bir küreye kadar çıkabilir ve içinden geçen ışın sayısına bağlı olarak enerji ile yüklenmektedir. Örneğin, 50 x 10 x 10 m. boyutlarında bir hacim için 50,000 ışın ve 0,5m. çapında alıcı hücreye gerek duyulmaktadır. (Dance, 2004)
- Üretim hacimlerindeki gürültü düzeyleri konusunda önemli bir etken de üretim alanındaki donanım ve donatının akustik açıdan etkisidir. Bununla ilgili olarak bu donanımların düzgün ve gelişigüzel yerleşmiş olması durumunda akustik modellemelerde bunların nasıl ele alınacağı konusu önem taşımaktadır. Kuttruff formülü, bu donanımların yerleştiği alan ile ilgili bir dağıtma katsayısı belirlemeye olanak tanımaktadır; (Dance, 2004)

$$q = S / 4 \cdot V$$

(4.6)

q: dağıtma katsayısı

S: Donanımın yerleştiği alan

V: Hacim

- Yapılan son çalışmalarla sanayide üretim alanında yerleşik durumda bulunan donanım elemanları için bunların yerleşim alanı ve yutma çarpanı değerlerine göre elde edilen katsayıların kritik önemde olduğu ve frekansa bağlı olarak pek değişim göstermediği belirlenmiştir.
- Gürültü kaynakları üretim alanının hemen üzerinde konumlanmış ses gücü düzeyi değerleri belirli olan nokta kaynaklar olarak düşünülebilir, ancak sanayideki makinelerin genelde belirli doğrultulara daha fazla ses enerjisi yayımlayan doğrultulu kaynaklar olduğu unutulmamalıdır. Modellemede de o doğrultuda daha fazla ses ışını yayımlanması gerekliliği açıktır. Genel olarak, bir gürültü kaynağı ne kadar güçlü ise modellemede o oranda fazla ışın gereklidir. Gürültü üreten boyutları oldukça büyük bir sistemin yakın bölgesindeki gürültü alanının doğru olarak öngörülebilmesi için, taşıyıcı bant örneğinde olduğu gibi bir boyutu diğerlerine göre oldukça büyükse çizgi kaynak, büyük titreşen paneller gibi iki boyutu diğerine göre oldukça büyükse düzlem kaynak olarak ele alınması ve modellenmesi gerekmektedir. (Dance, 2004)
- Üretim hacimlerinde ampirik modeller ve ışın izleme yöntemi aracılığı ile yapılan gürültü ortamı ve yansıma süresi öngörülerinin tutarlılığını incelemek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada aynı veriler kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. İncelemeler, üç ayrı tip hacim (uzun, basık, kübik) için bu hacimlerin yansıtıcı ve yutucu tavanlı olma durumlarına ve dört ayrı donanım yoğunluğuna göre gerçekleştirilmiştir. Uzun ve basık tipli hacimlerde ampirik modellerin 2dB'lik ayrımlarla ışın izleme yöntemi öngörülerini ile uyduğu görülmüştür. (Hodgson, M., 2003)
- Üretim hacimlerinde durağan gürültü düzeylerini ve yansıma süresi değerlerini önceden belirlemeye yönelik kullanılan ampirik modelleri sınamak amacıyla gerçekleştirilen çalışmada bu modellerin öngördüğü belirlemeler ile ışın izleme yönteminin öngördüğü belirlemeler aynı veriler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Belirli hacim tiplerine göre yapılan karşılaştırmalar sonucu-('long', 'flat' and 'quasi-cubic') uzun ve düz(flat) hacimlerde ampirik modellerin ışın izleme yöntemi kullanılarak yapılan belirlemeler ile 2dB yaklaşıklık içinde uyumlu olduğu görülmektedir. (Hodgson, M., 2003)

- Enerji santrallerindeki gürültü ortamının öngörülmesi ile ilgili ışın izleme algoritmasının uygulandığı bir çalışmada varolan bir nükleer santral örnek olarak modellenmiştir. Enerji santralinin bir ünitesi çalışır durumda iken oktav bant gürültü düzeyi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapının geometrisi, yüzey gereçlerinin ses yutma çarpanları, donatıları, gürültü kaynakları ve alıcı noktaları veri olarak girilerek enerji santralinin akustik modellemesi yapılmıştır. Işın izleme yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar ile A-ağırlıklı ölçüm değerleri karşılaştırılmış ve sonuçların 2dB'lik yaklaşıklıkla tutarlılığı gösterilmiştir. (Hodgson, M., 1997)

4.1.3 ODEON Akustik Benzetim Programı'nın Tanıtılması

İlk olarak 1987 yılında geliştirilen **ODEON Akustik Benzetim Programı (ODEON ABP)**, kapalı hacimlerdeki akustik ortamın modellenmesinde ışın izleme ve görüntü kaynak algoritmalarının birlikte uygulandığı bir bütünleşik modelleme yöntemi kullanmaktadır. Hacimlerin üç boyutlu olarak modellenmesine ya da CAD programlarından üç boyutlu modellerin aktarılmasına olanak tanıyan **ODEON ABP**, ses düzeyi, yansıma süresi, erken düşme zamanı, konuşma iletim katsayısı gibi gürültü denetimi ve hacim akustiğinde önem taşıyan akustik parametrelerin, koordinatları belirtilen alıcı noktalarına bağlı olarak hesaplanabilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, *auralization* özelliği ile hacim özelliklerine ve hacmin içinde bulunan noktaya bağlı olarak akustik ortamın işitsel açıdan simüle edilebilmesini sağlamaktadır. **ODEON ABP**'nin sanayi sürümünde, gürültü kaynakları nokta, çizgi ve alan kaynak olarak oluşturulabilmekte ve frekans bazında enerji dağılımları girilebilmektedir. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen akustik modellemeler ODEON ABP'nin sanayi modülü olan Industrial Version 9.2 ile gerçekleştirilmiştir.

ODEON ABP, üretim alanının bütünü için frekans bazında tek değer olarak lineer ve A-ağırlıklı gürültü düzeyleri dağılım durumunu renk skalasına göre veren gürültü haritaları oluşturmaktadır. Gürültü haritalarının çözünürlüğü grid sistemdeki karelerin büyüklüklerine göre hesaplama aşamasından önce belirlenebilmektedir; buna göre gürültü haritalarının çözünürlükleri ile hesaplama süresi arasında optimizasyona gidilmesi uygundur. Üretim alanı bütününde grid sisteminde yer alan birimlerin sayısı kadar alıcı noktası için hesaplama yapılmış olur ve bu değerler kümesi üretim alanı bütününe göre bir değerlendirme yapabilmeyi olanaklı kılacak biçimde istatistiksel olarak tek değer üzerinden değerlendirilebilir. **X(5)**, **X(50)**, **X(95)** belirlemeleri üretim alanının belirli bir yüzdelik bölümünde aşılmayan gürültü düzeylerini tanımlamaktadır.

- **ODEON 3.1** ile gerçekleştirilen bir çalışmada, gürültü denetimi ile ilgili önlemlerin alındığı 6 ayrı üretim hacmi akustik açıdan modellenmiştir. Her üretim hacmi için, önlem alınmadan önceki ve sonraki durumu yansıtan iki ayrı model oluşturulmuştur. Modelleme sonucu elde edilen gürültü azaltım değerlerinin, gerçek durumda sağlanabilen azaltım değerleriyle karşılaştırılması ile ortalama 3 dB yaklaşıklıkla azaltım değerlerinin öngörülebildiği görülmüştür. (Hongisto, Keränen, 2007)
- Farklı bir çalışmada **ODEON ABP** kullanılarak kimyasal madde, ahşap üretimi yapan iki fabrika bir enerji santrali akustik açıdan modellenmiştir. Ölçüm sonuçları ile modelleme sonuçlarının 3dB yaklaşıklıkla uyduğu görülmüştür. ODEON ABP'nin gürültü düzeylerini öngörmesi ile ilgili yapılan değerlendirmede, programın karmaşık geometrileri modelleyebilmesi olumlu bulunmuş, hacimdeki ses alanının yayınlılığı ölçüsünde programın verdiği sonuçların gerçek duruma yaklaştığı belirtilmiştir. Ancak, hesaplama süresinin uzunluğu ve nesne ayrıtlarında gerçekleşmesi gereken kırınım etkisinin göz ardı edilmiş olması eleştirilmiştir. (Villefrance, Andersen, Berg, Maxon, 2007)

4.2 Kapalı Hacimlerde Gürültünün Azaltılmasında Engellerden Yararlanılması

Engel kenarlarında ve yüzey birleşim yerlerinde gerçekleşen, alçak ve orta frekanslı seslerin dalga boyu uzunluğuna bağlı olarak doğrultu değiştirmesi olarak açıklanabilecek kırınım fizik olayı, ODEON Sanayi Modülü 9.2 Sürümü'nde simule edilememektedir. Bu nedenle, engelin akustik gölge bölgesi içinde dolaysız ses bileşeninin hesaplanmasında kuramsal hesaplama yönteminden yararlanılmıştır. Bu bağlamda, engelin akustik gölge bölgesinde kırınım sonucu oluşan dolaysız ses bileşeninin engelden değişik uzaklıktaki alıcı noktaları için hacim koşullarından bağımsız olarak incelenmesi ve çalışmada kullanılan hesaplama yönteminin sınanması açısından yarı yansızimsız hacim koşullarında deneysel bir çalışma planlanmıştır. Bu bölümde öncelikle, gürültünün azaltılmasında engellerden yararlanılması durumu genel olarak incelenmiş ve konu ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir.

Açık alanlarda, özellikle yol kenarlarında kullanımı oldukça yaygın olan gürültü engellerinden kimi durumlarda kapalı hacimlerde de akustik amaçlı olarak yararlanılmaktadır. Açık alanlarda, kent içinde ve dışında yerleşim bölgelerinin trafik, sanayi ve şantiye gibi etkinliklerin gürültülerinden korunmasında etkili bir denetim yöntemi olarak değişik boyut ve nitelikteki engeller kullanılmaktadır. Kapalı hacimlerde ise özellikle, sanayi yapılarının üretim hacimlerinde yüksek düzeyli gürültü kaynaklarının denetlenmesinde ve açık planlı ofisler gibi çalışma ortamlarında çalışanlara sessiz çalışma birimlerinin oluşturulması ve

konuşmanın gizliliğinin sağlanması gibi amaçlarla yararlanılmaktadır. Sanayide engel kullanımı, gürültü kaynağı ile alıcı arasındaki iletim yolunda kullanılan etkin gürültü denetimi yöntemlerinden biridir. Sanayi yapılarında gürültü kaynaklarının engellerle ayrılması, akustik gölge oluşturarak gürültü düzeylerinin üretim alanının bir bölümünde azaltılması amacını taşımaktadır.

Engel konusu akustik alanında üzerinde oldukça fazla çalışılmış bir konudur. İlgili literatürde, Moreland, Musa, Fujiwara, Maekawa, Kurze gibi araştırmacılar sınırlı ve sınırsız engeller üzerine kuramsal ve deneysel çalışmalar yaparak engel etkinliğini belirlemeye yönelik modeller geliştirmiştir. Kuramsal çalışmalar arasında açık ve kapalı alanlar için engel etkinliğini saptamaya yönelik modeller bulunmaktadır. Engellerin oluşturduğu akustik gölge ile ilgilenen ilk araştırmacılardan Sommerfeld, Mc Donald ve Redfearn gibi araştırmacılar yarı sınırsız engellerde gerçekleşen kırınma olayı ile ilgilenmişler ve Fresnel integrallerine dayanan çözümler geliştirmişlerdir. Maekawa, sınırlı boyutları olan engellerle ilgilenmiş ve engel etkinliğinin her bir engel sınırında gerçekleşen kırınma olayının ayrı ayrı ele alınması ve noktaya bağlı olarak bunların etkilerinin birleştirilmesi yoluyla hesaplanabileceğini göstermiştir. Moreland ve Musa ise, Maekawa'nın kuramsal çalışmalarını geliştirerek özellikle sanayide kapalı hacimlerde kullanılan sınırlı boyuttaki engellere uygulanabilecek engel etkinliğini belirlemeye yönelik amprik yaklaşımlar önermişlerdir.

Gürültü engeli (noise barrier), sesin iletim yolu üzerinde sesin doğrudan iletimini engelleyici özellikte ve ses geçiş kaybı değeri yeterli düzeyde olan bir eleman olarak tanımlanabilir. Böylece, ses kaynağı ile alıcı noktasını birleştiren görüş çizgisi kapatılmış ve sesin doğrudan etkili olmadığı akustik gölge bölgesi olarak tanımlanan görece sessiz bir alan oluşturulmuş olur. Engel etkinliğini belirleyen büyüklük literatürde, engelin gürültü azaltımı (IL: insertion loss) olarak tanımlanmaktadır. Engel gürültü azaltımı, belirlenen alıcı noktalarında, engelden önce ve sonra yapılan gürültü düzeyi ölçümleri arasındaki düzey farkı alınarak belirlenen gürültü azalması değeridir ;

$$G.A.(engel) = Lp(engelsiz) - Lp(engelli) \quad (4.7)$$

G.A.(engel) : Engelin belirli bir alıcı konumunda gürültü düzeyinde sağladığı frekansa bağlı ya da toplam azaltım.

Lp(engelsiz) : Belirli bir alıcı konumunda engel oluşturulmadan önce ölçülen / hesaplanan frekansa bağlı ya da toplam gürültü düzeyi.

Lp(engelli) : Belirli bir alıcı konumunda engel oluşturulduktan sonra ölçülen / hesaplanan frekansa bağlı ya da toplam gürültü düzeyi.

olarak tanımlanmaktadır. Engelin sağladığı ya da sağlaması öngörülen gürültü azaltım değeri, tek bir frekans, oktav bant ya da frekans tayfı toplamı olarak verilebilmektedir. Engel etkinliği frekansa göre değişim göstermekte, yüksek frekanslı sesler daha fazla azaltılabilmektedir. Alçak frekanslı seslerin engel kenarlarında daha fazla kırımması sonucu engellerin etkinlikleri yüksek frekanslarda daha fazladır. Engel kenarlarında özellikle dalga boyu engel boyutlarını (engel yüksekliği ve genişliği) aşan ses dalgaları kırılmaktadır. Engelin ses geçiş kaybı değerinin tüm frekanslar için, 25 dB'in üzerinde olması genellikle yeterli olmaktadır.

Engelin sağladığı gürültü azaltımı, hesaplama ve ölçme yöntemleri kullanılarak belirlenebilir. Engelin gürültü azaltımı değerini belirleyici etkenler temel olarak;

- Gürültü kaynağının özellikleri,
- Çevresel koşullar,
- Engelin biçimsel ve yapısal özellikleri,

olarak sıralanabilir.

Açık alanda yapılan engel uygulamaları ile sağlanabilen gürültü azaltımı değerleri genellikle 5 ile 12 dBA aralığında yer almaktadır. Engelin yüksekliği ve gürültü kaynağı ile alıcı noktasının birbirinden uzaklığı, engel etkinliği konusunda belirleyici temel etkenlerdir. Engel ne kadar yüksek ve alıcı ile kaynak birbirine ne kadar yakın ise engel o oranda etkili olmaktadır. Bunun yanı sıra engeli oluşturan elemanların yeterli ses geçiş kaybı sağlaması, elemanların birbirleriyle ve zemin ile birleşim detaylarının hava sızdırmaz özellikte olması önem taşımaktadır. (Noise&News International, 1999)

Engelin sağlayacağı gürültü azaltım değerinin engel yapılmadan önce belirli yaklaşıklıklarla belirlenmesi, akustik ile ilişkili birçok fiziksel olgunun bir arada ele alınmasını gerektiren bir süreçtir. Bu durum günümüz koşullarında tam olarak olanaklı olmadığı için akustik engeller ile ilgili öngörü modellerinin doğru kestirim oranları da sınırlı olmaktadır. Günümüzde dünya genelinde akustik engellerle ilgili birçok öngörü modelinden yararlanılmaktadır. Bu modellerin gerçek duruma yakın sonuçlar vermesi, kuramsal modelin akustikle ilgili fiziksel olguları ne oranda içerdiği ile bağlantılıdır. Engelde kırınım olayının frekansa bağlı olması ve gürültü kaynağının ya da kaynaklarının tayfsal özelliklerinin de engel etkinliği konusunda belirleyici olması öngörü modellerinin ortaya koydukları kuramsal yaklaşımların frekansa bağlı hesaplama yöntemlerini içermesini gerektirmektedir. Öngörü modellerinden bazıları baskın frekans belirlemesi yaparak sonuçları doğrudan A-ağırlıklı tek değer üzerinden verirken, diğerleri kaynağın tayfsal bileşenlerini göz önünde bulundurarak 1 ya da 1/3 oktav

için hesaplama yapmayı olanaklı kılmaktadır.

Akustik engellerle ilgili öngörü modelleri amprik modeller ve kuramsal modeller olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. İki tip model de sesin yayılmasında geometrik özelliklerin etkisini değerlendirmektedir. Amprik modellerin ilk kurucuları arasında Maekawa, Kurze ve Anderson sayılabilir. Frensel sayılarına bağlı öngörü yöntemleri zemin üzerinde konumlanmış düşey rijit engeller için geçerli hesaplamaları içermektedir. Kuramsal modellerde ise kırınımın geometrik kuramı ile ilgili hesaplama yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Zeminden olan yansımaların da göz önünde bulundurulduğu bu yaklaşımlarda akustik gölge bölgesindeki ses alanı sesin zeminden yansımalarını da içeren ve engel üzerinde kırınıp alıcıya ulaşan dört ayrı iletim yolunu kapsamaktadır. Karmaşık çözümlemelere gereksinim duyulan engel biçim değişiklikleri, yutucu gereç kullanılması gibi farklı seçenekler sınır eleman yöntemi (boundary element method) denilen hesaplama yöntemi ile çözümlenebilmektedir. (Noise&News International, 1999)

Akustik gölge oluşturmak üzere gürültü kaynağı ile alıcı arasında basit yansıtıcı bir engel kullanılabileceği gibi, engelin etkinliğini arttırmak için yutucu gereç uygulanması, değişik biçimlerde başlıklar takılması, engel biçiminin değiştirilmesi gibi yöntemler de uygulanabilir.

Yutucu gereç uygulanması

Engel yüzeyinin yutucu gereç ile giydirilmesi, genellikle iki yönden yarar sağlamaktadır; birincisi akustik gölge bölgesine doğru kırınan ses enerjisinin azaltılması, ikincisi ise engel yüzeyinden yansıyan seslerin azaltılmasıdır. Kuramsal ve deneysel çalışmalar, engel yüzeyine yutucu gereç uygulanması yoluyla engel etkinliğindeki artışın, yutucu yüzey ile kaynaktan ya da alıcıdan engel üst kenarına olan doğru arasındaki açı ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu açı 45° olduğunda bu iyileşme 2 dB kadar olmakta, çok dar açılar için 10 dB'e kadar çıkabilmektedir. Yutucu yüzeyin daha fazla yarar sağlaması açısından kaynak ve alıcının engele yakın olması önem taşımaktadır. (Noise&News International, 1999)

Farklı başlık uygulamaları

Farklı engel başlıklarının engel etkinliği üzerindeki etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. En yaygın olarak denenmiş olan başlık biçimleri T, Y ve ok ($\uparrow$) biçimli başlıklar ve bunların dallanmış biçimleridir. Hothersall ve arkadaşları tarafından T, Y ve ok profilli engel başlıkları ile ilgili yapılan incelemelerde 2-3 m. genişlikteki T profillerin bu seçenekler arasında en iyisi olduğu ve T'nin üst yüzeyinde yutucu gereç kullanılarak engel

etkinliğinin önemli ölçüde arttırılabileceği belirtilmiştir. (Hothersall,1991) Okuba ve Fujiwara ise engel etkinliğinin, engel üst kenarına silindir profilli başlık takılmasıyla önemli ölçüde arttırılabileceğini, ancak bu iyileşmenin frekansa bağımlı olduğunu göstermişlerdir. (Fujiwara, Furuta, 1991)

Engelin üst bölümünün açılı verilerek bir yöne doğru eğilmesi sıklıkla uygulanan bir yöntemdir. Bununla birlikte, T biçimli engellerin düz engellere göre geniş bir alan için önemli oranda yarar sağladığı belirlenmiştir, Y ve ok biçimli başlıklarda ise aynı oranda azaltım sağlanamamıştır. T başlığın üst bölümüne yutucu gereç uygulanması durumunda üst bölümün genişliğine ve gerecin yutuculuğuna bağlı olarak ek azaltım sağlanmaktadır. Silindir biçimli başlıklar ise 2-3 dB kadar ek azaltım sağlamaktadır. 2 dB azaltım engel yüksekliğinin 2 m arttırılması ile sağlanabilecek bir azaltım değeridir. Bununla birlikte, bu yarar kırımın açılarının oldukça büyük olduğu, alıcı ve kaynağın engele çok yakın olduğu koşul için geçerlidir.(Noise&News International I-INCE 99-1)

Çoklu kenarlı engeller

Tek kenarlı engellere göre çoklu kenarlı engeller, kırımın olayının birden fazla kenarda gerçekleşmesi nedeniyle ek yarar sağlamaktadır. Çoklu kenarlı engeller, varolan engelin yanına ayrı bir engel kurulması ya da tek engelin üst kenarının çoklu kenarlı olarak biçimlenmesi yoluyla yapılmaktadır. Çoklu kenarlı engellerle sağlanan azaltım engeller arasındaki uzaklığın arttırılması ile belli bir yere kadar artmaktadır. Bu durumda engel yüzeylerinin yutuculuğu ve zemin yutuculuğu gibi etkenler de gürültü azaltımında belirleyici olmaktadır. (Noise&News International, I-INCE 99-1)

4.2.1 Kapalı Hacimlerde Engel Etkinliğini Belirlemeye Yönelik Kuramsal Çalışmalar

Engeller, alıcıya doğrudan ulaşan dolaysız sesi, akustik gölge oluşturarak engellemeleri ve zeminden olan yansımaları da önlemeleri yoluyla ses azaltımı sağlamaktadır. Kapalı hacimlerde kullanılan engellerin etkinliğinin, yani sağladığı gürültü azaltımının bağlı olduğu etmenler engelin niteliğine, gürültü kaynağının özelliklerine ve içinde bulunan hacmin özelliklerine bağlı etmenlerdir. Engel boyutlarının ise gürültü kaynağının boyutları ve özellikle denetlenmek istenen frekansın dalga boyuna göre belirlenmesi gerekir.

Kapalı bir hacimde engel etkinliğini belirleyen başlıca etmenler;

- **Engelin niteliği ile ilgili etmenler,**
 - Engel boyutları (engelin genişliği ve yüksekliği)

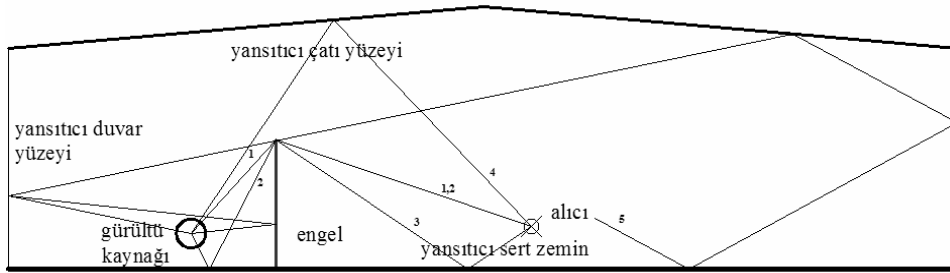
- Engelin ses geçiş kaybı değeri (her frekans için 25 dB'in üzerinde ses geçiş kaybının sağlanması genellikle yeterlidir)
- Engelin gürültü kaynağı ve alıcı arasındaki konumu (engelin gürültü kaynağına yakın olması etkinliğini arttırmaktadır)
- Engel yüzeylerinin yutuculukları
- **Gürültü kaynağı ile ilgili etmenler,**
 - Gürültü kaynağının yerden yüksekliliği,
 - Gürültü kaynağının frekans yapısı,
 - Gürültü kaynağının frekansa bağlı doğrultululuk(yönelim) katsayısı
- **Hacim ile ilgili etmenler,**
 - Hacmin toplam yutuculuğu (kapalı bir hacimde toplam yutuculuğun düşük olması, hacim genelinde yansımış ses düzeyini yükselterek engel etkinliğini azalmaktadır.)
 - Yüzeyler yutuculukları (duvar ve çatı kaplaması gibi yüzeylerden olan ilk yansımalar açısından önem taşımaktadır.)
 - atı/tavan yüksekliliği ve biçimlenişi(zellikle ilk yansımalar açısından önem taşımaktadır.)

olarak sıralanabilir.

Engel etkinliği ayrıca, alıcı noktasının gürültü kaynağına ve engele olan uzaklığına ve yerden yksekliliğine göre değişmektedir; alıcı noktası engele yakın olduğu ölçüde o nokta için engelin sağladığı gürültü azaltımı artmaktadır.

Kapalı hacimlerde engel kullanılması durumunda akustik gölge bölgesindeki alıcı noktalarında oluşan ses düzeyi, yansımış ses düzeyi dışında engel kenarlarında gerçekleşen kırınma sonucu alıcı noktalara ulaşan, büyük oranda da alçak frekanslı seslerin katkısıyla oluşan dolaysız ses düzeyidir. Bu durum aslında alçak frekanslara daha az duyarlı olan insan kulağı açısından değerlendirildiğinde görece olumlu bir durumdur. Yüzeylerin genellikle yansıtıcı olduğu üretim hacimlerinde hacmin toplam yutuculuk değeri düşük olduğu için yansımış ses alanı hacim genelinde baskın olmakta, bu durum ise engel etkinliğini oldukça azaltmaktadır. Bu nedenle kapalı hacimlerde yeterli engel etkinliğinin sağlanması, büyük oranda hacmin toplam yutuculuk değerinin yüksek olmasına bağlıdır. Sanayide retim hacimlerinde gürültü denetimi amaçlı engel kullanılmasında özellikle ilk yansımaların etkili olduğu engel üstündeki çatı bölümünün, engele yakın yansıtıcı duvar yüzeylerinin yutucu yapılması önem taşımaktadır. (şekil 4.4)

Engel etkinliği temel olarak engel üstünde ve yan kenarlarında gerçekleşen kırınım olayına bağlı olduğu için, kaynak ile alıcıyı doğrudan birleştiren yol ile engel kenarları üzerinden geçerek alıcıya ulaşan yolun arasındaki ayrımlar engel etkinliğini belirlemektedir. Engel yol farkının bir göstergesi de etkin yüksekliktir. Etkin yükseklik engel etkinliğini belirlemede önemli bir özellik olarak kimi formüllerde yer almaktadır. Ancak, kırınım olayını yalnız düşeydeki etkin yüksekliği bağlı olarak hesaplayan yaklaşımlar, engel yan kenarlarında gerçekleşen kırınımları göz önünde bulundurmadığı için özellikle engel uzunluğunun fazla olmadığı ve / ya da gürültü kaynaklarının engel kenarlarına yakın konumlandığı durumlar için yetersiz kalabilmektedir.



Şekil 4.4 Üretim hacimlerinde engelin akustik gölge bölgesinde oluşan toplam sesin bileşenleri (İlgürel, 2009)

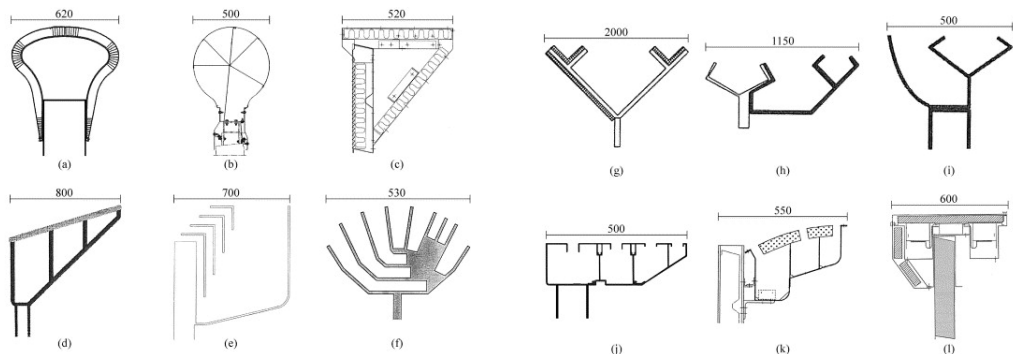
1. Kaynaktan çıkıp engel üzerinden kırınarak alıcıya ulaşan ses.
2. Kaynaktan çıkıp zeminden yansıyıp engel üzerinden kırınarak alıcıya ulaşan ses.
3. Kaynaktan çıkıp engel üzerinden kırınıp zeminden yansıyarak alıcıya ulaşan ses.
4. Kaynaktan çıkıp çatı yüzeyinden yansıyarak alıcıya ulaşan ses.
5. Kaynaktan çıkıp birçok yansımadan sonra alıcıya ulaşan ses (yansımış ses)

Literatürde yer alan çalışmalar genellikle engel etkinliğini arttırmaya yönelik deneysel çalışmalar ve engel etkinliğini önceden belirlemeye yönelik gerçekleştirilen kuramsal çalışmalar ile bunların doğrulanması niteliğindeki deneysel çalışmalardır. Engel etkinliğini arttırmaya yönelik çalışmalar genellikle engel yüksekliğinin artırılması, engele yutucu gereç uygulanması ve engel kenarlarına değişik profillerin uygulanması gibi çalışmalardır.

Engellerle ilgili literatürde yer alan kimi çalışmalar incelenmiş ve içerikleri ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Sanayide gürültü azaltımı için engellerden yararlanılması ile ilgili bir çalışmada, bir sanayi kuruluşunda gerçekleştirilen alan çalışmasında farklı kesit özelliklerinde değişik biçimde engellerin sağladığı gürültü azaltım değerleri kapalı üretim hacminde ve açık alanda yapılan ölçümlerle saptanmış ve kuramsal azaltım değerleri ile ölçüm sonuçları karşılaştırılarak açık ve kapalı alanda değişik özelliklerde engellerin gürültü azaltım özellikleri incelenmiştir. (Kavraz, 2006)

“Acoustical barrier for tonal noises” adlı çalışmada, yalın frekans bileşenlerinin etkili olduğu gürültüler için Helmholtz rezonatörlerinin özelliklerinden yararlanan bir gürültü engeli geliştirmiştir. Öncelikle engelin küçük ölçekli modeli, yansısız odada test edilerek gürültü azaltım değerleri yansıtıcı ve yutucu yüzeyli engellerin sağladığı gürültü azaltım değerleri ile karşılaştırılmıştır. Engel, 367.5, 510 ve 735 Hz frekanslarında baskın gürültü düzeyleri ile yerleşim bölgesini etkileyen bir sanayi tesisinin (gearbox station) sınırında uygulanmış ve sağladığı gürültü azaltım değerleri 11 ayrı noktada yapılan ölçüm sonuçları ile ortaya konmuştur. Helmholtz rezonatörlerinin çalışma ilkesinden yararlanan önerilen bu engel ile yalın frekans bileşenlerinin (tonal bileşenlerin) engelin akustik gölgesinde etkili bir biçimde azaltılabildiği görülmüştür. (R.S.Ming, Applied Acoustics, 2005)

“Procedures for determining the acoustic efficiency of edge-modified noise barriers” adlı çalışmada üst kenarı için farklı başlık elemanları önerilen değişik tipte engellerin akustik etkinliği dört ayrı tip yutucu başlıklı ve oluklu başlıklı engel için laboratuvar ortamında ölçekli modeller üzerinde test edilmiş, üst başlık elemanlarının etkinliğinin, alıcı ve kaynağın engel başlığına olan uzaklığından bağımsız olarak, kaynak ve alıcı ile engel başlığı arasındaki açısal ilişkilere bağlı olduğu deneysel ve kuramsal olarak ortaya konmuştur. Özellikle trafik yolu kenarlarındaki sürekli engeller için önerilen engel başlıklarının etkinliğinin hava koşullarından ve zemin etkisinden bağımsız olarak ölçülebilmesi için bir yöntem önerilmiştir. (Okubo, Yamamoto, 2006)



Şekil 4.5 Gürültü engellerinde farklı başlık uygulamaları (Japonya). Boyutlar (mm). (a–d) Yutuculuk ile azaltım, (e–i) Girişim ile azaltım, (j–k) rezonans ile azaltım ve (l) aktif denetim ile azaltım. (Okubo, Yamamoto, 2006)

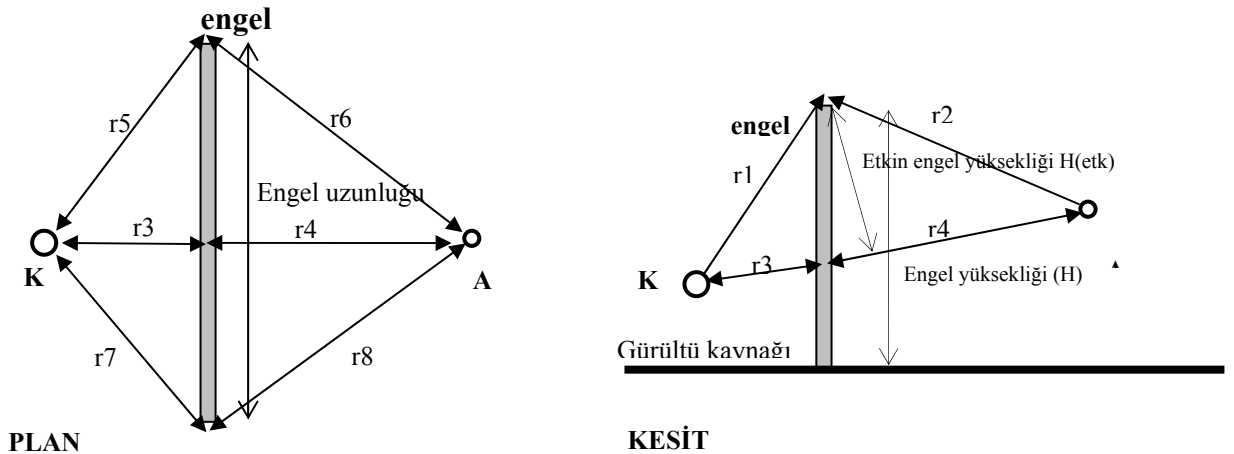
“Performance of noise barriers with random edge profiles” adlı çalışmada engel kenarlarında gerçekleşen kırınma olayı kenar boyunca uzanan sanal bir kaynak ile açıklanmış, düz olmayan zigzag profilli üst kenarlı engellerde ses dalgasının faz değişimlerinin Rubinowicz integrallerine dayanan sayısal bir yöntem kullanılarak hesaplanması açıklanmıştır. Bu yöntem

kullanılarak farklı zigzag profilli engellerin düz profil engellerle engel etkinliği açısından karşılaştırması yapılmıştır. Zigzag profilli engellerin düz profil olana göre özellikle yüksek frekanslarda daha fazla azaltım sağladığı gösterilmiştir. Zigzag profilli engellerin sağladığı etkinlik, engel profilindeki zigzagların artması ve kaynağın engele yaklaşması ile artmaktadır. Shao, W., Lee, H.P. ve Lim, S.P., (2000)

Tez çalışmasında yararlanılan kuramsal hesap yöntemi

İlgili literatür araştırması sonucu farklı yaklaşımlara göre düzenlenmiş formüller arasında Maekawa'nın engel azaltım değerini belirlemeye yönelik geliştirdiği yansımali ve yansısız ortamlar için uygulanabilen ampirik formül sanayide genellikle kullanılan sınırlı engellere uygulanabilir olması nedeniyle çalışmada kullanılmak üzere seçilmiştir. (Denklem 4.9)

Formül 'de, plan ve kesitte kaynak ile alıcı noktalarını engel kenarları ile birleştiren doğrular ile dolaysız engel uzaklığı arasındaki ayrımlar hesaplamada veri olarak kullanılmaktadır. Kaynak ve alıcının plan ve kesitteki farklı konumları için engelin sağladığı gürültü azaltımı belirlenebilmektedir. Böylece, engel üzerinden ve engel kenarlarından gerçekleşen kırınma etkisinin sağladığı gürültü azaltımı frekansa bağlı olarak değerlendirilebilmektedir. Formülün hacim içinde ve açık alanda kullanılmak üzere iki ayrı kullanım biçimi söz konusudur. (J.D. Irwin; E.D.Graph, Industrial Noise and Vibration Control, 1979)



Şekil 4.6 Tipik bir gürültü engelinde kaynak-alıcı yol ayrımları ve etkin yükseklik.

Yansışumlu ortamlar için kullanılan formül

$$L_p = L_w + 10 \log [(Q_B/4\pi r^2 + 4/R)] \quad (4.8)$$

$$Q_B = Q \cdot \Sigma [\lambda / (3\lambda + 20\delta_i)]$$

L_p : Alıcı noktasındaki gürültü düzeyi [dB]

L_w : Gürültü kaynağının ses gücü düzeyi [dB]

$$\delta_1 = [(r_1 + r_2) - (r_3 + r_4)]$$

Q_B : Engel uzaklık ayrımlarına bağlı doğrultululuk çarpanı

$$\delta_2 = [(r_5 + r_6) - (r_3 + r_4)]$$

R : Hacim sabiti

$$\delta_3 = [(r_7 + r_8) - (r_3 + r_4)]$$

$\bar{a}$: ortalama yutma çarpanı.

$$R = \bar{a} \times \Sigma S / 1 - \bar{a}$$

ΣS : Toplam yüzey alanı.

Yansışimsız ortamda yararlanılan formül

Bu formül Maekawa'nın yaklaşımına bağlı olarak açık alan koşulları için kullanılmaktadır.

$$L_p = L_w + 10 \log [(Q_B/4\pi r^2)] \quad (4.9)$$

L_p : Alıcı noktasındaki gürültü düzeyi [dB]

L_w : Gürültü kaynağının ses gücü düzeyi [dB]

Q_B : Engel uzaklık ayrımlarına bağlı doğrultululuk çarpanı

R : Hacim sabiti

4.2.2 Yarı Yansışimsız Hacimde Engel Etkinliğini Belirlemeye Yönelik Deneysel Çalışma*

Literatürde engellerle ilgili yapılan çalışmalar genelde, engel etkinliğini belirlemede engel etkinliğini kestirmeye yönelik kuramsal hesap yöntemleri ortaya koymak ya da uygulanmış örneklerden yararlanarak benzer akustik koşullar için amprik yaklaşımlar geliştirmek şeklinde olmuştur. Bu çalışmada, açık alan koşullarının geçerli olduğu, ancak fon gürültüsünün belli sınırlar içinde kaldığı denetimli bir laboratuvar ortamında engel etkinliği incelenmiştir.

* YYH'de düz(I), yalıtımlı düz (Iy) ve L-biçimli engel etkinliği ile ilgili gerçekleştirilen akustik ölçümlerin alıcı konumuna göre değerlerine ve ölçüm sonuçlarına bağlı olarak hesaplanan gürültü azaltım değerlerine Ek 1'de, akustik ölçümlere bağlı olarak hesaplanan gürültü azaltım değerlerinin kuramsal hesaplama sonuçları ile karşılaştırılmasına Ek 2'de yer verilmiştir.

Yarı yansız ortamda akustik ölçümlerle, engel biçimi, etkin yükseklik, alıcı konumu gibi değişkenlere bağlı olarak değişik alıcı noktalarındaki gürültü azaltım değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, ölçümler ilgili diğer çalışmalara göre daha kapsamlı olarak, engelin akustik gölge bölgesinde tanımlanan alanda farklı kotlarda toplam 54 ayrı alıcı noktasını içermektedir. YYH’de gerçekleştirilen ölçümlerde, seslerin yüzeylerden yansması olayının söz konusu olduğu kapalı hacimlerden farklı olarak açık alan koşullarının geçerli olması nedeniyle engelin akustik gölge bölgesindeki alıcı noktalarında doğrudan ses dalgalarının kırınımı yoluyla oluşan gürültü düzeylerinin belirlenmesi olanaklı olmuştur.

YYH’de yapılan ölçmeler ile ilişkili gerçekleştirilen çalışmalar;

- Düz biçimli (I-tip), yutucu yüzeyli düz biçimli (I(y)-tip) ve L biçimli (L-tip) engellerin, engelden değişik alıcı konumları için gürültü azaltım değerlerinin belirlenmesi ve gürültü azaltım değerleri arasındaki ayrımların saptanarak, bu üç farklı tip engelin etkinliklerinin birbirleriyle karşılaştırılması,
- I, I(y) ve L tipi engellerin akustik gölge bölgelerinde ses dalgalarının frekansa bağlı kırınım olayı sonucu oluşan frekans dağılımı durumlarının kaynak aksında engelden değişik uzaklıktaki alıcı noktaları için karşılaştırılması,
- I-tipi engel koşulunda kaynak aksında etkin yükseklik değişimlerine bağlı gürültü azaltım değerlerinin incelenmesi,
- I-tipi engel koşulunda kaynak aksında ve değişik uzaklıklarda bulunan alıcı noktaları için belirtilen ölçüm değerleri ve kuramsal hesap yöntemi ile elde edilen gürültü azaltım değerlerinin karşılaştırılması.

olarak özetlenebilir. İki ayrı tipte ve değişik etkin yükseklikler için engel etkinliğini incelemeyi amaçlayan çalışmada akustik ölçümler, İTÜ OTAM YYH’de gerçekleştirilmiştir. Akustik ölçümlerin yapıldığı hacim, 11m. x 6m. x 4,5m. boyutlarında dikdörtgen planlı ve döşemesi sert zemin özelliği taşıyan 100 Hz’in üzerinde serbest alan koşullarını sağlayan (cut off frekansı :100Hz) yarı yansız hacimdir. OTAM YYH, ISO’nun ilgili standardına göre gerekli koşulları sağlamaktadır. (precision method ISO 3745-class 1)

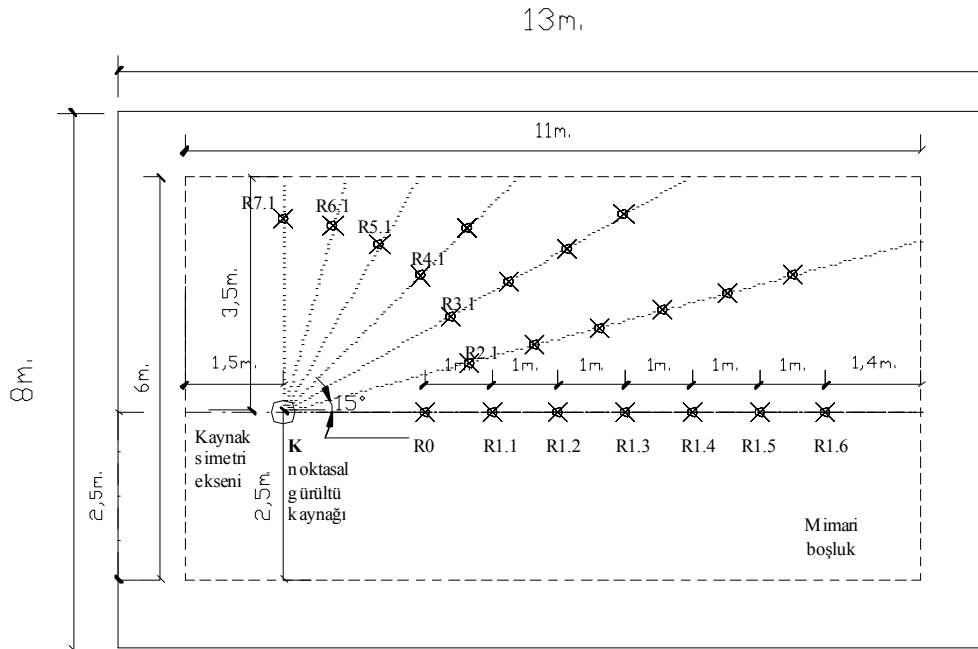
Ölçmelerde, YYH’de gürültü kaynağından geçen aksa göre 15°’lik açılarla oluşturulan alıcı sıralarında, kaynak aksında A1,A2,A3,A4 alıcı kotlarında, yanal bölgede ise A2 ve A3 alıcı kotlarında alıcı bölgesi tanımlanmış, engelli ve engelsiz durumlar için gürültü düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Gürültü düzeyi ölçümleri, gürültü kaynağının 15 saniye süre ile

çalıştırılmasıyla ağırlıksız ve A-ağırlıklı toplam gürültü düzeyi ölçümleri yapılması ve eş zamanlı olarak 100 Hz – 8000 Hz aralığını kapsayan 1/3 oktav bantta frekans tayfı analizi yapılması işlemlerini kapsamaktadır.

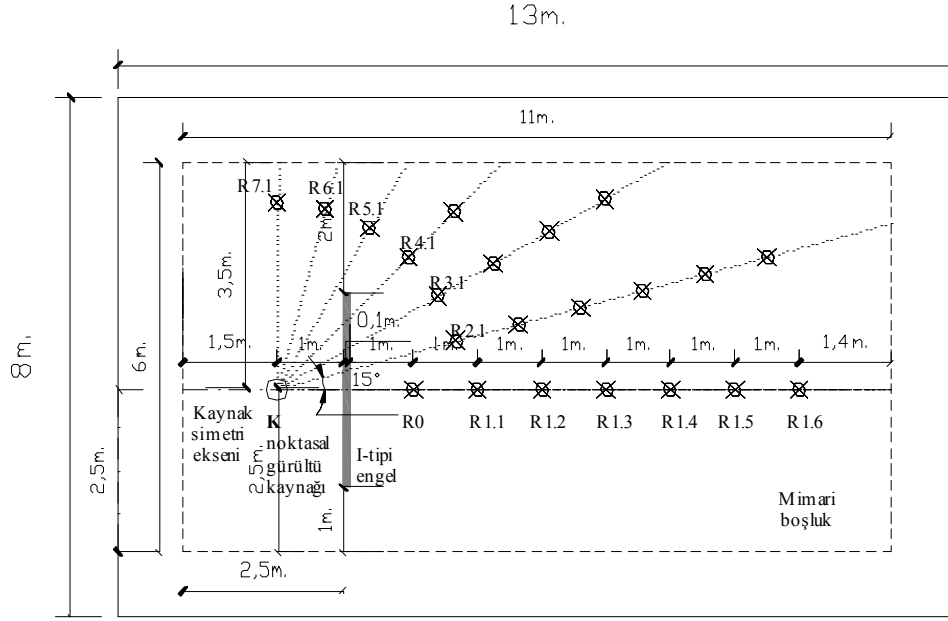
Ölçmelerde kullanılan ölçme düzeneği;

- Dizüstü bilgisayar,
- Noktasal gürültü kaynağı-dedehakadron hoparlör,
- Amplifikatör,
- 2 kanallı Semfoni,
- 2 mikrofon; Calibratör-1000Hz, 94 dB

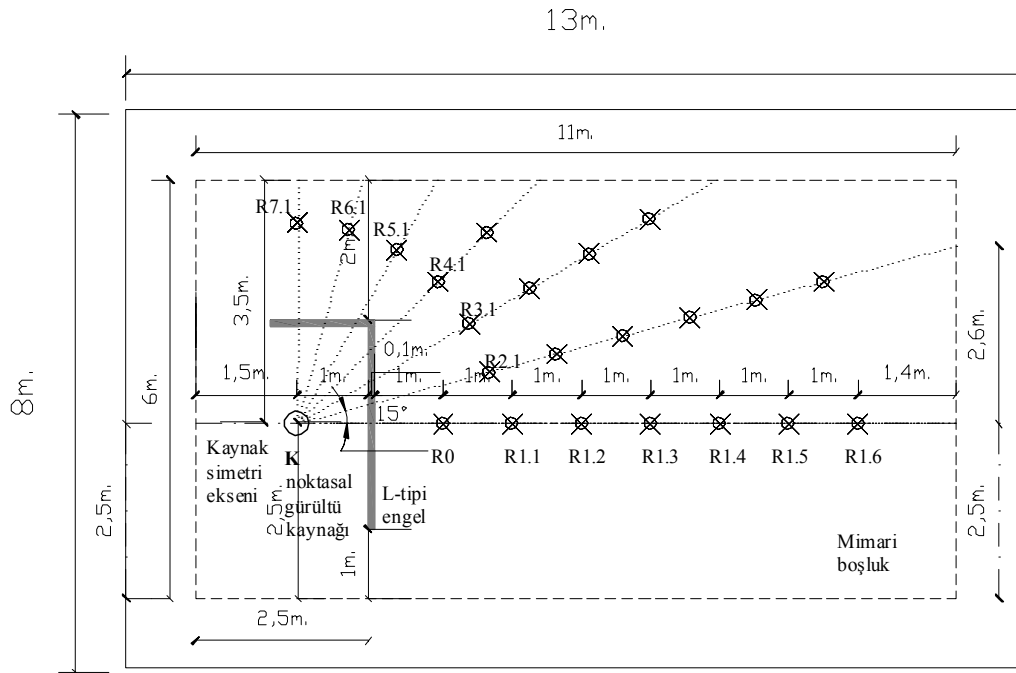
ve dBBATI32 yazılım programından oluşmaktadır. Ölçmelerde, düz biçimli (I-tipi), yutucu yüzeyli düz biçimli (I(y)-tipi) ve L biçimli (L-tipi) olmak üzere üç ayrı tip engel kullanılmıştır. Üç tip engel de, yüksek ses geçiş kaybı sağlaması için 12 mm. kalınlığında çift taraflı alçıpan levhadan 10 cm. ara boşluklu ve 5 cm kalınlığında taşıyıcı dolgu 12,5 cm kalınlığında duvar niteliğinde oluşturulmuştur. (Bkz. Ek 3)



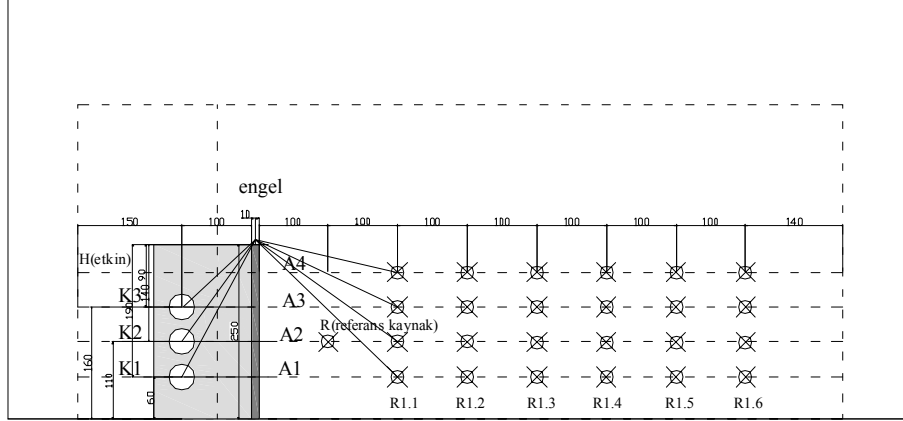
Şekil 4.7 YYH’de engelsiz koşulda ölçme düzeneği planı



Şekil 4.8 YYH'de I-tipi engel koşulunda ölçme düzeneği planı.



Şekil 4.9 YYH'de L-engelli koşulda ölçme düzeneği planı.



Şekil 4.10 YYH’de kaynak ve alıcı ölçüm noktaları



Şekil 4.11 İTÜ OTAM YYH’de engelsiz durumda ölçme düzeneği



Şekil 4.12 İTÜ OTAM YYH’de oluşturulan engel ve alıcılar

4.2.2.1 Düz Engelin Gürültü Azaltım Etkinliğinin İncelenmesi

• Toplam Düzeyler Açısından Gürültü Azaltım Özelliklerinin İncelenmesi

Yalıtımlı / yalıtımsız düz engelin toplam düzeyler açısından gürültü azaltım etkinliğinin incelenmesi, H1 ve H2 alıcı kotlarında kaynak aksı üzerinde ve yanal akslar üzerinde 1'er metre aralıklarla konumlandırılan alıcı noktaları için A-ağırlıklı toplam gürültü düzeyleri açısından yapılmıştır.

A-ağırlıklı toplam gürültü düzeyleri açısından H1(1.10 kotu) ve H2 (1.60 kotu) kotlarındaki alıcı noktaları için sağlanan azaltım değerleri incelendiğinde;

- Ölçüm akslarının tümünde ve her iki alıcı kotunda yalıtımlı / yalıtımsız düz engel için A-ağırlıklı toplam gürültü azaltım değerlerinin engelden uzaklığa bağlı olarak giderek azaldığı belirlenmiştir.
- Kaynak aksında H2 alıcı kotunda, H1 alıcı kotuna göre gürültü azaltım değerleri kaynaktan uzaklığa bağlı olarak daha az değişim göstermektedir. (H1 : ~5 dB; H2 : ~3 dB)
- R1-R2-R3 ölçüm akslarını kapsayan istatistiksel değerlendirmelerin sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Ortalama gürültü azaltım değerleri, yalıtımsız düz engel için H1 alıcı kotunda 16,2 – 13,8, H2 alıcı kotunda 15,4 – 14,7 dB arasındadır. Bu değerler, yalıtımlı düz engelde ise H1 alıcı kotunda 18,5 – 16,7 dB, H2 alıcı kotunda 18,1 – 17,2 dB arasındadır.
- Yalıtımlı ve yalıtımsız düz engel arasında ortalama düzeylerdeki ayrımlar, H1 alıcı kotunda 2,2 – 3 dB arasında, H2 alıcı kotunda 2,4 – 2,7 dB arasındadır.
- Yalıtımlı ve yalıtımsız engel koşulunda gürültü düzeyleri arasındaki ayrımların engelsiz duruma göre azalması ile standart sapma değerleri de küçülmektedir.

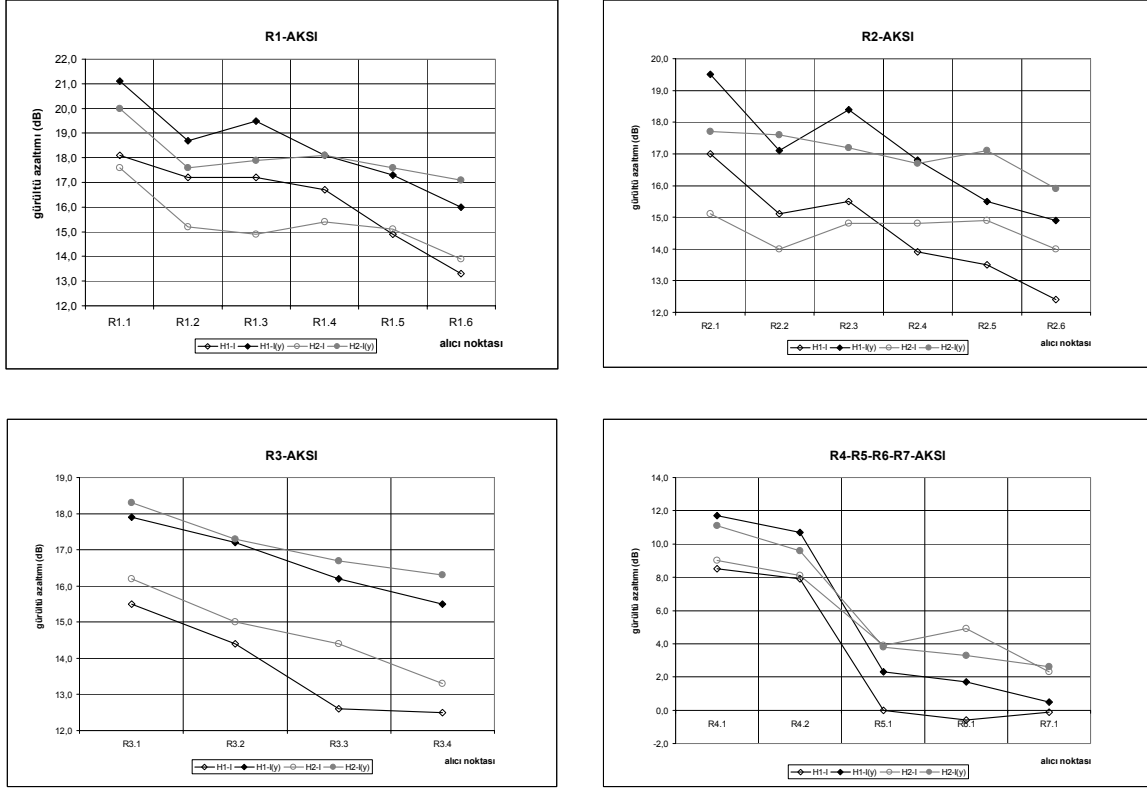
Çizelge 4.1 R1 – R3 ölçüm aksları için istatistiksel değerler.

	H1						H2					
R1	ölçüm			azaltım			ölçüm			azaltım		
	(o)	I	I(y)	I	I(y)	I/I(y)	(o)	I	I(y)	I	I(y)	I/I(y)
Ortalama	88,8	72,	70,	16,	18,	2,2	87,	72,	69,	15,	18,	2,7
Standart sapma	3,2	1,6	1,5	1,8	1,8	0,6	3,0	2,0	2,2	1,2	1,0	0,3
maksimum	93,3	75,	72,	18,	21,	3,0	92,	75,	72,	17,	20,	3,2
Minimum	84,6	71,	68,	13,	16,	1,4	84,	70,	67,	13,	17,	2,4
Maks-min	8,7	4	3,6	4,8	5,1	1,6	8,6	4,9	5,7	3,7	2,9	0,8
R2												
Ortalama	87,2	72,	70,	14,	17,	2,5	86,	72,	69,	14,	17,	2,4
Standart sapma	3,6	2,0	2,0	1,6	1,7	0,4	3,2	3,1	2,7	0,5	0,7	0,6
maksimum	92,2	75,	72,	17,	19,	2,9	91,	76,	73,	15,	17,	3,6
Minimum	82,6	70,	67,	12,	14,	2,0	82,	68,	66,	14,	15,	1,9
Maks-min	9,6	5	5	4,6	4,6	0,9	9	7,9	7,2	1,1	1,8	1,7
R3												
Ortalama	89,9	76,	73,	13,	16,	3,0	89,	75,	72,	14,	17,	2,4
Standart sapma	2,7	1,3	1,7	1,5	1,1	0,5	2,4	1,2	1,5	1,2	0,9	0,4
maksimum	93,0	77,	75,	15,	17,	3,6	92,	76,	74,	16,	18,	3,0
Minimum	86,9	74,	71,	12,	15,	2,4	87,	73,	70,	13,	16,	2,1
Maks-min	6,1	3,1	3,7	3	2,4	1,2	5,5	2,6	3,5	2,9	2	0,9

Şekil 4.13’de yalıtımlı-yalıtımsız düz engelin H1 ve H2 alıcı kotlarında sağladığı gürültü azaltım değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

- Genel olarak engel yüzeyine yalıtım gerecinin uygulanması bütün ölçüm akslarında alıcı kotları arasındaki düzey ayrımlarını azaltmaktadır.
- Yalıtım gerecinin uygulanması durumunda engelden uzaklaştıkça gürültü azaltım değerlerindeki düşme belli oranda önlenebilmektedir.
- H1 kotunda; kaynak aksı ile 15° ve 30° açı yapan R2 ve R3 alıcı akslarında sırasıyla yalıtımın sağladığı ek-azaltım değerinin arttığı görülmektedir. Engel yüzeyine uygulanan yalıtım yanal bölgeye geçildikçe giderek daha fazla yarar sağlamaktadır. R3.3 alıcı noktasında bu ek-azaltım 3,5 dB ile maksimum değerini almıştır.

- H2 kotunda; R1, R2, R3 ölçüm aksları arasındaki ayrımlar H1 alıcı kotundaki kadar belirgin değildir. R2.3 alıcı noktasında yalıtımın sağladığı ek-azaltım 3,5 dB ile maksimum değerini almıştır.



Şekil 4.13 R1 – R7 ölçüm akslarında yalıtımlı ve yalıtımsız düz engelin sağladığı gürültü azaltım değerlerinin karşılaştırılması

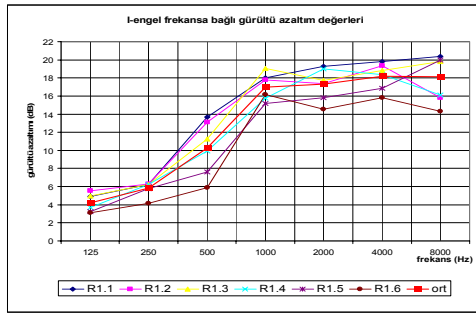
• Frekans Tayfı Açısından Gürültü Azaltım Özelliklerinin İncelenmesi

Genel olarak engeldeki kırınım olayının niteliği düşünüldüğünde alçak frekanslı seslerin daha fazla kırınması durumu ölçüm sonuçlarında da doğrulanmıştır. Gürültü azaltımını veren frekans tayfı grafiklerinde yüksek frekans bölgesinde belirgin biçimde daha fazla gürültü azaltımı sağlandığı görülmektedir. H1 kotunda 500 Hz ile 1000 Hz arasında, H2 kotunda ise 250 Hz ile 500 Hz arasında gürültü azaltım değerlerinde yaklaşık 10 dB’lik artış ile bir geçiş söz konusudur. (Şekil 4.14)

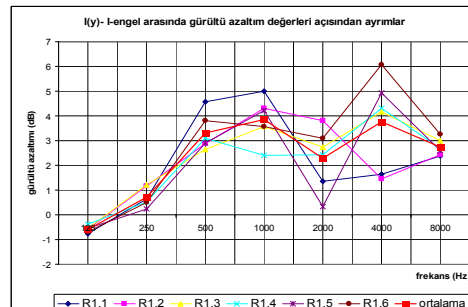
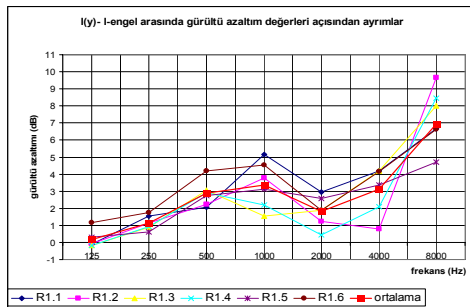
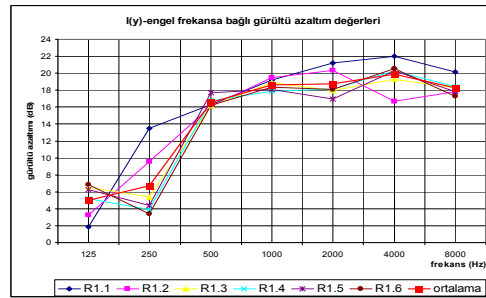
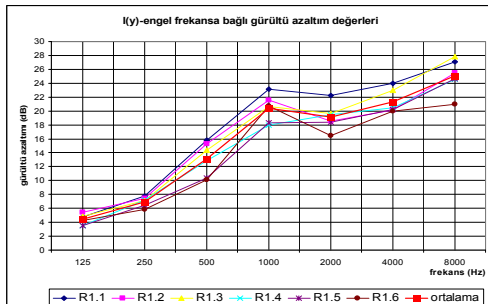
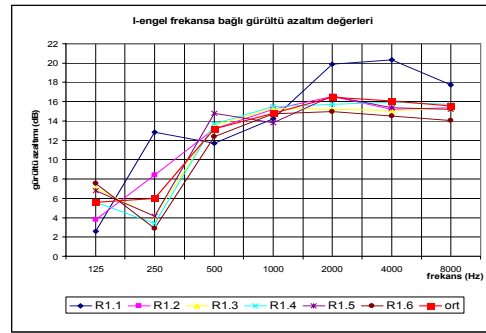
Frekansa bağlı ölçüm sonuçları kaynak aksında H1 ve H2 alıcı kotlarındaki 12 alıcı noktası göz önünde tutularak yapılmıştır;

- Yalıtımsız düz engelde 1000 Hz'in üzerindeki yüksek frekanslarda gürültü azaltımı ortalama değerler açısından H1 kotunda 18 dB, H2 kotunda 16 dB'dir. Maksimum değerler açısından ise her iki alıcı kotunda da 20 dB'dir.
- 1000 Hz üzerindeki yüksek frekanslarda gürültü azaltımının, yalıtımlı engelde yalıtımsız engele göre ortalama değerler açısından H1 alıcı kotunda 3,5 – 7 dB, H2 alıcı kotunda ise 2-4 dB kadar fazla olduğu belirlenmiştir.
- H2 alıcı kotunda I(y) tipi ile I tipi engel arasındaki ayrımların ortalama değerler açısından 500 – 1600 Hz arasında yaklaşık 4 dB'lik bir değerle diğer frekans bölgelerine göre daha fazla olduğu görülmektedir.

H1-KOTU



H2-KOTU



Şekil 4.14 R1 ölçüm aksında H1 ve H2 kotlarında yalıtımsız / yalıtımlı engel koşullarında gürültü azaltım değerlerinin frekans dağılımları.

4.2.2.2 L-Biçimli Engelin Gürültü Azaltım Etkinliğinin İncelenmesi

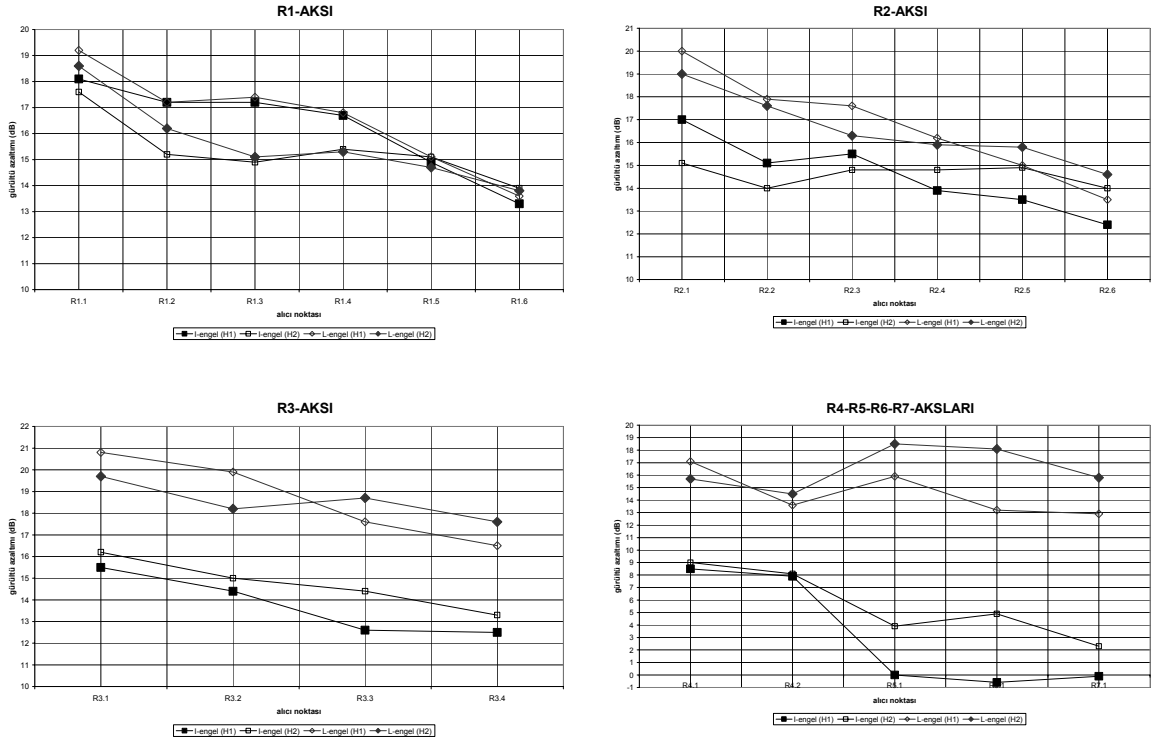
• Toplam Düzeyler Açısından Gürültü Azaltım Özelliklerinin İncelenmesi

L-biçimli engelin gürültü azaltım etkinliğinin toplam düzeylere göre incelemesi, H1 ve H2 alıcı kotlarında kaynak aksı üzerinde ve yanal akslar üzerinde 1'er metre aralıklarla konumlandırılan alıcı noktaları için A-ağırlıklı toplam gürültü düzeyleri açısından yapılmıştır.

A-ağırlıklı toplam gürültü düzeyleri açısından H1 ve H2 kotlarındaki alıcı noktaları için sağlanan azaltım değerleri incelendiğinde;

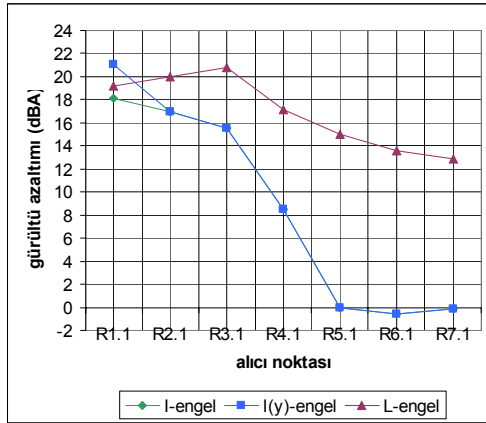
- L-tipi engelde de düz engelde olduğu gibi engelden uzaklaşıldıkça engel etkinliğinin azaldığı,
- Tüm ölçüm akslarında daha düşük kotta yapılan H1 ölçümlerinde H2 ölçümlerine göre daha fazla gürültü azaltımı elde edilebildiği,
- Kaynak aksında R1.2 – R1.4 arasında H1 ve H2 kotu arasında gürültü azaltımı açısından ayrımların arttığı,
- L tipi engelin özellikle ilk alıcı yayı için (R1.1 – R7.1), kaynak aksından dönerek uzaklaşıldıkça giderek artan bir yarar sağlandığı ve engele yakın alıcı noktalarında gürültü azaltımı açısından I ve I(y) tipi engellere göre 12-13 dB bir ayrım olduğu,
- Yanal bölgede L-tipi engelin I ve I(y) tipi engele göre gürültü azaltımı açısından sağladığı yararın engelden uzaklaşıldıkça giderek azaldığı genelde ve H1 kotunda H2 kotuna göre 2-3 dB daha fazla olduğu

görülmektedir. (Şekil 4.15, 4.16)

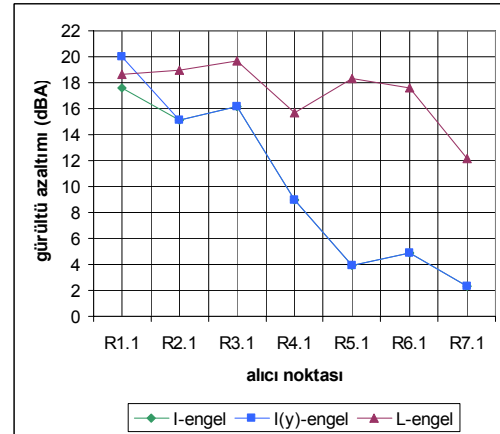


Şekil 4.15 R1 – R7 ölçüm akslarında yalıtımlı ve yalıtımsız L engelin sağladığı gürültü azaltım değerlerinin karşılaştırılması

A2 ALICI KOTU



A3 ALICI KOTU

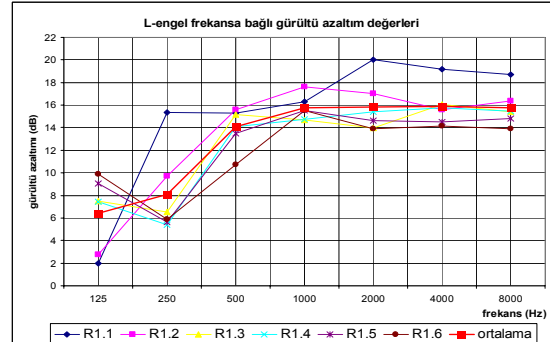
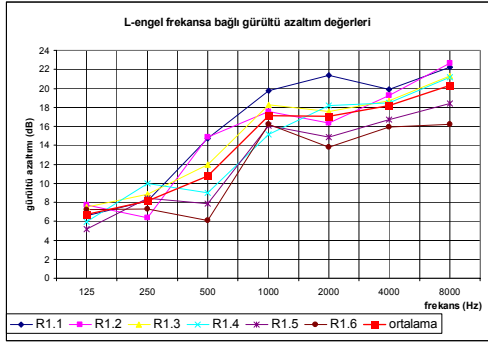


Şekil 4.16 Düz, yalıtımlı düz ve L-tipi engellerin etkinliklerinin alıcı noktasına bağlı olarak karşılaştırılması.

- **Frekans Tayfı Açısından Gürültü Azaltım Özelliklerinin İncelenmesi**
- L tipi engelde kaynak aksındaki frekansa bağlı ölçüm değerlerinin I tipi engelin frekans karakterine yakın olmakla birlikte, düz engelden farklı olarak kimi alıcı noktaları arasındaki ayrımların fazla olduğu görülmektedir. (Şekil 4.17)

H1-KOTU

H2-KOTU



Şekil 4.17 R1 ölçüm aksında H1 ve H2 kotlarında yalıtımsız / yalıtımlı engel koşullarında gürültü azaltım değerlerinin frekans dağılımları.

4.2.3 Engel Etkinliği İle İlgili Deneysel Çalışmanın Genel Değerlendirmesi

Engel etkinliğini yarı yansız hacim koşullarında incelemeyi amaçlayan bu deneysel çalışmada, özellikle üretim hacimlerinde uygulanan sınırlı engellerin etkinliklerinin gerçek hacim koşullarından bağımsız olarak yansız ses alanının etkili olmadığı koşullarda incelenmesi amaçlanmıştır. Yalıtımlı ve yalıtımsız düz engellerin etkinliğini yarı yansız hacim koşullarında akustik ölçümler yoluyla karşılaştıran çalışmada, değişik konumdaki alıcı noktaları için frekansa bağlı düzeyler ve A-ağırlıklı toplam düzeyler açısından gürültü azaltım değerleri belirlenmiştir.

Engel etkinliğini akustik ölçme yoluyla belirlemeyi amaçlayan çalışmada, gürültü azaltım değerleri, değişik akslar üzerinde yer alan A1(0,50 kotu), A2 (1.10 kotu), A3 (1.60 kotu), A4(2,10 kotu) alıcı kotlarındaki engelden farklı uzaklıktaki alıcı noktaları açısından karşılaştırmalı olarak incelenerek yalıtımlı ve yalıtımsız düz engel ile düz ve L-biçimli engel etkinlikleri karşılaştırılmıştır. (Çizelge 4.2, 4.3)

Etkin yükseklik ile ilgili incelemeler, K1, K2, K3 kaynak konumları ve I-tipi engel için gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde;

- Etkin yüksekliğin 0,60 m. olduğu K1A1 koşulunda en fazla gürültü azaltımının R1.2 alıcı noktasında (~17,4 dB), en az gürültü azaltımının ise kaynağa en uzak alıcı noktası olan R1.6 alıcı noktasında (~11,9 dB) gerçekleştiği görülmektedir.
- Etkin yüksekliğin 1,10 m. olduğu K2A2 koşulunda en fazla gürültü azaltımının R1.1 alıcı noktasında (~18,1 dB), en az gürültü azaltımının ise kaynağa en uzak alıcı noktası olan R1.6 alıcı noktasında (~13,3 dB) gerçekleştiği görülmektedir.
- Etkin yüksekliğin 1,60 m. olduğu K3A3 koşulunda en fazla gürültü azaltımının R1.1 alıcı noktasında (~16,3 dB), en az gürültü azaltımının ise kaynağa en uzak alıcı noktası olan R1.6 alıcı noktasında (~13,6 dB) gerçekleştiği görülmektedir.

Genel olarak engeldeki kırınım olayının niteliği düşünüldüğünde alçak frekanslı seslerin daha çok kırınması durumu ölçüm sonuçlarında da doğrulanmıştır. Gürültü azaltımını veren frekans tayfi grafiklerinde yüksek frekans bölgesinde belirgin biçimde daha fazla gürültü azaltımı sağlandığı görülmektedir. (Çizelge 4.4)

YYH koşullarında yapılan ölçüm sonuçlarına bağlı olarak engel etkinliklerinin karşılaştırılması sonucu çıkarılabilecek genel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

- Yalıtımsız düz engelde alıcı noktasının engelden uzaklığına bağlı olarak değişmekle birlikte 1.10 kotunda 12,5 – 18,1 dB(A), 1.60 kotunda 13,3 – 15,4 dB(A) arasında gürültü azaltımı sağlanmaktadır.
- Yalıtımlı düz engelde yine alıcı noktasına bağlı olarak 1.10 kotunda 15,5 – 21,1 dB(A), 1.60 kotunda 16,3 – 20,0 dB(A) arasında gürültü azaltımı sağlamaktadır.
- Yalıtımlı düz engelin alıcı konumuna göre değişmekle birlikte A-ağırlıklı toplam düzeyler açısından 1,5 – 3,5 dB arasında ek azaltım sağlamaktadır.
- Engel yüzeyinin yalıtım gereci ile giydirilmesinin yanal bölgede gürültü azaltımı açısından kaynak aksına göre daha fazla yarar sağlamaktadır.
- Yalıtımlı düz engelin özellikle 1000 Hz ve üzeri yüksek frekanslar açısından ek-azaltım sağlamaktadır.
- Yalıtım gereci engelden uzaklaştıkça azalan engel etkinliğinin belli oranda sürdürülebilmesini sağlamaktadır.
- L-biçimli engelin kaynak aksının üzerinde kalan yanal bölgede, özellikle engele yakın alıcı noktalarında düz biçimli engele göre gürültü azaltımı açısından belirgin biçimde (12-13 dB) daha fazla yarar sağladığı, ancak kaynak aksında ek bir yarar sağlamadığı görülmüştür.

İncelenen engel tipleri ile ilgili toplu sonuçlar ve açıklamalar Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 I, I(y) ve L tipi engellerin ortalama gürültü azaltım değerleri

Alıcı kotu	Engel tipi	Ortalama azaltım	Maksimum azaltım	Minimum azaltım	Maks-min.	Standart sapma
AKS						
A2	I	16,2	18,1	13,3	4,8	1,786
	I(y)	18,5	21,1	16,0	5,1	1,768
	L	16,6	19,2	13,6	5,6	1,951
A3	I	15,4	17,6	13,9	3,7	1,221
	I(y)	18,1	20	17,1	2,9	1,013
	L	15,6	18,6	13,8	4,8	1,658
YANAL						
A2	I	10,5	17	-0,6	17,6	6,081
	I(y)	12,6	18,4	0,5	17,9	6,163
	L	16,1	20,8	12,9	7,9	2,385
A3	I	11,6	16,2	2,3	13,9	4,692
	I(y)	13,1	18,3	2,6	15,7	5,675
	L	16,5	19,7	12,2	7,5	1,995

Çizelge 4.3 I, I(y) ve L tipi engellerin frekansa bağlı ortalama gürültü azaltım değerleri

Alıcı kotu	Frekans (Hz) / Engel tipi	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A2	I	3,1	4,1	4,1	5,9	16,2	14,6	15,8	8,3
	I(y)	4,3	5,9	5,9	10,1	20,7	16,5	20,0	10,2
	L	7,2	7,3	7,3	6,1	16,2	13,8	16,0	10,6
A3	I	7,6	2,9	2,9	12,4	14,8	15,0	14,5	10,0
	I(y)	6,9	3,4	3,4	16,2	18,3	18,1	20,6	10,9
	L	9,9	5,9	5,9	10,7	15,5	13,9	14,1	11,6

Çizelge 4.4 I, I(y) ve L tipi engellerin kaynak aksındaki değişik alıcı noktaları için frekansa bağlı gürültü azaltım değerleri

R1.1	Frekans (Hz) / Engel tipi	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A2	I	4,9	6,2	6,2	13,7	18,0	19,3	19,8	22,2
	I(y)	4,8	7,8	7,8	15,8	23,2	22,2	24,0	26,2
	L	6,6	8,2	8,2	14,7	19,8	21,4	19,9	23,1
A3	I	2,6	12,8	12,8	11,7	14,2	19,9	20,3	24,3
	I(y)	1,8	13,5	13,5	16,3	19,2	21,2	22,0	25,2
	L	2,0	15,3	15,3	15,3	16,3	20,0	19,2	20,6
R1.2									
A2	I	5,5	6,3	6,3	13,1	17,8	17,4	19,4	13,7
	I(y)	5,5	7,4	7,4	15,3	21,6	18,6	20,1	14,7
	L	7,7	6,4	6,4	14,9	17,5	16,4	19,2	14,5
A3	I	3,8	8,4	8,4	13,2	15,2	16,5	15,2	12,9
	I(y)	3,3	9,6	9,6	16,1	19,5	20,3	16,7	14,3
	L	2,7	9,7	9,7	15,6	17,6	17,0	15,6	13,7
R1.3									
A2	I	5,0	6,2	6,2	11,3	19,1	17,7	18,8	12,9
	I(y)	4,8	7,1	7,1	14,3	20,6	19,6	23,0	13,9
	L	7,5	8,8	8,8	11,9	18,2	17,5	18,7	14,6
A3	I	7,0	4,2	4,2	13,5	15,3	15,2	15,1	12,7
	I(y)	6,5	5,4	5,4	16,1	18,9	17,9	19,3	14,2
	L	7,5	6,5	6,5	15,2	14,7	14,0	16,1	13,7
R1.4									
A2	I	3,7	6,3	6,3	10,0	15,8	19,0	18,4	11,6
	I(y)	3,5	7,2	7,2	12,9	18,0	19,4	20,5	12,3
	L	6,0	10,0	10,0	9,0	15,2	18,2	18,5	13,5
A3	I	5,6	3,4	3,4	13,7	15,5	15,7	16,0	12,4
	I(y)	5,2	3,9	3,9	16,8	17,9	18,2	20,3	13,4
	L	7,4	5,4	5,4	14,1	14,7	15,4	15,8	13,2
R1.5									
A2	I	3,2	5,8	5,8	7,6	15,2	15,8	16,8	10,1
	I(y)	3,5	6,4	6,4	10,3	18,3	18,4	20,2	11,2
	L	5,2	8,4	8,4	7,9	16,1	14,9	16,7	11,8
A3	I	6,8	4,2	4,2	14,8	13,8	16,6	15,4	11,6
	I(y)	6,3	4,4	4,4	17,7	18,1	16,9	20,3	12,4
	L	9,1	5,7	5,7	13,5	15,5	14,6	14,5	12,5
R1.6									
A2	I	3,1	4,1	4,1	5,9	16,2	14,6	15,8	8,3
	I(y)	4,3	5,9	5,9	10,1	20,7	16,5	20,0	10,2
	L	7,2	7,3	7,3	6,1	16,2	13,8	16,0	10,6
A3	I	7,6	2,9	2,9	12,4	14,8	15,0	14,5	10,0
	I(y)	6,9	3,4	3,4	16,2	18,3	18,1	20,6	10,9
	L	9,9	5,9	5,9	10,7	15,5	13,9	14,1	11,6

Çizelge 4.5 R1 ve R2 aksı için I, I(y) ve L tipi engellerin gürültü azaltımları ile ilgili değerlendirmeler

	dB(A)	Azaltım (maks)	Azaltım (min)	Ayrım	Azaltım (ortalama)	Standart sapma	Düz engele göre ek- azaltım I(y)/I ; L/I			AÇIKLAMALAR
R1 AKSI	ENGEL TİPİ	R1.1	R1.6	R1.1- R1.6	R1.1-R1.6	R1.1- R1.6	R1.1	R1.6	Ort.	Engelden uzaklaşıldıkça gürültü azaltım değerleri bütün engel tipleri için azalmaktadır.
A2	I	18,1	13,3	4,8	16,2	1,786				L tipi engelde alıcı noktaları arasındaki düzey ayrımları artmaktadır.
	I(y)	21,1	16,0	5,1	18,5	1,768	3	2,7	2,3	I(y) tipi engel I tipi engele göre ortalama 2,3 dB ek-yarar sağlamaktadır.
	L	19,2	13,6	5,6	16,6	1,951	1,1	0,3	0,4	R1 aksında, L tipi engel I tipi engele göre engele yakın alıcı noktaları dışında fazla ek-yarar sağlamamaktadır.
A3	I	17,6	13,9	3,7	15,4	1,221				A3 alıcı kotunda alıcı noktaları arasındaki düzey ayrımları azalmaktadır.
	I(y)	20,0	17,1	2,9	18,1	1,013	2,4	3,2	2,7	I(y) tipi engel I tipi engele göre ortalama 2,7 dB ek-yarar sağlamaktadır.
	L	18,6	13,8	4,8	15,6	1,658	1	-0,1	0,2	L tipi engel I tipi engele göre fazla ek-yarar sağlamamaktadır.
R2 AKSI		R2.1	R2.6	R2.1- R2.6	R2.1-R2.6	R2.1- R2.6	R2.1	R2.6	Ort.	Yanal bölgede engele yakın alıcı noktalarında genel olarak L ve I(y) tipi engel I tipi engele göre daha fazla azaltım sağlamaktadır.
A2	I	17	12,4	4,6	14,6	1,634				Ort. azaltım R1 aksına göre 1,5 dB daha düşük
	I(y)	19,5	14,9	4,6	17,0	1,727	2,5	2,5	2,4	I(y) tipi engel I tipi engele göre kaynak aksında olduğu gibi 2,4 dB ek-azaltım sağlamaktadır.
	L	20,0	13,5	6,5	16,7	2,303	3	1,1	2,1	L tipi engel I tipi engele göre ortalama 2,4 dB daha fazla azaltım sağlamaktadır.
A3	I	15,1	14	1,1	14,6	0,477				Ort. azaltım R1 aksına göre 1,0 dB daha düşük
	I(y)	17,7	15,9	1,8	17,0	0,662	2,6	1,9	2,4	I(y) tipi engel I tipi engele göre kaynak aksında olduğu gibi 2,4 dB ek-azaltım sağlamaktadır.
	L	19,0	14,6	4,4	16,5	1,546	3,9	0,6	1,9	A3 alıcı kotunda L tipi engel I engele yakın alıcı noktasında A2 kotuna göre daha fazla azaltım sağlamaktadır.

5. ÜRETİM HACMİNİN TASARIMI İLE İLİŞKİLİ DEĞİŞKENLERİN GÜRÜLTÜ ORTAMINA ETKİSİNİN KURGU HACİM ÜZERİNDE İNCELENMESİ

Bu bölümde üretim hacminin tasarımı ile ilişkili kimi değişkenlerin gürültü ortamına etkisinin kurgu hacim üzerinde gerçekleştirilen akustik modelleme verilerinin kullanılmasıyla değerlendirilmesi ve Bölüm 6’da sunulan yaklaşım için gerekli verilerin sağlanması amaçlanmıştır.

5.1 Sanayi Yapılarının Üretim Hacimleri İçin Gürültü Etkeni ile İlgili Yaklaşımın Oluşturulmasında İzlenen Yöntem

Problem tanımlanması

Sanayi yapılarının üretim hacimleri genelde üretim sırasında makine ve mekanik donanımlardan kaynaklanan yüksek düzeyli gürültülerin ortaya çıktığı kapalı hacimlerdir. Günlerinin önemli bir bölümünü gürültülü çalışma ortamlarında geçiren çalışanlar, başta gürültüye bağlı kalıcı işitme kayıpları olmak üzere çeşitli yönlerden sağlık riskleri ile karşı karşıya kalmaktadır. (Bkz. Bölüm 2.2) Bu sağlık risklerinin en aza indirilmesi için uluslar arası ve ulusal alanda yasal düzenlemeler getirilmiş ve gürültülü çalışma ortamları için gürültü düzeyleri açısından sınır değerler belirlenmiştir. Avrupa Birliği ülkelerinde geçerli olan 6/2/2003 tarih ve 2003/10/EC sayılı **Avrupa Parlamentosu Yönergesi** ve Türkiye’de bu yönergeden uyumlulaştırılan 23/12/2003 tarih ve 25325 sayılı **Gürültü Yönetmeliği** çalışanların üst etkilenme sınır değeri olarak 85 dBA düzeyini belirlemiştir. (Bkz. Bölüm 2.4)

Sanayi yapıları üretimin niteliğine ve üretim sürecinde yer alan makine ve mekanik donanımların gürültü emisyonlarına bağlı olarak, gürültü düzeyleri ve gürültü karakteri açısından birbirinden ayrımlar gösteren ancak genelde yüksek düzeyli gürültülerin söz konusu olduğu çalışma ortamlarıdır. İstanbul ve çevresinde değişik sanayi kuruluşlarında gerçekleştirilen ölçme ve incelemelerde, bu kuruluşların büyük bir bölümünde gürültü düzeylerinin 85 dBA sınır değerini aştığı ve çalışanların genelde kulak koruyucusu kullanmadıkları belirlenmiştir. (Şerefhanoglu Sözen, İlgürel, 2005)

Sanayi yapılarının üretim hacimlerinin çoğunlukla geniş açıklıklı büyük hacimler olması ve başta zemin döşemesi olmak üzere, duvar ve çatı yüzeylerinin yapıldıkları ses yansıtıcılıkları yüksek gereçlerin geniş alanlar oluşturmaları üretim sırasında ortaya çıkan gürültülerin düzeyinin yansımalarla artarak üretim hacminin bütününde etkili olmasına neden olmaktadır. Yapılan incelemelerde sanayi yapılarının üretim hacim büyüklüğünün üretimin niteliğine ve

üretim kapasitesine bağlı olarak oldukça değişken olduğu saptanmış, ancak farklı türdeki sanayi yapıları ile ilgili literatür incelemesi sonucunda genel bir ortalamayı vermesi açısından 30 m. x 60m. üretim alanı boyutları ve 7,5 m. hacim yüksekliği(çatı başlangıç kotu) modellenen kurgu hacim için geçerli kabul edilmiştir. (Etüd ve Proje, 1980)

Sanayi yapılarında üretimin özelliğine bağlı olarak ortaya çıkan farklı düzey ve nitelikteki gürültülerin üretim hacminde bulunan çalışanlar açısından işitsel zarar riski taşıyıp taşımadığının belirlenmesinde, gürültü ortamının belirli değerlendirme ölçütlerine göre değerlendirilebilmesi gerekmektedir. **Noise Rating Curves (Gürültü Değerlendirme Eğrileri)**, standart değerlendirme ölçütü olarak insan kulağının frekansa bağlı işitsel duyarlılık değişimini göz önünde bulunduran NR (Noise Rating) eğrilerinin kullanılması uygun görülmüştür. 23.12.2003 tarihli **Gürültü Yönetmeliği** tarafından gürültülü işyerleri açısından aşılmaması gereken sınır değer olarak belirlenen **85 dBA ölçütü** tez kapsamında yapılacak çalışmalar için geçerli kabul edilmiş ve bunun 3 dB altı hedeflenerek toplam düzey olarak yaklaşık 82 dB(A) değerine karşılık gelen **NR 75 eğrisi** değerleri, gürültülü üretim alanları için kabul edilebilir değerler olarak alınmıştır. (Çizelge 5.1)

Çizelge 5.1 NR 75'e göre frekansa bağlı kabul edilebilir gürültü düzeyi değerleri

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Toplam (dB)	Toplam (dBA)
NR(75)	94,7	87,2	81,7	77,9	75,0	72,6	70,8	69,2	95,7	81,6

Çalışmanın Amacı :

Çalışmanın amacı, sanayi yapılarının üretim hacimlerinin tasarım aşamasında, üretim alanındaki gürültü ortamının **Avrupa Parlamentosu Yönergesi** ve **Gürültü Yönetmeliği** tarafından getirilen üst etkilenme sınır değeri olan 85 dBA ölçütüne bağlı olarak değerlendirilebilmesini sağlamak ve gürültünün denetlenmesinde gürültü kaynağı ile alıcı arasında alınabilecek önlemlerden olan toplam yutuculuğun artırılması ve engelin akustik gölge bölgesinden yararlanılması önlemlerinin etkili ve ekonomik olarak uygulanabilmesi için bir yaklaşım geliştirmek olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın Yöntemi:

Çalışmada gerçekleştirilen akustik modellemelerde, **ODEON Akustik Benzetim Programı (ODEON ABP) Sanayi Modülü 9.2** kullanılmıştır. (ODEON ABP'nin tanıtımı Bölüm 4.1.3'de yapılmıştır.) Kurgu üretim hacminin üç boyutlu modeli, AutoCad çizim programında 3D-face modelleme tekniği kullanılarak yapılmış ve .dxf formatında ODEON ortamına aktarılmıştır.*

Tez çalışmasının yöntemi iki aşamada ele alınabilir;

1.AŞAMADA;

- Üretim alanının %95'lik bölümünde (frekansa bağlı X95 istatistiksel değerlerine göre) gürültü düzeylerinin NR 75 kabul edilebilir değerlerini aşmamasını hedefleyen, gürültü kaynaklarının frekans bazında ses gücü düzeylerinin logaritmik toplamına göre frekansa bağlı optimum toplam yutuculuk değerlerinin belirlenmesi için gerekli ölçütlerin oluşturulması.
- Engelin akustik gölge bölgesinde engelden değişik uzaklıklardaki alıcı noktaları açısından gürültü düzeylerinin NR 75 kabul edilebilir değerlerini aşmamasını hedefleyen, engel ile ayrılan gürültü kaynağının frekans bazında ses gücü düzeylerine göre frekansa bağlı optimum toplam yutuculuk değerlerinin belirlenmesi için gerekli ölçütlerin oluşturulması.

2.AŞAMADA;

- Çatı ve duvar yutuculuklarına bağlı olarak gürültü kaynaklarının frekans bazında ses gücü düzeylerinin logaritmik toplamına göre, üretim alanının %95'lik bölümündeki gürültü düzeyleri dağılımının (frekansa bağlı X95 istatistiksel değerlerine göre) önceden yaklaşıklıkla belirlenebilmesi için gerekli ölçütlerin oluşturulması.
- Çatı ve duvar yutuculuklarına bağlı olarak, engelin akustik gölge bölgesinde engelden değişik uzaklıklardaki alıcı noktaları için gürültü düzeylerinin önceden yaklaşıklıkla belirlenebilmesi için gerekli ölçütlerin oluşturulması.

* ODEON ABP'nin gerçek hacim koşullarında yapılan akustik ölçümlerle incelenmesi ile ilgili çalışmaya Ek 4'de, ODEON ABP ile ilgili hesaplama parametrelerine ise Ek 5'de yer verilmiştir.

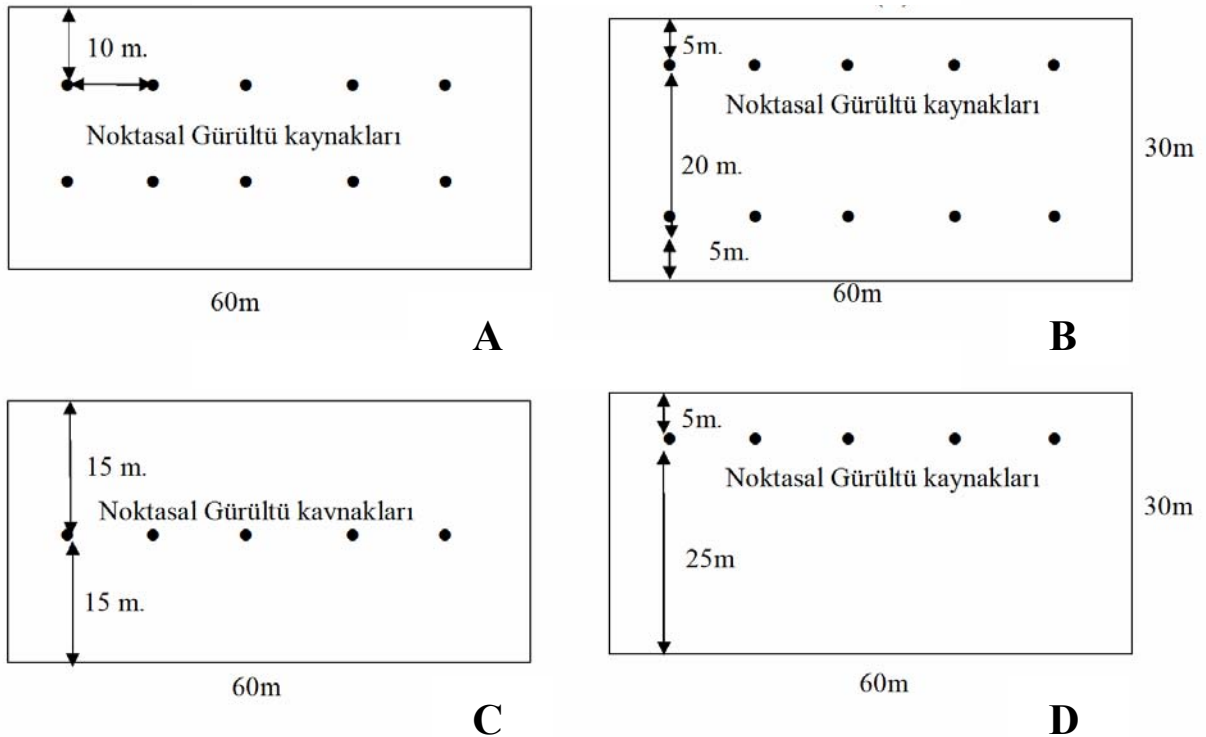
Önerilen Yaklaşımın Kapsamı ve Sınırlılıkları:

Sanayi yapılarının üretim hacimlerinde gürültü ortamının kabul edilebilir kılınması için toplam yutuculuğun artırılması ve gürültü kaynaklarının engel ile ayrılması önlemleri ile ilgili geliştirilen yaklaşımın kapsamı ve sınırlılıkları bu bölümde açıklanmıştır.

Önerilen yaklaşım, boyutları yaygın olarak üretim hacimleri için geçerli mimari boyutlar olarak kabul edilebilecek, üretim alanı boyutları 20 m. x 40 m.'den (800m^2) 45 m. x 90 m.'ye (4050m^2) kadar ve 5,0 m'den 10,0 m. hacim yüksekliğine kadar geniş bir aralıkta ve üretim hacimleri için kabul edilebilir hata sınırları içinde uygulanabilir.

Çalışmanın kapsamı ve sınırlılıkları ile ilgili temel belirlemeler aşağıda özetlenmiştir;

- Akustik modellemelerde kullanılan kurgu hacimde gürültü kaynaklarının yerleşimleri ikisi orta bölümde ve ikisi duvara yakın olmak üzere temelde dört tip olarak seçilmiştir. Gürültü kaynaklarının yerleşimi modüler düzendedir. (A,B,C,D yerleşim tipleri)



Şekil 5.1 Akustik modellemelerde kullanılan üretim alanı ile ilgili A, B, C, D yerleşim biçimleri.

- Akustik modellemelerde gürültü kaynakları, ***noktasal gürültü kaynağı (point source)*** ve ***eş dağılımlı kaynak (omni-directional)*** olarak seçilmiştir. Bununla birlikte, engelin akustik gölge bölgesindeki alıcı noktaları için önerilen yaklaşımın uygulanmasında, gürültü kaynağının engel doğrultusundaki yönelim katsayısı göz önünde bulundurulabilir.
- Üretim alanı genelinde gürültü haritalarının oluşturulması ve gürültü dağılım parametrelerinin belirlenmesi ile ilgili akustik modellemelerde kaynak frekans tayfı dağılımı homojen, bütün frekanslar için ses gücü düzeyi değeri 90 dB'dir. (üretim alanında yer alan 10 gürültü kaynağının frekans bazında toplam ses gücü düzeyi 100 dB'dir)
- Engelin akustik gölge bölgesi ile ilgili gerçekleştirilen akustik modellemelerde kullanılan gürültü kaynağının, kaynak frekans tayfı dağılımı homojen, frekans bütün frekanslar için ses gücü düzeyi değeri 100 dB'dir.
- Boyutları sınırlı hücre içine alınan gürültü kaynakları, hücrenin frekansa bağlı gürültü azaltım özelliklerinin ya da hücreden ortama yayılan frekansa bağlı ses gücü düzeyi değerlerinin bilinmesi durumunda yaklaşım kapsamında noktasal gürültü kaynağı olarak değerlendirilebilmektedir.
- Üretim alanında, frekansa bağlı kabul edilebilir gürültü düzeyleri olarak NR 75 değerleri, gürültü düzeyleri dağılım parametresi olarak X(95) dağılım parametresi kullanılmıştır. (X(95) : Modellenen gürültü haritasında üretim alanın % 95'lik bölümünde aşılmayan gürültü düzeyi)
- Akustik modellemelerin gerçekleştirildiği kurgu üretim hacmi 1 x 2 oranında, 30m. x 60m. boyutlarında dikdörtgen planlı ve çatı yüksekliği 7,5m.(alt kot) – 9,0 m.(üst kot)'dir. Bununla birlikte, 20 m. x 40 m. ve 45 m. x 90 m. boyutlarında hacimler için de üretim alanın büyüklüğünü gürültü düzeyleri dağılım parametresi X(95)'e göre incelenmesi amacıyla ek modellemeler yapılmıştır.
- Kurgu üretim hacminde gerçekleştirilen akustik modellemelerde, gerçek koşullarda makinelerin ve üretim alanında yer alabilecek değişik nitelik ve

büyükliklerde malzemelerin yutuculukları ve sesi dağıtma durumları göz ardı edilmiştir.

- Üretim hacmindeki ses alanının yayınlık olduğu ve farklı toplam yutuculuk koşullarındaki yüzey yutuculuklarının homojen dağılımda olduğu varsayılmıştır.
- Hava doğuşlu seslerin akustik benzetim (simulasyon) verilerine dayanan bu çalışmada gürültü kaynaklarının döşemeye ilettikleri titreşimlerin yapı taşıyıcı sisteminde yayılmasıyla ortaya çıkabilecek gürültüler kapsam dışında tutulmuştur.

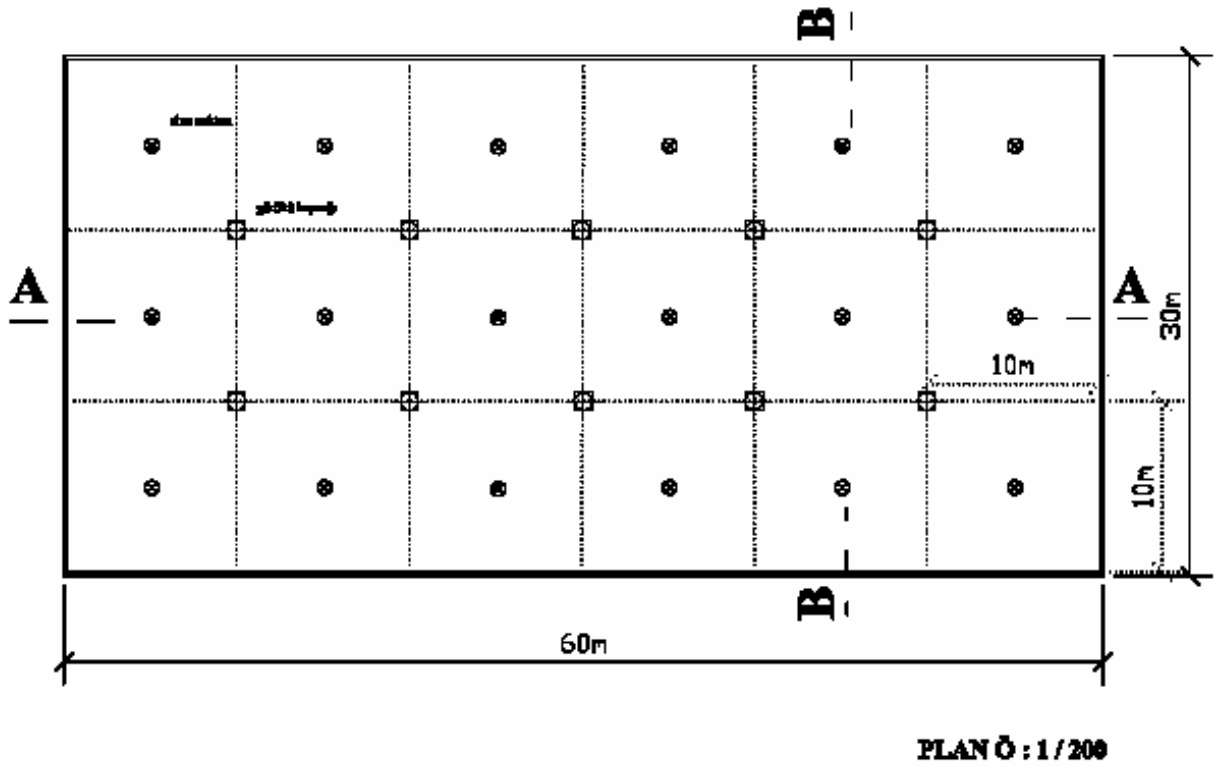
Üretim alanındaki gürültü ortamına etkisinin incelenmesine karar verilen değişkenler;

Akustik modellemelerin gerçekleştirildiği kurgu üretim hacmi 30,00 m x 60,00 m. boyutlarında 1 x 2 oranında dikdörtgen planlı bir hacimdir. Toplam yutuculuk ve yüzey yutuculuğu ile ilgili incelemelerde çatısı iki yönde eğimli, çatı yüksekliği 7,5 m.- 9,0 m. olan kurgu hacim üzerinde gerçekleştirilen akustik modelleme sonuçları kullanılmıştır.

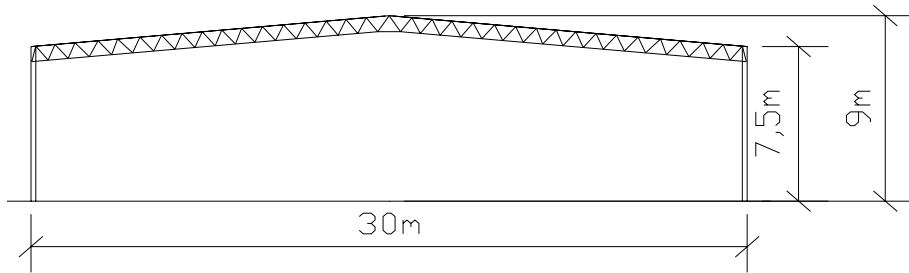
- 1. TOPLAM YUTUCULUK (TY) :** Çatı ve duvar yutuculuklarının, eşit yutuculuk basamakları ile birlikte değerlendirildiği hacmin toplam yutuculuk değeri ile ilgili akustik modellemeler (A,B,C,D yerleşim tipleri için) Ayrıca, kaynaktan uzaklığa bağlı gürültü azaltım eğrilerinin değişimi farklı toplam yutuculuk koşullarında incelenmiştir.
- 2. YÜZEY YUTUCULUKLARI (YY):** Çatı ve duvar yutuculuklarının, eşit yutuculuk basamakları ile, ancak birbirinden ayrı modelleme aşamalarında değerlendirildiği yüzey yutuculukları ile ilgili akustik modellemeler, (A,B yerleşim tipleri için)
- 3. ENGEL ETKİNLİĞİ (EE) :** Akustik modelleme ve kuramsal hesaplama yönteminin bir arada kullanılmasıyla engel etkinliğinin, engelden değişik uzaklıktaki alıcılar açısından farklı toplam yutuculuk koşullarında incelenmesi, (tek gürültü kaynağı için)
- 4. HAVA YUTUCULUĞU (HY) :** Üç ayrı hacim büyüklüğü için havanın yutuculuğunun gürültü düzeyleri dağılım parametresine etkisinin (X95) yüksek frekans değerleri (1kHz-8KHz) açısından incelenmesi. (A yerleşim tipi için)
- 5. ÜRETİM ALANI BOYUTLARI (ÜA) :** Üretim alanı büyüklüğünün gürültü düzeyleri dağılım parametresine etkisinin (X95) incelenmesi. (A yerleşim tipi için)

Akustik modellemeler, A,B,C,D tipi olmak üzere gürültü kaynaklarının dört farklı yerleşim biçimi için gerçekleştirilmiştir. A-B tipi yerleşimlerde 10, C-D tipi yerleşimlerde ise 5 tane olmak üzere, 63 Hz – 8000 Hz arasında eşit dağılım gösteren, toplam ses gücü düzeyi 100 dB doğrultululuk çarpanı 1 (eş dağılımlı) olan noktasal gürültü kaynakları kullanılmıştır.

Şekil 5.2’de kurgu üretim hacminin planında gürültü kaynaklarının modüler düzende yerleşimi görülmektedir.



Şekil 5.2 Kurgu üretim hacmi planı.



Şekil 5.3 Kurgu üretim hacmi enine kesiti (B-B)

5.1.1 Toplam Yutuculuk İle İlgili İncelemeler

Toplam yutuculuk ile ilgili incelemeler bağlamında;

- Üretim hacmindeki toplam yutuculuk değişimi; döşeme, bant pencere ve metal kapı yutuculukları değişmemek koşuluyla çatı ve duvar yüzeylerine ortalama ses yutma çarpanları frekansa göre değişmemek üzere,
 - TY5(düşük yutuculuk): 0,05;
 - TY30 (orta1 yutuculuk): 0,30
 - TY55(orta2 yutuculuk): 0,55;
 - TY80 (yüksek yutuculuk): 0,80
 değerlerinde sanal gereçler atanmıştır. (Çizelge 5.2)
- A,B,C,D yerleşim tiplerinde belirlenen dört ayrı toplam yutuculuk koşulunda belirlenen alıcı noktalarında 63 Hz – 8KHz frekans değerleri ve A-ağırlıklı toplam gürültü için düzeyler hesaplanmıştır.*
- A,B,C,D yerleşim tiplerinde belirlenen dört ayrı toplam yutuculuk koşulunda üretim alanı bütünü için gürültü düzeyi dağılımlarını veren gürültü haritaları (Şekil 5.9-5.12) ve istatistiksel gürültü dağılım parametreleri elde edilmiştir.**
- Gürültü kaynaklarının A,B,C,D yerleşim tipleri için alıcı noktalarında toplam yutuculuk artışına bağlı gürültü düzeyi azaltım değerleri ve üretim alanı genelindeki gürültü dağılım durumunu gösteren gürültü düzeyi dağılım parametresindeki (X95) değişimler incelenmiştir.

Çizelge 5.2 Değişik ortalama yutma çarpanı değerleri için hesaplanan toplam yutuculuk değerleri

Toplam Yutuculuk / Üretim alanı yerleşimi	Alan (m2)	Minimum TY5	Orta (1) TY30	Orta (2) TY55	Maksimum TY80
Ortalama yutma ç.(a)		0,05	0,30	0,55	0,80
Döşeme	1800	90	90	27	90
Çatı	1808	90,45	542,7	994,95	1447,2
Duvar	1161	58,05	348,3	638,55	928,8
Bant pencere	174	8,7	8,7	8,7	8,7
Metal kapı	15	0,75	0,75	0,75	0,75
Toplam yutuculuk	5642	250,2	1003,95	1694,7	2511,45

* TY5, TY30, TY55, TY80 toplam yutuculuk koşulları için R1 – R18 alıcı noktaları için hesaplanan düzeyler ile ilgili ayrıntılı sonuçlar Ek 6'da yer almaktadır.

** TY5, TY30, TY55, TY80 toplam yutuculuk koşulları için hesaplanan X5, X10, X50, X90 ve X95 istatistiksel dağılım parametreleri ile ilgili grafiklere Ek 7'de yer verilmiştir.

Şekil 5.4-5.7’de gürültü kaynaklarının üretim alanındaki farklı yerleşim durumları için R1 – R12 alıcı noktalarında TY5-TY80 toplam yutuculuk koşullarında ODEON ABP’da hesaplanan A-ağırlıklı gürültü düzeyleri ve TY5 koşuluna göre elde edilen azaltım değerleri verilmiştir.

	R1			R2			R3			R4			R5			R6	
TY-0,05	87,8			88,3			88,4			88,4			88,3			87,8	
TY-0,30	81,3	6,5		82,0	6,3		82,2	6,2		82,2	6,2		81,9	6,3		81,2	6,5
TY-0,55	78,1	9,7		79,3	9,0		79,6	8,8		79,5	8,9		79,3	9,0		78,1	9,7
TY-0,80	75,8	12,0		77,6	10,6		77,9	10,4		77,9	10,5		77,6	10,7		75,8	11,9
			●			●			●			●			●		
Noktasal gürültü kaynakları																	
	R12			R11			R10			R9			R8			R7	
TY-0,05	88,6			89,0			89,2			89,2			89,0			88,5	
TY-0,30	82,6	6,1		82,7	6,3		82,7	6,5		82,7	6,5		82,5	6,6		81,7	6,8
TY-0,55	78,9	9,8		80,6	8,4		80,6	8,6		80,6	8,6		80,3	8,7		79,0	9,5
TY-0,80	77,1	11,5		79,5	9,5		79,5	9,7		79,5	9,7		79,2	9,8		77,4	11,1
			●			●			●			●			●		
Noktasal gürültü kaynakları																	
	R13			R14			R15			R16			R17			R18	
TY-0,05	87,7			88,3			88,4			88,5			88,2			87,8	
TY-0,30	81,7	6,0		81,2	7,0		82,0	6,4		82,2	6,3		82,2	6,0		82,0	5,8
TY-0,55	78,9	8,9		78,1	10,2		79,3	9,1		79,6	8,9		79,5	8,7		79,3	8,5
TY-0,80	77,1	10,6		75,8	12,5		77,6	10,8		77,9	10,6		77,9	10,3		77,6	10,1

Şekil 5.4 A-tipi yerleşim planında R1-R12 alıcı noktaları için, A-ağırlıklı toplam düzeyler ve toplam yutuculuk değişimlerine bağlı gürültü azaltım değerleri.

B Noktasal gürültü kaynakları																	
	R1		●	R2		●	R3		●	R4		●	R5		●	R6	
TY-0,05	87,9			88,5			88,7			88,7			88,5			88,0	
TY-0,30	81,9	6,0		82,9	5,6		83,1	5,6		83,1	5,6		82,9	5,6		81,9	6,1
TY-0,55	79,2	8,7		80,8	7,8		81,0	7,7		81,0	7,7		80,7	7,8		79,2	8,8
TY-0,80	77,3	10,5		79,5	9,0		79,7	9,0		79,7	9,0		79,5	9,0		77,4	10,6
	R12			R11			R10			R9			R8			R7	
TY-0,05	88,0			88,6			88,7			88,7			88,5			88,1	
TY-0,30	81,5	6,5		81,8	6,8		81,8	7,0		81,8	7,0		81,5	7,0		81,1	7,1
TY-0,55	77,6	10,4		78,9	9,7		78,9	9,9		78,9	9,9		78,5	10,0		77,7	10,4
TY-0,80	75,0	13,0		76,9	11,7		76,9	11,9		76,9	11,9		76,4	12,0		75,2	12,9
	R13		●	R14		●	R15		●	R16		●	R17		●	R18	
TY-0,05	88,0			88,6			88,7			88,6			88,5			87,9	
TY-0,30	81,0	7,0		81,9	6,7		82,9	5,8		83,1	5,5		83,1	5,4		82,9	5,1
TY-0,55	77,6	10,4		79,2	9,4		80,8	8,0		81,0	7,7		81,0	7,5		80,7	7,2
TY-0,80	75,0	13,0		77,3	11,2		79,5	9,3		79,7	8,9		79,7	8,8		79,5	8,5

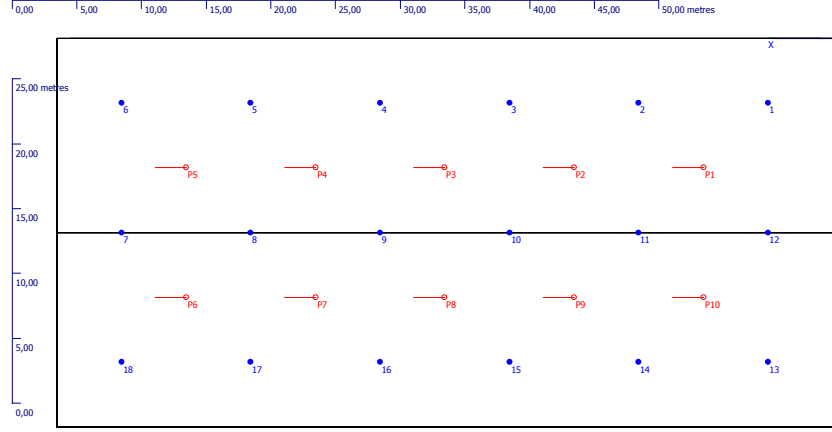
Şekil 5.5 B-tipi yerleşim planında R1-R12 alıcı noktaları için, A-ağırlıklı toplam düzeyler ve toplam yutuculuk değişimlerine bağlı gürültü azaltım değerleri.

C																																																			
	R1						R2						R3						R4						R5						R6																				
TY-0,05	84,4						84,9						85,2						85,2						85,0						84,4																				
TY-0,30	77,9			6,6						78,5			6,4						78,6			6,6						78,7			6,5						78,3			6,6						77,8			6,7		
TY-0,55	74,5			9,9						75,5			9,4						75,8			9,4						75,8			9,4						75,4			9,6						74,5			10,0		
TY-0,80	72,0			12,5						73,5			11,4						73,9			11,3						73,8			11,3						73,4			11,6						72,0			12,4		
Noktasal gürültü kaynakları																																																			
	R12					●				R11					●				R10					●				R9					●				R8					●				R7					
TY-0,05	86,4									87,0									87,1									87,2									86,9						86,3								
TY-0,30	81,4			4,9						81,6			5,4						81,6			5,5						81,6			5,6						81,4			5,5						80,3			6,0		
TY-0,55	77,8			8,6						79,9			7,2						79,9			7,3						79,9			7,3						79,7			7,3						78,1			8,2		
TY-0,80	76,4			10,0						79,0			8,0						79,0			8,1						79,0			8,2						78,8			8,1						76,9			9,4		
	R13									R14									R15									R16									R17									R18					
TY-0,05	84,4									85,0									85,2									85,1									85,0						84,5								
TY-0,30	80,2			4,1						77,9			7,1						78,3			6,8						78,7			6,4						78,6			6,4						78,3			6,2		
TY-0,55	77,8			6,6						74,5			10,5						75,4			9,8						75,8			9,3						75,8			9,2						75,4			9,1		
TY-0,80	76,4			8,0						72,0			13,0						73,4			11,8						73,8			11,2						73,8			11,2						73,4			11,1		

Şekil 5.6 C-tipi yerleşim planında R1-R12 alıcı noktaları için, A-ağırlıklı toplam düzeyler ve toplam yutuculuk değişimlerine bağlı gürültü azaltım değerleri.

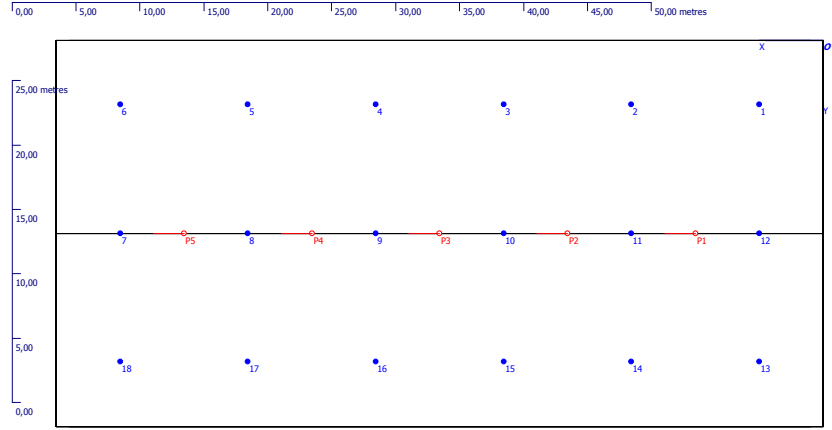
D																Noktasal gürültü kaynakları																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

Şekil 5.7 D-tipi yerleşim planında R1-R12 alıcı noktaları için, A-ağırlıklı toplam düzeyler ve toplam yutuculuk değişimlerine bağlı gürültü azaltım değerleri.



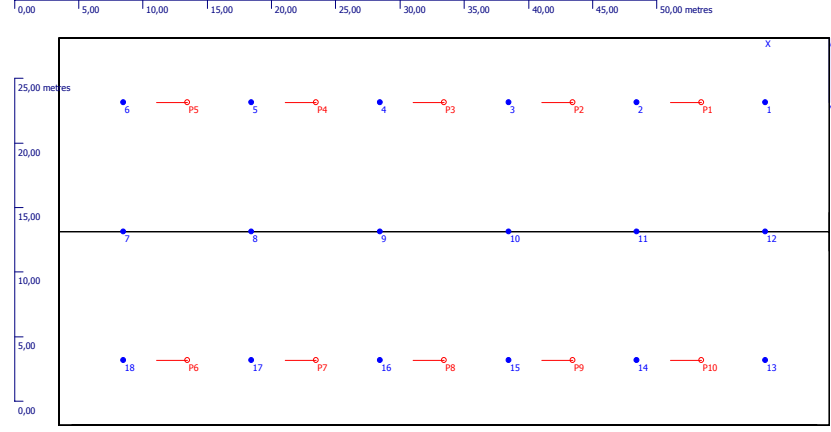
Odeon©1985-2007

A-TİPİ YERLEŞİM



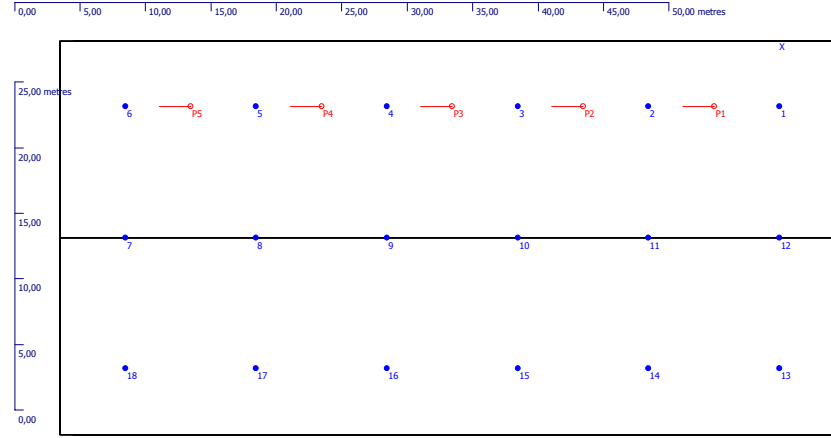
Odeon©1985-2007

C-TİPİ YERLEŞİM



Odeon©1985-2007

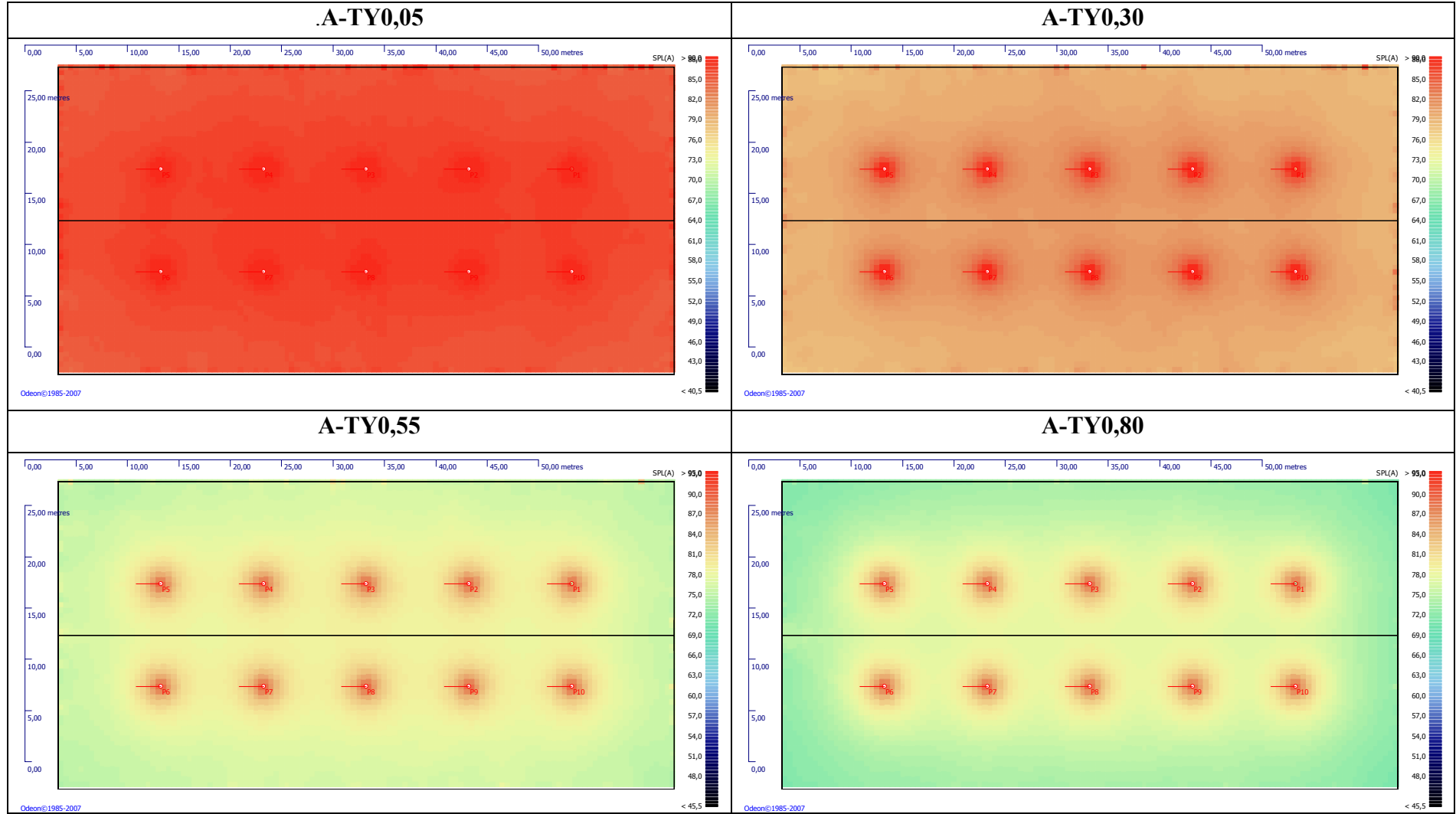
B-TİPİ YERLEŞİM



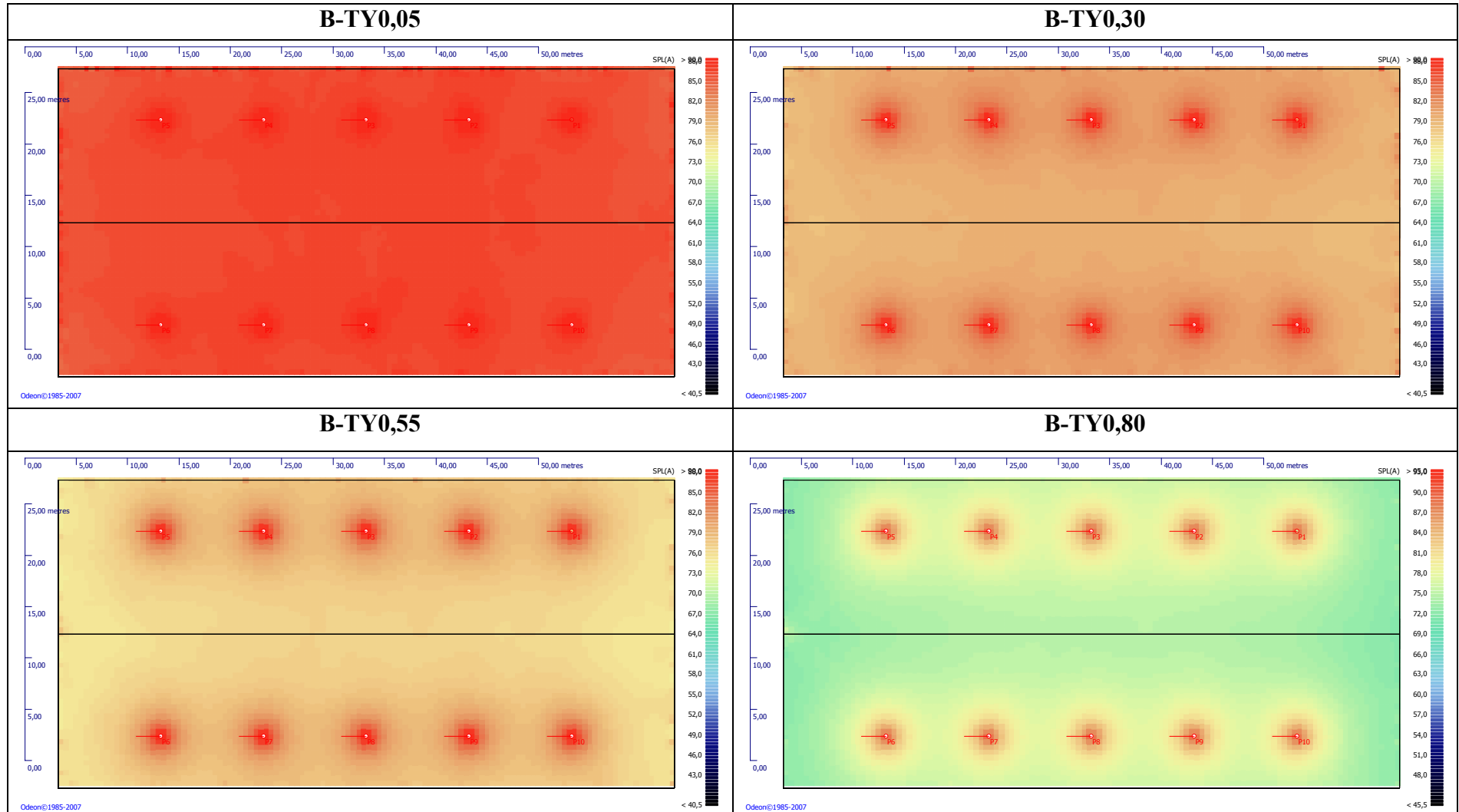
Odeon©1985-2007

D-TİPİ YERLEŞİM

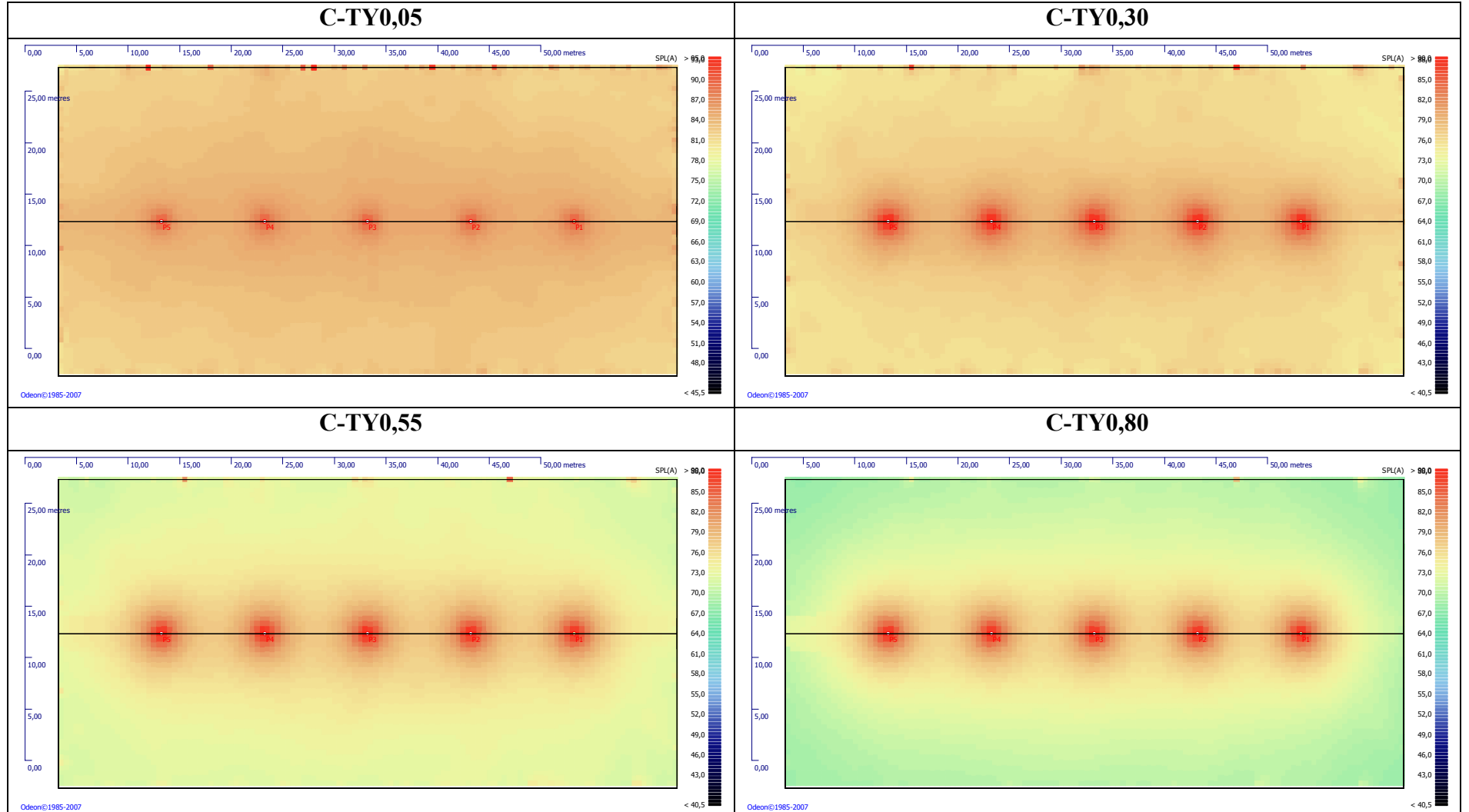
Şekil 5.8 Gürültü kaynaklarının üretim alanındaki yerleşim durumlarına göre A-B-C-D yerleşim düzenleri



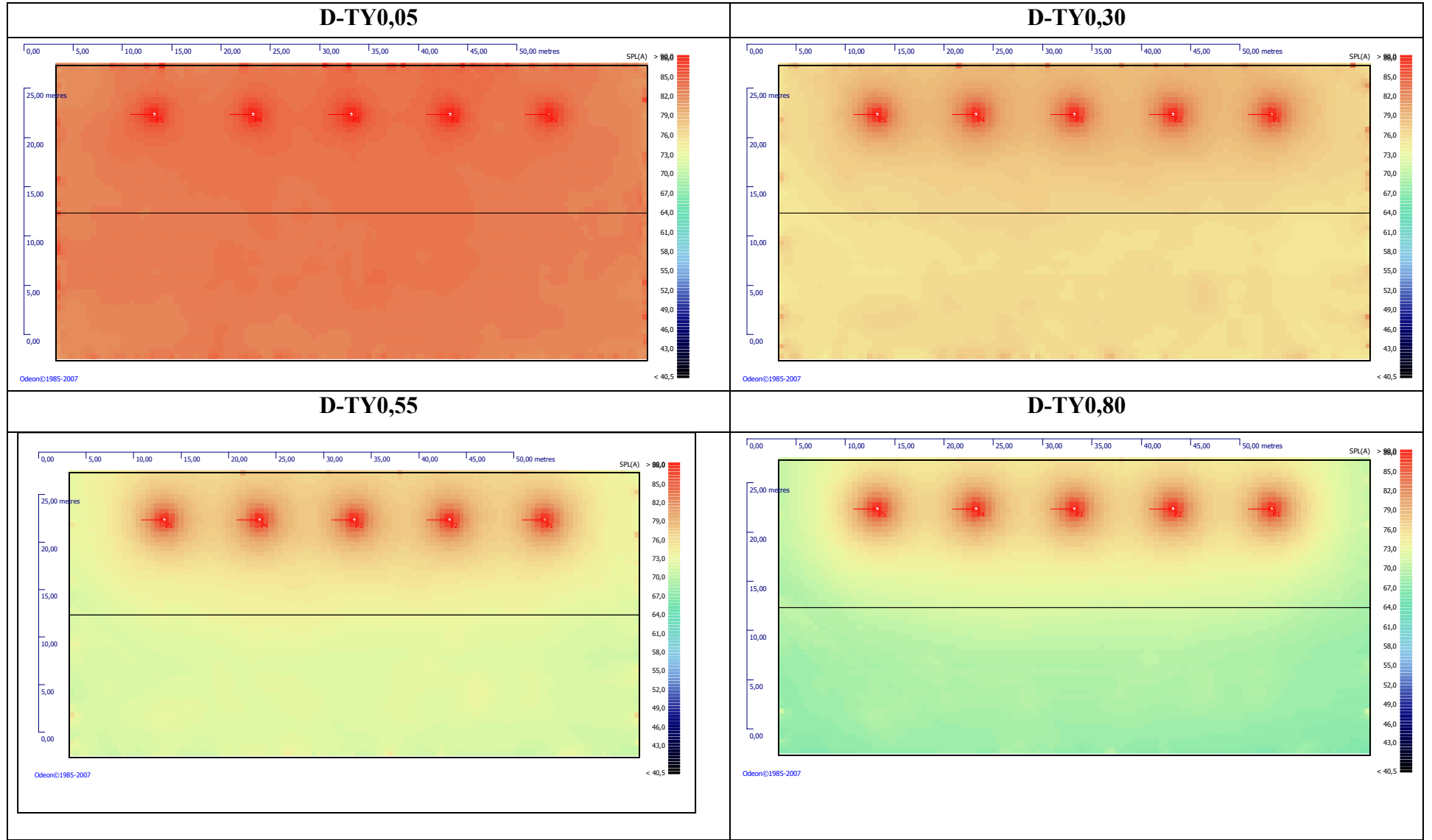
Şekil 5.9 A-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında elde edilen A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları.



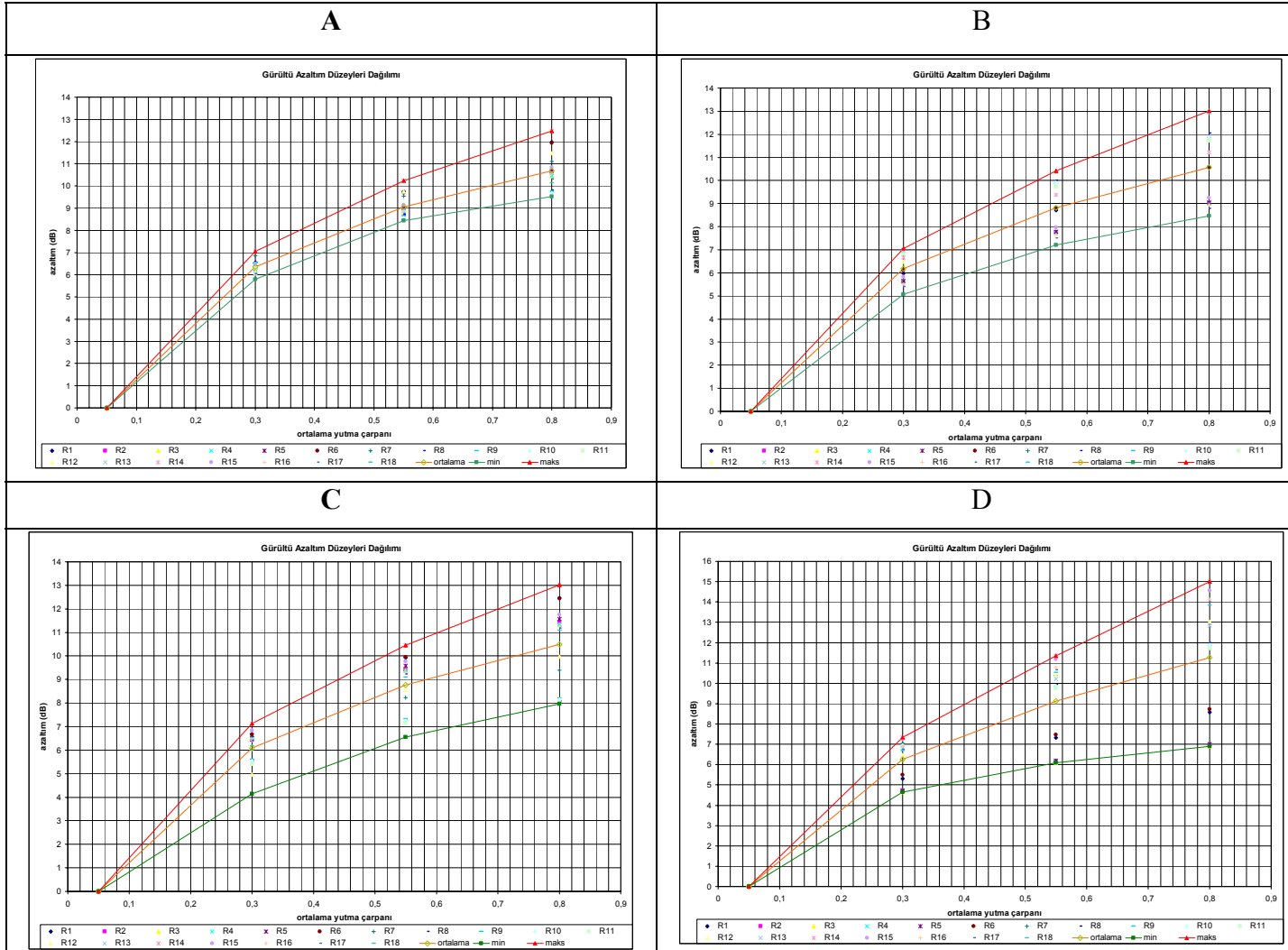
Şekil 5.10B-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında elde edilen A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları



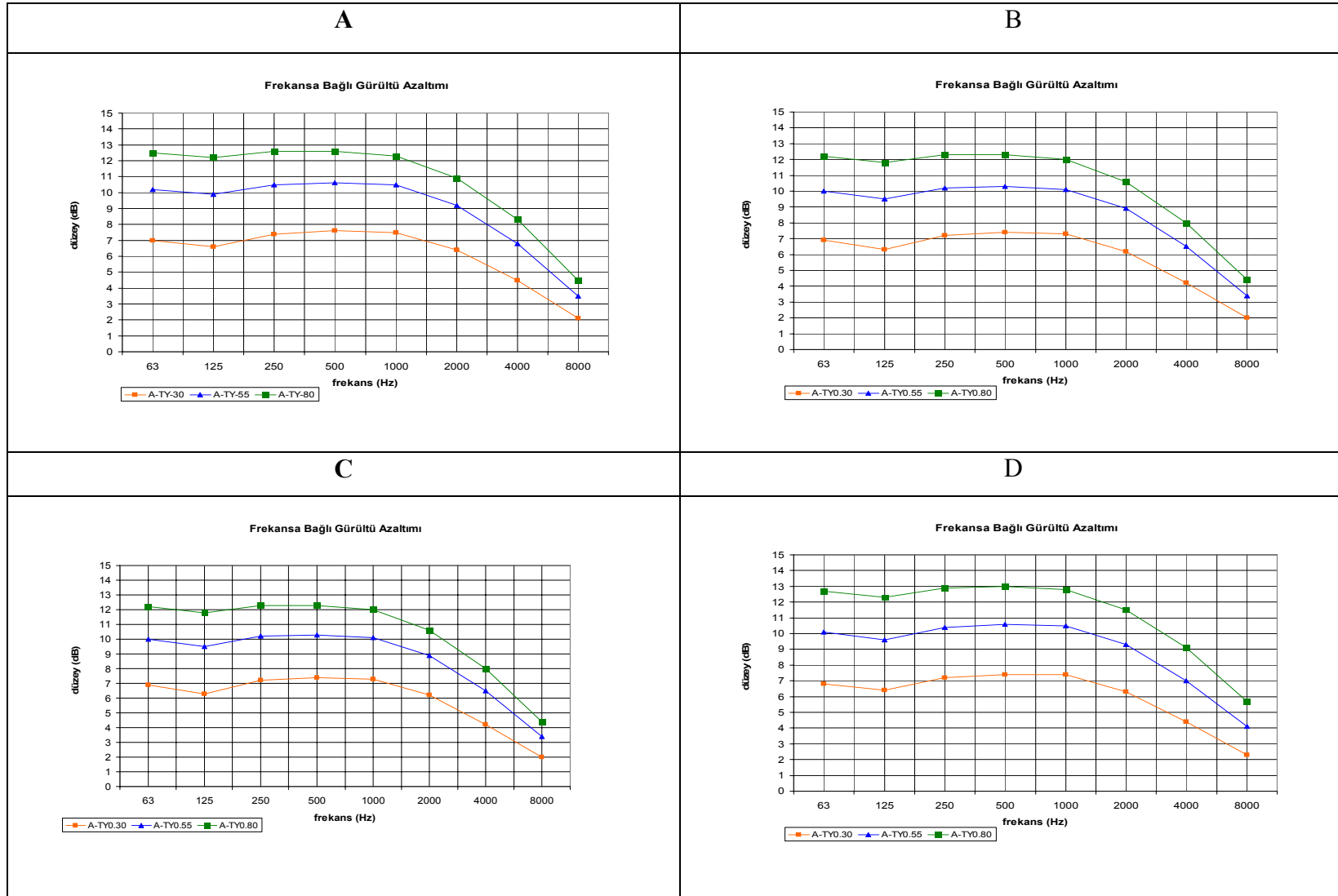
Şekil 5.11 C-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında elde edilen A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları.



Şekil 5.12 D-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında elde edilen A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları.



Şekil 5.13 Farklı toplam yutuculuklarda yerleşim tipine ve noktaya bağlı gürültü azaltım değerleri ve min,, ort,, maks. azaltım eğrileri.



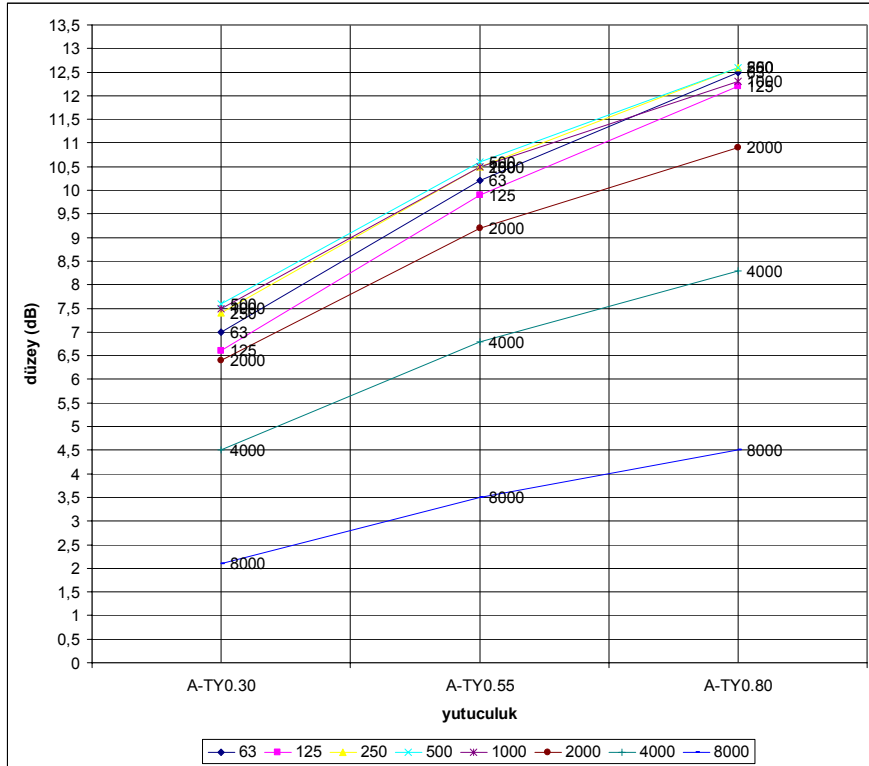
Şekil 5.14 A-B-C-D yerleşim tiplerinde frekansa göre toplam yutuculuk artışına bağlı ortalama gürültü azaltım değerleri.(X50 parametresi)

5.1.2 Bulguların Değerlendirilmesi

Kurgu üretim hacminde dört farklı gürültü kaynağı yerleşimi (A,B,C, D), dört farklı toplam yutuculuk koşulunda gürültü düzeyleri dağılım parametreleri açısından incelenmiştir.

Bulgular değerlendirildiğinde;

- Kurgu üretim hacminde toplam yutuculuk artışına bağlı gürültü azalmasının logaritmik bir eğilim gösterdiği, toplam yutuculuğa bağlı olarak ortalama gürültü düzeylerindeki azalma oranının yutuculuk artışıyla birlikte giderek azaldığı görülmektedir. Bu olgu dört yerleşim biçimi için de geçerlidir.



Şekil 5.15 A-tipi yerleşim planında frekansa göre toplam yutuculuk artışına bağlı gürültü azaltım değerleri

- Toplam yutuculuk artışına bağlı olarak ortalama gürültü düzeylerindeki azalmada farklı yerleşim tipleri arasında belirgin ayrımlar ortaya çıkmamıştır. Çatı ve duvar yüzeylerinin 0,30 ortalama yutuculukta frekans seçiciliği olmayan sanal gereç ile giydirilmesi durumunda (toplam yutuculuk ~4 katına çıktığında) üretim alanı genelindeki gürültü düzeylerinde 6,3 dB’lik bir azalma, 0,55 ortalama yutuculukta sanal gereç ile giydirilmesi durumunda (toplam yutuculuk ~6,7 katına çıktığında) 9,0

dB'lık bir azalma, 0,80 ortalama yutuculukta sanal gereç ile giydirilmesi durumunda ise (toplam yutuculuk ~10 katına çıktığında) 10,9 dB'lık bir azalma olduğu görülmektedir. (Çizelge 5.3)

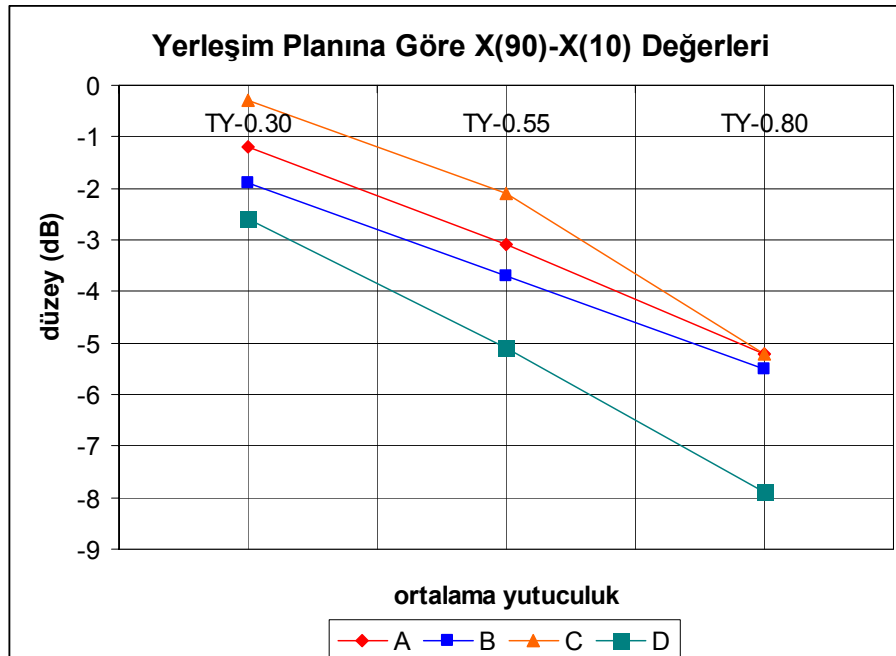
Çizelge 5.3 Farklı toplam yutuculuk koşullarında hesaplanan ortalama gürültü düzeyleri ve istatistiksel değerlendirmeler.

TY	TY5	TY30	TY55	TY80	korelasyon
Yerleşim Tipi	250,2	1004,25	1695,25	2512,25	
A	88,4	82,0	79,3	77,6	-0,95139
B	88,4	82,2	79,6	77,9	-0,95249
C	85,5	79,2	76,5	74,8	-0,95255
D	85,4	79,1	76,2	74,0	-0,96518
	Ort.gürültü azaltımı	6,3	9,0	10,9	Yutuculuk artışı ve gürültü azaltımı arasında korelasyon
	$10 \cdot \log(TY_x/TY_5)$	6,0	8,3	10,0	
	Yutuculuk artışı(x)	4,013789	6,77558	10,04097	0,89518
A		6,4	9,1	10,8	0,98408
B		6,2	8,8	10,5	0,98584
C		6,3	9	10,7	0,98408
D		6,3	9,2	11,4	0,99191

- Hesaplanan gürültü düzeylerinin frekans yapısı incelendiğinde, uygulanan sanal gereçlerin frekans seçiciliğinin olmamasına karşın toplam yutuculuk artışına bağlı gürültü azaltımının yüksek frekanslarda daha az gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum, 2000, 4000 ve 8000 Hz frekanslarında bütün toplam yutuculuk koşullarında kurgu üretim hacmindeki hava hacmine (14850 m³) bağlı belirli bir yutuculuğun olmasından kaynaklanmaktadır. (Çizelge 5.4)
- Toplam yutuculuk artışıyla birlikte gürültü düzeylerinin üretim alanı genelindeki homojen dağılımı değişmekte, gürültü kaynaklarına yakın bölgelerin dışındaki alanda gürültü düzeyleri giderek azalmaktadır. Bunun sonucu olarak ise üretim alanı genelindeki (X10) ve (X90) gürültü düzeyi dağılım parametreleri arasındaki ayrımların arttığı görülmektedir. (Şekil 5.16)

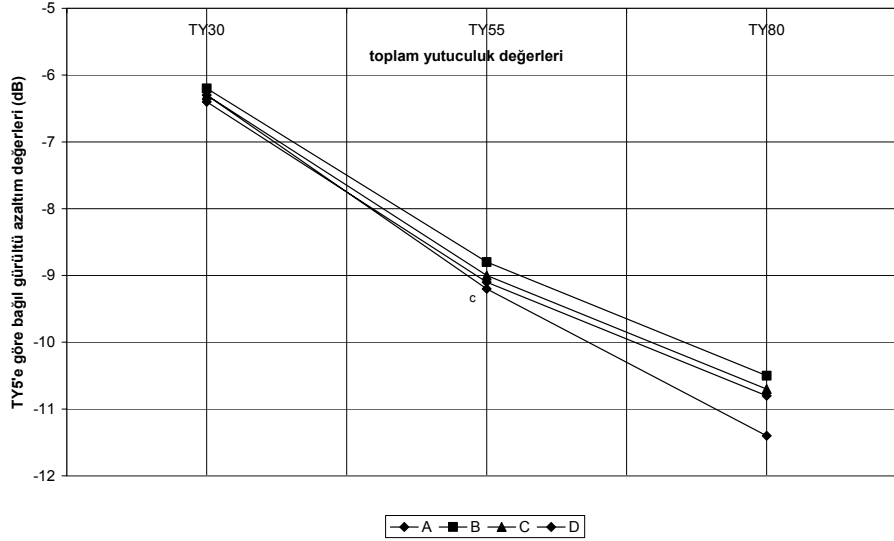
Çizelge 5.4 Toplam yutuculuk artışına bağlı gürültü azaltım değerlerinin frekans dağılımları.

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A-TY0.30	7	6,6	7,4	7,6	7,5	6,4	4,5	2,1
A-TY0.55	10,2	9,9	10,5	10,6	10,5	9,2	6,8	3,5
A-TY0.80	12,5	12,2	12,6	12,6	12,3	10,9	8,3	4,5
Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
B-TY0.30	6,9	6,3	7,2	7,4	7,3	6,2	4,2	2
B-TY0.55	10	9,5	10,2	10,3	10,1	8,9	6,5	3,4
B-TY0.80	12,2	11,8	12,3	12,3	12	10,6	8	4,4
Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
C-TY0.30	6,8	6,4	7,3	7,5	7,4	6,3	4,4	2
C-TY0.55	10	9,6	10,3	10,5	10,3	9,1	6,8	3,6
C-TY0.80	12,3	12	12,5	12,5	12,2	10,9	8,4	4,7
Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
D-TY0.30	6,8	6,4	7,2	7,4	7,4	6,3	4,4	2,3
D-TY0.55	10,1	9,6	10,4	10,6	10,5	9,3	7	4,1
D-TY0.80	12,7	12,3	12,9	13	12,8	11,5	9,1	5,7



Şekil 5.16 Farklı yerleşim tiplerinde üretim alanında gürültü düzeyi dağılımları ayrımını veren X(90)-X(10) değerlerinin toplam yutuculuğa bağlı değişimleri.

- Toplam yutuculuk artışıyla birlikte A-tipi yerleşimde duvara yakın bölgelerde gürültü düzeyleri azalırken, B tipi yerleşimde üretim alanının orta bölümünde görece gürültüsüz bir alan oluşmaktadır. Toplam yutuculuk artışına koşut olarak gürültü düzeylerinin en fazla D yerleşim tipinde azaltılabildiği görülmektedir.(Şekil 5.17)



Şekil 5.17 Farklı yerleşim tiplerinde ortalama gürültü düzeyleri açısından azaltım eğrileri.

- C ve D tipi yerleşimlerde ise gürültü kaynaklarının tek sıra dizilmesi nedeniyle toplam yutuculuk artışıyla birlikte üretim alanında daha geniş bir alanda gürültü düzeylerinin azaltılabilmesi söz konusudur. D-tipi yerleşimde üretim alanı genelinde gürültü düzeyleri arasındaki ayrımların en fazla olduğu görülmektedir.
- **Makine yerleşiminin planlanmasında gürültü etkeninin değerlendirilmesi ile ilgili temel ölçütler**

Üretim alanında makine yerleşimi ile ilgili ilkesel kararların verilmesinde, gürültü düzeylerinin üretim alanı genelinde dağılım durumlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirmelerin yapılmasında;

- makine yerleşim planındaki makinelerin sayısı ve boyutları
- makinelerin frekansa bağlı ses gücü düzeyleri ve doğrultululuk katsayıları,
- üretim alanının boyutları,
- makinelerin kendi çalışma alanı sınırları,
- günışığından yaralanma durumu söz konusu ise üretim alanı çalışma düzlemindeki günışığı dağılımları,
- çalışanların ve malzemelerin üretim alanındaki dolaşım alanları,

- üretim hacmi içinde vinç bulunması durumunda vincin hareket durumunun gözetilmesi...vb.

konuların göz önünde bulundurulması gerekir. Bu belirlemeler bağlamında gürültü etkeninin de üretim alanının planlanması aşamasında bir ölçüt olarak değerlendirmeye alınması ve üretim alanının planlama koşullarına göre optimizasyona gidilerek, A,B,C,D yerleşim düzenlerinin gürültü dağılım nitelikleri göz önünde bulundurularak makine yerleşim planı ile ilgili karar verilmesi önerilmektedir. (Çizelge 5.5)

Bu çalışmada ele alınan farklı yerleşim düzenlerinin gürültü etkeni açısından değerlendirmesi yapıldığında aşağıda yer verilen ölçüt niteliğindeki belirlemelere ulaşılabilir;

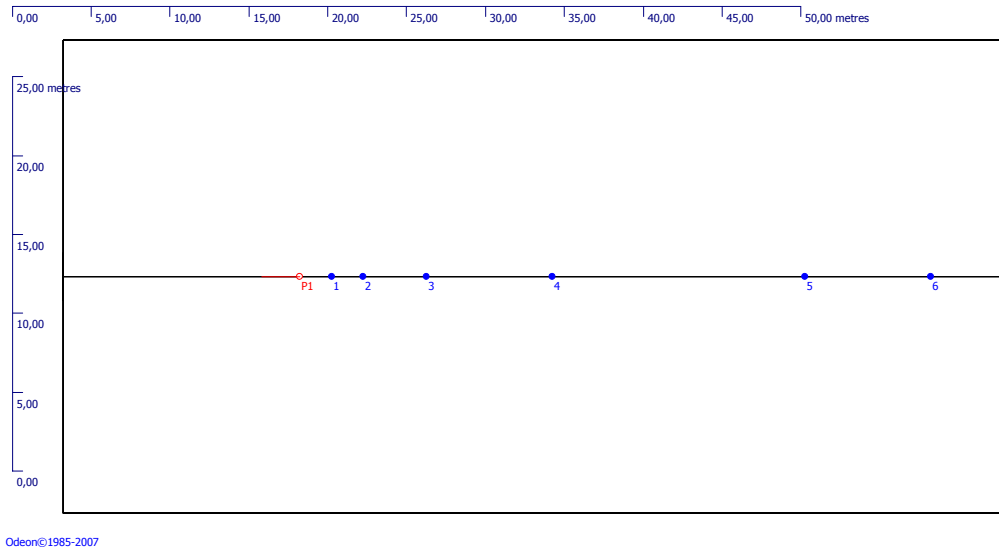
- **A tipi yerleşimde** gürültü düzeylerinin üretim alanı genelinde görece daha düzgün dağılım gösterdiği görülmektedir. Üretim alanının yanıl alanlarında görece gürültüsüz alanlar oluşmaktadır.
- Makinelerin iki sıra yerleşimi gerekiyor ve üretim hacmi içindeki ana dolaşım ekseninin üretim alanının orta bölümünde olması isteniyorsa, duvarların yüksek derecede yutucu yapılarak yerleşimin **B-tipi yerleşim düzeninde** oluşturulması önerilmektedir. Bu durumda toplam yutuculuk artışına koşut olarak üretim alanının büyük bir bölümünde gürültü düzeylerinin görece daha düşük olduğu geniş bir alan oluşabilmektedir.
- Ana dolaşım eksenlerinin üretim alanının yan bölümlerinde olması düşünülüyorsa makinelerin olabildiği ölçüde üretim alanının orta bölümünde toplanarak (**C-tipinde yerleşim düzeni**) geri kalan bölümünde görece gürültüsüz bölgelerin oluşmasının sağlanabildiği görülmektedir.
- **D-tipi yerleşim düzeninde** makineler tek sıra olarak bir duvar tarafında yer aldığı için bu duvar yutucu yapılmak koşuluyla gürültü düzeyi dağılımları açısından oldukça kabul edilebilir bir yerleşim düzeni ortaya çıkmaktadır. Üretim alanının çok büyük bir bölümü dolaşım ve malzeme geçici depolama alanı olarak düzenlenebilmektedir.

Çizelge 5.5 Farklı toplam yutuculuk koşullarında Odeon ABP’nda hesaplanan min., ort., maks. gürültü düzeyleri ve üretim alanı genelindeki dağılım durumu.

dB(A)		TY-0.05	TY-0.30	TY-0.55	TY-0.80
A	Minimum	87,7	81,2	78,1	75,8
	Maksimum	89,3	82,7	80,6	79,5
	Ortalama	88,4	82,0	79,3	77,6
	X(5)	87,4	81,0	77,6	74,7
	X(10)	87,6	81,3	77,9	75,1
	X(50)	88,5	82,4	79,9	78,3
	X(90)	89,4	84,3	82,8	82,1
	X(95)	89,7	85,6	84,4	83,9
B	Minimum	87,8	81,0	77,6	75,0
	Maksimum	88,9	83,1	81,0	79,7
	Ortalama	88,4	82,2	79,6	77,9
	X(5)				
	X(10)	87,9	81,2	77,8	75,2
	X(50)	88,5	82,2	79,7	78,1
	X(90)	89,0	84,2	82,6	81,8
	X(95)				
C	Minimum	84,4	77,8	74,5	71,9
	Maksimum	87,2	81,6	79,9	79,0
	Ortalama	85,5	79,2	76,5	74,8
	X(5)				
	X(10)	84,3	81,2	77,8	71,6
	X(50)	85,3	82,2	79,7	74,1
	X(90)	87,0	84,2	82,6	79,5
	X(95)				
D	Minimum	84,8	77,9	73,9	70,2
	Maksimum	86,1	81,3	79,9	79,1
	Ortalama	85,4	79,1	76,2	74,0
	X(5)				
	X(10)	84,8	77,8	73,9	70,3
	X(50)	85,4	78,5	75,3	73,0
	X(90)	86,1	81,7	80,3	79,5
	X(95)				
X(N) : Üretim alanının %N’lik bölümünde aşılmayan düzey.					

5.2 Farklı Toplam Yutuculuk Koşullarında Uzaklığa Bağlı Gürültü Düzeyi Azaltımının İncelenmesi

Bu bölümde, kurgu üretim hacmindeki toplam yutuculuk artışının gürültü azaltım değerlerine etkisi gürültü kaynağından değişik uzaklıktaki alıcı noktaları açısından incelenmiştir.



Şekil 5.18 Toplam yutuculuk artışına bağlı gürültü azaltım değerlerinin hesaplanmasında kullanılan kaynak ve değişik uzaklıktaki alıcılar.

TY5, TY30, TY55, TY80 toplam yutuculuk koşullarında gürültü kaynağından uzaklaştıkça gürültü düzeylerinin değişiminin belirlenmesi ve açık alan koşulları ile aradaki ayrımların ortaya konulması açısından, frekans dağılımı eşit, noktasal tekil bir gürültü kaynağı ve bu kaynaktan biri diğerinin iki katı uzaklıkta olacak şekilde alıcı noktaları belirlenmiştir. Akustik modellemeler sonucunda farklı toplam yutuculuk koşullarında R1 – R8 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü düzeyi değerleri Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Odeon ABP’nda gürültü kaynağından farklı uzaklıktaki alıcı noktalarında hesaplanan gürültü düzeyleri ve azaltım değerleri*

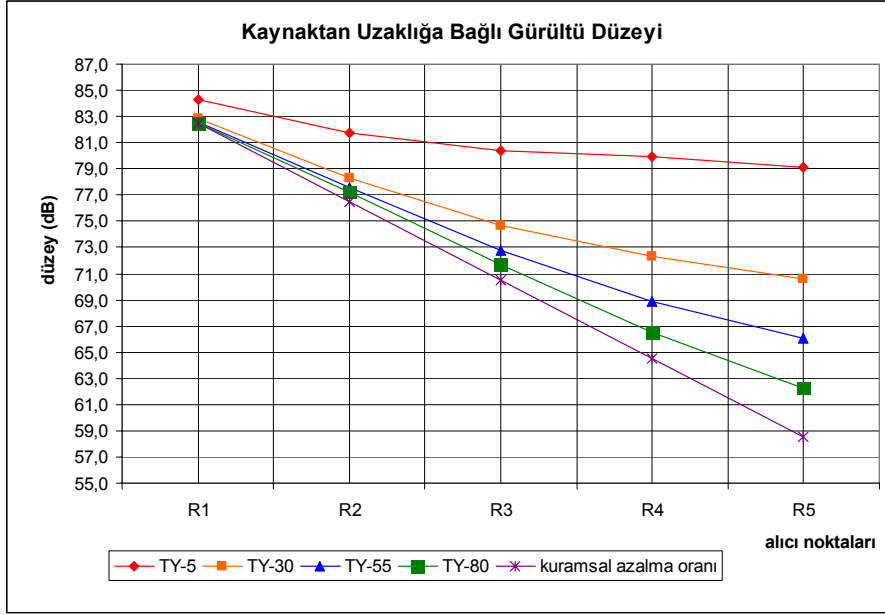
Gürültü düzeyi (dBA)					Azaltım (dBA)		
Toplam yutuculuk / Alıcı noktası	TY-0,05	TY-0,30	TY-0,55	TY-0,80	TY-0,30	TY-0,55	TY-0,80
R1	84,3	82,8	82,6	82,5	1,5	1,7	1,8
R2	81,7	78,3	77,5	77,2	3,4	4,2	4,5
R3	80,4	74,6	72,8	71,7	5,8	7,6	8,7
R4	79,9	72,3	68,9	66,5	7,6	11	13,4
R5	79,1	70,6	66,1	62,3	8,5	13	16,8
R6	78,6	70,2	65,2	60,9	8,4	13,4	17,7
min	78,6	70,2	65,2	60,9	8,4	13,4	17,7
maks	84,3	82,8	82,6	82,5	1,5	1,7	1,8
ort	80,6	74,8	72,1	70,2	5,8	8,5	10,4
standart sapma	2,07	4,93	6,84	8,54	2,9	4,8	6,5

Gürültü düzeyleri ile ilgili elde edilen bulgular değerlendirildiğinde;

- Toplam yutuculuğun minimum düzeyde olduğu TY-0,05 koşulunda yansıymış ses alanının üretim alanı genelinde baskın olması nedeniyle uzaklığa bağlı azalmanın sınırlı olduğu görülmektedir; bu durumda kaynaktan en uzak alıcı noktasında toplam gürültü düzeyinde ilk alıcı noktasına göre oluşan azalma 5,6 dB’dir.
- Özellikle gürültü kaynağından uzakta bulunan alıcı noktalarında tüm toplam yutuculuk koşullarında gürültü düzeylerinin yüksek frekanslarda daha fazla azaldığı görülmektedir. Toplam yutuculuğun en düşük olduğu TY-5 koşulunda, gürültü kaynağından en uzakta bulunan R6 noktasında gürültü düzeyindeki azalma 500 Hz’de 4,1 dB iken, 8000 Hz’de bu azalma 15,1 dB’dir. (Yüksek frekanslar için geçerli olan havanın yutuculuğu bu durumda etkilidir)

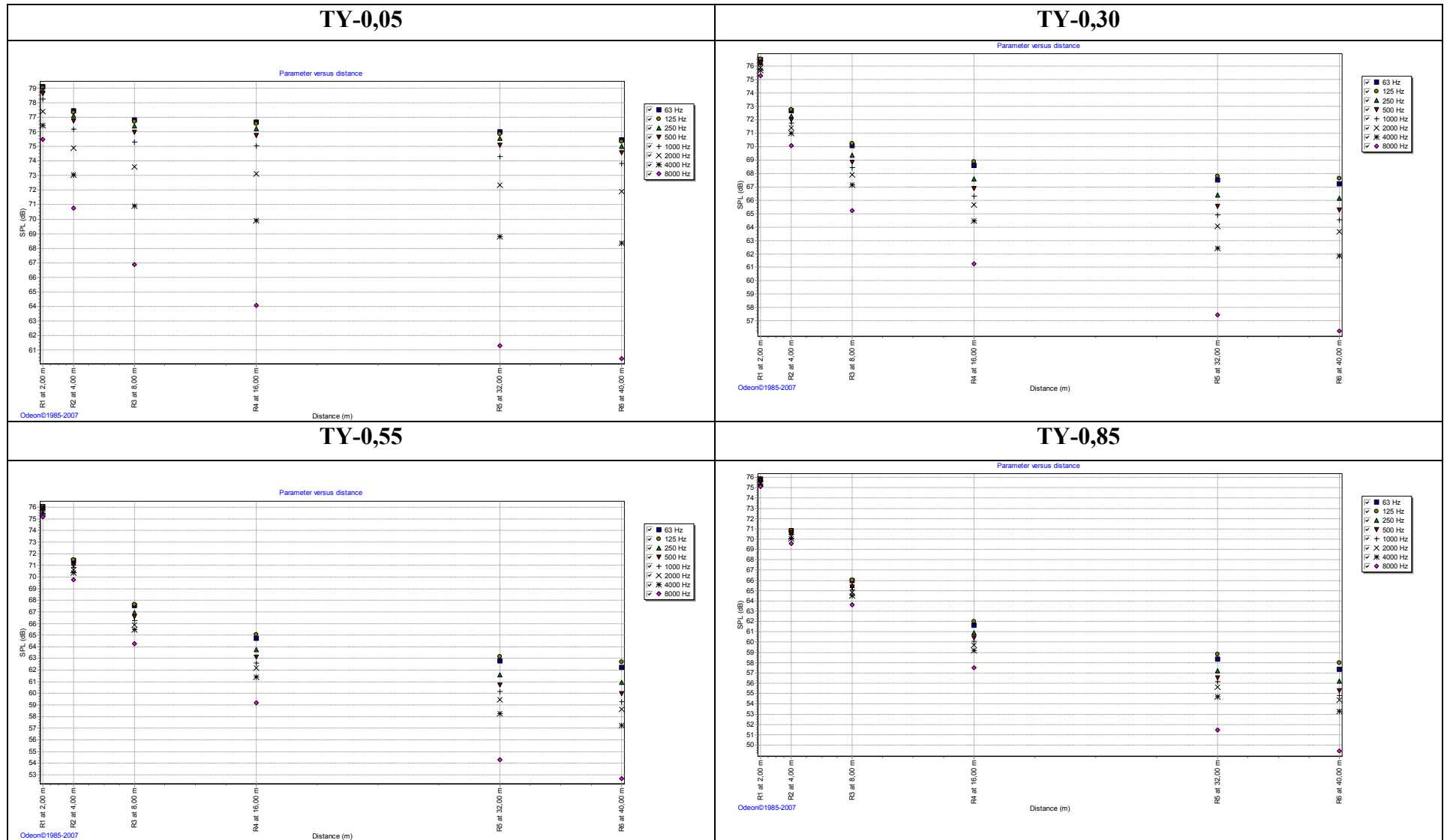
* TY5, TY30, TY55, TY80 toplam yutuculuk koşulları için gürültü kaynağından farklı uzaklıktaki alıcı noktaları için hesaplanan frekansa bağlı düzeyler ile ilgili çizelgeler ve azalma eğrilerini veren grafikler Ek 8’de yer almaktadır.

- Gürültü kaynağından uzaklaştıkça toplam yutuculuk artışının gürültü azaltımına etkisi de artmaktadır. Toplam yutuculuk artışına bağlı olarak gürültü kaynağından en uzak noktada sırasıyla 8,4; 13,4 ve 17,7 dB azaltım sağlanabilmektedir. TY-80 koşulunda uzaklığın karesiyle orantılı kuramsal azalmayı veren 6 dB değerine yaklaşıldığı görülmektedir. (Şekil 5.19)



Şekil 5.19 Farklı toplam yutuculuk koşullarında R1-R5 alıcı noktalarında hesaplanan düzeyler.

- Toplam yutuculuk artışı ve gürültü kaynağından uzaklığa bağlı olarak gürültü düzeyleri azalmaktadır. Toplam yutuculuk artışıyla birlikte frekanslar arasındaki düzey ayrımlarının kapandığı görülmektedir. (Şekil 5.20)
- Gürültü kaynağına en yakın alıcı noktası olan R1 noktasında, gürültü kaynağının kritik uzaklık sınırı içinde olması nedeniyle toplam yutuculuk artışına bağlı olarak en fazla 1,8 dB'lik azaltım sağlanabildiği görülmektedir.



Şekil 5.20 Farklı toplam yutuculuk koşullarında alıcı notasına bağlı olarak hesaplanan düzeylerin frekans dağılımları.

5.3 Yüzey Yutuculukları İle İlgili İncelemeler

Bu bölümde, ortalama çatı yutuculuğu ve ortalama duvar yutuculuğunun farklı değerlerinin (0,05;0,30;0,55;0,80) gürültü kaynaklarının üretim alanının orta bölümünde ya da duvara yakın yan bölümde yer alması durumunda (A ve B tipi yerleşimleri için) gürültü düzeyleri dağılımına etkisi çatı ve duvar yutuculukları için ayrı olarak incelenmiştir.

Çatı ve duvar yutuculuğunun 4 farklı yutuculuk değeri ve 10 gürültü kaynağının her frekans değeri için 100 dB toplam ses gücü düzeyi için elde edilen gürültü haritaları Şekil 5.21-5.24'de verilmiştir.

Elde edilen bulgular ile ilgili toplu sonuçlar üretim alanının belli noktalarında bulunan alıcı noktalarına ve 0,50m. x 0,50 m.'lik grid sistem ile oluşturulan gürültü haritalarının istatistiksel değerlerine bağlı olarak Çizelge 5.7'de sunulmuştur.* İlgili çizelge ve gürültü haritaları incelendiğinde;

- A ve B yerleşim durumlarının her ikisi için de ortalama yutma çarpanının eşit olduğu koşullarda (0,05;0,30;0,55;0,80) 1808 m² yüzey alanlı çatı yutuculuğunun, 1161 m² yüzey alanlı duvar yutuculuğuna oranla (çatı alanı/duvar alanı: 1,55) beklenildiği gibi daha fazla gürültü azaltımı sağlayabildiği görülmektedir.
- Duvar yüzeylerinin minimum yutucu durumda (DY5) olduğu koşulda ortalama gürültü düzeylerinin gürültü kaynaklarının duvar tarafında yer aldığı B yerleşim tipinde, A yerleşim tipine göre biraz daha yüksek olduğu görülmektedir.
- Üretim alanı genelindeki gürültü düzeyleri dağılımı açısından ortalama kabul edilebilecek X(50) dağılım parametresine göre değerlendirme yapıldığında;
 - **A tipi yerleşimde** çatı yüzeyinin yutucu yapılması ile gürültü düzeylerinin aşamalı olarak 87,1 dBA'dan 81,6 dBA'ya; duvar yüzeyinin yutucu yapılması ile 87,4 dBA'dan 83,2 dBA'ya kadar azaltılabildiği görülmüştür.

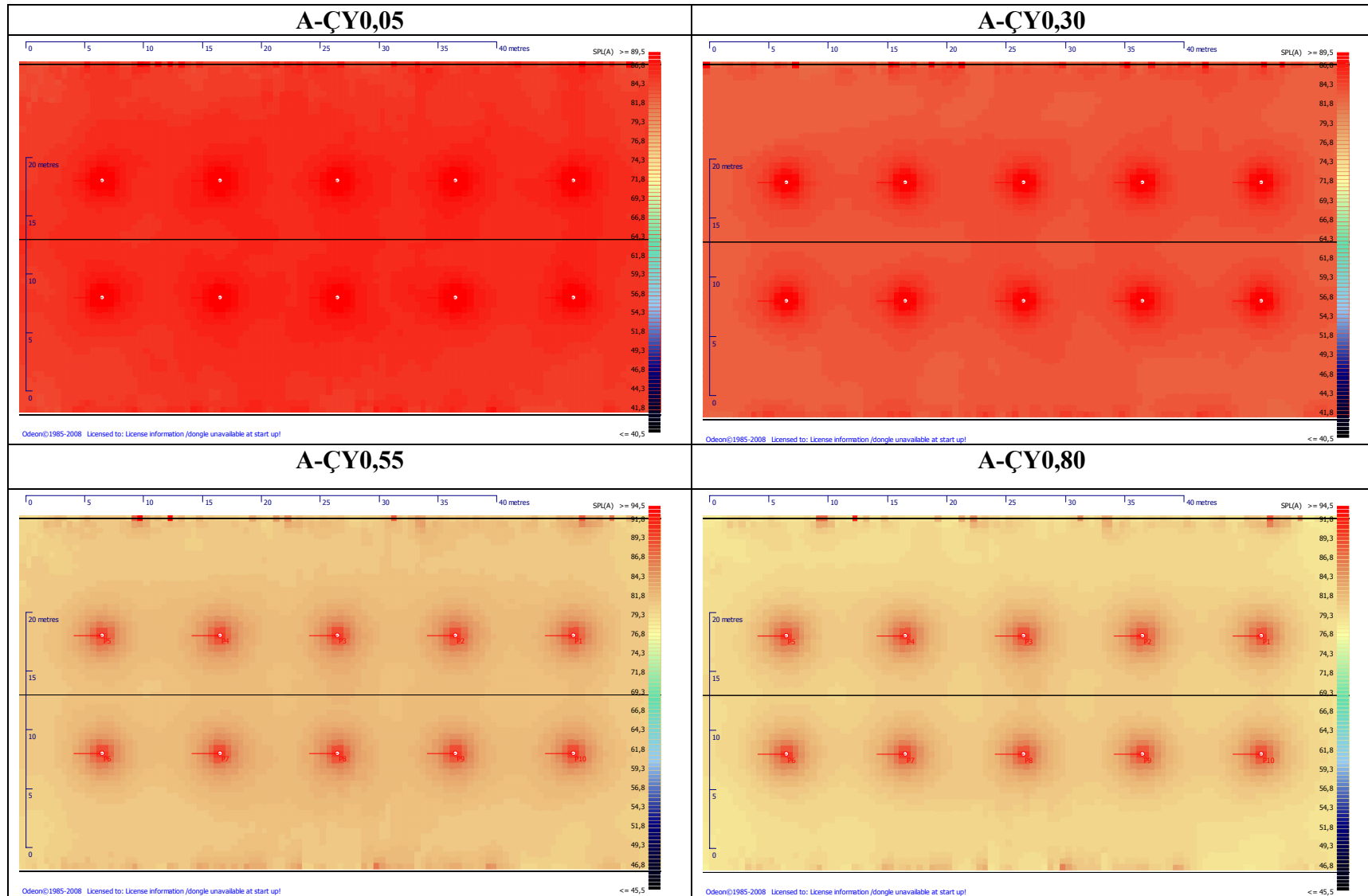
* Çatı ve duvar yutuculuklarının 0,05; 0,30; 0,55; 0,80 ortalama değerleri için elde edilen frekansa bağlı düzeyler Ek 9'da, istatistiksel gürültü dağılım eğrileri Ek 10'da verilmiştir.

- **B tipi yerleşimde ise**, çatı yüzeyinin yutucu yapılması ile gürültü düzeyleri aşamalı olarak 88,2 dBA'dan 81,5 dBA'ya; duvar yüzeyinin yutucu yapılması ile 89,7 dBA'dan 82,7 dBA'ya kadar azaltılabildiği görülmüştür.
- **A tipi yerleşimde** gürültü düzeylerinin gürültü kaynaklarının çevresinde ve üretim alanının orta bölümünde yüksek olduğu, duvarlara ve özellikle duvarların birleştiği köşe noktalara doğru gürültü düzeylerinin azaldığı görülmektedir.
- **B tipi yerleşimde** ise üretim alanının genelinde gürültü düzeylerinin azaltılmasında duvar yutuculuğunun önem taşıdığı görülmektedir. Gürültü düzeylerinin duvara yakın bölümlerde yüksek olduğu, hacmin orta bölümünde ise çatı ya da duvar yutuculuğunun artmasıyla birlikte gürültü düzeylerinin azaldığı görülmektedir.

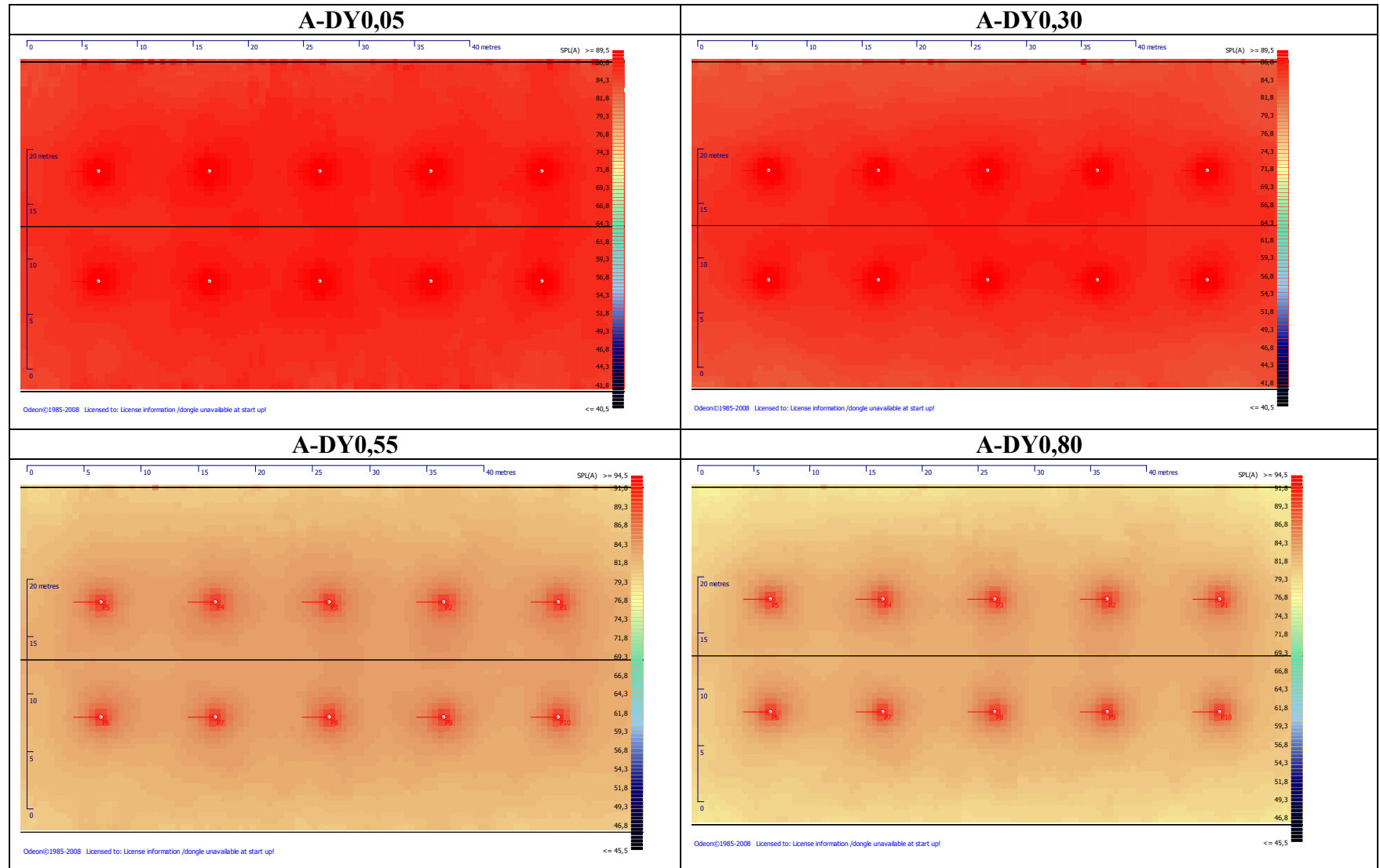
Sonuç olarak; çatı yutuculuğu A ve B yerleşim düzenlerinin her ikisinde de gürültü düzeylerinin azaltılmasında birinci derecede önem taşımaktadır. Bununla birlikte, duvar yutuculuğunun, B yerleşim düzeninde daha fazla olmakla birlikte, A ve B yerleşim düzenlerinin her ikisinde de etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.7 Farklı toplam yutuculuk koşullarında Odeon ABP’nda hesaplanan min., ort., maks. gürültü düzeyleri ve üretim alanı genelindeki dağılımı gösteren (X) değerleri

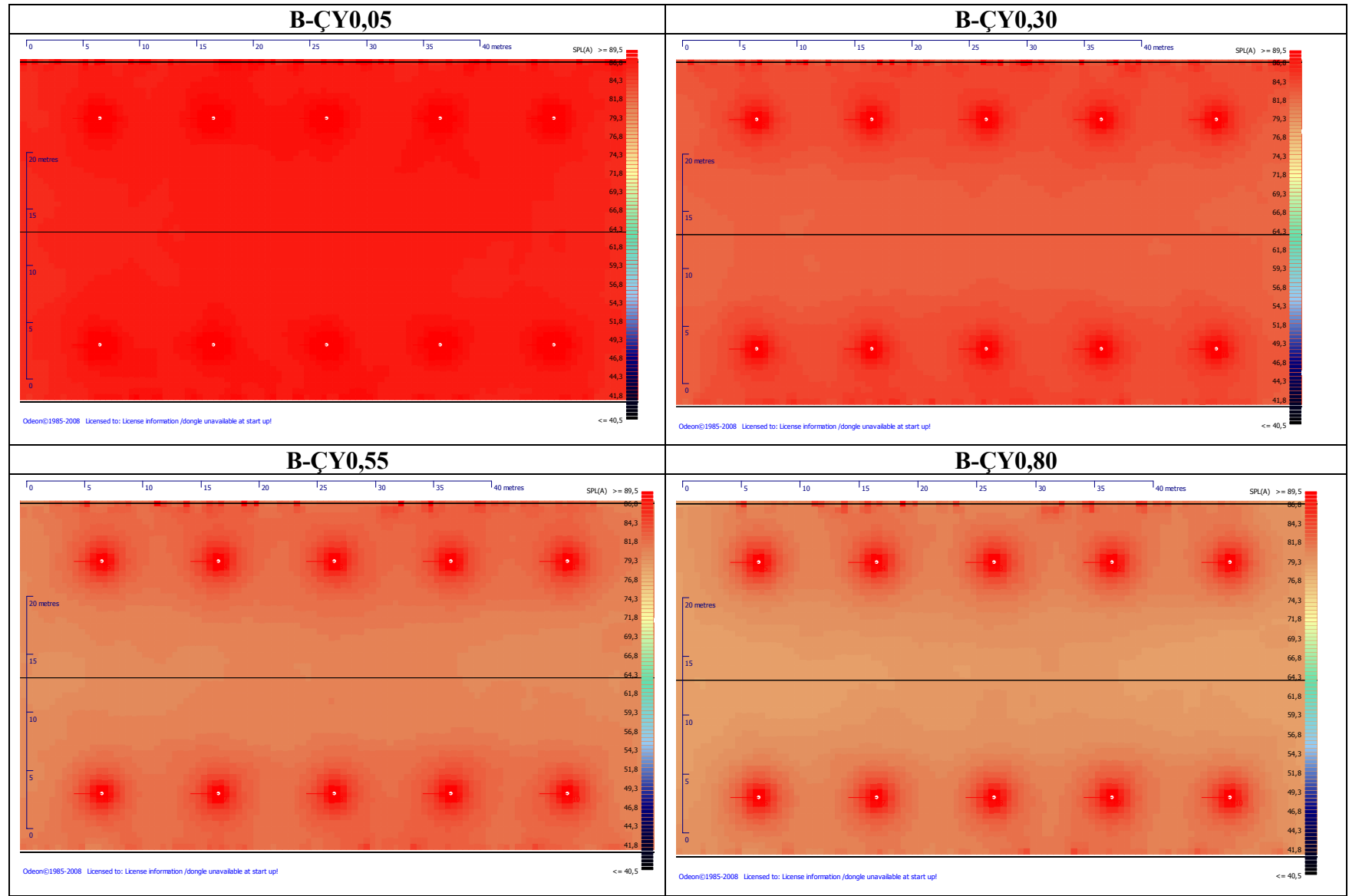
A-YERL.	dB(A)	ÇY-0.05	ÇY-0.30	ÇY-0.55	ÇY-0.80
ÇATI	Minimum	86,3	84,1	81,8	90,4
	Maksimum	87,5	84,8	82,8	81,7
	Ortalama	86,9	84,5	82,3	81,1
	X(5)	86,0	84,1	81,7	80,3
	X(10)	88,6	84,2	81,9	80,5
	X(50)	87,1	84,8	82,7	81,6
	X(90)	88,0	85,9	84,4	83,6
	X(95)	88,6	86,8	85,6	84,9
DUVAR	Minimum	86,6	86,6	83,1	81,7
	Maksimum	87,9	87,9	85,3	84,4
	Ortalama	87,2	87,2	84,1	82,9
	X(5)	86,1	84,9	82,2	80,6
	X(10)	86,5	85,2	82,7	81,0
	X(50)	87,4	86,7	84,3	83,2
	X(90)	88,3	88,1	86,0	85,2
	X(95)	88,8	88,6	86,8	86,2
B-YERL.		DY-0.05	DY-0.30	DY-0.55	DY-0.80
ÇATI	Minimum	87,6	83,9	81,6	80,1
	Maksimum	88,4	85,4	83,6	82,4
	Ortalama	88,0	84,7	82,7	81,4
	X(5)	87,3	83,9	81,7	80,2
	X(10)	87,5	84,0	81,8	80,4
	X(50)	88,2	84,7	82,7	81,5
	X(90)	88,8	86,2	84,7	83,8
	X(95)	89,2	86,9	85,7	85,1
DUVAR	Minimum	89,0	85,6	82,9	81,3
	Maksimum	89,8	86,7	84,5	83,4
	Ortalama	89,5	86,3	83,8	82,6
	X(5)	88,8	85,1	82,3	80,6
	X(10)	88,9	85,4	82,7	81,1
	X(50)	89,7	86,4	83,9	82,7
	X(90)	90,1	87,1	85,2	84,3
	X(95)	90,4	87,7	86,2	85,5
X(N) : Gürültü düzeyleri dağılımının %N’lik bölümünde aşılmayan düzey.					



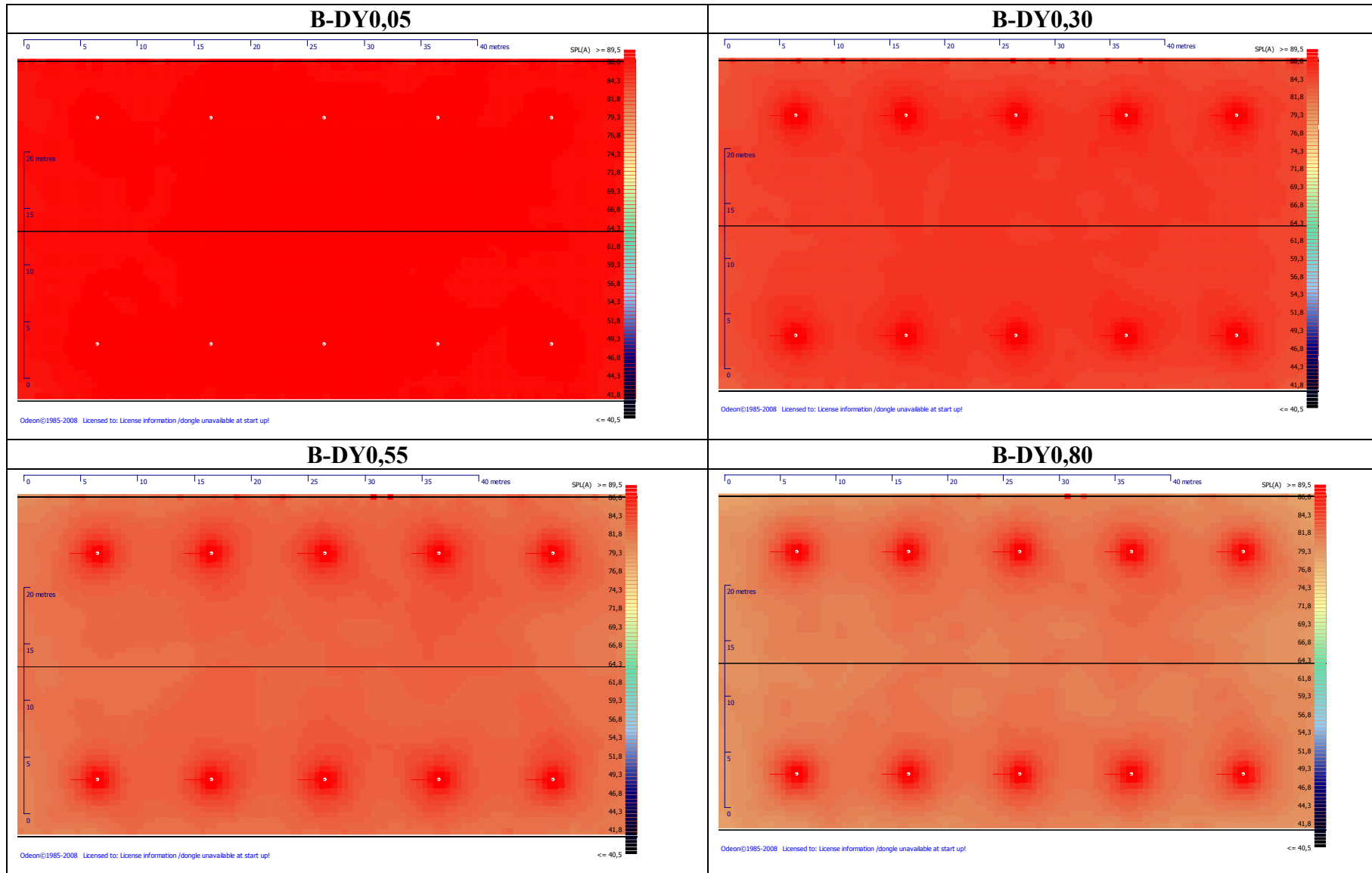
Şekil 5.21 A-tipi yerleşim düzeninde farklı çatı yutuculuklarının uygulanması durumunda elde edilen gürültü haritaları.



Şekil 5.22 A-tipi yerleşim düzeninde farklı duvar yutuculuklarının uygulanması durumunda elde edilen gürültü haritaları.



Şekil 5.23 B-tipi yerleşim düzeninde farklı çatı yutuculuklarının uygulanması durumunda elde edilen gürültü haritaları.



Şekil 5.24 B-tipi yerleşim düzeninde farklı duvar yutuculuklarının uygulanması durumunda elde edilen gürültü haritaları.

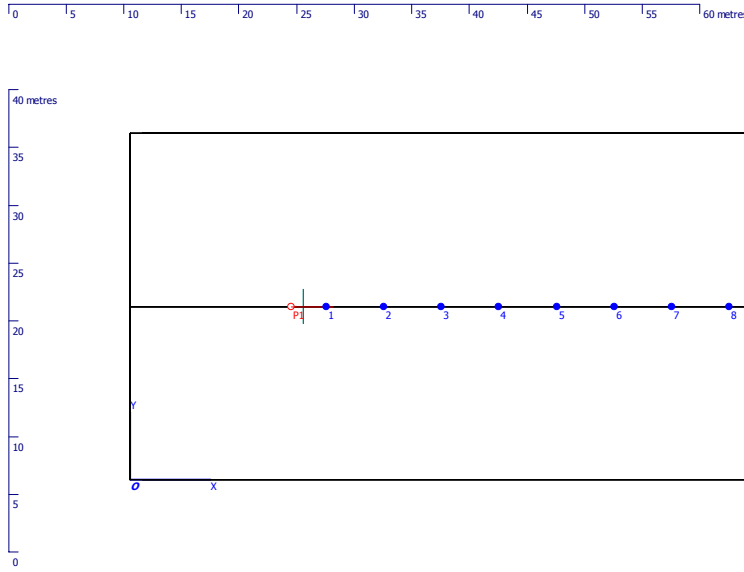
5.4 Kurgu Üretim Hacminde Engel Etkinliği İle İlgili Modellemeler

Kurgu üretim hacminde engel etkinliği ile ilgili akustik modellemeler, engelin akustik gölge bölgesinde kalan engelden değişik uzaklıklardaki alıcı noktalarında farklı toplam yutuculuk koşullarında engele bağlı gürültü azaltımının incelenmesini amaçlamaktadır.

ODEON Industrial Version 9.2 ABP'nin engelin oluşturduğu akustik gölge bölgesi için kırınım nedeniyle oluşan dolaysız ses bileşenini hesaplayamaması nedeniyle engel etkinliğini hesaplamada kuramsal hesaplama yöntemi ve benzetim yönteminin birlikte kullanıldığı bir yaklaşım kullanılmıştır.

Engelin akustik gölge bölgesindeki her bir alıcı noktası için dolaysız ses bileşeni kuramsal hesaplama yöntemi kullanılarak, yansımış ses bileşeni ise yine ODEON ABP'dan yararlanılarak hesaplanmış, bu iki düzey toplanarak toplam ses düzeyi elde edilmiştir. Kuramsal hesaplamalarda kullanılan Maekawa'nın yaklaşımına dayanan formülün alıcı noktasına bağlı olarak sağladığı gürültü azaltım değerleri, yarı yansız hacim koşullarında gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarına bağlı olarak hesaplanan gürültü azaltım değerleri ile karşılaştırılmış, ortaya çıkan ayrımların kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı görülmüştür. (Bkz EK-2)

Farklı toplam yutuculuk koşullarındaki engel etkinliğinin incelenebilmesi için, yüzey gereçlerinin ortalama yutma çarpanı değerine göre frekans seçiciliği olmayan 4 ayrı toplam yutuculuk koşulu belirlenmiştir. Benzetim (simulasyon) yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada, her koşul için çatı ve duvar yüzeylerinin bütünüyle bu sanal gereçlerle giydirildiği kabul edilmiştir.



Şekil 5.25 Kurgu üretim hacminde oluşturulan engel ve kaynak aksında 5'er m aralıklarla yerleştirilen alıcı noktaları.

Farklı toplam yutuculuk koşulları (TY) için çatı ve duvar yüzey gereçlerin yutma çarpanları bütün frekanslar için;

- TY05 : 0,05
- TY30 : 0,30
- TY55 : 0,55
- TY80 : 0,80

olarak belirlenmiştir.

Kurgu üretim hacminde engel etkinliğini belirlemeye yönelik uygulanan yaklaşımda, engelin gürültü azaltım özelliğinin frekansa göre değişim göstermesi nedeniyle 63 Hz – 8000 Hz aralığını kapsayan tüm frekanslar için hesaplama yapılmıştır.

Kurgu üretim hacminde engel etkinliğini incelemeyi amaçlayan çalışmanın aşamaları ;

1. Engelsiz koşulda, farklı toplam yutuculuk değerleri için üretim alanı genelinde belirlenen alıcı noktalarında gürültü düzeylerinin saptanması;

- Kurgu üretim hacminin Odeon ABP'nda üç boyutlu modelinin oluşturulması
- Gürültü kaynağının ve alıcı noktalarının konumlarının girilmesi (kaynak aksında zeminden 1,60 m. yükseklikte ve 5,00 m. ara ile)
- Gürültü kaynağının ses gücü düzeyi değerlerinin girilmesi (ses gücü düzeyi tüm frekanslar için SWL: 100 dB ve düzgün tayf dağılımlı nokta kaynak)
- Yüzey gereçlerinin çatı ve duvar yüzeylerine atanması (ortalama yutma çarpanları 0,05 ile 0,80 arasında değişen frekans seçiciliği olmayan sanal gereçler)

- Engelsiz durum için belirlenen toplam yutuculuk koşullarında alıcı noktalarında oluşan gürültü düzeylerinin benzetim yoluyla frekans değerleri için hesaplatılması
2. Engel oluşturulduktan sonra alıcı noktalarında dolaysız ses düzeyindeki azalmanın hesaplanması,
- $G.A. = 10\log(Q/Q_b)$ formülünden yararlanılarak engele bağlı gürültü azaltımı değerlerinin frekansa bağlı olarak tüm alıcı noktaları için hesaplanması (Formül, Excel’de programlanmıştır, engel boyutları, kaynak ve alıcı konumlarının girilmesi ile engele bağlı gürültü azaltımı açık alan koşulu için hesaplanabilmektedir.)
 - Engel boyutları (3,00 m. genişliğinde, 2,50 m. ve 3,50m. yüksekliğinde)
3. Engelsiz durumda ve yansız koşulda alıcı noktalarında oluşan dolaysız ses düzeyinin benzetim yoluyla Odeon ABP’nda hesaplatılması,
4. (3)’de hesaplanan dolaysız ses düzeyinden engelin dolaysız ses ile ilgili azaltım (2) değerinin farkı alınarak (3-2) engel oluşturulduktan sonra alıcı noktalarında oluşan dolaysız ses düzeyinin hesaplanması,
5. Engel oluşturulduktan sonra Odeon ABP’nda akustik gölge bölgesindeki alıcı noktaları için yansımış ses düzeyinin hesaplanması,
6. Dolaysız ses bileşeni (4) ile yansımış ses bileşeninin (5) toplanarak akustik gölge bölgesindeki alıcı noktaları için toplam ses düzeyinin hesaplanması
- 63 Hz – 8000 Hz frekanslarında her oktav bant için dolaysız+yansımış= toplam düzey’in bulunması,
 - Toplam düzeylerin(dolaysız+yansımış) tayf toplamının alınarak ağırlıksız ve A-ağırlıklı toplam düzeylerin bulunması
7. Engel oluşturulmadan önceki ses düzeyi (1) ile engel oluşturulduktan sonraki ses düzeyinin (6) farkı alınarak (1-6) engel etkinliğini veren gürültü azaltım düzeyinin frekansa bağlı ve toplam düzey (dBA) olarak hesaplanması TY5 toplam yutuculuk koşulu ve 2,5m. engel yüksekliği için engelin akustik gölge bölgesindeki R1-R3 noktalarında toplam ses düzeyinin ve engelin gürültü azaltım değerinin hesaplanması yukarıda açıklanan adımlara göre Çizelge 5.8’de verilmiştir.*

* Farklı toplam yutuculuk koşulları için, R1 – R9 alıcı noktalarında 2,5m. ve 3,5 m. engel yükseklikleri için hesaplanan gürültü düzeyleri Ek 11 ve Ek 12’de yer almaktadır.

Çizelge 5.8 2,50 m. Engel yüksekliği için belirlenen toplam yutuculuk koşullarında R1-R3 noktalarında gürültü azaltım değerlerinin hesaplanması.

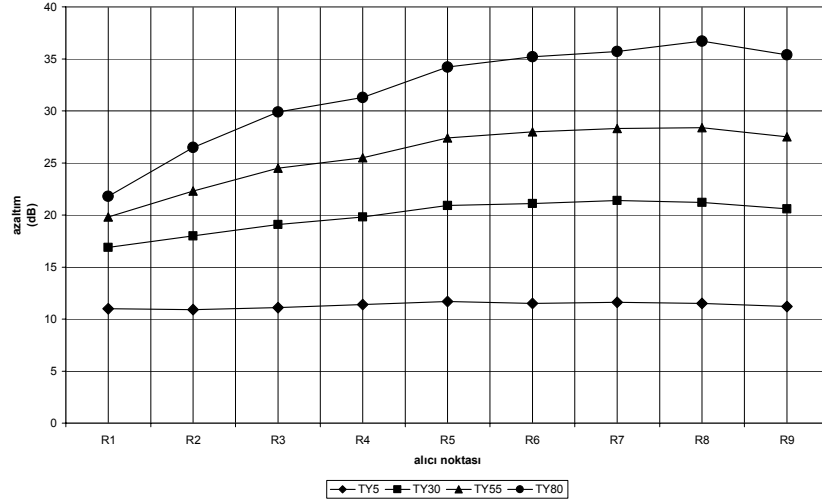
		İŞLEM	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam
R1	1	ENGELSİZ	86,4	86,0	85,8	85,3	84,9	84,2	82,8	81,3	93,9
	2	ENGELLİ (4+5)	84,7	83,9	83,5	82,7	82,0	80,8	78,0	73,3	91,2
	3	AZALTIM(1-2)	1,7	2,1	2,3	2,6	2,9	3,4	4,8	8,0	2,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	84,1	83,5	83,2	82,5	81,9	80,7	77,9	73,2	90,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	75,6	73,5	71,0	68,3	65,5	62,6	59,5	56,3	79,3
	6	dolaysız	79,5	79,4	79,3	79,3	79,3	79,3	79,2	79,0	88,3
	7	E(AZALTIM)	3,9	5,9	8,3	11,0	13,8	16,7	19,7	22,7	25,7
R2	1	ENGELSİZ	85,1	84,5	84,3	83,5	83,0	81,9	79,4	75,7	92,0
	2	ENGELLİ (4+5)	84,5	83,9	83,7	82,8	82,2	81,0	78,0	72,6	91,2
	3	AZALTIM(1-2)	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,4	3,1	0,8
	4	ENGELLİ(yansıymış)	84,4	83,8	83,6	82,8	82,2	81,0	78,0	72,6	91,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	68,4	66,9	64,3	61,5	58,6	55,6	52,4	48,8	72,4
	6	dolaysız	71,7	72,0	71,7	71,5	71,4	71,3	71,1	70,4	80,4
	7	E(AZALTIM)	3,3	5,1	7,4	10,0	12,8	15,7	18,7	21,6	24,7
R3	1	ENGELSİZ	84,8	84,2	84,0	83,2	82,6	81,4	78,5	73,7	91,6
	2	ENGELLİ (4+5)	84,5	83,8	83,6	82,7	82,2	80,9	77,6	71,1	91,2
	3	AZALTIM(1-2)	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,9	2,6	0,4
	4	ENGELLİ(yansıymış)	84,5	83,8	83,6	82,7	82,2	80,9	77,6	71,1	91,1
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	64,4	63,0	60,8	58,1	55,2	52,1	48,9	44,8	68,6
	6	dolaysız	67,6	68,0	68,0	67,9	67,8	67,6	67,3	66,2	76,6
	7	E(AZALTIM)	3,2	5,0	7,2	9,8	12,6	15,5	18,4	21,4	24,5

5.5 Engel Etkinliği İle İlgili Modelleme Bulgularının Değerlendirilmesi

Kurgu hacimde farklı toplam yutuculuk seçenekleri ve H1: 2,50 m. ve H2: 3,50 m. engel yükseklikleri için engel etkiliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bulgular grafik olarak sunulmuştur.

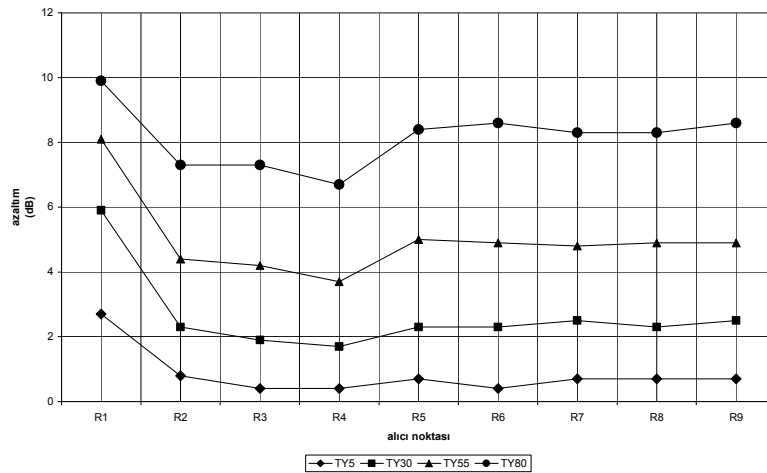
Engel etkinliği ile ilgili genel olarak ortaya konabilecek bulgular;

- TY5-TY80 ile toplam yutuculuk seçenekleriyle ilgili bulgular, engel etkinliğinin toplam yutuculuk artışıyla birlikte belirgin biçimde arttığını göstermektedir. (Şekil 5.26)



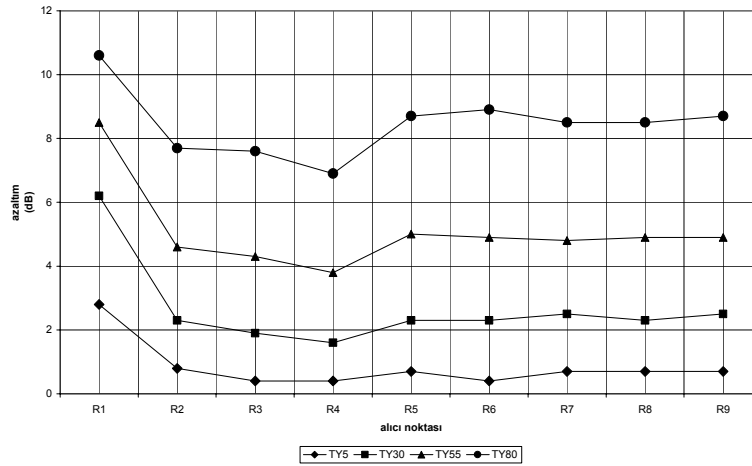
Şekil 5.26 2, 50 m engel yüksekliği ve TY5: 0,05; TY30: 0,30; TY55: 0,55; TY80: 0,80 toplam yutuculuk koşulları için sağlanabilen gürültü azaltım değerleri.

- Engele yakın konumdaki ilk iki alıcı noktası için engele bağlı gürültü azaltımı tüm toplam yutuculuk koşullarında daha fazla olmaktadır. Toplam yutuculuk artışıyla birlikte engelden farklı uzaklıklarda bulunan alıcı noktaları arasındaki ayrımlar azalmaktadır.
- Toplam yutuculuk artışına bağlı göreceli azaltım düzeyleri incelendiğinde toplam yutuculuğun engel etkinliği üzerinde önemli etkisi olduğu görülmektedir, engel etkinliğindeki en belirgin göreceli artış ortalama yutuculuğun 0,55’den 0,80’e çıkması durumunda gözlenmektedir. (Şekil 5.27)



Şekil 5.27 2, 50 m engel yüksekliği ve TY5: 0,05; TY30: 0,30; TY55: 0,55; TY80: 0,80 toplam yutuculuk koşulları için engel gürültü azaltım değerleri.

- Çalışmada H2: 3,50 m. engel yüksekliği için de incelemeler yapılmış ve H1: 2, 50 m. engel yüksekliği ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Engel yüksekliğine bağlı gürültü azaltım değerleri arasındaki ayrımlar, toplam yutuculuk artışıyla birlikte artmakta, ancak belli sınırlar içinde kalmaktadır. Engele yakın alıcı noktalarında biraz daha fazla yarar sağlanabilmektedir.
- Kapalı hacimlerde engel yüksekliğindeki artış yansımış ses alanı nedeniyle pek etkili olamamaktadır. Ayrıca, uzunluğu sınırlı engellerde engel yüksekliğini değiştirmenin fazla bir ek azaltım sağlayamayacağı, yarı yansız hacimde engel etkinliğini belirlemeye yönelik yapılan deneysel çalışma ile de ortaya konmuştur; 0, 50 m etkin yükseklik artışının yansız ortamda ortalama 2 dB'lik ayırım sağladığı saptanmıştır. (Bölüm 4)



Şekil 5.28 3, 50 m engel yüksekliği ve TY5: 0,05; TY30: 0,30; TY55: 0,55; TY80: 0,80 toplam yutuculuk koşulları için engel gürültü azaltım değerleri.

5.1.4 Havanın Yutuculuğu ile İlgili Modellemeler

Havanın yutuculuğu ile ilgili akustik modellemeler, üretim hacminin toplam yutuculuğu değişmemek koşuluyla hacim yüksekliği değiştirilerek;

- H1: 5,0 m.; V1: 9000 m³
- H2: 7,5 m.; V1: 13500 m³
- H3: 10,0 m.; V1: 18000 m³

üç ayrı çatı yüksekliği ve hacim büyüklüğü için A-yerleşim tipi üzerinde 18 ayrı alıcı noktasındaki gürültü düzeyleri farklı toplam yutuculuk koşullarında belirlenmiştir. Kurgu üretim hacminin değişik büyüklükleri için hava hacminin (TY05;TY30;TY55;TY80) 1000 Hz

ve üzeri frekanslarda gürültü düzeylerinde neden olduğu azaltım değerlerini saptamak için yüzey yutuculukları ve dolayısıyla atanan yüzey gereçlerinin yutma çarpanları eşit toplam yutuculuk değerlerini verecek şekilde yeniden hesaplanmıştır.

Üretim hacminin V1; V2 ve V3 hacim büyüklükleri açısından eşit toplam yutuculuk değerinin sağlanabilmesi için, V1 koşulundaki toplam yutuculuk değeri diğer iki hacim büyüklüğü için sabit tutularak yüzey yutuculukları hesaplanmış ve atanması gereken sanal yutucu gereçlerin yutma çarpanları belirlenmiştir. (Çizelge 5.9)

$$a_{\text{ç,d}} = (Y_{\text{Ç1}} + Y_{\text{D1}}) / (A_{\text{Ç2}} + A_{\text{D2}})$$

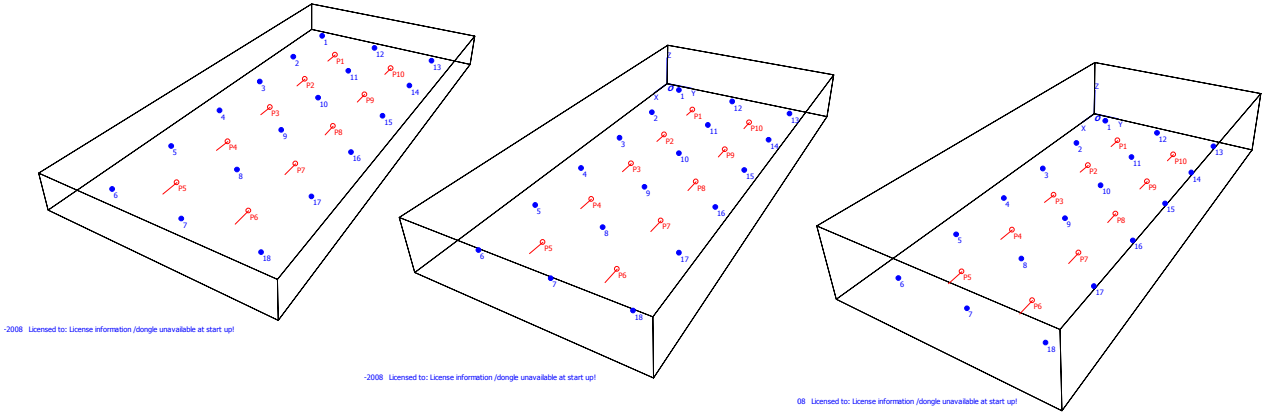
$a_{\text{ç,d}}$: Çatı ve duvarın yutma çarpanı değeri

$Y_{\text{Ç1}}$: V1 koşulunda çatı yutuculuğu (Sabine m²)

Y_{D1} : V1 koşulunda duvar yutuculuğu (Sabine m²)

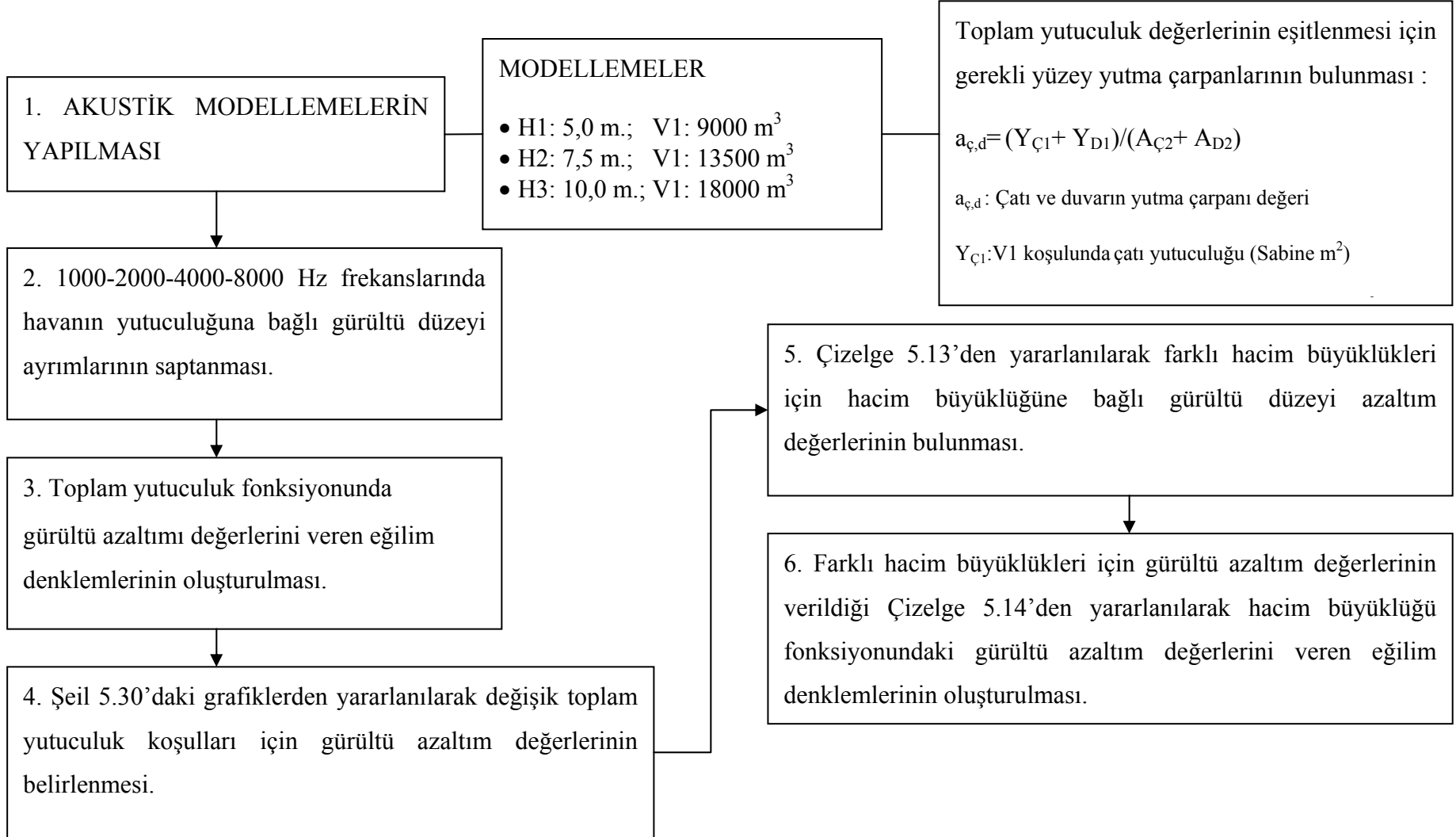
$A_{\text{Ç2}}$: V2 koşulunda çatı alanı (m²)

A_{D2} : V2 koşulunda duvar alanı (m²)



Şekil 5.29 H1, H2 ve H3 yüksekliğinde taban alanları 30 m x 60 m olan eşit hacimler.

HAVANIN YUTUCULUĞUNA BAĞLI GÜRÜLTÜ AZALTIM DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİNDE HACİM BÜYÜKLÜĞÜ / TOPLAM YUTUCULUK FONKSİYONUNDA GEREKLİ GRAFİKLERİN OLUŞTURULMASI



Çizelge 5.9 Hacim yüzey yutuculuklarının eşit olması için belirlenen yutma çarpanları.

	TY5			TY30			TY55			TY80		
V1	alan	a(ort)		alan	a(ort)		alan	a(ort)		alan	a(ort)	
döşeme	1800,0	0,050	90,0	1800,0	0,050	90,0	1800,0	0,050	90,0	1800,0	0,050	90,0
çatı	1800,0	0,050	90,0	1800,0	0,300	540,0	1800,0	0,550	990,0	1800,0	0,800	1440,0
duvarlar	900,0	0,050	45,0	900,0	0,300	270,0	900,0	0,550	495,0	900,0	0,800	720,0
toplam	4500,0		225,0	4500,0		900,0	4500,0		1575,0	4500,0		2250,0
V2	alan	a(ort)		alan	a(ort)		alan	a(ort)		alan	a(ort)	
döşeme	1800,0	0,050	90,0	1800,0	0,050	90,0	1800,0	0,050	90,0	1800,0	0,050	90,0
çatı	1800,0	0,043	77,1	1800,0	0,257	462,9	1800,0	0,471	848,6	1800,0	0,686	1234,3
duvarlar	1350,0	0,043	57,9	1350,0	0,257	347,1	1350,0	0,471	636,4	1350,0	0,686	925,7
toplam	4950,0		225,0	4950,0		900,0	4950,0		1575,0	4950,0		2250,0
V3	alan	a(ort)		alan	a(ort)		alan	a(ort)		alan	a(ort)	
döşeme	1800,0	0,050	90,0	1800,0	0,050	90,0	1800,0	0,050	90,0	1800,0	0,050	90,0
çatı	1800,0	0,038	67,5	1800,0	0,225	405,0	1800,0	0,413	742,5	1800,0	0,600	1080,0
duvarlar	1800,0	0,038	67,5	1800,0	0,225	405,0	1800,0	0,413	742,5	1800,0	0,600	1080,0
toplam	5400,0		225,0	5400,0		900,0	5400,0		1575,0	5400,0		2250,0

Çizelge 5.9’da verilen yüzey yutma çarpanlarının Şekil 5.29’da görülen üç farklı hacimdeki çatı ve duvar yüzeylerine atanmasıyla dört ayrı toplam yutuculuk koşulunda yapılan akustik modellemelerin sonucunda frekansa göre elde edilen ortalama gürültü düzeyleri Çizelge 5.10’de sunulmuştur.

Çizelge 5.10 Üç farklı hacim büyüklüğü ve değişik toplam yutuculuk koşullarında elde edilen gürültü düzeyleri

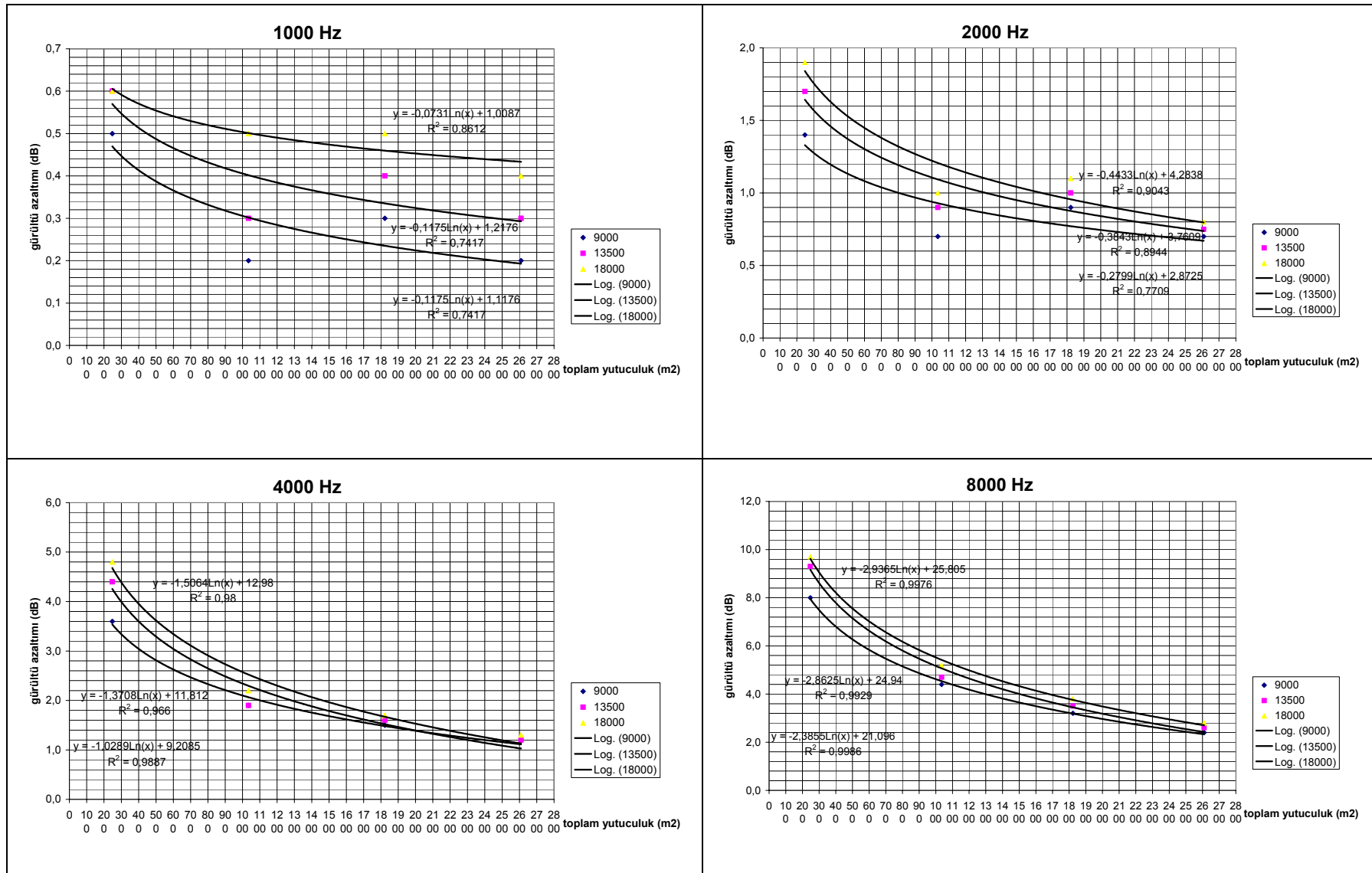
TY05	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
9000	83,8	83,7	83,6	83,4	82,9	82	79,8	75,4
13500	83,8	83,7	83,5	83,2	82,6	81,5	78,8	73,9
18000	83,4	83,3	83,1	82,7	82,1	80,8	77,9	73
TY30								
9000	78,3	78,6	77,6	77	76,5	76	75,1	72,6
13500	77,1	77,1	77	76,9	76,7	76,2	75	72,2
18000	77,2	77,2	77,1	77	76,7	76,1	74,8	71,8
TY55								
9000	75,2	75,5	74,6	74	73,6	73,1	72,5	70,8
13500	75,5	75,6	74,7	74,1	73,7	73,2	72,5	70,6
18000	75,7	75,8	74,8	74,3	73,8	73,4	72,6	70,5
TY80								
9000	72,8	73,1	72,3	71,9	71,5	71,2	70,7	69,5
13500	73,4	73,5	72,7	72,2	71,8	71,5	71	69,6
18000	73,8	73,9	73	72,5	72,1	71,8	71,2	69,7

Çizelge 5.10’da frekansa göre verilen gürültü düzeylerinden yararlanılarak, havanın yutuculuğunun olmadığı 500 Hz frekansına göre 500 Hz’in üzerindeki frekanslar için farklı toplam yutuculuk koşulları için ortaya çıkan ayrımlar saptanmıştır. (Çizelge 5.11)

Çizelge 5.11 Farklı toplam yutuculuk koşullarında değişik hacim büyüklükleri için 500 Hz frekansına göre ayrımlar.

TY05	1000	2000	4000	8000
9000	0,5	1,4	3,6	8
13500	0,6	1,7	4,4	9,3
18000	0,6	1,9	4,8	9,7
TY30	1000	2000	4000	8000
9000	0,5	1	1,9	4,4
13500	0,2	0,7	1,9	4,7
18000	0,3	0,9	2,2	5,2
TY55	1000	2000	4000	8000
9000	0,4	0,9	1,5	3,2
13500	0,4	0,9	1,6	3,5
18000	0,5	0,9	1,7	3,8
TY80	1000	2000	4000	8000
9000	0,4	0,7	1,2	2,4
13500	0,4	0,7	1,2	2,6
18000	0,4	0,7	1,3	2,8

Çizelge 5.11’den yararlanılarak 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz frekansları için üç farklı hacim için havanın yutuculuğuna bağlı gürültü azaltımının, ilgili eğilim çizgileri ya / da eğilim denklemleri kullanılarak toplam yutuculuk fonksiyonunda belirlenebileceği Şekil 5.30’daki grafikler oluşturulmuştur.



Şekil 5.30 Toplam yutuculuk fonksiyonunda hava hacmine bağlı gürültü azaltım değerleri.

Şekil 5.30’da ortaya konan eğilim denklemlerinden yararlanılarak 100 Sabine (m²) – 3000 Sabine (m²) toplam yutuculuk değerleri için değişik hacim büyüklüklerinde sağlanabilecek ortalama gürültü azaltım değerleri ve hacim büyüklüğüne göre eğilim denklemleri Çizelge 5.12’de sunulmuştur.

Çizelge 5.12 Hacim büyüklüğüne bağlı gürültü azaltım değerleri

Hacim	Toplam Yut.(m2) / Denklem	100	500,0	1000,0	1500,0	2000,0	2500,0	3000,0
	1000 Hz							
9000	$y = -0,1175\text{Ln}(x) + 1,1176$	0,576	0,387	0,306	0,258	0,224	0,198	0,177
13500	$y = -0,1175\text{Ln}(x) + 1,2176$	0,676	0,487	0,406	0,358	0,324	0,298	0,277
18000	$y = -0,0731\text{Ln}(x) + 1,0087$	0,672	0,554	0,504	0,474	0,453	0,437	0,423
	2000 Hz							
9000	$y = -0,2799\text{Ln}(x) + 2,8725$	1,584	1,133	0,939	0,826	0,745	0,683	0,632
13500	$y = -0,3843\text{Ln}(x) + 3,7609$	1,991	1,373	1,106	0,950	0,840	0,754	0,684
18000	$y = -0,4433\text{Ln}(x) + 4,2838$	2,242	1,529	1,222	1,042	0,914	0,815	0,735
	4000 Hz							
9000	$y = -1,0289\text{Ln}(x) + 9,2085$	4,470	2,814	2,101	1,684	1,388	1,158	0,971
13500	$y = -1,3708\text{Ln}(x) + 11,812$	5,499	3,293	2,343	1,787	1,393	1,087	0,837
18000	$y = -1,5064\text{Ln}(x) + 12,98$	6,043	3,618	2,574	1,963	1,530	1,194	0,919
	8000 Hz							
9000	$y = -2,3855\text{Ln}(x) + 21,096$	10,110	6,271	4,618	3,650	2,964	2,432	1,997
13500	$y = -2,8625\text{Ln}(x) + 24,94$	11,758	7,151	5,167	4,006	3,182	2,544	2,022
18000	$y = -2,9365\text{Ln}(x) + 25,805$	12,282	7,556	5,520	4,330	3,485	2,830	2,294

Çizelge 5.12’deki veriler kullanılarak Çizelge 5.13’deki hacim büyüklüğü fonksiyonunda havanın yutuculuğuna bağlı gürültü azaltım değerlerinin hesaplanabileceği toplam yutuculuk değerine bağlı denklemler oluşturulmuştur. Çizelge 5.14’de ise bu denklemlerden yararlanılarak hesaplanan frekansa bağlı gürültü azaltım değerleri görülmektedir.

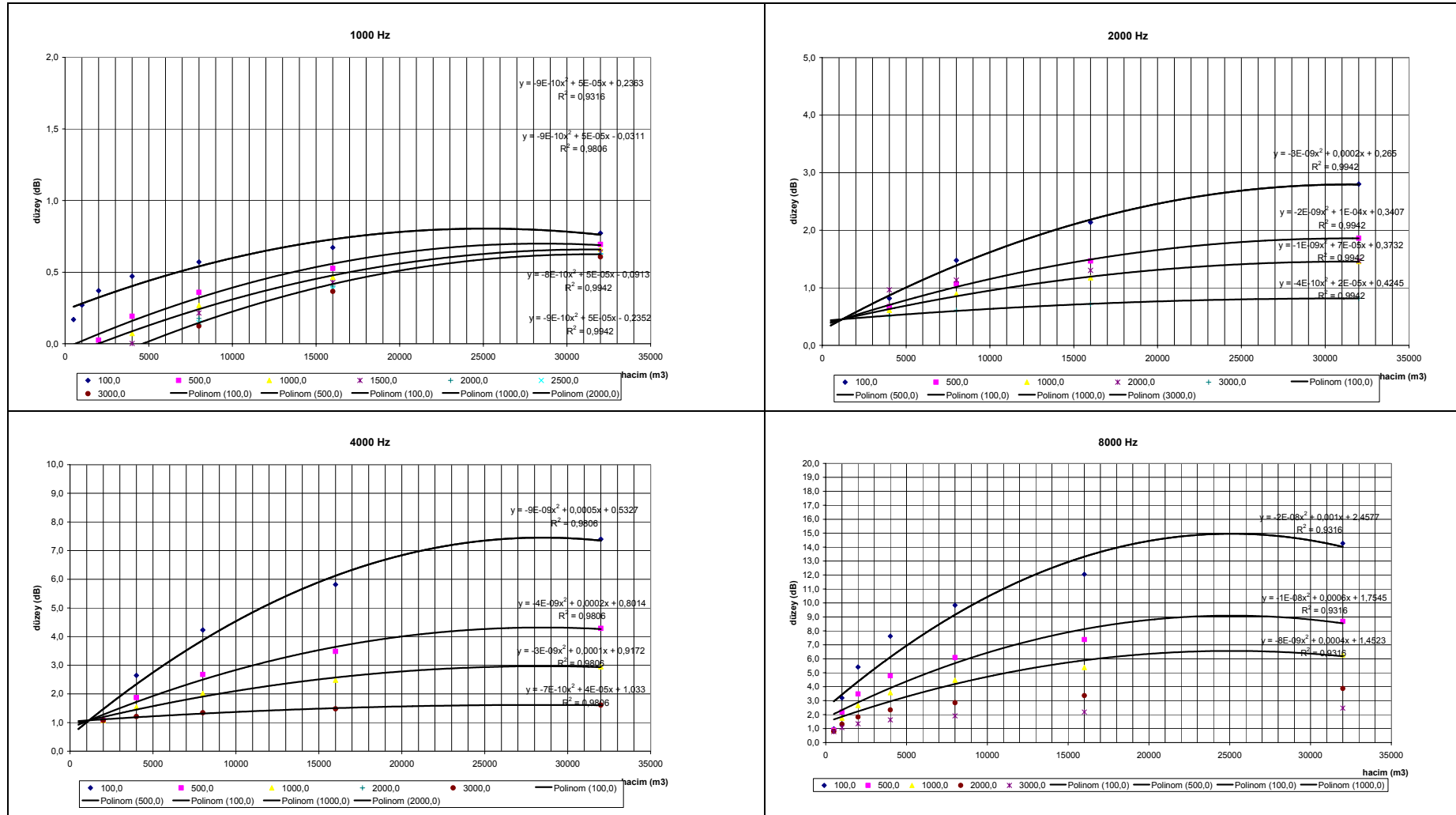
Çizelge 5.13 Farklı toplam yutuculuk koşulları için hacim büyüklüğü fonksiyonunda denklemlerin oluşturulması

Toplam Y.	1000 Hz için Denklem	R2 değeri	2000 Hz için Denklem	R2 değeri
100	$y = 0,145\ln(x) - 0,7318$	$R2 = 0,7989$	$y = 0,9541\ln(x) - 7,0972$	$R2 = 0,9985$
500	$y = 0,2413\ln(x) - 1,8094$	$R2 = 0,9998$	$y = 0,5724\ln(x) - 4,0762$	$R2 = 0,9995$
1000	$y = 0,2828\ln(x) - 2,2735$	$R2 = 0,9917$	$y = 0,408\ln(x) - 2,7751$	$R2 = 0,9999$
1500	$y = 0,3071\ln(x) - 2,545$	$R2 = 0,9805$	$y = 0,3118\ln(x) - 2,014$	$R2 = 0,9999$
2000	$y = 0,3243\ln(x) - 2,7376$	$R2 = 0,9714$	$y = 0,2436\ln(x) - 1,474$	$R2 = 0,9992$
2500	$y = 0,3377\ln(x) - 2,887$	$R2 = 0,9641$	$y = 0,1907\ln(x) - 1,0552$	$R2 = 0,9972$
3000	$y = 0,3486\ln(x) - 3,0091$	$R2 = 0,958$	$y = 0,1474\ln(x) - 0,7129$	$R2 = 0,9925$
	4000 Hz için Denklem	R2 değeri	8000 Hz için Denklem	R2 değeri
100	$y = 2,2863\ln(x) - 16,317$	$R2 = 0,9938$	$y = 3,1939\ln(x) - 18,867$	$R2 = 0,9634$
500	$y = 1,1613\ln(x) - 7,7572$	$R2 = 0,9999$	$y = 1,8742\ln(x) - 10,759$	$R2 = 0,9874$
1000	$y = 0,6768\ln(x) - 4,0707$	$R2 = 0,9928$	$y = 1,3059\ln(x) - 7,2668$	$R2 = 0,9993$
1500	$y = 0,3934\ln(x) - 1,9143$	$R2 = 0,9398$	$y = 0,9734\ln(x) - 5,2241$	$R2 = 0,995$
2000	$y = 0,1923\ln(x) - 0,3842$	$R2 = 0,6887$	$y = 0,7375\ln(x) - 3,7748$	$R2 = 0,964$
2500	$y = 2,2863\ln(x) - 16,317$	$R2 = 0,9938$	$y = 0,5546\ln(x) - 2,6506$	$R2 = 0,8855$
3000	$y = 1,1613\ln(x) - 7,7572$	$R2 = 0,9999$	$y = 0,4051\ln(x) - 1,7321$	$R2 = 0,7306$

Çizelge 5.14 Oluşturulan denklemler kullanılarak hesaplanan hacim büyüklüğüne bağlı gürültü düzeyi ayrımları.

Toplam Yut.(m2) / Hacim (m3)	100,0	500,0	1000,0	1500,0	2000,0	2500,0	3000,0
1000 Hz							
500	0,2	-	-	-	-	-	-
1000	0,3	-	-	-	-	-	-
2000	0,4	0,0	-	-	-	-	-
4000	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0	-	-
8000	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
16000	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
32000	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
2000 Hz							
500	-	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-
4000	0,8	0,7	0,6	0,6	1,0	0,5	0,5
8000	1,5	1,1	0,9	0,8	1,1	0,7	0,6
16000	2,1	1,5	1,2	1,0	1,3	0,8	0,7
32000	2,8	1,9	1,5	1,2	1,5	0,9	0,8
500	-	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-	-
2000	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
4000	2,6	1,9	1,5	1,3	1,2	1,2	1,2
8000	4,2	2,7	2,0	1,6	1,3	1,3	1,3
16000	5,8	3,5	2,5	1,9	1,5	1,5	1,5
32000	7,4	4,3	3,0	2,2	1,6	1,6	1,6
500	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
1000	3,2	2,2	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1
2000	5,4	3,5	2,7	2,2	1,8	1,6	1,3
4000	7,6	4,8	3,6	2,8	2,3	1,9	1,6
8000	9,8	6,1	4,5	3,5	2,9	2,3	1,9
16000	12,1	7,4	5,4	4,2	3,4	2,7	2,2
32000	14,3	8,7	6,3	4,9	3,9	3,1	2,5

Çizelge 5.14'deki verilerden yararlanılarak 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz frekansları için hacim büyüklüğü fonksiyonunda toplam yutuculuğa bağlı gürültü azaltım değerlerinin hesaplanabileceği eğilim denklemleri ve eğilim çizgilerinin verildiği grafikler oluşturulmuştur. (Şekil 5.31)



Şekil 5.31 Hacim fonksiyonunda toplam yutuculuğa bağlı gürültü azaltım değerleri

5.6 Üretim Alanı Büyüklüğü - Gürültü Düzeyleri Dağılımları İlişkisini İnceleyen Modellemeler

Üretim alanı büyüklüğünün gürültü düzeyleri dağılımlarına etkisinin incelenmesi amacıyla boyutları 20m x 40m ; 30 m x 60 m ; 45m x 90m olan ve çatı yükseklikleri eşit üç ayrı kurgu üretim hacmi ile ilgili akustik modellemeler ODEON ABP kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Akustik modellemeler sonucunda üretim alanı bütününde gürültü düzeylerinin %95’lik bölümünü içeren X(95) dağılım parametresi kullanılmıştır.

Çizelge 5.15 Farklı alan büyüklüklerinde üretim hacimleri ve oransal ilişkileri.

ÜRETİM HACMİ	S1	S2	S3
Boyutlar	20m x 40m	30 m x 60 m	45m x 90m
Alan	800m ²	1800 m ²	4050 m ²
Alan Oranları	1 x S1	2,25 x S1	2,25 x S2
Hacim	6600 m ³	14850 m ³	33412,5 m ³
Hacim oranları	1 x V1	2,25 x V1	2,25 x V2

Farklı alan büyüklüklerinde olan bu üç üretim hacminde gürültü düzeyleri dağılım durumunun eşit yüzey yutuculukları koşulunda incelenebilmesi amacıyla hacimlerin yüzey yutuculuk değerleri S1 hacmi referans kabul edilerek TY5; TY30; TY55; TY80 ortalama yutuculuk değerleri için denk duruma getirilmiştir.

S1; S2; S3 alan büyüklüklerindeki üretim hacimlerinin yüzey gereçlerinin yutma çarpanları, hacimlerin eşit toplam yutuculuk değerini sağlamaları için Çizelge 5.16’da hesaplanmıştır.

Çizelge 5.16 S1; S2; 3 hacimlerinin yüzey yutuculuklarının eşitlenmesi.

	S1			S2			S3		
TY5	Yutuculuk (m2)	20x40	0,296113	30X60		0,140486	45X90		
DÖŞ	800	0,050	40	1800	0,050	90	4050	0,050	202,5
DUVAR	791	0,296	234,2253	1206	0,140	169,4257	2126	0,050	106,3
ÇATI	804	0,296	238,0747	1800	0,140	252,8743	4070	0,050	203,5
Toplam Yutuculuk			512,3			512,3			512,3
TY30		20x40	1,267273	30X60		0,655788	45X90		
DÖŞ	800	0,050	40	1800	0,050	90	4050	0,050	202,5
DUVAR	791	1,267	1002,413	1206	0,656	790,8808	2126	0,300	637,8
ÇATI	804	1,267	1018,887	1800	0,656	1180,419	4070	0,300	1221
Toplam Yutuculuk			2061,3			2061,3			2061,3
TY55		20x40	2,238433	30X60		1,171091	45X90		
DÖŞ	800	0,050	40	1800	0,050	90	4050	0,050	202,5
DUVAR	791	2,238	1770,6	1206	1,171	1412,336	2126	0,550	1169,3
ÇATI	804	2,238	1799,7	1800	1,171	2107,964	4070	0,550	2238,5
Toplam Yutuculuk			3610,3			3610,3			3610,3
TY80		20x40	3,209592	30X60		1,686394	45X90		
DÖŞ	800	0,050	40	1800	0,050	90	4050	0,050	202,5
DUVAR	791	3,210	2538,788	1206	1,686	2033,791	2126	0,800	1700,8
ÇATI	804	3,210	2580,512	1800	1,686	3035,509	4070	0,800	3256
Toplam Yutuculuk			5159,3			5159,3			5159,3

Her frekans değeri için eş toplam yutuculuk durumunda alan büyüklüğüne bağlı ayrımlar S2 hacmi referans alınarak ve Çizelge 5.18 kullanılarak hesaplanmıştır. (Çizelge 5.19)

Çizelge 5.17 TY5; TY30; TY55; TY80 toplam yutuculuk değerlerine göre yüzey yutma çarpanlarının belirlenmesi.

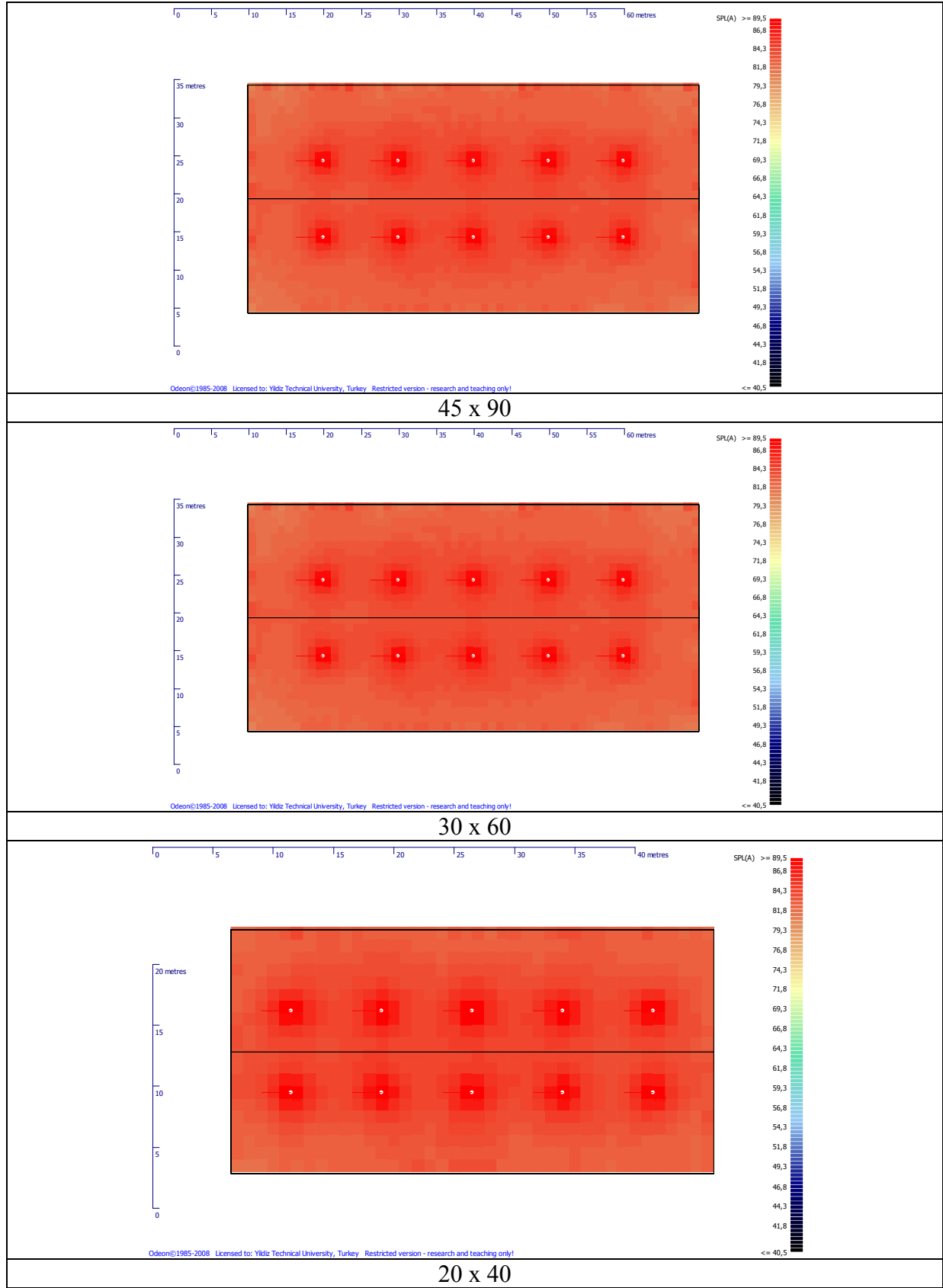
TY5	20x40			30X60	0,023		45X90	0,008	
DÖŞ	800	0,010	8	1800	0,010	18	4050	0,010	40,5
DUVAR	791	0,050	39,55	1206	0,023	27,98353	2126	0,008	16,21264
ÇATI	804	0,050	40,2	1800	0,023	41,76647	4070	0,008	31,03736
			87,75			87,75			87,75
TY30	20x40			30X60	0,156		45X90	0,072	
DÖŞ	800	0,010	8	1800	0,010	18	4050	0,010	40,5
DUVAR	791	0,300	237,3	1206	0,156	187,9611	2126	0,072	153,0336
ÇATI	804	0,300	241,2	1800	0,156	280,5389	4070	0,072	292,9664
			486,5			486,5			486,5
TY55	20x40			30X60	0,289		45X90	0,136	
DÖŞ	800	0,010	8	1800	0,010	18	4050	0,010	40,5
DUVAR	791	0,550	435,05	1206	0,289	347,9386	2126	0,136	289,8545
ÇATI	804	0,550	442,2	1800	0,289	519,3114	4070	0,136	554,8955
			885,25			885,25			885,25
TY80	20x40			30X60	0,421		45X90	0,201	
DÖŞ	800	0,010	8	1800	0,010	18	4050	0,010	40,5
DUVAR	791	0,800	632,8	1206	0,421	507,9162	2126	0,201	426,6754
ÇATI	804	0,800	643,2	1800	0,421	758,0838	4070	0,201	816,8246
			1284			1284			1284

Çizelge 5.18 S1; S2; S3 hacimleri için frekanslara göre hesaplanan gürültü düzeyi dağılımları ortalama değerleri. (X95)

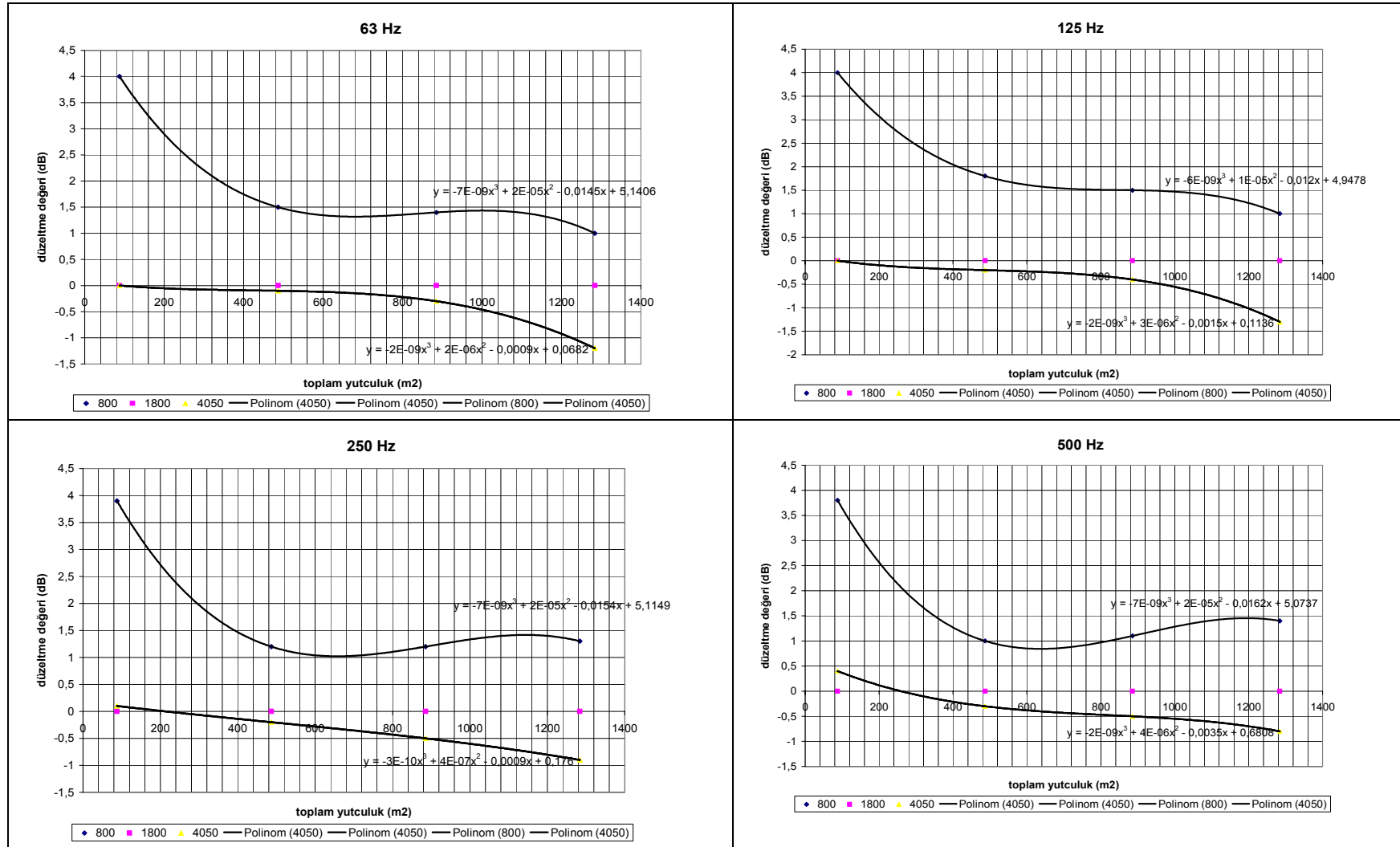
Üretim alanı	Frekans (Hz)							
20X40	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TY5	87,5	87,5	87,3	87,1	86,7	85,8	83,8	81
TY30	82,9	82,9	82,2	81,9	81,7	81,4	81	80
TY55	81,1	81,1	80,8	80,6	80,4	80,3	80,1	79,6
TY80	80,3	80,3	80,1	80	79,9	79,8	79,7	79,4
30X60	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TY5	83,5	83,5	83,4	83,3	82,9	82,3	80,8	78
TY30	81,1	81,1	81	80,9	80,7	80,3	79,4	77,6
TY55	79,6	79,6	79,6	79,5	79,3	79	78,5	77,3
TY80	79,3	79,3	78,8	78,6	78,4	78,1	77,8	77
45X90	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TY5	83,5	83,5	83,3	82,9	82,4	81,2	78,4	74,8
TY30	80,9	80,9	80,8	80,6	80,2	79,3	77,3	74,6
TY55	79,2	79,2	79,1	79	78,6	78	76,6	74,4
TY80	78	78	77,9	77,8	77,6	77,1	76,1	74,3

Çizelge 5.19 S2 alanı referans alındığında S1 ve S3 ile ilgili düzeltme değerleri.

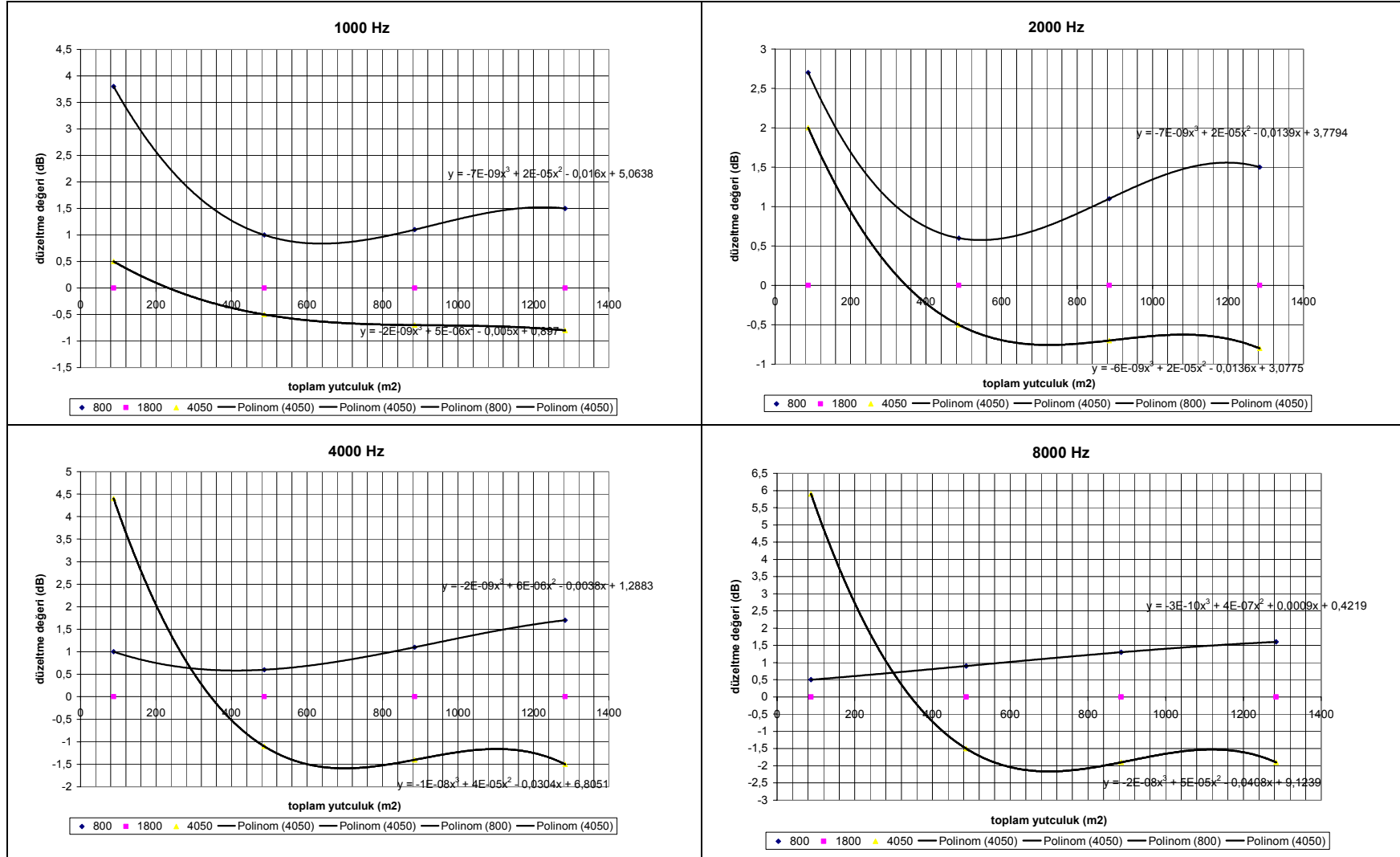
	Alan Büyüklüğüne İlişkin Düzeltme Değerleri			Havanın yutuculuğu ile ilgili düzeltme değerleri			Düzeltilmiş değerler		
	800	1800	4050	800	1800	4050	800	1800	4050
125 Hz	800	1800	4050						
87,75	4	0	0						
486,5	1,8	0	-0,2						
885,25	1,5	0	-0,4						
1284	1	0	-1,3						
250 Hz	800	1800	4050						
87,75	3,9	0	0,1						
486,5	1,2	0	-0,2						
885,25	1,2	0	-0,5						
1284	1,3	0	-0,9						
500 Hz	800	1800	4050						
87,75	3,8	0	0,4						
486,5	1	0	-0,3						
885,25	1,1	0	-0,5						
1284	1,4	0	-0,8						
1000 Hz	800	1800	4050						
87,75	3,8	0	0,5						
486,5	1	0	-0,5						
885,25	1,1	0	-0,7						
1284	1,5	0	-0,8						
2000 Hz	800	1800	4050				800	1800	4050
87,75	3,5	0	1,1	-0,8	0	0,9	2,7	0	2
486,5	1,1	0	-1	-0,5	0	0,5	0,6	0	-0,5
885,25	1,3	0	-1	-0,2	0	0,3	1,1	0	-0,7
1284	1,7	0	-1	-0,2	0	0,2	1,5	0	-0,8
4000 Hz	800	1800	4050				800	1800	4050
87,75	3	0	2,4	-2	0	2	1	0	4,4
486,5	1,6	0	-2,1	-1	0	1	0,6	0	-1,1
885,25	1,6	0	-1,9	-0,5	0	0,5	1,1	0	-1,4
1284	1,9	0	-1,7	-0,2	0	0,2	1,7	0	-1,5
8000 Hz	800	1800	4050				800	1800	4050
87,75	3	0	3,2	-2,5	0	2,7	0,5	0	5,9
486,5	2,4	0	-3	-1,5	0	1,5	0,9	0	-1,5
885,25	2,3	0	-2,9	-1	0	1	1,3	0	-1,9
1284	2,4	0	-2,7	-0,8	0	0,8	1,6	0	-1,9



Şekil 5.32 S1; S2; S3 üretim alanlarının TY30 ortalama yutuculuk koşulunda elde edilen gürültü düzeyi dağılımları.



Şekil 5.33 63-125-250-500 Hz için toplam yutuculuk fonksiyonunda üretim alanı büyüklüğüne bağlı düzeltme değerleri.



Şekil 5.34. 1-2-4-8 KHz için toplam yutuculuk fonksiyonunda üretim alanı büyüklüğüne bağlı düzeltme değerleri.

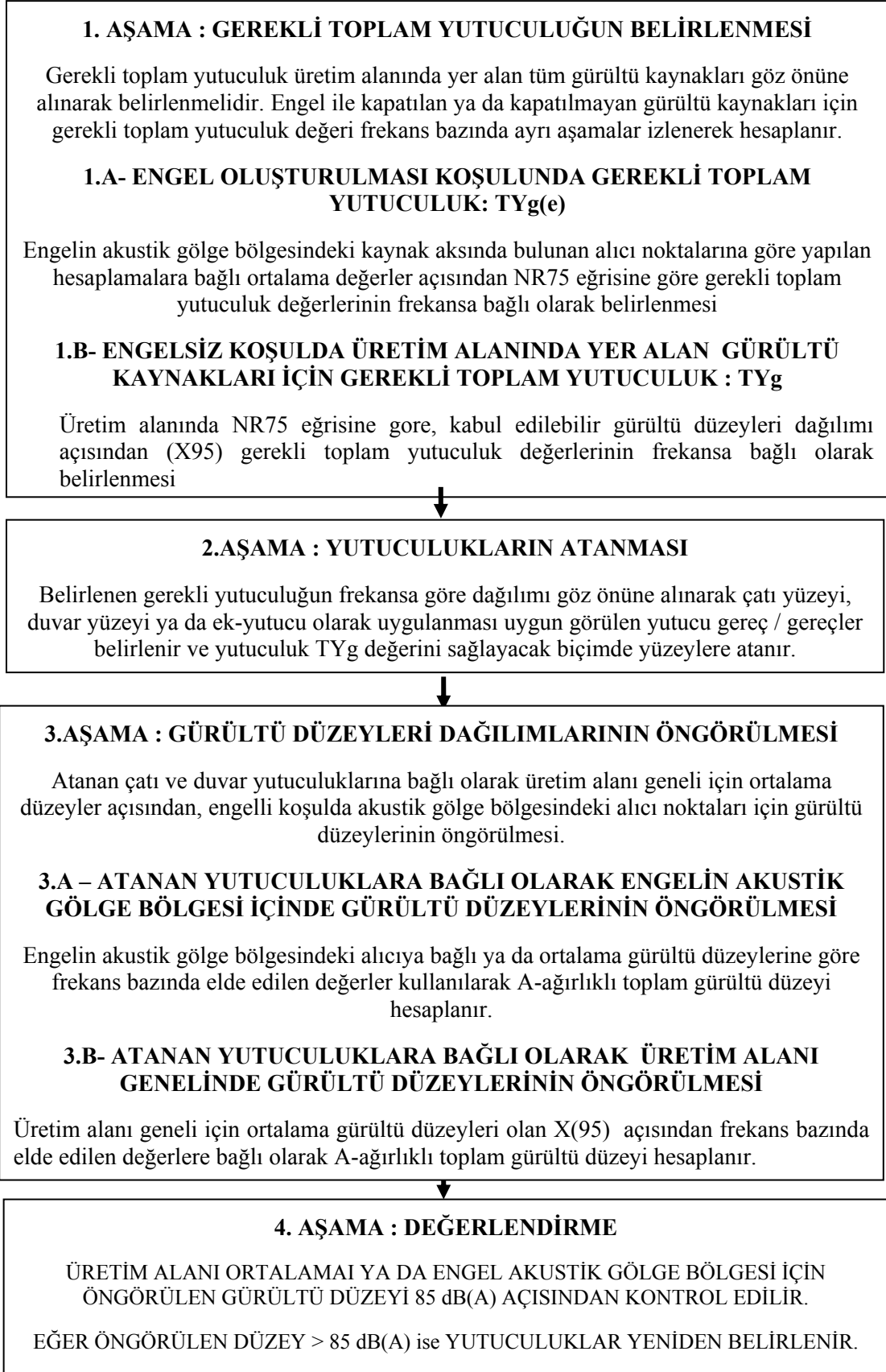
6. SANAYİ YAPILARININ ÜRETİM HACİMLERİNDE GÜRÜLTÜ ORTAMININ KABUL EDİLEBİLİR OLMASINDA ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN AŞAMALARI

Bu bölümde, Bölüm 5’de elde edilen akustik modelleme verilerinden yararlanılarak sanayi yapılarının üretim hacimleri için gürültü etkeni ile ilgili tasarım ölçütlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Üretim hacimlerinin tasarımı aşamasında makine yerleşim planında yer alan gürültü kaynaklarının ses gücü düzeylerinin bilinmesiyle, üretim alanının büyük bir bölümünde kabul edilebilir gürültü düzeylerinin (X95: NR75) elde edilebilmesi için üretim hacminin toplam yutuculuğunun ne olması gerektiğinin önceden belirlenebilmesi, geliştirilen bu yaklaşım ile olanaklı olmaktadır. Bu yaklaşım, öncelikle üretim alanındaki baskın gürültü kaynaklarının hücre içine alınmasını ya da engel ile ayrılmasını önermektedir. Ancak, bilindiği gibi yansımış ses alanının baskın olduğu üretim hacimlerinde engelin etkili olabilmesi için üretim hacminin toplam yutuculuğunun artırılması ve özellikle çatı / tavan döşemesinden olan yansımaların etkisinin azaltılması önem taşımaktadır. Bu nedenle, önerilen yaklaşımda engel uygulanması durumu toplam yutuculuk ile birlikte ele alınmış ve farklı alıcı noktalarında kabul edilebilir gürültü düzeylerinin elde edilmesinde gürültü kaynağının ses gücü düzeyine bağlı sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri saptanmıştır.

Bu bölümde geliştirilen yaklaşımın uygulanmasında makinelerin frekansa bazında ses gücü düzeyi değerlerine bağlı olarak;

- Üretim alanındaki baskın gürültü kaynaklarının engel ile ayrılması durumunda gerekli toplam yutuculuğun (TYg), NR75 kabul edilebilir değerlerine bağlı olarak belirlenmesi,
- Üretim alanı geneli için gürültü düzeyleri dağılım parametresi X(95) değerinin NR75 kabul edilebilir değerlerine bağlı olarak belirlenmesi,
- Gerekli toplam yutuculuk ve frekans dağılımı gözetilerek çatı ve duvar bölümlerine atanma üzere uygun ses yutucu gerecin / gereçlerin belirlenmesi,
- Çatı ve duvar yutuculuklarına bağlı olarak engelin akustik gölge bölgesinde alıcı notasına bağlı ve üretim alanı genelinde ise X(95) dağılım parametresine bağlı düzeylerin belirlenmesi ve 85 dB(A) ölçütüne göre değerlendirilmesi

aşamalarını içermektedir. (Şekil 6.1)



Şekil 6.1 Üretim hacimlerinde kabul edilebilir gürültü düzeylerinin elde edilmesinde önerilen yaklaşımın aşamaları

6.1 Üretim Hacminin Gerekli Toplam Yutuculuk Değeri ile İlgili Ölçütün Oluşturulması

Üretim alanındaki gürültü düzeylerinin kabul edilebilir gürültü düzeyi değerleri olarak seçilen NR 75 sınır değerlerini aşmaması için hacmin sağlaması gereken toplam yutuculuk değerinin üretim hacminin tasarım aşamasında bilinmesi, kullanılacak en uygun ses yutucu gerecin belirlenmesi ve gerekli alt yapının tasarım aşamasında oluşturulması açısından önem taşımaktadır. Böylece, kullanılacak ses yutucu gereç ya da gereçlerin nitelikleri ve alanları önceden belirlenerek üretim hacmi içinde nerede ve nasıl yer verileceği konusunda bir çalışma yapılabilir. Ses yutucu gereçlerin üretimin niteliği ve üretim hacminin tasarım özellikleri göz önünde bulundurularak seçilmesi gerekmektedir. Üretim hacmi içinde ses yutucu gereçlerin kullanımı ayrıca, iç mimari tasarım ile ilgili bir çalışma gerektirir. Bu durum, koşullara göre, üretim hacminin tasarımı ile ilgili ilkesel kararları da etkileyebilmektedir. Örneğin, gereken toplam yutuculuğu sağlamak için yutuculuk çatı yüzeyinde uygulanabileceği gibi, aynı yutuculuğu sağlayacak biçimde yutucu bir asma tavan da tasarlanabilir ya da yutucu levhalar çatı kirişlerinden sarkıtılabilir. Çatı yüksekliğinin fazla olmadığı ya da çatı ışıklığı bulunduğu durumlarda çatıda uygulanacak yutucu gerecin çatı altı kaplaması şeklinde uygulanması ve çatı detaylarının da buna göre düşünülmesi gerekir. Çatı kirişlerinden sarkıtılan yutucu levhalar ya da üç boyutlu yutucu elemanlar ise yutucu yüzey alanını arttırarak ek yutuculuk sağlamak için kullanılabilir, bu durumda da çatı taşıyıcı sisteminin bu yükleri taşıyacak nitelikte tasarlanması ve statik hesaplarının bu ek yükleri göz önünde bulundurarak yapılması gerekebilir. Ses yutucu gerecin üretim hacmindeki ısı-nem, toz ve kimyasallara ve darbe etkisine karşı dayanıklı olması, ayrıca ses yutucu özelliğini yitirmeden uzun süre işlev görmesi önem taşır.

Sanayi yapılarında tasarım aşamasında üretim hacimleri için yukarıda söz edilen kararların verilebilmesi öncelikle üretim hacminde sağlanması gereken toplam yutuculuk değerinin tüm frekans değerleri için belirlenmesine bağlıdır. Bu nedenle, çalışmanın bu bölümünde üretim hacimlerinde gerekli toplam yutuculuk değerinin belirlenmesi ile ilgili geliştirilen yaklaşıma yer verilmiştir

Bu yaklaşımın geliştirilmesinde, Bölüm 5'deki kurgu üretim hacmi ile ilgili farklı toplam yutuculuk değerlerinde gerçekleştirilen modelleme verilerinden yararlanılmıştır. Akustik modellerde her frekans için NR 75'in kabul edilebilir düzeyine karşılık gelen X(95) dağılım parametresini verecek toplam yutuculuk değerinin bulunması ve bu değerlerin ses gücü düzeyi fonksiyonunda düzenlenmesiyle birlikte; frekans ölçeğinde üretim alanındaki

tüm makinelerin ses gücü düzeyleri toplamından yararlanılarak gereksinim duyulan toplam yutuculuk değerine ulaşılabilmesini sağlayan veriler elde edilmiştir.

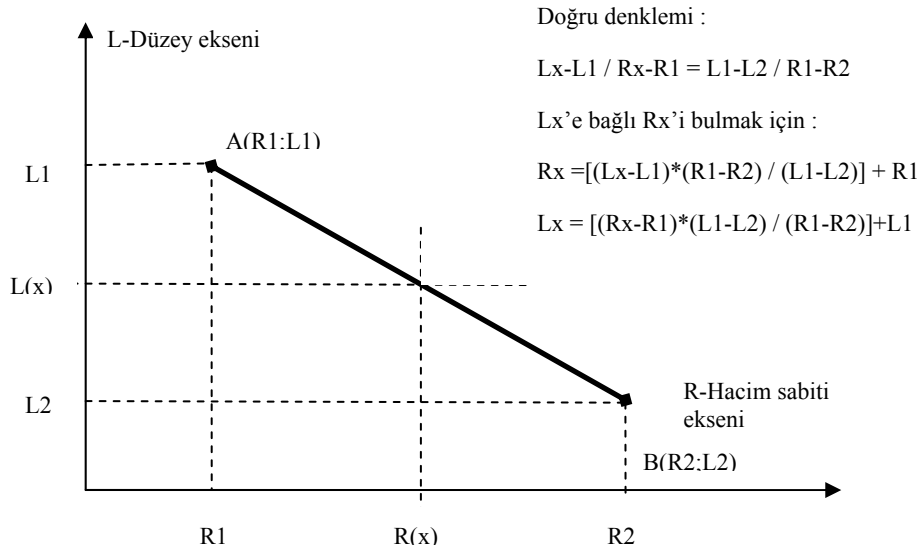
Bu bölümde, Bölüm 5’de gerçekleştirilen farklı toplam yutuculuk koşullarında gürültü haritalarının ve gürültü düzeyi dağılım parametrelerinin elde edildiği akustik modelleme verilerinden yararlanılmıştır.

NR(75) = X(95) koşuluna göre her frekans için farklı toplam yutuculuk değerlerinde gerçekleştirilen akustik modelleme verileri arasında enterpolasyon yapılabilmesi için analitik düzlemde doğru denkleminden yararlanılmıştır. (Şekil 6.2)

$$R_x = [(L_y - L_1) * (R_1 - R_2) / (L_1 - L_2)] + R_1 \quad (6.1)$$

$R(x)$: Hacim sabiti, $R = \Sigma S * a_{ort} / (1 - a_{ort})$

$L(x)$: Gürültü düzeyi, $X(95)$

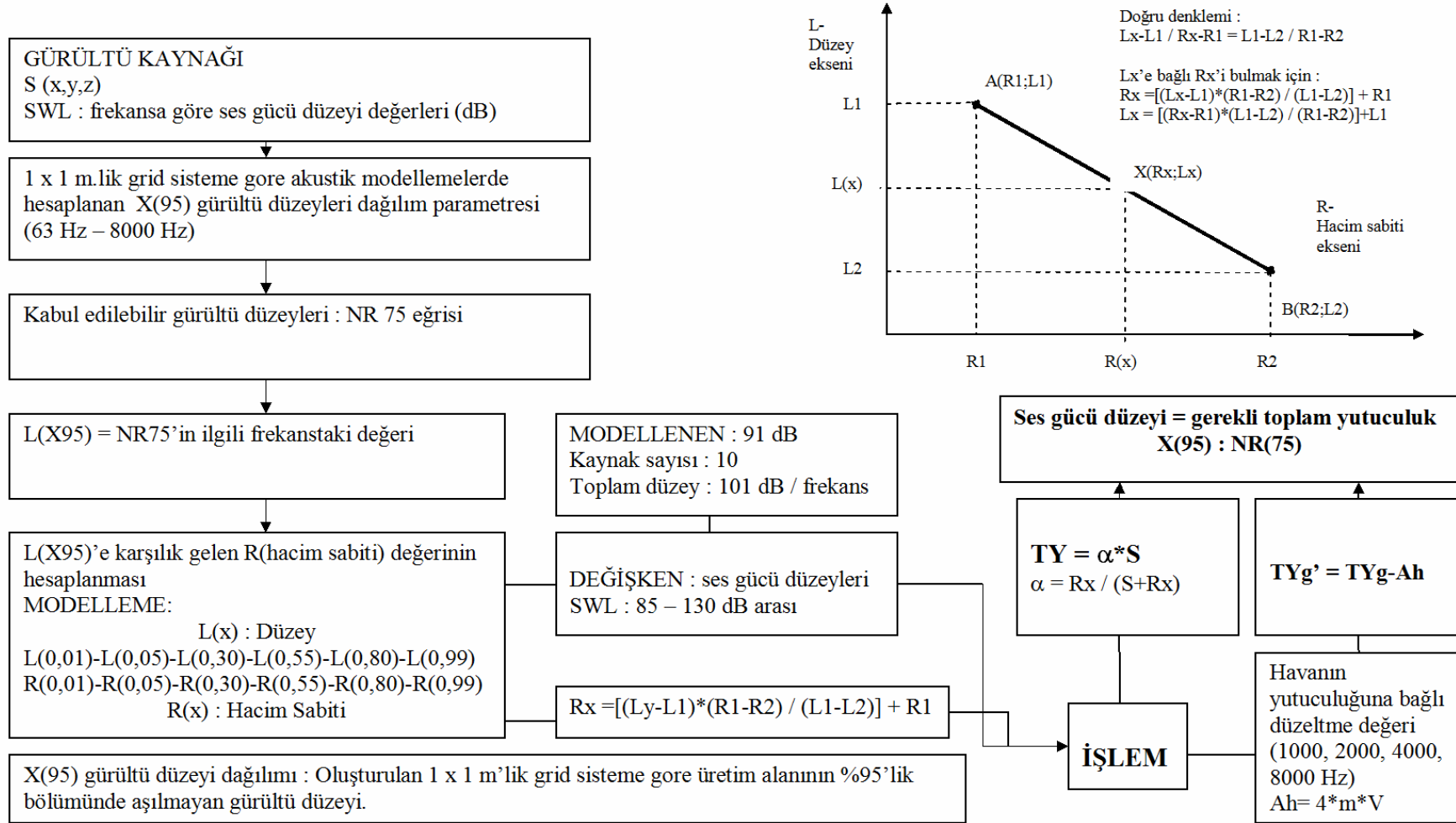


Şekil 6.2 Düzey – toplam yutuculuk ilişkisinin tanımlandığı analitik düzlem.

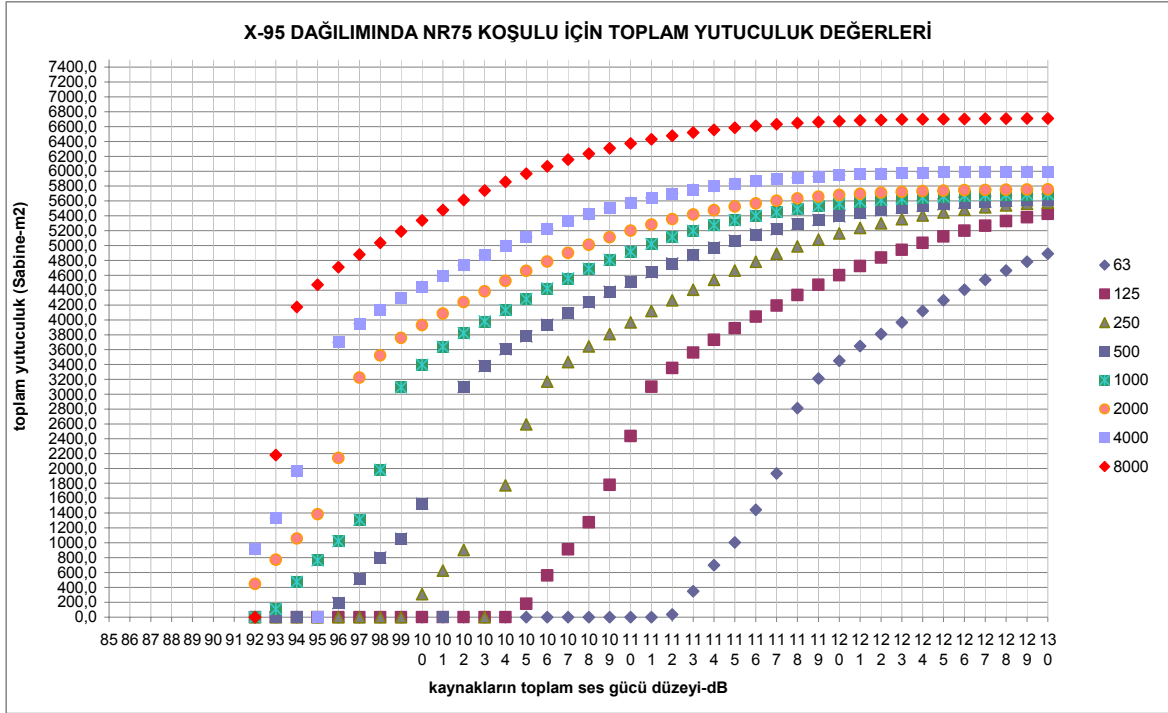
Makine yerleşim planında yer alan makinelerin ses gücü düzeylerine bağlı olarak, üretim alanında X95 dağılım parametresi ve NR 75 eğrisi değerlerine göre kabul edilebilir gürültü düzeylerinin elde edilmesinde gerek duyulacak toplam yutuculuk değerini frekansa göre veren sonuç grafik Şekil 6.4’de ve Çizelge 6.1’de sunulmaktadır.

Ayrıca, yüksek frekanslarda havanın yutuculuk etkisi göz önünde bulundurularak üretim hacmi büyüklüğüne göre gerekli toplam yutuculuktaki azalma oranları da ilgili grafik kullanılarak saptanabilir. (Şekil 6.5, Çizelge 6.2)

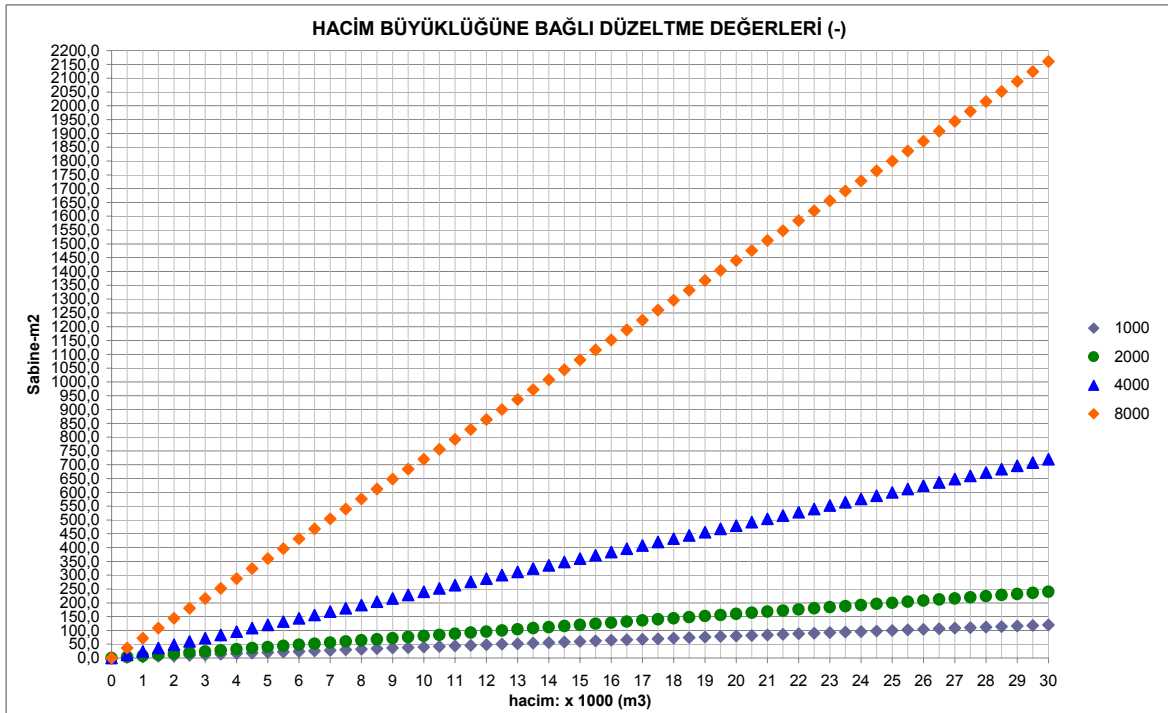
1.A- ENGELSİZ KOŞULDA ÜRETİM ALANINDA YER ALAN GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI İÇİN GEREKLİ TOPLAM YUTUCULUK : TYg



Şekil 6.3 Gürültü kaynaklarının frekans ölçeğinde toplam ses gücü düzeyi değerlerinden gerekli (optimum) toplam yutuculuğun belirlenmesinde gerekli ölçütlerin oluşturulması.



Şekil 6.4 Gürültü kaynaklarının toplam ses gücü düzeylerine göre frekansa bağlı gerekli toplam yutuculukların bulunması



Şekil 6.5 Hacim büyüklüğüne bağlı düzeltme değerleri

Çizelge 6.1 X-95 Dağılım Ölçütüne Göre Ses Gücü Düzeylerine Karşılık Gelen Toplam Yutuculuk Değerleri (Sabine-m2)

Toplam Ses gücü düzeyi (dB)	Frekans (Hz)							
	63,0	125,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0
92,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	447,3	917,1	0,0
93,0	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8	771,8	1329,3	2180,0
94,0	0,0	0,0	0,0	0,0	475,0	1058,9	1962,6	4172,9
95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	763,1	1384,1	3325,5	4471,9
96,0	0,0	0,0	0,0	189,9	1021,1	2142,1	3696,8	4707,8
97,0	0,0	0,0	0,0	514,4	1311,7	3222,8	3949,7	4880,7
98,0	0,0	0,0	0,0	800,1	1981,6	3521,6	4135,7	5037,4
99,0	0,0	0,0	0,0	1055,6	3092,6	3757,5	4292,3	5190,1
100,0	0,0	0,0	310,3	1526,0	3397,0	3929,7	4445,1	5337,7
101,0	0,0	0,0	625,4	2235,6	3637,7	4085,6	4593,1	5479,1
102,0	0,0	0,0	905,4	3098,3	3822,8	4237,5	4735,2	5613,3
103,0	0,0	0,0	1223,0	3378,8	3979,5	4384,4	4870,4	5739,7
104,0	0,0	0,0	1773,7	3603,6	4132,5	4525,2	4997,9	5857,5
105,0	0,0	178,1	2592,5	3779,2	4280,9	4658,9	5117,2	5966,4
106,0	0,0	562,5	3171,2	3935,5	4423,4	4784,8	5227,7	6066,1
107,0	0,0	911,2	3432,7	4088,2	4559,2	4902,4	5329,1	6156,6
108,0	0,0	1275,0	3644,2	4236,0	4687,5	5011,1	5421,4	6237,9
109,0	0,0	1781,0	3810,7	4377,9	4807,5	5110,7	5504,7	6310,4
110,0	0,0	2437,7	3966,4	4513,0	4918,8	5201,2	5579,1	6374,5
111,0	0,0	3101,1	4118,2	4640,4	5021,1	5282,7	5645,0	6430,5
112,0	35,1	3353,2	4264,9	4759,6	5114,4	5355,3	5702,9	6479,1
113,0	348,5	3559,8	4405,5	4870,0	5198,5	5419,6	5753,2	6520,8
114,0	699,5	3731,8	4539,1	4971,5	5273,9	5475,9	5796,6	6556,4
115,0	1006,8	3889,0	4664,9	5063,8	5340,7	5524,8	5833,8	6586,4
116,0	1443,9	4042,9	4782,4	5147,1	5399,4	5566,9	5865,2	6611,6
117,0	1934,3	4192,2	4891,1	5221,5	5450,5	5602,9	5891,6	6632,4
118,0	2812,8	4336,0	4990,7	5287,5	5494,7	5633,3	5913,5	6649,4
119,0	3208,2	4473,2	5081,2	5345,4	5532,5	5658,7	5931,6	6663,3
120,0	3449,6	4603,0	5162,7	5395,8	5564,6	5679,8	5946,4	6674,4
121,0	3647,4	4724,8	5235,4	5439,4	5591,5	5697,2	5958,3	6683,3
122,0	3810,7	4837,8	5299,7	5476,6	5614,0	5711,4	5967,8	6690,3
123,0	3966,4	4942,0	5356,1	5508,1	5632,5	5722,8	5975,3	6695,7
124,0	4118,2	5037,1	5405,1	5534,5	5647,6	5731,8	5981,2	6699,9
125,0	4264,9	5123,0	5447,3	5556,6	5659,9	5739,0	5985,8	6703,1
126,0	4405,5	5200,1	5483,3	5574,7	5669,7	5744,6	5989,2	6705,4
127,0	4539,1	5268,6	5513,8	5589,6	5677,4	5748,9	5991,8	6707,2
128,0	4664,9	5328,9	5539,3	5601,5	5683,5	5752,2	5993,8	6708,4
129,0	4782,4	5381,5	5560,5	5611,1	5688,2	5754,7	5995,2	6709,3
130,0	4891,1	5427,0	5577,9	5618,7	5691,8	5756,5	5996,2	6710,0
131,0	4990,7	5466,0	5592,2	5624,6	5694,5	5757,8	5997,0	6710,4
132,0	5081,2	5499,2	5603,6	5629,2	5696,5	5758,8	5997,5	6710,7
133,0	5162,7	5527,1	5612,8	5632,7	5698,0	5759,5	5997,8	6710,9
134,0	5235,4	5550,4	5620,0	5635,4	5699,1	5759,9	5998,0	6711,0
135,0	5299,7	5569,7	5625,6	5637,3	5699,9	5760,2	5998,2	6711,1

Çizelge 6.2 Hacim büyüklüğüne bağlı düzeltme değerleri (Sabine-m2)

V (m ³)	Frekans (Hz)				V (m ³)	Frekans (Hz)			
	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0		1000,0	2000,0	4000,0	8000,0
500	2,0	4,0	12,0	36,0	15500	62,0	124,0	372,0	1116,0
1000	4,0	8,0	24,0	72,0	16000	64,0	128,0	384,0	1152,0
1500	6,0	12,0	36,0	108,0	16500	66,0	132,0	396,0	1188,0
2000	8,0	16,0	48,0	144,0	17000	68,0	136,0	408,0	1224,0
2500	10,0	20,0	60,0	180,0	17500	70,0	140,0	420,0	1260,0
3000	12,0	24,0	72,0	216,0	18000	72,0	144,0	432,0	1296,0
3500	14,0	28,0	84,0	252,0	18500	74,0	148,0	444,0	1332,0
4000	16,0	32,0	96,0	288,0	19000	76,0	152,0	456,0	1368,0
4500	18,0	36,0	108,0	324,0	19500	78,0	156,0	468,0	1404,0
5000	20,0	40,0	120,0	360,0	20000	80,0	160,0	480,0	1440,0
5500	22,0	44,0	132,0	396,0	20500	82,0	164,0	492,0	1476,0
6000	24,0	48,0	144,0	432,0	21000	84,0	168,0	504,0	1512,0
6500	26,0	52,0	156,0	468,0	21500	86,0	172,0	516,0	1548,0
7000	28,0	56,0	168,0	504,0	22000	88,0	176,0	528,0	1584,0
7500	30,0	60,0	180,0	540,0	22500	90,0	180,0	540,0	1620,0
8000	32,0	64,0	192,0	576,0	23000	92,0	184,0	552,0	1656,0
8500	34,0	68,0	204,0	612,0	23500	94,0	188,0	564,0	1692,0
9000	36,0	72,0	216,0	648,0	24000	96,0	192,0	576,0	1728,0
9500	38,0	76,0	228,0	684,0	24500	98,0	196,0	588,0	1764,0
10000	40,0	80,0	240,0	720,0	25000	100,0	200,0	600,0	1800,0
10500	42,0	84,0	252,0	756,0	25500	102,0	204,0	612,0	1836,0
11000	44,0	88,0	264,0	792,0	26000	104,0	208,0	624,0	1872,0
11500	46,0	92,0	276,0	828,0	26500	106,0	212,0	636,0	1908,0
12000	48,0	96,0	288,0	864,0	27000	108,0	216,0	648,0	1944,0
12500	50,0	100,0	300,0	900,0	27500	110,0	220,0	660,0	1980,0
13000	52,0	104,0	312,0	936,0	28000	112,0	224,0	672,0	2016,0
13500	54,0	108,0	324,0	972,0	28500	114,0	228,0	684,0	2052,0
14000	56,0	112,0	336,0	1008,0	29000	116,0	232,0	696,0	2088,0
14500	58,0	116,0	348,0	1044,0	29500	118,0	236,0	708,0	2124,0
15000	60,0	120,0	360,0	1080,0	30000	120,0	240,0	720,0	2160,0

6.2 Gürültü Kaynağının Engel ile Ayrılması Durumunda Gerekli Toplam Yutuculuk Değeri ile İlgili Ölçütün Oluşturulması

Üretim alanındaki toplam ses gücü düzeyi yaklaşık olarak 90 dBA'dan yüksek makine ya da mekanik donanımların öncelikle kapalı hücre içine alınması için makinenin çalışma durumu ve üretim ile ilgili koşullar yönünden uygunluğu araştırılmalıdır. Buna göre, kaynaktan 1 m. uzaklıkta 85 dB(A)'dan daha yüksek ses basınç düzeyi oluşturan kaynakların olabiliyorsa hücre içine alınmasının ya da engel ile ayrılmasının uygun olacağı söylenebilir. Çizelge 6.3'de NR 75 eğrisi değerlerine bağlı olarak gürültü kaynağının üretim alanından ayrılması önerilen gürültü kaynakları için ses gücü düzeyi değerleri hesaplanmıştır. Buna göre, makine

yerleşim planında yer alan gürültü kaynakları ses gücü düzeyleri açısından tüm frekanslara göre incelenmeli ve bu değerlerin aşıldığı durumlarda söz konusu makine ya da donanımın hücre ya da engel aracılığı ile üretim alanı genelinden soyutlanması düşünülmelidir.

Çizelge 6.3 Donanımın üretim alanından ayrılması için önerilen sınır ses gücü düzeyleri.

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Toplam (dB)	Toplam (dBA)
NR(75)	94,7	87,2	81,7	77,9	75,0	72,6	70,8	69,2	95,7	81,6
SWL (dB)	105,7	98,2	92,7	88,9	86,0	83,6	81,8	80,2	106,7	92,6

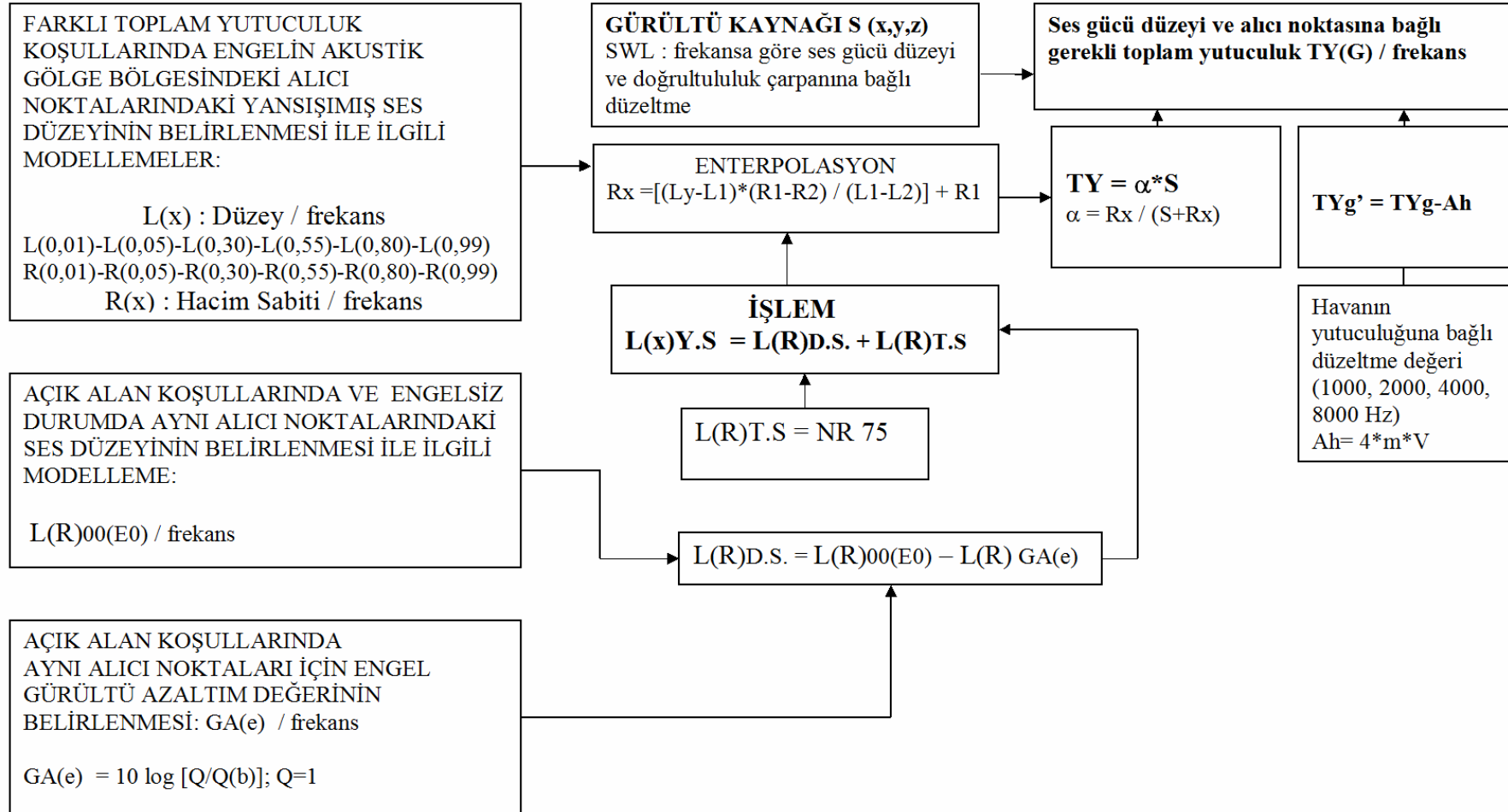
Bilindiği gibi kapalı hacimlerde engel etkinliği büyük oranda hacmin toplam yutuculuğuna bağlıdır. Engel boyutları, gürültü kaynağı boyutları ve özellikle denetlenmek istenen frekans göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Bu bölümde, bir gürültü kaynağının engel ile ayrılması durumunda engelin akustik gölge bölgesinde kalan belli uzaklıktaki alıcılar açısından NR 75 eğrisi değerlerine göre kabul edilebilir gürültü düzeylerinin elde edilmesinde gerekli toplam yutuculuk değerlerinin sağlanabilmesi için geliştirilen yaklaşıma yer verilmiştir.

Engelin akustik gölge bölgesinde 5'er metre aralıkla belirlenen alıcı noktalarında NR 75 eğrisine göre kabul edilebilir gürültü düzeylerinin elde edilebilmesi için sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri ses gücü düzeyi değerlerine bağlı olarak bulunmuştur. ODEON ABP'nin engel kenarlarında gerçekleşen ses dalgalarının kırınım etkisini hesaplayamaması nedeniyle bu bölümde akustik modelleme ile kuramsal hesaplama yöntemi birlikte kullanılmıştır. (Bkz Bölüm 5.4)

Çizelge 6.4 Engelin akustik gölge bölgesindeki alıcı noktalarının engelden uzaklıkları

Alıcı noktası	uzaklık		Alıcı noktası	uzaklık
R1	2		R6	27
R2	7		R7	32
R3	12		R8	37
R4	17		R9	42
R5	22			

1.B- ENGELLİ KOŞULDA ÜRETİM ALANINDA YER ALAN GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI İÇİN GEREKLİ TOPLAM YUTUCULUK : TYg

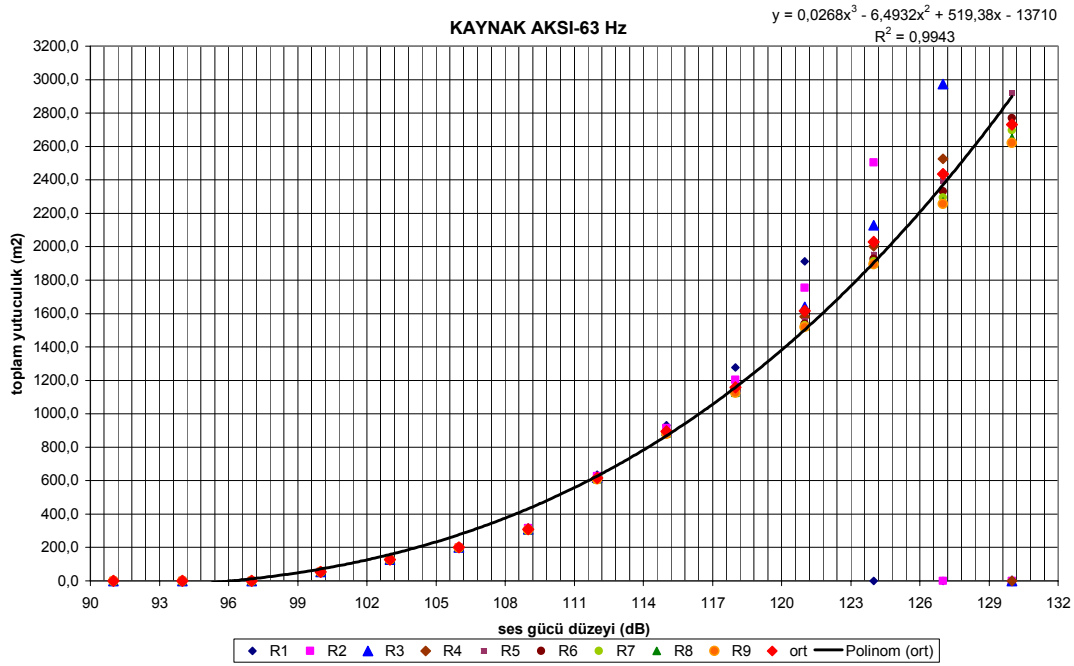


Şekil 6.6 Yeterli engel etkinliği için gerekli (optimum) toplam yutuculuğun belirlenmesinde gerekli ölçütlerin oluşturulması.

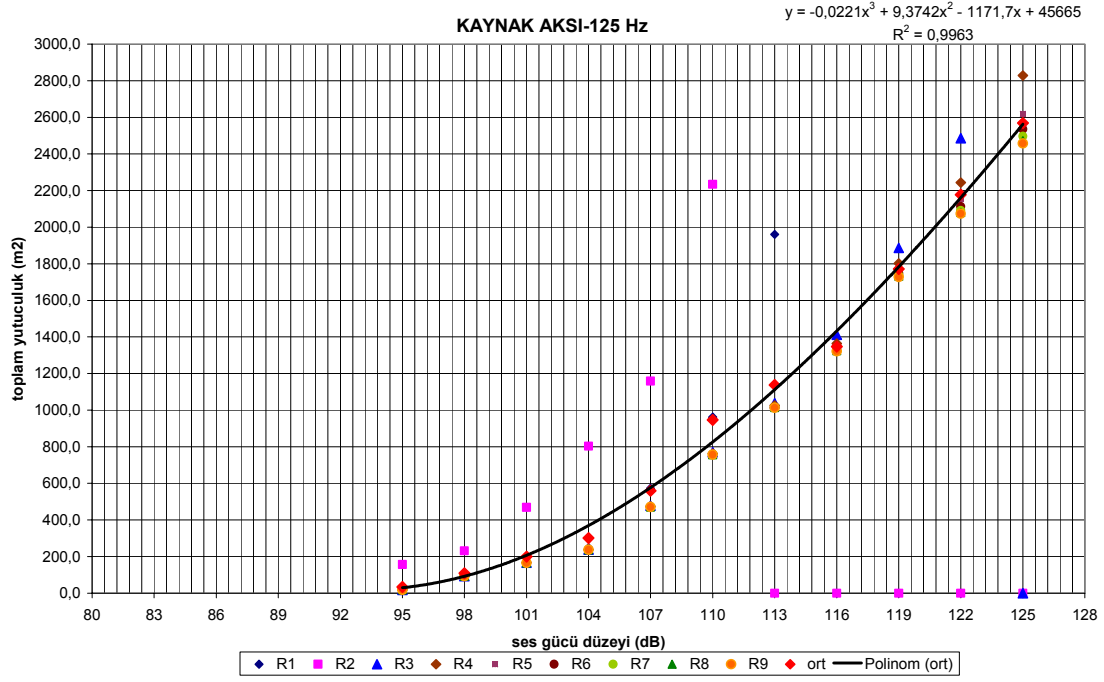
6.2.1 Ses Gücü Düzeyine Bağlı Gerekli Toplam Yutuculuk Değeri İlişkisi

Engelin akustik gölge bölgesinde kabul edilebilir gürültü düzeylerinin elde edilmesinde, engel ile ayrılan gürültü kaynağının frekansa göre ses gücü düzeyi değerlerine bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri ;

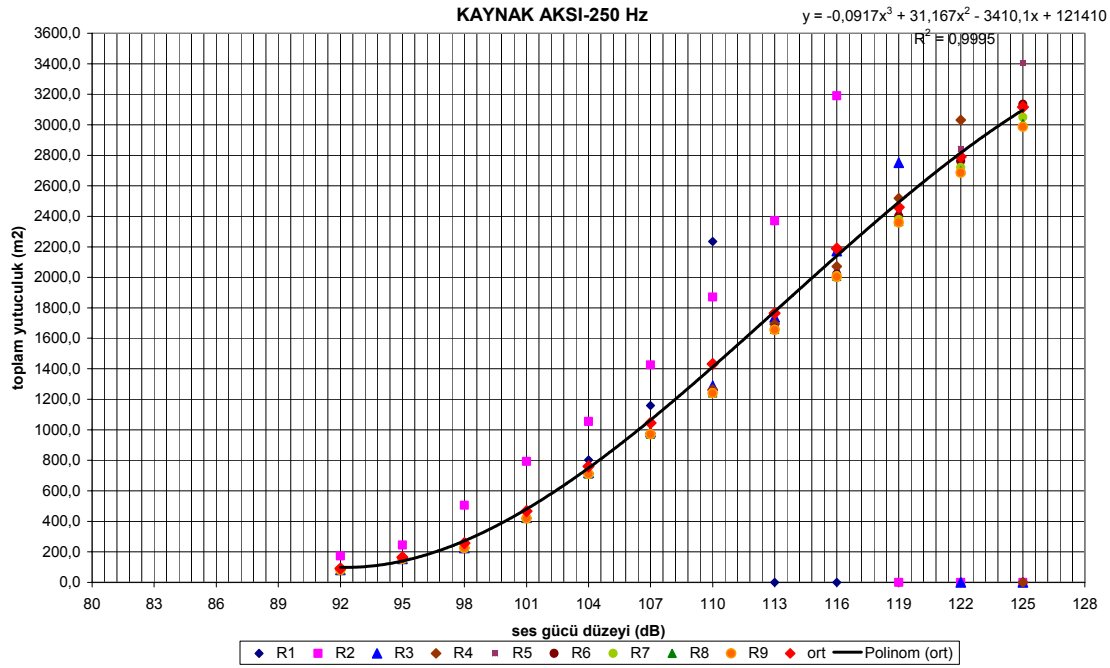
- Frekans ölçeğinde (63 Hz – 8000 Hz) oluşturulan grafiklerde (Şekil 6.7 – Şekil 6.14),
 - Alıcı noktası ölçeğinde (R1 – R9) oluşturulan grafiklerde (EK-13)
- sunulmuştur.



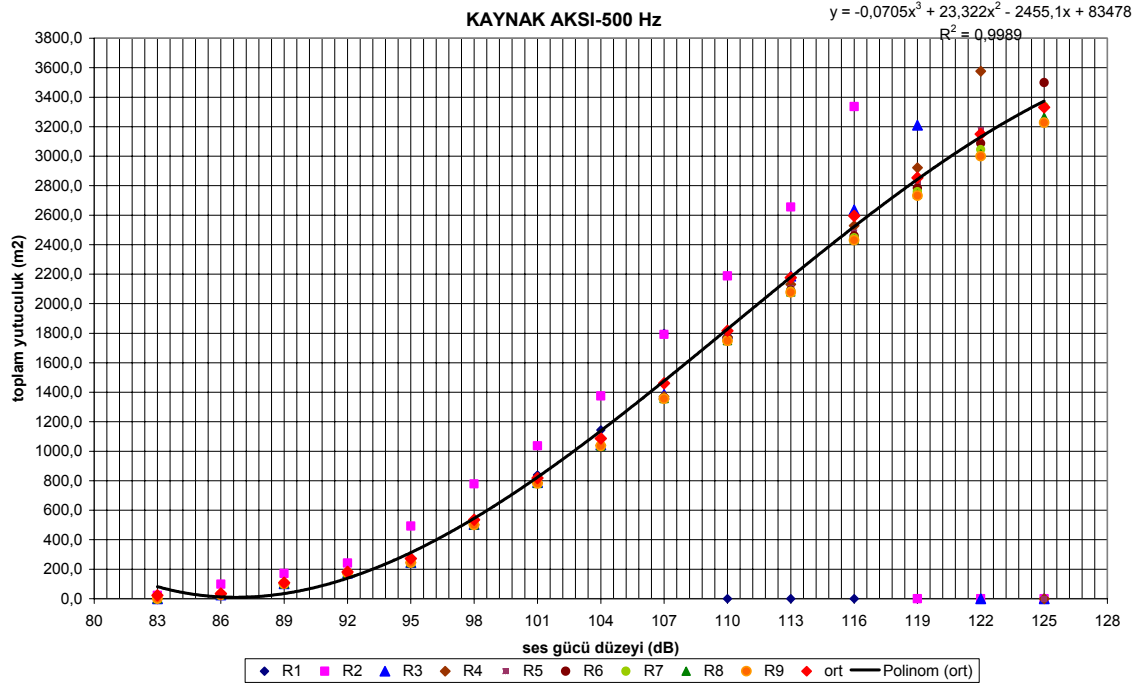
Şekil 6.7 63 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



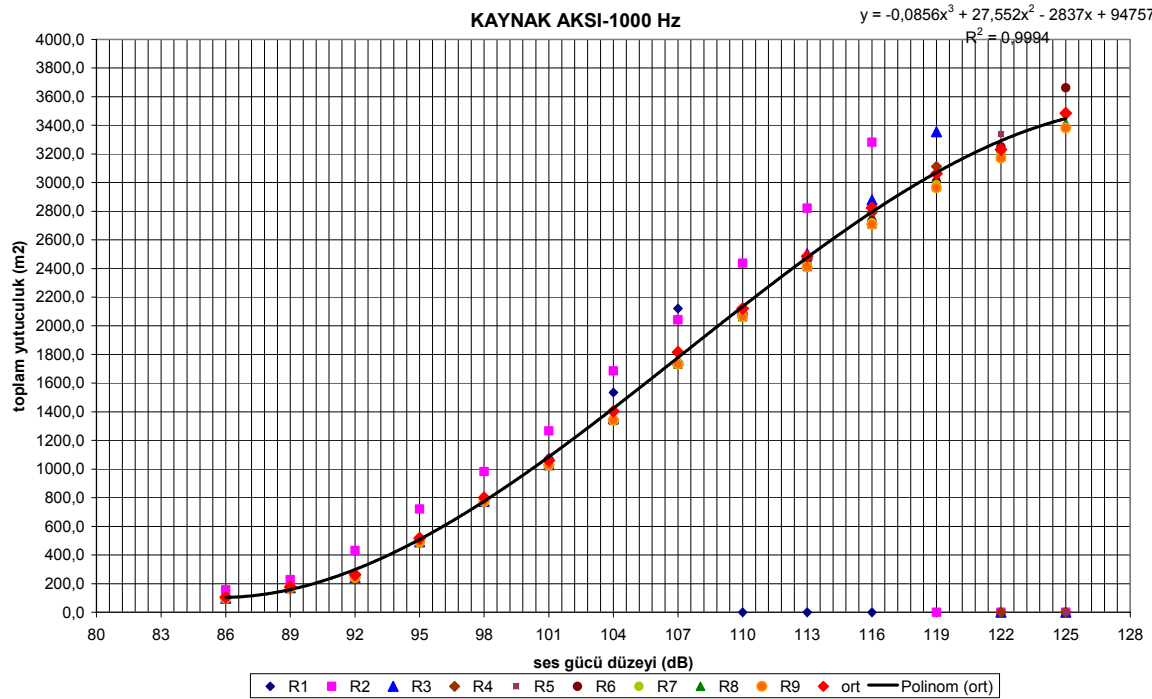
Şekil 6.8 125 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



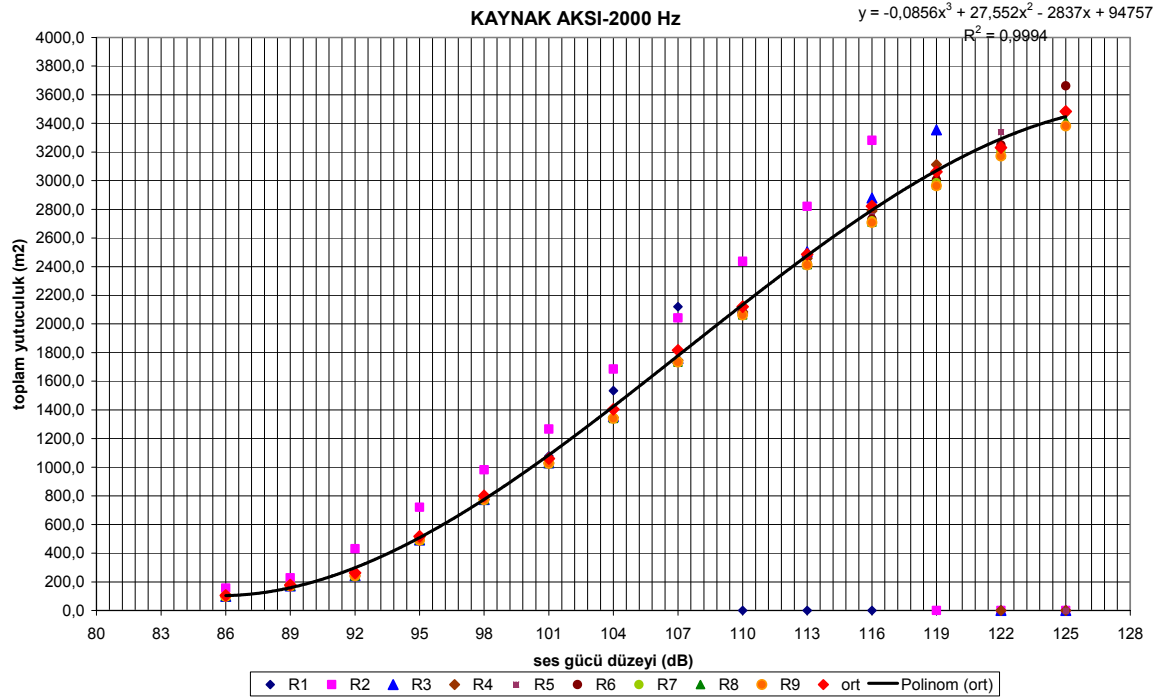
Şekil 6.9 250 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



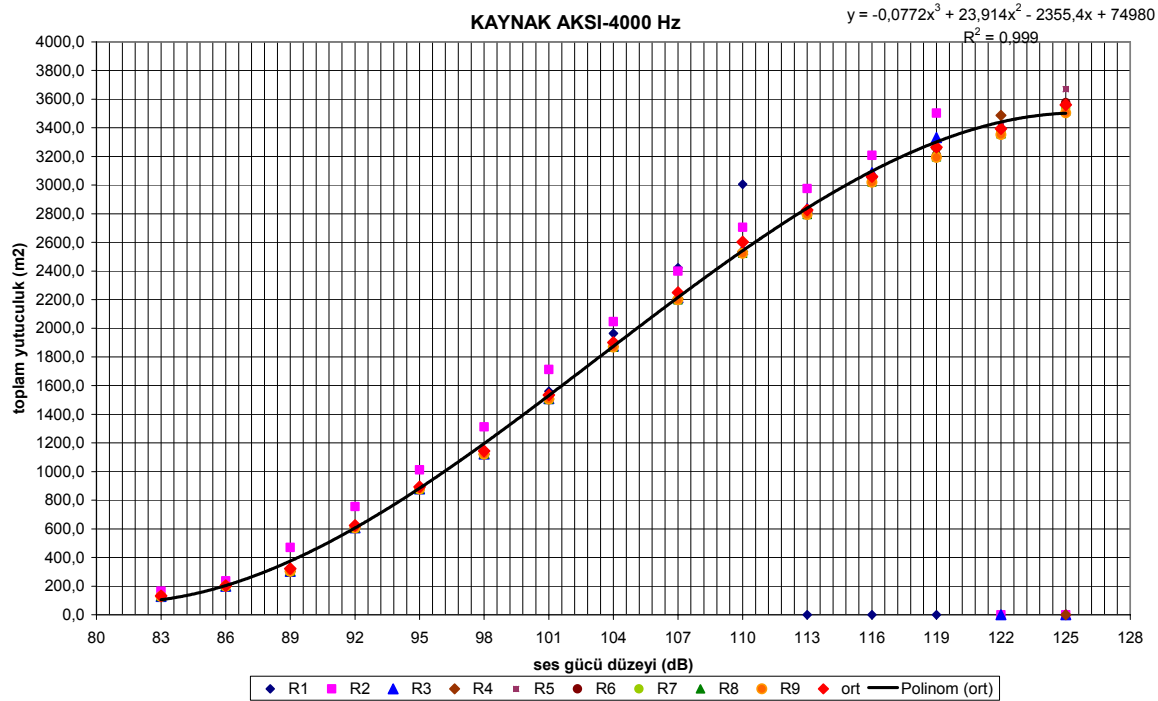
Şekil 6.10 500 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



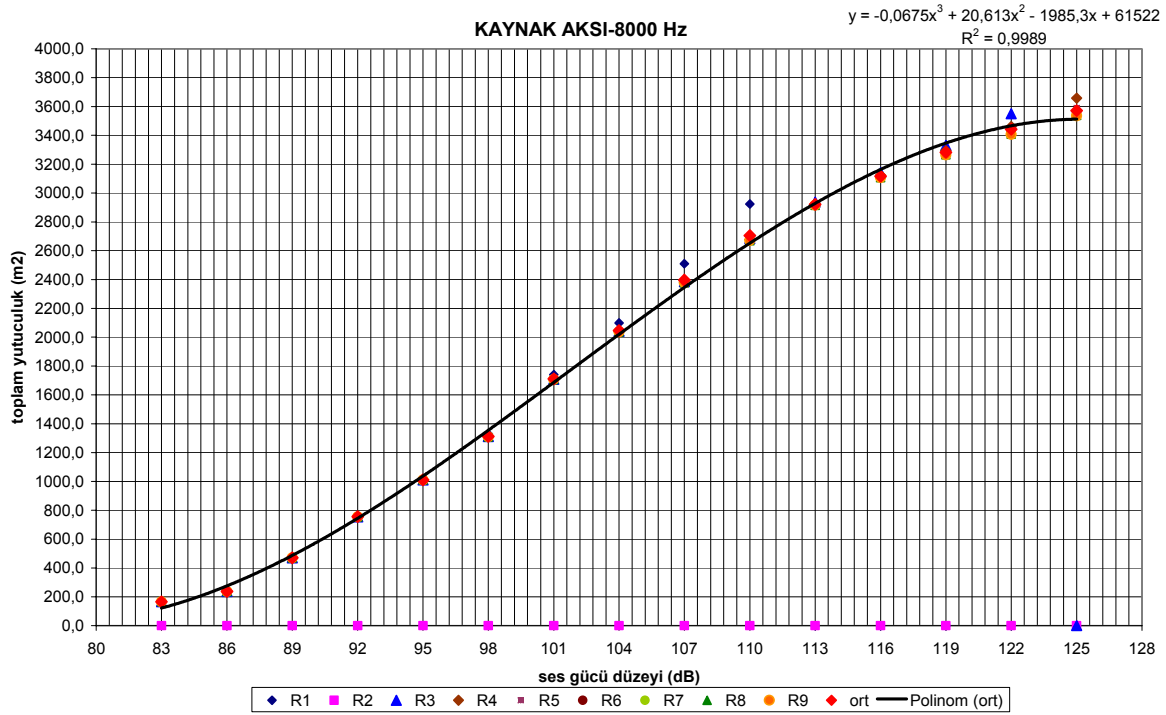
Şekil 6.11 1000 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



Şekil 6.12 2000 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



Şekil 6.13 4000 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



Şekil 6.14 8000 Hz frekansında ses gücü düzeyine göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri

Engel yüksekliğinin 2,5 m'den 3,5 m'ye çıkarılması durumunda engel etkinliği artışına bağlı olarak toplam yutuculuk değerinde sağlanabilen azaltım değerleri, engelin akustik gölge bölgesindeki farklı alıcı noktaları için ses gücü düzeyine bağlı olarak hesaplanmış ve Ek 14'deki Çizelgelerde sunulmuştur.

Bölüm 6.1 ve Bölüm 6.2'de önerilen şekilde gereken toplam yutuculuğun belirlenmesinin ardından bu yutuculuğu sağlamak için kullanılacak gereçlerin nerede ve nasıl uygulanacağı, ses yutma çarpanı büyüklüklerinin ne olması gerektiği konusunda karar vermek gerekir. Ses yutucu gerecin ses yutuculuğu, frekansa göre belirlenen gereken toplam yutuculuk değerleri (TYg/f) ile karşılaştırılarak frekansa göre durumu değerlendirilmelidir. Gerekli toplam yutuculuğa bağlı olarak çatı ve / ya da duvar yüzeylerinde uygulanması düşünülen ses yutucu gerecin türüne karar verirken ses yutucu gerecin sağlanması gereken optimum ses yutma çarpanı değerleri her frekans değeri için;

$$a(f) = TYg(f) / A(yy) \quad (6.2)$$

$a(f)$: ses yutucu gerecin frekansa bağlı ses yutma çarpanı

$TYg(f)$: frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk

$A(yy)$: Yutucu yüzey alanı (Çatı alanı + duvar alanı + ek yutucu gereç alanı)

formülünden yararlanılarak hesaplanabilir.

$$TY_g(f) = A(\zeta) \times a(\zeta) + A(d) \times a(d) + A(e) \times a(e) \quad (6.3)$$

$A(\zeta)$: Çatı bölümü için yutucu yüzey alanı.

$A(d)$: Duvar bölümü için yutucu yüzey alanı.

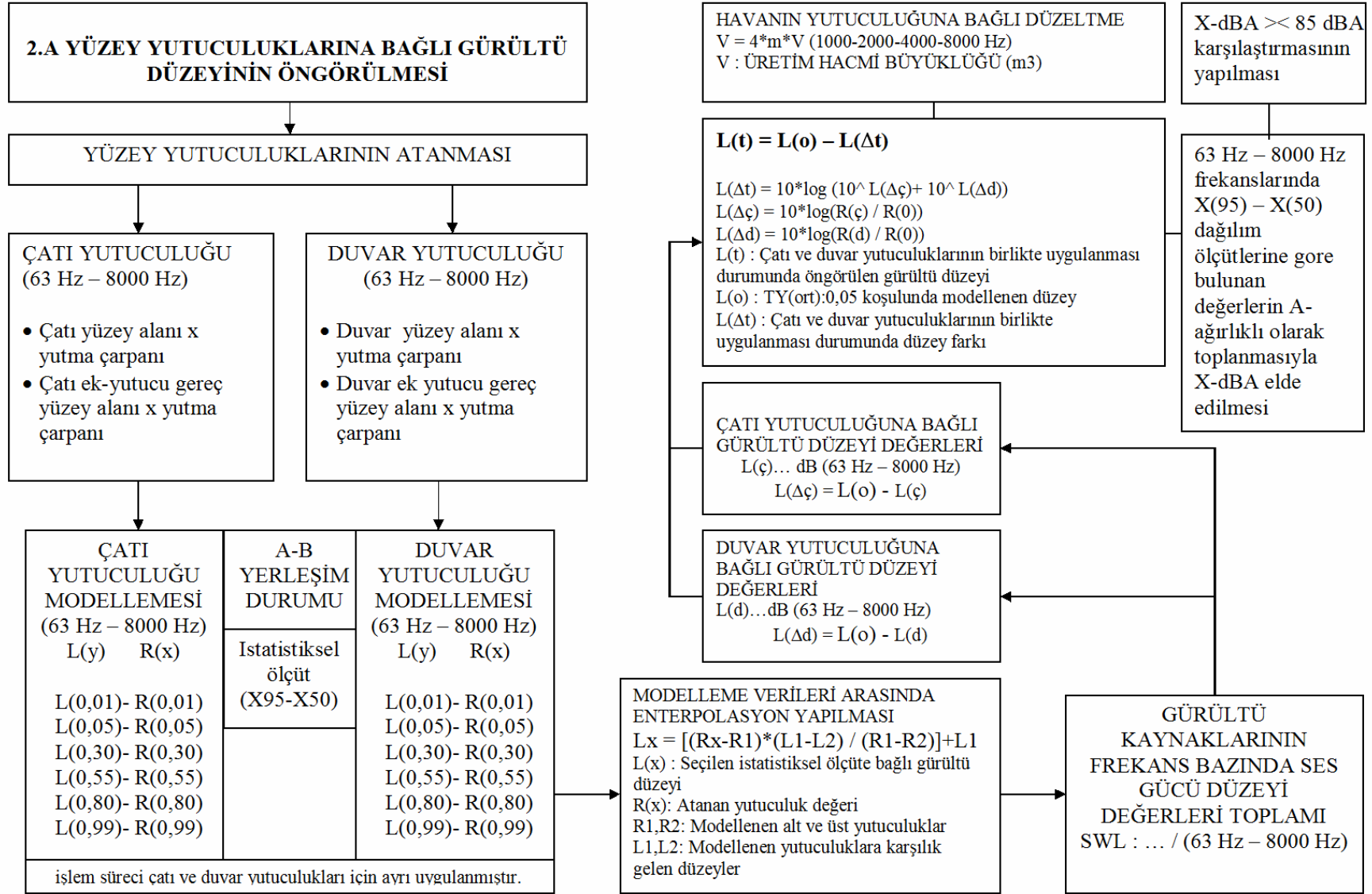
sağlaması 63 Hz - 8000 Hz frekansları için yapılmalıdır.

Kullanılacak ses yutucu gerecin frekansa bağlı ses yutma karakteristiğinin belirlenmesinde gerekli toplam yutuculuk değeri bütün frekanslar için biliniyorsa, bağlı ses yutma çarpanlarından yararlanılabilir. Bağlı ses yutma çarpanlarının belirlenmesinde frekansa bağlı en büyük yutuculuk değeri için $a = 1$ kabul edilerek diğer frekanslar için o frekanstaki yutuculuk değerinin en büyük yutuculuk değerine bölünmesiyle bağlı yutma çarpanı değerleri elde edilir.

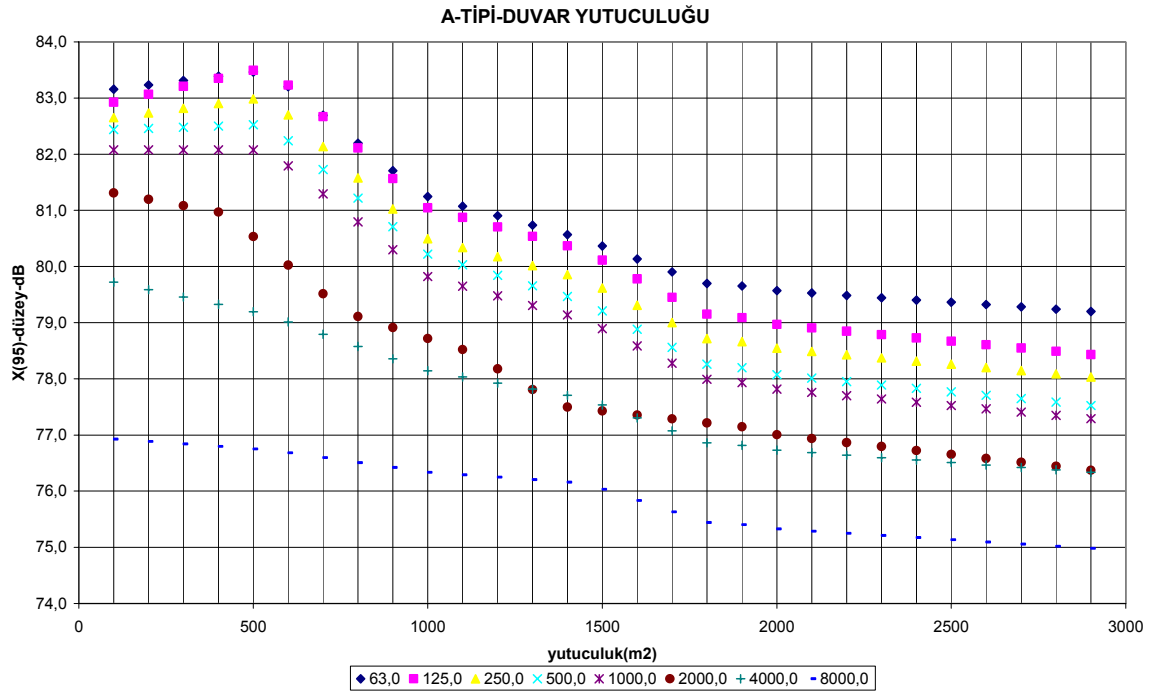
6.3 Belirlenen Yutuculukların Çatı ve Duvarda Uygulanması Durumunda Gürültü Düzeyleri Dağılımlarının Belirlenmesi

Bu bölümde yapılan işlemler Bölüm 6.1’de gerekli toplam yutuculuğun belirlenmesi ile ilgili işlemlerin, çatı ve duvar yutuculukları için tersten yürütülmesini gerektirmektedir. Bunun için, yüzey yutuculukları ile ilgili çatı ve duvar yutuculuklarının ayrı ele alındığı Bölüm 5.3’de açıklanan akustik modelleme verilerinden yararlanılmıştır. Sonuçta, frekansa göre belirlenen (öngörülen) $X(95)$ dağılım parametresine bağlı gürültü düzeylerinin toplamı alınarak A-ağırlıklı düzey hesaplanmakta ve bulunan bu değer *Gürültü Yönetmeliği*’nde aşılması gereken etkilenme değeri olarak belirtilen 85 dBA değeri ile karşılaştırması yapılabilmektedir. Gürültü kaynaklarının üretim alanının orta bölümünde toplandığı A-tipi yerleşim durumu ile duvara yakın yer aldığı B-tipi yerleşim durumları için çatı ve duvar yutuculuklarının bir arada değerlendirilerek $X(95)$ dağılım parametresine göre gürültü düzeylerinin belirlenebilmesi için geliştirilen yaklaşıma yer verilmiştir. Bunun için, Bölüm 5’de yüzey yutuculukları ile ilgili akustik modelleme verilerinden yararlanılmıştır.

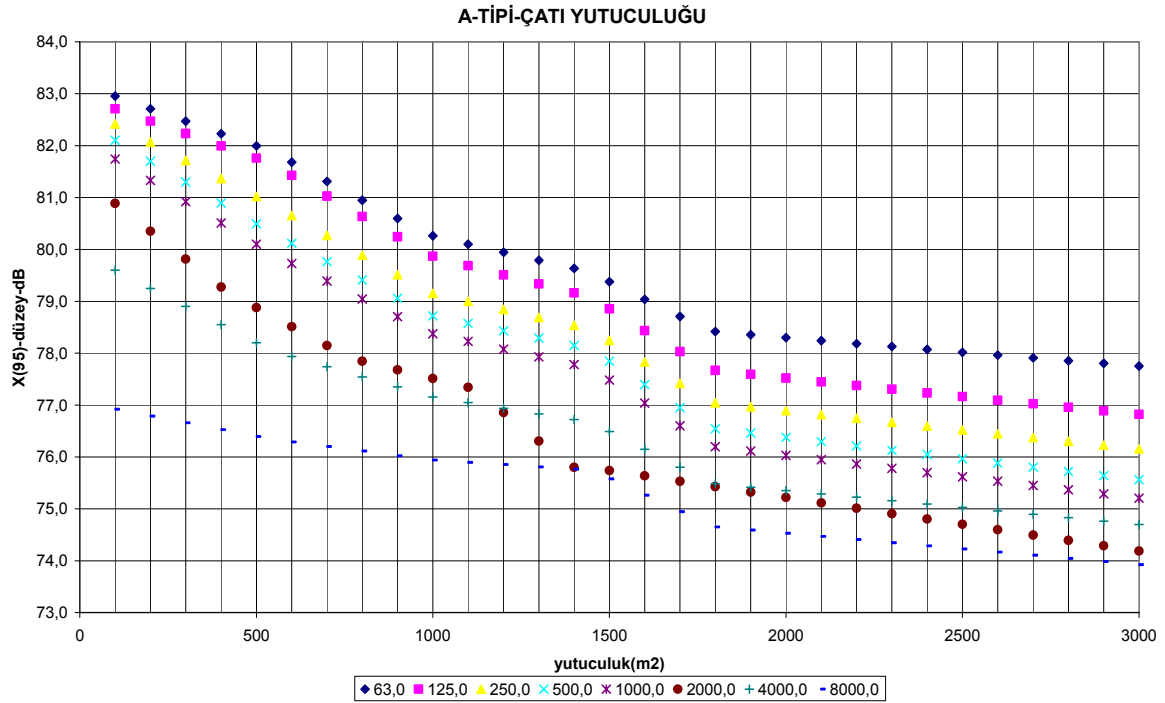
Şekil 6.15’de geliştirilen yaklaşımın hesaplama aşamaları akış şeması olarak verilmiştir. Şekil 6.16-6.19’daki sonuç grafiklerde ise A ve B tipi yerleşimler açısından çatı ve duvar yutuculuklarına bağlı $X(95)$ dağılım parametresi değerleri sunulmaktadır.



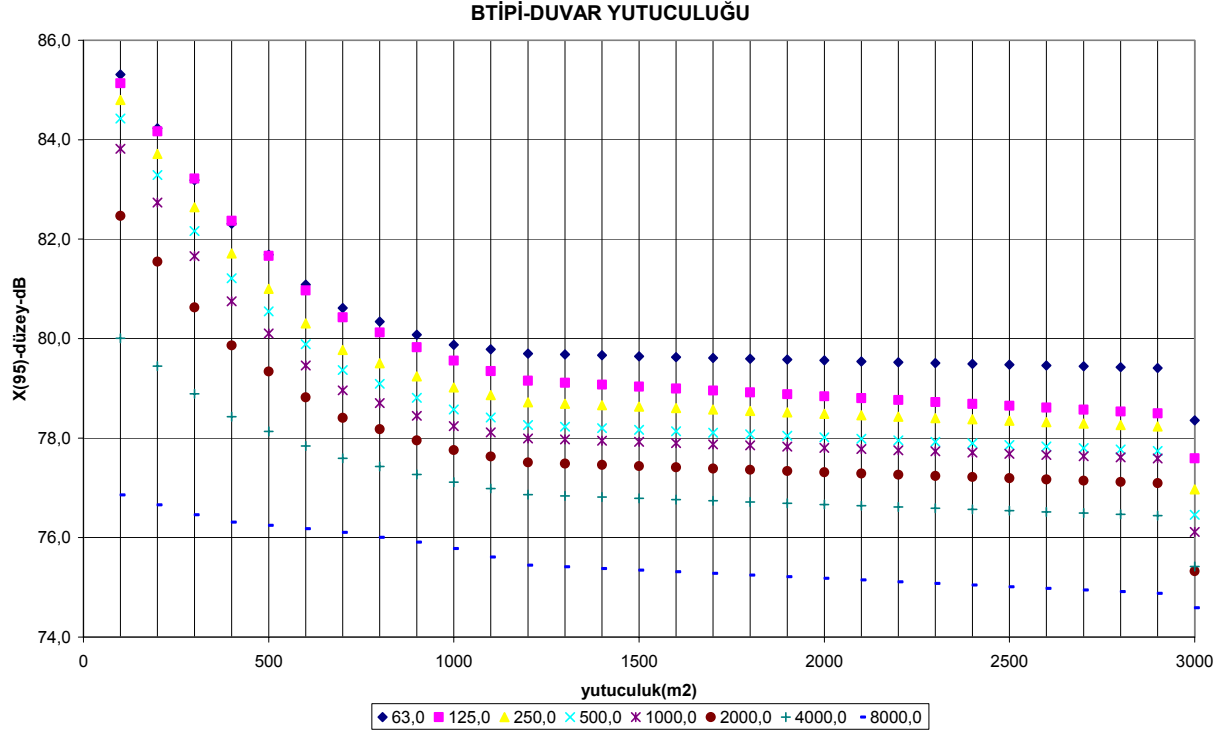
Şekil 6.15 X(95) dağılım parametresine göre gürültü düzeylerinin belirlenmesi için gerekli ölçütlerin oluşturulması



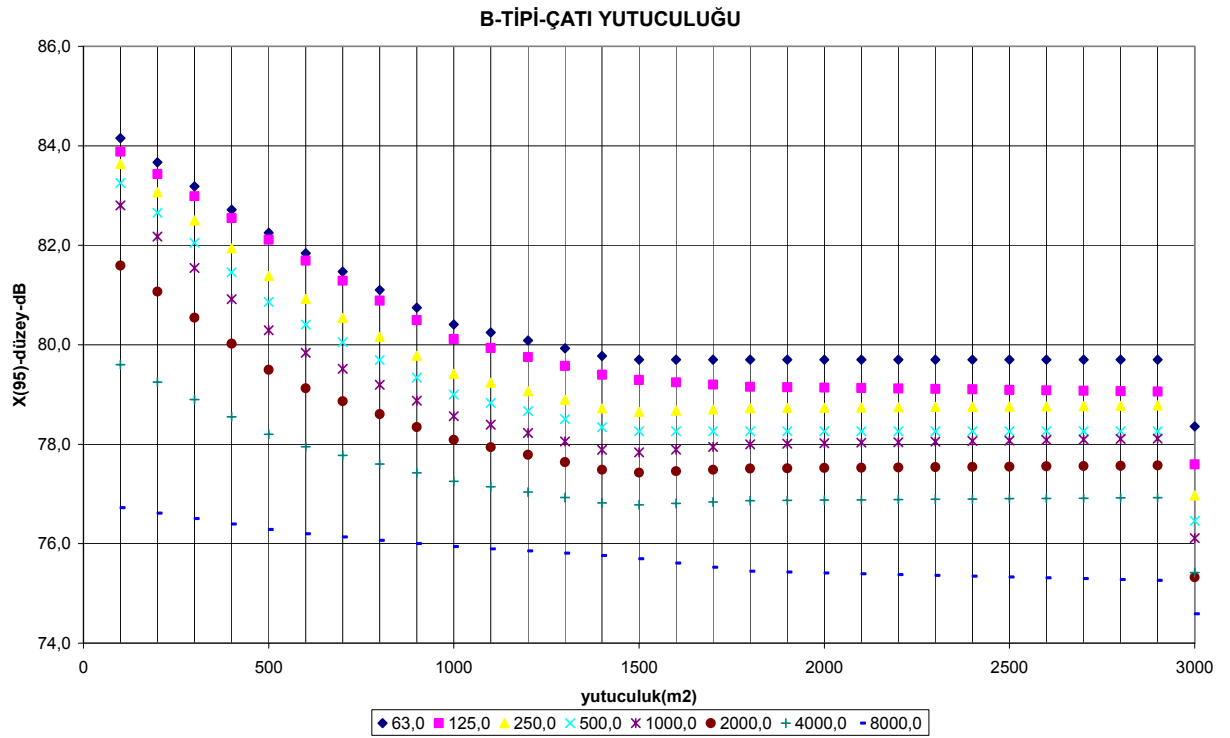
Şekil 6.16 A-tipi makine yerleşimi ve duvar yutuculuğu için öngörülen X(95) gürültü düzeyi dağılım parametreleri



Şekil 6.17 A-tipi makine yerleşimi ve çatı yutuculuğu için öngörülen X(95) gürültü düzeyi dağılım parametreleri



Şekil 6.18 B-tipi makine yerleşimi ve duvar yutuculuğu için öngörülen X(95) gürültü düzeyi dağılım parametreleri



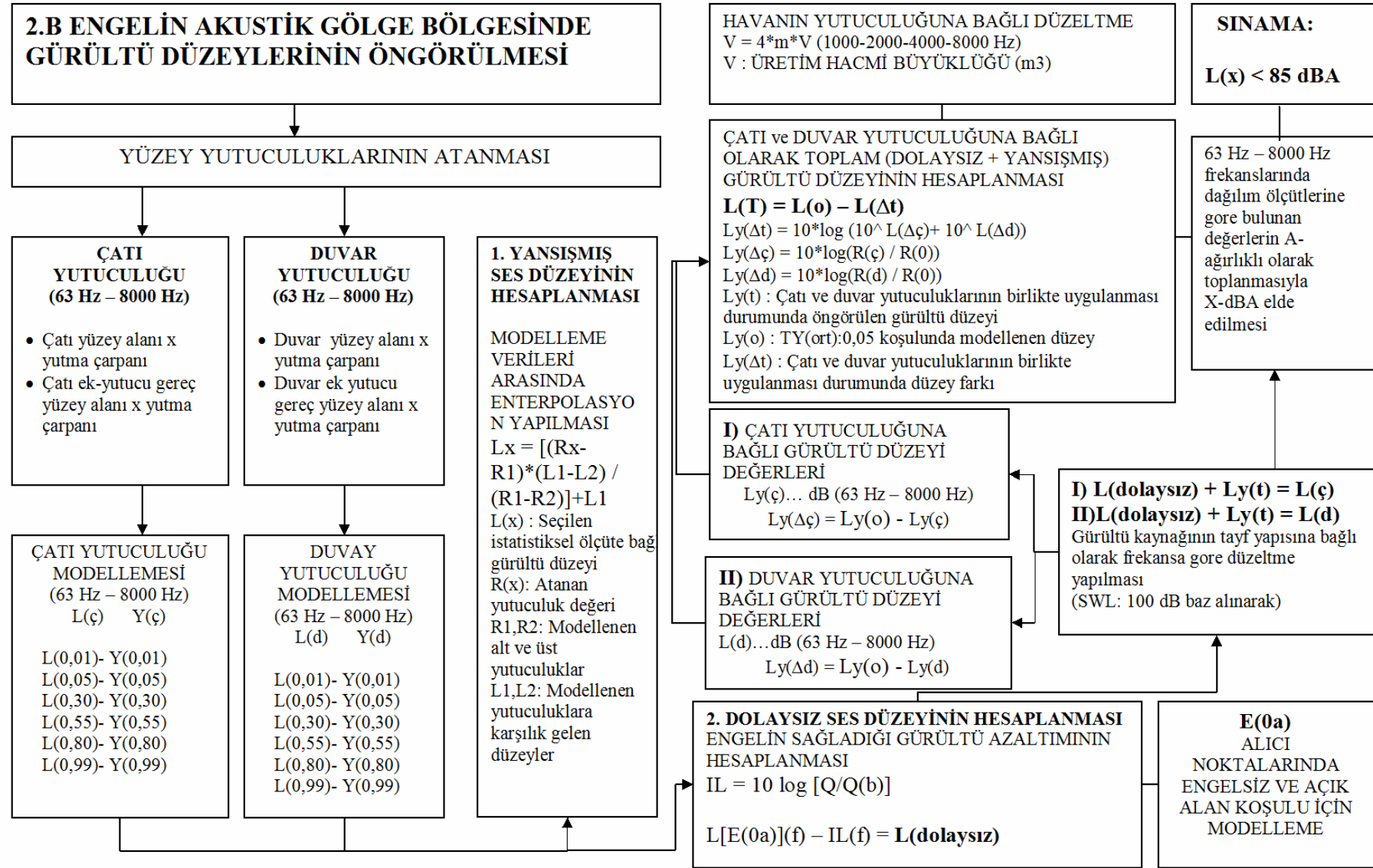
Şekil 6.19 B-tipi makine yerleşimi ve çatı yutuculuğu için öngörülen X(95) gürültü düzeyi dağılım parametreleri

6.4 Engelin Akustik Gölge Bölgesindeki Alıcı Noktaları İçin Gürültü Düzeylerinin Belirlenmesi

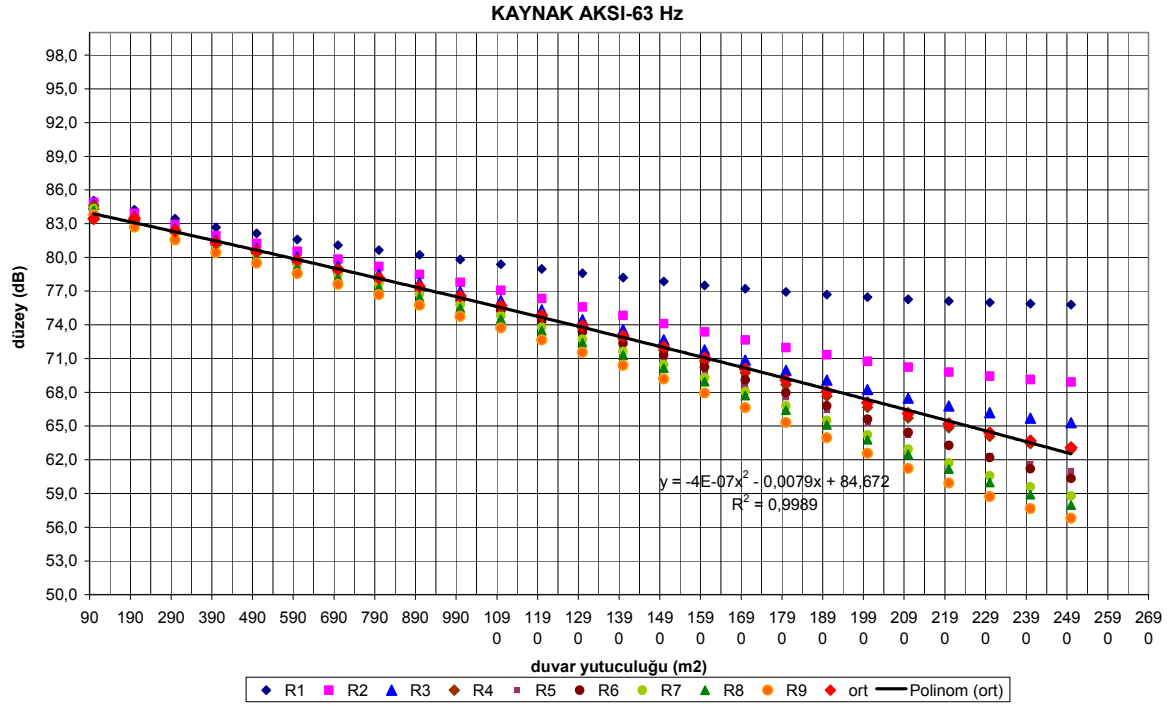
Bölüm 6.2’de açıklanan yeterli engel etkinliğinin sağlanabilmesi için gerekli toplam yutuculuğun çatı ve duvar bölümlerine atanmasının ardından engelin akustik gölge bölgesi için gürültü düzeylerinin kabul edilebilir sınır değer olan 85 dBA ölçütü açısından denetlenebilmesi için bu bölümde yer verilen yaklaşım geliştirilmiştir. Belirli çatı ve duvar yutuculuk durumlarının birlikte değerlendirilmesinin yapılarak toplam yutuculuk değerinin yeterli olup olmadığı sınanabilmektedir. Engelin akustik gölge bölgesinde engelden belirli uzaklıklardaki alıcı noktaları için akustik modelleme verileri ile kuramsal hesaplama yönteminin birlikte kullanıldığı yaklaşımda çatı ve duvar yutuculuklarına göre hesap yapıldıktan sonra iki ayrı tür yutuculuğun birlikte uygulanması durumunda ortaya çıkacak gürültü düzeyi öngörülebilmektedir.

Akustik modellemelerde engel ile ayrılan gürültü kaynağı doğrultululuğu olmayan, her yöne eşit ses erkesi yayımlayan (omni-directional) noktasal bir gürültü kaynağıdır. Bununla birlikte, bu bölümde önerilen yaklaşım, gürültü kaynağının frekansa bağlı yönelim katsayısının bilinmesi koşuluyla doğrultulu kaynaklara da uygulanabilir. Bunun için yapılacak işlem, gürültü kaynağının engel ve alıcı doğrultusundaki yönelim katsayısının her frekans için logaritmasının 10 ile çarpımının kaynağın o frekanstaki ses gücü düzeyi değerine eklenmesidir. Örneğin kaynağın 500 Hz’de engel-alıcı doğrultusundaki yönelim katsayısı 2 ise ve ses gücü düzeyi 90 dB ise; engelin akustik gölge bölgesi ile ilgili bu bölümde sunulan grafiklerin kullanılmasında 500 Hz’deki ses gücü düzeyi $93 \text{ dB}(90 + 10\log 2)$ alınmalıdır.

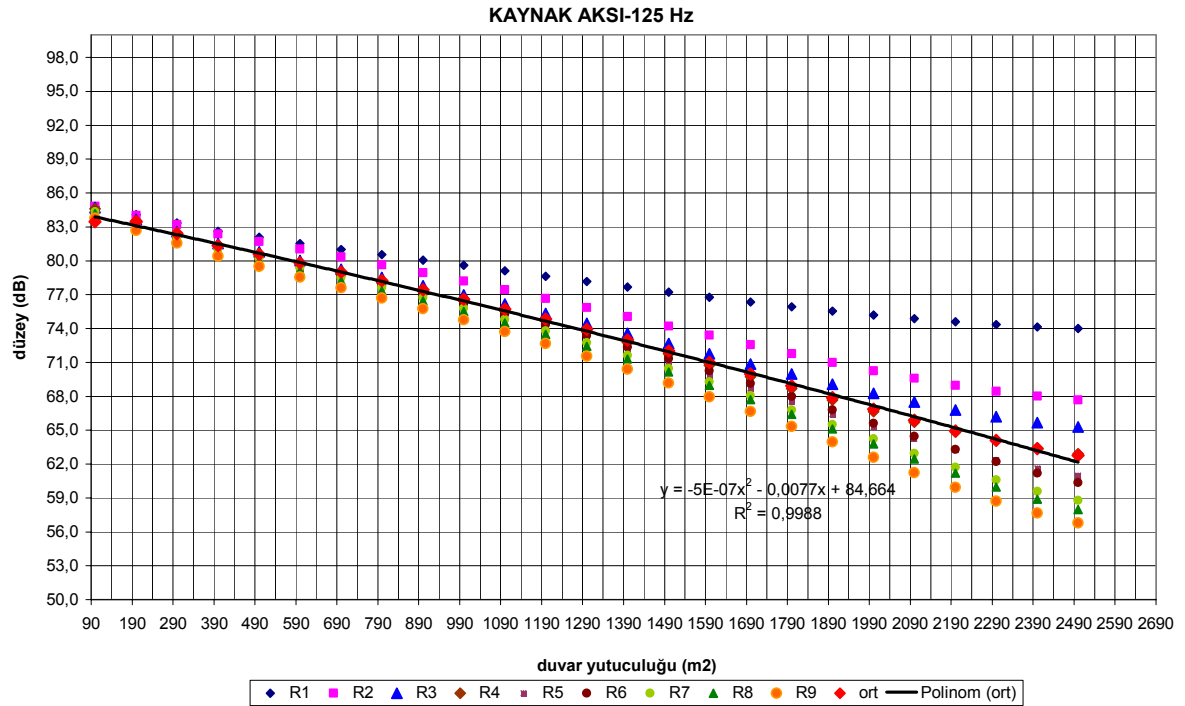
Şekil 6.20’de geliştirilen yaklaşımın hesaplama aşamaları akış şeması olarak verilmiştir. Şekil 6.21-6.36’daki sonuç grafiklerde çatı ve duvar yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyleri frekans fonksiyonunda farklı alıcı noktaları için verilmiştir. R1 – R9 alıcı noktaları bazında hazırlanan grafikler ise EK-15’de verilmiştir.



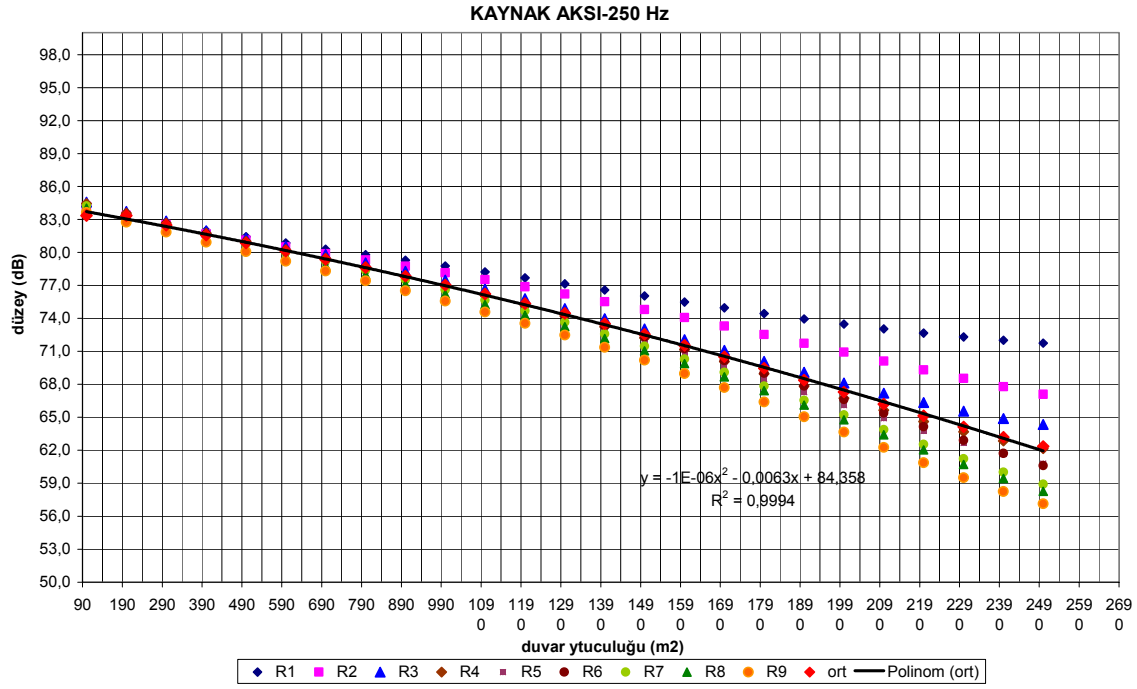
Şekil 6.20 Engelin akustik gölge bölgesinde gürültü düzeylerinin öngörülmesi için gerekli ölçütlerin oluşturulması.



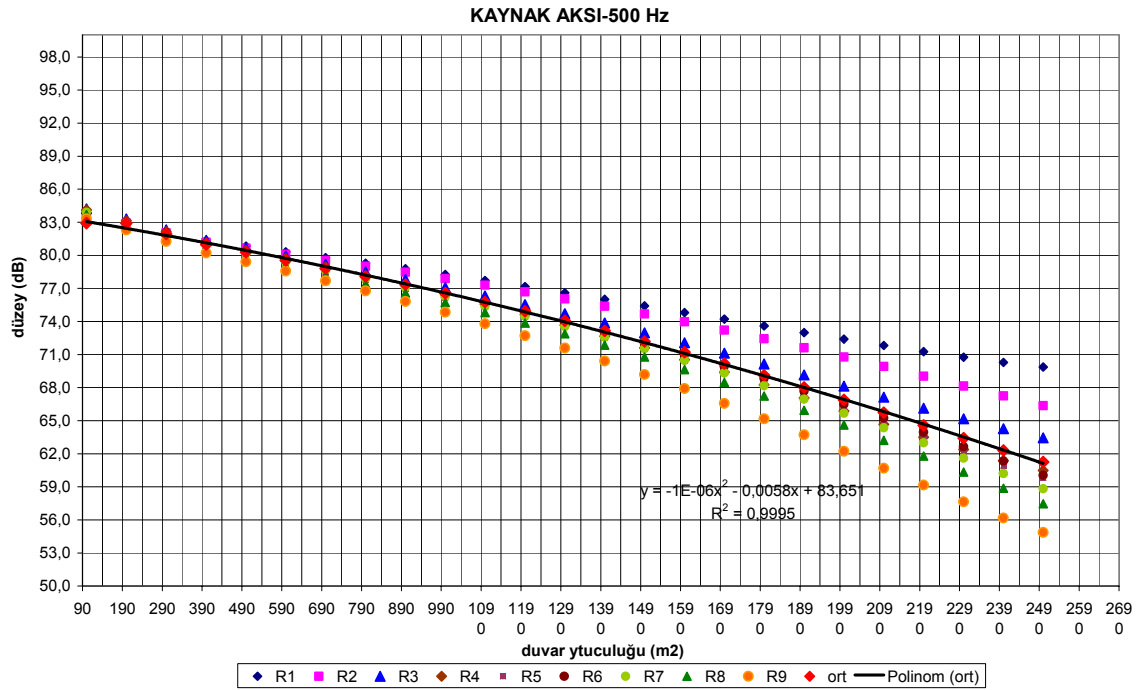
Şekil 6.21 63 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri



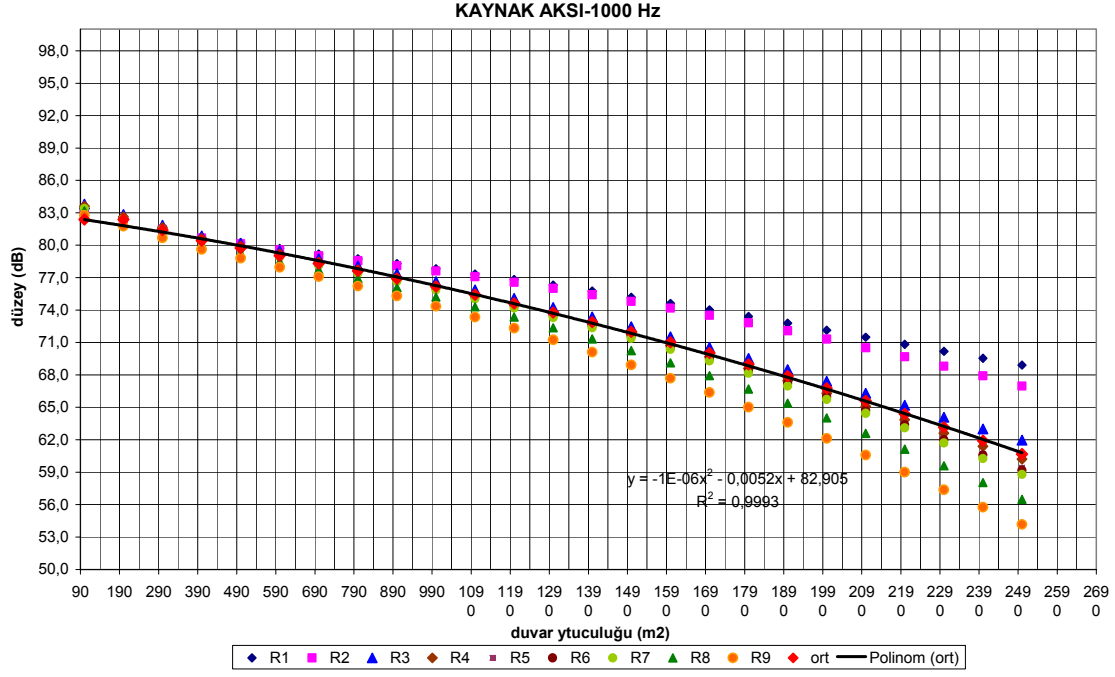
Şekil 6.22 125 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri



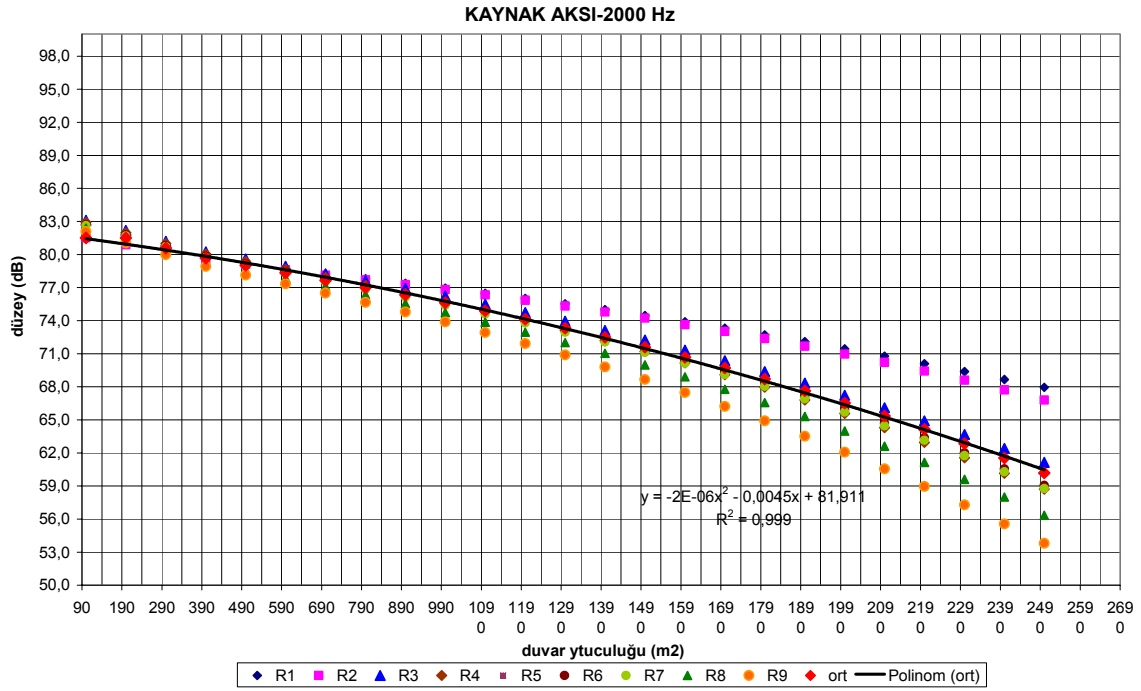
Şekil 6.23 250 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri



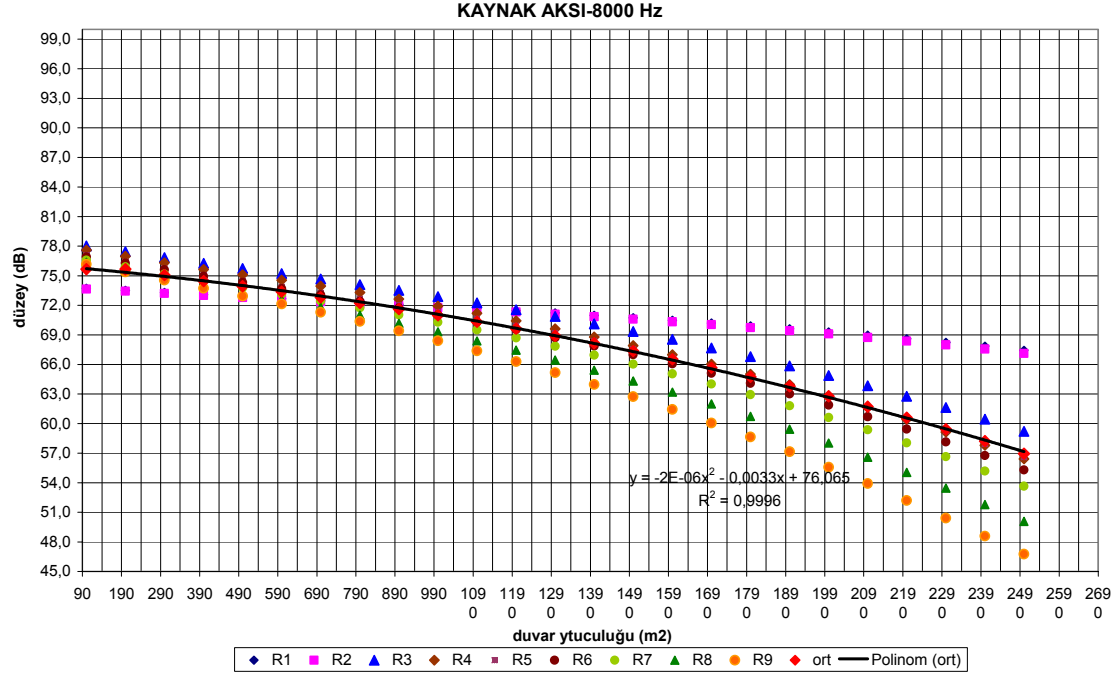
Şekil 6.24 500 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri



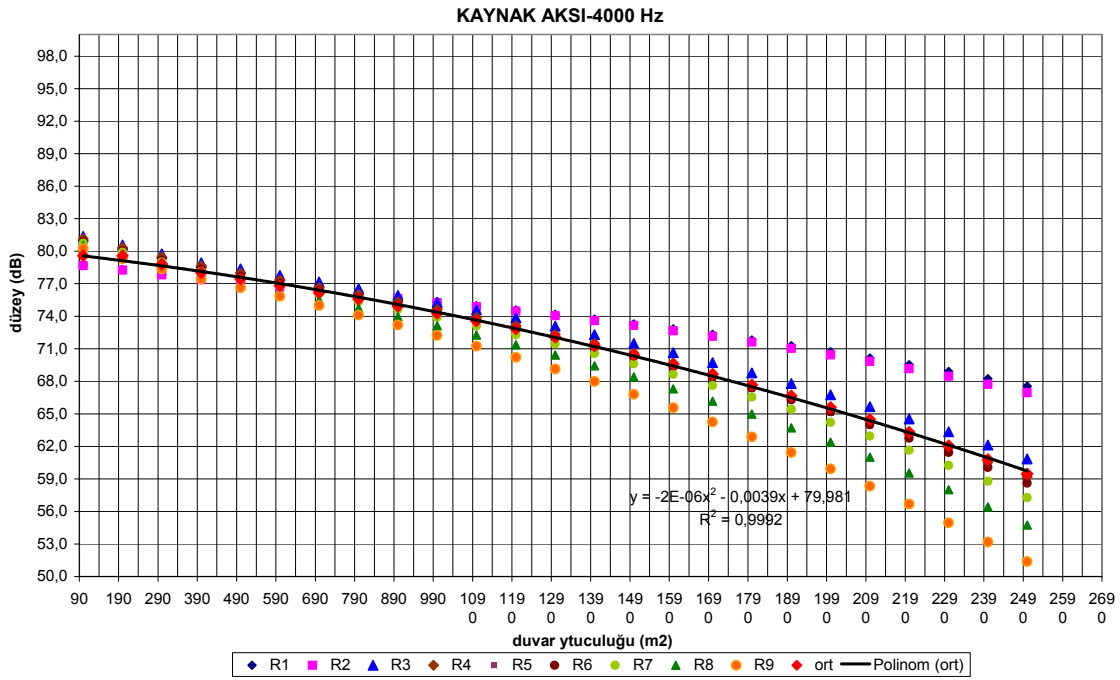
Şekil 6.25 1000 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri



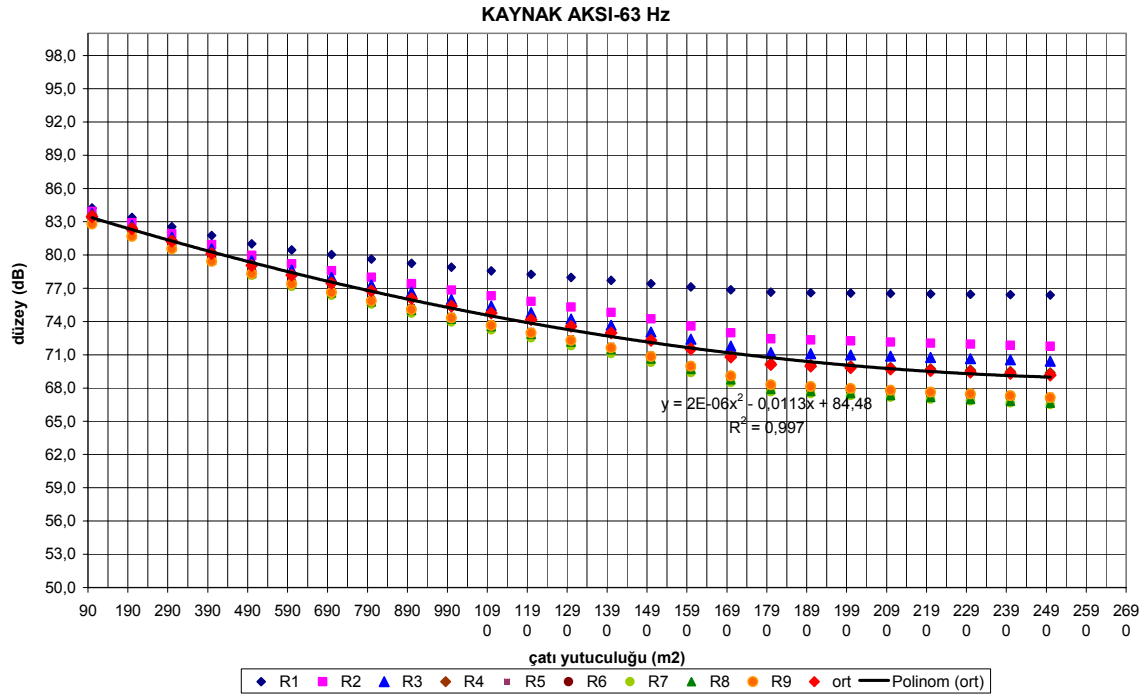
Şekil 6.26 2000 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri



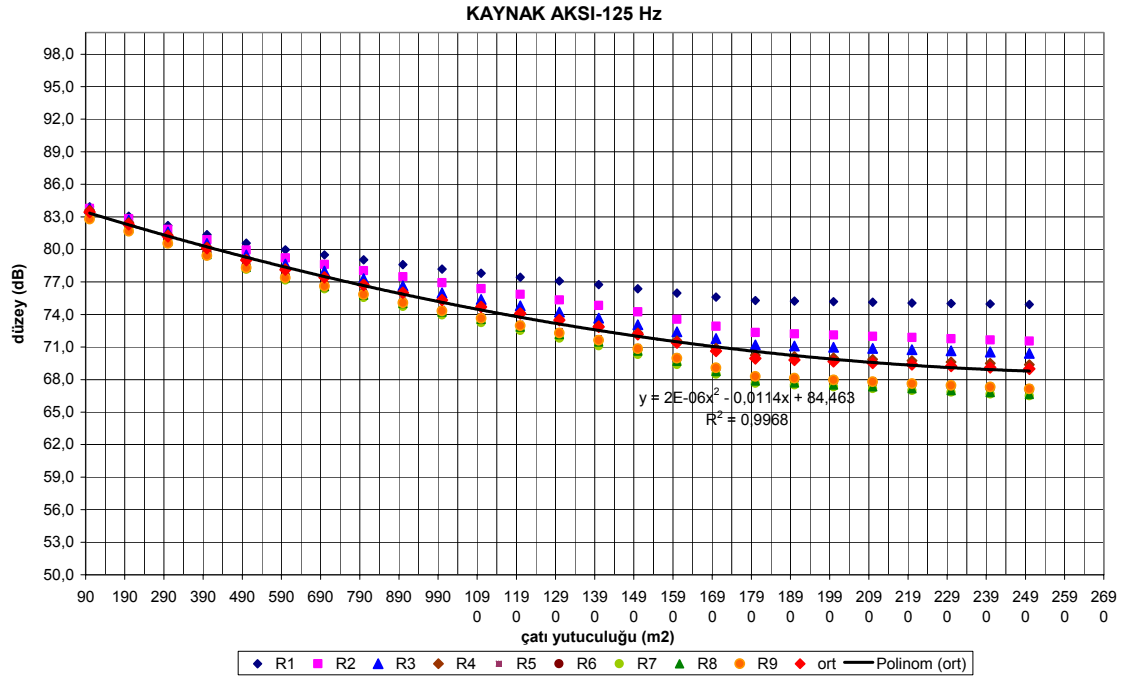
Şekil 6.27 4000 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri



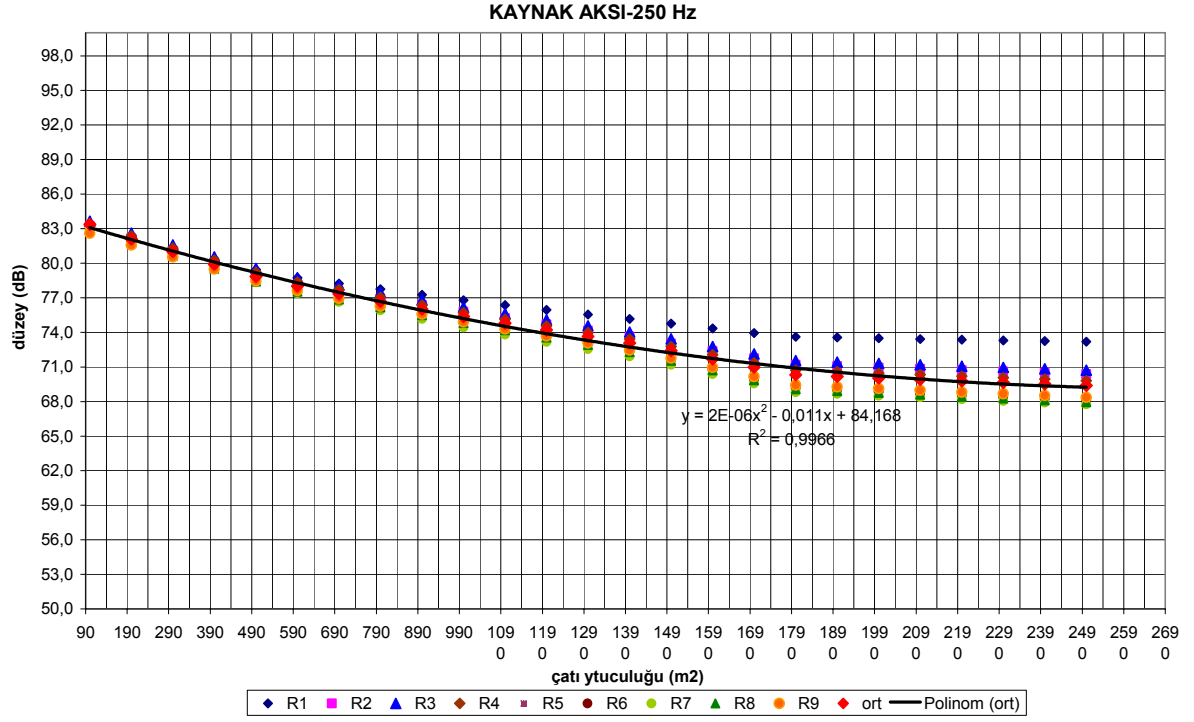
Şekil 6.28 8000 Hz frekansı için ses gücü düzeylerine bağlı gürültü düzeyi değerleri



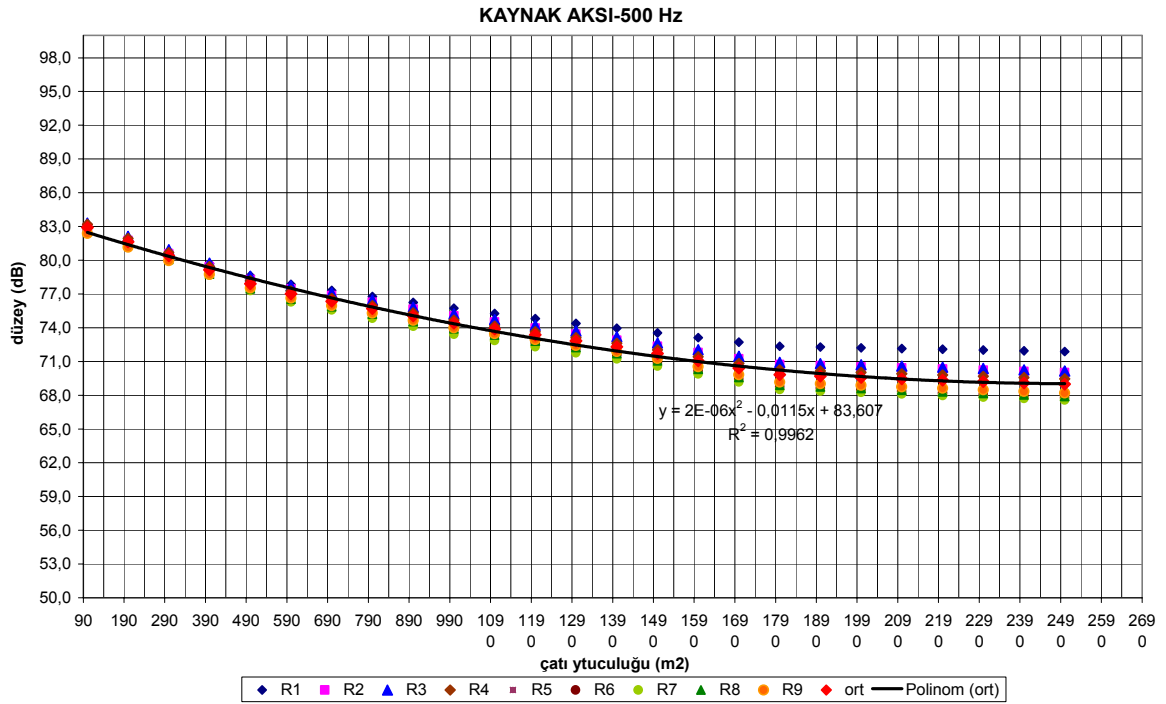
Şekil 6.29 63 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri



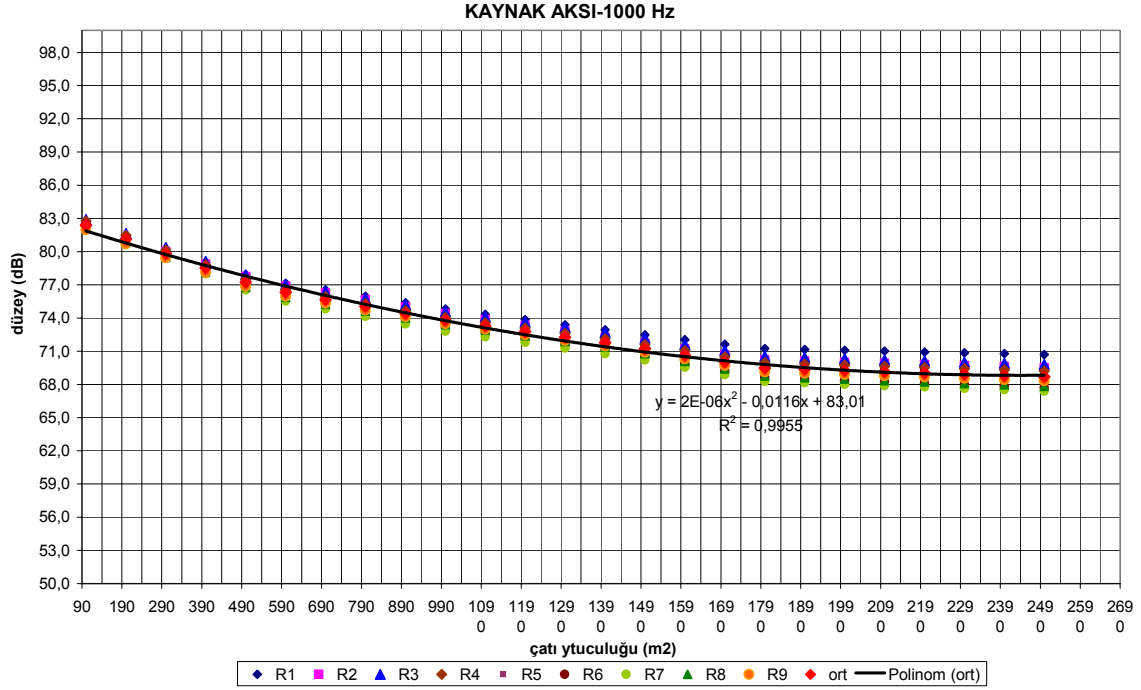
Şekil 6.30 125 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri



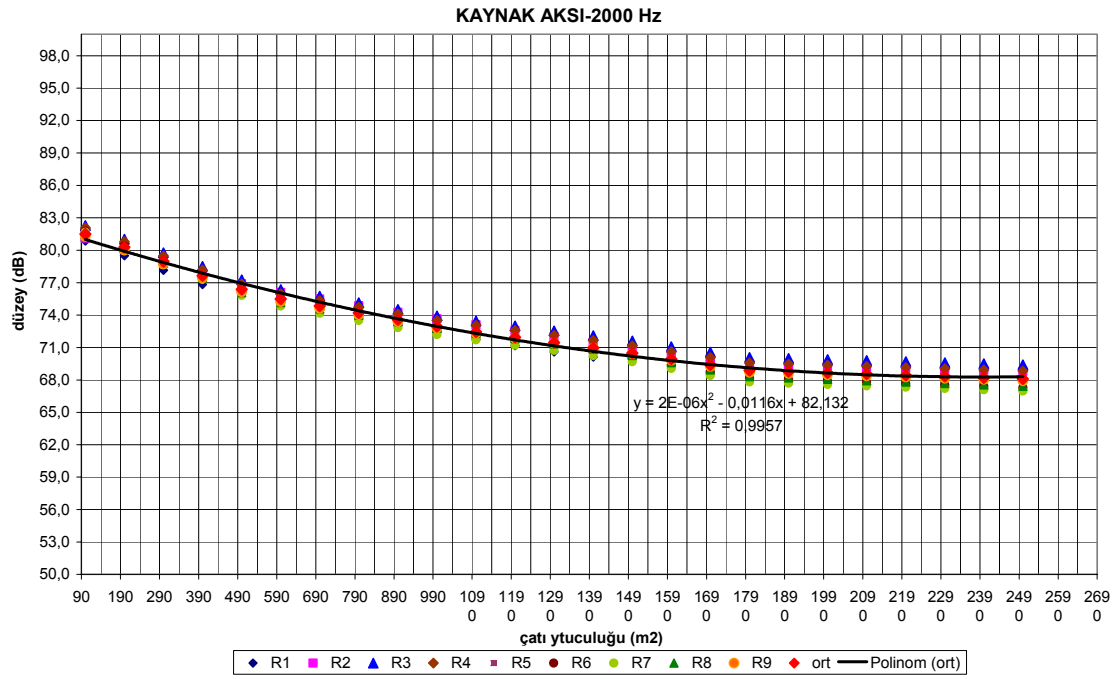
Şekil 6.31 250 Hz frekansı için çatı yituculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri



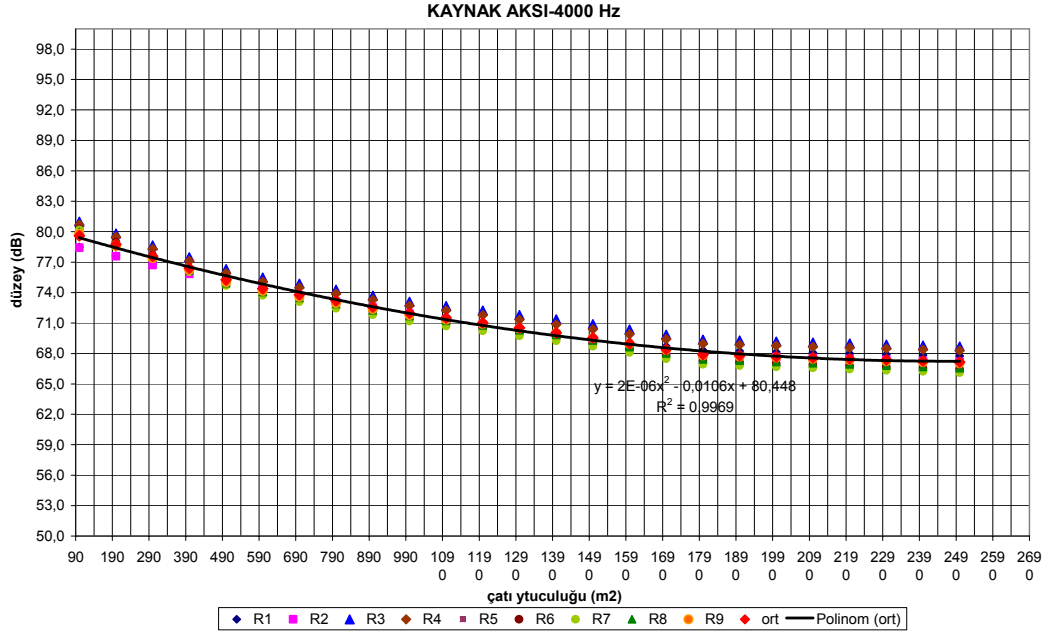
Şekil 6.32 500 Hz frekansı için çatı yituculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri



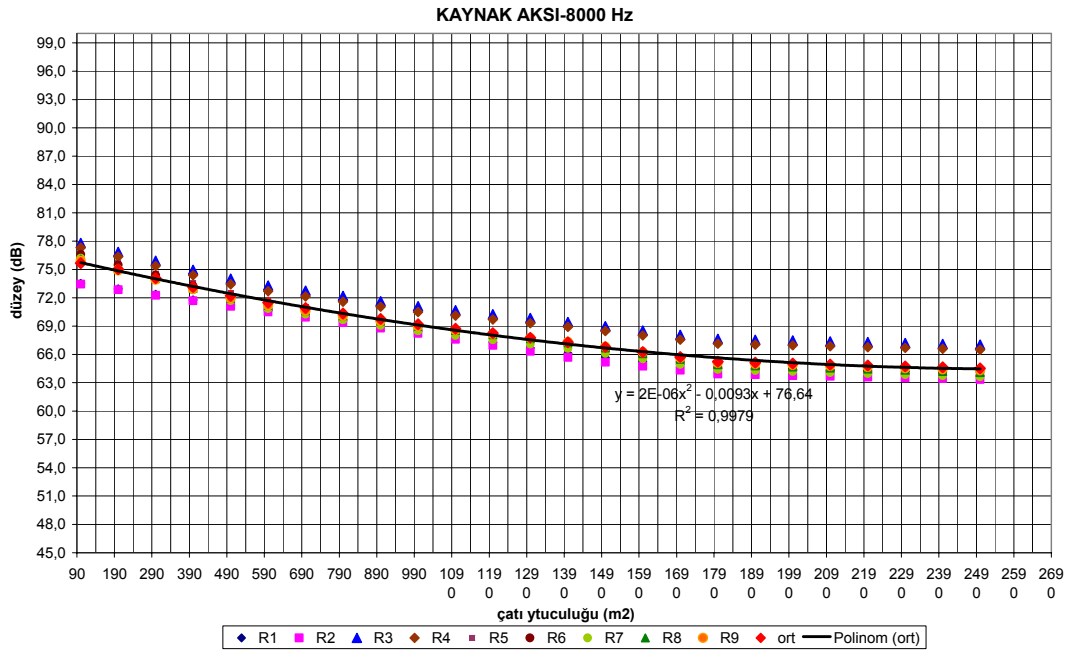
Şekil 6.33 1000 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri



Şekil 6.34 2000 Hz frekansı için çatı yutuculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri



Şekil 6.35 4000 Hz frekansı için çatı yituculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri



Şekil 6.36 8000 Hz frekansı için çatı yituculuğuna bağlı gürültü düzeyi değerleri

7. ÜRETİM HACİMLERİNDE KABUL EDİLEBİLİR GÜRÜLTÜ ORTAMININ ELDE EDİLMESİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN YAKLAŞIMIN SINANMASI

Bu bölümde, sanayi yapılarının tasarımı aşamasında üretim hacimlerinde kabul edilebilir gürültü ortamının elde edilebilmesi için bu tez çalışması kapsamında geliştirilen yaklaşımın ses gücü düzeyi değerleri bilinen makinelerin yer aldığı bir üretim hacmi üzerinde sinaması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, engelsiz koşul için geliştirilen yaklaşım kullanılarak elde edilen sonuçlar ODEON ABP’nda gerçekleştirilen akustik modelleme sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Üretim hacimlerinin tasarım aşamasında gürültü etkeni açısından değerlendirilmesine olanak tanıyan bu yaklaşımın uygulanması, ileride yer verilen grafiklerin kullanılmasını gerektirecek şu aşamaları içermektedir;

- Makine yerleşim planındaki gürültü kaynaklarının, 63 Hz – 8000 Hz frekansları için gürültü emisyon değerlerinin (ses gücü düzeylerinin ve doğrultululuk katsayılarının) bilinmesi (üretici firmanın bu bilgileri sağlaması ya da ilgili standarda göre ses gücü düzeyi ölçümlerinin yapılması gerekebilir.)
- Baskın gürültü kaynaklarının belirlenmesi ve hücre içine alınması ya da engel ile ayrılması olanaklarının araştırılması,
- Engelin akustik gölge bölgesindeki alıcı noktaları açısından gerekli toplam yutuculuk değerinin 63 Hz – 8000 Hz frekansları için belirlenmesi,
- Üretim alanı bütünü için diğer gürültü kaynaklarının ses gücü düzeyleri toplamına bağlı olarak gerekli toplam yutuculuk değerinin 63 Hz – 8000 Hz frekansları için belirlenmesi,
- Ses yutucu gerecin uygulanma biçimi ve koşullar göz önünde bulundurularak gerekli toplam yutuculuk değerlerini sağlayabilecek ses yutma çarpanlarının frekansa göre belirlenmesi,
- Ses yutucu gereçlerin çatı ve / ya da duvarlara atanması koşullarına göre ilgili grafiklerin kullanılarak üretim alanı genelindeki gürültü düzey dağılımlarının (X95) ve engelin akustik gölge bölgesindeki düzeylerin belirlenmesi,
- Belirlenen düzeylerin kabul edilebilir gürültü düzeyi ölçütü olan 85 dB(A) açısından değerlendirilmesi; uygun değilse önceki aşamaya dönülerek yutuculuğun artırılması ve düzeylerin yeniden belirlenmesi.

7.1 Engel Kullanılmadan Toplam Yutuculuk Artışı İle Gürültü Düzeylerinin Azaltılması

1.AŞAMADA : Engelsiz koşul için yaklaşımın sınanması

1.1 Makinelerin ses gücü düzeylerinin logaritmik toplamına bağlı olarak frekans bazında gerekli toplam yutuculuk değerlerinin bulunması (TYg)

1.2 Yüzey yutuculuklarının gerekli toplam yutuculuk değerini sağlayacak şekilde atanması ve frekansa göre gürültü düzeyleri dağılımını veren X95 parametrelerinin bulunması ve A-ağırlıklı toplam düzeyin hesaplanması

1.3 Üretim hacminin ODEON ABP'nda 1.2'deki yüzey yutuculukları atanarak gürültü haritası oluşturmak üzere modellenmesi ve frekansa göre X95 parametrelerinin hesaplanması

2.AŞAMADA : Engelli koşul için yaklaşımın sınanması

2.1 Engel ile ayrılan eksantrik pres makinesi için akustik gölge bölgesinde ortalama kabul edilebilir gürültü düzeyleri açısından frekans bazında gerekli toplam yutuculuk değerlerinin bulunması (TYg)

2.2 Yüzey yutuculuklarının gerekli toplam yutuculuk değerini sağlayacak şekilde atanması ve frekansa göre ortalama gürültü düzeylerinin bulunması ve A-ağırlıklı toplam düzeyin hesaplanması (ODEON ABP 9.2 sürümünde engelin akustik gölge bölgesi için hesap yapılamadığından 1.aşamadaki gibi akustik modelleme yapılamamıştır.)

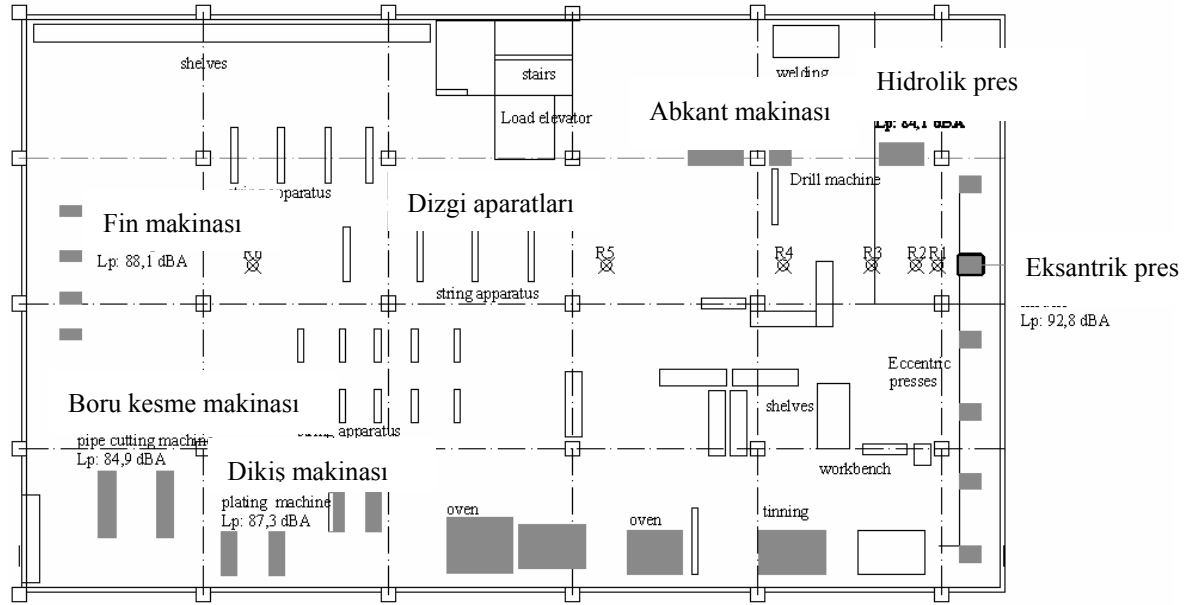
7.1.1 Gerekli Verilerin Oluşturulması

Çalışmada işler durumda olan bir radyatör üretim fabrikasının makine yerleşim planı kullanılmıştır. Gerekli verilerin oluşturulması aşamasında, makinelerin ses gücü düzeyleri tüm frekans değerleri için, üretim alanında gerçekleştirilen ses düzeyi ölçüm değerleri kullanılarak ve hacmin varolan toplam yutuculuk değeri kullanılarak

$$L_w = L_p - 10 \log (4/R + Q/4\pi r^2) \quad (7.1)$$

formülü yardımıyla hesaplanmıştır.

Ayrıca, gerekli toplam yutuculuk değeri (TYg) belirlenmesi için frekans ölçeğinde makinelerin ses gücü düzeyi değerleri logaritmik olarak toplanmış ve Şekil 7.2'deki grafik kullanılarak ses gücü düzeyi değerlerine karşılık gelen toplam yutuculuk değerleri her frekans için bulunmuştur. (Çizelge 7.1)



Şekil 7.1 Radyatör fabrikası üretim hacmi planı ve ölçülen A-ağırlıklı toplam ses düzeyleri.

Çizelge 7.1 Makinelerin frekansa bağlı ses gücü düzeyleri

frekans (Hz) /SWL (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
SWL(abkant)	66,5	66,6	69,3	71,9	75	76,1	73,3	67,5
SWL(eksantrik)	88,1	92,3	92,	94,1	92,1	94,0	97,8	97,9
SWL(hid)	85,9	86,7	90,0	90,1	88,4	84,2	80,3	76,0
SWL(fin)	82,9	84,8	88,3	90,3	88,8	89,9	91,1	90,1
SWL(dikiş)	69,5	72,0	75,6	76,9	73,8	74,5	72,0	67,0
SWL(boru k.)	70,7	71,6	72,8	79,2	71,5	71,1	72,3	69,5
Toplam ses gücü d.	91,0	94,0	95,2	96,8	95,0	95,8	98,7	98,6

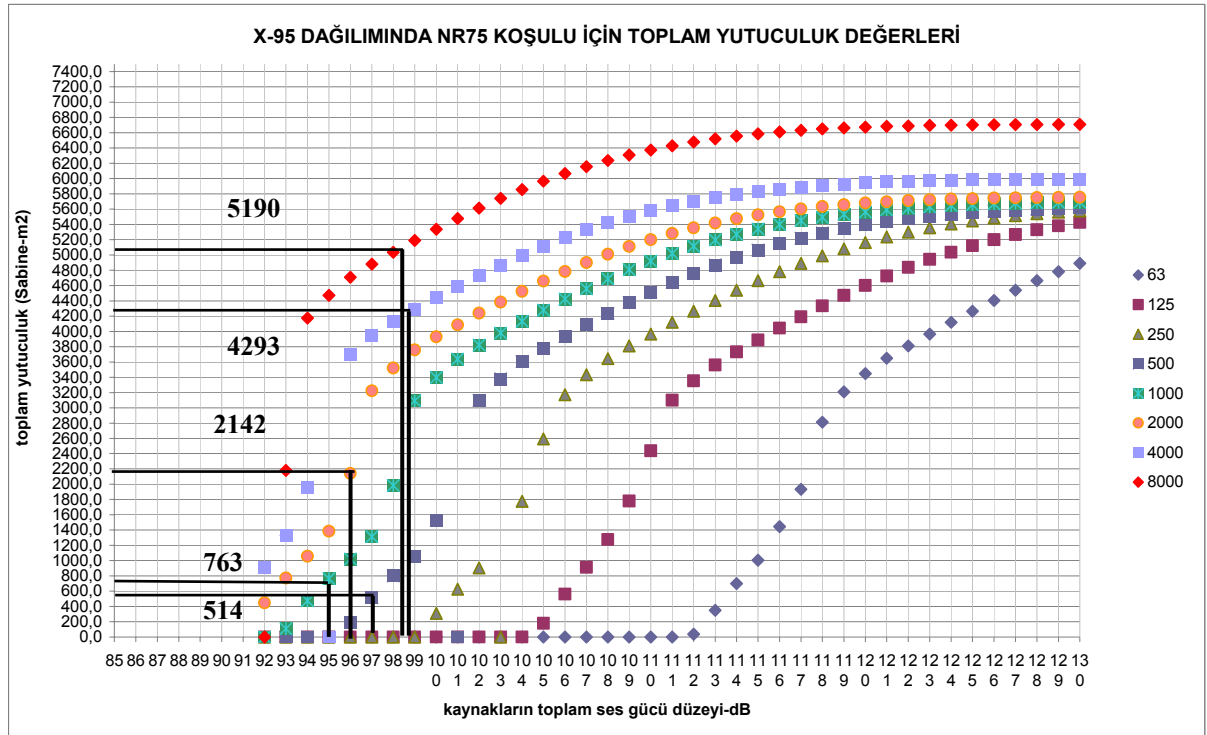
7.1.2 Yöntemin Uygulanması

1.2.1 Gerekli Toplam Yutuculuğun Belirlenmesi

Üretim hacminde kabul edilebilir gürültü ortamının elde edilmesinde frekans bazında gerek duyulan toplam yutuculuk değerleri Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'deki grafikler kullanılarak bulunmuştur. (Çizelge 7.2)

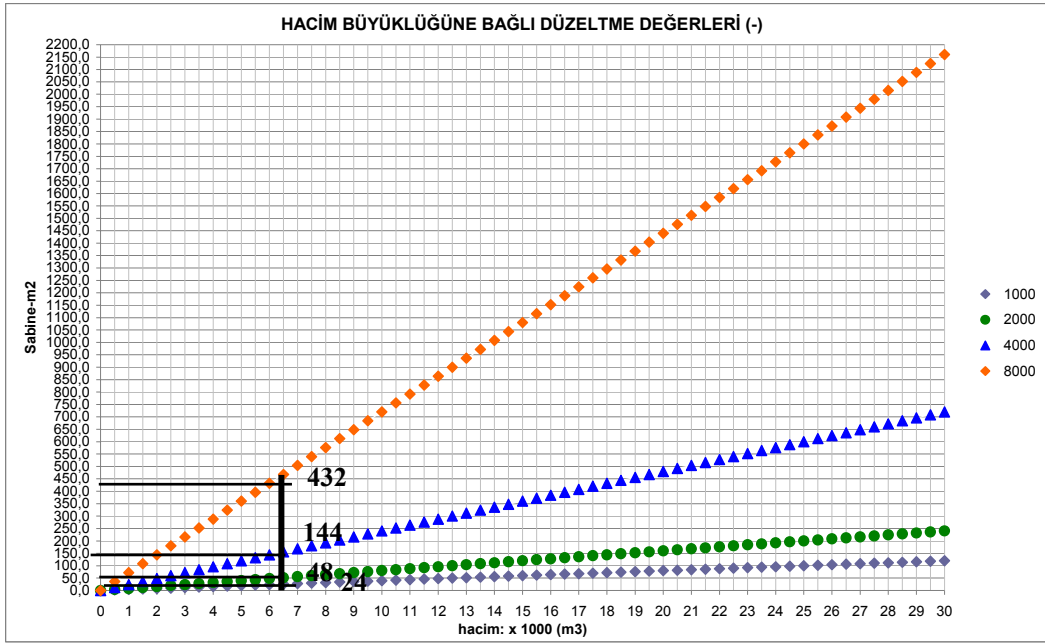
Çizelge 7.2 Gerekli toplam yutuculuk değerlerinin belirlenmesi.

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
frekans ölçeğinde ses gücü düzeyleri toplamı (dB)	91,0	94,0	95,2	96,8	95,0	95,8	98,7	98,6
X-95 Dağılım Ölçütüne Göre Toplam Yutuculuk Değerleri-(TYg)	0	0	0	514,4	763,1	2142,1	4292,3	5190,1
havanın yutuculuğuna bağlı düzeltme HACİM:6075 m ³					24	48	144	432
Frekans bazında gerekli toplam yutuculuk (TYg)-m ²	0	0	0	514,4	739,1	2094,1	4148,3	4758,1



Şekil7.2 Ses gücü düzeyi değerlerine karşılık gelen toplam yutuculuk değerlerinin bulunması.

X(95) dağılım parametresine göre geliştirilen yaklaşım kullanılarak gürültü düzeyleri öngörüldüğünde sonuçların, ODEON ABP kullanılarak elde edilen akustik modelleme sonuçları ile tutarlı olduğu ve frekans ölçeğinde ortaya çıkan ayrımların kabul edilebilir olduğu görülmektedir. Çizelge 7.3’de çatı ve duvar yutuculuklarının gerekli toplam yutuculuğa bağlı olarak atanması, Çizelge 7.4’de ise ilgili grafikler kullanılarak üretim alanı genelinde gürültü düzey dağılımlarını veren X(95) parametresinin belirlenmesi ile ilgili işlemler yer almaktadır.



Şekil 7.3 Havanın yutuculuğu ile ilgili düzeltme değerlerinin bulunması.

7.1.3 Yutuculukların Yüzeyle Atanması

Çizelge 7.3 Gerekli toplam yutuculuk değerlerine göre ODEON veri bankasından 2067 kodlu taş yünü ses yutucu gereç tavan ve duvarda uygulanmak üzere seçilmiştir.*

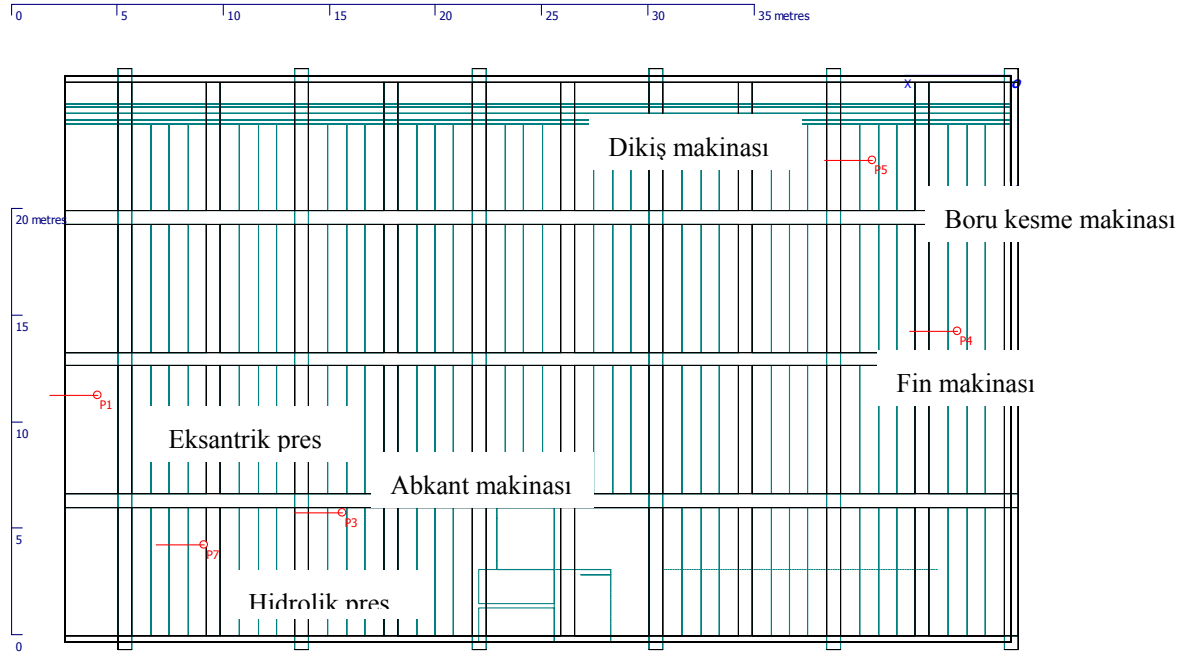
YÜZEY GERECİ	ALAN(m2)		125	250	500	1000	2000	4000	8000
DUVAR ALANI: □720m2									
TAVAN ALANI: ~1215m2									
ASMA TAVAN VE EK YUTUCU YÜZEYLERDE TAŞYÜNÜ-2067 UYGULANABİLİR (yutucu gereç TY'g'nin frekans dağılımı gözönünde bulundurularak seçilmelidir.)									
ASMA TAVAN-taşıyünü-2067	1185	0,06	0,06	0,1	0,51	0,78	0,98	1	1
EK-YUTUCU-taşıyünü-2067	550	0,06	0,06	0,1	0,51	0,78	0,98	1	1
DUVAR-taşıyünü-2067	700	0,06	0,06	0,1	0,51	0,78	0,98	1	1
DÖŞEME-MOZAİK	1185	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
CAM	20	0,35	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04	0,04
ASMA TAVAN VE EK YUTUCU YÜZEYLERDE TAŞYÜNÜ-2067 UYGULANABİLİR (yutucu gereç TY'g'nin frekans dağılımı gözönünde bulundurularak seçilmelidir.)									
ASMA TAVAN-taşıyünü-2067		71,1	71,1	118,5	604,35	924,3	1161,3	1185	1185
EK-YUTUCU-taşıyünü-2067		33	33	55	280,5	429	539	550	550
DUVAR		42	42	70	357	546	686	700	700
DÖŞEME-MOZAİK		23,7	23,7	35,55	35,55	47,4	47,4	47,4	59,25
CAM		7	7	5	3,6	2,4	1,4	0,8	0,8
SAĞLANABİLEN TOPLAM YUTUCULUK	TY	176,8	176,8	284,05	1281	1949,1	2435,1	2483,2	2495,05

* ODEON ABP'nın veri bankası içinden seçilen üretim hacimlerinde kullanılabilecek özellikte ve ses yutma karakteristikleri farklı ses yutucu gereçler EK 16'da verilmiştir.

7.1.4 Gürültü Düzeyleri Dağılımının (X95) Öngörülmesi

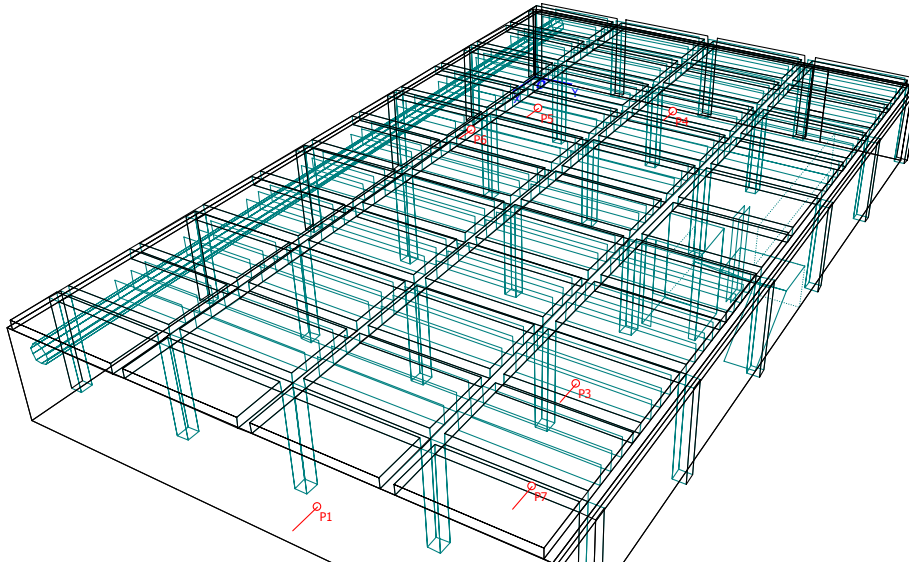
Çizelge 7. 4 Üretim alanında gürültü düzey dağılımlarını veren X(95) parametresinin öngörülmesi.

	Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam
ÇATI YUTUCULUĞU (ASM+EK Y.)		104,1	104,1	173,5	884,85	1353,3	1700,3	1735	1735	
DUVAR YUTUCULUĞU		42	42	70	357	546	686	700	700	
A-TİPİ YERLEŞİM										
ÇATI YUTUCULUĞUNA BAĞLI DÜZEY DAĞILIMI-X(95)-L(Ç)		85,2	85,2	84,4	80,3	79	78,5	77,9	76,5	
DUVAR YUTUCULUĞUNA BAĞLI DÜZEY DAĞILIMI-X(95)-L(D)		87,3	87,1	85,8	82,7	80,8	79,4	77,7	76,3	
SES GÜCÜ DÜZEYİNE BAĞLI DÜZELTME		9,0	6,0	4,8	3,2	5,0	4,2	1,3	1,4	
L(Ç)		76,2	79,2	79,6	77,1	74,0	74,3	76,6	75,1	
l(D)		78,3	81,1	81,0	79,5	75,8	75,2	76,4	74,9	
B-YERLEŞİMİ İÇİN	L(0)	84,1	84,1	84	83,8	83,5	82,9	81,2	78,4	
	L(□)Ç	7,9	4,9	4,4	6,7	9,5	8,6	4,6	3,3	
	L(□)D	5,8	3,0	3,0	4,3	7,7	7,7	4,8	3,5	
	L(□)T	10,0	7,1	6,7	8,6	11,7	11,1	7,7	6,4	
	L(T)	74,1	77,0	77,3	75,2	71,8	71,8	73,5	72,0	
havanın yutuculuğuna bağlı düzeltme	EKLENECEK	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,5	
üretim alanı büyüklüğüne bağlı düzeltme	EKLENECEK	1,5	1,8	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
X(95) parametresinin belirlenmesi	ÖNGÖRÜLEN	75,6	78,8	78,5	76,1	72,7	72,7	74,4	72,9	80,9dBA
	MODELLEME	77,2	80,2	79,9	77,1	73,8	73,7	75,8	75,2	82,3dBA
	ayrıntılar	-1,6	-1,4	-1,4	-1,0	-1,1	-1,0	-1,4	-2,3	1,4
	NR75	94,7	87,2	81,7	77,9	75,0	72,6	70,8	69,2	



Odeon©1985-2008 Licensed to: License information /dongle unavailable at start up! Restricted version - research and teaching only!

Şekil 7.4 Radyatör fabrikası üretim hacmi akustik modelinde makinelerin yerleşimi

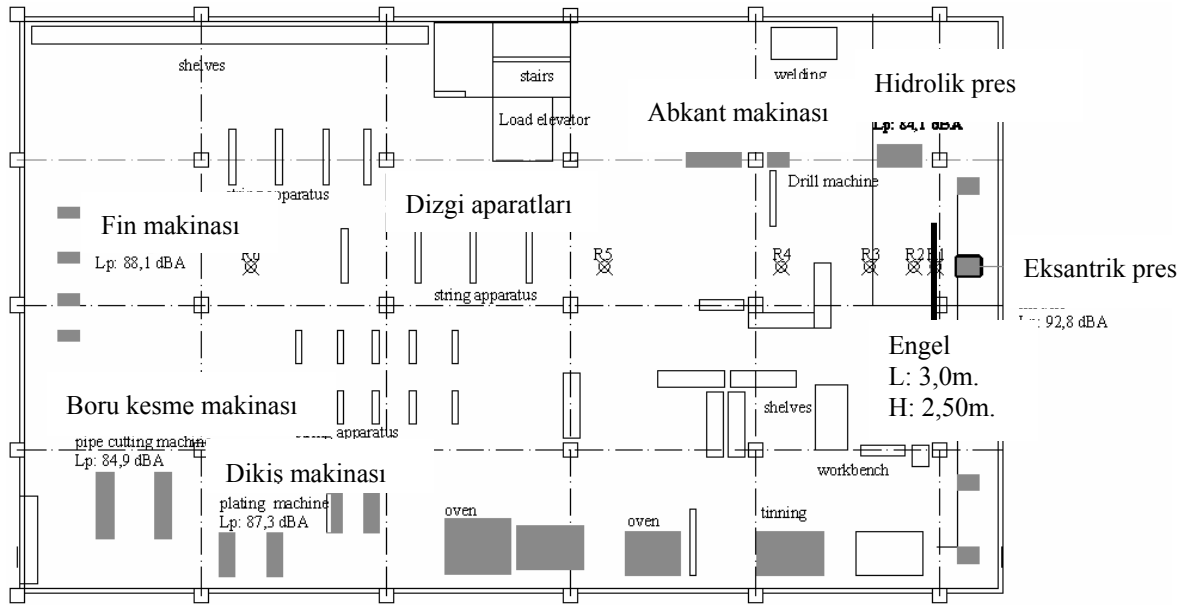


Odeon©1985-2008 Licensed to: License information /dongle unavailable at start up! Restricted version - research and teaching only!

Şekil 7. 5 Radyatör fabrikası üretim hacmi modelinde ek-yutucu elemanlar

7.2 Gürültülü Makinenin Engel İle Ayrılması Durumunda Gerekli Toplam Yutuculuğun Bulunması ve Gürültü Düzeylerinin Öngörülmesi

Bu bölümde baskın gürültü kaynağı durumundaki eksantrik pres'in engel ile ayrılması durumunda akustik gölge bölgesinde gürültü düzeylerinin kabul edilebilir olması için geliştirilen yaklaşımın uygulaması yapılmıştır.



Şekil 7.6 Radyatör fabrikası makine yerleşim planı.

7.2.1 Yöntemin Uygulanması

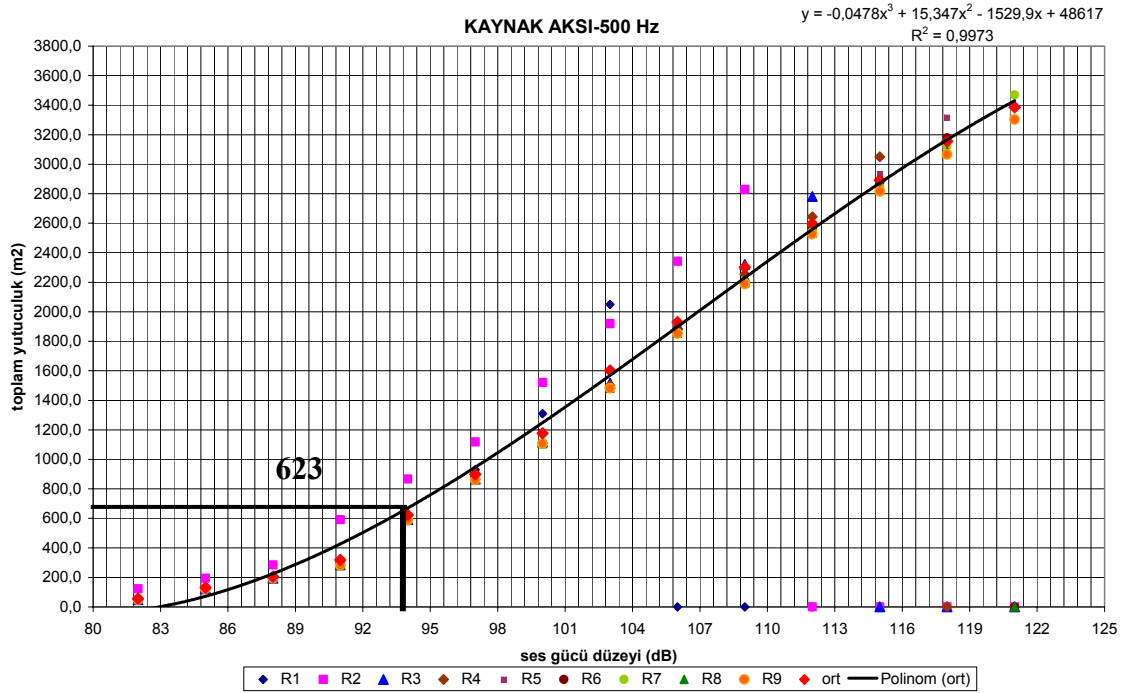
7.2.1.1 Gerekli Toplam Yutuculuğun Belirlenmesi

Bu bölümde üretim alanındaki baskın gürültü kaynağının engel ile ayrılması durumunda, engelin akustik gölge bölgesinde gürültü düzeylerinin kabul edilebilir olması için gerekli toplam yutuculuğun belirlenmesi ve üretim alanı geneli için gürültü düzeyleri dağılımının belirlenmesi ile ilgili işlemlere yer verilmiştir.

Eksantrik pres dışındaki makinelerin ses gücü düzeyleri toplamı eksantrik pres'ininkileri geçmediğinden eksantrik pres için belirlenen toplam yutuculuk diğer makineler için de yeterlidir.

Çizelge 7.5 Yeterli engel etkinliğini sağlamak için gerekli toplam yutuculuğun bulunması

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
frekans bazında toplam ses gücü düzeyi-eksantrik dışında (dB)	87,8	89,1	92,4	93,5	91,8	91,2	91,6	90,3
EKSANTRİK PRES SES GÜCÜ DÜZEYLERİ	88,1	92,3	92	94,1	92,1	94	97,8	97,9
Ses Gücü Düzeylerine Karşılık Gelen Toplam Yutuculuk Değerleri	0	67,2	214,6	623,8	706,9	1089,5	1792,1	2063,3
havanın yutuculuğuna bağlı düzeltme					24	48	144	432
NR75'e göre frekans bazında sağlanması gereken toplam yutuculuk (TYg)-m2	0	67,2	214,5	623,8	682,9	1041,5	1648,1	1631,3



Şekil 7.7 500 Hz için gerekli toplam yutuculuğun bulunması.

7.2.2 Yutuculukların Yüzeylere Atanması

Bu aşamada belirlenen gerekli toplam yutuculuk değerlerine göre yutucu bir asma tavan oluşturulmuştur.

Çizelge 7.6 Gerekli toplam yutuculuğun atanması

TAVAN ALANI: ~1215m ²		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ASMA TAVAN-taşıyünü-2067	1185	0,06	0,06	0,1	0,51	0,78	0,98	1	1
DUVAR-sıva	700	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06
DÖŞEME-MOZAİK	1185	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
CAM	20	0,35	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04	0,04
ASMA TAVAN-taşıyünü-2067		71,1	71,1	118,5	604,35	924,3	1161,3	1185	1185
duvar-sıva		14	14	21	21	28	35	42	42
DÖŞEME-MOZAİK		23,7	23,7	35,55	35,55	47,4	47,4	47,4	59,25
CAM		7	7	5	3,6	2,4	1,4	0,8	0,8
SAĞLANABİLEN TOPLAM YUTUCULUK	TY	115,8	115,8	180,05	664,5	1002,1	1245,1	1275,2	1287,05

Engelin akustik gölge bölgesindeki gürültü düzeylerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan işlemler Çizelge 7.7’de yer almaktadır.

Geliştirilen yaklaşımın engel etkinliği ile ilgili aşamalarının uygulanmasıyla, yalnız eksantrik pres çalışırken engelin akustik gölge bölgesinde ses düzeyinin 78,3 dBA, tüm makineler çalışırken ise üretim alanı genelinde 84,6 dBA olarak bulunmuştur.

Çizelge 7.6 Yaklaşımın uygulanmasında engelin akustik gölge bölgesindeki gürültü düzeylerinin belirlenmesi ile ilgili işlemler.

AŞAMALAR	Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam	
ÇATI YUTUCULUĞU (ASM)		71,1	71,1	118,5	604,35	924,3	1161,3	1185	1185		
DUVAR YUTUCULUĞU		-	-	-	-	-	-	-	-		
3.1 YALNIZ EKSANTRİK PRES ÇALIŞIRKEN	SES DÜZEYİ (dB)										
ÇATI YUTUCULUĞUNA BAĞLI DÜZEY DAĞILIMI-L(Ç)		83,4	83,4	83,4	80	77,6	76	74,3	71,1		
DUVAR YUTUCULUĞUNA BAĞLI DÜZEY DAĞILIMI-L(D)		-	-	-	-	-	-	-	-		
ses gücü düzeyine bağlı düzeltme		11,9	7,7	8	5,9	7,9	6	2,2	2,1		
		71,5	75,7	75,4	74,1	69,7	70	72,1	69		
	dBa-düzeltilme	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1		
	Ses düzeyleri (dB)	45,3	59,6	66,8	70,9	69,7	71,2	73,1	67,9	78,3	dBa
3.2 DİĞER MAKİNELERİN OLUŞTURDUĞU DÜZEY-X(95)'E GÖRE											
	TOPLAM SWL	87,8	89,1	92,4	93,5	91,8	91,2	91,6	90,3		
B-TİPİ YERLEŞİM	X(95)	84,2	83,9	83,1	80,2	78,6	77,7	76,9	75,8		
ses gücü düzeyine bağlı düzeltme		12,2	10,9	7,6	6,5	8,2	8,8	8,4	9,7		
	Ses düzeyleri (dB)	72,0	73,0	75,5	73,7	70,4	68,9	68,5	66,1		
3.3 TÜM MAKİNELERİN OLUŞTURDUĞU ORTALAMA SES DÜZEYİ											
	3.1+3.2										
	dBa-düzeltilme	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1		
	TOPLAM SES DÜZEYİ	57,5	67,7	75,5	77,7	78,4	78,0	76,3	71,2	84,6	dBa

8. SONUÇ ve DEĞERLENDİRMELER

Günlerinin önemli bir bölümünü gürültülü çalışma ortamlarında geçiren sanayi çalışanları, bulundukları ortamdaki gürültü düzeylerine ve çalışma sürelerine bağlı olarak, başta işitme kaybı olmak üzere gürültüyle doğrudan ya da dolaylı olarak ilişkili birçok sağlık sorunu ile karşılaşmaktadırlar. Ülke genelinde önemli bir çalışan nüfusu barındıran, ayrıca çevresel gürültü kaynakları olarak çevre yerleşimleri de etkileyen sanayi yapıları, üretim kaynaklı gürültülerin denetlenmesi yönünden önemli sorun oluşturmaktadır. Sanayi yapılarının tasarımında gürültü etkeninin, **bölge planlama, kent planlama, imar planlama ve yapı tasarımı** süreçlerinde ele alınması ve bir ölçüt olarak değerlendirilmesi, gürültüye bağlı olarak ortaya çıkabilecek olumsuzlukların baştan denetim altına alınabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Ülkemizde yüksek düzeyli gürültülerin söz konusu olduğu sanayi yapılarında, üretim hacmi içinde ortaya çıkan gürültülerin denetlenmesi ve sessiz olması önem taşıyan yapı bölümleri ile ilgili çalışmalar, genellikle iyileştirme projeleri kapsamında yapı tamamlandıktan sonra gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Üretime geçildikten sonra uygulanmaya çalışılan iyileştirme projeleri, çoğunlukla yeterli gürültü azaltımı sağlayamamakta ya da ekonomik olmayan yapılması güç değişiklikler gerektirmektedir. Özellikle yapı strüktürü aracılığı ile yayılan gürültülerin denetlenmesi ya da planlama ile ilgili yetersizliklere bağlı olarak sessiz hacimlerin etkilenmesi söz konusu olduğunda başarısız olunmakta ve genellikle istenilen düzeyde etkili çözümlere ulaşılamamaktadır.

Sanayi yapılarında gürültü etkenini bir tasarım ölçütü olarak değerlendirmeyi amaçlayan bu tez çalışması kapsamında konu iki ayrı aşamada ele alınmış; ilk aşamada sanayi yapılarında üretim alanının planlanması, arsa yerleşimi ile ilgili olarak imar planlama ve sanayi yapısının tasarımı aşamalarında gürültü etkeni ile ilgili temel ilke kararlarına yer verilmiş, ikinci aşamada ise çalışanların gürültüden etkilendikleri hacimler olan üretim hacimleri ile ilgili olarak, üretim hacminde gürültü ortamının tasarım aşamasında değerlendirilebilmesi amacıyla akustik modelleme verilerine dayanan bir yaklaşım geliştirilmiştir. Sanayi yapılarından kaynaklanan çevresel gürültülerin değerlendirilmesi konusu ise bu tez çalışmasının kapsamı dışında tutulmuştur.

Tez çalışması kapsamında sanayi yapılarının planlama ve yerleşim aşamalarında gürültü etkeni ile ilgili belirlenen temel ilke kararları;

- Sanayi yapılarının tasarımında gürültü etkeninin, bölge planlama, kent planlama, imar planlama ve yapı tasarımı süreçleri içinde bir bütün olarak ele alınması,
- Sanayi yapılarının kentsel alanların dışında Organize Sanayi Bölgelerinde (OSB) planlanması konusunda bölge ve kent ölçeğinde gerekli planlama kararlarının oluşturulması ve özellikle yüksek gürültülerin ortaya çıktığı sanayi kollarının OSB'lerinde planlanmasına özen gösterilmesi,
- Üretim hacmi içinde yüksek düzeyli gürültülerin ortaya çıktığı sanayi kollarında, koşulların izin verdiği ölçüde yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili sessiz olması gereken hacimlerin üretim hacminden ayrı bağımsız yapılarda planlanmaya çalışılması ya da bu sanayi kollarına OSB'lerde yer verilmesi durumunda sosyal donatı alanlarının sanayi bölgesi içinde gürültü açısından gerekli önlemlerin alındığı alanlarda ortak çözümlenmesi,
- Üretim hacmi içinde gürültü düzeylerini azaltmaya yönelik alınabilecek önlemlerin, sanayi yapısının tasarımının ilk evresinden başlayarak planlı bir şekilde ele alınması,
- Yapı içindeki üretim – yönetim – sosyal alanlardaki hacimlerin planlanmasında bu hacimlerin birbiriyle olan ilişkilerinde gürültü etkeninin göz önünde bulundurulması,
- Yapı taşıyıcı sistemine geçebilecek gürültülerin yapı geneline yayılmasına karşı gerekli önlemlerin taşıyıcı sistem tasarımı içinde ele alınması,
- Yapı kabuğu tasarımı aşamasında gürültü etkeninin göz önünde bulundurularak yapı kabuğunun yeterli ses geçiş kaybı sağlayacak özellikte tasarlanması,

olarak sıralanabilir. Sanayi yapılarının tasarımı aşamasında gürültü etkeni açısından izlenmesi önem taşıyan temel ilke kararlarının uygulanması ile ilgili akış şeması Bölüm 2'de verilmiştir.

Avrupa Birliği ülkelerinde geçerli olan 6/2/2003 tarih ve 2003/10/EC sayılı **Avrupa Parlamentosu Yönergesi** ve Türkiye'de 23.12.2003 tarihinde Resmi Gazetede yayımlanan **Gürültü Yönetmeliği**'nin getirdiği sınırlamalar, çalışma ortamlarındaki gürültünün denetlenmesini ve çalışanların gürültü etkilenmesinin izlenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, bu tez çalışması kapsamında üretim hacimlerindeki gürültü ortamının tasarım aşamasında değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Üretim hacminin toplam yutuculuğunun, üretim alanı genelinde gürültü düzeyleri dağılımına etkisi ve gürültü kaynaklarının engel ile ayrılması durumu, akustik modellemeler aracılığı ile ayrıntılı olarak incelenmiş, gürültü ortamının kabul edilebilir kılınması için gürültü kaynaklarının ses gücü düzeyi değerlerine bağlı iki aşamalı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, üretim alanındaki gürültü düzeylerinin tasarım aşamasında önceden belirlenmesini ve üretim alanındaki gürültü

ortamının ilgili Avrupa Parlamentosu Yönergesi ve Gürültü Yönetmeliği'nde çalışanların üst etkilenme değeri olarak belirlenmiş olan 85 dBA ölçütüne bağlı değerlendirmesini olanaklı kılmaktadır. Gürültü etkenini bir tasarım ölçütü olarak değerlendirmeyi amaçlayan yaklaşımın getirdiği yenilikler;

- Sanayi yapılarının planlama ve tasarımları süreçlerinde yararlanılabilecek, gürültü etkeni ile ilgili tasarımı yönlendirici nitelikte ilkesel önerilerin geliştirilmiş olması,
- Sanayi yapılarının üretim hacimlerinin tasarımı aşamasında, gürültü denetimi ile ilgili hacme bağlı önlemlerden olan toplam yutuculuğun arttırılması ve engel kullanımı ile ilgili, üretim alanındaki makinelerin ses gücü düzeyi değerlerine bağlı bir yaklaşım geliştirilmiş olması

olarak sıralanabilir.

Bu yaklaşım üretim hacimleri için üretim alanı bütünü ya da engelin akustik gölge bölgesi için geçerli olmak üzere, kabul edilebilir gürültü düzeyleri ile ilişkili frekansa bağlı **optimum** (gerekli) **toplam yutuculuk değerinin (TYg)** tasarım aşamasında belirlenebilmesini ve yüzey yutuculuklarına bağlı olarak üretim alanı bütününde ya da engelin akustik gölge bölgesinde frekans bazında **gürültü düzeyleri dağılım durumunun (X95 parametresi)** yaklaşık olarak önceden bilenebilmesini olanaklı kılmıştır. İki aşamadan oluşan bu yaklaşımdan birbirini izleyen bir akış içinde yararlanılması önerilmekle birlikte, üretim hacminin akustik modellemesinin yapılmasının olanaklı olduğu durumlarda ikinci aşamadan bağımsız olarak yalnız birinci aşamanın kullanılmasıyla üretim hacminin optimum toplam yutuculuk değerinin bulunması amacıyla da yararlanılabilir.

Önerilen yaklaşımın aşamaları;

- X(95) gürültü düzeyleri dağılım parametresine / engelin akustik gölge bölgesindeki alıcı noktasına göre, gerekli toplam yutuculuk değerinin (TYg) belirlenmesi,
 - Gerekli toplam yutuculuk değerine göre yutucu gereç seçimi ve yüzeylere atanması,
 - Üretim alanı geneli / engelin akustik gölge bölgesindeki alıcı noktaları için gürültü düzeylerinin ya da X(95) gürültü dağılım parametresinin belirlenmesi,
 - Gürültü düzeylerinin 85 dBA ölçütü açısından denetlenmesi
- olarak özetlenebilir.

Geliştirilen yaklaşım, toplam yutuculuğun arttırılması ve engel kullanılması ile gürültünün azaltılması olmak üzere iki ayrı yönüyle, bir radyatör fabrikasının üretim hacmi üzerinde sınanmış ve toplam yutuculuk artışı ile yapılan X(95) gürültü düzeyi dağılımları ile ilgili

belirlemelerin ODEON ABP ile gerçekleştirilen akustik modelleme sonuçları ile tutarlı olduğu görülmüştür.

Sanayi yapılarının üretim hacimlerinde kabul edilebilir gürültü ortamının sağlanmasında önerilen yaklaşımın aşamaları ;

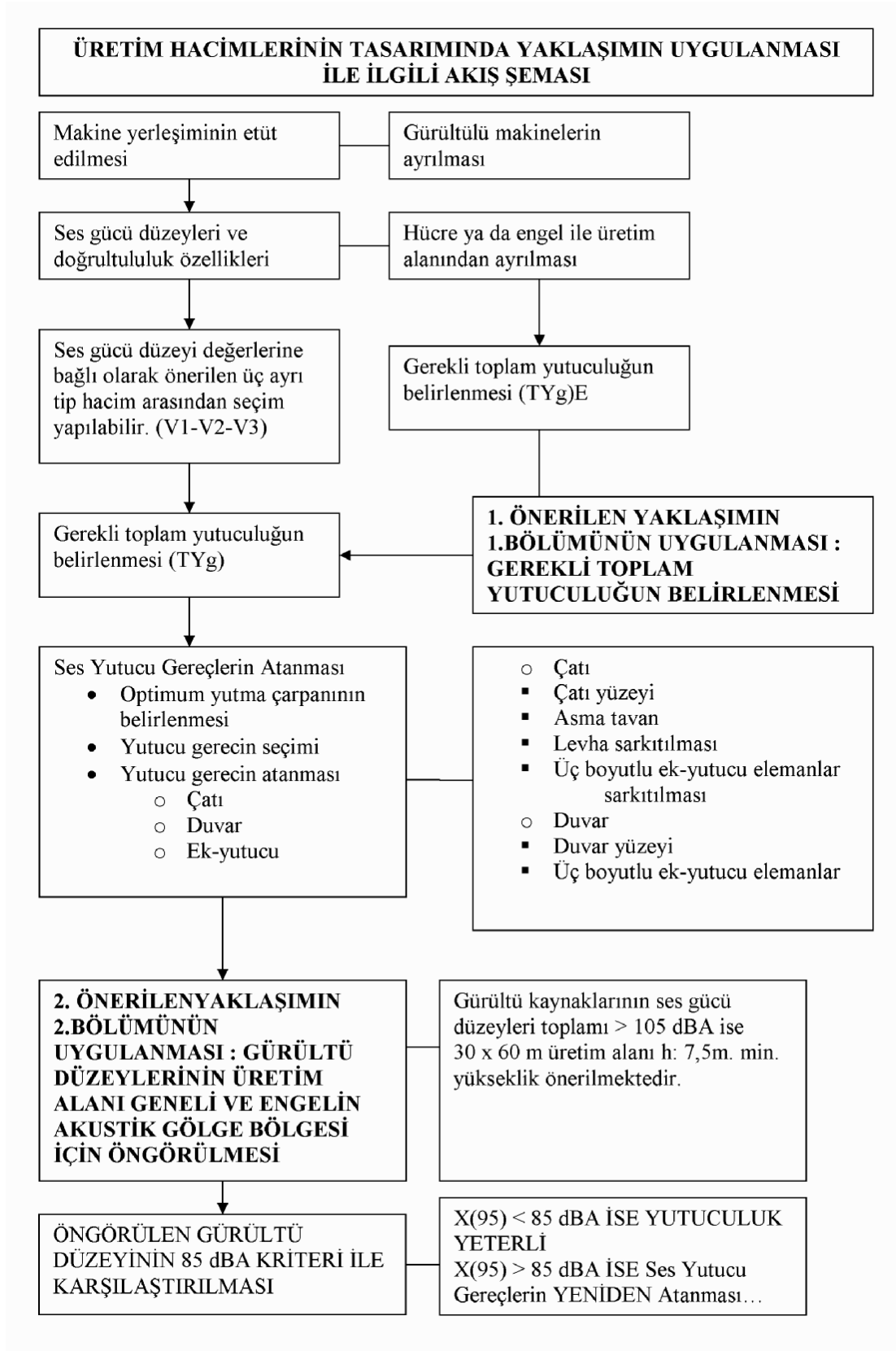
1. Değişik makinelerin bir arada bulunduğu üretim alanı geneli için önerilen yaklaşımın aşamaları;

- Üretim hacminin sağlaması gereken toplam yutuculuk değerinin, gürültü kaynağı durumundaki makinelerin ses gücü düzeylerine bağlı olarak frekans ölçeğinde belirlenmesi,
- Gerekli toplam yutuculuğa bağlı olarak ses yutucu gerecin/gereçlerin seçilmesi ve çatı-duvar yutuculuklarının atanması,
- Gerekli toplam yutuculuğun çatı ve duvar bölümlerine dağıtılması ile birlikte üretim alanındaki gürültü düzeyi dağılımının frekans ölçeğinde istatistiksel olarak belirlenmesi (X95 dağılım ölçütü)
- Frekans ölçeğinde belirlenen gürültü düzeylerinden A-ağırlıklı toplam gürültü düzeyinin hesaplanması ve kabul edilebilir gürültü düzeyi ölçütü 85dBA açısından değerlendirilmesi.

2. Engel ile ayrılmış gürültü kaynakları için önerilen yaklaşımın aşamaları;

- Gürültülü makinenin engel ile ayrılması durumunda akustik gölge bölgesinde kabul edilebilir gürültü düzeylerinin sağlanması için gerekli toplam yutuculuk değerinin gürültü kaynağının ses gücü düzeyine bağlı olarak frekans ölçeğinde belirlenmesi,
- Gerekli toplam yutuculuğa bağlı olarak ses yutucu gerecin/gereçlerin seçilmesi ve çatı-duvar yutuculuklarının atanması,
- Gerekli toplam yutuculuğun çatı ve duvar bölümlerine dağıtılması ile birlikte engelin akustik gölge bölgesi için ortalama ya da engelden değişik uzaklıklardaki alıcı noktaları açısından gürültü düzeylerinin frekans ölçeğinde belirlenmesi,
- Frekans ölçeğinde belirlenen gürültü düzeylerinden A-ağırlıklı toplam gürültü düzeyinin hesaplanması ve kabul edilebilir gürültü düzeyi ölçütü 85dBA açısından değerlendirilmesi.

olarak sıralanabilir. Önerilen yaklaşımın tasarım aşamasındaki sanayi yapılarının üretim hacimlerine uygulanması ile ilgili akış şeması Şekil 7.1’de verilmiştir.



Şekil 7.1 Üretim hacimlerinin tasarım aşamasında gürültü etkeni ile ilgili önerilen yaklaşımın uygulanması ile ilgili akış şeması.

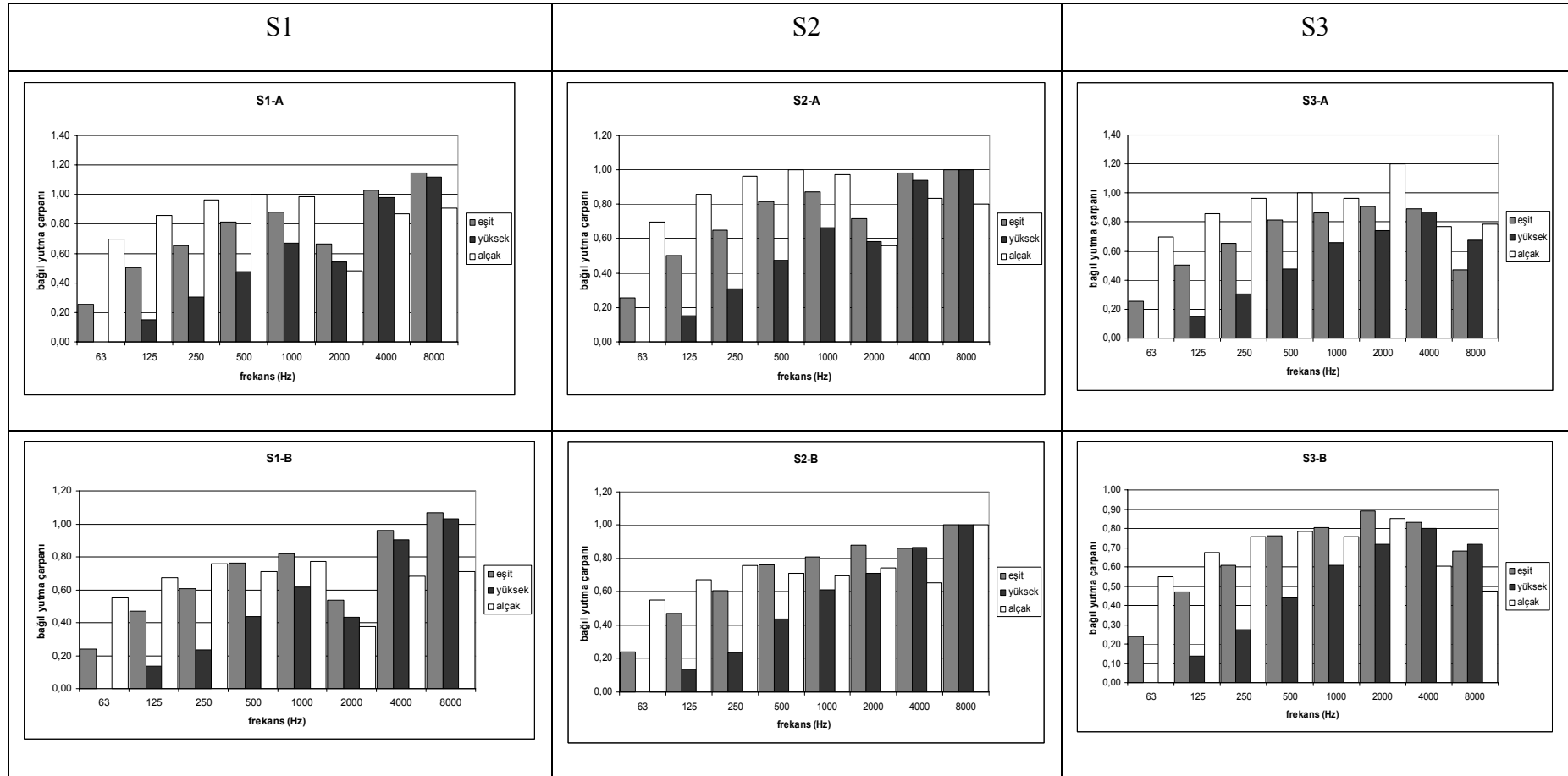
Çizelge 7.1’de akustik modelleme verilerine bağlı olarak geliştirilen bu yaklaşımdan elde edilen genel sonuçlar olarak, farklı hacim büyüklükleri ve makine yerleşim düzenleri için gürültü kaynaklarının ses gücü düzeyleri toplamı ve tayf özelliklerine bağlı olarak önerilen çatı ve duvar yutuculuklarına yer verilmiştir.

Şekil 7.1’de farklı hacim büyüklükleri ve makine yerleşim düzenleri için gürültü kaynaklarının tayfsal yapısına bağlı olarak ses yutucu gereçlerin frekansa bağlı önerilen bağlı ses yutma çarpanları yer almaktadır.

Çizelge 7.1 Makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen ortalama çatı ve duvar yutuculukları.*

SGD	S1= 20m x 40m.				S2= 30m x 60m.				S3= 45m x 90m.			
Yerleşim	A		B		A		B		A		B	
Yutucu gereç konumu	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.
Alan (m2)	805	720	805	720	1810	1080	1810	1080	4070	1620	4070	1620
102-e	290	180	125	248	224	135	-	239	375	0	65	172
102-y	951	180	125	910	761	270	318	937	437	203	406	502
102-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-e	1960	450	424	1896	1756	675	699	1977	1690	608	1372	1165
112-y	1672	270	223	1629	1423	540	564	1713	1391	608	1196	874
112-a	305	270	299	276	571	-	-	440	667	-	-	667
122-e	3665	630	619	3676	3236	945	1152	3156	2548	1215	2397	1704
122-y	2836	540	518	2858	2587	675	699	2555	2152	1013	1948	1215
122-a	3122	720	719	3122	2783	1080	1287	3098	2939	1215	1830	2121
132-e	4631	720	719	4632	4158	1080	1287	3986	3441	1418	2940	2127
132-y	3853	630	619	3864	3424	945	1061	3344	2980	1215	2594	1603
132-a	4519	720	719	4519	4045	1080	1287	3954	3675	1418	3018	2015

*Eş dağılımlı(e), baskın yüksek frekanslı(y) ve baskın alçak frekanslı(a) gürültülerin tayf özellikleri ve frekans ölçeğinde farklı ses gücü düzeyi değerleri için gereksinim duyulan yutuculuklar Ek 17’de verilmiştir.



Şekil 7.1 Hacim büyüklüğü ve makine yerleşim düzenine bağlı olarak ses yutucu gerecin önerilen bağıl yutma çarpanı değerleri.

Çizelge 7.2’de gürültü kaynağının 2,50m. yüksekliğinde engel ile ayrılması durumu için gürültü kaynağının ses gücü düzeyine bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri verilmiştir. Yüksek frekanslarda havanın yutuculuğu göz önünde bulundurularak S1, S2 ve S3 büyüklüğündeki hacimler için belirlenen gerekli toplam yutuculuk değerleri ise Çizelge 7.3’de sunulmuştur.

Çizelge 7.2 2,50m. engel yüksekliği için yeterli engel etkinliğinin sağlanmasında gürültü kaynağının ses gücü düzeyine (SGD) ve tayf yapısına bağlı, havanın yutuculuğunun değerlendirilmediği gerekli toplam yutuculuk değerleri.*

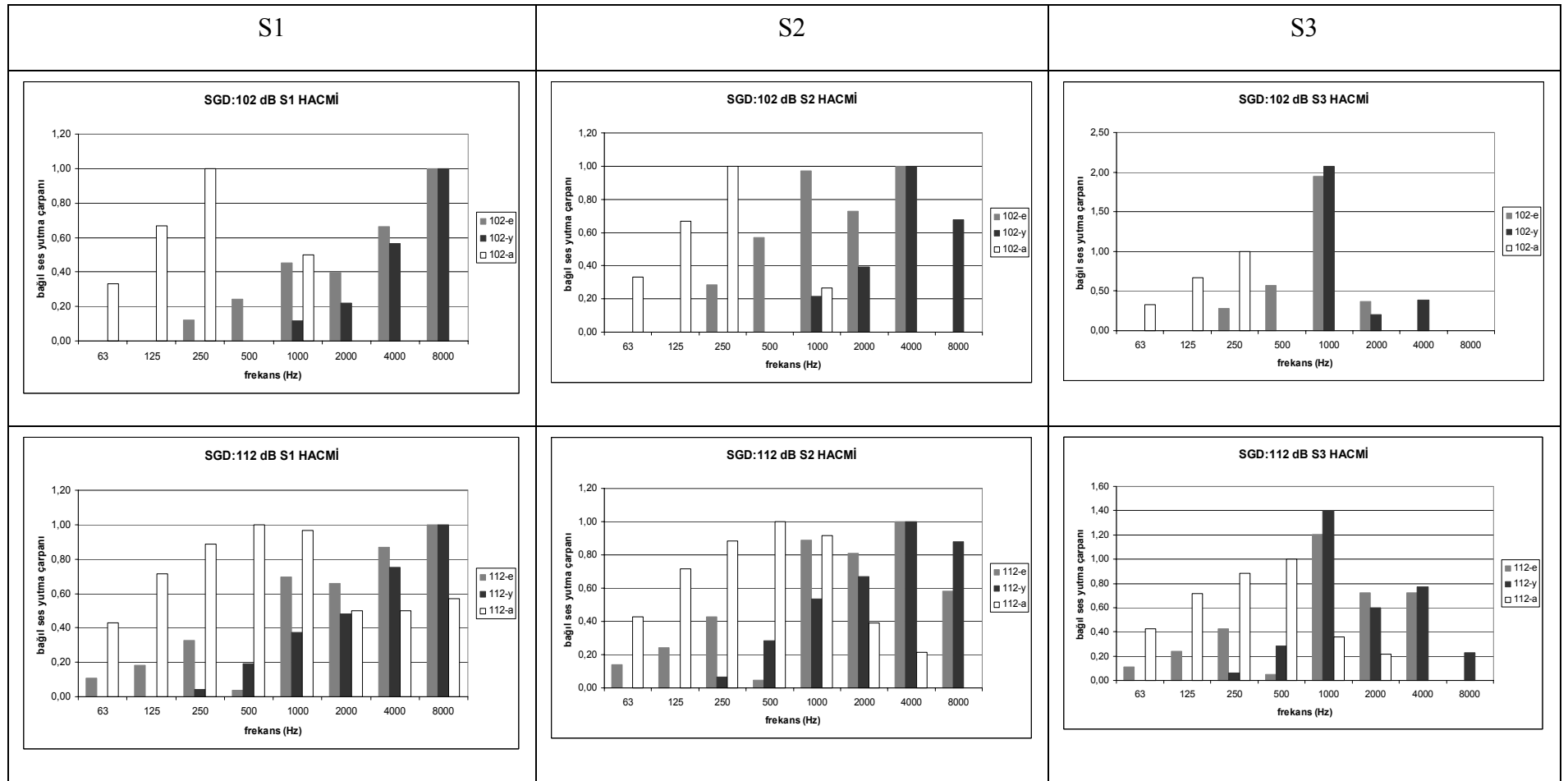
SGD	frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
102	102-e	-	-	100	200	400	380	700	830
	102-y	-	-	-	-	200	380	1000	1500
	102-a	50	100	150	-	100	-	-	-
112	112-e	200	350	620	70	1350	1300	1800	1900
	112-y	-	-	110	500	1000	1300	2100	2600
	112-a	300	500	620	700	700	400	500	400
122	122-e	750	1180	1800	2200	2500	2450	2800	2900
	122-y	30	200	750	1400	2100	2450	3050	3300
	122-a	1350	1380	1800	1800	1800	1400	1500	1300
132	132-e	1800	2350	2900	3200	3350	3350	3500	3500
	132-y	400	900	1900	2600	3150	3350	3550	3600
	132-a	2700	2450	2850	3000	2900	2600	2650	2450

* 3,50m. engel yüksekliği için gerek duyulan düzeltme değerleri Ek 14’de yer almaktadır.

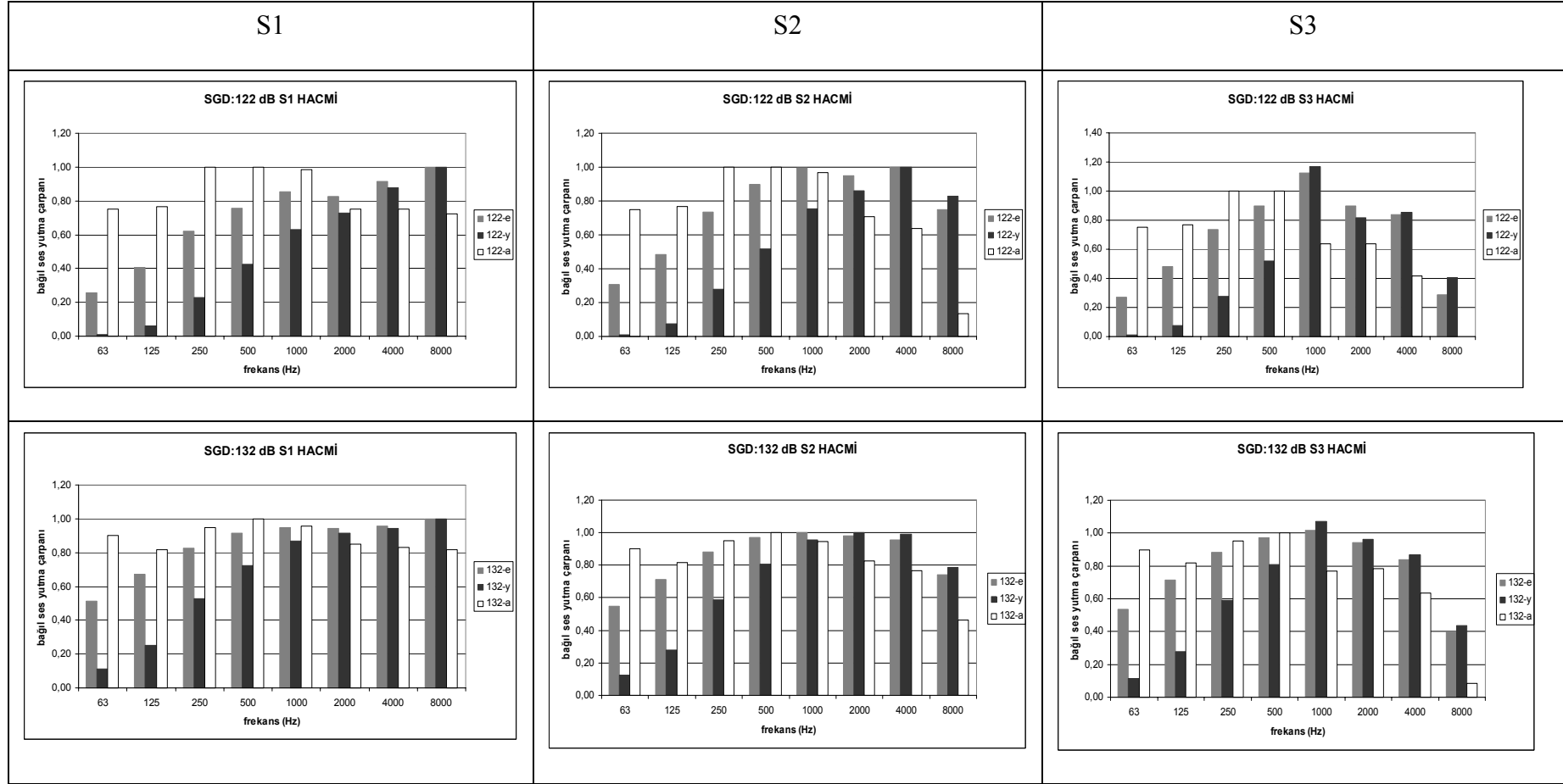
Çizelge 7.3 2,50m. engel yüksekliği için yeterli engel etkinliğinin sağlanmasında S1, S2 ve S3 hacimleri için 1,2,4,8 KHz’de havanın yutuculuğunun değerlendirildiği gerekli toplam yutuculuk değerleri

HACİM		S1				S2				S3			
SGD	tayf	1000	2000	4000	8000	1000	2000	4000	8000	1000	2000	4000	8000
102	102-e	375	330	550	830	340	255	350	0	680	130	0	0
	102-y	175	330	850	1500	140	255	650	440	1350	130	250	0
	102-a	75	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
112	112-e	1325	1250	1650	1900	1290	1175	1450	840	1750	1050	1050	-300
	112-y	975	1250	1950	2600	940	1175	1750	1540	2450	1050	1350	400
	112-a	675	350	350	400	640	275	150	0	250	150	0	0
122	122-e	2475	2400	2650	2900	2440	2325	2450	1840	2750	2200	2050	700
	122-y	2075	2400	2900	3300	2040	2325	2700	2240	3150	2200	2300	1100
	122-a	1775	1350	1350	1300	1740	1275	1150	240	1150	1150	750	0
132	132-e	3325	3300	3350	3500	3290	3225	3150	2440	3350	3100	2750	1300
	132-y	3125	3300	3400	3600	3090	3225	3200	2540	3450	3100	2800	1400
	132-a	2875	2550	2500	2450	2840	2475	2300	1390	2300	2350	1900	250

Şekil 7.2 ve Şekil 7.3’de üretim hacmi içinde gürültü kaynağının gürültü kaynağının engel ile ayrılması durumunda farklı ses gücü düzeyi değerleri için belirlenen bağıl ses yutma çarpanı değerleri yer almaktadır.



Şekil 7.2 102 ve 112 dB ses gücü düzeyinde S1, S2, S3 hacimleri için ses yutucu gereçler için önerilen bağıl ses yutma çarpanı değerleri.



Şekil 7.3 122 ve 132 dB ses gücü düzeyinde S1, S2, S3 hacimleri için ses yutucu gereçler için önerilen bağıl ses yutma çarpanı değerleri.

- **Sanayi Yapılarında Tasarım Ölçütü Olarak Gürültü Etkeni ile İlişkili Temel İlke Kararları**

Çalışmanın, sanayi yapılarında üretim hacimlerinin tasarımını yönlendirebilecek genel sonuçları şu şekilde sıralanabilir;

- **Makine yerleşiminin planlanmasında;**
 - Ses gücü düzeyi değerleri yüksek makinelerin bir araya getirilmesi, üretim alanının uygun bir yerinde toplanarak olabiliyorsa hücre içine alınması ya da engel ile ayrılması düşünülmelidir.
 - Makinelerin yansıtıcı duvar yüzeylerine yaklaştırılmaması, zorunlu durumlarda ise duvar yüzeyinin ses yutucu gereçle giydirilmesi gereklidir.
 - Makinelerin üretim alanında yerleşiminde, gürültülerinin dolaşım alanlarını etkilemeyecek düzende ve yeterli uzaklıkta planlanmaları gereklidir.
- **Üretim hacminin boyutlarının belirlenmesinde;**
 - Üretim hacminin boyutlarının belirlenmesinde makine yerleşim planının gerektirdiği yerleşim alanı ve insan/malzeme dolaşım alanları göz önünde bulundurulmalıdır.
 - Çatı yüksekliğinin belirlenmesinde gürültü kaynaklarının toplam ses gücü düzeyi değerleri ve buna bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri göz önünde bulundurulmalıdır. Çatı yüksekliğinin artmasıyla birlikte döşemeden çatıya kadar olan duvar alanları genişleyeceği için duvarların üst bölümleri ses yutucu gereçlerin yerleştirilmesi için kullanılabilir. Çatı ışıklığı tasarlanması durumunda ise, hacmi tümüyle örten bir asma tavan oluşturulamayacağı için duvarların yutucu yapılması ve / ya da günışığını engellemeyecek şekilde çatıda düşey ses yutucu panolara yer verilmesi düşünülebilir. Diğer bir yaklaşım ise, hacmin derinliğinin fazla olmaması durumunda duvarların üst bölümünde oluşturulacak bant pencerelerden içeriye günışığı alınmasıdır. Bu bakımdan üretim hacminin çatı ve duvar bölümlerine yerleştirilecek yutucu gereçlere ne şekilde yer verileceği konusu, hacim yüksekliği, hacim derinliği ve gün ışığından yararlanma durumu da gözetilerek optimum çözüme ulaşılmalıdır.

- **Hacmin toplam yutuculuğunun belirlenmesi;**

- Hacmin gürültü ortamına bağlı olarak gerek duyulan optimum toplam yutuculuğunun tasarım aşamasında bilinmesi üretim hacmindeki iç mimari düzene tasarım aşamasında karar verilebilmesine ve gerek duyulan değişikliklerin bu aşamada gerçekleştirilebilmesine olanak tanınması açısından önem taşımaktadır. Gerek duyulan toplam yutuculuğun ne tür ses yutucu gereçlerin nerede uygulanarak sağlanacağı durumunun diğer tasarım değişkenleri ile birlikte düşünülerek değerlendirilmesi, hacim boyutları, hacim yüksekliği, çatı biçimi ile ilgili tasarım kararları için de tasarımı yönlendirici bir veri olabilmektedir.

- **Yapı kabuğunun ve taşıyıcı strüktürün belirlenmesi;**

- Çatı strüktürünün tasarlanması aşamasında, yapı kabuğunu oluşturacak kesit özelliklerinin belirlenmesinde ve dış-iç ortam ile etkileşime girecek yapı gereçlerinin seçilmesinde, dayanıklılık, ısı-nem geçirgenliği özelliklerinin yanında akustik açıdan da gerekli değerlendirmeler yapılmalıdır. Yapı kabuğunu oluşturan kesitin ses geçiş kaybı durumunun tasarım aşamasında bilinmesi ve yeterli olduğu durumlarda gerekli önlemlerin tasarım aşamasında değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca, çatı ışıklığı isteniyorsa bunun günışığı açısından gerekli etütleri yapılmalıdır. Çatı taşıyıcı sisteminin, toplam yutuculuğu arttırmak için oluşturulacak asma tavanı ya da sarkıtılacak ses yutucu elemanları taşıyabilir nitelikte tasarlanması gerekmektedir.

- **Üretim hacmi içinde engellerden yararlanılması;**

- Toplam ses gücü düzeyi 90 dBA'yı aşan ya da belirli bir doğrultululuk özelliği taşıyan gürültülü makinelerin engel ile üretim alanı genelinden ayrılması düşünülmelidir.
- Engelin akustik gölge bölgesinde gürültü düzeylerinin kabul edilebilir değerlere düşürülmesinde engel boyutlarının ve ses geçiş kaybı değerinin yeterli olmasının yanında hacmin toplam yutuculuğunun özellikle önem taşıdığı unutulmamalıdır. Engelin kapalı bir hacim olan üretim hacmi içinde gerçekten etkili olabilmesi için toplam yutuculuğun, gürültü kaynağının ses gücü düzeyine göre belirlenmiş olması gerekmektedir. Özellikle çatı / tavan yüksekliğinin yeterli olmadığı durumlarda ($H < 7,5$ m.) bu yüzeylerden olan yansımaların önlenmesi ve yeterli engel etkinliğinin sağlanması için bu

yüzeylerin yutucu gereçlerle giydirilmesi zorunlu olmaktadır. Eğer, ses yutucu panolar sarkıtılması düşünülüyorsa, bunların kaynak-alıcı aksına dik yerleştirilmeleri etkin yutuculuk sağlamaları açısından yeğlenmelidir.

Toplam yutuculuk artışı ve engel kullanılması ile üretim hacimlerindeki gürültü ortamının değerlendirilmesini amaçlayan bu yaklaşımın mimari tasarıma etkisi bağlamında çıkarılabilecek genel sonuçlar ise şu şekilde özetlenebilir;

- Sanayi yapılarını tasarlayan mimarlara üretim hacimlerindeki gürültü ortamının değerlendirilmesi bağlamında toplam yutuculuk ve engel kullanımı ile ilgili veriler sunulmuş; ancak üretim yapısının iç mimari niteliğinin, boyutlarının ve yüksekliğinin ne olması gerektiği, üretimin niteliği, kapasitesi ve mimari tasarım kararları ile doğrudan ilişkili olduğu için bu konuda getirilen esnek öneriler dışında özel çözümler üretilmemiştir.
- Gerekli toplam yutuculuk değerinin tasarım aşamasında belirlenmesi, yani hacimde kullanılması gereken yutuculuk değerinin bilinmesiyle, ses yutucu gerecin frekansa göre sağlaması gereken optimum yutuculuk değerlerinin bulunması ve hacimde akustik açıdan etkili bir yutuculuk sağlayabilecek gereçler arasında seçim olanağı doğmuş, böylece iç mimari tasarım açısından da değişik seçeneklerin daha etkili biçimde değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada sonuç olarak, sanayi yapılarında gürültü etkeninin tasarım aşamasında ele alınmasının ve gerekli çözümlerin tasarımın kurgusu içinde oluşturulmasının önemi, getirilecek önlemlerin etkinliği, kalıcı, uygulanabilir ve ekonomik olması yönünden vurgulanmış olmaktadır.

İleriye dönük olarak yapılması önerilen çalışmalar

1. Bu çalışma kapsamında yer verilemeyen gürültü kaynağını değişik oranlarda çevreleyen engel biçimlenişlerinin (L, U, □ tipleri), farklı toplam yutuculuk koşullarında etkinliklerinin değerlendirilmesi, üretim hacimlerinde engellerden yararlanılması ile ilgili çalışılması önerilen bir konudur.
2. Sanayi yapılarında taşıyıcı sistem tasarımı ile titreşim denetimi konusunun birlikte ele alındığı sanayi yapılarının mimari tasarım sürecine bu açıdan katkıda bulunacak bir çalışma önem taşımaktadır.
3. Sanayi yapılarından kaynaklanan ve çevre yerleşimleri etkileyen gürültü sorunu ile ilişkili olarak üretim hacminin yapı kabuğunun ses geçiş kaybının değerlendirilmesi ve üretim hacmindeki gürültü düzeylerine bağlı olarak gerekli önlemlerin geliştirilmesi üzerinde çalışılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Akdağ, N., (1996), Gürültüden Etkilenme ve Gürültü Kontrol Yönetmeliği, Yapıda Ses ile İlgili Önlemler ve Çözüm Önerileri Semineri, Yapı Endüstri Merkezi (YEM), 1-23, İstanbul.

Altay, D., (1979), “Endüstri Yapılarında Mimari Programlama Araştırmaları”, Yüksek lisans tezi, YTÜ FBE, İstanbul.

Aluclu, I., Dalgic, A., Toprak, Z.F., (2007), “A Fuzzy Logic Based Model for Noise Control at Industrial Workplaces”, Applied Ergonomics, 10.1016.

American Industrial Hygiene Association(IHA), (1987), Industrial Noise Manual, ABD.

Arslan, F., (1996), “Deri ve Konfeksiyon Atölyelerinde Gürültü Sorunu ve Denetimi - Zeytinburnu Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ FBE, İstanbul.

Avrupa Parlamentosu Yönergesi, (2003), “2003/10/EC of the European Parliament and of the Council on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise)” http://europa.eu.int/eur-ex/en/dat/2003/I_042/I_04220030215en00380044.pdf

Barron R., F.,(2003), Industrial Noise Control and Acoustics, Louisiana Technical University, Markel Dekker, Louisiana, ABD.

Bennet, I., F.(ed), (2003), “Limiting Noise in the Workplace, Acoustics Bulletin”, The Institute of Acoustics, 28, 3, 24-25.

Beranek, L., (1992), Noise and Vibration Control Engineering Principles and Applications, John Willey and Sons Inc., New York, ABD.

Bruel&Kjaer, (1982), Noise Control Principles and Practice, Danimarka.

Burrows, A.A., (1960), Acoustic Noise, an Informational Definition. Human Factors, 2(3), 163-168, ABD.

Chatillon, J., (2006), “Influence of Source Directivity on Noise Levels in Industrial Halls: Simulation and Experiments”, 68(2007).

Crocker M. J., Kessler F. M., (1982), Noise and Noise Control, Florida /ABD.

Cyril, M. H.,(Ed), Marsh, A. H., William, V. R., (1998), Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control, Acoustical Society of America, ABD.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı(ÇSGB), (2003), 23.12.2003 tarihli 25325 sayılı Gürültü Yönetmeliği, Resmi Gazete, <http://rega.basbakanlik.gov.tr>, Ankara.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı(ÇSGB), (2003), 9.12.2003 tarihli, 25311 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, Resmi Gazete, <http://rega.basbakanlik.gov.tr>, Ankara.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı(ÇSGB),, (2003), 23.12.2003 tarihli, 25325 sayılı Titreşim Yönetmeliği, Resmi Gazete, <http://rega.basbakanlik.gov.tr>, Ankara.

Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB), (2003), 1.07.2005 tarihli, 25862 sayılı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete, <http://rega.basbakanlik.gov.tr>, Ankara.

Dance, S., (2004), “Using The Ray-Tracing Technique”, Acoustics Bulletin, No:29, Mart/Nisan, V:2.

Davies, D., Jones, D. (1982), "Hearing and Noise", in W.Singleton (ed), The Body at Work, Cambridge University Pres, New York / ABD.

Danermark, B. ve Gellerstedt, L.C., (2004), "Psychological Work Environment, Hearing Impairment and Health", International Journal of Audiology, 2004:43.

Dawern, W.A., (1977), "Perforated Facing Backed with Porous Materials as Sound Absorbers-An Experimental Study", Applied Acoustics, 10, 85-112.

Eleftheriou, P.C., (2001), "Industrial Noise and its Effects on Human Hearing", Applied Acoustics, 63(2002).

Erdoğan, S., (2000), "Titreşim – Gürültü Kontrolü ve Gereç Seçimi" (YL Tezi), YTÜ, FBE, İstanbul.

Etüd ve Proje, (1980), Endüstri Yapıları / Üretim – İşleme – Verim, Yaprak Kitabevi, Ankara.

Fujiwara K., Ando Y. ve Maekawa Z., (1977), "Noise Control By Barriers—Part 1: Noise Reduction by a Thick Barrier", Applied Acoustics, 10-3.

Fujiwara K., Ando Y. ve Maekawa Z., (1977), "Noise Control By Barriers—Part 2: Noise Reduction by an Absorptive Barrier", Applied Acoustics, 10-3.

Fujiwara K. Ve Furuta, N.,(1991), "Sound Shielding Efficiency of a Barrier with a Cylinder at the Edge", Noise Control Engineering Journal, 37, 5-11.

Harris, D., H., (1989), "Noise Control Manual, Guidelines for Problem-Solving in the Industrial / Commercial Acoustical Environment", New York.

Hodgson, M., (1997), "Ray-Tracing Prediction of Noise Levels in a Nuclear Power Generating Station", Applied Acoustics, V:52.

Hodgson, M., (2003), "Ray-Tracing Evaluation of Empirical Models for Predicting Noise in Industrial Workshops", Applied Acoustics, 64(11), 1033.

Hongisto, V., Keränen, J., (2007), "Room Acoustical Modelling in The Noise Control in Large Workplaces", Noise at Work 2007, Paris / Fransa.

Hothersall, D.C., Crombie, D. H. ve Chandler-Wilde S. N., (1991), "The Performance of T-Profile and Associated Noise Barriers", Applied Acoustics, 32-4.

İlgürel N., (2004), Sanayi Yapılarının Mimarisinde Gürültünün Tasarım Ölçütü Olarak Değerlendirilmesi, İstanbul, (YL Tezi), YTÜ FBE, İstanbul.

İlgürel, N., Şerefhanoglu Sözen, M., (2007), "An Examination of the Noisy Plants Related to Objective and Subjective Evaluations According to European Directive", International Congress on Acoustics 2007 (ICA2007), Madrid / İspanya.

İlgürel, N., Şerefhanoglu Sözen, M., (2007), "Modelling of a textile plant by an acoustic simulation software and noise reduction achieved by the use of barriers", Internoise 2007, İstanbul.

İlgürel, N., Şerefhanoglu Sözen, M., (2006), "Noise Level Reductions in Industrial Buildings by Using Absorptive Treatment : A Case Investigation", Internoise 2006, Honolulu, ABD.

İlgürel N., Şerefhanoglu Sözen, M., (2003), "Measurements in an Industrial Building Related to Noise and the Influence of the Noisy Environment on the Workers", Eurnoise 2003, 19-21 Mayıs 2003, Napoli / İtalya.

İlgürel, N., Şerefhanoglu Sözen, M., (2009), “Comparison of the Plane Shape Noise Barrier’s Effectiveness by means of Measurements in the Semi Anechoic Chamber”, Euronoise 2009, 26-28 Ekim 2009, Edinburgh / İskoçya

İlgürel, N., Şerefhanoglu Sözen, M., (2005), “Değişik Sanayi Kuruluşlarında Gürültünün Nesnel, Öznel ve Yönetmelikler Bağlamında İncelenmesi”, MEGARON Planlama-Tasarım - Yapım, YTÜ Mimarlık Fakültesi E-Dergisi <http://www.megaron.yildiz.edu.tr/>, ISSN: 1305-5798, 9-17, Cilt 1, Sayı 1, İstanbul.

İlgürel, N., Şerefhanoglu Sözen, M., (2006), “Sanayi Yapılarının Mimarisinde Gürültünün Tasarım Ölçütü Olarak Değerlendirilmesi”, Mimar.İst, Mimarlar Odası İstanbul Şubesi Yayını, İstanbul.

International Organization for Standardization, “ISO Standards Handbook 4 – Acoustics, Vibration and Shock”, International Organization for Standardization, 1980.

International Organization for Standardization, “ISO Standards Handbook 35 – Acoustics”, International Organization for Standardization, 1990.

Irvine L. K., Richards R. L., (1998), Acoustics and Noise Control Handbook for Architects and Builders, Krieger Publishing, Florida / ABD.

Irvine L. K., Richards R. L., (1979), Industrial Noise And Vibration Control - Pollution Engineering Practice Handbook, Alabama / ABD.

Irwin, J., D., Grafer, E., R., (1979), Industrial Noise And Vibration Control - Pollution Engineering Practice Handbook, Alabama / ABD.

Kavraz, M., (2006), Mekanlarda Gürültü Kaynağı ile Alıcı Arasına Yerleştirilen Engellerle Gürültü Kontrolü Üzerine Bir Çalışma, (Doktora Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi FBE., Trabzon.

Kepçeoğlu H. E., (2002), Tekstil Sanayi’nde Gürültü Denetimi ve Bir Örnek İnceleme, İstanbul, (YL Tezi), YTÜ FBE, İstanbul.

Kölük, E., (1996), “İç Mekanlarda Oluşan Gürültüler ve Önlemler”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ FBE, İstanbul.

Lai, C.S.J., Speakman, C., Williamson, H.M., (1998), “Control of Shear Cutting Noise-Effectiveness of Enclosures”, 58(1999).

Leigh J, Macaskill P, Kuosma E, Mandryk J. – (1999), Global Burden of Disease and Injury due to Occupational Factors”, Epidemiology, 10(5):626-31.

Lyon, R., H., Cann, R., G., Bowen, D., L., ed: Harris, C., M., (1998), Measurement and Analysis of Machinery Noise, Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control, Columbia University, ABD.

Maue, J., H., (2007), “Design of Low-Noise Workplaces by Means of Sound-Absorbing Materials”, Noise at Work 2007, Paris.

Maekawa, Z., (1994), Environmental and Architectural Acoustics, An Imprint of Chapman&Hall, ABD.

Ming, R.S., (2005), “Acoustical Barrier for Tonal Noises”, Applied Acoustics, 66(2005).

Morata TC, Dunn DE, Kretschmer LW, Lemasters GK, Keith RW. (1993), Effects of

Occupational Exposure to Organic Solvents and Noise on Hearing, Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 19(4):245-54.

Özgüven, N., (1985), Endüstriyel Gürültü Kontrolü, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Ankara.

Noise&News International, I-INCE 99-1.

Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M., (2005), "The Global Burden of Occupational Noise-Induced Hearing Loss". American Journal of Industrial Medicine, 48(6):446- 58.

Okubo, T., Yamamoto, K., (2006) "Procedures for Determining the Acoustic Efficiency of Edge- Modified Noise Barriers", Applied Acoustics, 68(2007).

Onat, E., (1969), Organize Sanayi Bölgeleri Fiziki Planlama Esasları Üzerine.

Potirakis, S.M., Rangoussi, M. ve Lolos, D., (2006), "Noise Mapping in Textile Machine Noise Analysis and Reduction", Euronoise 2006, 30 Mayıs – 1 Haziran 2006, Tampere / Finlandiya.

Richard K. M., Wayne V., M., Mark D., O., (1980), Noise Control Solutions For The Rubber and Plastics Industry, Atlanta / ABD.

Sampath, K., Kapoor, S.G. ve DeVor, R.E., (2007), "Modeling and Prediction of Cutting Noise in the Face-Milling Process", Journal of Manufacturing Science and Engineering, Haziran 2007-129.

Sanders, M.S., McCormick, E.J., (1987), Human Factors in Engineering and Design, McGraw-Hill Book Company, Singapur.

Shao, W., Lee, H.P. ve Lim, S.P., (2000), "Performance of Noise Barriers with Random Edge Profiles", 62(2001).

Sound Research Laboratories Ltd., (1991), Noise Control in Industry, Spon and Imprint of Chapman and Hall, Londra.

Şerefhanoglu, M., (1984), "Gürültü Denetiminde Kabul Edilebilecek Gürültü Düzeylerinin Belirlenmesi", YÜ,

Şerefhanoglu, M., (1987), Yapılarda Dış Gürültü Denetimi (Projelendirmede Temel İlkeler), YÜ, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1987), "Hacimde Gürültü (Ses) Düzeyi, YÜ, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1986), "Döşemelerde Darbe Gürültüsü ve Denetim İlkeleri", Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, Sayı:4.

Şerefhanoglu, M., (1986), "Döşemelerde Darbe Gürültüsü ve Denetim İlkeleri", Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, 4, 6-8, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1996), "Yapılarda Gürültü Denetiminde Çift Cidarlar", Dizayn-Konstrüksiyon Dergisi, Mart sayısı.

Şerefhanoglu, M., (1999), "Hacim İçinde Gürültü Düzeyinin Azaltımında Rol Oynayan Etkenler", İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı:15.

Şerefhanoglu, M., (1991), "Çevre ve Gürültü Sorunu", İnsan ve Çevre Sempozyumu, 8 Haziran 1991, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1994), “Gürültü Kirliliği ve Gürültü ile Savaşmada Temel İlkeler”, Ekolojik Sorunlara Genç Çözüm Arayışları Sempozyumu, 1-2 Kasım 1994, Taşkışla.

Şerefhanoglu, M., (1996), “Yapılarda Gürültü Sorunu ve Denetimi”, Yapıda Ses İle İlgili Önlemler ve Çözüm Önerileri Semineri, Yapı Endüstri Merkezi (YEM), 24-35, İstanbul.

Şerefhanoglu Sözen, M., (2006) MEDACOUSICS Master Programı kapsamında verilen ”Hearing Audiology and Psychoacoustics” ders notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı, 2006-2007 Güz Dönemi, İstanbul.

Şerefhanoglu Sözen, M., Nataletti, P., (2007), MEDACOUSICS Master Programı kapsamında verilen “Industrial Noise and Vibration” ders notları, Seconda Universitat degli Studi di Napoli (İtalya) Üniversitesi, Napoli / İtalya.

Şerefhanoglu Sözen, M., Yügrük. Akdağ,, (2007), MEDACOUSICS Master Programı kapsamında verilen “Noise Control II” ders notları, Seconda Universitat degli Studi di Napoli (İtalya) Üniversitesi, 26 Şubat-2 Mart 2007, Napoli / İtalya.

Şerefhanoglu Sözen, M.,(yürütücü), İlgürel N ve Erdoğan S., (2008), “Sanayi Yapılarının Tasarım Sürecinde Gürültünün Bir Ölçüt Olarak Değerlendirilmesi İçin Bir Yöntem Geliştirilmesi”, TÜBİTAK Araştırma Projesi, Proje No :105M233, İstanbul.

Şerefhanoglu Sözen, M. (yürütücü), İlgürel, N., (2005), “Sanayi Yapılarının Mimarisinde Gürültünün Tasarım Ölçütü Olarak Değerlendirilmesi”, YTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, İstanbul.

Şerefhanoglu Sözen, M.(yürütücü), İlgürel N., (2002),“Bir Sanayi Kuruluşunda Gürültü İle İlgili Ölçmeler ve Çalışanların Gürültüden Etkilenme Durumları”, 6. Ulusal Akustik Kongresi, Kaş / Antalya.

Şerefhanoglu, M., Kepçeoğlu, H., E.ve İlgürel N., (2002), “Tekstil Sanayi’nde Gürültü ve Bir Örnek İnceleme”, 6. Ulusal Akustik Kongresi, Kaş / Antalya.

Şerefhanoglu, M.(yürütücü), Akdağ, N., Aknesil A., (1998), “Zeytinburnu İlçesinde Yer Alan Konfeksiyon ve Deri Atelyelerinde Gürültünün İnsan Sağlığına Etkilerinin İncelenmesi ve Sorunların Çözümüne Yönelik Önlemlerin Ortaya Konulması”, YTÜ BAPK Araştırma Projesi, proje no:95-A-03-01-01, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., Yügrük, N., Aknesil A., (1998), “The Noise Problem of Production Spaces”, InterNoise 98 Kongresi, Yeni Zelanda.

Şerefhanoglu, M., (1984), Gürültü Denetiminde Kabul Edilebilecek Gürültü Düzeylerinin Belirlenmesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, Yıldız Üniversitesi Basımevi, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1987), Hacimde Gürültü (Ses) Düzeyi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, Yıldız Üniversitesi Basımevi, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (2004), Sanayide Gürültü Denetimi Lisansüstü Dersi Notları, YTÜ FBE, Yapı Fiziği Lisansüstü Programı, İstanbul.

Tekeli, D., Sisa, S., (1970), “Sanayi Yapıları Üzerine”, Mimarlık Dergisi, Mimarlar Odası Yayını, 6, 61, İstanbul.

Sound Research Labrotories Ltd., (1991), Noise Control in Industry, Chapman and Hall, Londra.

Waterhouse, R., V., Harris, C., M., (1979), Sound in Enclosed Spaces, Handbook of Noise

Control, ed: HARRIS, C., M., McGraw-Hill, Columbia University, ABD.

Sabine, H., J., Moulder, R., ed: Harris, C., M., (1979), Sound Absorptive Materials, Handbook of Noise Control, McGraw-Hill, Columbia University.

Ishizuka, T., Fujiwara, K., (2003), "Performance of Noise Barriers with Various Edge Shapes and Acoustical Conditions", Applied Acoustics, 65-2,.

Tambs, K., Hoffman, H.J., Borchgrevink, H.M., olmen, J., Engdahl, B., (2006), "Hearing Loss Induced by occupational and impuls noise: Results on Threshold Shifts bu Frequencies, age and gender from the Nord-Trondelag Hearing Loss Study", International Journal of Audiology, 45-5.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE), (2006), Akustik – Çoklu Gürültü Kaynağına Sahip Sanayi Tesislerinde Çevredeki Ses Basınç Seviyelerinin Değerlendirilmesi İçin Ses Güç Seviyelerinin Tayini – Mühendislik Metodu, TS ISO 8297, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE), (1997), Akustik- Gürültü Kaynaklarının Ses Gücü Seviyelerinin Ses Basıncı Kullanılarak Tayini Bir Yansıtma Düzlemi Boyunca, Esas Olarak Serbest Bir Alan İçinde Uygulanan Mühendislik Metodu TS EN ISO 3744, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE), (1996), Akustik-Makine Ve Teçhizatın Belirtilen Gürültü Emisyon Değerlerini Tespit Etmek Ve Doğrulamak İçin Kullanılan İstatistiksel Metotlar - Bölüm 2: Her Bir Makinenin Beyan Edilmiş Değerleri İçin Metotlar, TS-EN 27574-2, Ankara.

Villefrance, L., R., Andersen, T., Berg, M., Maxon, C., (2007), "Prediction of Noise Conditions Using Odeon in Working Environment-Practical Examples", Noise at Work 2007, Paris.

Wilson, C., E., (1987), Noise Control: Measurement, Analysis and Control of Sound and Vibration, ABD.

İnternet kaynakları

<http://www.ce.web.tr/pdf/2000-14.pdf>

http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=standards&p_id=9735

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	21.05.1977	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1988 – 1995	Üsküdar Anadolu Lisesi
Lisans	1995 – 2000	Balıkesir Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	2000 – 2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programı
Doktora	2004 - 2010	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2002 –YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi. (devam ediyor.)

EKLER

- Ek 1 Yarı yansız hacimde farklı engel tipleri için akustik ölçüm değerleri
- Ek 2 Ölçüm sonuçlarının formüle bağlı hesap sonuçlarıyla karşılaştırılması
- Ek 3 Alçıpan duvar detay çizimleri.
- Ek 4 ODEON ABP'nin bir hacim örneğinde incelenmesi
- Ek 5 ODEON ABP'nde akustik modellemelede kullanılan hesaplama parametreleri
- Ek 6 TY5-TY30-TY55-TY80 toplam yutuculuk koşullarında farklı alıcı noktalarında hesaplanan gürültü düzeyleri.
- Ek 7 Farklı toplam yutuculuk koşulları için istatistiksel gürültü dağılım eğrileri.
- Ek 8 Farklı toplam yutuculuk koşullarında kaynaktan değişik uzaklıktaki alıcı noktaları için hesaplanan frekansa bağlı düzeyler.
- Ek 9 Farklı çatı ve duvar yutuculuk koşullarında alıcı noktasına bağlı olarak hesaplanan gürültü düzeyleri.
- Ek 10 Farklı çatı ve duvar yutuculuk koşulları için istatistiksel gürültü dağılım eğrileri.

- Ek 11 Farklı toplam yutuculuk koşullarında 2,5 m. engel yüksekliği için hesaplanan gürültü düzeyleri.
- Ek 12 Farklı toplam yutuculuk koşullarında 3,5 m. engel yüksekliği için hesaplanan gürültü düzeyleri.
- Ek 13 Engelli koşul için alıcı noktalarına (R1-R9) göre gerekli toplam yutuculuk değerleri

- Ek 14 Engel yüksekliği 1m arttırıldığında gerekli toplam yutuculukta sağlanabilen azaltım değerleri (2,5m – 3,5m.)
- Ek 15 Engelin akustik gölge bölgesinde gürültü düzeylerinin belirlenmesi için alıcı noktalarına bağlı grafikler
- Ek 16 Farklı ses yutma karakteristiğinde ses yutucu gereç örnekleri
- Ek 17 Ses gücü düzeylerine bağlı olarak frekans ölçeğinde gereksinim duyulan toplam yutuculuk değerleri

Ek 1 Yarı yansızmsız hacimde farklı engel tipleri için akustik ölçüm değerleri

İTÜ OTAM Yarı Yansızmsız Hacimde(YYH) gerçekleştirilen akustik ölçümlerde R0 noktasında referans ölçüm noktası olarak belirlenmiş, ölçüm sırasında referans alıcının değerleri sürekli olarak izlenmiştir. Referans alıcının gösterdiği değişimler tüm ölçümler arasında 0,2 dB içinde kalmaktadır. Ölçümler 22°C ortam sıcaklığı ve %50 bağıl nem koşulunda gerçekleştirilmiştir. Her ölçüm aşamasından önce mikrofonların kalibrasyonu yapılmıştır. Yarı yansızmsız hacimde gerçekleştirilen ölçmenin aşamaları aşağıda belirtilmiştir.

Yarı Yansızmsız Hacimde Ölçme Planı :

KAYNAK AKSINDA (R1 sırası) YAPILAN ÖLÇMELER

I- Engelsiz durumda üç ayrı kaynak konumunda (K1, K2, K3) ve her bir kaynak konumu için dört farklı alıcı kotunda (A1, A2, A3, A4) ölçümlerin yapılması

II- Düz engelli durumda (K1, K2, K3) kaynak konumlarında ve her bir kaynak konumu için dört farklı alıcı kotunda (A1, A2, A3, A4) ölçümlerin yapılması

- [K1 kaynak konumu : Kaynak döşemeden 60cm yüksekte]
- [K2 kaynak konumu : Kaynak döşemeden 110 cm. yüksekte]
- [K3 kaynak konumu : Kaynak döşemeden 160 cm. yüksekte]
- [A1 alıcı kotu : Alıcı noktaları döşemeden 60 cm yüksekte]
- [A2 alıcı kotu : Alıcı noktaları döşemeden 110 cm yüksekte]
- [A3 alıcı kotu : Alıcı noktaları döşemeden 160 cm yüksekte]
- [A4 alıcı kotu : Alıcı noktaları döşemeden 210 cm yüksekte]

III- Ses yutucu gereç giydirilmiş durumda K2 kaynak konumu ve A1, A2 alıcı kotları için ölçümlerin yapılması

IV- L biçimli engel kullanıldığında K2 kaynak konumu ve A1, A2 alıcı kotları için ölçümlerin yapılması

YANAL ÖLÇMELER (R2, R3, R4, R5, R6, R7 sıraları)

V- Engelsiz, düz engelli, yutucu yüzeyli düz engelli ve L-engelli durumlarında (K2) kaynak konumunda (A2) ve (A3) alıcı kotları için için yanal ölçümlerin yapılması,

Engelli ve engelsiz durumda gerçekleştirilen ölçülerle ilgili fotoğraflar Şekillerde sunulmuştur.

Yarı Yansız Hacı Ölçme Planı-Kaynak Aksı

Bu bölümde engelsiz ve I, I(y), L tipi engel koşullarında kaynak aksında ve yanal bölgede yapılan A-ağırlıklı ölçüm değerleri ve sağlanan gürültü azaltım değerleri verilmiştir. 1/1 oktav bant frekans analizine dayanan düzeyler çizelge ve grafik olarak tüm alıcı noktaları ve incelenen koşullar için ekte yer almaktadır.

K1-3 : Gürültü kaynağı

I : Düz biçimli engel

I(y) : Kaynak tarafı yutucu gereç kaplı engel

L : L biçimli engel

Çizelge Ek 1 1 Kaynak aksında yapılan ölçmelerle ilgili yol gösterici çizelge

KAYNAK AKSINDA YAPILAN ÖLÇMELER (R1.1 – R1.6)			R(0)	R1.1	R1.2	R1.3	R1.4	R1.5	R1.6
	I	A4		(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)
K3	I+I(y)+L	A3		(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)
K2	I+I(y)+L	A2	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)
K1	I	A1		(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)

Yarı Yansız Hacı Ölçme Planı-Yanal Aks

K1-3 : Gürültü kaynağı

I : Düz biçimli engel

I(y) : Kaynak tarafı yutucu gereç kaplı engel

L : L biçimli engel

Çizelge Ek 1 2 Yanal bölgede yapılan ölçmelerle ilgili yol gösterici çizelge

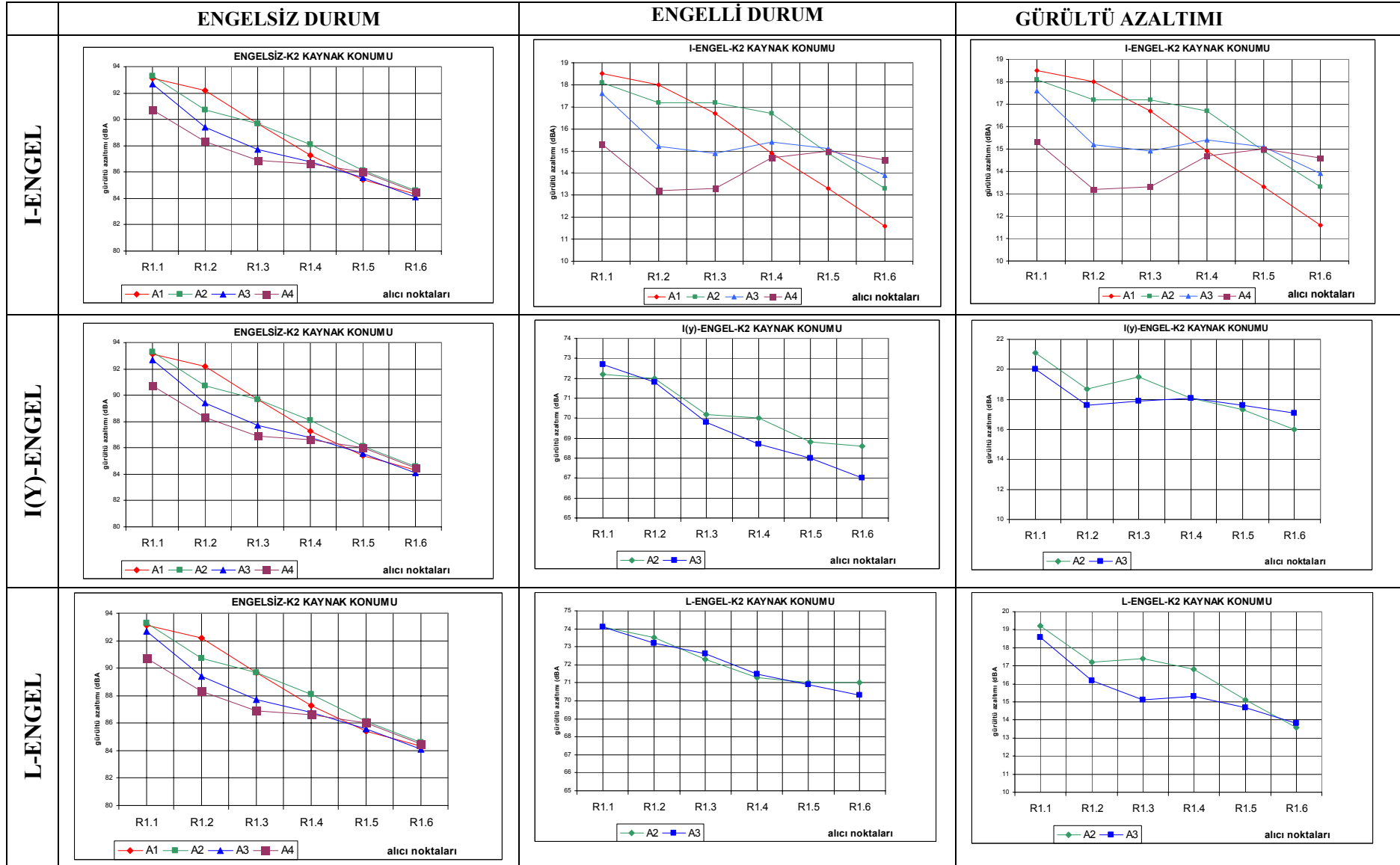
YANAL BÖLGEDE YAPILAN ÖLÇMELER (R2.1 – R7.1)				R7.1					
				R6.1					
				R5.1					
				R4.1	R4.2				
				R3.1	R3.2	R3.3	R3.4		
			R(0)	R2.1	R2.2	R2.3	R2.4	R2.5	R2.6
	I+I(y)+L	A3		(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)
K2	I+I(y)+L	A2	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)

Çizelge Ek 1 3 K1-K2-K3 kaynak konumunda I-engelli ve engelsiz durumlarda kaynak aksında ölçülen gürültü düzeyleri – dB(A)

K1-K2-K3		K1 – kaynak konumu							K2 – kaynak konumu							K3 – kaynak konumu						
Alıcı kotu	Engel	R1.1	R1.2	R1.3	R1.4	R1.5	R1.6	ORT.	R1.1	R1.2	R1.3	R1.4	R1.5	R1.6	ORT.	R1.1	R1.2	R1.3	R1.4	R1.5	R1.6	ORT.
A1	engelsiz	92,6	92,9	88,5	87,8	86	84,6	88,7	93,1	92,2	89,7	87,3	85,4	84,3	88,7	92,6	90,8	88,4	85,1	85,7	85,2	88,0
	I-engel	76,5	75,5	74,1	73,2	72,9	72,7	74,2	74,6	74,2	73,0	72,4	72,1	72,7	73,2	74,6	74,9	73,8	73,2	73,4	73,7	73,9
A2	engelsiz	93,2	92,6	89	89,4	86,5	84,4	89,2	93,3	90,7	89,7	88,1	86,1	84,6	88,8	91,8	90,4	88,7	87,2	85,1	84,4	87,9
	I-engel	75,3	75,1	74,2	73,1	72,6	72,2	73,8	75,2	73,5	72,5	71,4	71,2	71,3	72,5	75,5	74,8	73,7	72,9	71,8	72,2	73,5
A3	engelsiz	91,1	90	89	87,9	86,1	85,7	88,3	92,7	89,4	87,7	86,8	85,6	84,1	87,7	92,1	90,7	88,8	87,7	86,2	84,6	88,4
	I-engel	74,4	74,3	73,3	72,8	72,6	71,5	73,2	75,1	74,2	72,8	71,4	70,5	70,2	72,4	75,8	74,9	73,5	72,6	71,6	71	73,2
A4	engelsiz	91,1	90	89	87,9	86,1	85,7	88,3	90,7	88,3	86,9	86,6	86,0	84,5	87,2	91,2	89,7	88	86,9	85,8	84,7	87,7
	I-engel	74,4	74,3	73,3	72,8	72,6	71,5	73,2	75,4	75,1	73,6	71,9	71,0	69,9	72,8	76,5	75,7	73,9	72,8	72,2	71,1	73,7

Çizelge Ek 1 6 K2 kaynak konumunda engelli (I,I(y),L) ve engelsiz durumlar için kaynak aksı ve yanal bölgede ölçülen gürültü düzeyleri-dB(A)

K2	Engel	R1.1	R1.2	R1.3	R1.4	R1.5	R1.6	R2.1	R2.2	R2.3	R2.4	R2.5	R2.6	R3.1	R3.2	R3.3	R3.4	R4.1	R4.2	R5.1	R6.1	R7.1	ORT.
A1	engelsiz	93,1	92,2	89,7	87,3	85,4	84,3																88,7
	I-engel	74,6	74,2	73,0	72,4	72,1	72,7																73,2
A2	engelsiz	93,3	90,7	89,7	88,1	86,1	84,6	92,2	89,4	88,6	86,2	84,1	82,6	93	91,1	88,4	86,9	90,7	88,5	91,9	91,0	91,4	89,0
	I-engel	75,2	73,5	72,5	71,4	71,2	71,3	75,2	74,3	73,1	72,3	70,6	70,2	77,5	76,7	75,8	74,4	82,2	80,6	91,9	91,6	91,5	76,8
	I(y)-engel	72,2	72,0	70,2	70,0	68,8	68,6	72,7	72,3	70,2	69,4	68,6	67,7	75,1	73,9	72,2	71,4	79,0	77,8	89,6	89,3	90,9	74,4
	L-engel	74,1	73,5	72,3	71,3	71,0	71,0	72,2	71,5	71,0	70,0	69,1	69,1	72,2	71,2	70,8	70,4	73,6	74,9	76,0	77,8	78,5	72,5
A3	engelsiz	92,7	89,4	87,7	86,8	85,6	84,1	91,6	88,8	86,9	85,5	84,4	82,6	92,6	90,7	88,9	87,1	90,4	88,2	94,6	94,4	93,9	88,9
	I-engel	75,1	74,2	72,8	71,4	70,5	70,2	76,5	74,8	72,1	70,7	69,5	68,6	76,4	75,7	74,5	73,8	81,4	80,1	90,7	89,5	91,6	76,2
	I(y)-engel	72,7	71,8	69,8	68,7	68,0	67,0	73,9	71,2	69,7	68,8	67,3	66,7	74,3	73,4	72,2	70,8	79,3	78,6	90,8	91,1	91,3	74,2
	L-engel	74,1	73,2	72,6	71,5	70,9	70,3	72,6	71,2	70,6	69,6	68,6	68,0	72,9	72,5	70,2	69,5	74,7	73,7	76,1	76,3	78,1	72,2
A4	engelsiz	90,7	88,3	86,9	86,6	86,0	84,5																87,2
	I-engel	75,4	75,1	73,6	71,9	71,0	69,9																72,8



Şekil Ek 1 1 Farklı engel tipleri için alıcı noktalara bağlı A-ağırlıklı gürültü düzeyi ölçüm değerleri

Ek 2 Ölçüm sonuçlarının formüle bağlı hesap sonuçlarıyla karşılaştırılması

YYH’de engel etkinliğini belirlemeye yönelik yapılan ölçüm sonuçları hesap yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu amaçla literatürde sınırlı engellerle ilgili kapalı hacimde ve açık alanda kullanılan iki ayrı yaklaşım incelenmiş ve kapalı hacimler için yaygın olarak kullanılan formüle göre ölçme düzeneğinde uygulanan 2,50 m. yüksekliğinde 3,00 m. genişliğinde düz biçimli engele göre ölçmelerde belirlenen aynı konumdaki alıcı noktaları için engelin gürültü azaltım değerlerini veren hesaplamalar yapılmıştır.

Yarı yansızimsız hacimde gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarının formüle dayanan kuramsal hesap yöntemleri ile karşılaştırmasını yapmak ve ampirik formüllerle engelin akustik gölgesinde kalan alıcı noktaları için elde edilen gürültü düzeylerinin ölçüm sonuçlarına göre gösterdiği ayrımları ortaya koymak amacıyla noktasal gürültü kaynağının K2 konumunda (h: 1,10m.), alıcı kotunun A2 düzeyinde (h: 1,10m.) ve alıcıların kaynak aksında olduğu koşul belirlenmiştir.

Ölçme düzeneğindeki K2A2 koşulu için literatürde yer alan ilgili formül kullanılarak 100Hz-8000Hz frekans aralığını kapsayan 1/1 oktav değerlerde frekansa bağlı gürültü düzeyleri hesaplanmış, ölçüm sonuçlarıyla ortaya çıkan ayrımlar grafiklerde gösterilmiştir.

Kuramsal hesaplamalarda, açık alan koşullarına yakın ortamlar için de uygulanabilir olması nedeniyle ;

$$IL = 10 \log [Q/Q(b)] \quad (\text{Ek 2.1})$$

formülü kullanılmıştır.

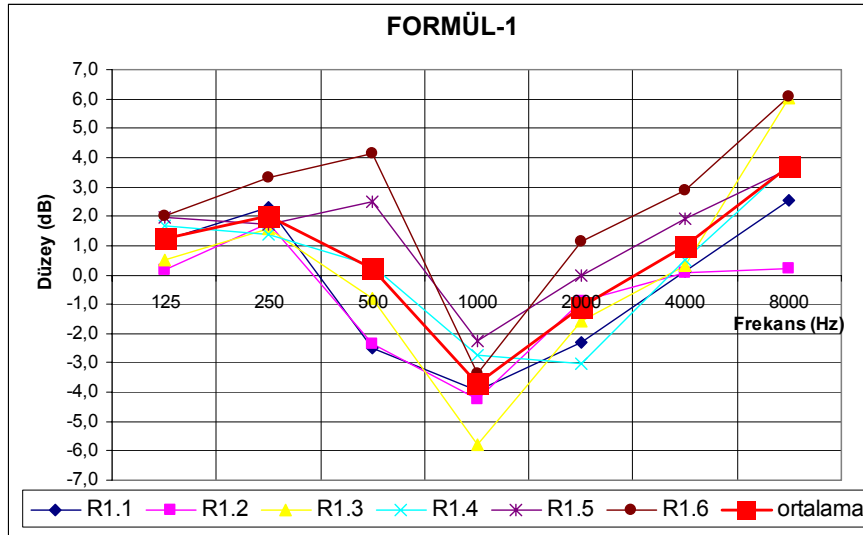
Ölçme sonuçları değerlendirildiğinde ölçüm ile hesap sonuçlarının büyük oranda örtüştüğü, toplam düzeyler açısından ayrımların kaynak aksındaki alıcı noktaları için 3 dB’in içinde kaldığı görülmektedir. Frekansa bağlı ortalama değerler açısından ise, ayrımlar 4 dB’in altındadır. Toplam düzeyler açısından engele yakın alıcı noktalarında ölçüm sonuçlarına çok yakın değerler elde edilmekte, engelden uzaklaştıkça ayrımlar biraz büyümektedir. Frekans tayfı incelendiğinde 500 ve 1000 Hz’de ayrımların genellikle daha fazla olduğu, formül ile hesaplanan gürültü azaltım değerlerinin 1000 Hz dışında ölçüm sonuçlarından daha büyük değerler aldığı görülmektedir.

Formül ve ölçme sonuçları arasındaki ayrımlar alıcı noktalarına göre değerlendirildiğinde ise, frekansa göre değişimlerin 4 dB içinde kaldığı, ortalamadan sapmaların 500 ve 1000 Hz frekanslarında diğer frekanslara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Formül ve ölçme sonuçları arasındaki ayrımlar en çok bu iki frekansta alıcı noktalarına göre değişim göstermektedir.

Kuramsal hesaplama yöntemi ve ölçüm sonuçlarından elde edilen engel gürültü azaltım değerleri arasındaki ayrımların, belli oranda kırınan ses dalgalarının zeminden olan yansımalarının kuramsal hesaplama yönteminde göz önünde bulundurulamayışı nedeniyle ortaya çıktığı kabul edilebilir.

Çizelge Ek 2 1 Formül ve ölçme sonuçları arasındaki ayrımların alıcı noktalarına göre ortalaması ve standart sapma değerleri

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ortalama	1,2	2,0	0,2	-3,7	-1,1	1,0	3,7
Standart sapma	0,776	0,701	2,667	1,254	1,528	1,146	2,214



Şekil Ek 2 1 Alıcı noktalarında frekansa bağlı olarak formül ve ölçüm değerleri arasında ortaya çıkan ayrımlar.

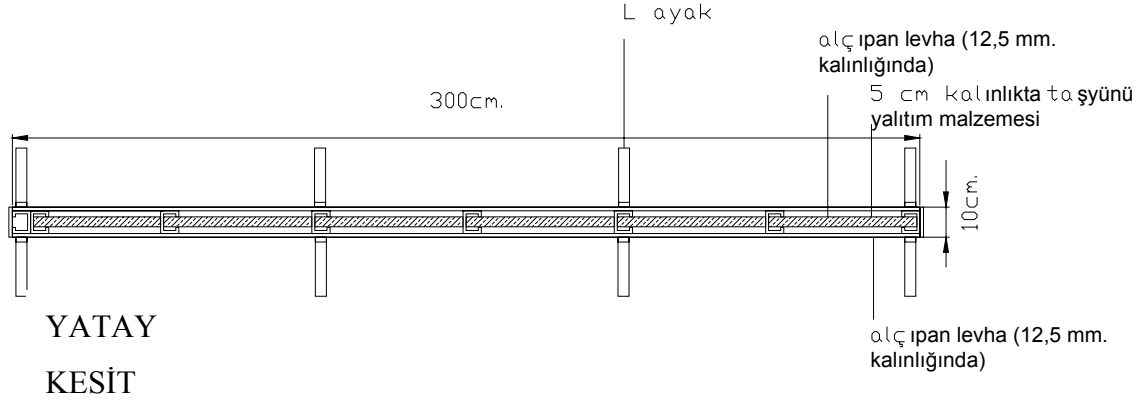
Çizelge Ek 2 2 Alıcı noktalarında frekansa bağlı olarak formül ve ölçüm değerleri arasında ortaya çıkan ayrımlar. (dB)

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	TOP
R1.1	dB							
FORMÜL-1	6,1	8,5	11,2	14,1	17,0	20,0	22,9	26,0
ÖLÇÜM	4,9	6,2	13,7	18,0	19,3	19,8	20,4	25,8
AYRIMLAR	1,2	2,3	-2,5	-3,9	-2,3	0,1	2,5	0,2
R1.2								
FORMÜL-1	5,7	8,1	10,7	13,6	16,5	19,4	22,4	25,5
ÖLÇÜM	5,5	6,3	13,1	17,8	17,4	19,4	22,2	26,0
AYRIMLAR	0,2	1,8	-2,4	-4,2	-0,9	0,1	0,2	0,5
R1.3								
FORMÜL-1	5,5	7,8	10,5	13,3	16,2	19,1	22,1	25,2
ÖLÇÜM	5,0	6,2	11,3	19,1	17,7	18,8	16,1	23,8
AYRIMLAR	0,5	1,6	-0,8	-5,8	-1,6	0,3	6,0	1,4
R1.4								
FORMÜL-1	5,3	7,6	10,3	13,1	16,0	18,9	21,9	24,9
ÖLÇÜM	3,7	6,3	10,0	15,8	19,0	18,4	18,1	24,3
AYRIMLAR	1,6	1,4	0,3	-2,7	-3,0	0,5	3,8	0,6
R1.5								
FORMÜL-1	5,2	7,5	10,1	12,9	15,8	18,8	21,7	24,8
ÖLÇÜM	3,2	5,8	7,6	15,2	15,8	16,8	18,1	22,9
AYRIMLAR	2,0	1,7	2,5	-2,3	0,0	1,9	3,6	1,9
R1.6								
FORMÜL-1	5,1	7,4	10,0	12,8	15,7	18,7	21,6	24,7
ÖLÇÜM	3,1	4,1	5,9	16,2	14,6	15,8	15,6	21,8
AYRIMLAR	2,0	3,3	4,1	-3,4	1,2	2,9	6,1	2,9

Ek 3 Alçıpan duvar detay çizimleri

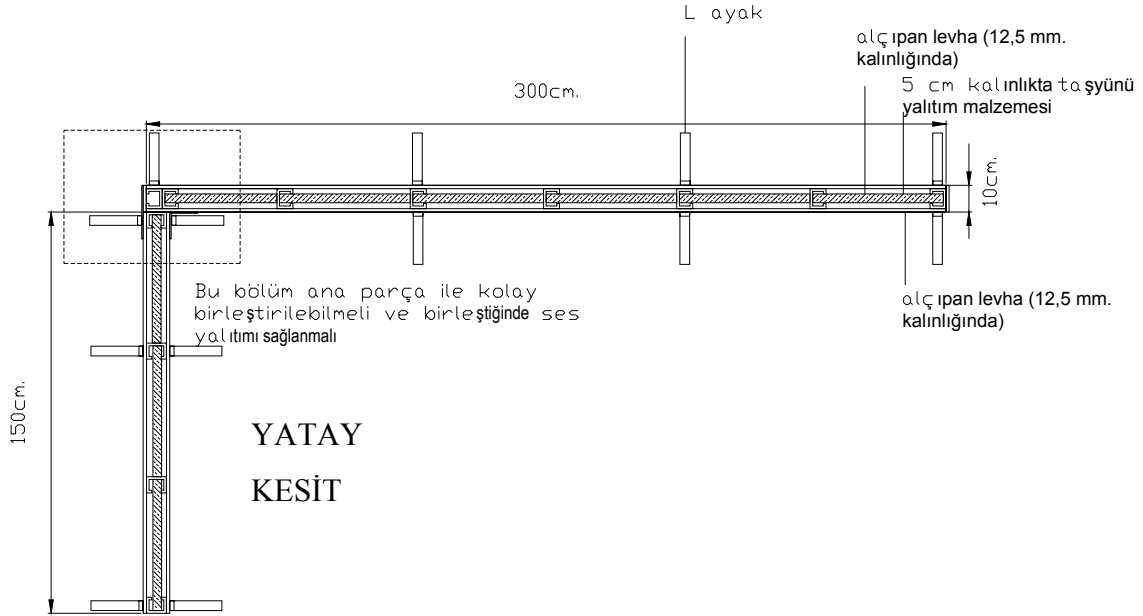
Alçıpan Levha Detayları

1. I-tipi engel ile ilgili detay

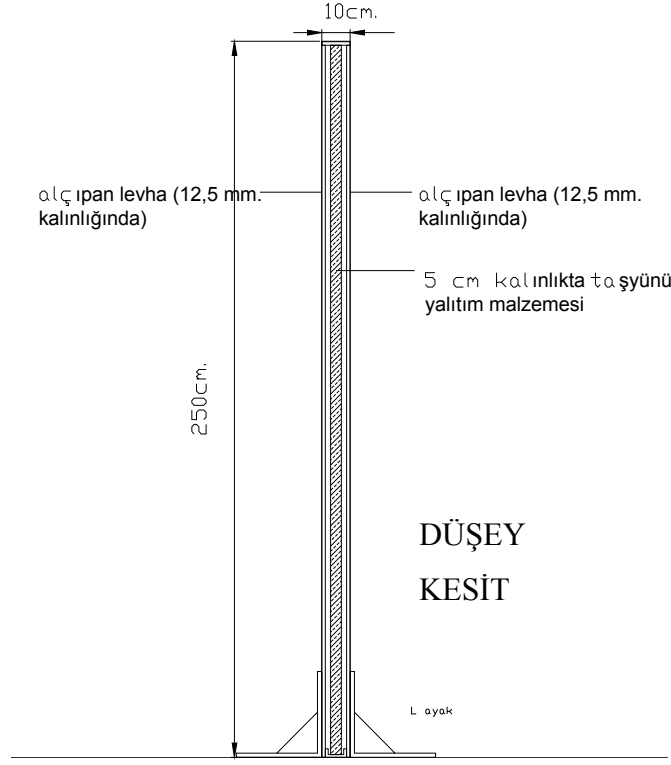


Şekil Ek 3 1 I-tipi engel yatay kesit

2. L-tipi engel ile ilgili detay



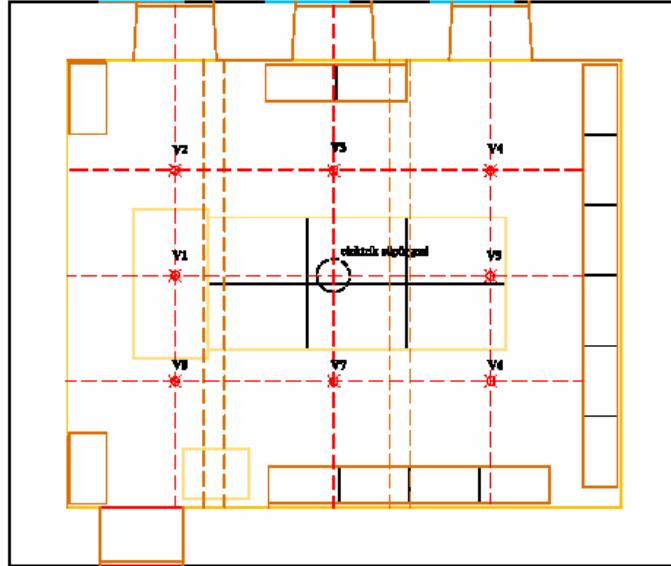
Şekil Ek 3 2 L-tipi engel yatay kesit



Şekil Ek 3 3 I ve L tipi engel için düşey kesit.

Ek 4 ODEON ABP'nın bir hacim örneğinde incelenmesi

ODEON ABP'nın tutarlılığının sınanması için öncelikli olarak kapalı bir hacimde bir deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada küçük boyutlu bir gürültü kaynağı olarak elektrik süpürgesi kullanılmıştır. ODEON ABP'na veri olarak girilmesi gereken ses gücü düzeyi değerleri elektrik süpürgesinden belli uzaklıklarda ve değişik frekanslarda ses düzeyi ölçümleri yapılarak belirlenmiştir. Ölçümlerin yapıldığı hacmin 3 boyutlu modeli ODEON ABP'na aktarılmış ve yüzey gereçlerinin akustik özellikleri tanımlanarak sanal ortamda modellenmiştir. Modelleme sonucu belli alıcı noktalarında elde edilen gürültü düzeyi değerleri ve gerçek hacimde ölçülen gürültü düzeyi değerleri karşılaştırılarak gerçek durumla sanal model arasındaki ayrımlar kabul edilebilir değerlerde olduğu görülmüştür.

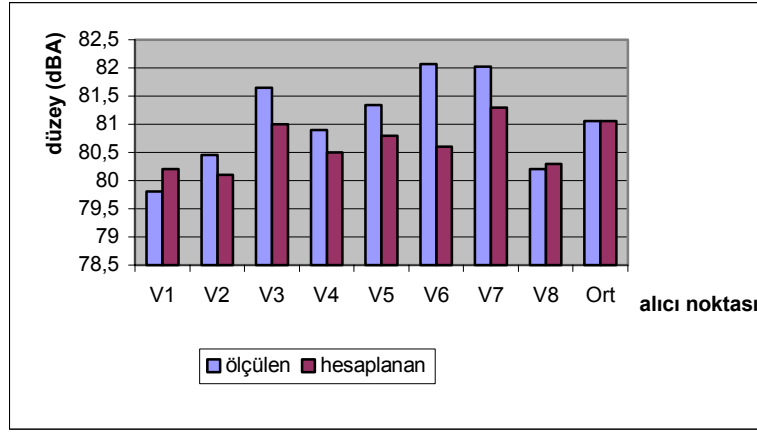


Şekil Ek 4 1 Deneysel çalışma, alet yerleşimi ölçüm noktalarını gösteren plan

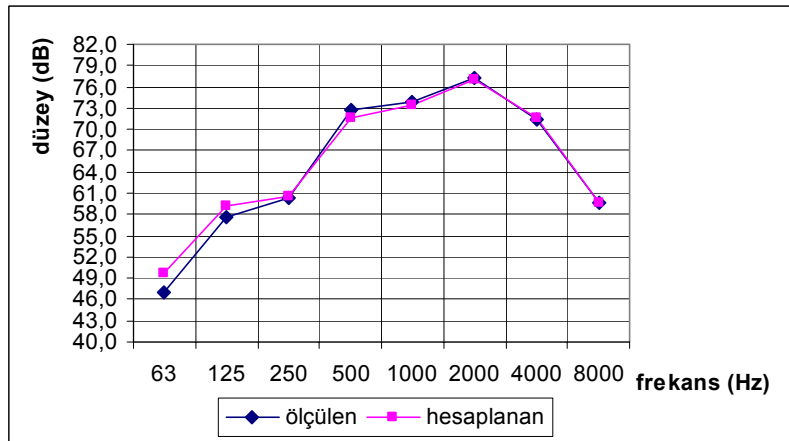
Yapılan deneysel çalışma sonucunda ölçüm sonuç değerleri ile modelleme sonuç değerleri arasında ortalama toplam ses düzeylerine göre yaklaşık 0,5 dB ayırım saptanmıştır. Frekansa göre ortaya çıkan ayrımların değişim aralığı ise 0,8 dB'dir. Alıcı noktalarına göre ise toplam ses düzeyi değişimleri +1,5 dB ile -0,4 dB arasında gerçekleşmektedir. İlgili tablolar Ek 1'de (Tablo1-4) verilmiştir.



Şekil Ek 4 2 Aletin ölçüm ortamında yerleşimi



Şekil Ek 4 3 Deneysel çalışma kapsamında ölçülen ve ODEON ABP'nda alıcı noktalarına göre hesaplanan ses basınç düzeyleri.



Şekil Ek 4 4 Deneysel çalışma kapsamında ölçülen ve ODEON ABP'nda hazırlanan modelde hesaplanan ses basınç seviyelerinin frekansa göre düzeyleri.

Ek 5 ODEON ABP'nda akustik modellemede kullanılan hesaplama parametreleri

Room setup

Calculation parameters | Air conditions / Bk. noise / model check

Suggest point response parameters

Survey | Engineering | Precision

General parameters

General settings

Scattering method

☐ None ☒ Lambert ☐ Full scatter

☒ Oblique Lambert

Reflection based scatter: Enabled

Key diffraction frequency: 707 Hz

Interior margin: 0,10 m

Scatter coefficients > 0,50 to be handled uniformly

☒ Decimate late rays

Number of rays (Recom. 1000): 1000

Max. reflection order: 2000

Impulse Response Length: 1000 ms

Impulse response resolution: 9,0 ms

Angular absorption: Soft materials only

☒ Despike decays

Early reflections

Transition Order: 2

Number of early scatter rays: 100

☒ Smooth early late ratios

Point and Multipoint responses

Desired late reflection density: 100 / ms

Şekil Ek 5 1 Akustik modellemelerde kullanılan Room Setup ayarları

ODEON 9.2 Industrial - E:\...ATOPLAM YUTUCULUK_22.04.08\B-TY-30\B-TY-30 (Geometry type: .Par) -

File | Toolbar | Options | Tools | Window | Help

Define point source | 3D Direct

Description

S7

Position and Orientation

X: 40 m Y: 25 m Z: 1 m

Azimuth: 0 ° Elevation: 0 ° Rotation: 0 °

Delay

Directivity pattern

Sub directory

File: Omni.S08

Level Adjustment

Frequency	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz
Sound Power File	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	dB re. 1W
+ Overall gain									91,0 dB
+ EQ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	dB Elec/Mech
= Sound Power	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0	dB re 1 pW
SPL on axis at 10m	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	dB

Total power: 100,0 dB

98,0 dB(A)

Şekil Ek 5 2 Sanal gürültü kaynakları için ses gücü düzeyi değerlerinin girilmesi.

Ek 6 TY5-TY30-TY55-TY80 toplam yutuculuk koşullarında farklı alıcı noktalarında hesaplanan gürültü düzeyleri.

Çizelge Ek 6 1 A-tipi yerleşim 0,05 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri

A-TY-5	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)									91,4	87,8
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	84,5	84,4	84,2	83,8	83,2	81,6	78,7	73,7	91,8	88,3
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	84,7	84,6	84,3	84	83,3	81,7	78,8	74	91,9	88,4
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	84,7	84,6	84,4	84	83,4	81,7	78,8	73,9	92,0	88,4
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	84,6	84,5	84,2	83,9	83,2	81,6	78,7	73,7	91,8	88,3
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	84,1	84	83,7	83,4	82,7	81,1	78,1	72,8	91,3	87,8
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	85	84,9	84,7	84,2	83,6	81,8	78,7	73,4	92,2	88,5
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	85,5	85,4	85,1	84,7	84,1	82,3	79,2	74,4	92,7	89,0
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	85,7	85,6	85,4	84,9	84,3	82,5	79,4	74,6	92,9	89,2
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	85,7	85,6	85,3	84,9	84,2	82,4	79,4	74,7	92,9	89,2
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	85,5	85,4	85,2	84,7	84,1	82,3	79,2	74,4	92,7	89,0
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	85,1	85	84,8	84,3	83,7	81,9	78,7	73,4	92,3	88,6
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	84	83,9	83,7	83,3	82,7	81,1	78,1	72,7	91,3	87,7
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	84,6	84,5	84,3	83,9	83,2	81,6	78,7	73,7	91,9	88,3
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	84,7	84,6	84,4	84	83,4	81,7	78,8	73,9	92,0	88,4
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	84,8	84,7	84,4	84	83,4	81,8	78,9	73,9	92,0	88,5
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	84,5	84,4	84,2	83,8	83,2	81,5	78,6	73,6	91,8	88,2
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	84,1	84	83,8	83,4	82,7	81,1	78,1	72,8	91,4	87,8
min				84	83,9	83,7	83,3	82,7	81,1	78,1	72,7	91,3	87,7
maks				85,7	85,6	85,4	84,9	84,3	82,5	79,4	74,7	92,9	89,3
ort				84,8	84,7	84,4	84	83,4	81,7	78,7	73,7	92,0	88,4
standart sapma				0,55	0,55	0,54	0,51	0,52	0,45	0,41	0,62	0,52	0,48

Çizelge Ek 6 2 A-tipi yerleşim 0,30 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.

A-TY-30	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	77,2	77,6	76,5	75,8	75,3	74,6	73,4	70,3	84,6	81,3
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	77,8	78,1	77	76,4	75,9	75,3	74,3	71,7	85,2	82,0
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	78	78,3	77,2	76,6	76,1	75,5	74,5	72	85,4	82,2
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	77,9	78,2	77,2	76,6	76,1	75,5	74,4	71,9	85,4	82,2
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	77,7	78	77	76,4	75,9	75,2	74,2	71,6	85,2	81,9
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	77,2	77,6	76,5	75,8	75,2	74,6	73,4	70,3	84,6	81,2
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	77,7	77,9	76,8	76,2	75,6	75	73,9	71,3	85,0	81,7
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	78,2	78,4	77,4	76,8	76,3	75,8	74,8	72,6	85,6	82,5
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	78,3	78,6	77,5	77	76,5	76	75,1	72,9	85,8	82,7
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	78,4	78,6	77,6	77	76,6	76	75,1	73	85,8	82,7
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	78,3	78,5	77,4	76,9	76,4	75,8	74,9	72,7	85,9	82,7
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	77,7	77,9	76,8	76,2	75,6	75	73,9	71,2	85,7	82,6
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	77,2	77,5	76,5	75,8	75,2	74,6	73,4	70,3	85,0	81,7
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	77,8	78,1	77	76,4	75,9	75,3	74,2	71,6	84,6	81,2
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	78	78,2	77,2	76,6	76,1	75,5	74,5	71,9	85,2	82,0
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	77,9	78,2	77,2	76,6	76,1	75,5	74,4	71,9	85,4	82,2
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	77,8	78,1	77	76,4	75,9	75,3	74,2	71,6	85,4	82,2
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	77,2	77,5	76,4	75,8	75,2	74,6	73,4	70,3	85,2	82,0
min				77,2	77,5	76,4	75,8	75,2	74,6	73,4	70,3	84,5	81,2
maks				78,4	78,6	77,6	77	76,6	76	75,1	73	85,9	82,7
ort				77,8	78,1	77	76,4	75,9	75,3	74,2	71,6	85,2	82,0
standart sapma				0,39	0,35	0,37	0,41	0,45	0,47	0,57	0,88	0,42	0,49

Çizelge Ek 6 3 A-tipi yerleşim 0,30 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.

A-TY-55	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	73,6	74	72,9	72,3	71,8	71,3	70,5	68,4	81,2	78,1
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	74,6	74,9	73,9	73,4	72,9	72,5	71,9	70,2	82,3	79,3
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	74,9	75,1	74,2	73,6	73,2	72,8	72,2	70,6	82,6	79,6
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	74,8	75,1	74,1	73,6	73,2	72,7	72,1	70,5	82,5	79,5
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	74,5	74,8	73,9	73,3	72,9	72,5	71,8	70,1	82,2	79,3
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	73,6	74	72,9	72,3	71,8	71,3	70,5	68,5	81,2	78,1
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	74,3	74,5	73,6	73	72,6	72,2	71,6	69,9	82,0	79,0
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	75,2	75,4	74,6	74,2	73,8	73,5	73	71,7	83,1	80,3
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	75,5	75,6	74,9	74,4	74,1	73,8	73,3	72	83,4	80,6
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	75,5	75,7	74,9	74,5	74,1	73,8	73,3	72	83,4	80,6
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	75,3	75,5	74,6	74,2	73,9	73,5	73	71,7	83,4	80,6
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	74,2	74,5	73,5	72,9	72,5	72,1	71,4	69,7	81,9	78,9
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	73,6	74	72,9	72,3	71,8	71,3	70,5	68,4	81,9	78,9
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	74,6	74,8	73,9	73,4	72,9	72,5	71,8	70,2	81,2	78,1
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	74,8	75,1	74,1	73,6	73,2	72,8	72,1	70,5	82,3	79,3
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	74,8	75,1	74,1	73,6	73,2	72,7	72,1	70,5	82,5	79,6
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	74,6	74,8	73,9	73,4	72,9	72,5	71,8	70,1	82,5	79,5
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	73,6	74	72,9	72,3	71,8	71,3	70,5	68,4	82,3	79,3
min				73,6	74	72,9	72,3	71,8	71,3	70,5	68,4	81,2	78,1
maks				75,5	75,7	74,9	74,5	74,1	73,8	73,3	72	83,4	80,6
ort				74,6	74,8	73,9	73,4	72,9	72,5	71,9	70,2	82,3	79,3
standart sapma				0,64	0,56	0,66	0,72	0,77	0,83	0,93	1,20	0,71	0,82

Çizelge Ek 6 4 A-tipi yerleşim 0,80 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.

A-TY-80	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	70,8	71,1	70,2	69,8	69,4	69	68,5	67	78,7	75,8
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	72,3	72,5	71,7	71,4	71,1	70,8	70,4	69,2	80,3	77,6
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	72,6	72,8	72,1	71,7	71,4	71,1	70,7	69,5	80,6	77,9
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	72,6	72,8	72,1	71,7	71,4	71,1	70,7	69,5	80,6	77,9
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	72,3	72,4	71,7	71,4	71,1	70,8	70,3	69,2	80,3	77,6
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	70,8	71,1	70,2	69,7	69,4	69	68,5	67	78,7	75,8
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	72,1	72,2	71,5	71,2	70,9	70,6	70,2	69	80,1	77,4
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	73,5	73,6	73,1	72,9	72,6	72,4	72	71,1	81,7	79,2
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	73,8	73,9	73,4	73,2	72,9	72,6	72,3	71,4	82,0	79,5
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	73,8	73,9	73,4	73,2	72,9	72,7	72,3	71,4	82,0	79,5
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	73,5	73,6	73,1	72,9	72,6	72,4	72	71,1	82,0	79,5
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	71,8	72	71,3	70,9	70,6	70,3	69,9	68,7	79,8	77,1
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	70,8	71,1	70,2	69,8	69,4	69	68,4	67	79,8	77,1
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	72,3	72,5	71,7	71,4	71,1	70,7	70,3	69,1	78,7	75,8
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	72,6	72,8	72,1	71,7	71,4	71	70,6	69,5	80,3	77,6
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	72,6	72,8	72	71,7	71,4	71	70,6	69,5	80,6	77,9
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	72,3	72,4	71,7	71,4	71,1	70,8	70,3	69,2	80,6	77,9
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	70,8	71,1	70,2	69,7	69,4	69	68,5	67	80,3	77,6
min				70,8	71,1	70,2	69,7	69,4	69	68,4	67	78,7	75,8
maks				73,8	73,9	73,4	73,2	72,9	72,7	72,3	71,4	82,0	79,5
ort				72,3	72,5	71,8	71,4	71,1	70,8	70,4	69,2	80,3	77,6
standart sapma				1,00	0,94	1,07	1,15	1,17	1,22	1,28	1,47	1,08	1,18

Çizelge Ek 6 5 B-tipi yerleşim 0,05 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri

B-TY-5	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	84,2	84	83,8	83,4	82,8	81,2	78,4	73,5	91,4	87,9
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	84,7	84,6	84,4	84	83,4	81,8	79,1	74,8	92,0	88,5
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	84,9	84,8	84,6	84,2	83,6	82	79,3	75	92,2	88,7
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	84,9	84,8	84,6	84,2	83,6	82	79,2	74,9	92,2	88,7
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	84,7	84,6	84,4	84	83,4	81,8	79,1	74,7	92,0	88,5
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	84,2	84,1	83,9	83,5	82,9	81,3	78,5	73,5	91,5	88,0
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	84,7	84,6	84,3	83,9	83,2	81,4	78,1	72,4	91,8	88,1
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	85,1	85	84,7	84,3	83,6	81,7	78,5	73,1	92,2	88,5
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	85,3	85,2	84,9	84,5	83,8	82	78,7	73,4	92,4	88,7
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	85,4	85,2	85	84,5	83,8	82	78,8	73,4	92,5	88,7
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	85,2	85,1	84,8	84,4	83,7	81,8	78,5	73,1	92,3	88,6
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	84,6	84,5	84,2	83,8	83,1	81,3	78	72,3	91,7	88,0
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	84,2	84,1	83,9	83,5	82,9	81,3	78,4	73,5	91,5	88,0
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	84,8	84,7	84,4	84,1	83,4	81,9	79,1	74,7	92,1	88,6
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	84,9	84,8	84,6	84,2	83,6	82	79,3	75	92,2	88,7
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	84,8	84,7	84,5	84,1	83,5	81,9	79,2	74,9	92,1	88,6
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	84,7	84,6	84,3	84	83,3	81,8	79	74,6	92,0	88,5
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	84,2	84,1	83,8	83,5	82,8	81,3	78,4	73,5	91,5	87,9
min				84,2	84	83,8	83,4	82,8	81,2	78	72,3	91,4	87,8
maks				85,4	85,2	85	84,5	83,8	82	79,3	75	92,5	88,9
ort				84,8	84,6	84,4	84	83,4	81,7	78,7	73,9	92,0	88,4
standart sapma				0,37	0,37	0,37	0,35	0,33	0,30	0,42	0,91	0,34	0,32

Çizelge Ek 6 6 B-tipi yerleşim 0,30 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri

B-TY-30	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	77,6	78	77	76,4	75,9	75,2	74,1	71,4	85,1	81,9
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	78,4	78,7	77,7	77,2	76,7	76,2	75,3	73,1	86,0	82,9
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	78,5	78,8	77,9	77,3	76,9	76,3	75,5	73,4	86,1	83,1
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	78,5	78,8	77,9	77,4	76,9	76,3	75,4	73,3	86,1	83,1
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	78,4	78,7	77,7	77,2	76,7	76,1	75,2	73,1	86,0	82,9
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	77,6	77,9	76,9	76,3	75,8	75,2	74,1	71,5	85,1	81,9
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	77,1	77,5	76,3	75,7	75,1	74,4	73,2	69,8	84,4	81,1
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	77,5	77,8	76,7	76	75,5	74,8	73,7	70,7	84,8	81,5
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	77,7	78,1	76,9	76,3	75,7	75,1	74	71,1	85,1	81,8
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	77,7	78	76,9	76,3	75,7	75,1	74	71,1	85,1	81,8
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	77,5	77,9	76,7	76,1	75,5	74,9	73,7	70,7	85,1	81,8
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	77,1	77,4	76,3	75,6	75	74,4	73,1	69,8	84,9	81,5
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	77,6	78	77	76,4	75,8	75,2	74,1	71,4	84,4	81,0
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	78,4	78,7	77,7	77,2	76,7	76,2	75,2	73,1	85,1	81,9
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	78,5	78,8	77,9	77,4	76,9	76,4	75,5	73,3	86,0	82,9
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	78,6	78,9	77,9	77,4	76,9	76,3	75,4	73,3	86,2	83,1
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	78,3	78,6	77,7	77,2	76,7	76,1	75,2	73	86,2	83,1
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	77,7	78	77	76,4	75,9	75,2	74,1	71,4	85,9	82,9
min				77,1	77,4	76,3	75,6	75	74,4	73,1	69,8	84,4	81,0
maks				78,6	78,9	77,9	77,4	76,9	76,4	75,5	73,4	86,2	83,1
ort				77,9	78,3	77,2	76,6	76,1	75,5	74,5	71,9	85,4	82,2
standart sapma				0,51	0,49	0,57	0,62	0,66	0,70	0,83	1,27	0,63	0,75

Çizelge Ek 6 7 B-tipi yerleşim 0,55 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri

B-TY-55	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	74,4	74,8	73,8	73,3	72,8	72,4	71,7	70	82,2	79,2
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	75,6	75,9	75,1	74,7	74,3	73,9	73,4	72,1	83,6	80,8
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	75,8	76,1	75,3	74,9	74,5	74,1	73,6	72,4	83,8	81,0
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	75,8	76,1	75,3	74,9	74,5	74,1	73,6	72,3	83,8	81,0
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	75,6	75,8	75,1	74,7	74,3	73,9	73,3	72	83,5	80,7
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	74,4	74,7	73,8	73,3	72,8	72,4	71,7	70	82,1	79,2
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	73,4	73,8	72,7	72	71,5	71	70,2	67,8	80,9	77,7
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	74	74,4	73,3	72,7	72,2	71,7	71	69	81,6	78,5
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	74,3	74,7	73,6	73	72,5	72,1	71,4	69,4	81,9	78,9
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	74,3	74,6	73,6	73	72,5	72,1	71,4	69,4	81,9	78,9
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	74	74,3	73,3	72,7	72,2	71,7	71	69	81,9	78,9
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	73,3	73,7	72,6	71,9	71,4	70,9	70	67,6	80,8	77,6
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	74,4	74,8	73,8	73,3	72,8	72,4	71,7	70	80,8	77,6
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	75,6	75,9	75,1	74,7	74,3	73,9	73,4	72,1	82,2	79,2
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	75,8	76,1	75,3	74,9	74,5	74,1	73,6	72,3	83,6	80,8
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	75,8	76,1	75,3	74,9	74,5	74,1	73,6	72,3	83,8	81,0
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	75,6	75,8	75,1	74,7	74,3	73,9	73,3	72	83,8	81,0
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	74,4	74,8	73,8	73,3	72,8	72,4	71,7	70	83,5	80,7
min				73,3	73,7	72,6	71,9	71,4	70,9	70	67,6	80,8	77,6
maks				75,8	76,1	75,3	74,9	74,5	74,1	73,6	72,4	83,8	81,0
ort				74,8	75,1	74,2	73,7	73,3	72,8	72,2	70,5	82,6	79,6
standart sapma				0,88	0,84	0,97	1,07	1,12	1,15	1,26	1,65	1,11	1,27

Çizelge Ek 6 8 B-tipi yerleşim 0,80 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri

B-TY-80	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	72	72,3	71,6	71,2	70,8	70,5	70	68,9	80,1	77,3
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	73,8	74	73,4	73,1	72,9	72,6	72,3	71,4	82,0	79,5
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	74,1	74,2	73,6	73,4	73,1	72,8	72,5	71,6	82,3	79,7
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	74	74,2	73,6	73,4	73,1	72,8	72,4	71,6	82,2	79,7
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	73,8	74	73,4	73,1	72,9	72,6	72,2	71,3	82,0	79,5
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	72	72,3	71,6	71,2	70,9	70,5	70,1	68,9	80,1	77,4
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	70,4	70,8	69,8	69,3	68,9	68,4	67,8	66	78,2	75,2
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	71,4	71,7	70,8	70,4	70	69,6	69,1	67,7	79,3	76,4
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	71,8	72,1	71,2	70,7	70,4	70	69,6	68,1	79,7	76,9
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	71,8	72,1	71,2	70,7	70,4	70	69,6	68,2	79,7	76,9
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	71,4	71,6	70,8	70,3	70	69,6	69,1	67,7	79,7	76,9
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	70,2	70,6	69,6	69,1	68,6	68,2	67,6	65,8	78,0	75,0
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	72	72,3	71,6	71,2	70,8	70,5	70	68,9	78,0	75,0
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	73,8	74	73,4	73,1	72,9	72,6	72,2	71,3	80,1	77,3
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	74	74,2	73,6	73,4	73,1	72,8	72,4	71,5	82,0	79,5
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	74	74,2	73,6	73,4	73,1	72,8	72,4	71,5	82,2	79,7
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	73,8	74	73,4	73,1	72,9	72,6	72,2	71,3	82,2	79,7
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	72	72,3	71,6	71,2	70,8	70,5	70	68,9	82,0	79,5
min				70,2	70,6	69,6	69,1	68,6	68,2	67,6	65,8	78,0	75,0
maks				74,1	74,2	73,6	73,4	73,1	72,8	72,5	71,6	82,3	79,7
ort				72,6	72,8	72,1	71,7	71,4	71,1	70,7	69,5	80,6	77,9
standart sapma				1,33	1,26	1,40	1,51	1,57	1,62	1,69	1,99	1,60	1,76

Çizelge Ek 6 9 C-tipi yerleşim 0,05 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.

C-TY-5	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	80,8	80,7	80,5	80,1	79,4	77,8	74,7	69,3	88,0	84,4
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	81,3	81,2	80,9	80,5	79,9	78,2	75,2	70	88,5	84,9
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	81,5	81,4	81,2	80,8	80,2	78,5	75,5	70,4	88,8	85,2
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	81,5	81,4	81,2	80,8	80,2	78,5	75,4	70,3	88,8	85,2
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	81,4	81,3	81	80,6	80	78,3	75,2	69,9	88,6	85,0
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	80,8	80,7	80,5	80,1	79,4	77,8	74,7	69,2	88,0	84,4
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	82,6	82,5	82,3	81,9	81,3	79,6	76,8	72,2	89,9	86,3
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	83,2	83,1	82,8	82,4	81,8	80,2	77,5	73,5	90,5	86,9
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	83,4	83,3	83,1	82,7	82,1	80,4	77,8	73,8	90,7	87,2
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	83,3	83,2	83	82,6	82	80,4	77,7	73,8	90,6	87,1
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	83,2	83,1	82,9	82,5	81,9	80,3	77,6	73,6	90,5	87,0
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	82,6	82,5	82,3	81,9	81,3	79,7	76,9	72,3	89,9	86,4
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	80,8	80,7	80,4	80	79,4	77,7	74,7	69,2	88,0	84,4
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	81,4	81,3	81	80,6	80	78,3	75,3	70	88,6	85,0
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	81,5	81,4	81,2	80,8	80,1	78,5	75,5	70,3	88,8	85,2
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	81,5	81,4	81,1	80,7	80,1	78,4	75,3	70,2	88,7	85,1
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	81,4	81,3	81,1	80,7	80	78,3	75,3	69,9	88,6	85,0
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	80,9	80,8	80,5	80,1	79,5	77,8	74,8	69,3	88,1	84,5
min				80,8	80,7	80,4	80	79,4	77,7	74,7	69,2	88,0	84,4
maks				83,4	83,3	83,1	82,7	82,1	80,4	77,8	73,8	90,7	87,2
ort				81,8	81,7	81,5	81,1	80,5	78,8	75,9	70,9	89,1	85,5
standart sapma				0,94	0,94	0,95	0,95	0,97	0,99	1,14	1,72	0,97	1,02

Çizelge Ek 6 10 C-tipi yerleşim 0,30 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.

C-TY-30	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	73,9	74,2	73,1	72,5	71,9	71,2	70	66,7	81,2	77,9
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	74,4	74,7	73,6	73	72,4	71,8	70,7	67,7	81,8	78,5
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	74,5	74,8	73,7	73,1	72,6	71,9	70,9	68,1	81,9	78,6
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	74,5	74,9	73,8	73,1	72,6	72	70,9	68	81,9	78,7
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	74,3	74,6	73,5	72,9	72,3	71,7	70,5	67,6	81,7	78,3
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	73,8	74,2	73	72,4	71,8	71,1	69,9	66,7	81,1	77,8
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	76	76,2	75,2	74,6	74,1	73,6	72,7	70,5	83,5	80,3
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	76,7	76,9	76	75,5	75,1	74,6	73,9	72,1	84,4	81,4
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	76,9	77,1	76,2	75,7	75,3	74,8	74,1	72,4	84,6	81,6
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	76,9	77,1	76,2	75,7	75,3	74,9	74,1	72,4	84,6	81,6
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	76,8	76,9	76	75,6	75,1	74,7	73,9	72,2	84,6	81,6
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	75,9	76,1	75,1	74,6	74,1	73,5	72,6	70,3	84,4	81,4
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	73,9	74,3	73,2	72,5	71,9	71,2	70	66,7	83,4	80,2
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	74,3	74,6	73,5	72,8	72,3	71,7	70,5	67,6	81,3	77,9
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	74,6	74,9	73,8	73,1	72,6	72	70,9	68,1	81,6	78,3
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	74,5	74,8	73,7	73,1	72,6	71,9	70,8	68	82,0	78,7
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	74,3	74,6	73,5	72,8	72,3	71,6	70,5	67,6	81,9	78,6
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	73,8	74,2	73,1	72,4	71,8	71,1	69,9	66,6	81,6	78,3
min				73,8	74,2	73	72,4	71,8	71,1	69,9	66,6	81,1	77,8
maks				76,9	77,1	76,2	75,7	75,3	74,9	74,1	72,4	84,6	81,6
ort				75	75,3	74,2	73,6	73,1	72,5	71,5	68,9	82,4	79,2
standart sapma				1,17	1,09	1,18	1,26	1,31	1,41	1,58	2,16	1,34	1,50

Çizelge Ek 6 11 C-tipi yerleşim 0,55 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.

[illegible]

Çizelge Ek 6 12 C-tipi yerleşim 0,80 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.

C-TY-80	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	67,2	67,6	66,5	66	65,6	65,2	64,6	62,8	74,9	72,0
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	68,4	68,6	67,7	67,3	67	66,6	66,2	64,7	76,2	73,5
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	68,8	69	68,1	67,7	67,4	67	66,6	65,2	76,7	73,9
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	68,8	69	68,2	67,7	67,4	67	66,5	65,1	76,6	73,8
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	68,3	68,6	67,7	67,3	66,9	66,6	66,1	64,6	76,2	73,4
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	67,2	67,6	66,5	66	65,6	65,2	64,6	62,9	74,9	72,0
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	71,2	71,3	70,8	70,5	70,3	70,1	69,8	68,8	79,4	76,9
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	72,9	73	72,6	72,4	72,2	71,9	71,7	70,9	81,3	78,8
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	73,1	73,2	72,7	72,5	72,3	72,1	71,8	71,1	81,4	79,0
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	73,1	73,1	72,7	72,5	72,3	72,1	71,8	71,1	81,4	79,0
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	72,9	72,9	72,5	72,3	72,1	71,9	71,6	70,9	81,4	79,0
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	70,9	71	70,4	70,1	69,8	69,5	69,2	68,3	79,0	76,4
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	67,2	67,6	66,5	66	65,6	65,2	64,6	62,8	79,0	76,4
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	68,3	68,6	67,7	67,3	66,9	66,6	66,1	64,6	74,9	72,0
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	68,8	69	68,1	67,7	67,4	67	66,5	65,1	76,2	73,4
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	68,8	69	68,1	67,7	67,4	67	66,5	65,1	76,6	73,8
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	68,3	68,6	67,7	67,3	66,9	66,6	66,1	64,6	76,6	73,8
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	67,1	67,5	66,5	66	65,6	65,1	64,5	62,8	76,2	73,4
min				67,1	67,5	66,5	66	65,6	65,1	64,5	62,8	74,9	71,9
maks				73,1	73,2	72,7	72,5	72,3	72,1	71,8	71,1	81,4	79,0
ort				69,5	69,7	69	68,6	68,3	67,9	67,5	66,2	77,5	74,8
standart sapma				2,21	2,09	2,33	2,44	2,52	2,59	2,71	3,10	2,39	2,58

Çizelge Ek 6 13 D-tipi yerleşim 0,05 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.

D-TY-5	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	81,1	81	80,8	80,4	79,8	78,3	75,6	71,6	88,4	85,0
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	81,8	81,7	81,5	81,1	80,6	79,1	76,6	73,3	89,2	85,8
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	82	81,9	81,7	81,3	80,7	79,2	76,8	73,5	89,4	86,0
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	82,1	82	81,7	81,4	80,8	79,3	76,8	73,4	89,5	86,0
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	81,9	81,8	81,5	81,2	80,6	79	76,5	73,2	89,2	85,8
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	81,3	81,2	81	80,6	80	78,4	75,7	71,6	88,6	85,1
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	81,7	81,6	81,3	80,9	80,2	78,4	75,1	69,4	88,8	85,1
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	82,1	81,9	81,7	81,2	80,5	78,7	75,4	70	89,2	85,4
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	82,3	82,2	81,9	81,5	80,8	78,9	75,7	70,3	89,4	85,7
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	82,3	82,2	81,9	81,5	80,8	79	75,7	70,4	89,4	85,7
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	82,2	82,1	81,8	81,4	80,7	78,8	75,5	70,1	89,3	85,6
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	81,6	81,5	81,2	80,8	80,1	78,3	75	69,4	88,7	85,0
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	81,2	81,1	80,8	80,5	79,8	78,2	75,2	69	88,4	84,8
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	81,6	81,5	81,3	80,9	80,3	78,6	75,5	69,3	88,8	85,3
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	81,8	81,7	81,5	81,1	80,4	78,8	75,7	69,6	89,0	85,4
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	81,7	81,6	81,4	81	80,3	78,7	75,6	69,5	88,9	85,3
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	81,5	81,4	81,2	80,8	80,2	78,5	75,4	69,3	88,8	85,2
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	81,2	81,1	80,8	80,5	79,8	78,2	75,1	69	88,4	84,8
min				81,1	81	80,8	80,4	79,8	78,2	75	69	88,4	84,8
maks				82,3	82,2	81,9	81,5	80,8	79,3	76,8	73,5	89,6	86,1
ort				81,7	81,6	81,4	81	80,4	78,7	75,7	70,7	89,0	85,4
standart sapma				0,38	0,38	0,37	0,35	0,36	0,35	0,57	1,65	0,37	0,38

Çizelge Ek 6 14 D-tipi yerleşim 0,30 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.

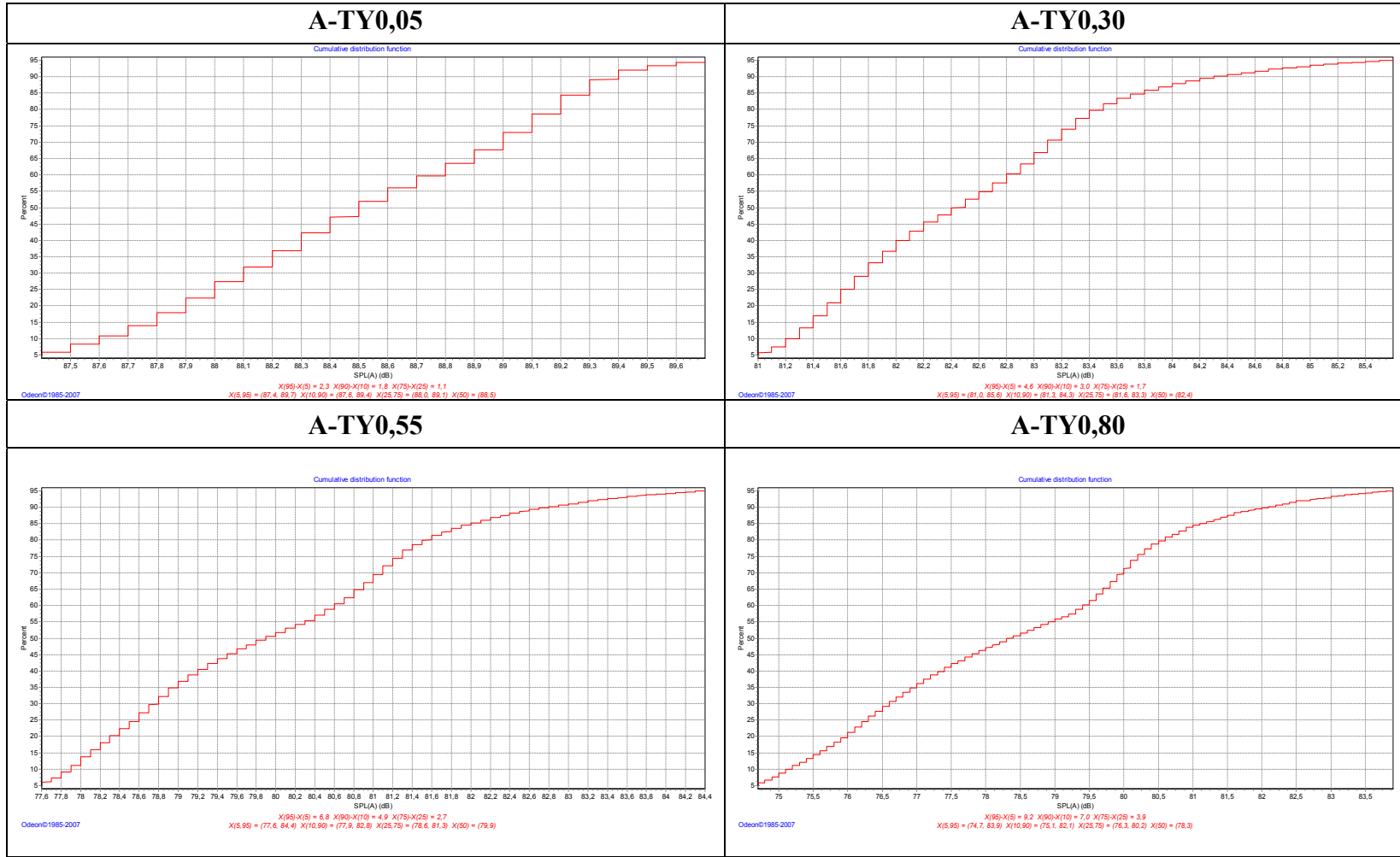
D-TY-30	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	75	75,3	74,4	73,9	73,5	72,9	72	70,1	82,7	79,7
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	76,1	76,3	75,5	75,1	74,7	74,3	73,6	72,2	83,9	81,1
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	76,2	76,5	75,7	75,3	74,9	74,5	73,9	72,4	84,1	81,3
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	76,3	76,5	75,8	75,4	75	74,5	73,8	72,4	84,2	81,3
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	76,1	76,3	75,6	75,1	74,7	74,3	73,6	72,1	83,9	81,1
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	74,9	75,2	74,4	73,9	73,4	72,9	72	70,1	82,6	79,6
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	74,1	74,5	73,4	72,7	72,1	71,4	70,2	66,9	81,5	78,1
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	74,5	74,8	73,7	73	72,5	71,8	70,7	67,7	81,8	78,5
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	74,7	75,1	73,9	73,3	72,8	72,1	71	68,1	82,1	78,8
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	74,7	75	73,9	73,2	72,7	72	70,9	68,1	82,1	78,8
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	74,6	74,9	73,7	73,1	72,5	71,9	70,7	67,7	82,0	78,7
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	74,1	74,5	73,3	72,6	72,1	71,4	70,1	66,8	81,9	78,5
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	74,2	74,6	73,5	72,7	72,1	71,3	69,9	65,7	81,4	78,0
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	74,5	74,9	73,7	73	72,3	71,6	70,2	66,1	81,4	77,9
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	74,6	75	73,9	73,2	72,5	71,8	70,4	66,5	81,7	78,2
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	74,7	75,1	73,9	73,2	72,5	71,8	70,4	66,4	81,9	78,4
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	74,4	74,8	73,6	72,9	72,3	71,5	70,1	66,1	81,9	78,4
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	74,2	74,7	73,5	72,8	72,1	71,4	69,9	65,7	81,6	78,1
min				74,1	74,5	73,3	72,6	72,1	71,3	69,9	65,7	81,4	77,9
maks				76,3	76,5	75,8	75,4	75	74,5	73,9	72,4	84,2	81,3
ort				74,9	75,2	74,2	73,6	73	72,4	71,3	68,4	82,3	79,1
standart sapma				0,75	0,69	0,86	0,97	1,06	1,18	1,46	2,48	0,98	1,23

Çizelge Ek 6 15 D-tipi yerleşim 0,55 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.

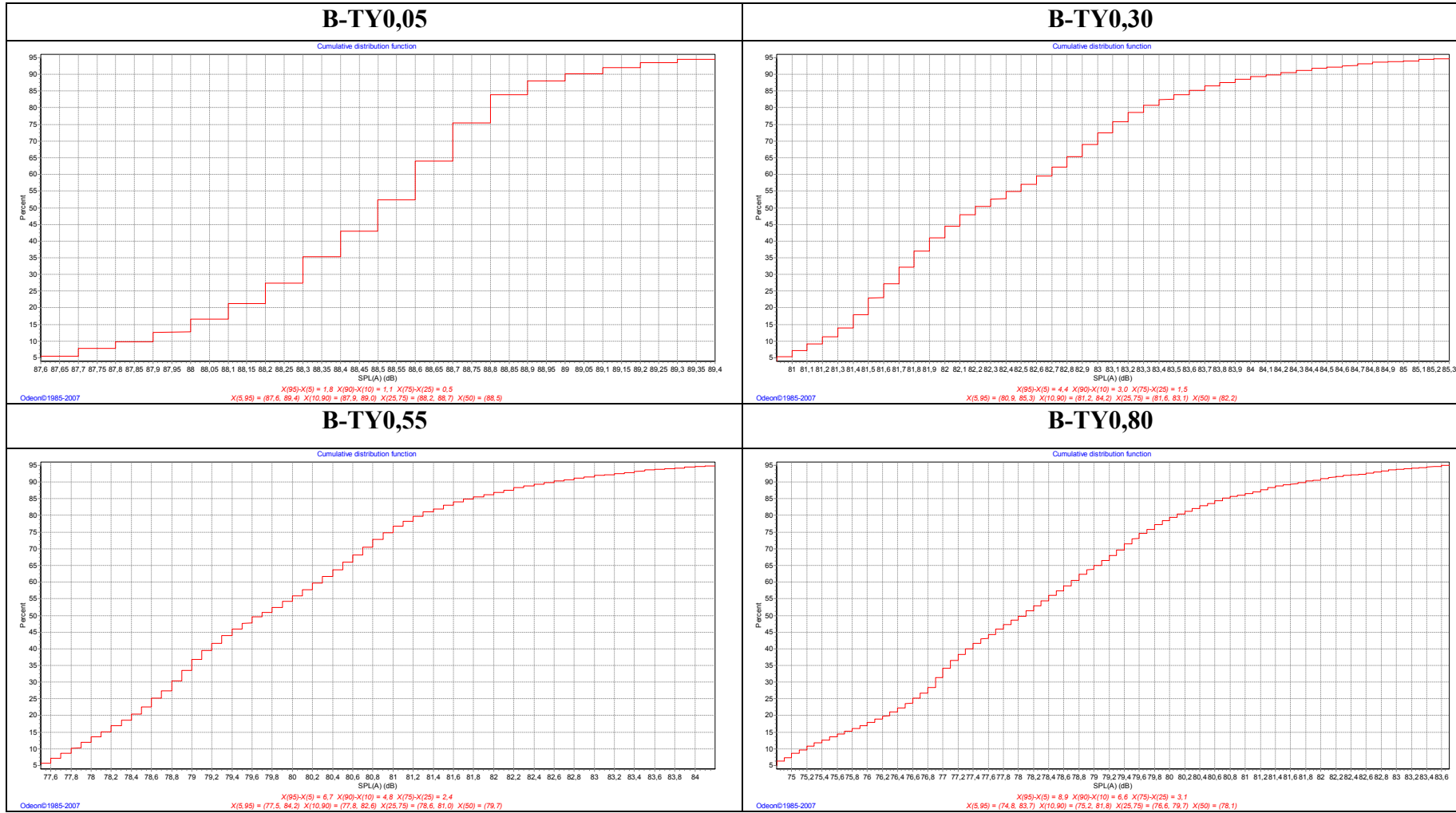
D-TY-55	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	72,4	72,6	71,9	71,5	71,2	70,8	70,3	69,1	80,4	77,7
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	74	74,2	73,6	73,3	73,1	72,8	72,4	71,5	82,2	79,7
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	74,3	74,4	73,8	73,6	73,3	73	72,6	71,7	82,4	79,9
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	74,3	74,4	73,9	73,6	73,3	73	72,6	71,6	82,5	79,9
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	74	74,2	73,6	73,3	73	72,7	72,3	71,4	82,2	79,6
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	72,4	72,6	71,9	71,5	71,2	70,8	70,3	69,1	80,4	77,7
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	70,4	70,8	69,7	69,1	68,5	68	67,2	64,8	77,9	74,7
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	71	71,3	70,3	69,7	69,2	68,7	68	66	78,6	75,5
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	71,3	71,7	70,6	70	69,5	69,1	68,4	66,4	78,9	75,9
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	71,3	71,6	70,5	70	69,5	69	68,4	66,4	78,9	75,9
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	71	71,4	70,3	69,7	69,2	68,7	68	66	78,9	75,8
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	70,3	70,8	69,6	69	68,4	67,9	67	64,6	77,8	74,6
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	70,1	70,6	69,3	68,6	67,9	67,2	66,1	62,7	77,8	74,6
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	70,4	70,9	69,6	68,8	68,2	67,5	66,5	63,4	77,4	73,9
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	70,7	71,1	69,9	69,1	68,5	67,8	66,8	63,8	77,7	74,2
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	70,7	71,1	69,8	69,1	68,4	67,8	66,8	63,7	78,0	74,5
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	70,4	70,9	69,6	68,9	68,2	67,6	66,5	63,4	78,0	74,5
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	70,1	70,7	69,3	68,6	67,9	67,2	66,1	62,7	77,7	74,3
min				70,1	70,6	69,3	68,6	67,9	67,2	66,1	62,7	77,4	73,9
maks				74,3	74,4	73,9	73,6	73,3	73	72,6	71,7	82,5	79,9
ort				71,6	72	71	70,4	69,9	69,4	68,7	66,6	79,3	76,2
standart sapma				1,54	1,41	1,69	1,87	2,03	2,16	2,41	3,31	1,85	2,18

Çizelge Ek 6 16 D-tipi yerleşim 0,80 ortalama yutma çarpanı koşulunda hesaplanan gürültü düzeyleri.

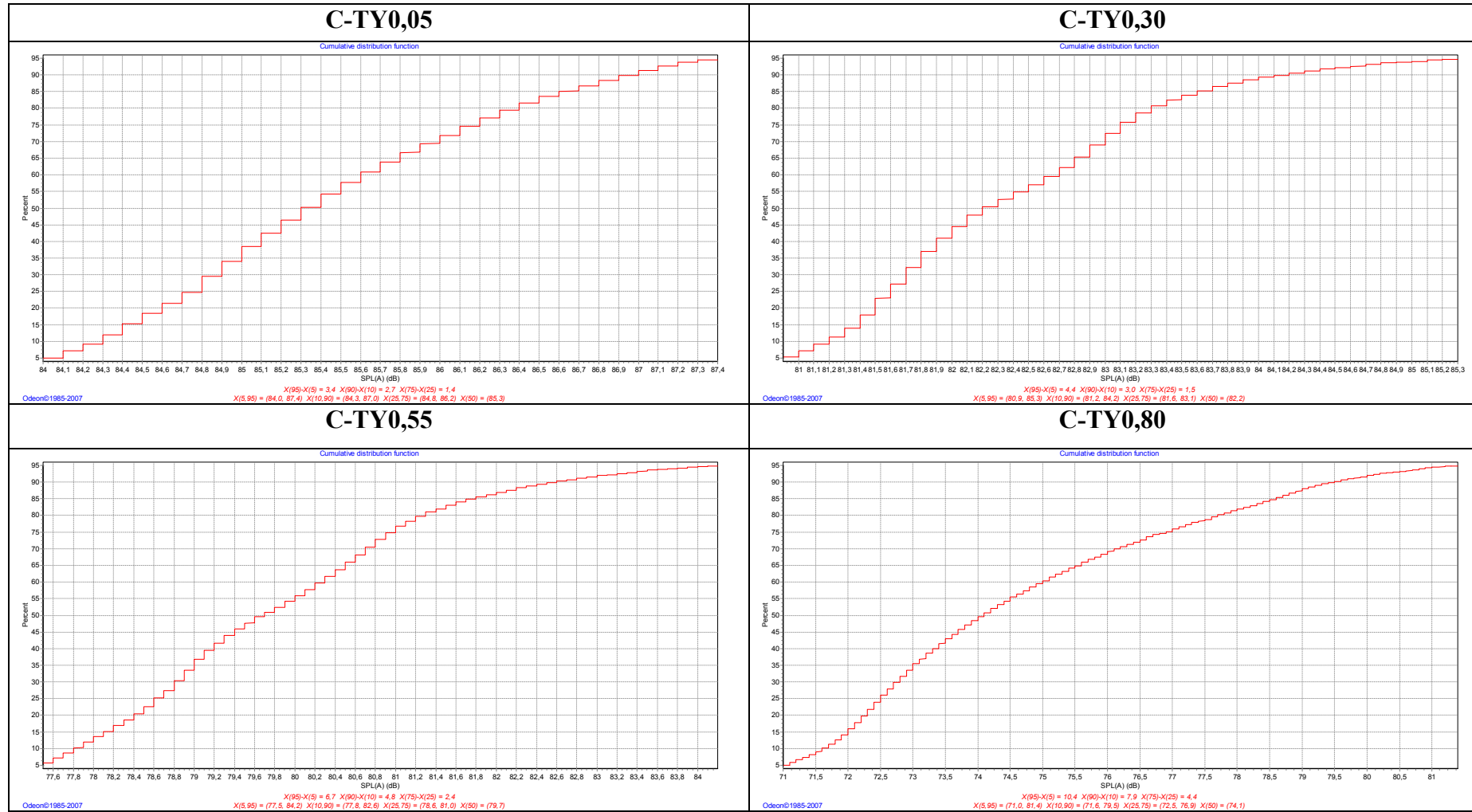
D-TY-80	koordinat			Frekans (Hz)								Toplam düzey	Toplam düzey
	x	y	z	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)
R1	(5,00,	5,00,	1,50)	70,7	70,8	70,3	70,1	69,8	69,5	69,2	68,3	78,9	76,4
R2	(15,00,	5,00,	1,50)	72,8	72,9	72,5	72,4	72,2	71,9	71,7	71	81,2	78,8
R3	(25,00,	5,00,	1,50)	73,1	73,1	72,8	72,6	72,4	72,1	71,9	71,2	81,5	79,1
R4	(35,00,	5,00,	1,50)	73,1	73,1	72,8	72,6	72,4	72,1	71,8	71,1	81,5	79,0
R5	(45,00,	5,00,	1,50)	72,8	72,9	72,5	72,4	72,1	71,9	71,6	70,9	81,2	78,8
R6	(55,00,	5,00,	1,50)	70,7	70,8	70,3	70,1	69,8	69,5	69,2	68,3	78,9	76,4
R7	(55,00,	15,00,	1,50)	67,4	67,8	66,8	66,3	65,9	65,4	64,8	63	75,2	72,2
R8	(45,00,	15,00,	1,50)	68,4	68,7	67,8	67,4	67	66,6	66,1	64,7	76,3	73,4
R9	(35,00,	15,00,	1,50)	68,8	69,1	68,2	67,7	67,4	67	66,5	65,1	76,7	73,8
R10	(25,00,	15,00,	1,50)	68,8	69	68,2	67,7	67,4	67	66,6	65,2	76,7	73,8
R11	(15,00,	15,00,	1,50)	68,4	68,6	67,7	67,3	67	66,6	66,1	64,7	76,7	73,9
R12	(5,00,	15,00,	1,50)	67,2	67,7	66,6	66,1	65,6	65,2	64,6	62,8	75,0	72,0
R13	(5,00,	25,00,	1,50)	66,2	66,9	65,5	64,7	64,1	63,5	62,6	59,8	75,0	72,0
R14	(15,00,	25,00,	1,50)	66,7	67,3	66	65,2	64,7	64,1	63,3	60,7	73,6	70,2
R15	(25,00,	25,00,	1,50)	67,1	67,6	66,3	65,6	65	64,4	63,6	61,2	74,2	70,9
R16	(35,00,	25,00,	1,50)	67	67,6	66,3	65,5	64,9	64,4	63,6	61,2	74,5	71,2
R17	(45,00,	25,00,	1,50)	66,8	67,4	66,1	65,4	64,8	64,2	63,4	60,9	74,5	71,2
R18	(55,00,	25,00,	1,50)	66,2	66,9	65,5	64,7	64,1	63,5	62,6	59,8	74,3	71,0
min				66,2	66,9	65,5	64,7	64,1	63,5	62,6	59,8	73,6	70,2
maks				73,1	73,1	72,8	72,6	72,4	72,1	71,9	71,2	81,5	79,1
ort				69	69,3	68,5	68	67,6	67,2	66,6	65	76,9	74,0
standart sapma				2,52	2,30	2,69	2,93	3,06	3,19	3,42	4,17	2,81	3,15



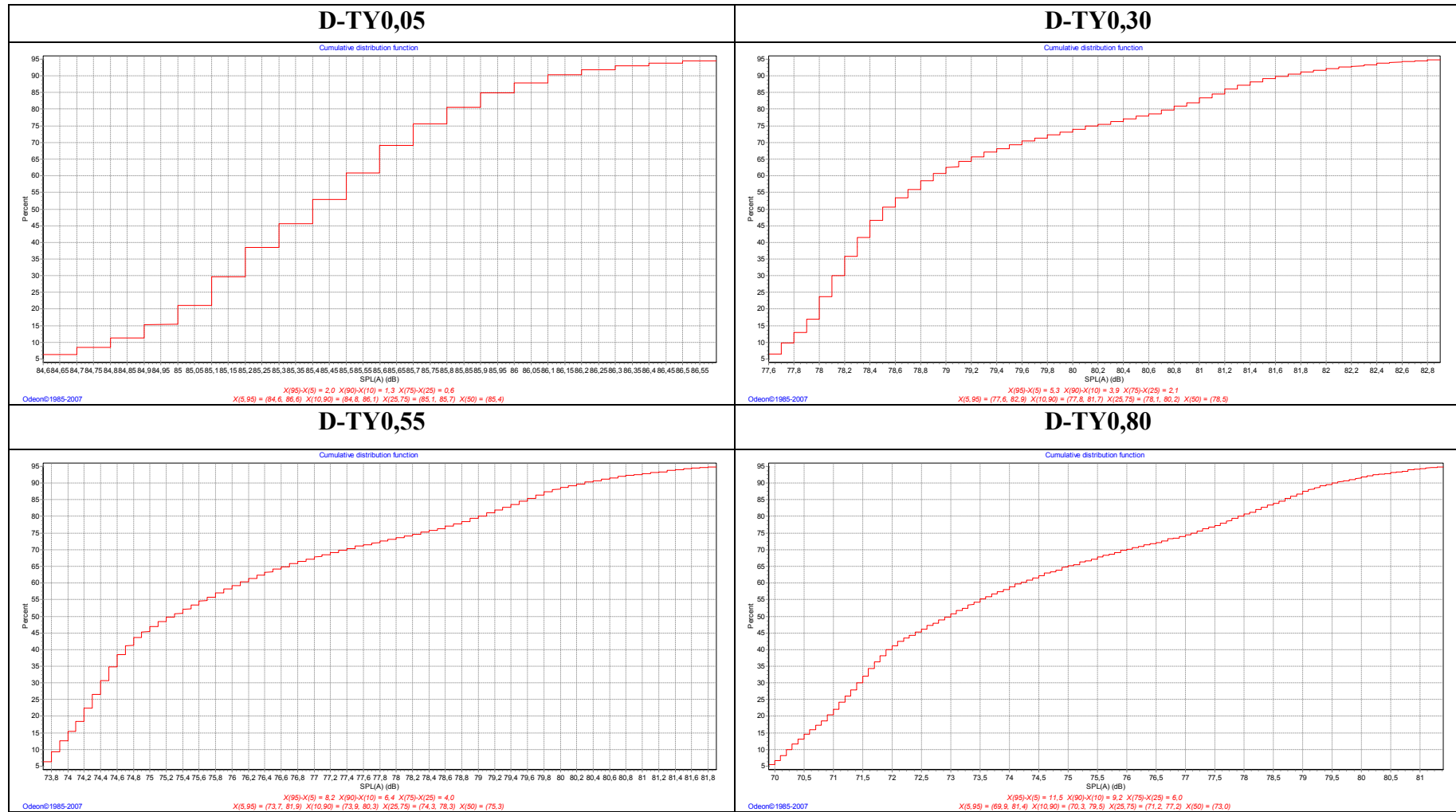
Şekil Ek 7 1 A-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları için elde edilen istatistiksel değerlendirme sonuçları.



Şekil Ek 7 2 B-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları için elde edilen istatistiksel değerlendirme sonuçları.



Şekil Ek 7 3 C-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları için elde edilen istatistiksel değerlendirme sonuçları.



Şekil Ek 7 4 D-yerleşim düzeninde TY5,TY30,TY55,TY80 toplam yutuculuk koşullarında A-ağırlıklı gürültü düzeyi dağılımları için elde edilen istatistiksel değerlendirme sonuçları.

Ek 8 Farklı toplam yutuculuk koşullarında kaynaktan değişik uzaklıktaki alıcı noktaları için hesaplanan frekansa bağlı düzeyler

Çizelge Ek 8 1 R1 – R6 alıcı noktalarında 0,05 ortalama yutma çarpanı için frekansa bağlı hesaplanan gürültü düzeyleri

TY-5	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	79,1	79	78,9	78,6	78,2	77,4	76,4	75,5	87,1	84,3
R2	77,4	77,3	77,1	76,7	76,2	74,9	73,1	70,8	84,9	81,7
R3	76,8	76,7	76,4	76	75,3	73,6	70,9	66,9	84,0	80,4
R4	76,7	76,5	76,2	75,8	75	73,1	69,9	64,1	83,7	79,9
R5	76	75,9	75,5	75,1	74,3	72,3	68,8	61,3	83,0	79,1
R6	75,5	75,3	75	74,5	73,8	71,9	68,4	60,4	82,5	78,6
min	75,5	75,3	75	74,5	73,8	71,9	68,4	60,4	82,5	78,6
maks	79,1	79	78,9	78,6	78,2	77,4	76,4	75,5	87,1	84,3
ort	76,9	76,8	76,5	76,1	75,5	73,9	71,2	66,5	84,1	80,6
standart sapma	1,26	1,28	1,38	1,43	1,57	2,03	3,03	5,83	1,65	2,07

Çizelge Ek 8 2 R1 – R6 alıcı noktalarında 0,30 ortalama yutma çarpanı için frekansa bağlı hesaplanan gürültü düzeyleri

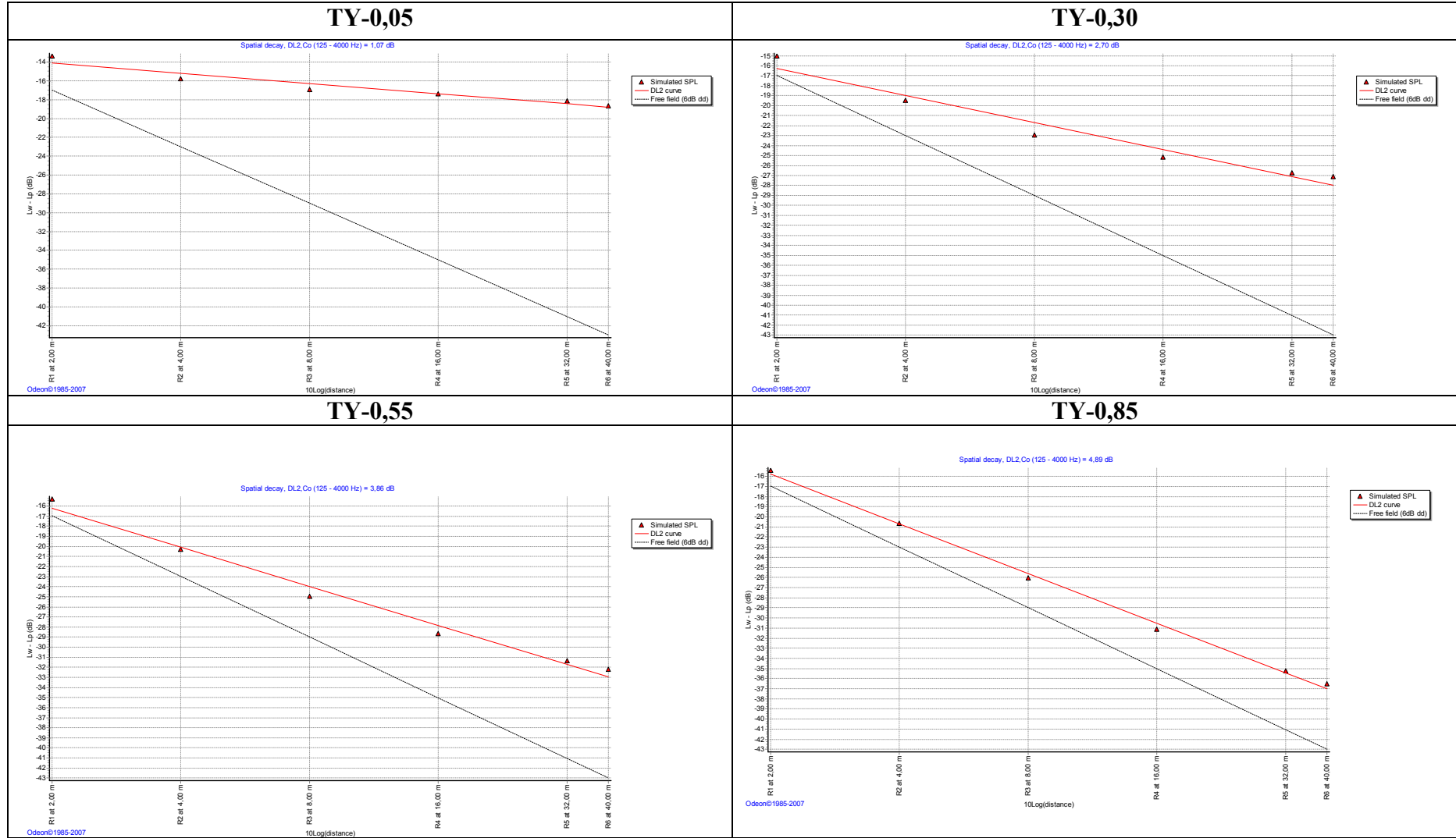
TY-30	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	76,5	76,5	76,3	76,2	76,1	75,9	75,7	75,3	85,1	82,8
R2	72,7	72,8	72,3	72	71,7	71,4	71	70,1	80,9	78,3
R3	70,1	70,2	69,3	68,8	68,4	67,9	67,1	65,2	77,7	74,6
R4	68,6	68,9	67,6	66,8	66,3	65,7	64,5	61,3	75,8	72,3
R5	67,5	67,8	66,4	65,5	64,9	64,1	62,4	57,4	74,4	70,6
R6	67,2	67,6	66,1	65,2	64,5	63,7	61,9	56,3	74,1	70,2
min	67,2	67,6	66,1	65,2	64,5	63,7	61,9	56,3	74,1	70,2
maks	76,5	76,5	76,3	76,2	76,1	75,9	75,7	75,3	85,1	82,8
ort	70,4	70,6	69,7	69,1	68,7	68,1	67,1	64,3	77,9	74,8
standart sapma	3,59	3,45	3,97	4,30	4,51	4,75	5,39	7,43	4,30	4,93

Çizelge Ek 8 3 R1 – R6 alıcı noktalarında 0,55 ortalama yutma çarpanı için frekansa bağlı hesaplanan gürültü düzeyleri

TY-55	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	76	76,1	75,9	75,9	75,8	75,6	75,5	75,2	84,8	82,6
R2	71,4	71,5	71,2	71	70,8	70,6	70,4	69,8	79,9	77,5
R3	67,6	67,7	66,9	66,6	66,2	65,9	65,5	64,3	75,5	72,8
R4	64,7	65	63,8	63,1	62,6	62,2	61,4	59,2	72,1	68,9
R5	62,8	63,2	61,6	60,7	60,1	59,5	58,2	54,3	69,8	66,1
R6	62,2	62,7	61	60	59,3	58,6	57,2	52,7	69,1	65,2
min	62,2	62,7	61	60	59,3	58,6	57,2	52,7	69,1	65,2
maks	76	76,1	75,9	75,9	75,8	75,6	75,5	75,2	84,8	82,6
ort	67,5	67,7	66,7	66,2	65,8	65,4	64,7	62,6	75,1	72,1
standart sapma	5,39	5,24	5,86	6,25	6,48	6,67	7,20	8,85	6,18	6,84

Çizelge Ek 8 4 R1 – R6 alıcı noktalarında 0,80 ortalama yutma çarpanı için frekansa bağlı hesaplanan gürültü düzeyleri

TY-80	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	75,8	75,8	75,8	75,8	75,7	75,5	75,4	75,1	84,7	82,5
R2	70,9	70,9	70,7	70,6	70,5	70,3	70,1	69,6	79,5	77,2
R3	66	66	65,5	65,3	65,1	64,8	64,5	63,6	74,2	71,7
R4	61,6	62	60,9	60,4	60,1	59,7	59,2	57,5	69,4	66,5
R5	58,3	58,8	57,2	56,5	56,2	55,6	54,7	51,5	65,6	62,3
R6	57,4	58	56,2	55,3	54,8	54,4	53,3	49,4	64,5	60,9
min	57,4	58	56,2	55,3	54,8	54,4	53,3	49,4	64,5	60,9
maks	75,8	75,8	75,8	75,8	75,7	75,5	75,4	75,1	84,7	82,5
ort	65	65,3	64,4	64	63,7	63,4	62,9	61,1	72,9	70,2
standart sapma	7,30	7,05	7,77	8,12	8,25	8,38	8,76	10,16	8,00	8,54



Şekil Ek 8 1 Farklı toplam yutuculuk koşullarında gürültü kaynağından uzaklığa bağlı gürültü düzeyi azalma eğrileri.

Ek 9 Farklı çatı ve duvar yutuculuk koşullarında alıcı noktasına bağlı olarak hesaplanan gürültü düzeyleri.

Çizelge Ek 9 1 A yerleşim düzeninde 0,05 ortalama çatı/ duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

A-ÇY-05	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	81,6	81,5	81,4	81,2	80,9	80	77,9	72,9	89,3	86,4
R2	82,1	82	81,9	81,7	81,4	80,5	78,5	73,8	89,9	86,9
R3	82,1	82	81,9	81,7	81,4	80,5	78,6	74,1	89,9	87
R4	82,1	82,1	82	81,8	81,4	80,5	78,6	74	89,9	87
R5	82,2	82,1	82	81,8	81,5	80,6	78,6	73,8	90,0	87
R6	81,6	81,5	81,4	81,3	80,9	80	78	73	89,4	86,4
R7	82	82	81,8	81,7	81,3	80,4	78,4	73,5	89,8	86,8
R8	82,4	82,4	82,3	82,1	81,8	80,9	78,9	74,5	90,3	87,3
R9	82,6	82,6	82,5	82,3	82	81,1	79,1	74,7	90,5	87,5
R10	82,6	82,6	82,5	82,3	82	81,1	79,1	74,8	90,5	87,5
R11	82,4	82,3	82,2	82	81,7	80,8	78,9	74,5	90,2	87,3
R12	81,9	81,8	81,7	81,6	81,2	80,3	78,3	73,6	89,7	86,7
R13	81,7	81,7	81,5	81,4	81	80,1	78	72,9	89,5	86,5
R14	81,9	81,8	81,7	81,6	81,2	80,3	78,4	73,8	89,7	86,8
R15	82,1	82,1	82	81,8	81,5	80,6	78,6	74,1	89,9	87
R16	82,2	82,1	82	81,8	81,5	80,6	78,6	74	90,0	87
R17	82,1	82,1	82	81,8	81,5	80,5	78,6	73,8	89,9	87
R18	81,5	81,5	81,4	81,2	80,8	79,9	77,9	73	89,3	86,3
min	81,5	81,5	81,4	81,2	80,8	79,9	77,9	72,9	89,3	86,34
maks	82,6	82,6	82,5	82,3	82	81,1	79,1	74,8	90,5	87,5
ort	82,1	82	81,9	81,7	81,4	80,5	78,5	73,8	89,9	86,9
standart sapma	0,32	0,34	0,34	0,32	0,35	0,35	0,37	0,60	0,35	0,36

Çizelge Ek 9 2 A yerleşim düzeninde 0,30 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

A-ÇY-30	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	80,2	80,3	79,6	79,1	78,5	77,6	75,6	71,5	87,5	84,1
R2	80,5	80,7	79,9	79,4	78,8	78	76,2	72,5	87,9	84,5
R3	80,6	80,8	80	79,5	79	78,1	76,4	72,8	88,0	84,7
R4	80,6	80,8	80	79,5	79	78,1	76,3	72,7	88,0	84,6
R5	80,5	80,7	79,9	79,4	78,8	77,9	76,1	72,4	87,9	84,5
R6	80,2	80,3	79,6	79,1	78,5	77,6	75,6	71,5	87,5	84,1
R7	80,2	80,3	79,5	79	78,4	77,6	75,8	72,1	87,5	84,1
R8	80,6	80,7	79,8	79,3	78,8	78	76,3	73,2	87,9	84,6
R9	80,7	80,8	79,9	79,4	78,9	78,1	76,5	73,4	88,0	84,7
R10	80,7	80,9	80	79,5	79	78,2	76,6	73,5	88,1	84,8
R11	80,6	80,7	79,8	79,3	78,8	78	76,4	73,2	87,9	84,6
R12	80,3	80,4	79,6	79	78,5	77,6	75,8	72,1	87,6	84,2
R13	80,2	80,3	79,6	79,1	78,5	77,6	75,6	71,5	87,5	84,1
R14	80,5	80,7	79,9	79,4	78,8	78	76,2	72,5	87,9	84,5
R15	80,6	80,8	80	79,5	79	78,1	76,4	72,8	88,0	84,7
R16	80,6	80,8	80	79,5	79	78,1	76,3	72,7	88,0	84,6
R17	80,5	80,7	79,9	79,4	78,8	77,9	76,1	72,4	87,9	84,5
R18	80,2	80,3	79,6	79,1	78,5	77,6	75,6	71,5	87,5	84,1
min	77,1	77,3	76,7	76,3	75,9	75,3	73,9	70,4	84,8	81,81
maks	77,9	78,1	77,5	77,1	76,7	76,2	75,1	72,7	85,7	82,79
ort	77,5	77,7	77,1	76,8	76,4	75,8	74,5	71,6	85,3	82,33
standart sapma	0,19	0,22	0,18	0,19	0,21	0,23	0,34	0,66	0,22	0,25

Çizelge Ek 9 3 A yerleşim düzeninde 0,55 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

A-ÇY-55	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	77,1	77,3	76,7	76,4	75,9	75,3	73,9	70,5	84,8	81,8
R2	77,6	77,8	77,2	76,8	76,4	75,8	74,6	71,6	85,4	82,4
R3	77,8	78,1	77,5	77,1	76,7	76,1	74,8	71,9	85,6	82,7
R4	77,7	77,9	77,3	77	76,6	75,9	74,7	71,8	85,5	82,5
R5	77,6	77,8	77,2	76,9	76,5	75,8	74,5	71,5	85,4	82,4
R6	77,1	77,4	76,8	76,4	76	75,3	73,9	70,5	84,9	81,8
R7	77,2	77,4	76,8	76,4	76	75,4	74,2	71,2	85,0	82
R8	77,7	77,9	77,3	77	76,6	76	74,9	72,4	85,5	82,6
R9	77,9	78	77,4	77,1	76,7	76,2	75,1	72,7	85,7	82,8
R10	77,8	78	77,4	77,1	76,7	76,2	75,1	72,7	85,7	82,8
R11	77,7	77,9	77,3	76,9	76,5	76	74,9	72,5	85,5	82,6
R12	77,2	77,3	76,7	76,3	75,9	75,4	74,1	71,2	84,9	81,9
R13	77,2	77,4	76,8	76,5	76	75,3	73,9	70,4	84,9	81,9
R14	77,6	77,8	77,2	76,8	76,4	75,8	74,5	71,6	85,3	82,4
R15	77,8	78	77,4	77	76,6	76	74,7	71,8	85,5	82,6
R16	77,7	78	77,4	77	76,6	76	74,7	71,8	85,5	82,5
R17	77,6	77,8	77,3	76,9	76,5	75,8	74,5	71,5	85,4	82,4
R18	77,1	77,4	76,8	76,4	75,9	75,3	73,9	70,5	84,9	81,8
min	77,1	77,3	76,7	76,3	75,9	75,3	73,9	70,4	84,8	81,81
maks	77,9	78,1	77,5	77,1	76,7	76,2	75,1	72,7	85,7	82,79
ort	77,5	77,7	77,1	76,8	76,4	75,8	74,5	71,6	85,3	82,33
standart sapma	0,28	0,28	0,28	0,29	0,31	0,33	0,42	0,75	0,32	0,36

Çizelge Ek 9 4 A yerleşim düzeninde 0,80 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

A-ÇY-80	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	75,2	75,6	75,2	74,9	74,5	73,9	72,7	69,6	83,3	80,5
R2	75,8	76,1	75,7	75,4	75,1	74,5	73,4	70,9	83,9	81,1
R3	76	76,4	76	75,7	75,4	74,8	73,7	71,2	84,2	81,4
R4	75,9	76,3	75,8	75,6	75,2	74,7	73,6	71,1	84,1	81,3
R5	75,8	76,2	75,7	75,5	75,1	74,6	73,4	70,8	83,9	81,2
R6	75,2	75,6	75,2	74,9	74,5	73,9	72,7	69,7	83,3	80,5
R7	75,4	75,7	75,2	75	74,7	74,2	73,1	70,5	83,5	80,7
R8	76	76,3	75,9	75,7	75,4	74,9	73,9	71,9	84,2	81,6
R9	76,2	76,5	76,1	75,8	75,5	75,1	74,2	72,2	84,4	81,7
R10	76,2	76,4	76	75,8	75,5	75,1	74,2	72,2	84,4	81,7
R11	76	76,3	75,8	75,6	75,3	74,9	74	72	84,2	81,5
R12	75,4	75,6	75,2	74,9	74,6	74,1	73	70,5	83,4	80,7
R13	75,2	75,7	75,2	74,9	74,6	73,9	72,6	69,6	83,3	80,5
R14	75,8	76,1	75,7	75,4	75,1	74,5	73,4	70,9	83,9	81,1
R15	76	76,3	75,9	75,6	75,3	74,7	73,6	71,1	84,1	81,3
R16	75,9	76,3	75,9	75,6	75,2	74,7	73,6	71,1	84,1	81,3
R17	75,8	76,2	75,7	75,4	75,1	74,5	73,4	70,8	83,9	81,1
R18	75,2	75,6	75,1	74,9	74,5	73,9	72,6	69,6	83,3	80,4
min	75,2	75,6	75,1	74,9	74,5	73,9	72,6	69,6	83,3	80,44
maks	76,2	76,5	76,1	75,8	75,5	75,1	74,2	72,2	84,4	81,72
ort	75,7	76,1	75,6	75,4	75	74,5	73,4	70,9	83,9	81,09
standart sapma	0,36	0,33	0,34	0,35	0,36	0,42	0,52	0,86	0,39	0,44

Çizelge Ek 9 5 A yerleşim düzeninde 0,30 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

A-DY-30	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	81,3	81,8	81,2	80,8	80,3	79,1	76,7	72,0	89,0	85,6
R2	81,9	82,3	81,8	81,4	80,8	79,7	77,4	73,1	89,6	86,2
R3	82,2	82,6	82,1	81,7	81,2	79,9	77,7	73,4	89,9	86,5
R4	82,0	82,4	81,9	81,5	81,0	79,8	77,6	73,4	89,7	86,4
R5	81,9	82,3	81,8	81,4	80,9	79,7	77,4	73,1	89,6	86,2
R6	81,3	81,8	81,3	80,8	80,3	79,1	76,8	72,1	89,0	85,7
R7	82,7	83,1	82,6	82,2	81,7	80,3	77,7	72,9	90,3	86,9
R8	83,3	83,7	83,3	82,9	82,3	81,0	78,4	74,1	91,0	87,6
R9	83,5	83,8	83,4	83,0	82,5	81,1	78,6	74,3	91,1	87,7
R10	83,5	83,9	83,5	83,1	82,6	81,2	78,7	74,4	91,2	87,8
R11	83,4	83,8	83,3	82,9	82,4	81,0	78,5	74,1	91,0	87,6
R12	82,7	83,1	82,6	82,2	81,7	80,3	77,8	72,9	90,3	86,9
R13	81,3	81,8	81,2	80,8	80,3	79,1	76,7	72,0	89,0	85,6
R14	81,9	82,3	81,8	81,4	80,8	79,7	77,4	73,1	89,6	86,2
R15	82,2	82,6	82,1	81,7	81,2	79,9	77,7	73,4	89,9	86,5
R16	82,0	82,4	81,9	81,5	81,0	79,8	77,6	73,4	89,7	86,4
R17	81,9	82,3	81,8	81,4	80,9	79,7	77,4	73,1	89,6	86,2
R18	81,3	81,8	81,3	80,8	80,3	79,1	76,8	72,1	89,0	85,7
min	81,8	81,7	81,6	81,5	81,1	80,2	78,1	73,0	89,6	86,6
maks	83,0	83,0	82,9	82,7	82,4	81,5	79,4	74,9	90,8	87,9
ort	82,4	82,3	82,2	82,0	81,7	80,8	78,7	73,9	90,1	87,2
standart sapma	0,77	0,74	0,78	0,79	0,79	0,71	0,63	0,76	0,75	0,73

Çizelge Ek 9 6 A yerleşim düzeninde 0,55 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

A-DY-55	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	78,2	78,6	78,2	77,8	77,4	76,6	75,0	71,0	86,1	83,1
R2	78,8	79,3	78,9	78,5	78,2	77,4	75,9	72,4	86,9	83,9
R3	79,0	79,4	79,0	78,7	78,3	77,6	76,2	72,8	87,0	84,1
R4	79,0	79,5	79,0	78,7	78,4	77,6	76,2	72,7	87,1	84,2
R5	79,0	79,4	79,0	78,7	78,3	77,6	76,0	72,4	87,0	84,1
R6	78,2	78,7	78,2	77,9	77,5	76,7	75,1	71,1	86,2	83,2
R7	79,3	79,7	79,3	79,0	78,6	77,8	76,1	72,2	87,3	84,3
R8	79,9	80,2	79,9	79,6	79,3	78,5	77,0	73,6	87,9	85,0
R9	80,2	80,5	80,2	79,9	79,6	78,8	77,3	73,9	88,2	85,3
R10	80,1	80,5	80,2	79,9	79,6	78,8	77,3	74,0	88,2	85,3
R11	79,8	80,2	79,8	79,6	79,2	78,5	77,0	73,6	87,9	85,0
R12	79,2	79,6	79,2	79,0	78,6	77,8	76,1	72,2	87,2	84,3
R13	78,3	78,7	78,3	77,9	77,5	76,7	75,1	71,1	86,2	83,2
R14	78,8	79,2	78,8	78,5	78,1	77,4	75,9	72,4	86,8	83,9
R15	79,1	79,5	79,1	78,8	78,4	77,6	76,2	72,7	87,1	84,2
R16	79,0	79,5	79,0	78,7	78,3	77,6	76,1	72,7	87,0	84,1
R17	78,9	79,4	79,0	78,7	78,3	77,5	76,0	72,4	87,0	84,1
R18	78,2	78,6	78,2	77,9	77,5	76,7	75,1	71,1	86,2	83,2
min	78,2	78,6	78,2	77,8	77,4	76,6	75,0	71,0	86,1	83,1
maks	80,2	80,5	80,2	79,9	79,6	78,8	77,3	74,0	88,2	85,3
ort	79,1	79,5	79,1	78,8	78,4	77,6	76,1	72,5	87,1	84,1
standart sapma	0,63	0,60	0,63	0,66	0,69	0,69	0,72	0,94	0,66	0,69

Çizelge Ek 9 7 A yerleşim düzeninde 0,80 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

A-DY-80	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	76,4	76,9	76,5	76,2	75,9	75,1	73,7	70,1	84,5	81,6
R2	77,3	77,7	77,4	77,1	76,8	76,1	74,8	71,8	85,5	82,7
R3	77,5	78,0	77,6	77,3	77,0	76,4	75,2	72,2	85,7	83,0
R4	77,5	78,0	77,6	77,4	77,0	76,4	75,1	72,2	85,7	83,0
R5	77,4	77,9	77,5	77,3	77,0	76,3	75,0	71,8	85,6	82,9
R6	76,5	77,0	76,6	76,3	76,0	75,2	73,8	70,2	84,6	81,7
R7	77,9	78,3	77,9	77,7	77,4	76,6	75,1	71,6	86,0	83,2
R8	78,6	79,0	78,7	78,5	78,2	77,5	76,2	73,2	86,8	84,1
R9	79,0	79,3	79,1	78,8	78,6	77,9	76,5	73,6	87,2	84,4
R10	78,9	79,3	79,0	78,8	78,5	77,8	76,5	73,6	87,1	84,4
R11	78,5	78,9	78,6	78,4	78,1	77,5	76,2	73,3	86,8	84,0
R12	77,9	78,3	77,9	77,7	77,4	76,7	75,1	71,5	86,0	83,2
R13	76,5	77,0	76,6	76,4	76,0	75,3	73,8	70,2	84,7	81,8
R14	77,2	77,7	77,3	77,1	76,7	76,1	74,8	71,8	85,4	82,7
R15	77,6	78,0	77,6	77,4	77,1	76,4	75,1	72,2	85,8	83,0
R16	77,5	77,9	77,6	77,3	77,0	76,3	75,1	72,1	85,7	82,9
R17	77,4	77,9	77,5	77,3	76,9	76,2	74,9	71,8	85,6	82,8
R18	76,5	77,0	76,6	76,3	76,0	75,2	73,8	70,2	84,6	81,8
min	76,4	76,9	76,5	76,2	75,9	75,1	73,7	70,1	84,5	81,7
maks	79,0	79,3	79,1	78,8	78,6	77,9	76,5	73,6	87,2	84,4
ort	77,6	78,0	77,7	77,4	77,1	76,4	75,0	71,8	85,8	82,9
standart sapma	0,81	0,76	0,80	0,82	0,84	0,87	0,89	1,14	0,83	0,87

Çizelge Ek 9 8 B yerleşim düzeninde 0,05 ortalama çatı / duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

B-ÇY-05	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	83,5	83,4	83,2	83,0	82,5	81,2	78,5	73,5	91,0	87,7
R2	84,0	83,9	83,7	83,4	83,0	81,7	79,2	74,8	91,5	88,2
R3	84,0	83,9	83,8	83,5	83,0	81,8	79,3	75,0	91,5	88,3
R4	84,1	84,0	83,9	83,6	83,1	81,9	79,3	75,0	91,6	88,4
R5	84,0	83,9	83,7	83,4	83,0	81,7	79,1	74,7	91,5	88,2
R6	83,4	83,3	83,2	82,9	82,4	81,1	78,4	73,5	90,9	87,6
R7	83,5	83,5	83,3	83,0	82,5	81,1	78,2	72,5	91,0	87,6
R8	84,0	83,9	83,7	83,4	82,9	81,5	78,6	73,1	91,4	88,0
R9	84,1	84,1	83,9	83,6	83,1	81,7	78,8	73,4	91,6	88,2
R10	84,2	84,1	83,9	83,6	83,1	81,7	78,8	73,4	91,6	88,2
R11	84,0	84,0	83,8	83,5	83,0	81,5	78,6	73,1	91,5	88,1
R12	83,6	83,5	83,3	83,0	82,5	81,1	78,2	72,5	91,0	87,6
R13	83,4	83,4	83,2	82,9	82,4	81,1	78,5	73,5	90,9	87,7
R14	83,9	83,8	83,7	83,4	82,9	81,7	79,1	74,8	91,4	88,2
R15	84,2	84,1	83,9	83,6	83,1	81,8	79,3	75,0	91,7	88,4
R16	84,1	84,0	83,8	83,6	83,1	81,8	79,3	74,9	91,6	88,4
R17	84,0	83,9	83,7	83,5	83,0	81,7	79,1	74,7	91,5	88,2
R18	83,4	83,3	83,2	82,9	82,4	81,1	78,5	73,5	90,9	87,6
min	83,4	83,3	83,2	82,9	82,4	81,1	78,2	72,5	90,9	87,6
maks	84,2	84,1	83,9	83,6	83,1	81,9	79,3	75,0	91,7	88,4
ort	83,9	83,8	83,6	83,3	82,8	81,5	78,8	73,9	91,3	88,0
standart sapma	0,30	0,29	0,28	0,28	0,29	0,30	0,39	0,90	0,29	0,31

Çizelge Ek 9 9 B yerleşim düzeninde 0,30 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

B-ÇY-30	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	80,5	80,7	80,0	79,5	78,9	78,0	76,2	72,5	87,9	84,6
R2	81,0	81,2	80,5	80,0	79,5	78,6	77,0	73,9	88,5	85,2
R3	81,1	81,3	80,5	80,0	79,5	78,7	77,1	74,1	88,6	85,3
R4	81,2	81,3	80,6	80,1	79,6	78,8	77,1	74,0	88,6	85,4
R5	81,0	81,1	80,4	79,9	79,4	78,5	76,9	73,8	88,4	85,2
R6	80,5	80,7	80,0	79,5	78,9	78,0	76,2	72,5	87,9	84,6
R7	80,1	80,3	79,4	78,9	78,3	77,4	75,4	71,1	87,4	83,9
R8	80,3	80,5	79,6	79,1	78,5	77,6	75,7	71,7	87,6	84,2
R9	80,5	80,6	79,8	79,2	78,7	77,8	76,0	72,1	87,8	84,3
R10	80,5	80,7	79,8	79,3	78,7	77,8	75,9	72,1	87,8	84,3
R11	80,3	80,5	79,7	79,1	78,5	77,6	75,7	71,7	87,6	84,2
R12	80,1	80,3	79,5	79,0	78,4	77,5	75,5	71,1	87,4	84,0
R13	80,6	80,7	80,0	79,5	79,0	78,0	76,2	72,5	87,9	84,6
R14	81,0	81,2	80,4	80,0	79,4	78,6	76,9	73,8	88,5	85,2
R15	81,1	81,3	80,5	80,1	79,5	78,7	77,1	74,1	88,6	85,3
R16	81,1	81,3	80,5	80,1	79,5	78,7	77,1	74,0	88,6	85,3
R17	81,0	81,2	80,4	80,0	79,4	78,6	76,9	73,8	88,5	85,2
R18	80,5	80,7	80,0	79,5	79,0	78,1	76,2	72,5	87,9	84,6
min	80,1	80,3	79,4	78,9	78,3	77,4	75,4	71,1	87,4	83,9
maks	81,2	81,3	80,6	80,1	79,6	78,8	77,1	74,1	88,6	85,4
ort	80,7	80,9	80,1	79,6	79,1	78,2	76,4	72,9	88,1	84,7
standart sapma	0,37	0,36	0,39	0,43	0,44	0,48	0,61	1,08	0,44	0,52

Çizelge Ek 9 10 B yerleşim düzeninde 0,55 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

B-ÇY-55	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	77,8	78,1	77,5	77,1	76,7	76,0	74,7	71,7	85,6	82,6
R2	78,4	78,6	78,0	77,7	77,3	76,7	75,6	73,2	86,2	83,4
R3	78,6	78,8	78,2	77,9	77,5	76,9	75,8	73,4	86,4	83,6
R4	78,5	78,7	78,2	77,8	77,4	76,9	75,7	73,4	86,4	83,5
R5	78,3	78,5	78,0	77,6	77,2	76,6	75,5	73,1	86,2	83,3
R6	77,7	78,0	77,4	77,0	76,6	75,9	74,7	71,7	85,5	82,5
R7	76,9	77,2	76,5	76,1	75,7	75,0	73,6	70,0	84,6	81,6
R8	77,3	77,6	76,9	76,5	76,1	75,4	74,0	70,7	85,0	82,0
R9	77,5	77,8	77,1	76,7	76,2	75,6	74,2	71,0	85,2	82,1
R10	77,5	77,8	77,1	76,7	76,3	75,6	74,3	71,1	85,2	82,2
R11	77,3	77,6	76,9	76,5	76,1	75,4	74,1	70,7	85,0	82,0
R12	77,0	77,2	76,6	76,2	75,8	75,1	73,7	70,0	84,7	81,6
R13	77,7	77,9	77,4	77,0	76,6	75,9	74,6	71,6	85,5	82,5
R14	78,4	78,6	78,0	77,7	77,3	76,7	75,6	73,2	86,2	83,3
R15	78,5	78,7	78,2	77,8	77,4	76,8	75,8	73,4	86,4	83,5
R16	78,5	78,7	78,1	77,8	77,4	76,8	75,7	73,3	86,3	83,4
R17	78,2	78,5	77,9	77,6	77,2	76,6	75,5	73,1	86,1	83,2
R18	77,6	77,8	77,3	76,9	76,5	75,9	74,6	71,6	85,4	82,4
min	76,9	77,2	76,5	76,1	75,7	75,0	73,6	70,0	84,6	81,6
maks	78,6	78,8	78,2	77,9	77,5	76,9	75,8	73,4	86,4	83,6
ort	77,9	78,1	77,5	77,1	76,7	76,1	74,9	72,0	85,7	82,7
standart sapma	0,56	0,53	0,58	0,60	0,61	0,66	0,78	1,25	0,63	0,70

Çizelge Ek 9 11 B yerleşim düzeninde 0,80 ortalama çatı yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

B-ÇY-80	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	76,0	76,4	75,9	75,6	75,2	74,7	73,5	71,0	84,1	81,3
R2	76,7	77,1	76,6	76,4	76,1	75,6	74,7	72,7	84,9	82,2
R3	76,9	77,3	76,8	76,6	76,2	75,8	74,9	72,9	85,1	82,4
R4	76,9	77,2	76,8	76,5	76,2	75,7	74,8	72,8	85,1	82,4
R5	76,7	77,0	76,6	76,3	76,0	75,5	74,6	72,6	84,9	82,2
R6	75,9	76,3	75,8	75,5	75,2	74,6	73,5	71,0	84,0	81,2
R7	74,9	75,4	74,8	74,5	74,1	73,6	72,3	69,0	83,0	80,1
R8	75,4	75,8	75,2	74,9	74,5	73,9	72,7	69,8	83,4	80,5
R9	75,5	75,9	75,4	75,1	74,7	74,1	73,0	70,1	83,6	80,7
R10	75,6	76,0	75,5	75,2	74,8	74,2	73,0	70,2	83,6	80,8
R11	75,4	75,8	75,2	74,9	74,6	74,0	72,8	69,8	83,4	80,5
R12	75,0	75,4	74,9	74,6	74,2	73,6	72,3	69,0	83,0	80,2
R13	75,9	76,3	75,8	75,5	75,2	74,6	73,5	70,9	84,0	81,2
R14	76,7	77,0	76,6	76,3	76,0	75,5	74,6	72,7	84,9	82,2
R15	76,9	77,2	76,8	76,5	76,2	75,7	74,8	72,8	85,1	82,4
R16	76,8	77,2	76,7	76,5	76,2	75,7	74,7	72,8	85,0	82,3
R17	76,6	77,0	76,5	76,3	75,9	75,4	74,5	72,6	84,8	82,1
R18	75,8	76,2	75,7	75,5	75,1	74,6	73,5	70,9	83,9	81,2
min	74,9	75,4	74,8	74,5	74,1	73,6	72,3	69,0	83,0	80,1
maks	76,9	77,3	76,8	76,6	76,2	75,8	74,9	72,9	85,1	82,4
ort	76,1	76,5	76,0	75,7	75,4	74,8	73,8	71,3	84,2	81,4
standart sapma	0,69	0,66	0,71	0,73	0,75	0,79	0,94	1,43	0,77	0,84

Çizelge Ek 9 12 B yerleşim düzeninde 0,30 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

B-DY-30	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	81,3	81,8	81,2	80,8	80,3	79,1	77,0	72,7	89,0	85,7
R2	81,9	82,3	81,8	81,4	80,9	79,8	77,8	74,2	89,6	86,4
R3	82,0	82,5	81,9	81,5	81,0	79,9	78,0	74,5	89,8	86,6
R4	82,2	82,6	82,1	81,6	81,1	80,0	78,0	74,4	89,9	86,6
R5	82,0	82,4	81,9	81,5	81,0	79,8	77,8	74,2	89,7	86,4
R6	81,2	81,7	81,1	80,7	80,1	79,0	76,8	72,7	88,9	85,6
R7	81,8	82,3	81,7	81,3	80,7	79,4	76,8	71,7	89,4	85,9
R8	82,3	82,8	82,3	81,9	81,3	79,9	77,3	72,4	90,0	86,5
R9	82,6	83,0	82,5	82,1	81,5	80,1	77,5	72,8	90,2	86,7
R10	82,6	83,0	82,5	82,0	81,5	80,1	77,5	72,7	90,2	86,7
R11	82,4	82,9	82,3	81,9	81,3	79,9	77,3	72,4	90,0	86,5
R12	81,8	82,3	81,7	81,3	80,7	79,3	76,7	71,5	89,4	85,9
R13	81,3	81,7	81,2	80,7	80,2	79,1	76,9	72,7	89,0	85,6
R14	81,9	82,3	81,8	81,4	80,8	79,7	77,8	74,2	89,6	86,4
R15	82,1	82,6	82,0	81,6	81,1	80,0	78,0	74,4	89,9	86,6
R16	82,1	82,5	82,0	81,6	81,1	80,0	78,0	74,4	89,8	86,6
R17	82,0	82,4	81,9	81,4	80,9	79,8	77,7	74,1	89,7	86,4
R18	81,2	81,7	81,1	80,7	80,1	79,0	76,9	72,7	88,9	85,6
min	81,2	81,7	81,1	80,7	80,1	79,0	76,7	71,5	88,9	85,6
maks	82,6	83,0	82,5	82,1	81,5	80,1	78,0	74,5	90,2	86,7
ort	81,9	82,4	81,8	81,4	80,9	79,7	77,4	73,3	89,6	86,3
standart sapma	0,44	0,43	0,45	0,44	0,45	0,40	0,48	1,02	0,42	0,41

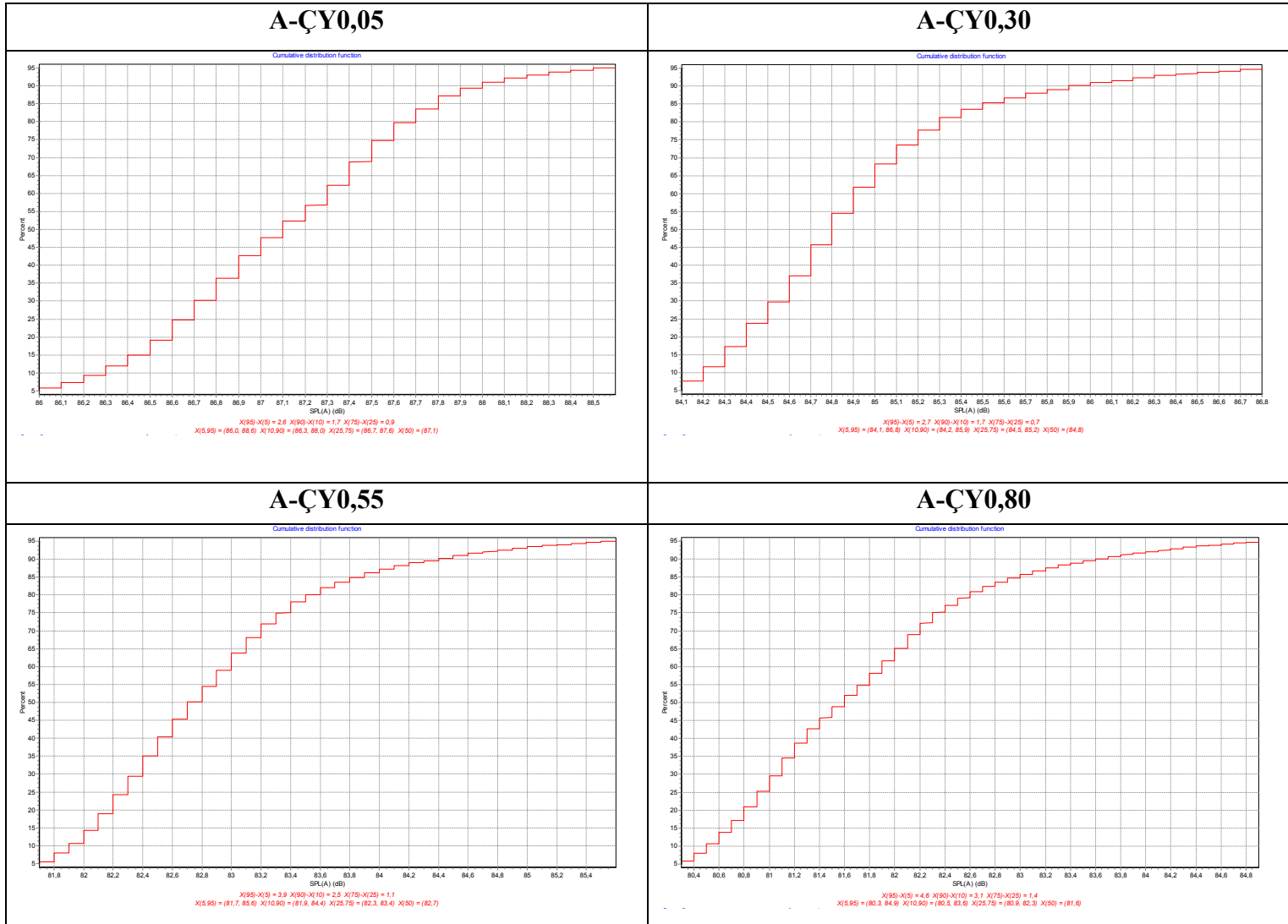
Çizelge Ek 9 13 B yerleşim düzeninde 0,55 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

B-DY-55	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	78,2	78,6	78,1	77,8	77,4	76,7	75,3	71,9	86,2	83,2
R2	79,1	79,5	79,1	78,8	78,4	77,7	76,4	73,6	87,2	84,3
R3	79,3	79,7	79,2	78,9	78,6	77,9	76,7	73,9	87,4	84,5
R4	79,2	79,6	79,2	78,9	78,6	77,9	76,6	73,8	87,3	84,5
R5	79,0	79,4	79,0	78,7	78,3	77,6	76,4	73,5	87,1	84,2
R6	78,1	78,5	78,0	77,7	77,3	76,6	75,2	71,9	86,1	83,2
R7	78,0	78,5	78,0	77,7	77,3	76,5	74,9	70,6	86,0	83,0
R8	78,6	79,1	78,6	78,3	77,9	77,1	75,5	71,6	86,6	83,6
R9	78,9	79,3	78,9	78,6	78,2	77,4	75,8	72,0	86,9	83,9
R10	78,9	79,3	78,9	78,5	78,2	77,4	75,8	72,0	86,9	83,9
R11	78,7	79,2	78,7	78,4	78,0	77,2	75,6	71,6	86,7	83,7
R12	78,0	78,5	78,0	77,6	77,2	76,4	74,7	70,4	85,9	82,9
R13	78,2	78,6	78,2	77,9	77,5	76,7	75,3	71,9	86,2	83,3
R14	79,0	79,4	79,0	78,7	78,3	77,6	76,4	73,6	87,1	84,2
R15	79,2	79,6	79,2	78,9	78,5	77,9	76,6	73,9	87,3	84,5
R16	79,2	79,6	79,2	78,9	78,5	77,8	76,6	73,8	87,3	84,4
R17	79,0	79,3	78,9	78,6	78,3	77,6	76,3	73,5	87,0	84,2
R18	78,0	78,4	78,0	77,6	77,2	76,5	75,1	71,8	86,0	83,1
min	78,0	78,4	78,0	77,6	77,2	76,4	74,7	70,4	85,9	82,9
maks	79,3	79,7	79,2	78,9	78,6	77,9	76,7	73,9	87,4	84,5
ort	78,7	79,1	78,7	78,4	78,0	77,2	75,8	72,5	86,7	83,8
standart sapma	0,48	0,46	0,49	0,50	0,52	0,55	0,67	1,17	0,53	0,57

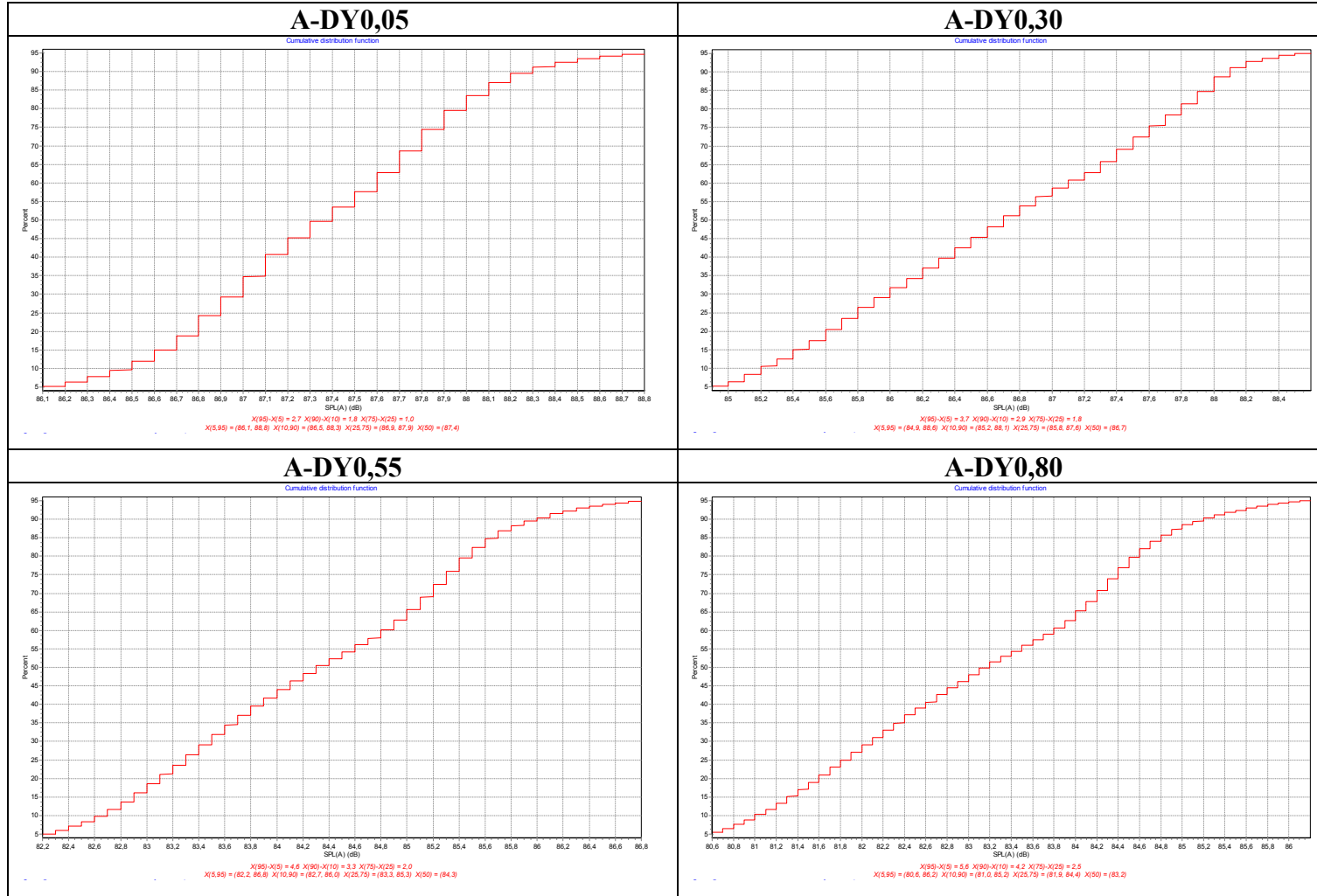
Çizelge Ek 9 14 B yerleşim düzeninde 0,80 ortalama duvar yutuculuğu koşulunda R1-R18 alıcı noktalarında frekansa bağlı hesaplanan düzeyler.

B-DY-80	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Toplam düzey	Toplam düzey
									dB	dB(A)
R1	76,4	76,9	76,5	76,3	76,0	75,3	74,1	71,2	84,7	81,9
R2	77,6	78,0	77,7	77,5	77,2	76,6	75,5	73,1	85,9	83,2
R3	77,8	78,2	77,8	77,6	77,3	76,7	75,7	73,4	86,1	83,4
R4	77,8	78,2	77,9	77,7	77,4	76,8	75,7	73,4	86,1	83,4
R5	77,5	77,9	77,6	77,4	77,1	76,5	75,4	73,0	85,8	83,1
R6	76,4	76,9	76,4	76,2	75,9	75,2	74,0	71,1	84,6	81,8
R7	76,3	76,8	76,4	76,2	75,8	75,1	73,6	69,7	84,4	81,6
R8	76,9	77,4	77,0	76,8	76,4	75,7	74,3	70,8	85,1	82,2
R9	77,2	77,7	77,3	77,1	76,8	76,0	74,6	71,3	85,4	82,6
R10	77,2	77,7	77,3	77,1	76,7	76,0	74,6	71,3	85,4	82,6
R11	77,1	77,6	77,2	76,9	76,6	75,9	74,4	70,9	85,2	82,4
R12	76,1	76,7	76,2	76,0	75,6	74,8	73,3	69,4	84,2	81,3
R13	76,4	76,9	76,5	76,3	76,0	75,3	74,1	71,1	84,7	81,9
R14	77,5	77,9	77,6	77,4	77,1	76,5	75,4	73,1	85,8	83,1
R15	77,8	78,2	77,9	77,6	77,3	76,7	75,7	73,4	86,1	83,4
R16	77,7	78,1	77,8	77,6	77,3	76,7	75,7	73,3	86,0	83,3
R17	77,5	77,9	77,6	77,4	77,1	76,5	75,4	73,1	85,8	83,1
R18	76,3	76,8	76,4	76,1	75,8	75,1	73,9	71,1	84,5	81,7
min	76,1	76,7	76,2	76,0	75,6	74,8	73,3	69,4	84,2	81,3
maks	77,8	78,2	77,9	77,7	77,4	76,8	75,7	73,4	86,1	83,4
ort	77,1	77,6	77,2	76,9	76,6	76,0	74,7	71,9	85,3	82,6
standart sapma	0,61	0,56	0,61	0,61	0,63	0,69	0,82	1,34	0,66	0,72

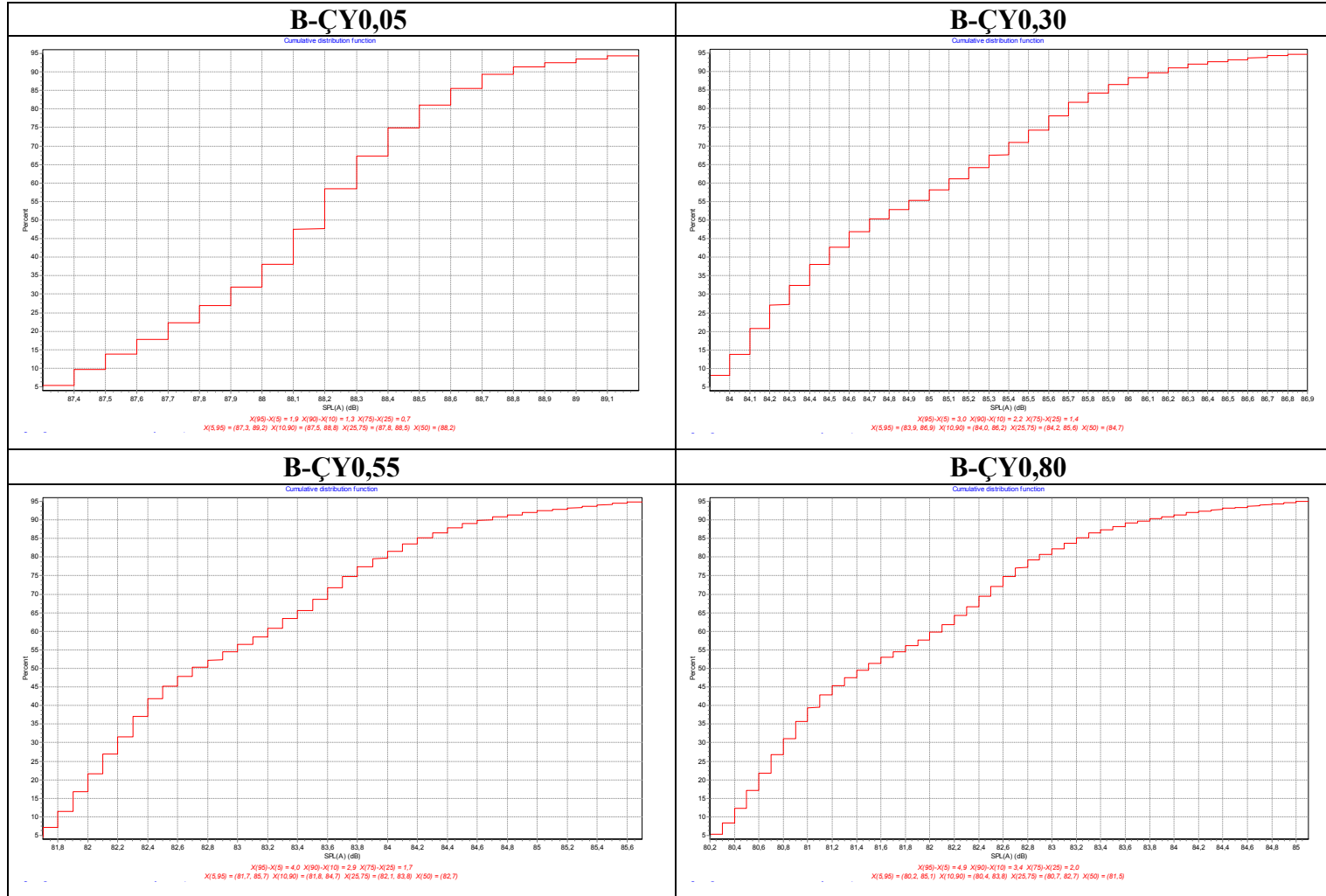
Ek 10 Farklı çatı ve duvar yutuculuk koşulları için istatistiksel gürültü dağılım eğrileri.



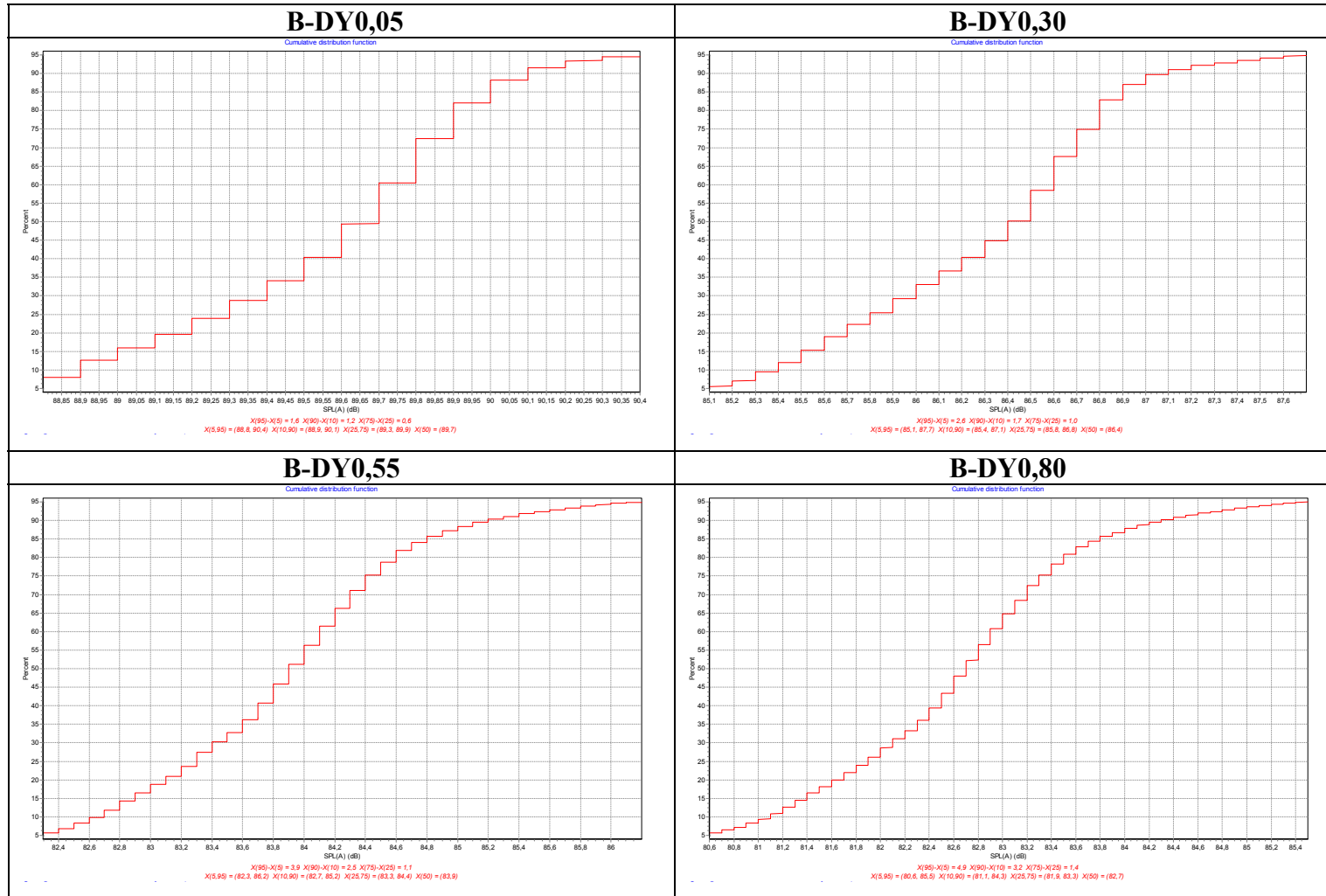
Şekil Ek 10 1 A yerleşim düzeninde farklı çatı yutuculuğu koşulları için elde edilen gürültü düzeyi dağılım eğrileri



Şekil Ek 10 2 A yerleşim düzeninde farklı duvar yutuculuğu koşulları için elde edilen gürültü düzeyi dağılım eğrileri



Şekil Ek 10 3 B yerleşim düzeninde farklı çatı yutuculuğu koşulları için elde edilen gürültü düzeyi dağılım eğrileri



Şekil Ek 10 4 B yerleşim düzeninde farklı duvar yutuculuğu koşulları için elde edilen gürültü düzeyi dağılım eğrileri

Ek 11 Farklı toplam yutuculuk koşullarında 2,5 m. engel yüksekliği için hesaplanan gürültü düzeyleri.

Çizelge Ek 11 1 TY5 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R1-R3 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		İŞLEM	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam
R1	1	ENGELSİZ	86,4	86,0	85,8	85,3	84,9	84,2	82,8	81,3	93,9
	2	ENGELLİ (4+5)	84,7	83,9	83,5	82,7	82,0	80,8	78,0	73,3	91,2
	3	AZALTIM(1-2)	1,7	2,1	2,3	2,6	2,9	3,4	4,8	8,0	2,7
	4	ENGELLİ(yansışmış)	84,1	83,5	83,2	82,5	81,9	80,7	77,9	73,2	90,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	75,6	73,5	71,0	68,3	65,5	62,6	59,5	56,3	79,3
	6	dolaysız	79,5	79,4	79,3	79,3	79,3	79,3	79,2	79,0	88,3
	7	E(AZALTIM)	3,9	5,9	8,3	11,0	13,8	16,7	19,7	22,7	25,7
R2	1	ENGELSİZ	85,1	84,5	84,3	83,5	83,0	81,9	79,4	75,7	92,0
	2	ENGELLİ (4+5)	84,5	83,9	83,7	82,8	82,2	81,0	78,0	72,6	91,2
	3	AZALTIM(1-2)	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,4	3,1	0,8
	4	ENGELLİ(yansışmış)	84,4	83,8	83,6	82,8	82,2	81,0	78,0	72,6	91,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	68,4	66,9	64,3	61,5	58,6	55,6	52,4	48,8	72,4
	6	dolaysız	71,7	72,0	71,7	71,5	71,4	71,3	71,1	70,4	80,4
	7	E(AZALTIM)	3,3	5,1	7,4	10,0	12,8	15,7	18,7	21,6	24,7
R3	1	ENGELSİZ	84,8	84,2	84,0	83,2	82,6	81,4	78,5	73,7	91,6
	2	ENGELLİ (4+5)	84,5	83,8	83,6	82,7	82,2	80,9	77,6	71,1	91,2
	3	AZALTIM(1-2)	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,9	2,6	0,4
	4	ENGELLİ(yansışmış)	84,5	83,8	83,6	82,7	82,2	80,9	77,6	71,1	91,1
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	64,4	63,0	60,8	58,1	55,2	52,1	48,9	44,8	68,6
	6	dolaysız	67,6	68,0	68,0	67,9	67,8	67,6	67,3	66,2	76,6
	7	E(AZALTIM)	3,2	5,0	7,2	9,8	12,6	15,5	18,4	21,4	24,5

Çizelge Ek 11 2 TY5 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R4-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		frekans(Hz) / düzey (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam (dB)
R4	1	ENGELSİZ	84,6	84,0	83,7	82,9	82,3	81,0	77,8	72,2	91,3
	2	ENGELLİ (4+5)	84,3	83,6	83,4	82,5	81,9	80,5	77,0	69,9	90,9
	3	AZALTIM(1-2)	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,8	2,3	0,4
	4	ENGELLİ(yansıymış)	84,3	83,6	83,4	82,5	81,9	80,5	77,0	69,9	90,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	61,7	60,4	58,1	55,6	52,8	49,7	46,3	41,7	65,9
	6	dolaysız	64,9	65,4	65,3	65,4	65,4	65,2	64,7	63,1	74,0
	7	E(AZALTIM)	3,2	5,0	7,2	9,8	12,6	15,5	18,4	21,4	24,5
R5	1	ENGELSİZ	84,7	84,0	83,7	82,9	82,2	80,9	77,5	71,2	91,3
	2	ENGELLİ (4+5)	84,1	83,4	83,1	82,2	81,6	80,1	76,3	68,0	90,6
	3	AZALTIM(1-2)	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	1,2	3,2	0,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	84,1	83,4	83,1	82,2	81,6	80,1	76,3	68,0	90,6
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	59,7	58,5	56,2	53,7	51,0	47,8	44,4	39,4	64,0
	6	dolaysız	62,8	63,4	63,3	63,4	63,5	63,2	62,7	60,7	72,0
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,9	7,1	9,7	12,5	15,4	18,3	21,3	24,4
R6	1	ENGELSİZ	84,5	83,8	83,5	82,7	82,0	80,7	77,2	70,2	91,0
	2	ENGELLİ (4+5)	84,2	83,5	83,2	82,3	81,6	80,1	76,2	67,3	90,6
	3	AZALTIM(1-2)	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	1,0	2,9	0,4
	4	ENGELLİ(yansıymış)	84,2	83,5	83,2	82,3	81,6	80,1	76,2	67,3	90,6
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	58,1	57,0	54,5	52,2	49,5	46,4	42,8	37,5	62,4
	6	dolaysız	61,2	61,8	61,6	61,8	61,9	61,7	61,0	58,7	70,3
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,1	9,6	12,4	15,3	18,2	21,2	24,3
R7	1	ENGELSİZ	84,4	83,7	83,5	82,6	82,0	80,6	76,9	69,3	91,0
	2	ENGELLİ (4+5)	83,8	83,1	82,8	81,9	81,2	79,7	75,5	66,1	90,2
	3	AZALTIM(1-2)	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,4	3,2	0,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	83,8	83,1	82,8	81,9	81,2	79,7	75,5	66,1	90,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	56,9	55,9	53,2	50,9	48,2	45,2	41,5	35,7	61,2
	6	dolaysız	60,0	60,7	60,2	60,5	60,6	60,5	59,7	56,9	69,1
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,0	9,6	12,4	15,3	18,2	21,2	24,3
R8	1	ENGELSİZ	84,1	83,5	83,2	82,3	81,7	80,3	76,6	68,8	90,7
	2	ENGELLİ (4+5)	83,6	82,8	82,6	81,6	81,0	79,5	75,4	65,7	90,0
	3	AZALTIM(1-2)	0,5	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	1,2	3,1	0,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	83,6	82,8	82,6	81,6	81,0	79,5	75,4	65,7	90,0
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	55,8	55,0	52,1	49,6	47,1	44,2	40,4	34,1	43,7
	6	dolaysız	58,9	59,8	59,1	59,2	59,5	59,4	58,6	55,3	67,9
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,0	9,6	12,4	15,2	18,2	21,2	24,3
R9	1	ENGELSİZ	83,8	83,2	82,9	82,1	81,5	80,1	76,6	68,8	90,4
	2	ENGELLİ (4+5)	83,2	82,5	82,2	81,4	80,7	79,3	75,2	65,4	89,7
	3	AZALTIM(1-2)	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	1,4	3,4	0,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	83,2	82,5	82,2	81,4	80,7	79,3	75,2	65,4	89,7
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	55,0	54,3	51,4	48,6	46,3	43,3	39,4	32,8	59,4
	6	dolaysız	58,0	59,1	58,4	58,2	58,6	58,5	57,6	53,9	67,0
	7	E(AZALTIM)	3,0	4,8	7,0	9,6	12,3	15,2	18,2	21,1	24,2

Çizelge Ek 11 3 TY30 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R1-R6 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		frekans(Hz) / düzey (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam (dB)
R1	1	ENGELSİZ	82,8	82,8	82,5	82,3	82,1	81,8	81,5	80,8	91,2
	2	ENGELLİ (4+5)	79,3	78,6	77,0	75,8	74,9	74,1	72,8	69,9	85,2
	3	AZALTIM(1-2)	3,5	4,2	5,5	6,5	7,2	7,7	8,7	10,9	5,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	76,9	77,0	75,8	74,9	74,4	73,8	72,6	69,7	83,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	75,6	73,5	71,0	68,3	65,5	62,6	59,5	56,3	79,3
	6	dolaysız	79,5	79,4	79,3	79,3	79,3	79,3	79,2	79,0	88,3
	7	E(AZALTIM)	3,9	5,9	8,3	11,0	13,8	16,7	19,7	22,7	25,7
R2	1	ENGELSİZ	78,9	78,9	78,0	77,5	77,1	76,7	75,9	74,1	86,4
	2	ENGELLİ (4+5)	77,5	77,5	76,0	75,0	74,3	73,7	72,3	68,7	84,1
	3	AZALTIM(1-2)	1,4	1,4	2,0	2,5	2,8	3,0	3,6	5,4	2,3
	4	ENGELLİ(yansıymış)	76,9	77,1	75,7	74,8	74,2	73,6	72,3	68,7	83,8
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	68,4	66,9	64,3	61,5	58,6	55,6	52,4	48,8	72,4
	6	dolaysız	71,7	72,0	71,7	71,5	71,4	71,3	71,1	70,4	80,4
	7	E(AZALTIM)	3,3	5,1	7,4	10,0	12,8	15,7	18,7	21,6	24,7
R3	1	ENGELSİZ	77,8	77,9	76,8	76,1	75,6	75,1	74,0	71,3	85,0
	2	ENGELLİ (4+5)	76,6	76,7	75,1	73,9	73,3	72,5	70,9	66,2	83,1
	3	AZALTIM(1-2)	1,2	1,2	1,7	2,2	2,3	2,6	3,1	5,1	1,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	76,3	76,5	74,9	73,8	73,2	72,5	70,9	66,2	83,0
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	64,4	63,0	60,8	58,1	55,2	52,1	48,9	44,8	68,6
	6	dolaysız	67,6	68,0	68,0	67,9	67,8	67,6	67,3	66,2	76,6
	7	E(AZALTIM)	3,2	5,0	7,2	9,8	12,6	15,5	18,4	21,4	24,5
R4	1	ENGELSİZ	77,1	77,3	76,0	75,3	74,7	74,1	72,8	69,4	84,2
	2	ENGELLİ (4+5)	76,0	76,1	74,5	73,4	72,6	71,8	70,1	65,0	82,5
	3	AZALTIM(1-2)	1,1	1,2	1,5	1,9	2,1	2,3	2,7	4,4	1,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	75,8	76,0	74,4	73,3	72,6	71,8	70,1	65,0	82,4
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	61,7	60,4	58,1	55,6	52,8	49,7	46,3	41,7	65,9
	6	dolaysız	64,9	65,4	65,3	65,4	65,4	65,2	64,7	63,1	74,0
	7	E(AZALTIM)	3,2	5,0	7,2	9,8	12,6	15,5	18,4	21,4	24,5
R5	1	ENGELSİZ	76,7	76,8	75,6	74,7	74,1	73,5	72,0	68,1	83,6
	2	ENGELLİ (4+5)	74,9	75,2	73,4	72,2	71,2	70,4	68,3	62,1	81,3
	3	AZALTIM(1-2)	1,8	1,6	2,2	2,5	2,9	3,1	3,7	6,0	2,3
	4	ENGELLİ(yansıymış)	74,8	75,1	73,3	72,1	71,2	70,4	68,3	62,1	81,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	59,7	58,5	56,2	53,7	51,0	47,8	44,4	39,4	64,0
	6	dolaysız	62,8	63,4	63,3	63,4	63,5	63,2	62,7	60,7	72,0
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,9	7,1	9,7	12,5	15,4	18,3	21,3	24,4
R6	1	ENGELSİZ	76,4	76,6	75,2	74,4	73,7	73,0	71,4	66,9	83,3
	2	ENGELLİ (4+5)	74,7	75,0	73,1	71,7	70,9	70,0	67,8	61,2	81,0
	3	AZALTIM(1-2)	1,7	1,6	2,1	2,7	2,8	3,0	3,6	5,7	2,3
	4	ENGELLİ(yansıymış)	74,6	74,9	73,0	71,7	70,9	70,0	67,8	61,2	80,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	58,1	57,0	54,5	52,2	49,5	46,4	42,8	37,5	62,4
	6	dolaysız	61,2	61,8	61,6	61,8	61,9	61,7	61,0	58,7	70,3
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,1	9,6	12,4	15,3	18,2	21,2	24,3

Çizelge Ek 11 4 TY30 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R7-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		frekans(Hz) / düzey (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam (dB)
R7	1	ENGELSİZ	76,1	76,3	74,9	73,9	73,2	72,5	70,7	65,6	82,9
	2	ENGELLİ (4+5)	74,1	74,4	72,5	71,1	70,3	69,4	67,0	59,9	80,4
	3	AZALTIM(1-2)	2,0	1,9	2,4	2,8	2,9	3,1	3,7	5,7	2,5
	4	ENGELLİ(yansıymış)	74,0	74,3	72,4	71,1	70,3	69,4	67,0	59,9	80,3
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	56,9	55,9	53,2	50,9	48,2	45,2	41,5	35,7	61,2
	6	dolaysız	60,0	60,7	60,2	60,5	60,6	60,5	59,7	56,9	69,1
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,0	9,6	12,4	15,3	18,2	21,2	24,3
R8	1	ENGELSİZ	75,9	76,1	74,7	73,7	73,0	72,2	70,4	65,0	82,6
	2	ENGELLİ (4+5)	74,1	74,4	72,5	71,2	70,3	69,4	67,0	59,4	80,3
	3	AZALTIM(1-2)	1,8	1,7	2,2	2,5	2,7	2,8	3,4	5,6	2,3
	4	ENGELLİ(yansıymış)	74,0	74,3	72,5	71,2	70,3	69,4	67,0	59,4	80,3
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	55,8	55,0	52,1	49,6	47,1	44,2	40,4	34,1	43,7
	6	dolaysız	58,9	59,8	59,1	59,2	59,5	59,4	58,6	55,3	67,9
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,0	9,6	12,4	15,2	18,2	21,2	24,3
R9	1	ENGELSİZ	76,0	76,3	74,9	74,0	73,3	72,6	70,7	64,9	82,9
	2	ENGELLİ (4+5)	73,9	74,3	72,4	71,2	70,3	69,5	67,0	59,2	80,3
	3	AZALTIM(1-2)	2,1	2,0	2,5	2,8	3,0	3,1	3,7	5,7	2,5
	4	ENGELLİ(yansıymış)	73,8	74,3	72,4	71,2	70,3	69,5	67,0	59,2	80,3
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	55,0	54,3	51,4	48,6	46,3	43,3	39,4	32,8	59,4
	6	dolaysız	58,0	59,1	58,4	58,2	58,6	58,5	57,6	53,9	67,0
	7	E(AZALTIM)	3,0	4,8	7,0	9,6	12,3	15,2	18,2	21,1	24,2

Çizelge Ek 11 5 TY55 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R1-R4 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

R1	1	ENGELSİZ	81,9	81,9	81,7	81,6	81,4	81,3	81,1	80,6	90,5
	2	ENGELLİ (4+5)	77,4	76,2	74,1	72,4	70,9	69,8	68,6	66,2	82,4
	3	AZALTIM(1-2)	4,5	5,7	7,6	9,2	10,5	11,5	12,5	14,4	8,1
	4	ENGELLİ(yansıymış)	72,8	72,9	71,2	70,2	69,4	68,9	68,0	65,7	79,5
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	75,6	73,5	71,0	68,3	65,5	62,6	59,5	56,3	79,3
	6	dolaysız	79,5	79,4	79,3	79,3	79,3	79,3	79,2	79,0	88,3
	7	E(AZALTIM)	3,9	5,9	8,3	11,0	13,8	16,7	19,7	22,7	25,7
R2	1	ENGELSİZ	76,4	76,5	75,7	75,3	75,0	74,7	74,3	73,1	84,3
	2	ENGELLİ (4+5)	73,9	73,6	71,7	70,2	69,2	68,4	67,3	64,5	79,8
	3	AZALTIM(1-2)	2,5	2,9	4,0	5,1	5,8	6,3	7,0	8,6	4,4
	4	ENGELLİ(yansıymış)	72,4	72,6	70,8	69,6	68,8	68,2	67,2	64,4	79,0
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	68,4	66,9	64,3	61,5	58,6	55,6	52,4	48,8	72,4
	6	dolaysız	71,7	72,0	71,7	71,5	71,4	71,3	71,1	70,4	80,4
	7	E(AZALTIM)	3,3	5,1	7,4	10,0	12,8	15,7	18,7	21,6	24,7
R3	1	ENGELSİZ	74,6	74,6	73,6	72,9	72,5	72,1	71,4	69,6	82,0
	2	ENGELLİ (4+5)	71,8	71,8	69,6	68,1	67,0	66,3	64,9	61,0	77,7
	3	AZALTIM(1-2)	2,8	2,8	4,0	4,8	5,5	5,8	6,5	8,6	4,2
	4	ENGELLİ(yansıymış)	70,9	71,2	69,0	67,6	66,7	66,1	64,8	60,9	77,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	64,4	63,0	60,8	58,1	55,2	52,1	48,9	44,8	68,6
	6	dolaysız	67,6	68,0	68,0	67,9	67,8	67,6	67,3	66,2	76,6
	7	E(AZALTIM)	3,2	5,0	7,2	9,8	12,6	15,5	18,4	21,4	24,5

Çizelge Ek 11 6 TY55 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R4-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		frekans(Hz) / düzey (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam (dB)
R4	1	ENGELSİZ	73,4	73,6	72,3	71,6	71,0	70,6	69,7	67,3	80,6
	2	ENGELLİ (4+5)	70,8	71,0	68,8	67,2	66,2	65,4	64,1	59,8	76,9
	3	AZALTIM(1-2)	2,6	2,6	3,5	4,4	4,8	5,2	5,6	7,5	3,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	70,2	70,6	68,4	66,9	66,0	65,3	64,0	59,7	76,5
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	61,7	60,4	58,1	55,6	52,8	49,7	46,3	41,7	65,9
	6	dolaysız	64,9	65,4	65,3	65,4	65,4	65,2	64,7	63,1	74,0
	7	E(AZALTIM)	3,2	5,0	7,2	9,8	12,6	15,5	18,4	21,4	24,5
R5	1	ENGELSİZ	72,6	72,9	71,6	70,8	70,2	69,6	68,6	65,6	79,8
	2	ENGELLİ (4+5)	68,9	69,3	66,8	65,0	63,9	62,9	61,2	55,9	74,8
	3	AZALTIM(1-2)	3,7	3,6	4,8	5,8	6,3	6,7	7,4	9,7	5,0
	4	ENGELLİ(yansıymış)	68,3	68,9	66,4	64,7	63,7	62,8	61,1	55,8	74,4
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	59,7	58,5	56,2	53,7	51,0	47,8	44,4	39,4	64,0
	6	dolaysız	62,8	63,4	63,3	63,4	63,5	63,2	62,7	60,7	72,0
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,9	7,1	9,7	12,5	15,4	18,3	21,3	24,4
R6	1	ENGELSİZ	72,0	72,3	70,9	70,1	69,5	68,9	67,7	64,2	79,1
	2	ENGELLİ (4+5)	68,2	68,7	66,1	64,4	63,2	62,2	60,4	54,6	74,2
	3	AZALTIM(1-2)	3,8	3,6	4,8	5,7	6,3	6,7	7,3	9,6	4,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	67,8	68,4	65,8	64,1	63,0	62,1	60,3	54,5	73,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	58,1	57,0	54,5	52,2	49,5	46,4	42,8	37,5	62,4
	6	dolaysız	61,2	61,8	61,6	61,8	61,9	61,7	61,0	58,7	70,3
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,1	9,6	12,4	15,3	18,2	21,2	24,3
R7	1	ENGELSİZ	71,3	71,7	70,1	69,3	68,6	68,0	66,6	62,7	78,3
	2	ENGELLİ (4+5)	67,4	68,0	65,5	63,8	62,7	61,7	59,8	53,5	73,5
	3	AZALTIM(1-2)	3,9	3,7	4,6	5,5	5,9	6,3	6,8	9,2	4,8
	4	ENGELLİ(yansıymış)	67,0	67,7	65,2	63,6	62,5	61,6	59,7	53,4	73,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	56,9	55,9	53,2	50,9	48,2	45,2	41,5	35,7	61,2
	6	dolaysız	60,0	60,7	60,2	60,5	60,6	60,5	59,7	56,9	69,1
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,0	9,6	12,4	15,3	18,2	21,2	24,3
R8	1	ENGELSİZ	71,2	71,5	70,0	69,1	68,4	67,7	66,3	61,9	78,1
	2	ENGELLİ (4+5)	67,2	67,9	65,4	63,7	62,5	61,7	59,6	52,9	73,1
	3	AZALTIM(1-2)	4,0	3,6	4,6	5,4	5,9	6,0	6,7	9,0	4,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	66,9	67,7	65,2	63,5	62,4	61,6	59,5	52,8	73,1
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	55,8	55,0	52,1	49,6	47,1	44,2	40,4	34,1	43,7
	6	dolaysız	58,9	59,8	59,1	59,2	59,5	59,4	58,6	55,3	67,9
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,0	9,6	12,4	15,2	18,2	21,2	24,3
R9	1	ENGELSİZ	71,3	71,8	70,2	69,2	68,6	67,9	66,4	61,6	78,2
	2	ENGELLİ (4+5)	67,1	67,9	65,4	63,7	62,7	61,8	59,6	52,5	73,3
	3	AZALTIM(1-2)	4,2	3,9	4,8	5,5	5,9	6,1	6,8	9,1	4,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	66,8	67,7	65,2	63,6	62,6	61,7	59,6	52,5	73,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	55,0	54,3	51,4	48,6	46,3	43,3	39,4	32,8	59,4
	6	dolaysız	58,0	59,1	58,4	58,2	58,6	58,5	57,6	53,9	67,0
	7	E(AZALTIM)	3,0	4,8	7,0	9,6	12,3	15,2	18,2	21,1	24,2

Çizelge Ek 11 7 TY80 toplam yutuculuk koşulunda 2,5 m. engel yüksekliği için R1-R6 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		frekans(Hz) / düzey (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam (dB)
R1	1	ENGELSİZ	81,5	81,5	81,4	81,3	81,2	81,0	80,9	80,5	90,2
	2	ENGELLİ (4+5)	76,3	74,6	72,0	69,5	67,1	64,9	63,0	60,5	80,3
	3	AZALTIM(1-2)	5,2	6,9	9,4	11,8	14,1	16,1	17,9	20,0	9,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	68,0	68,1	65,2	63,2	61,9	61,2	60,5	58,4	73,6
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	75,6	73,5	71,0	68,3	65,5	62,6	59,5	56,3	79,3
	6	dolaysız	79,5	79,4	79,3	79,3	79,3	79,3	79,2	79,0	88,3
	7	E(AZALTIM)	3,9	5,9	8,3	11,0	13,8	16,7	19,7	22,7	25,7
R2	1	ENGELSİZ	74,8	74,8	74,3	74,0	73,8	73,6	73,3	72,5	83,0
	2	ENGELLİ (4+5)	70,9	70,2	67,4	65,0	63,2	61,8	60,5	58,0	75,6
	3	AZALTIM(1-2)	3,9	4,6	6,9	9,0	10,6	11,8	12,8	14,5	7,3
	4	ENGELLİ(yansıymış)	67,2	67,4	64,4	62,5	61,3	60,6	59,8	57,5	72,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	68,4	66,9	64,3	61,5	58,6	55,6	52,4	48,8	72,4
	6	dolaysız	71,7	72,0	71,7	71,5	71,4	71,3	71,1	70,4	80,4
	7	E(AZALTIM)	3,3	5,1	7,4	10,0	12,8	15,7	18,7	21,6	24,7
R3	1	ENGELSİZ	72,1	72,1	71,1	70,6	70,3	70,0	69,5	68,2	79,7
	2	ENGELLİ (4+5)	67,5	67,1	64,2	61,7	59,8	58,4	56,9	53,3	72,4
	3	AZALTIM(1-2)	4,6	5,0	6,9	8,9	10,5	11,6	12,6	14,9	7,3
	4	ENGELLİ(yansıymış)	64,5	65,0	61,5	59,3	57,9	57,2	56,1	52,6	70,0
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	64,4	63,0	60,8	58,1	55,2	52,1	48,9	44,8	68,6
	6	dolaysız	67,6	68,0	68,0	67,9	67,8	67,6	67,3	66,2	76,6
	7	E(AZALTIM)	3,2	5,0	7,2	9,8	12,6	15,5	18,4	21,4	24,5
R4	1	ENGELSİZ	70,3	70,5	69,3	68,7	68,2	67,8	67,2	65,4	77,7
	2	ENGELLİ (4+5)	65,9	65,8	62,7	60,4	58,7	57,5	56,1	52,4	71,0
	3	AZALTIM(1-2)	4,4	4,7	6,6	8,3	9,5	10,3	11,1	13,0	6,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	63,8	64,3	60,9	58,7	57,4	56,7	55,6	52,0	69,3
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	61,7	60,4	58,1	55,6	52,8	49,7	46,3	41,7	65,9
	6	dolaysız	64,9	65,4	65,3	65,4	65,4	65,2	64,7	63,1	74,0
	7	E(AZALTIM)	3,2	5,0	7,2	9,8	12,6	15,5	18,4	21,4	24,5
R5	1	ENGELSİZ	69,1	69,5	68,2	67,5	66,9	66,5	65,7	63,4	76,5
	2	ENGELLİ (4+5)	63,1	63,2	59,9	57,4	55,4	53,7	51,7	46,9	68,1
	3	AZALTIM(1-2)	6,0	6,3	8,3	10,1	11,5	12,8	14,0	16,5	8,4
	4	ENGELLİ(yansıymış)	60,4	61,4	57,5	55,0	53,4	52,4	50,8	46,0	65,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	59,7	58,5	56,2	53,7	51,0	47,8	44,4	39,4	64,0
	6	dolaysız	62,8	63,4	63,3	63,4	63,5	63,2	62,7	60,7	72,0
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,9	7,1	9,7	12,5	15,4	18,3	21,3	24,4
R6	1	ENGELSİZ	68,2	68,6	67,4	66,6	66,1	65,5	64,6	61,8	75,6
	2	ENGELLİ (4+5)	61,9	62,1	58,7	56,3	54,3	52,7	50,6	45,3	66,9
	3	AZALTIM(1-2)	6,3	6,5	8,7	10,3	11,8	12,8	14,0	16,5	8,6
	4	ENGELLİ(yansıymış)	59,5	60,5	56,6	54,1	52,5	51,5	49,8	44,5	65,0
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	58,1	57,0	54,5	52,2	49,5	46,4	42,8	37,5	62,4
	6	dolaysız	61,2	61,8	61,6	61,8	61,9	61,7	61,0	58,7	70,3
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,1	9,6	12,4	15,3	18,2	21,2	24,3

Ek 12 Farklı toplam yutuculuk koşullarında 3,5 m. engel yüksekliği için hesaplanan gürültü düzeyleri.

Çizelge Ek 12 1 TY5 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R1-R3 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

R1	1	ENGELSİZ	86,4	86,0	85,8	85,3	84,9	84,2	82,8	81,3	93,9
	2	ENGELLİ (4+5)	84,6	83,8	83,4	82,6	82,0	80,8	77,9	73,3	91,1
	3	AZALTIM(1-2)	1,8	2,2	2,4	2,7	2,9	3,4	4,9	8,0	2,8
	4	ENGELLİ(yansışmış)	84,1	83,5	83,2	82,5	81,9	80,7	77,9	73,2	90,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	74,8	72,6	70,0	67,2	64,4	61,4	58,4	55,2	78,4
	6	dolaysız	79,5	79,4	79,3	79,3	79,3	79,3	79,2	79,0	88,3
	7	E(AZALTIM)	4,7	6,8	9,3	12,1	14,9	17,9	20,8	23,8	26,9
	7	E(AZALTIM)	4,7	6,8	9,3	12,1	14,9	17,9	20,8	23,8	26,9
R2	1	ENGELSİZ	85,1	84,5	84,3	83,5	83,0	81,9	79,4	75,7	92,0
	2	ENGELLİ (4+5)	84,5	83,9	83,6	82,8	82,2	81,0	78,0	72,6	91,2
	3	AZALTIM(1-2)	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,4	3,1	0,8
	4	ENGELLİ(yansışmış)	84,4	83,8	83,6	82,8	82,2	81,0	78,0	72,6	91,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	67,7	66,1	63,4	60,6	57,6	54,6	51,5	47,8	71,6
	6	dolaysız	71,7	72,0	71,7	71,5	71,4	71,3	71,1	70,4	80,4
	7	E(AZALTIM)	4,0	5,9	8,3	10,9	13,8	16,7	19,6	22,6	25,7
	7	E(AZALTIM)	4,0	5,9	8,3	10,9	13,8	16,7	19,6	22,6	25,7
R3	1	ENGELSİZ	84,8	84,2	84,0	83,2	82,6	81,4	78,5	73,7	91,6
	2	ENGELLİ (4+5)	84,5	83,8	83,6	82,7	82,2	80,9	77,6	71,1	91,1
	3	AZALTIM(1-2)	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,9	2,6	0,4
	4	ENGELLİ(yansışmış)	84,5	83,8	83,6	82,7	82,2	80,9	77,6	71,1	91,1
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	63,8	62,3	60,0	57,2	54,3	51,2	48,0	43,9	67,9
	6	dolaysız	67,6	68,0	68,0	67,9	67,8	67,6	67,3	66,2	76,6
	7	E(AZALTIM)	3,8	5,7	8,0	10,7	13,5	16,4	19,3	22,3	25,4
	7	E(AZALTIM)	3,8	5,7	8,0	10,7	13,5	16,4	19,3	22,3	25,4

Çizelge Ek 12 2 TY5 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R4-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		frekans(Hz) / düzey (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam (dB)
R4	1	ENGELSİZ	84,6	84,0	83,7	82,9	82,3	81,0	77,8	72,2	91,3
	2	ENGELLİ (4+5)	84,3	83,6	83,4	82,5	81,9	80,5	77,0	69,9	90,9
	3	AZALTIM(1-2)	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,8	2,3	0,4
	4	ENGELLİ(yansıymış)	84,3	83,6	83,4	82,5	81,9	80,5	77,0	69,9	90,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	61,2	59,8	57,4	54,8	52,0	48,9	45,5	40,9	65,3
	6	dolaysız	64,9	65,4	65,3	65,4	65,4	65,2	64,7	63,1	74,0
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,6	7,9	10,6	13,4	16,3	19,2	22,2	25,3
R5	1	ENGELSİZ	84,7	84,0	83,7	82,9	82,2	80,9	77,5	71,2	91,3
	2	ENGELLİ (4+5)	84,1	83,4	83,1	82,2	81,6	80,1	76,3	68,0	90,6
	3	AZALTIM(1-2)	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	1,2	3,2	0,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	84,1	83,4	83,1	82,2	81,6	80,1	76,3	68,0	90,6
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	59,1	57,8	55,4	52,9	50,2	47,0	43,6	38,6	63,3
	6	dolaysız	62,8	63,4	63,3	63,4	63,5	63,2	62,7	60,7	72,0
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,6	7,9	10,5	13,3	16,2	19,1	22,1	25,2
R6	1	ENGELSİZ	84,5	83,8	83,5	82,7	82,0	80,7	77,2	70,2	91,0
	2	ENGELLİ (4+5)	84,2	83,5	83,2	82,3	81,6	80,1	76,2	67,3	90,6
	3	AZALTIM(1-2)	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	1,0	2,9	0,4
	4	ENGELLİ(yansıymış)	84,2	83,5	83,2	82,3	81,6	80,1	76,2	67,3	90,6
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	57,5	56,3	53,8	51,3	48,7	45,6	41,9	36,6	61,7
	6	dolaysız	61,2	61,8	61,6	61,8	61,9	61,7	61,0	58,7	70,3
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,5	7,8	10,5	13,2	16,1	19,1	22,1	25,2
R7	1	ENGELSİZ	84,4	83,7	83,5	82,6	82,0	80,6	76,9	69,3	91,0
	2	ENGELLİ (4+5)	83,8	83,1	82,8	81,9	81,2	79,7	75,5	66,1	90,2
	3	AZALTIM(1-2)	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,4	3,2	0,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	83,8	83,1	82,8	81,9	81,2	79,7	75,5	66,1	90,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	56,4	55,2	52,4	50,1	47,4	44,4	40,6	34,9	60,6
	6	dolaysız	60,0	60,7	60,2	60,5	60,6	60,5	59,7	56,9	69,1
	7	E(AZALTIM)	3,6	5,5	7,8	10,4	13,2	16,1	19,1	22,0	25,1
R8	1	ENGELSİZ	84,1	83,5	83,2	82,3	81,7	80,3	76,6	68,8	90,7
	2	ENGELLİ (4+5)	83,6	82,8	82,6	81,6	81,0	79,5	75,4	65,7	90,0
	3	AZALTIM(1-2)	0,5	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	1,2	3,1	0,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	83,6	82,8	82,6	81,6	81,0	79,5	75,4	65,7	90,0
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	55,3	54,3	51,3	48,8	46,3	43,3	39,6	33,3	42,8
	6	dolaysız	58,9	59,8	59,1	59,2	59,5	59,4	58,6	55,3	67,9
	7	E(AZALTIM)	3,6	5,5	7,8	10,4	13,2	16,1	19,0	22,0	25,1
R9	1	ENGELSİZ	83,8	83,2	82,9	82,1	81,5	80,1	76,6	68,8	90,4
	2	ENGELLİ (4+5)	83,2	82,5	82,2	81,4	80,7	79,3	75,2	65,4	89,7
	3	AZALTIM(1-2)	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	1,4	3,4	0,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	83,2	82,5	82,2	81,4	80,7	79,3	75,2	65,4	89,7
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	54,4	53,6	50,6	47,8	45,4	42,4	38,6	31,9	58,7
	6	dolaysız	58,0	59,1	58,4	58,2	58,6	58,5	57,6	53,9	67,0
	7	E(AZALTIM)	3,6	5,5	7,8	10,4	13,2	16,1	19,0	22,0	25,1

Çizelge Ek 12 3 TY30 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R1-R6 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		frekans(Hz) / düzey (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam (dB)
R1	1	ENGELSİZ	82,8	82,8	82,5	82,3	82,1	81,8	81,5	80,8	91,2
	2	ENGELLİ (4+5)	79,0	78,3	76,8	75,6	74,8	74,0	72,8	69,9	85,0
	3	AZALTIM(1-2)	3,8	4,5	5,7	6,7	7,3	7,8	8,7	10,9	6,2
	4	ENGELLİ(yansıymış)	76,9	77,0	75,8	74,9	74,4	73,8	72,6	69,7	83,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	74,8	72,6	70,0	67,2	64,4	61,4	58,4	55,2	78,4
	6	dolaysız	79,5	79,4	79,3	79,3	79,3	79,3	79,2	79,0	88,3
	7	E(AZALTIM)	4,7	6,8	9,3	12,1	14,9	17,9	20,8	23,8	26,9
R2	1	ENGELSİZ	78,9	78,9	78,0	77,5	77,1	76,7	75,9	74,1	86,4
	2	ENGELLİ (4+5)	77,4	77,4	75,9	75,0	74,3	73,7	72,3	68,7	84,1
	3	AZALTIM(1-2)	1,5	1,5	2,1	2,5	2,8	3,0	3,6	5,4	2,3
	4	ENGELLİ(yansıymış)	76,9	77,1	75,7	74,8	74,2	73,6	72,3	68,7	83,8
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	67,7	66,1	63,4	60,6	57,6	54,6	51,5	47,8	71,6
	6	dolaysız	71,7	72,0	71,7	71,5	71,4	71,3	71,1	70,4	80,4
	7	E(AZALTIM)	4,0	5,9	8,3	10,9	13,8	16,7	19,6	22,6	25,7
R3	1	ENGELSİZ	77,8	77,9	76,8	76,1	75,6	75,1	74,0	71,3	85,0
	2	ENGELLİ (4+5)	76,5	76,7	75,0	73,9	73,3	72,5	70,9	66,2	83,1
	3	AZALTIM(1-2)	1,3	1,2	1,8	2,2	2,3	2,6	3,1	5,1	1,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	76,3	76,5	74,9	73,8	73,2	72,5	70,9	66,2	83,0
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	63,8	62,3	60,0	57,2	54,3	51,2	48,0	43,9	67,9
	6	dolaysız	67,6	68,0	68,0	67,9	67,8	67,6	67,3	66,2	76,6
	7	E(AZALTIM)	3,8	5,7	8,0	10,7	13,5	16,4	19,3	22,3	25,4
R4	1	ENGELSİZ	77,1	77,3	76,0	75,3	74,7	74,1	72,8	69,4	84,2
	2	ENGELLİ (4+5)	75,9	76,1	74,5	73,4	72,6	71,8	70,1	65,0	82,5
	3	AZALTIM(1-2)	1,2	1,2	1,5	1,9	2,1	2,3	2,7	4,4	1,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	75,8	76,0	74,4	73,3	72,6	71,8	70,1	65,0	82,4
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	61,2	59,8	57,4	54,8	52,0	48,9	45,5	40,9	65,3
	6	dolaysız	64,9	65,4	65,3	65,4	65,4	65,2	64,7	63,1	74,0
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,6	7,9	10,6	13,4	16,3	19,2	22,2	25,3
R5	1	ENGELSİZ	76,7	76,8	75,6	74,7	74,1	73,5	72,0	68,1	83,6
	2	ENGELLİ (4+5)	74,9	75,2	73,4	72,2	71,2	70,4	68,3	62,1	81,3
	3	AZALTIM(1-2)	1,8	1,6	2,2	2,5	2,9	3,1	3,7	6,0	2,3
	4	ENGELLİ(yansıymış)	74,8	75,1	73,3	72,1	71,2	70,4	68,3	62,1	81,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	59,1	57,8	55,4	52,9	50,2	47,0	43,6	38,6	63,3
	6	dolaysız	62,8	63,4	63,3	63,4	63,5	63,2	62,7	60,7	72,0
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,6	7,9	10,5	13,3	16,2	19,1	22,1	25,2
R6	1	ENGELSİZ	76,4	76,6	75,2	74,4	73,7	73,0	71,4	66,9	83,3
	2	ENGELLİ (4+5)	74,7	75,0	73,1	71,7	70,9	70,0	67,8	61,2	81,0
	3	AZALTIM(1-2)	1,7	1,6	2,1	2,7	2,8	3,0	3,6	5,7	2,3
	4	ENGELLİ(yansıymış)	74,6	74,9	73,0	71,7	70,9	70,0	67,8	61,2	80,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	57,5	56,3	53,8	51,3	48,7	45,6	41,9	36,6	61,7
	6	dolaysız	61,2	61,8	61,6	61,8	61,9	61,7	61,0	58,7	70,3
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,5	7,8	10,5	13,2	16,1	19,1	22,1	25,2

Çizelge Ek 12 4 TY30 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R7-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		frekans(Hz) / düzey (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam (dB)
R7	1	ENGELSİZ	76,1	76,3	74,9	73,9	73,2	72,5	70,7	65,6	82,9
	2	ENGELLİ (4+5)	74,1	74,4	72,4	71,1	70,3	69,4	67,0	59,9	80,4
	3	AZALTIM(1-2)	2,0	1,9	2,5	2,8	2,9	3,1	3,7	5,7	2,5
	4	ENGELLİ(yansışmış)	74,0	74,3	72,4	71,1	70,3	69,4	67,0	59,9	80,3
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	56,4	55,2	52,4	50,1	47,4	44,4	40,6	34,9	60,6
	6	dolaysız	60,0	60,7	60,2	60,5	60,6	60,5	59,7	56,9	69,1
	7	E(AZALTIM)	3,6	5,5	7,8	10,4	13,2	16,1	19,1	22,0	25,1
R8	1	ENGELSİZ	75,9	76,1	74,7	73,7	73,0	72,2	70,4	65,0	82,6
	2	ENGELLİ (4+5)	74,1	74,3	72,5	71,2	70,3	69,4	67,0	59,4	80,3
	3	AZALTIM(1-2)	1,8	1,8	2,2	2,5	2,7	2,8	3,4	5,6	2,3
	4	ENGELLİ(yansışmış)	74,0	74,3	72,5	71,2	70,3	69,4	67,0	59,4	80,3
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	55,3	54,3	51,3	48,8	46,3	43,3	39,6	33,3	42,8
	6	dolaysız	58,9	59,8	59,1	59,2	59,5	59,4	58,6	55,3	67,9
	7	E(AZALTIM)	3,6	5,5	7,8	10,4	13,2	16,1	19,0	22,0	25,1
R9	1	ENGELSİZ	76,0	76,3	74,9	74,0	73,3	72,6	70,7	64,9	82,9
	2	ENGELLİ (4+5)	73,8	74,3	72,4	71,2	70,3	69,5	67,0	59,2	80,3
	3	AZALTIM(1-2)	2,2	2,0	2,5	2,8	3,0	3,1	3,7	5,7	2,5
	4	ENGELLİ(yansışmış)	73,8	74,3	72,4	71,2	70,3	69,5	67,0	59,2	80,3
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	54,4	53,6	50,6	47,8	45,4	42,4	38,6	31,9	58,7
	6	dolaysız	58,0	59,1	58,4	58,2	58,6	58,5	57,6	53,9	67,0
	7	E(AZALTIM)	3,6	5,5	7,8	10,4	13,2	16,1	19,0	22,0	25,1

Çizelge Ek 12 5 TY55 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R1-R3 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

R1	1	ENGELSİZ	81,9	81,9	81,7	81,6	81,4	81,3	81,1	80,6	90,5
	2	ENGELLİ (4+5)	76,9	75,7	73,6	72,0	70,6	69,6	68,4	66,1	82,0
	3	AZALTIM(1-2)	5,0	6,2	8,1	9,6	10,8	11,7	12,7	14,5	8,5
	4	ENGELLİ(yansıymış)	72,8	72,9	71,2	70,2	69,4	68,9	68,0	65,7	79,5
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	74,8	72,6	70,0	67,2	64,4	61,4	58,4	55,2	78,4
	6	dolaysız	79,5	79,4	79,3	79,3	79,3	79,3	79,2	79,0	88,3
	7	E(AZALTIM)	4,7	6,8	9,3	12,1	14,9	17,9	20,8	23,8	26,9
R2	1	ENGELSİZ	76,4	76,5	75,7	75,3	75,0	74,7	74,3	73,1	84,3
	2	ENGELLİ (4+5)	73,7	73,5	71,5	70,1	69,1	68,4	67,3	64,5	79,7
	3	AZALTIM(1-2)	2,7	3,0	4,2	5,2	5,9	6,3	7,0	8,6	4,6
	4	ENGELLİ(yansıymış)	72,4	72,6	70,8	69,6	68,8	68,2	67,2	64,4	79,0
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	67,7	66,1	63,4	60,6	57,6	54,6	51,5	47,8	71,6
	6	dolaysız	71,7	72,0	71,7	71,5	71,4	71,3	71,1	70,4	80,4
	7	E(AZALTIM)	4,0	5,9	8,3	10,9	13,8	16,7	19,6	22,6	25,7
R3	1	ENGELSİZ	74,6	74,6	73,6	72,9	72,5	72,1	71,4	69,6	82,0
	2	ENGELLİ (4+5)	71,7	71,7	69,5	68,0	66,9	66,2	64,9	61,0	77,7
	3	AZALTIM(1-2)	2,9	2,9	4,1	4,9	5,6	5,9	6,5	8,6	4,3
	4	ENGELLİ(yansıymış)	70,9	71,2	69,0	67,6	66,7	66,1	64,8	60,9	77,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	63,8	62,3	60,0	57,2	54,3	51,2	48,0	43,9	67,9
	6	dolaysız	67,6	68,0	68,0	67,9	67,8	67,6	67,3	66,2	76,6
	7	E(AZALTIM)	3,8	5,7	8,0	10,7	13,5	16,4	19,3	22,3	25,4

Çizelge Ek 12 6 TY55 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R4-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		frekans(Hz) / düzey (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam (dB)
R4	1	ENGELSİZ	73,4	73,6	72,3	71,6	71,0	70,6	69,7	67,3	80,6
	2	ENGELLİ (4+5)	70,7	70,9	68,7	67,2	66,2	65,4	64,1	59,8	76,8
	3	AZALTIM(1-2)	2,7	2,7	3,6	4,4	4,8	5,2	5,6	7,5	3,8
	4	ENGELLİ(yansıymış)	70,2	70,6	68,4	66,9	66,0	65,3	64,0	59,7	76,5
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	61,2	59,8	57,4	54,8	52,0	48,9	45,5	40,9	65,3
	6	dolaysız	64,9	65,4	65,3	65,4	65,4	65,2	64,7	63,1	74,0
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,6	7,9	10,6	13,4	16,3	19,2	22,2	25,3
R5	1	ENGELSİZ	72,6	72,9	71,6	70,8	70,2	69,6	68,6	65,6	79,8
	2	ENGELLİ (4+5)	68,8	69,2	66,7	65,0	63,9	62,9	61,2	55,9	74,8
	3	AZALTIM(1-2)	3,8	3,7	4,9	5,8	6,3	6,7	7,4	9,7	5,0
	4	ENGELLİ(yansıymış)	68,3	68,9	66,4	64,7	63,7	62,8	61,1	55,8	74,4
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	59,1	57,8	55,4	52,9	50,2	47,0	43,6	38,6	63,3
	6	dolaysız	62,8	63,4	63,3	63,4	63,5	63,2	62,7	60,7	72,0
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,6	7,9	10,5	13,3	16,2	19,1	22,1	25,2
R6	1	ENGELSİZ	72,0	72,3	70,9	70,1	69,5	68,9	67,7	64,2	79,1
	2	ENGELLİ (4+5)	68,2	68,7	66,1	64,3	63,2	62,2	60,4	54,6	74,1
	3	AZALTIM(1-2)	3,8	3,6	4,8	5,8	6,3	6,7	7,3	9,6	4,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	67,8	68,4	65,8	64,1	63,0	62,1	60,3	54,5	73,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	57,5	56,3	53,8	51,3	48,7	45,6	41,9	36,6	61,7
	6	dolaysız	61,2	61,8	61,6	61,8	61,9	61,7	61,0	58,7	70,3
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,5	7,8	10,5	13,2	16,1	19,1	22,1	25,2
R7	1	ENGELSİZ	71,3	71,7	70,1	69,3	68,6	68,0	66,6	62,7	78,3
	2	ENGELLİ (4+5)	67,4	67,9	65,4	63,8	62,6	61,7	59,8	53,5	73,4
	3	AZALTIM(1-2)	3,9	3,8	4,7	5,5	6,0	6,3	6,8	9,2	4,8
	4	ENGELLİ(yansıymış)	67,0	67,7	65,2	63,6	62,5	61,6	59,7	53,4	73,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	56,4	55,2	52,4	50,1	47,4	44,4	40,6	34,9	60,6
	6	dolaysız	60,0	60,7	60,2	60,5	60,6	60,5	59,7	56,9	69,1
	7	E(AZALTIM)	3,6	5,5	7,8	10,4	13,2	16,1	19,1	22,0	25,1
R8	1	ENGELSİZ	71,2	71,5	70,0	69,1	68,4	67,7	66,3	61,9	78,1
	2	ENGELLİ (4+5)	67,2	67,9	65,4	63,6	62,5	61,7	59,5	52,8	73,1
	3	AZALTIM(1-2)	4,0	3,6	4,6	5,5	5,9	6,0	6,8	9,1	4,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	66,9	67,7	65,2	63,5	62,4	61,6	59,5	52,8	73,1
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	55,3	54,3	51,3	48,8	46,3	43,3	39,6	33,3	42,8
	6	dolaysız	58,9	59,8	59,1	59,2	59,5	59,4	58,6	55,3	67,9
	7	E(AZALTIM)	3,6	5,5	7,8	10,4	13,2	16,1	19,0	22,0	25,1
R9	1	ENGELSİZ	71,3	71,8	70,2	69,2	68,6	67,9	66,4	61,6	78,2
	2	ENGELLİ (4+5)	67,0	67,9	65,3	63,7	62,7	61,8	59,6	52,5	73,3
	3	AZALTIM(1-2)	4,3	3,9	4,9	5,5	5,9	6,1	6,8	9,1	4,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	66,8	67,7	65,2	63,6	62,6	61,7	59,6	52,5	73,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	54,4	53,6	50,6	47,8	45,4	42,4	38,6	31,9	58,7
	6	dolaysız	58,0	59,1	58,4	58,2	58,6	58,5	57,6	53,9	67,0
	7	E(AZALTIM)	3,6	5,5	7,8	10,4	13,2	16,1	19,0	22,0	25,1

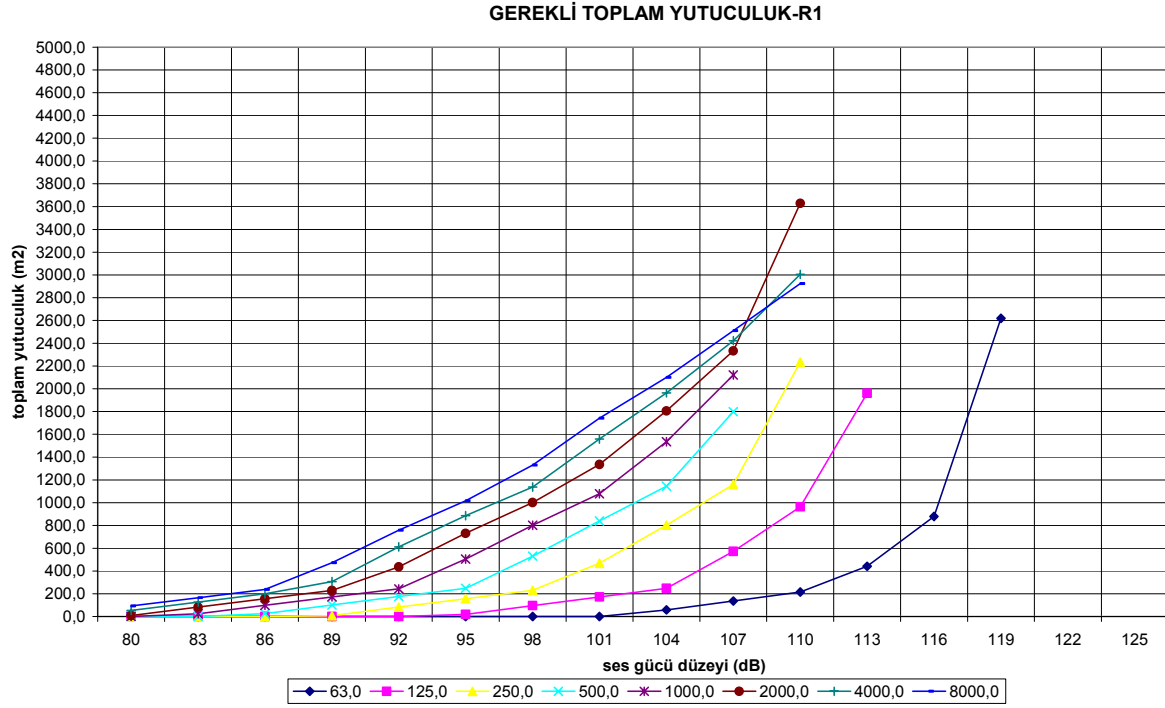
Çizelge Ek 12 7 TY80 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R1-R6 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		frekans(Hz) / düzey (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam (dB)
R1	1	ENGELSİZ	81,5	81,5	81,4	81,3	81,2	81,0	80,9	80,5	90,2
	2	ENGELLİ (4+5)	75,6	73,9	71,2	68,7	66,3	64,3	62,6	60,1	79,6
	3	AZALTIM(1-2)	5,9	7,6	10,2	12,6	14,9	16,7	18,3	20,4	10,6
	4	ENGELLİ(yansıymış)	68,0	68,1	65,2	63,2	61,9	61,2	60,5	58,4	73,6
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	74,8	72,6	70,0	67,2	64,4	61,4	58,4	55,2	78,4
	6	dolaysız	79,5	79,4	79,3	79,3	79,3	79,3	79,2	79,0	88,3
	7	E(AZALTIM)	4,7	6,8	9,3	12,1	14,9	17,9	20,8	23,8	26,9
R2	1	ENGELSİZ	74,8	74,8	74,3	74,0	73,8	73,6	73,3	72,5	83,0
	2	ENGELLİ (4+5)	70,5	69,8	66,9	64,6	62,9	61,6	60,4	57,9	75,3
	3	AZALTIM(1-2)	4,3	5,0	7,4	9,4	10,9	12,0	12,9	14,6	7,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	67,2	67,4	64,4	62,5	61,3	60,6	59,8	57,5	72,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	67,7	66,1	63,4	60,6	57,6	54,6	51,5	47,8	71,6
	6	dolaysız	71,7	72,0	71,7	71,5	71,4	71,3	71,1	70,4	80,4
	7	E(AZALTIM)	4,0	5,9	8,3	10,9	13,8	16,7	19,6	22,6	25,7
R3	1	ENGELSİZ	72,1	72,1	71,1	70,6	70,3	70,0	69,5	68,2	79,7
	2	ENGELLİ (4+5)	67,2	66,9	63,8	61,4	59,5	58,2	56,7	53,1	72,1
	3	AZALTIM(1-2)	4,9	5,2	7,3	9,2	10,8	11,8	12,8	15,1	7,6
	4	ENGELLİ(yansıymış)	64,5	65,0	61,5	59,3	57,9	57,2	56,1	52,6	70,0
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	63,8	62,3	60,0	57,2	54,3	51,2	48,0	43,9	67,9
	6	dolaysız	67,6	68,0	68,0	67,9	67,8	67,6	67,3	66,2	76,6
	7	E(AZALTIM)	3,8	5,7	8,0	10,7	13,5	16,4	19,3	22,3	25,4
R4	1	ENGELSİZ	70,3	70,5	69,3	68,7	68,2	67,8	67,2	65,4	77,7
	2	ENGELLİ (4+5)	65,7	65,6	62,5	60,2	58,5	57,4	56,0	52,3	70,8
	3	AZALTIM(1-2)	4,6	4,9	6,8	8,5	9,7	10,4	11,2	13,1	6,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	63,8	64,3	60,9	58,7	57,4	56,7	55,6	52,0	69,3
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	61,2	59,8	57,4	54,8	52,0	48,9	45,5	40,9	65,3
	6	dolaysız	64,9	65,4	65,3	65,4	65,4	65,2	64,7	63,1	74,0
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,6	7,9	10,6	13,4	16,3	19,2	22,2	25,3
R5	1	ENGELSİZ	69,1	69,5	68,2	67,5	66,9	66,5	65,7	63,4	76,5
	2	ENGELLİ (4+5)	62,8	63,0	59,6	57,1	55,1	53,5	51,6	46,7	67,8
	3	AZALTIM(1-2)	6,3	6,5	8,6	10,4	11,8	13,0	14,1	16,7	8,7
	4	ENGELLİ(yansıymış)	60,4	61,4	57,5	55,0	53,4	52,4	50,8	46,0	65,9
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	59,1	57,8	55,4	52,9	50,2	47,0	43,6	38,6	63,3
	6	dolaysız	62,8	63,4	63,3	63,4	63,5	63,2	62,7	60,7	72,0
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,6	7,9	10,5	13,3	16,2	19,1	22,1	25,2
R6	1	ENGELSİZ	68,2	68,6	67,4	66,6	66,1	65,5	64,6	61,8	75,6
	2	ENGELLİ (4+5)	61,6	61,9	58,4	55,9	54,0	52,5	50,5	45,2	66,7
	3	AZALTIM(1-2)	6,6	6,7	9,0	10,7	12,1	13,0	14,1	16,6	8,9
	4	ENGELLİ(yansıymış)	59,5	60,5	56,6	54,1	52,5	51,5	49,8	44,5	65,0
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	57,5	56,3	53,8	51,3	48,7	45,6	41,9	36,6	61,7
	6	dolaysız	61,2	61,8	61,6	61,8	61,9	61,7	61,0	58,7	70,3
	7	E(AZALTIM)	3,7	5,5	7,8	10,5	13,2	16,1	19,1	22,1	25,2

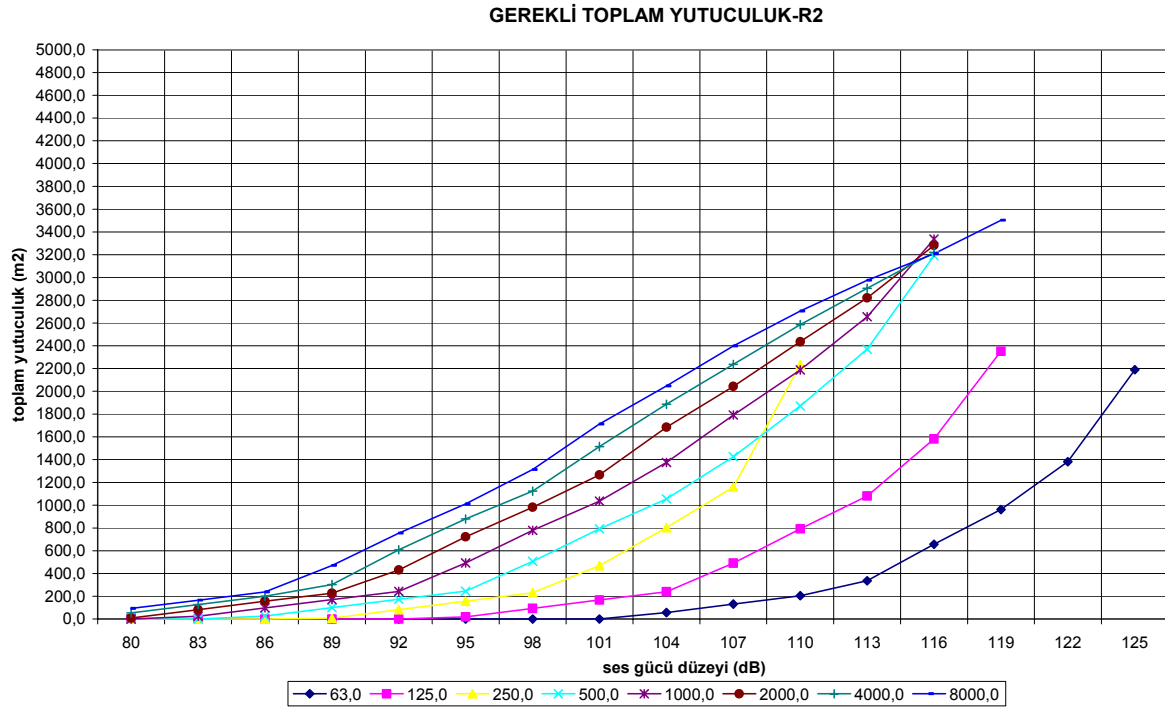
Çizelge Ek 12 8 TY80 toplam yutuculuk koşulunda 3,5 m. engel yüksekliği için R7-R9 alıcı noktaları için hesaplanan gürültü azaltım değerleri

		frekans(Hz) / düzey (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	toplam (dB)
R7	1	ENGELSİZ	67,1	67,6	66,2	65,6	64,9	64,4	63,3	60,1	74,4
	2	ENGELLİ (4+5)	60,9	61,3	57,9	55,6	53,7	52,2	50,1	44,3	66,1
	3	AZALTIM(1-2)	6,2	6,3	8,3	10,0	11,2	12,2	13,2	15,8	8,3
	4	ENGELLİ(yansışmış)	58,7	59,9	56,2	53,8	52,2	51,2	49,4	43,6	64,4
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	56,9	55,9	53,2	50,9	48,2	45,2	41,5	35,7	61,2
	6	dolaysız	60,0	60,7	60,2	60,5	60,6	60,5	59,7	56,9	69,1
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,0	9,6	12,4	15,3	18,2	21,2	24,3
R8	1	ENGELSİZ	66,9	67,4	65,8	65,0	64,5	63,9	62,7	59,0	74,0
	2	ENGELLİ (4+5)	60,3	61,0	57,5	55,1	53,2	51,8	49,7	43,4	65,7
	3	AZALTIM(1-2)	6,6	6,4	8,3	9,9	11,3	12,1	13,0	15,6	8,3
	4	ENGELLİ(yansışmış)	58,4	59,8	56,1	53,6	52,0	51,0	49,1	42,9	64,3
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	55,8	55,0	52,1	49,6	47,1	44,2	40,4	34,1	60,2
	6	dolaysız	58,9	59,8	59,1	59,2	59,5	59,4	58,6	55,3	67,9
	7	E(AZALTIM)	3,1	4,8	7,0	9,6	12,4	15,2	18,2	21,2	24,3
R9	1	ENGELSİZ	66,7	67,4	65,9	65,0	64,5	63,9	62,6	58,5	74,0
	2	ENGELLİ (4+5)	59,9	60,8	57,4	54,9	53,1	51,8	49,5	42,8	65,4
	3	AZALTIM(1-2)	6,8	6,6	8,5	10,1	11,4	12,1	13,1	15,7	8,6
	4	ENGELLİ(yansışmış)	58,2	59,7	56,1	53,7	52,1	51,1	49,1	42,4	64,2
	5	ENGELLİ(D) (6-7)	55,0	54,3	51,4	48,6	46,3	43,3	39,4	32,8	59,4
	6	dolaysız	58,0	59,1	58,4	58,2	58,6	58,5	57,6	53,9	67,0
	7	E(AZALTIM)	3,0	4,8	7,0	9,6	12,3	15,2	18,2	21,1	24,2

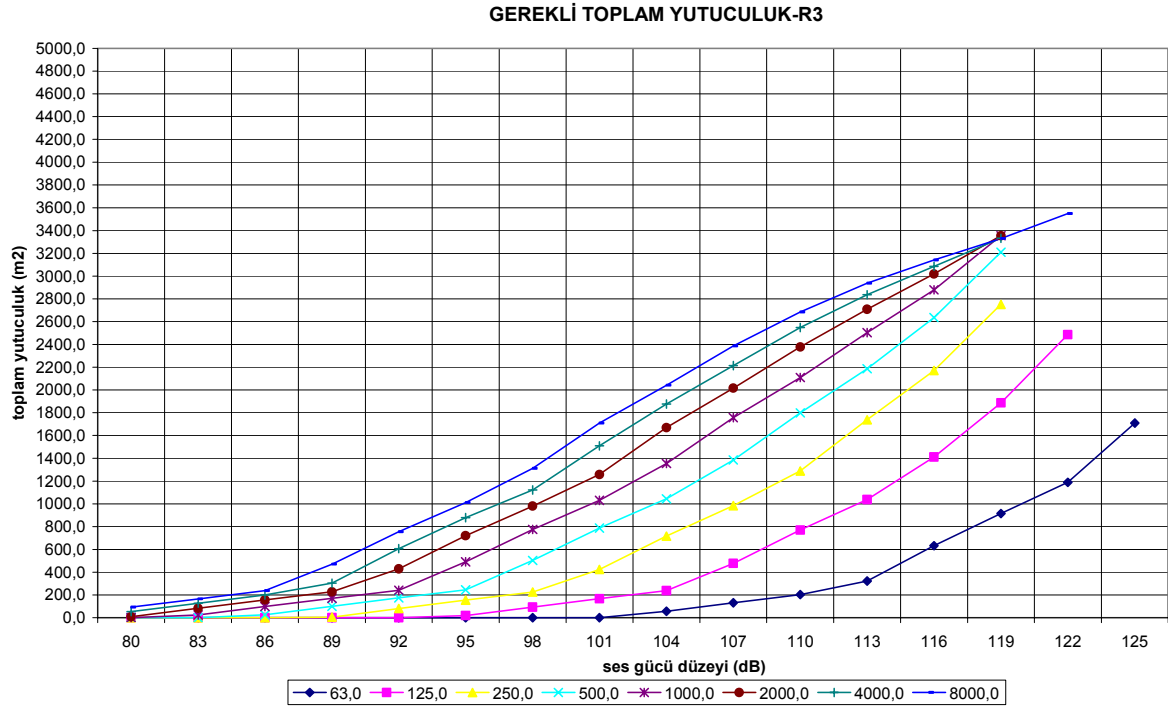
Ek 13 Engelli koşul için alıcı noktalarına (R1-R9) göre gerekli toplam yutuculuk değerleri



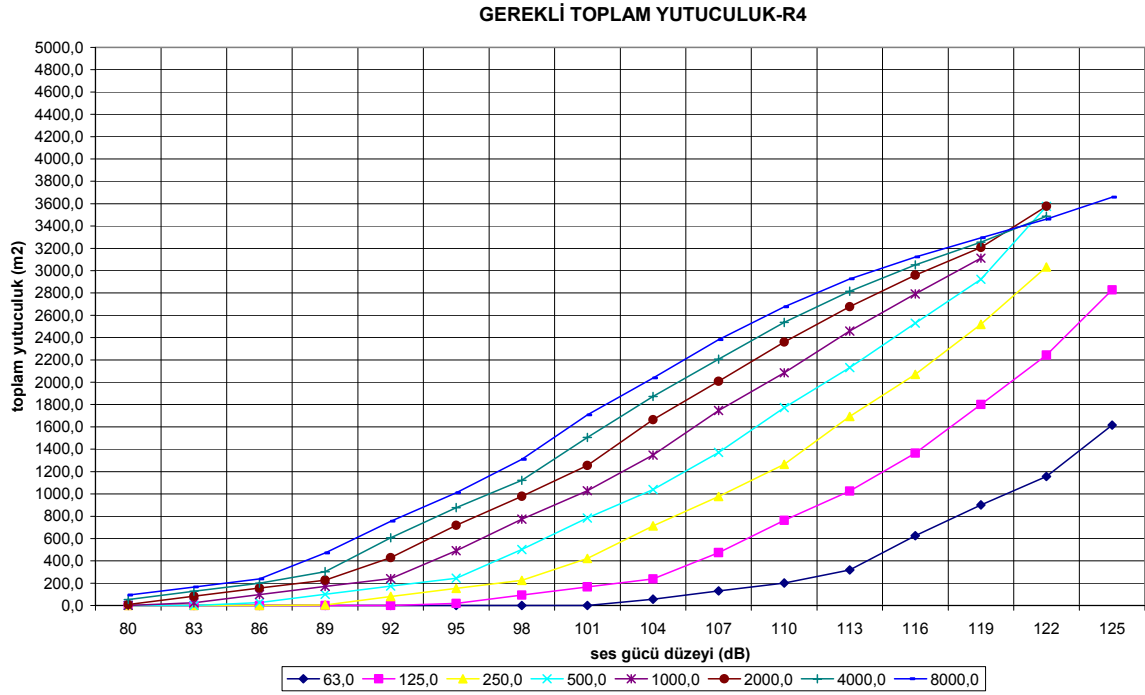
Şekil Ek 13 1 R1 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri.



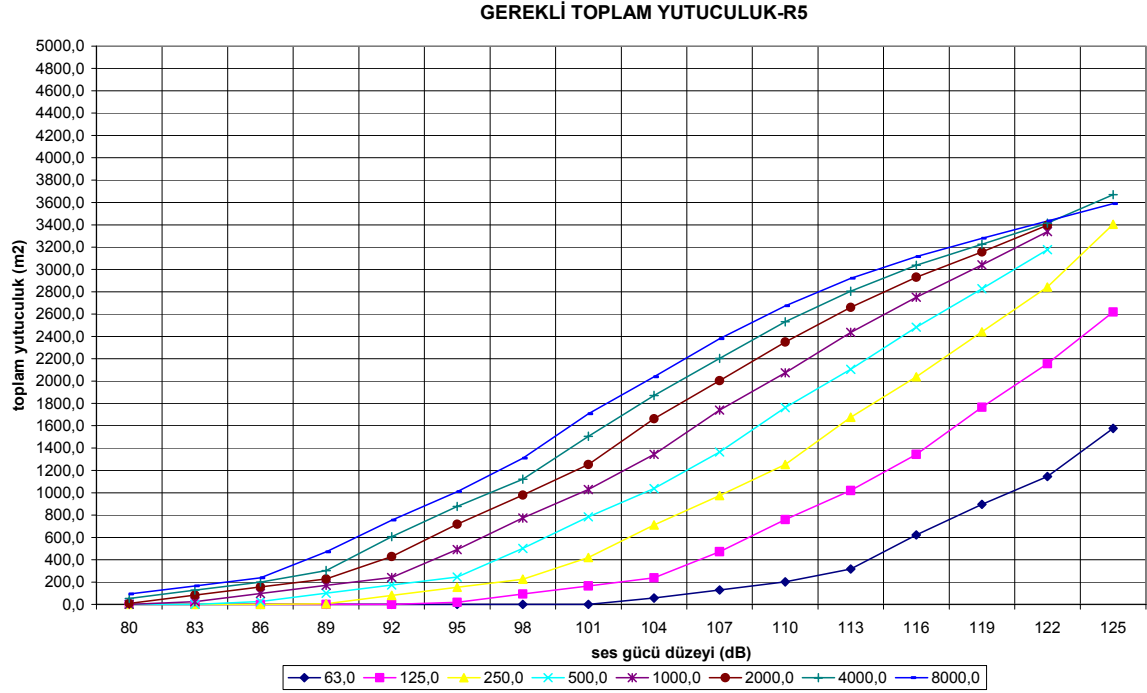
Şekil Ek 13 2 R2 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri.



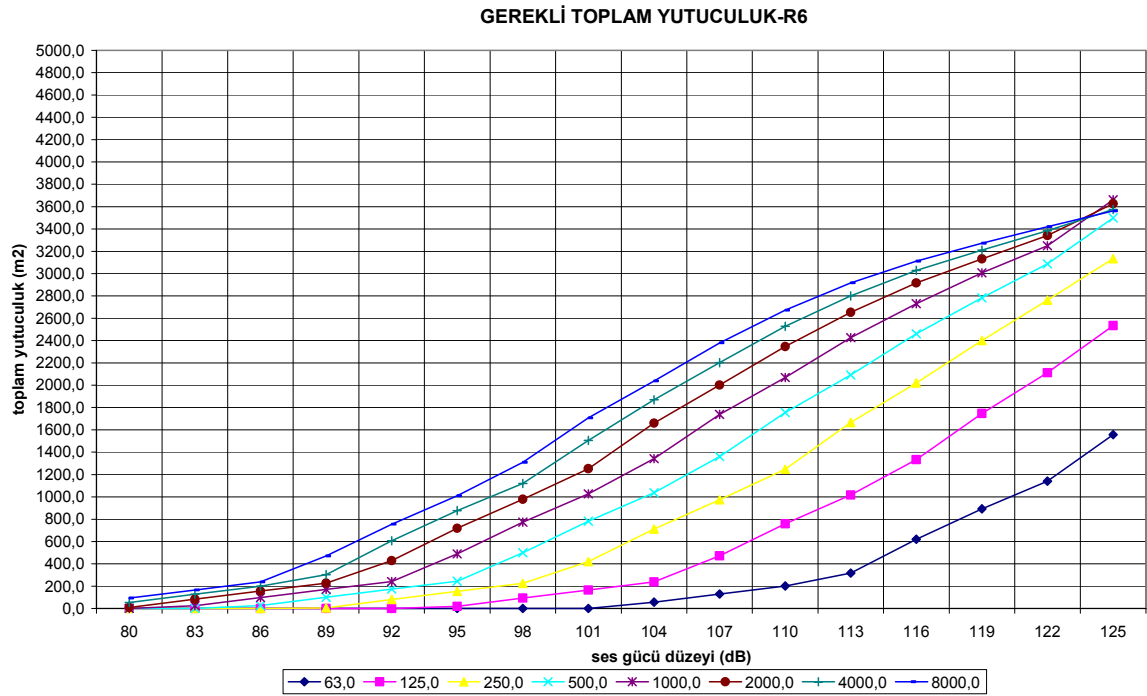
Şekil Ek 13 3 R3 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri.



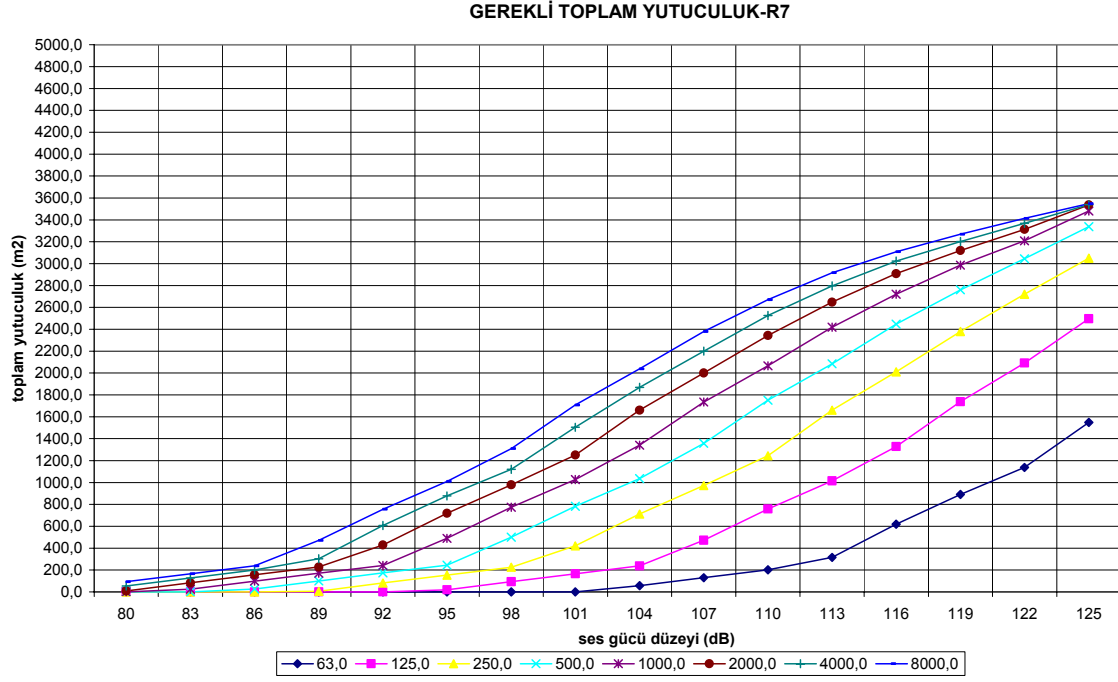
Şekil Ek 13 4 R4 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri.



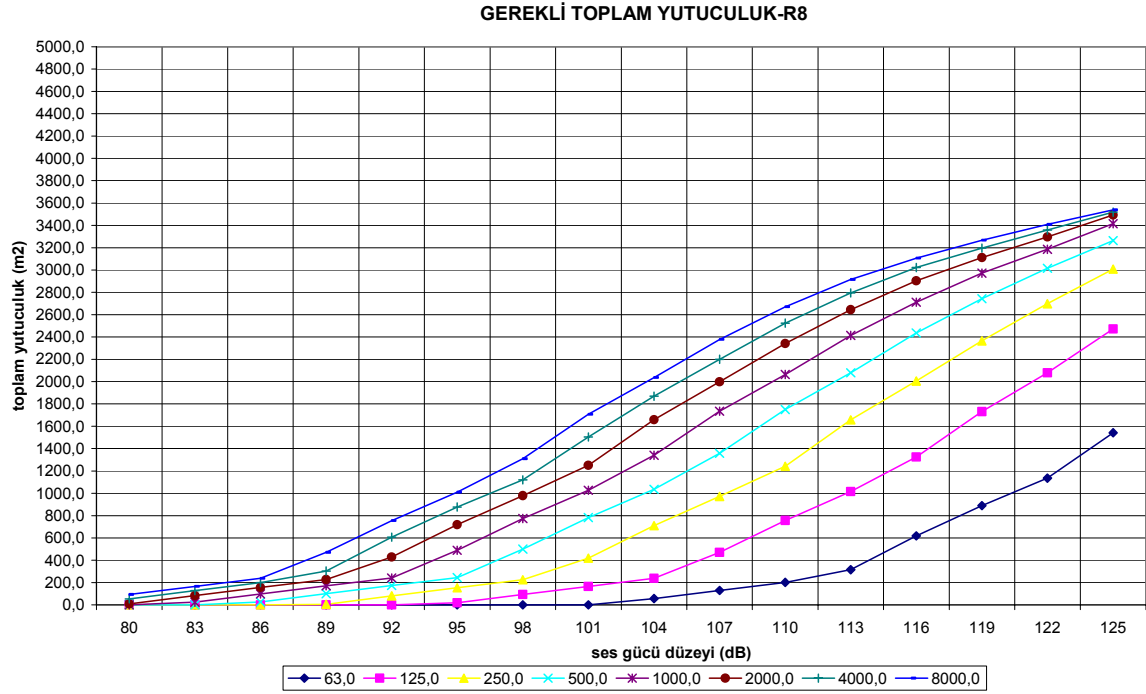
Şekil Ek 13 5 R5 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri.



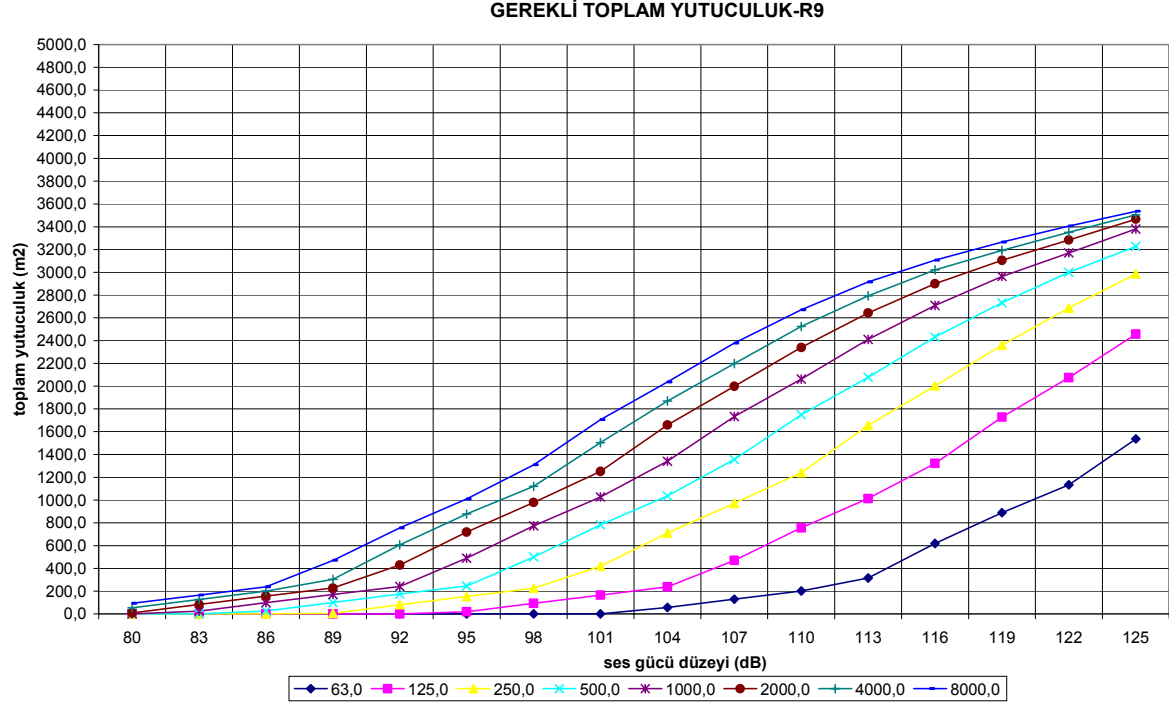
Şekil Ek 13 6 R6 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri.



Şekil Ek 13 7 R7 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri.



Şekil Ek 13 8 R8 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri.



Şekil Ek 13 9 R9 noktası için ses gücü düzeyine ve frekansa bağlı gerekli toplam yutuculuk değerleri.

Ek 14 Engel yüksekliği 1m arttırıldığında gerekli toplam yutucukta sağlanabilen azaltım değerleri (2,5m – 3,5m.)

Çizelge Ek 14 1 R1 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri.

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
82	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
85	0,0	0,0	0,2	0,3	0,3	0,2	0,8	0,5
88	0,0	0,0	0,4	0,5	2,4	2,0	1,4	0,9
91	0,0	0,3	0,7	4,6	4,4	3,7	2,6	1,7
94	0,0	0,6	1,4	8,5	8,1	6,8	9,6	5,9
97	0,0	1,2	12,5	16,3	15,8	25,2	16,4	10,1
100	0,6	2,5	24,8	69,9	62,2	47,8	35,7	23,0
103	1,1	23,2	119,9	176,0	208,8	146,9	79,9	43,4
106	2,3	53,5	911,0				383,2	95,9
109	22,6	532,0						
112	53,1							
115	719,1							
118								
121								
124								
127								

Çizelge Ek 14 2 R2 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
88	0,0	0,0	0,4	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1
91	0,0	0,1	0,7	0,8	0,7	0,6	0,4	0,2
94	0,0	0,1	1,4	1,4	1,3	1,1	1,6	0,9
97	0,0	0,2	12,5	2,6	2,4	4,0	2,6	1,5
100	0,1	0,4	24,8	4,8	8,7	6,7	4,4	3,2
103	0,2	3,6	119,9	17,2	15,2	15,1	9,6	5,3
106	0,3	6,8	911,0	32,2	36,4	27,3	17,1	9,2
109	3,0	13,2		92,2	82,8	59,9	31,0	14,8
112	5,6	55,2					93,4	33,4
115	10,8	219,0						531,0
118	47,1							
121	145,4							
124								
127								

Çizelge Ek 14 3 R3 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
88	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1
91	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1
94	0,0	0,0	0,1	0,6	0,6	0,5	0,7	0,3
97	0,0	0,1	0,9	1,1	1,1	1,7	1,1	0,6
100	0,0	0,2	1,6	2,0	3,7	2,8	1,8	1,2
103	0,1	1,4	2,9	7,1	6,3	6,1	3,9	2,0
106	0,1	2,5	10,6	12,4	14,1	10,5	6,6	3,3
109	1,1	4,7	18,8	29,2	25,7	19,1	11,8	5,0
112	2,0	17,6	47,5	63,1	55,2	35,8	20,6	9,5
115	3,7	33,7	133,2			189,5	57,5	20,2
118	7,1	107,5						65,8
121	27,4							
124	82,5							
127								
130								

Çizelge Ek 14 4 R4 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
88	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
91	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0
94	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2
97	0,0	0,0	0,5	0,6	0,6	1,0	0,6	0,3
100	0,0	0,1	0,8	1,1	2,1	1,6	1,0	0,6
103	0,0	0,8	1,5	3,9	3,5	3,5	2,1	1,0
106	0,1	1,4	5,5	6,7	7,8	5,8	3,5	1,6
109	0,6	2,5	9,4	15,1	13,5	10,2	6,1	2,4
112	1,1	9,1	22,0	28,0	25,9	16,7	9,9	4,3
115	1,9	16,1	43,3	58,8	57,5	40,6	20,9	8,2
118	3,6	40,6	125,8				67,2	17,7
121	13,0	113,1						536,5
124	24,9							
127	77,8							
130								

Çizelge Ek 14 5 R5 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
88	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
91	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
94	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
97	0,0	0,0	0,3	0,4	0,4	0,6	0,4	0,2
100	0,0	0,1	0,5	0,7	1,4	1,0	0,6	0,3
103	0,0	0,5	0,9	2,4	2,3	2,2	1,3	0,5
106	0,0	0,8	3,4	4,1	4,9	3,6	2,2	0,9
109	0,4	1,5	5,8	9,1	8,4	6,2	3,8	1,4
112	0,6	5,6	13,1	16,1	15,2	9,7	5,9	2,4
115	1,2	9,6	23,7	32,1	27,4	20,0	11,5	4,4
118	2,1	22,7	52,2	87,3	100,8	59,0	26,5	8,6
121	7,6	46,8					1292,2	19,6
124	13,6	211,0						501,7
127	34,7							
130	103,6							

Çizelge Ek 14 6 R6 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
88	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
91	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
94	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
97	0,0	0,0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,1
100	0,0	0,0	0,4	0,5	0,9	0,7	0,4	0,2
103	0,0	0,3	0,6	1,7	1,6	1,5	0,9	0,3
106	0,0	0,6	2,3	2,8	3,4	2,5	1,5	0,6
109	0,2	1,1	3,8	6,2	5,7	4,3	2,5	1,0
112	0,4	3,8	6,6	10,6	10,0	6,9	3,8	1,5
115	0,8	6,5	14,9	19,8	16,6	12,8	7,2	2,7
118	1,4	14,8	29,1	39,7	41,4	30,0	15,0	5,1
121	5,1	27,8	71,8			1827,4	42,1	10,3
124	8,9	65,5						233,7
127	21,3							
130	47,9							

Çizelge Ek 14 7 R7 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
88	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
91	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
94	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
97	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1
100	0,0	0,0	0,3	0,4	0,7	0,5	0,3	0,1
103	0,0	0,3	0,5	1,2	1,1	1,2	0,7	0,2
106	0,0	0,4	1,7	2,1	2,5	1,9	1,1	0,4
109	0,2	0,8	2,8	4,5	4,1	3,2	1,9	0,6
112	0,3	2,9	4,7	7,7	7,2	5,6	2,8	1,0
115	0,6	4,9	10,4	13,9	11,5	9,2	5,2	1,8
118	1,1	11,2	19,2	24,8	25,2	19,6	10,2	3,2
121	3,8	20,2	37,5	85,2	102,2	65,2	24,0	6,2
124	6,6	44,1					764,3	125,7
127	15,2	1837,1						212,9
130	30,7							

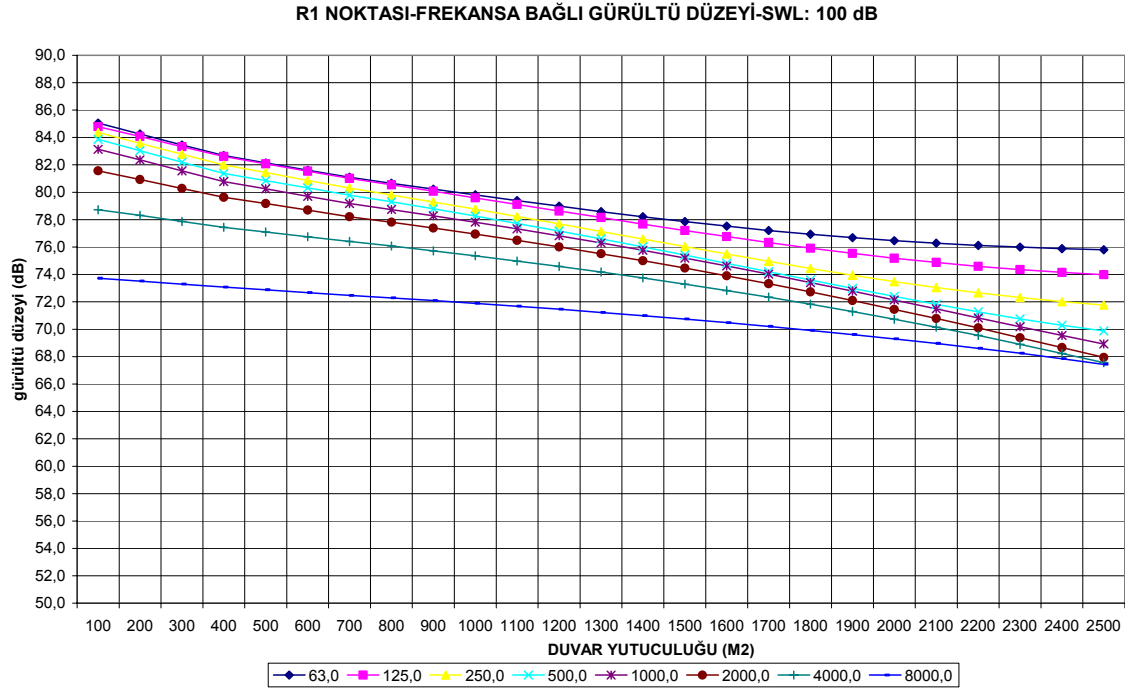
Çizelge Ek 14 8 R8 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
88	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
91	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
94	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
97	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,0
100	0,0	0,0	0,2	0,3	0,5	0,4	0,2	0,1
103	0,0	0,2	0,4	0,9	0,9	0,9	0,5	0,2
106	0,0	0,4	1,3	1,5	1,9	1,5	0,8	0,3
109	0,1	0,7	2,1	3,3	3,2	2,5	1,4	0,4
112	0,3	2,4	3,6	5,6	5,5	4,3	2,2	0,7
115	0,5	4,0	7,9	9,9	8,6	6,9	3,9	1,2
118	0,8	8,9	14,2	16,5	17,6	13,9	7,5	2,2
121	2,9	15,7	25,2	41,8	49,4	36,2	16,3	4,1
124	5,0	32,0	89,4				472,3	77,3
127	11,4	101,5						140,2
130	21,6							

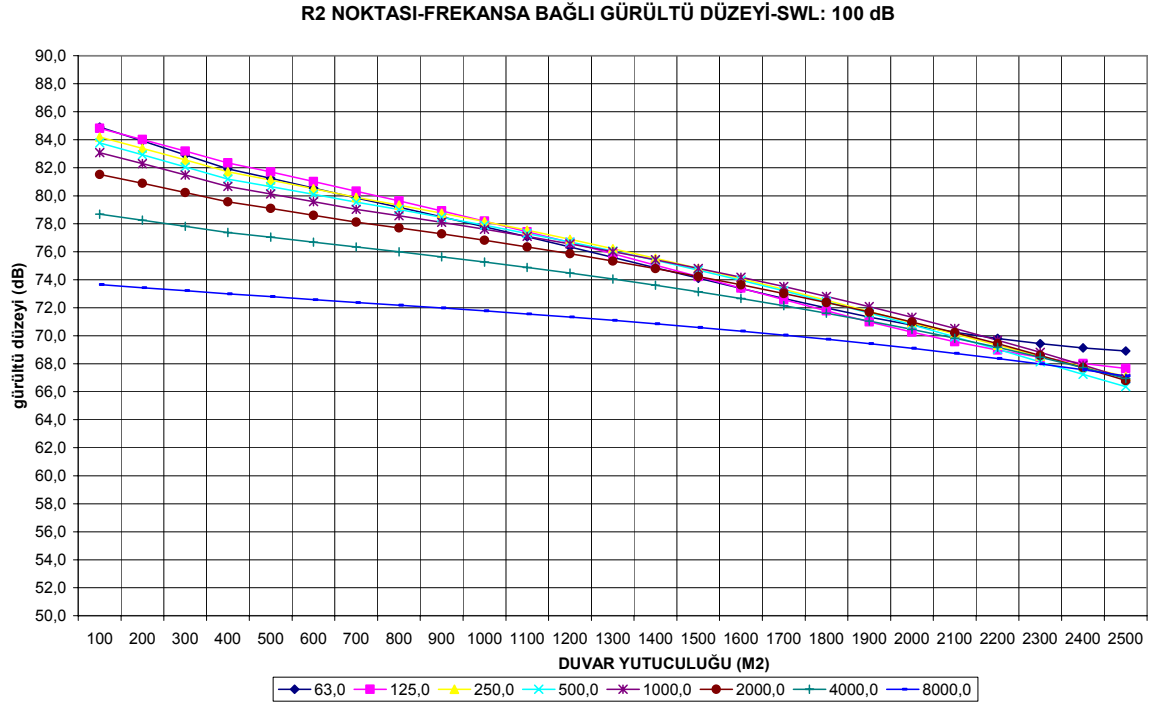
Çizelge Ek 14 9 R9 alıcı noktası için gerekli toplam yutuculukla ilgili frekansa bağlı düzeltme değerleri

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
88	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
91	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
94	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
97	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0
100	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,1
103	0,0	0,2	0,3	0,7	0,7	0,7	0,4	0,1
106	0,0	0,3	1,1	1,2	1,6	1,2	0,7	0,2
109	0,1	0,6	1,8	2,6	2,6	2,0	1,1	0,3
112	0,2	2,0	3,1	4,4	4,4	3,5	1,7	0,5
115	0,4	3,4	6,7	7,6	6,8	5,5	3,1	0,9
118	0,7	7,5	11,8	12,4	13,4	10,7	5,8	1,6
121	2,4	13,0	20,1	28,0	32,8	25,0	11,9	2,9
124	4,0	25,5	57,5	418,6		1080,0	293,5	5,6
127	9,0	63,1						95,0
130	16,5							89,6

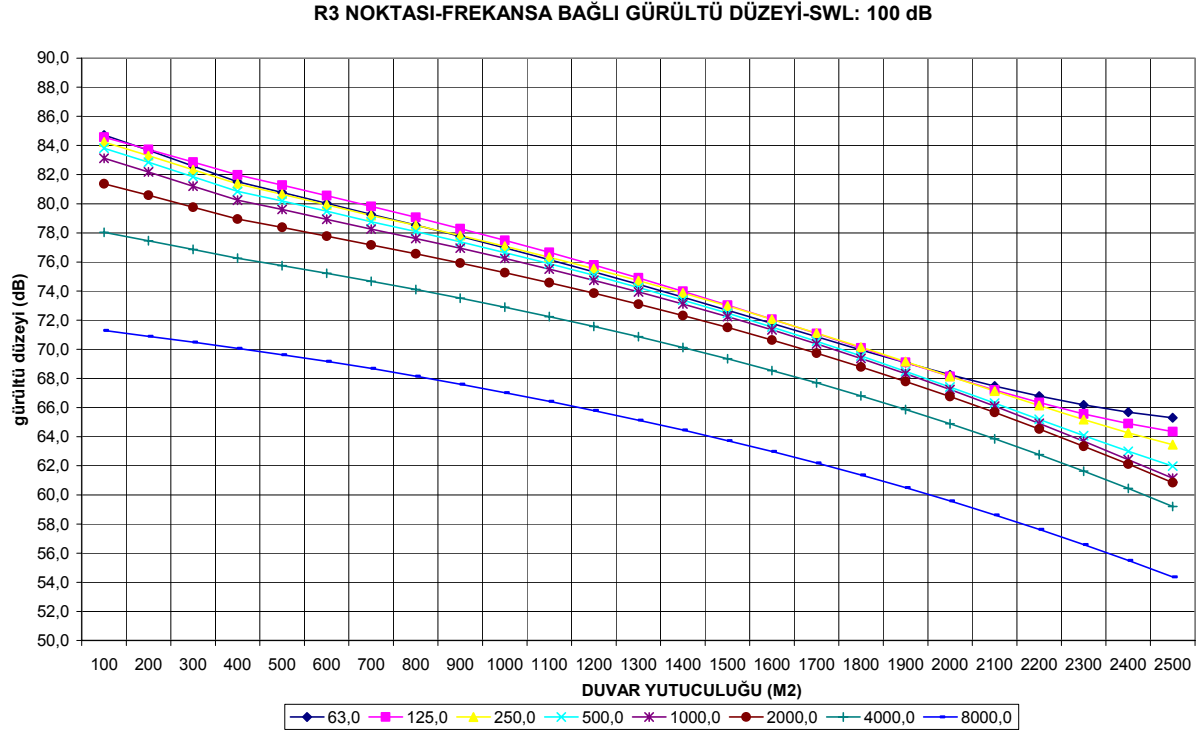
Ek 15 Engelin akustik gölge bölgesinde gürültü düzeylerinin belirlenmesi için alıcı noktalarına bağlı grafikler



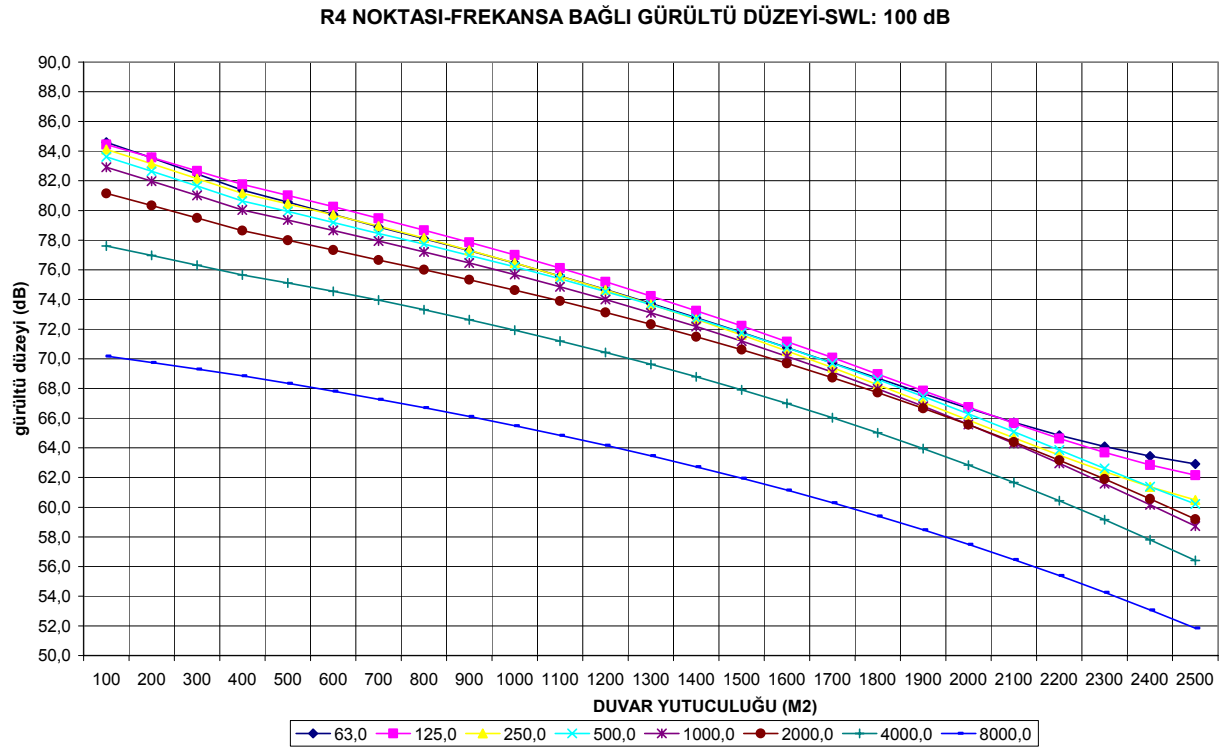
Şekil Ek 15 1 R1 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.



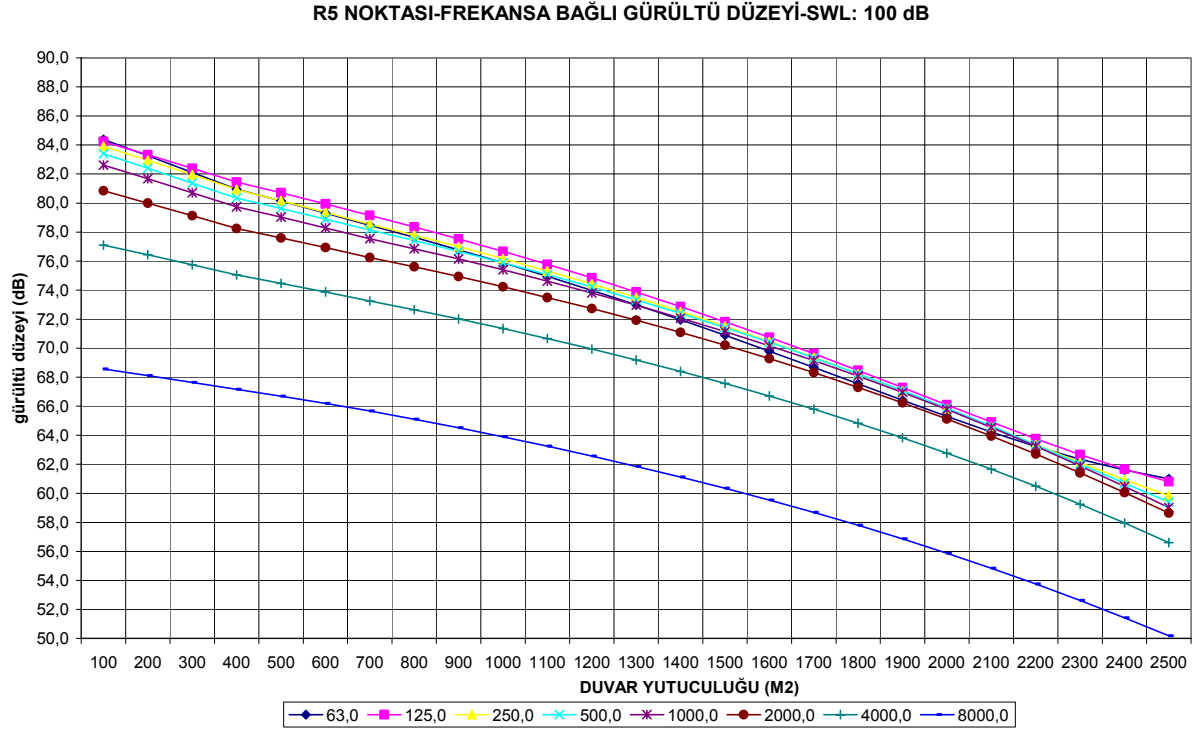
Şekil Ek 15 2 R2 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.



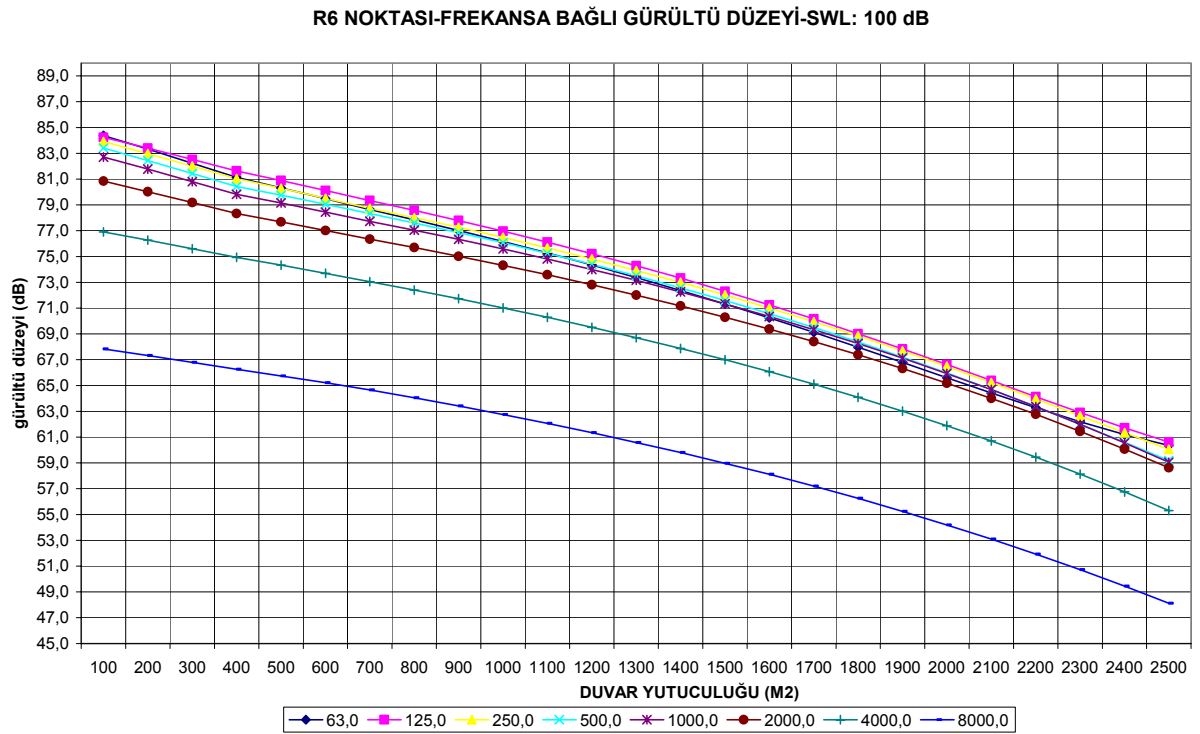
Şekil Ek 15 3 R3 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.



Şekil Ek 15 4 R4 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.

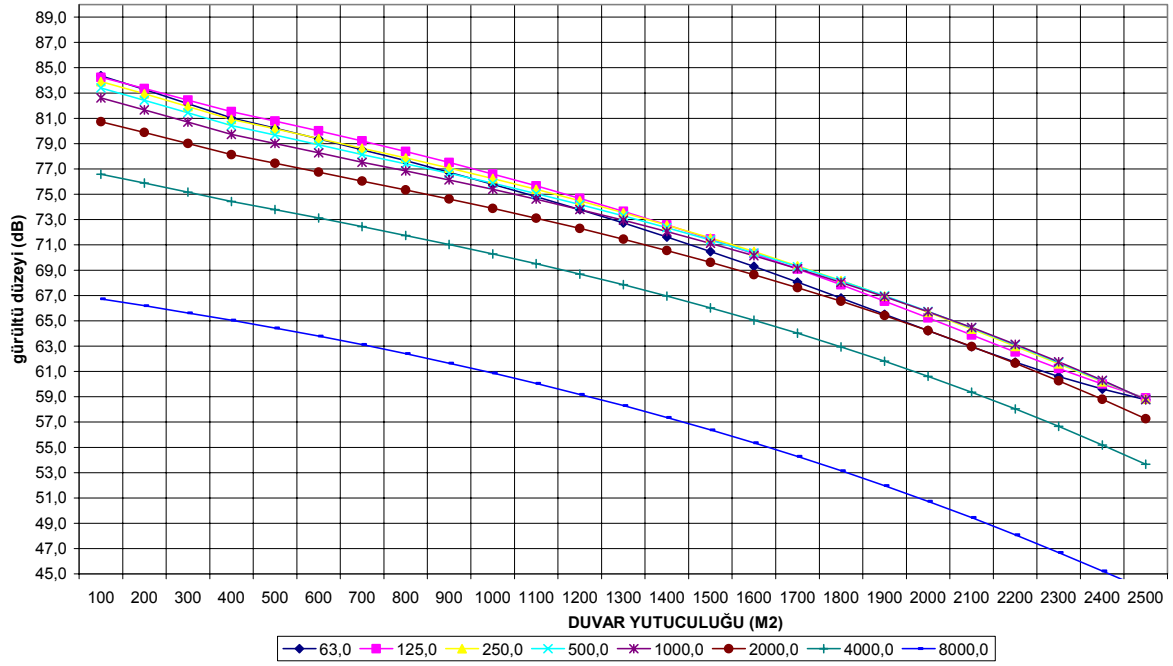


Şekil Ek 15 5 R5 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.



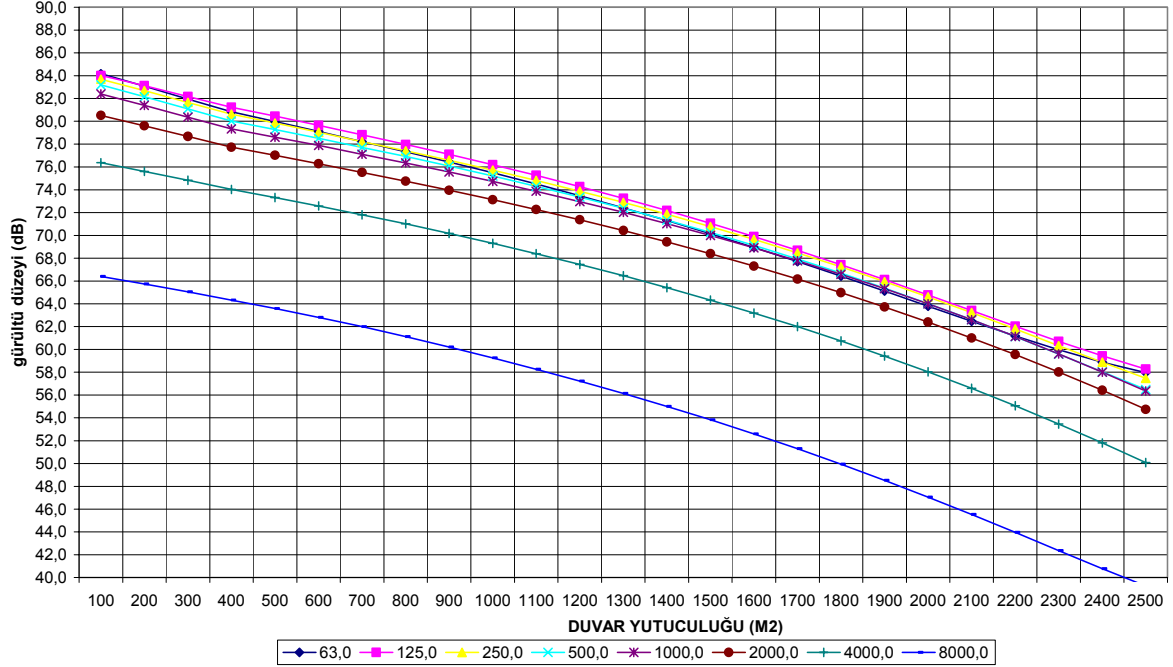
Şekil Ek 15 6 R6 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.

R7 NOKTASI-FREKANS BAĞLI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ-SWL: 100 dB



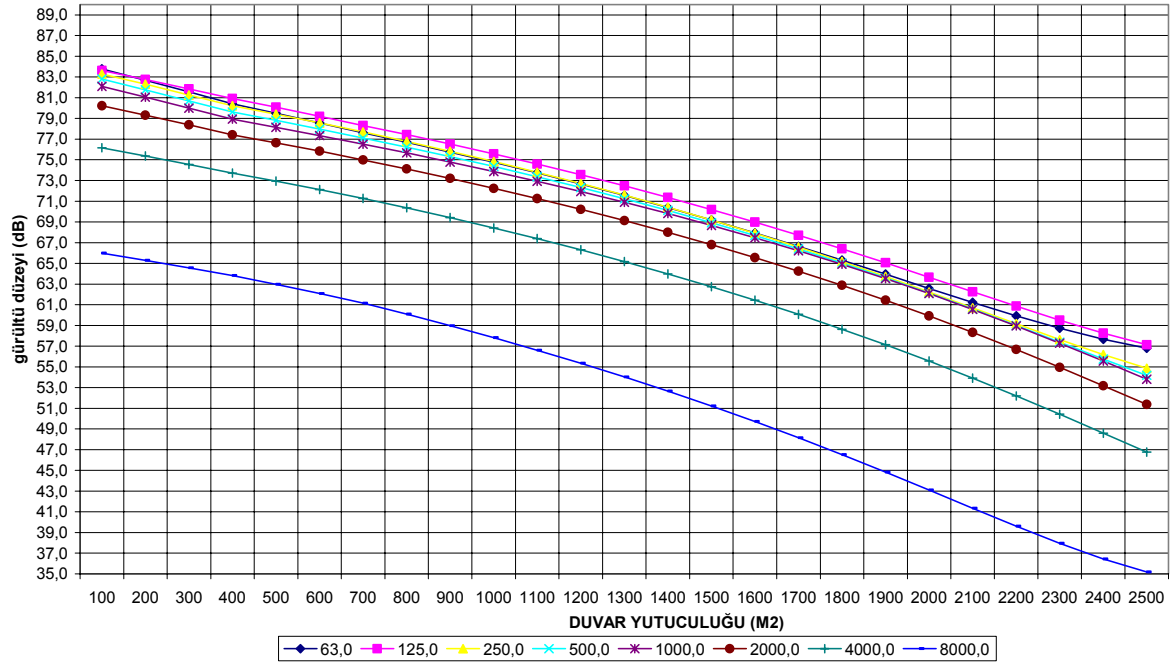
Şekil Ek 15 7 R7 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.

R8 NOKTASI-FREKANS BAĞLI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ-SWL: 100 dB



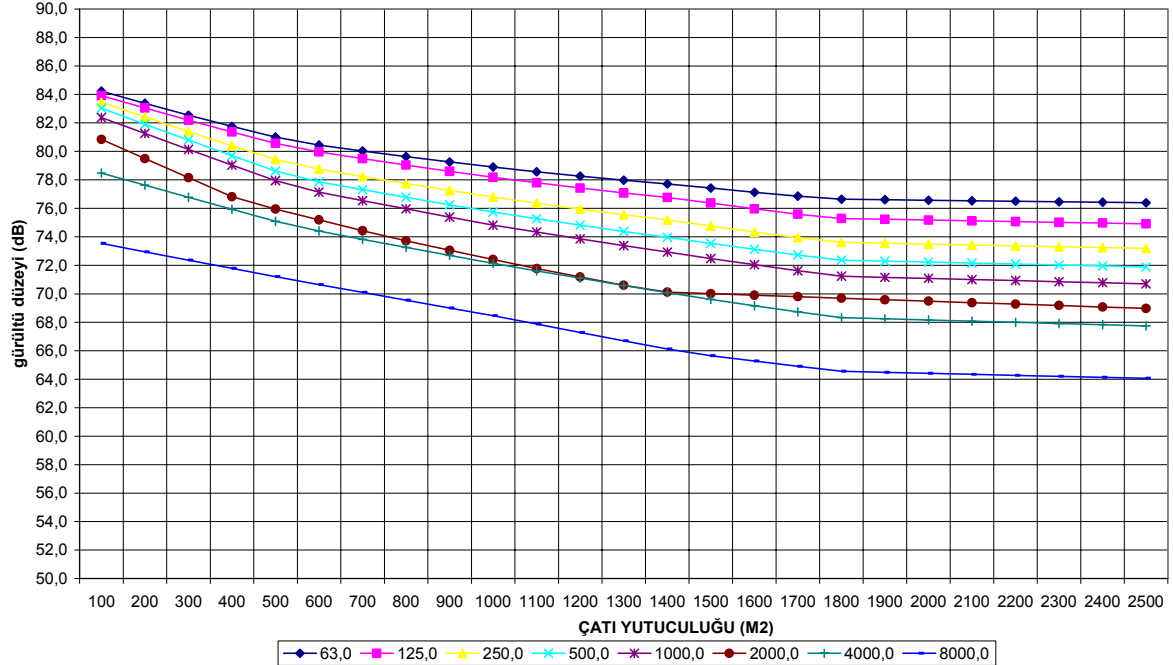
Şekil Ek 15 8 R8 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.

R9 NOKTASI-FREKANS BAĞLI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ-SWL: 100 dB

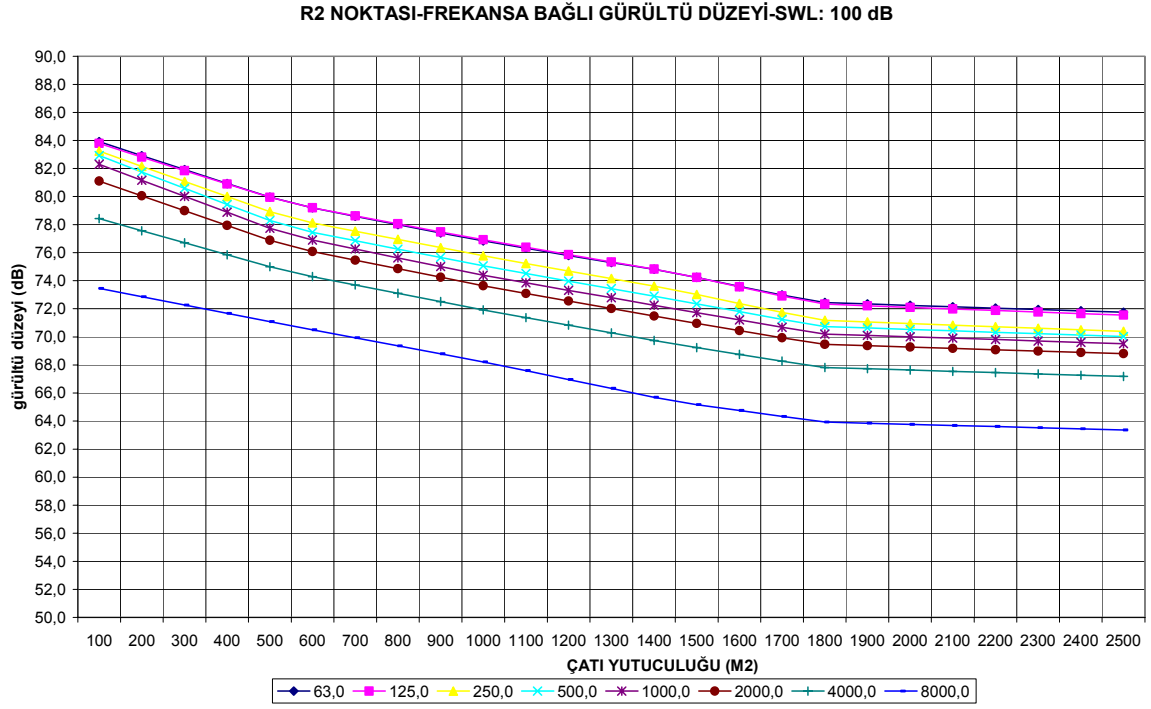


Şekil Ek 15 9 R9 noktası için duvar yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.

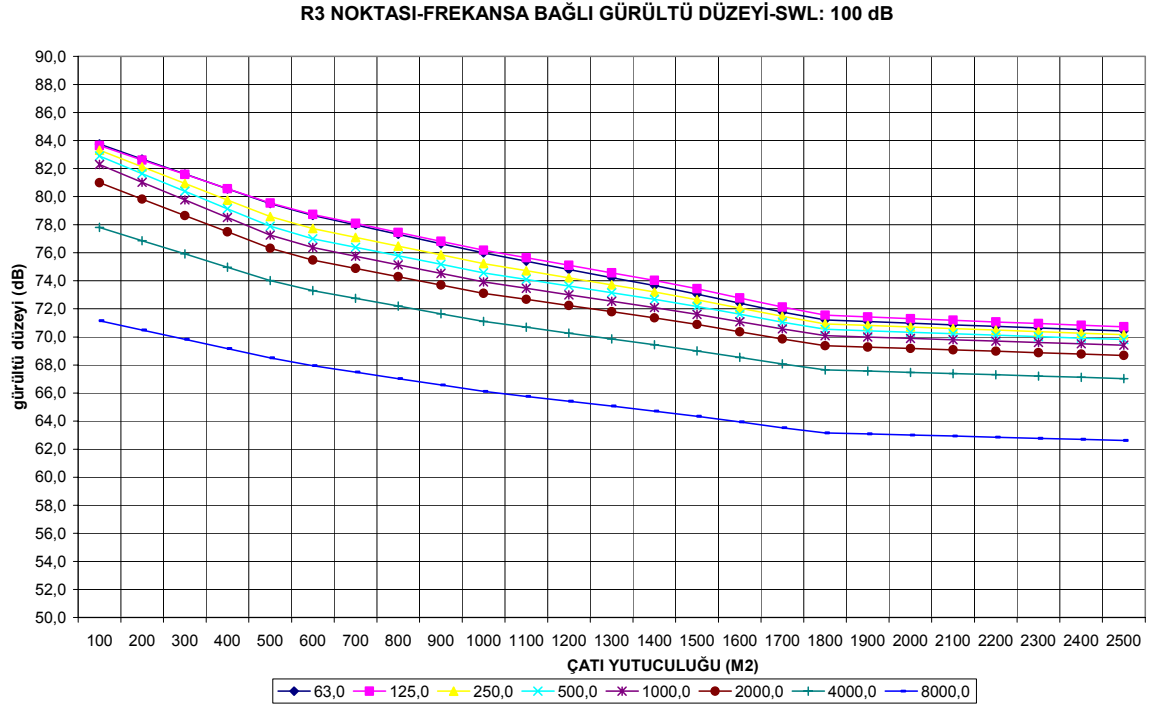
R1 NOKTASI-FREKANS BAĞLI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ-SWL: 100 dB



Şekil Ek 15 10 R1 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.

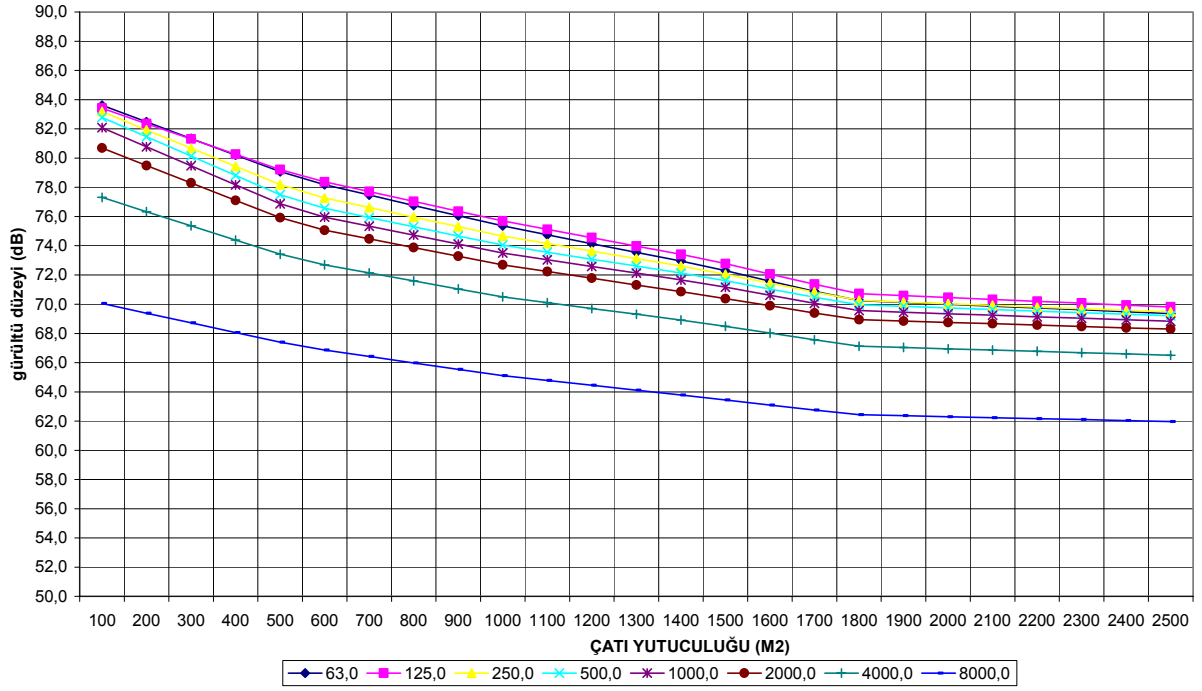


Şekil Ek 15 11 R2 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.



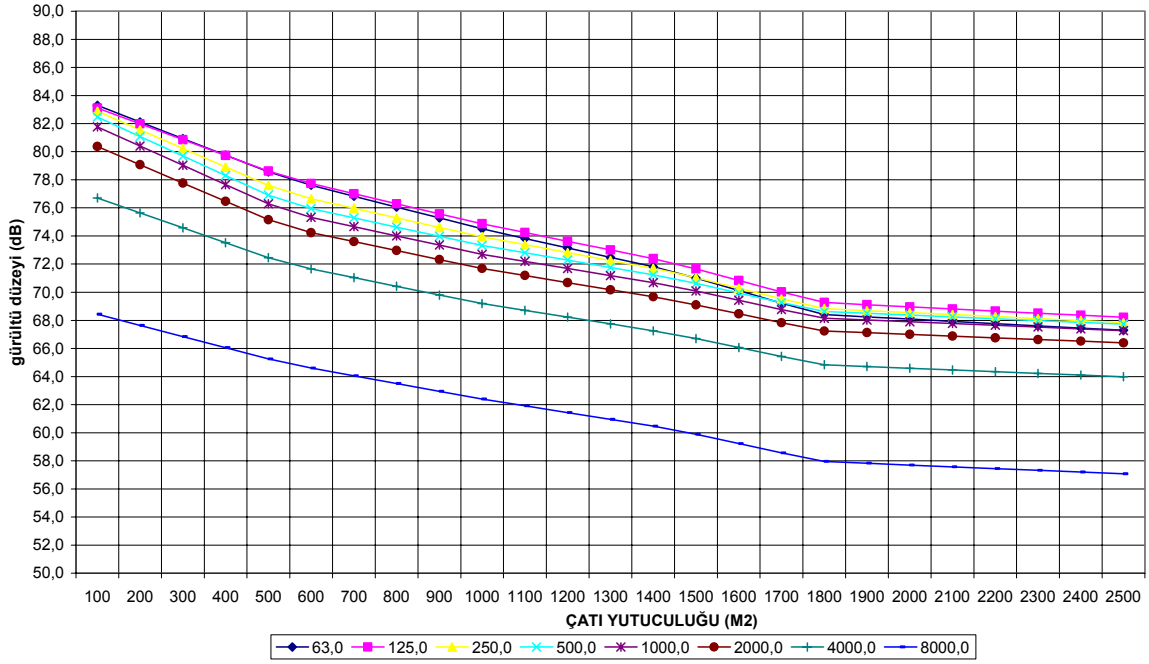
Şekil Ek 15 12 R3 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.

R4 NOKTASI-FREKANS BAĞLI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ-SWL: 100 dB

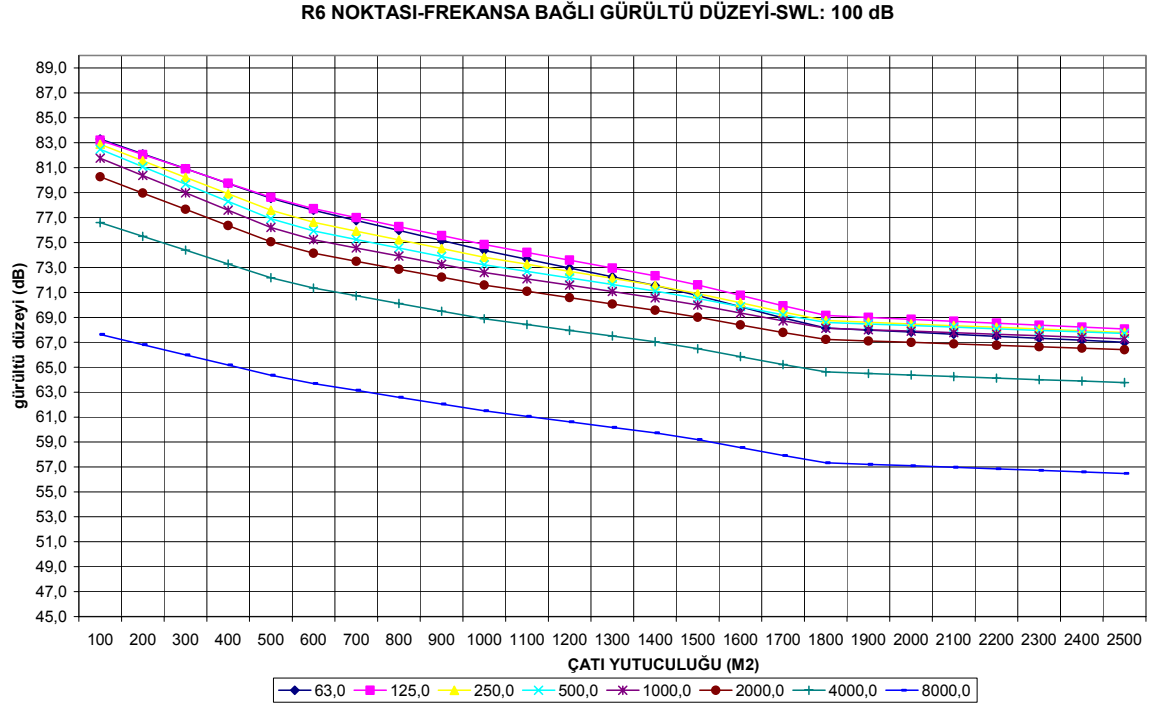


Şekil Ek 15 13 R4 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.

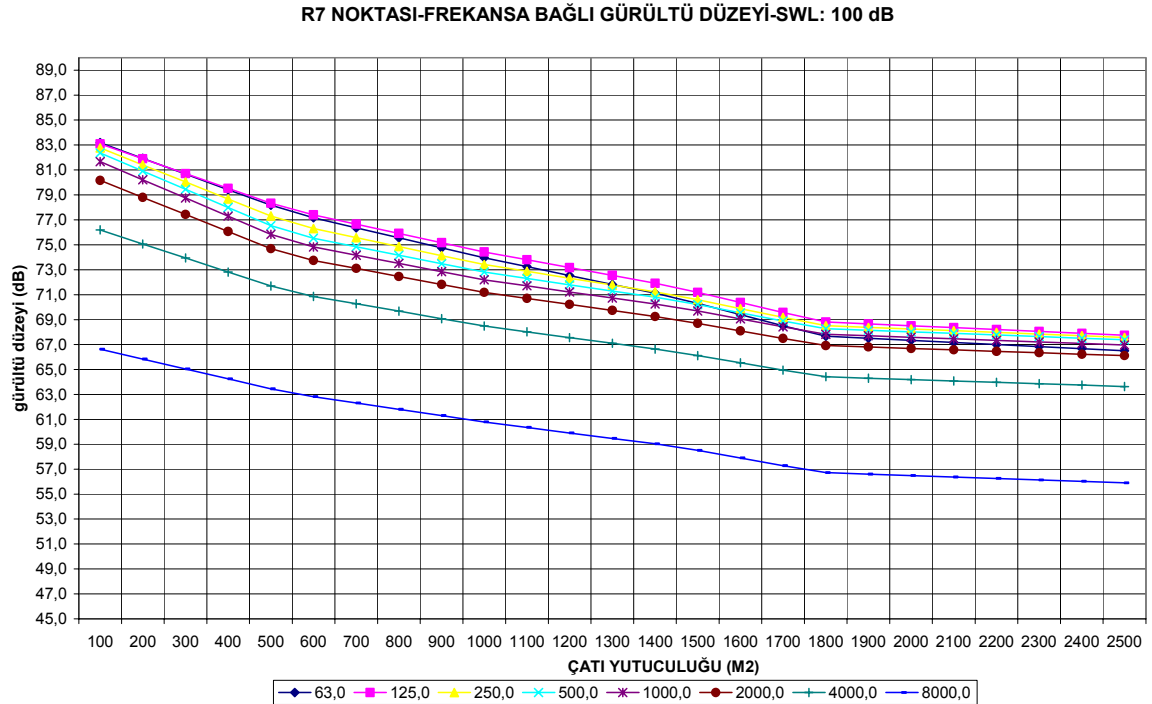
R5 NOKTASI-FREKANS BAĞLI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ-SWL: 100 dB



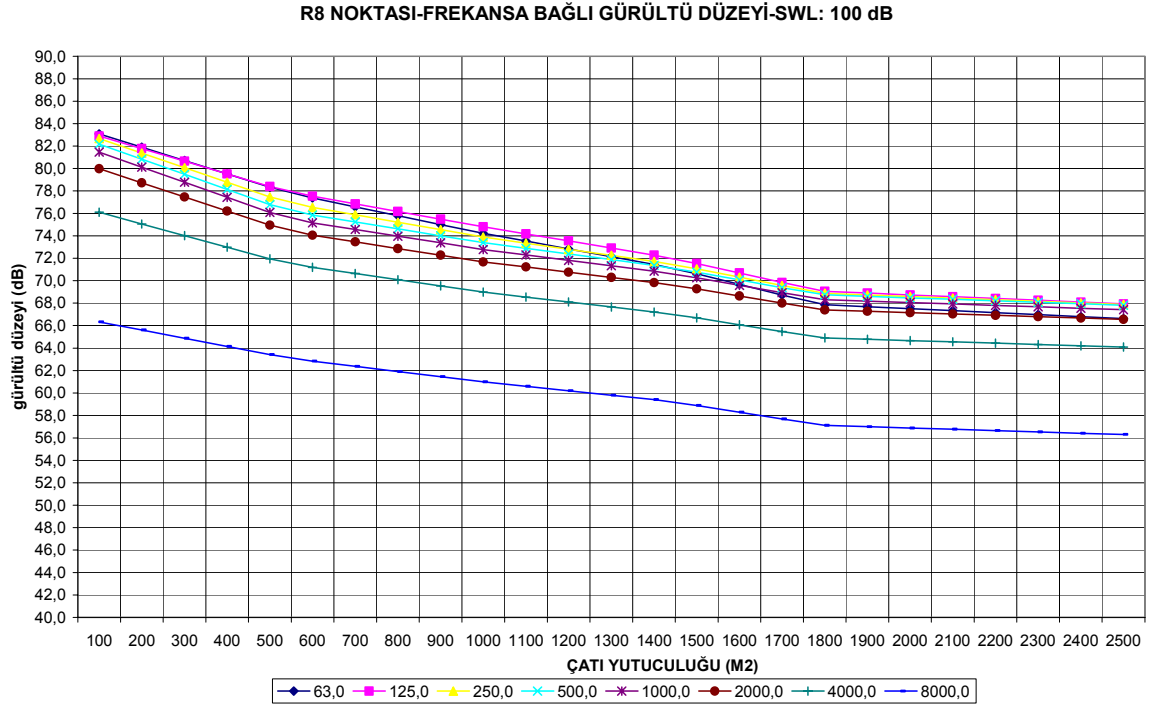
Şekil Ek 15 14 R5 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.



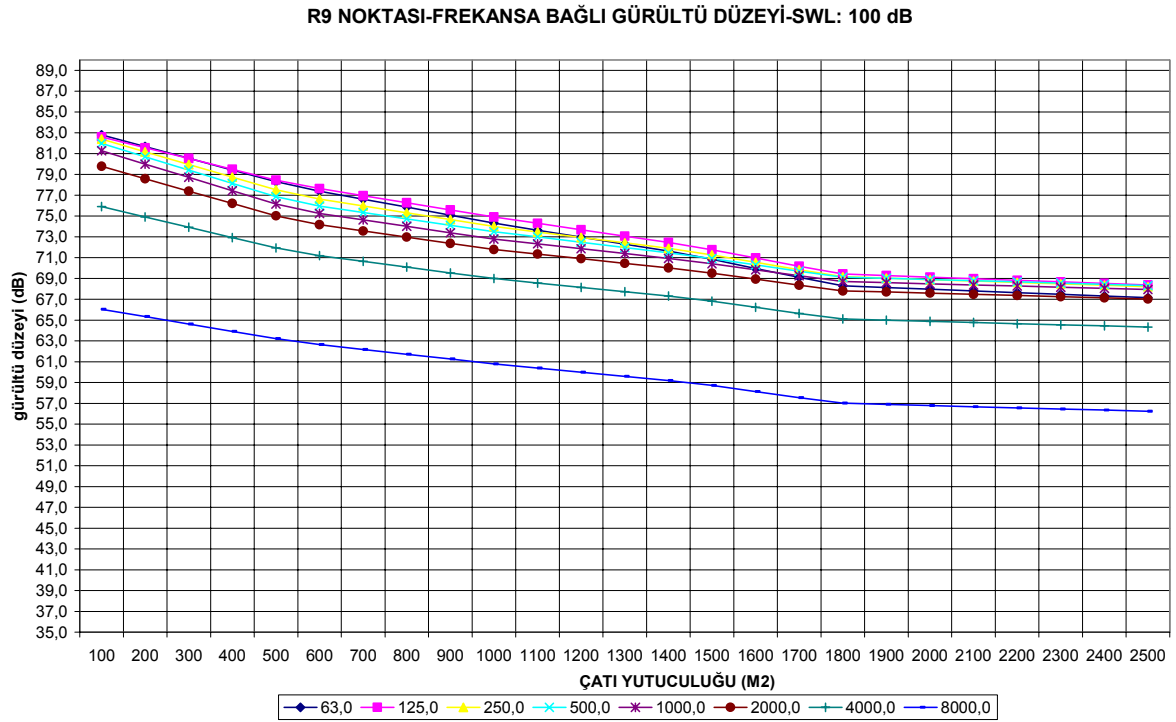
Şekil Ek 15 15 R6 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.



Şekil Ek 15 16 R7 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.



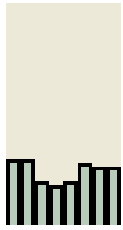
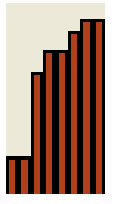
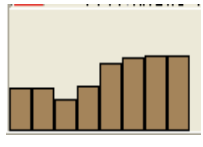
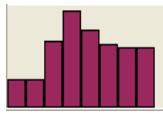
Şekil Ek 15 17 R8 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.



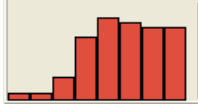
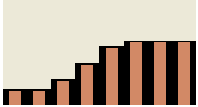
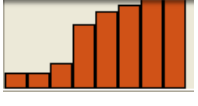
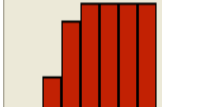
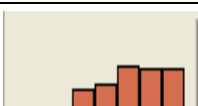
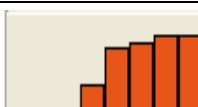
Şekil Ek 15 18 R9 noktası için çatı yutuculuğu fonksiyonunda frekansa bağlı düzeyler.

Ek 16 Farklı ses yutma karakteristiğinde ses yutucu gereç örnekleri

Çizelge Ek 16 1 ODEON ABP veri bankasında yer alan baskın eş-dağılımlı yutuculuk karakterinde kabul edilebilecek ses yutucu gereçlere örnekler.

Taş yünü akustik panel (2185)		0,25	0,30	0,30	0,20	0,18	0,20	0,28	0,27	0,27
Taş yünü akustik panel (2184)		0,52	0,37	0,37	0,40	0,65	0,72	0,60	0,53	0,53
Soundboard- preslenmiş gözenekli ahşap yonga(2363)		0,65	0,20	0,20	0,64	0,75	0,75	0,85	0,91	0,91
16 mm. Preslenmiş kaya yünü - 210 mm. Uzakta (2320)		0,50	0,38	0,38	0,28	0,39	0,59	0,64	0,65	0,65
%20 delikli alçı levha (2045)		0,63	0,3	0,3	0,69	1,00	0,81	0,66	0,62	0,62

Çizelge Ek 16 2 ODEON ABP veri bankasında yer alan baskın yüksek frekans yutuculuk karakterinde kabul edilebilecek ses yutucu gereçlere örnekler.

Malzeme	tayfi	a(ort)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Kaplanmamış klinker beton bloklar (103)		0,39	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6
2,5 cm cam yünü levha (2014)		0,53	0,08	0,08	0,25	0,65	0,85	0,8	0,75	0,75
Akustik sıva (1104)		0,41	0,15	0,15	0,25	0,40	0,55	0,60	0,60	0,60
TAŞ YÜNÜ LEVHA (2063)		0,59	0,16	0,16	0,26	0,66	0,78	0,85	0,93	0,93
Duvarlar için akustik köpük malzeme		0,70	0,17	0,17	0,44	0,85	0,99	0,99	0,99	0,99
16 mm. Preslenmiş kaya yünü - 20mm. Uzakta (2319)		0,48	0,09	0,09	0,4	0,56	0,59	0,7	0,69	0,69
25 mm. Preslenmiş kaya yünü duvara bitişik (2321)		0,55	0,05	0,05	0,21	0,59	0,83	0,87	0,91	0,91

Çizelge Ek 16 3 ODEON ABP veri bankasında yer alan baskın alçak frekans yutuculuk karakterinde kabul edilebilecek ses yutucu gereçlere örnekler.

Malzeme	tayfı	a(ort)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
İnce kontrplak levha (6024)		0,18	0,42	0,42	0,21	0,1	0,08	0,06	0,06	0,06
3mm. Kalınlıkta tek cam (600)		0,04	0,08	0,08	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
10 mm. Ara boşluklu çift cam (601)		0,05	0,1	0,1	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02
1cm. kalınlığında sunta panel (2033)		0,17	0,28	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,11	0,11
18mm. Kalınlığında alçıpan levha (2043)		0,11	0,18	0,18	0,1	0,08	0,07	0,1	0,1	0,1
12 mm. %9 delikli alçı levha (2109)		0,20	0,04	0,04	0,19	0,94	0,24	0,06	0,06	0,06
Alçıpan asma tavan (2294)		0,10	0,2	0,2	0,15	0,1	0,08	0,04	0,02	0,02
Duvardan 25 mm. Uzakta levha (2329)		0,11	0,17	0,17	0,32	0,12	0,06	0,03	0,02	0,02

Ek 17 Ses gücü düzeylerine bağı olarak frekans ölçeğinde gereksinim duyulan toplam yutuculuk değerleri

Çizelge Ek 17 1Eş dağılımlı, baskın yüksek frekans ve baskın alçak frekans tayf özelliği gösteren farklı nitelikteki gürültü kaynaklarının frekansa bağı ses gücü düzeyi değerleri

Toplam ses gücü Düzeyi (dB)	Tayfsal dağılım özelliği		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
102	102-e	Eş-dağılım	93	93	93	93	93	93	93	93
	102-y	Yüksek frekans baskın	78	81	84	87	90	93	96	99
	102-a	Alçak frekans baskın	99	96	93	90	87	84	81	78
112	112-e	Eş-dağılım	103	103	103	103	103	103	103	103
	112-y	Yüksek frekans baskın	88	91	94	97	100	103	106	109
	112-a	Alçak frekans baskın	109	106	103	100	97	94	91	88
122	122-e	Eş-dağılım	113	113	113	113	113	113	113	113
	122-y	Yüksek frekans baskın	98	101	104	107	110	113	116	119
	122-a	Alçak frekans baskın	119	116	113	110	107	104	101	98
132	132-e	Eş-dağılım	123	123	123	123	123	123	123	123
	132-y	Yüksek frekans baskın	108	111	114	117	120	123	126	129
	132-a	Alçak frekans baskın	129	126	123	120	117	114	111	108

Çizelge Ek 17 2 63 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları

63 Hz	S1= 20m x 40m.				S2= 30m x 60m.				S3= 45m x 90m.			
Yerleşim	A		B		A		B		A		B	
Yutucu gereç konumu	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.
Alan (m ²)	805	720	805	720	1810	1080	1810	1080	4070	1620	4070	1620
102-e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102-y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
122-e	349	0	0	349	349	0	0	349	349	0	0	349
122-y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
122-a	2488	720	805	2403	2128	1080	1810	1398	3208	0	0	3208
132-e	3246	720	805	3161	2886	1080	1810	2156	3966	0	0	3966
132-y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
132-a	4062	720	805	3977	3702	1080	1810	2972	4782	0	0	4782

Çizelge Ek 17 3 125 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları

125 Hz	S1= 20m x 40m.				S2= 30m x 60m.				S3= 45m x 90m.			
Yerleşim	A		B		A		B		A		B	
Yutucu gereç konumu	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.
Alan (m ²)	805	720	805	720	1810	1080	1810	1080	4070	1620	4070	1620
102-e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102-y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-a	563	0	0	563	563	0	0	563	563	0	0	563
122-e	2840	720	805	2755	2480	1080	1810	1750	3560	0	0	3560
122-y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
122-a	3323	720	805	3238	2963	1080	1810	2233	4043	0	0	4043
132-e	4222	720	805	4137	3862	1080	1810	3132	3322	1620	1620	3332
132-y	2381	720	805	2296	2021	1080	1810	1291	3101	0	0	3101
132-a	4480	720	805	4395	4120	1080	1810	3390	3580	1620	3580	1620

Çizelge Ek 17 4 250 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları

250 Hz	S1= 20m x 40m.				S2= 30m x 60m.				S3= 45m x 90m.			
Yutucu gereç konumu	Çatı		Duv.		Çatı		Duv.		Çatı		Duv.	
Yutuculuk (m ²)	Ç	D	Ç	D	Ç	D	Ç	D	Ç	D	Ç	D
Alan (m ²)	805	720	805	720	1810	1080	1810	1080	4070	1620	4070	1620
102-e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102-y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-e	503	720	805	418	1223	0	0	1223	1223	0	0	1223
112-y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-a	503	720	805	418	1223	0	0	1223	1223	0	0	1223
122-e	3686	720	805	3601	3326	1080	1810	2596	2786	1620	2786	1620
122-y	1054	720	805	969	1774	0	0	694	1774	0	0	1620
122-a	3686	720	805	3601	3326	1080	1080	3326	2786	1620	2786	1620
132-e	4636	720	805	4551	4276	1080	1080	4276	3736	1620	3736	1620
132-y	3819	720	805	3734	3459	1080	1080	3459	2919	1620	2919	1620
132-a	4636	720	805	4551	4276	1080	1080	4276	3736	1620	3736	1620

Çizelge Ek 17 5 500 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları

500 Hz	S1= 20m x 40m.				S2= 30m x 60m.				S3= 45m x 90m.			
Yerleşim	A		B		A		B		A		B	
Yutucu gereç konumu	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.
Alan (m ²)	805	720	805	720	1810	1080	1810	1080	4070	1620	4070	1620
102-e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102-y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-e	2659	720	805	2574	2299	1080	1080	2299	3379	0	1759	1620
112-y	514	0	0	514	514	0	0	514	514	0	0	514
112-a	806	720	805	721	1526	0	0	446	1526	0	0	1526
122-e	4150	720	805	4065	3790	1080	1080	3790	3250	1620	3250	1620
122-y	3368	720	805	3283	3008	1080	1080	3008	2468	1620	2468	1620
122-a	3793	720	805	3708	3433	1080	1080	3433	2893	1620	2893	1620
132-e	4788	720	805	4703	4428	1080	1080	4428	3888	1620	3888	1620
132-y	4502	720	805	4417	4142	1080	1080	4142	3602	1620	3602	1620
132-a	4676	720	805	4591	4316	1080	1080	4316	3776	1620	3776	1620

Çizelge Ek 17 6 1000 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları

1000 Hz	S1= 20m x 40m.				S2= 30m x 60m.				S3= 45m x 90m.			
Yerleşim	A		B		A		B		A		B	
Yutucu gereç konumu	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.
Alan (m ²)	805	720	805	720	1810	1080	1810	1080	4070	1620	4070	1620
102-e	85	0	0	85	40	0	0	40	-	-	-	-
102-y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-e	3235	720	780	3175	2840	1080	1020	2900	3880	0	2260	1620
112-y	2652	720	780	2592	2257	1080	1020	2317	3297	0	1677	1620
112-a	567	720	780	507	1252	0	0	232	1212	0	0	1212
122-e	4454	720	780	4394	4059	1080	1020	4119	3479	1620	3479	1620
122-y	4174	720	780	4114	3779	1080	1020	3839	3199	1620	3199	1620
122-a	3814	720	780	3754	3419	1080	1020	3479	2839	1620	2839	1620
132-e	4888	720	780	4828	4493	1080	1020	4553	3913	1620	3913	1620
132-y	4820	720	780	4760	4425	1080	1020	4485	3845	1620	3845	1620
132-a	4706	720	780	4646	4311	1080	1020	4371	3731	1620	3731	1620

Çizelge Ek 17 7 2000 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları

2000 Hz	S1= 20m x 40m.				S2= 30m x 60m.				S3= 45m x 90m.			
Yerleşim	A		B		A		B		A		B	
Yutucu gereç konumu	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.
Alan (m ²)	805	720	805	720	1810	1080	1810	1080	4070	1620	4070	1620
102-e	772	0	0	0	772	0	0	772	522	0	522	772
102-y	772	0	0	0	772	0	0	772	522	0	522	772
102-a	-	-	-	-	-	-	-	-				-
112-e	722	0	-	0	647	1080	955	3304	2514	1620	2514	1620
112-y	722	0	-	0	647	1080	955	3304	2514	1620	2514	1620
112-a	-	-	-	-	0	0	0	1059	809	0	0	809
122-e	3614	720	755	3579	3179	1080	955	4340	3550	1620	3550	1620
122-y	3614	720	755	3579	3179	1080	955	4340	3550	1620	3550	1620
122-a	289	720	755	254	934	1080	955	3445	2655	1620	2655	1620
132-e	4650	720	755	4615	4215	1080	955	4643	3853	1620	3853	1620
132-y	4650	720	755	4615	4215	1080	955	4643	3853	1620	3853	1620
132-a	3755	720	755	3720	3320	1080	955	4396	3606	1620	3606	1620

Çizelge Ek 17 8 4000 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları

4000 Hz	S1= 20m x 40m.				S2= 30m x 60m.				S3= 45m x 90m.			
Yerleşim	A		B		A		B		A		B	
Yutucu gereç konumu	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.
Alan (m ²)	805	720	805	720	1810	1080	1810	1080	4070	1620	4070	1620
102-e	459	720	655	524	979	0	0	0	604	0	0	605
102-y	2827	720	655	2892	2267	1080	730	2617	2972	0	1352	1620
102-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-e	4000	720	655	4065	3440	1080	730	3790	2525	1620	2525	1620
112-y	4358	720	655	4423	3798	1080	730	4148	2883	1620	2883	1620
112-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
122-e	4883	720	655	4948	4323	1080	730	4673	3408	1620	3408	1620
122-y	4995	720	655	5060	4435	1080	730	4785	3520	1620	3520	1620
122-a	3723	720	655	3788	3163	1080	730	3513	2248	1620	2248	1620
132-e	5105	720	655	5170	4545	1080	730	4895	3630	1620	3630	1620
132-y	5119	720	655	5184	4559	1080	730	4909	3644	1620	3644	1620
132-a	4775	720	655	4840	4215	1080	730	4565	3300	1620	3300	1620

Çizelge Ek 17 9 8000 Hz frekansı için makinelerin toplam ses gücü düzeyine (SGD) göre farklı büyüklüklerde üretim hacimleri ve makine yerleşim düzenleri için önerilen çatı ve duvar yutuculukları

8000 Hz	S1= 20m x 40m.				S2= 30m x 60m.				S3= 45m x 90m.			
Yerleşim	A		B		A		B		A		B	
Yutucu gereç konumu	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.	Çatı	Duv.
Alan (m ²)	805	720	805	720	1810	1080	1810	1080	4070	1620	4070	1620
102-e	1000	720	345	1375	-	1080		1100	1870	0	-	-
102-y	4010	720	345	4385	3050	1080	1810	4110	-	1620	1370	1620
102-a	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
112-e	4560	720	345	4935	3600	1080	1810	2300	-	1620	1920	1620
112-y	5130	720	345	5505	4170	1080	1810	3420	1920	1620	2490	1620
112-a	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
122-e	5341	720	345	5716	4381	1080	1810	3631	-	1620	2701	1620
122-y	5483	720	345	5858	4523	1080	1810	3773	2701	1620	2843	1620
122-a	3857	720	345	4232	2897	1080	1810	3957	2843	1620	1217	1620
132-e	5516	720	345	5891	4556	1080	1810	3806	1217	1620	2876	1620
132-y	5529	720	345	5904	4569	1080	1810	3819	2876	1620	2889	1620
132-a	5058	720	345	5433	4098	1080	1810	3348	2889	1620	2418	1620