

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AÇIK PLANLI OFİSLERDE ENGEL ETKİNLİĞİNİN  
MODELLEME YOLUYLA BELİRLENMESİ VE İNCELENMESİ**

**İPEK BURCU GÖKÇE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI  
YAPI FİZİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
DOÇ. DR. NEŞE YÜĞRÜK AKDAĞ**

**İSTANBUL, 2011**

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AÇIK PLANLI OFİSLERDE ENGEL ETKİNLİĞİNİN**  
**MODELLEME YOLUYLA BELİRLENMESİ VE İNCELENMESİ**

İpek Burcu GÖKÇE tarafından hazırlanan tez çalışması 06.04.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Doç. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Doç. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY  
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

## ÖNSÖZ

---

Günümüz mimarlığında, özellikle ofis yapılarında, açık planlı hacimlerin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bu plan tipinin çalışma verimliliği ve işlevsellik açısından sağladığı yararlarla birlikte, akustik açıdan birçok sorunu da beraberinde getirdiği açıktır. Bu çalışmada mimari ve akustik parametrelerin açık planlı ofislerin akustiği ve engel etkinliği üzerindeki etkileri araştırılarak, tasarımcıya yol gösterecek verilere ulaşmak amaçlanmıştır.

Çalışmalarım sırasında değerli ve bilimsel eleştirileri ile beni daima yönlendiren, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen sonsuz saygı duyduğum değerli danışman hocam Doç.Dr.Neşe Yüğrük AKDAĞ'a, Yapı Fiziği Kürsüsü Öğretim ve Araştırma görevlilerine, maddi manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nisan, 2011

İpek Burcu GÖKÇE

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	viii
KISALTIMA LİSTESİ .....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xiv
ÖZET .....	xv
ABSTRACT.....	xvii
<b>BÖLÜM 1</b>	
GİRİŞ.....	1
1.1    Literatür Özeti.....	1
1.2    Tezin Amacı.....	1
1.3    Bulgular .....	2
<b>BÖLÜM 2</b>	
OFİS YAPILARI ve PLAN TIPLERİ.....	3
2.1    Ofis Yapılarının Kent İçindeki Konumu .....	3
2.2    Ofis Yapılarında Kat Plan Tipleri.....	4
2.2.1    Mekânın Derinliğine (Büyüklüğüne) Göre Plan Tipleri.....	5
2.2.2    İç Mimari Biçimlenişe Göre Plan Tipleri .....	8
2.2.2.1    Kapalı (Geleneksel) Ofis Plan Tipi.....	8
2.2.2.2    Açık Ofis Plan Tipi .....	10
2.2.2.3    Karma Düzenli Ofis .....	14
2.2.2.4    Grup Düzenli Ofis.....	15
<b>BÖLÜM 3</b>	
AÇIK PLANLI OFİSLERİN AKUSTİK ve GÜRÜLTÜ DENETİMİ AÇISINDAN İNCELENMESİ.....	18
3.1    Açık Planlı Ofislerde Gürültü Kaynakları .....	18
3.2    Açık Planlı Ofislerde Sesin Yayılma ve Alıcıya Ulaşma Yolları.....	20



3.2.1	Dolaysız Ses ve Yansımış Ses.....	21
3.2.2	Kırınma .....	22
3.2.3	Geçme .....	23
3.3	Açık Planlı Ofislerde Gürültü Denetimi İlkeleri.....	23
3.3.1	Hacmin Boyutları.....	25
3.3.2	Tefriş Düzeni .....	25
3.3.3	Tavan Tasarımı .....	27
3.3.4	Hacmin Toplam Yutuculuğu .....	28
3.3.5	Engeller .....	29
3.3.6	Ses Maskeleme Sistemleri .....	33
3.4	Konuşmanın Anlaşılabilirliği ve Gizliliği.....	35
3.5	Açık Planlı Ofislerde Kabul Edilebilir Değerler.....	36
3.5.1	Fon Gürültüsü .....	36
3.5.2	Hacmin Toplam Yutuculuğu .....	41
3.5.3	Konuşmanın Anlaşılabilirliği ve Gizliliği.....	42
3.5.4	Engeller .....	42

## BÖLÜM 4

AÇIK PLANLI OFİSLERDEKİ GÜRÜLTÜ ENGELİ ETKİNLİĞİNE YÖNELİK GÜNÜMÜZE KADAR YAPILAN ÇALIŞMALARA ÖRNEKLER.....		43
4.1	Kapalı Hacimdeki Gürültü Engelinin Etkinliği-S.K.Lou ve S.K.Tang'in Çalışması.....	43
4.2	Açık Planlı Ofislerde Engel için Matematiksel Model-C.Wang ve J.S.Bradley'nin Çalışması.....	50
4.3	Açık Planlı Ofislerde Konuşmanın Gizliliği Sorununa Yönelik Çalışmalar-J.S.Bradley ve B.N.Gover'in Çalışması .....	58

## BÖLÜM 5

AÇIK PLANLI OFİSLERDE ENGEL ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ ve İNCELENMESİ.....		70
5.1	Örnek Hacmin Özellikleri.....	70
5.2	Engel Etkinliğinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem .....	73
5.3	Örnek Hacmin Akustik Özelliklerinin İncelenmesi.....	74
5.3.1	Hacmin Ortalama Yutuculuk Değerleri .....	74
5.3.2	Hacmin Yansıma Süresi ve Optimum Değerlerle Karşılaştırılması .....	76
5.4	Engel Etkinliğinin Belirlenmesi.....	77
5.4.1	Gürültü Haritaları Yardımı ile Engel Etkinliğinin Ortaya Konması.....	77
5.4.1.1	Engelsiz Durum için Gürültü Haritaları.....	77
5.4.1.2	Engel Yüksekliğinin 1.5 m. Olduğu Durum için Gürültü Haritaları .....	80
5.4.1.3	Engel Yüksekliğinin 2.0 m. Olduğu Durum için Gürültü Haritaları .....	82
5.4.1.4	Değerlendirme .....	84
5.4.2	Belli Alıcı Noktalarına Göre Engel Etkinliğinin Belirlenmesi.....	84
5.4.2.1	Tek Alıcı Noktaları için Hesap Sonuçları.....	85
5.4.2.2	Değerlendirme .....	91
5.4.2.2.1	Toplam Gürültü Düzeyi Açısından Değerlendirme.....	92

5.4.2.2.2	Frekansa Bağlı Gürültü Düzeyleri Açısından Değerlendirme .....	97
-----------	--	----

## BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	105
------------------------	-----

KAYNAKLAR .....	110
-----------------	-----

## EK-A

MODELLEME VE KURAMSAL HESAP YOLUYLA ELDE EDİLEN SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI.....	113
---	-----

ÖZGEÇMİŞ .....	116
----------------	-----

## SİMGE LİSTESİ

---

AC	Söylem Sınıfı (Articulation Class)
AI	Söylem Göstergesi (Articulation Index)
dB	Desibel
Hz	Hertz
IIC	Darbe Yalıtım Sınıfı (Impact Insulation Class)
LAeq	A Ağırlıklı Eşdeğer Gürültü Düzeyi
NC	Gürültü Ölçütü (Noise Criteria)
NCB	Dengelenmiş Gürültü Ölçütü (Balanced Noise Criteria)
NR	Noise Rating
NRC	Ses Azaltım Katsayısı (Noise Reduction Coefficient)
R	Ses Azaltım Göstergesi (Sound Reduction Index)
RASTI	Ani Ses İletim Göstergesi (Rapid Sound Transmission Index)
RT	Yansıma Süresi (Reverberation Time) (sn.)
SII	Konuşma Duyulabilirliği Göstergesi (Speech Intelligibility Index)
S/N	Sinyal - Gürültü Oranı (Signal to Noise Ratio) (dB)
SPI	Konuşma Gizliliği Göstergesi (Speech Privacy Index)
SPL	Ses Basınç Düzeyi (Sound Pressure Level) (dB)
STC	Ses Geçiş Sınıfı (Sound Transmission Class)
STI	Konuşma İletim Göstergesi (Speech Transmission Index)
TL	Ses Geçiş Kaybı (Sound Transmission Loss)
T60	Yansıma Süresi

## KISALTMA LİSTESİ

---

ANSI	Amerika Ulusal Standardı
ASHRAE	Amerika ısıtma, soğutma ve hava koşullaması mühendisleri derneği
ASTM	Test Malzemeleri için Amerikan Standartları (American Society for Testing and Materials)
ÇGDYY	Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
HVAC	Isıtma, Havalandırma ve Hava Koşullama Sistemleri (Heating, Ventilating, Air Conditioning)
ISO	Uluslar Arası Standartlar Organizasyonu (International Standards Organization)

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	Mekân derinliğine (büyüklüğüne) göre ofis plan tipleri [3] ..... 5
Şekil 2. 2	Derinliği az olan mekânlar [3] ..... 6
Şekil 2. 3	Orta derinlikte mekânlar [3] ..... 6
Şekil 2. 4	Derin mekânlar [3] ..... 7
Şekil 2. 5	Çok derin mekânlar [3] ..... 7
Şekil 2. 6	Bireysel hücreli ofis plan tipi [5] ..... 9
Şekil 2. 7	Grup hücreli kapalı ofis plan tipi [5] ..... 9
Şekil 2. 8	Yarı kapalı (kombi) sistem [6] ..... 10
Şekil 2. 9	Açık ve serbest düzenli plan tipleri [6] ..... 11
Şekil 2. 10	Açık ofis plan örneği, West Grup Binası [8] ..... 12
Şekil 2. 11	Kanada tren yolları ofis binası, ses yutucu paneller / Ontorio [12] ..... 13
Şekil 2. 12	Serbest planlı ofis, Kanada tren yolları ofis binası / Ontorio [12] ..... 14
Şekil 2. 13	Karma planlı ofis kat planına bir örnek, Campbell-Ewald West Binası [8] ..... 15
Şekil 2. 14	OVA Sigortası yönetim binası planı, Mannheim, 1977 [14] ..... 16
Şekil 2. 15	Bremen'de ofis binası, 1987, grup düzenindeki ofislerin ilişkisini gösteren plan şeması [14] ..... 16
Şekil 2. 16	Eagle River İnteraktif, İş istasyonu ve plan içindeki yerleşimleri [15] ..... 17
Şekil 3. 1	Sesin alıcıya ulaşma yolları [19] ..... 20
Şekil 3. 2	Ses dalgalarının engelden kırınması [18] ..... 22
Şekil 3. 3	Çalışma grubu tasarımının ses iletim yollarına etkisi [23] ..... 26
Şekil 3. 4	İş istasyonları kullanıcı yerleşim örneği [24] ..... 26
Şekil 3. 5	Aydınlatma aygıtlarının engel etkinliğini düşürücü etkisi [24] ..... 27
Şekil 3. 6	Havalandırma menfezlerinin asma tavan üzerinde yerleşimi [24] ..... 28
Şekil 3. 7	Hacmin toplam yutuculuğuna bağlı olarak gürültü düzeyindeki değişim [25] ..... 29
Şekil 3. 8	Açık planlı ofislerde bölücü elemanların kullanımına örnekler [27] ..... 30
Şekil 3. 9	Açık planlı ofislerde bölücü elemanların sesi engellemesi [19] ..... 31
Şekil 3. 10	Bölme elemanı detayı [12] ..... 31
Şekil 3. 11	Hacim içinde engellerin yerleşimi ve engel etkinliğine etkisi [24] ..... 32
Şekil 3. 12	Bölücü elemanların birbirine çok yakın yerleştirilmesi durumunda sesin izlediği yol [19] ..... 33
Şekil 3. 13	Ses maskeleyme sistemi montajının şematik gösterimi [24] ..... 34
Şekil 3. 14	Ses maskeleyme sistemi ve gürültü düzeyine etkisi [24] ..... 35
Şekil 3. 15	Ses kaynağı-alıcı uzaklığı ve doğrultusu [2] ..... 35
Şekil 3. 16	NR eğrileri [31] ..... 37
Şekil 3. 17	NC Eğrileri [31] ..... 38

Şekil 3. 18	RC Eğrileri [31] .....	40
Şekil 3. 19	NCB Eğrileri [31] .....	40
Şekil 4. 1	Örnek hacmin boyutları ile kaynak, engel ve alıcı noktalarının konumları .....	47
Şekil 4. 2	Örnek hacimde ölçülen SPL değerlerinin 1000 Hz. frekansındaki farklı engel-alıcı uzaklıklarındaki düzeylerini gösteren grafikler.(a) engelsiz durum, (b) engelli durum, (c) iki durumun farkını göstermektedir.....	49
Şekil 4. 3	Örnek hacimde ölçülen SPL değerlerinin 8000 Hz. frekansındaki farklı engel-alıcı uzaklıklarındaki düzeylerini gösteren grafikler.(a) engelsiz durum, (b) engelli durum, (c) iki durumun farkını göstermektedir.....	50
Şekil 4. 4	Kapalı hacimde sesin yayılması .....	51
Şekil 4. 5	Test odasının düzeni .....	52
Şekil 4. 6	Halı, köpük ve asma tavan sistemleri için ölçme yoluyla elde edilmiş ses yutma çarpanları .....	53
Şekil 4. 7	OSB panelin ve köpük malzemenin ses geçiş kaybı değerleri .....	53
Şekil 4. 8	L-A tipi asma tavan sisteminin kullanıldığı farklı alıcı noktaları için engel etkinliği .....	55
Şekil 4. 9	L-A tipi asma tavan sisteminin kullanıldığı farklı alıcı noktaları için engel etkinliği .....	55
Şekil 4. 10	H-B tipi asma tavan sisteminin kullanıldığı ve engel yüksekliğinin 1.22 m olduğu durumda farklı alıcı noktaları için engel etkinliği.....	56
Şekil 4. 11	H-B tipi asma tavan sisteminin kullanıldığı ve engel yüksekliğinin 1.52 m olduğu durumda farklı alıcı noktaları için engel etkinliği.....	56
Şekil 4. 12	Engelin arkasındaki görüntü kaynakların toplam ses basınç düzeyine katkısı .....	58
Şekil 4. 13	Optimum fon gürültüsü spektrumu.....	59
Şekil 4. 14	Tavanları farklı yutuculuktaki iki hacmin AI değerlerinin karşılaştırılması .....	60
Şekil 4. 15	Tavanları farklı yutuculuktaki iki hacimde kaynak alıcı mesafesine bağlı olarak AI değerindeki değişim .....	61
Şekil 4. 16	Farklı yüksekliklerdeki paneller ile değişen AI değerleri .....	62
Şekil 4. 17	Ofis 223 Queen St.'de, 229C ve 229B iş istasyonlarında yapılan ölçmelerde elde edilen impuls cevabı grafiği.....	62
Şekil 4. 18	Ofis 25 Eddy St.'de, U ve V çalışma istasyonlarında yapılan ölçmelerden impuls cevabı grafiği .....	63
Şekil 4. 19	Ofis 0A1 kat planı.....	64
Şekil 4. 20	Ofis 3B3'de farklı iş istasyonlarında elde edilen AI değerleri .....	64
Şekil 4. 21	Ofis 8B1'de iş istasyonlarından görünüş.....	65
Şekil 4. 22	Ofis 8B1'de farklı iş istasyonlarında ölçülen AI değerlerinin karşılaştırılması .....	65
Şekil 4. 23	Ofis 25 Eddy St.'de Q ve R iş istasyonlarında gürültü kaynağının pencereye paralel konumda olması durumunda ölçülen impuls cevabı grafiği .....	66
Şekil 4. 24	Ofis 25 Eddy St.'de Q ve R iş istasyonlarında gürültü kaynağının pencereye 45° açıyla konumlanması durumunda ölçülen impuls cevabı grafiği .....	66
Şekil 4. 25	Ofis 8B1'de konuşmacının cam yüzeye paralel ve 45 ° açı ile durduğunda AI değerindeki değişim .....	67
Şekil 4. 26	Ofis 3B3'de farklı masa konumlarının AI değerlerine etkisinin karşılaştırılması .....	68

Şekil 4. 27	Farklı ofislerde AI değerinin uzaklıkla azalması.....	68
Şekil 5. 1	Örnek hacmin planı, belirlenen kaynak, alıcı noktaları ve engeller .....	71
Şekil 5. 2	Engelsiz durum için hacmin ortalama yutma çarpanı değerleri .....	75
Şekil 5. 3	Engel yüksekliğinin 2.0 m. olduğu durum için, hacmin ortalama yutma çarpanı .....	75
Şekil 5. 4	Engelsiz durum için yansıma süresi değerleri .....	76
Şekil 5. 5	Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durum için yansıma süresi değerleri.....	76
Şekil 5. 6	Engellerin bulunmadığı, tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası.....	78
Şekil 5. 7	Engellerin bulunmadığı, tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası .....	78
Şekil 5. 8	Engellerin bulunmadığı, tüm yüzeylerin yutucu olduğu durum için gürültü haritası.....	79
Şekil 5. 9	Engel yüksekliğinin 1,5 m. ve tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası.....	80
Şekil 5. 10	Engel yüksekliğinin 1,5 m. ve tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası .....	81
Şekil 5. 11	Engel yüksekliğinin 1,5 m. ve tüm yüzeylerin yutucu olduğu durum için gürültü haritası.....	81
Şekil 5. 12	Engel yüksekliğinin 2,0 m. ve tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası.....	82
Şekil 5. 13	Engel yüksekliğinin 2,0 m. ve tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası .....	83
Şekil 5. 14	Engel yüksekliğinin 2,0 m. ve tüm yüzeylerin yutucu olduğu durum için gürültü haritası.....	83
Şekil 5. 15	Kaynaklar, alıcı noktaları ve engelleri gösteren şematik plan.....	92
Şekil 5. 16	Engelsiz durumda tek kaynak açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi .....	93
Şekil 5. 17	Engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda tek kaynak açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi.....	94
Şekil 5. 18	Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumda tek kaynak açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi.....	94
Şekil 5. 19	Engelsiz durumda tüm kaynaklar açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi .....	95
Şekil 5. 20	Engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda tüm kaynaklar açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi.....	96
Şekil 5. 21	Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumda tüm kaynaklar açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi.....	96
Şekil 5. 22	A alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	97
Şekil 5. 23	A alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	98
Şekil 5. 24	A alıcısı için engelli (h = 2,0 m.) durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	98

Şekil 5. 25	A alıcısı için engelli (h = 2,0 m.) durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	99
Şekil 5. 26	B alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	100
Şekil 5. 27	B alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	100
Şekil 5. 28	B alıcısı için engelli (h = 2,0 m.) durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	101
Şekil 5. 29	B alıcısı için engelli (h = 2,0 m.) durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	101
Şekil 5. 30	C alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	102
Şekil 5. 31	C alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	103
Şekil 5. 32	C alıcısı için engelli (h = 2,0 m.) durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	103
Şekil 5. 33	C alıcısı için engelli (h = 2,0 m.) durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması .....	104
Şekil 6. 1	Engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda tek kaynak açıkken tüm alıcı noktalarında engel etkinlik düzeyi .....	106
Şekil 6. 2	Engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda tüm kaynaklar açıkken tüm alıcı noktalarında engel etkinlik düzeyi .....	107
Şekil 6. 3	Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumda tek kaynak açıkken tüm alıcı noktalarında engel etkinlik düzeyi .....	107
Şekil 6. 4	Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumda tüm kaynaklar açıkken tüm alıcı noktalarında engel etkinlik düzeyi .....	108
Şekil EK-A. 1	Tipik bir gürültü engelinde kaynak-alıcı yol ayrımları ve etkin yükseklik [51].....	114



## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1	Ofis yapılarında kabul edilebilir iç ortam gürültü düzeyleri [30]..... 37
Çizelge 3. 2	Ofis yapıları için önerilen NR değerleri [31]..... 38
Çizelge 3. 3	Ofis yapıları için önerilen NC değerleri [31]..... 39
Çizelge 3. 4	Açık planlı ofisler için önerilen NR ve NC eğrilerine karşılık gelen frekansa bağlı ses düzeyleri [31] ..... 39
Çizelge 3. 5	Ofis yapıları için önerilen RC değerleri [31]..... 39
Çizelge 3. 6	Ofis yapıları için önerilen NCB değerleri [31]..... 41
Çizelge 3. 7	Gizlilik ve anlaşılabilirlik değerlerine karşılık gelen AI değerleri [18] ..... 42
Çizelge 4. 1	Örnek hacmin yansıma süresi ve ortalama yutuculuk değerleri ..... 47
Çizelge 5. 1	Örnek hacmin yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve özellikleri .... 72
Çizelge 5. 2	Örnek hacmin yüzeylerinde ve engellerde kullanılan malzemelerin yutma çarpanları ..... 72
Çizelge 5. 3	Kaynağın gürültü düzeyi ..... 72
Çizelge 5. 4	Örnek hacimde hesaplama yapılan koşullar ..... 74
Çizelge 5. 5	Engelsiz ve engelli durumda hacimde oluşan gürültü düzeyi aralıkları..... 84
Çizelge 5. 6	Örnek hacimde A alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tek kaynak açıkken yapılan hesaplama sonuçları ..... 86
Çizelge 5. 7	Örnek hacimde A alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tüm kaynaklar açıkken yapılan hesaplama sonuçları ..... 87
Çizelge 5. 8	Örnek hacimde B alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tek kaynak açıkken yapılan hesaplama sonuçları ..... 88
Çizelge 5. 9	Örnek hacimde B alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tüm kaynaklar açıkken yapılan hesaplama sonuçları ..... 89
Çizelge 5. 10	Örnek hacimde C alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tek kaynak açıkken yapılan hesaplama sonuçları ..... 90
Çizelge 5. 11	Örnek hacimde C alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tüm kaynaklar açıkken yapılan hesaplama sonuçları ..... 91
Çizelge 6. 1	Engel etkinliği için A, B ve C alıcı noktalarında tek kaynak ve tüm kaynaklar açıkken yapılan hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması..... 109
Çizelge EK-A. 1	Modelleme ve kuramsal hesap yolu ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması..... 115

# AÇIK PLANLI OFİSLERDE ENGEL ETKİNLİĞİNİN MODELLEME YOLUYLA BELİRLENMESİ VE İNCELENMESİ

İpek Burcu GÖKÇE

Mimarlık Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Neşe YÜGRÜK AKDAĞ

Gelişen teknoloji ile birlikte, hem yapı içi hem de yapı dışı gürültü kaynakları çoğalmakta ve çeşitlenmektedir. Günümüzde önemli bir çevre kirliliği etkeni olan gürültü, çeşitli işlevlere sahip yapılarda uygun fizik ortam koşullarının oluşturulmasını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu çalışmada, günümüzde özellikle büyük kentlerde çok sayıda örneğine rastlanan açık planlı ofislerde, çalışma verimliliğini arttıracak uygun akustik ortamın sağlanmasına yönelik olarak alınabilecek önlemlerden gürültü engellerinin etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla örnek olarak belirlenen açık planlı bir ofis hacminde konuya ilişkin bir bilgisayar yazılımı kullanılarak, uygun akustik ortamın oluşturulması için, modelleme yoluyla hacim içindeki farklı akustik koşullar için gereken engel özellikleri belirlenmiştir. Böylece bu örnek üzerinden yola çıkarak, açık planlı bir ofiste, uygun akustik ortamın sağlanması için tasarım aşamasında ve sonrasında doğru önlemlerin alınabilmesinde tasarımcıya yol gösteren veriler elde edilmiştir.

Bu çalışmayı oluşturan bölümler ve bu bölümlerin kapsamaları şöyledir:

**1. Bölüm:** Konuya genel bir giriş yapılarak, kısa literatür özeti yapılmış ve tezin amacı ile bulgular belirtilmiştir.

**2. Bölüm:** Bu bölümde ofis yapıları ve plan tipleri mimari özellikleri açısından incelenmiştir. Bu değerlendirmelerle birlikte hacmin mimari özelliklerinin akustik ve gürültü denetimi üzerindeki etkilerine de değinilmiştir.

**3. Bölüm:** Açık planlı ofislerde gürültü kaynakları tanımlandıktan sonra, sesin yayılma yolları açıklanmıştır. Daha sonra açık planlı ofislerde gürültü denetim ilkeleri detaylı olarak ele alınmıştır ve kabul edilebilir değerler belirtilmiştir.

**4. Bölüm:** Kapalı hacimlerde engel etkinliğiyle yakından ilgili olan daha önce yapılmış uluslararası yayınlardan, bu çalışmaya referans olabilecek makalelerin özetlerine yer verilmiştir.

**5. Bölüm:** Belirlenen açık planlı bir ofis üzerinde, bilgisayar yazılımı kullanılarak engel etkinliğini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada hacmin yüzey malzemeleri, engel, kaynak ve alıcının özellikleri değiştirilerek, farklı akustik koşullar açısından engel etkinliğinin düzeyi belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları grafikler ve tablolarla desteklenerek açıklanmıştır.

**6.Bölüm:** Bu bölümde genel değerlendirme yapılarak tezin kapsamı özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Açık planlı ofis, gürültü denetimi, gürültü engeli, gürültü modellemeleri.

## ABSTRACT

---

# DETERMINING AND ANALYSING THE EFFICIENCY OF NOISE BARRIERS IN OPEN-PLAN OFFICES THROUGH NOISE SIMULATIONS

İpek Burcu GÖKÇE

Department of Architecture  
MSc. Thesis

Advisor: Doç. Dr. Neşe YÜGRÜK AKDAĞ

By developing technology, both indoor and outdoor noise sources and their variety are increasing in buildings. Nowadays, the noise which is an important environmental pollution agent, effects occurring the proper physical conditions in different kinds of buildings.

In this research study, determining the efficiency of noise barriers that is a one of the noise control measures ensuring the good acoustical conditions for increasing the efficiency of office workers in open-plan offices, which have been in common use especially in big cities also in our country nowadays, is intended. For achieving this aim, a case study which is about defining the properties of the noise barriers by simulating the different acoustical conditions in an example open plan office space was made with using a related computer software. In this manner based on this example, the results that are guiding for designer in the design process or later for achieving adequate acoustical conditions in an open plan office space, are obtained.

This research study consists these main units cited below, on which some explanations have been made.

**Section 1:** A short summary of the literature, the aim of the thesis and the diagnosis are explained comprehensively with giving a general information about the study.

**Section 2:** In this section, the architectural properties of the office buildings and types of office plans are considered. The effects of the architectural properties of the closed space, on acoustic and noise control measures that can be taken are explained with these considerations.

**Section 3:** The noise sources in open plan offices has been explained then, the paths of

sound propagation are considered. Also, the principles of noise control for open plan offices are explained and the acceptable values are given.

**Section 4:** The previous studies that are related to efficiency of noise barriers in enclosed spaces and this study refers to are take place in this section.

**Section 5:** The case studies are made by using a related software for an example open plan office space. In these studies the efficiency of noise barrier in an open plan office is determined for different acoustical conditions like acoustic properties of room surfaces, barrier height, source and receiver positions.

**Section 6:** The content of this thesis is summarized by making a common evaluation in this unit.

**Keywords:** Open-plan office, noise control, noise barrier, noise simulations

#### 1.1 Literatür Özeti

Bu çalışmada incelenecek hacim tipi günümüzde örnekleri bulunan açık planlı ofislerdir. Bu seçimde etkili olan nedenler arasında ilk olarak, günümüzde büyük kentlerde nüfusun önemli bir kısmının günün çoğunu ofislerde geçirmesi ve ofislerin gürültüye duyarlı hacimler ile gürültü kaynaklarını ve gürültü kaynağı olan hacimleri bir arada barındırması sayılabilir. Ayrıca bu tür mekânlarda bölme duvarları bulunmadığı için, konuşmadan, telefonlardan ve diğer ofis araç gereçlerinden kaynaklanan sesler çalışma verimini düşürebilir. Bu nedenle, açık planlı ofisler gürültü denetiminin zorunlu olduğu hacimlerdir.

Bu çalışmada belirlenen amaca ulaşmak için, açık planlı ofisler mimari özellikleri ile gürültü denetimi ve hacim akustiği ölçütleri açısından ele alınmıştır. Buna göre örnek hacim üzerinde engel etkinliğini belirlemeye yönelik gerekli çalışmalar sistematik bir biçimde yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

#### 1.2 Tezin Amacı

Günümüzde, gelişen teknoloji ve sanayinin yol açtığı hızlı kentleşme ile birlikte kentlerde hem yatay ve düşey yoğunluk artmakta, hem de gürültü kaynakları çoğalmaktadır. Teknolojinin gelişimi ile birlikte çok katlı yapılarda, yapı içi gürültü kaynaklarının artması ve hacim içinde konfor koşullarının bozularak gürültü sorununun ve bunun kullanıcılara olan olumsuz etkilerinin ortaya çıkması ile gürültü denetimi zorunlu hale gelmektedir.

Gürültünün insanlar üzerinde çeşitli psikolojik ve fizyolojik etkileri (zararları) bulunmaktadır. Bununla birlikte, bir hacimde gürültü denetimi açısından önlemlerin alınmasındaki temel amaç, hacimdeki söz konusu işlevin gerçekleşebilmesine olanak sağlayacak ortamın oluşturulmasıdır.

Bu çalışmanın amacı, açık planlı ofisler için gürültünün etkilerini ve gürültü denetiminin temel ilkelerini ortaya koyduktan sonra tasarım aşamasında ve sonrasında alınabilecek önlemleri belirlemek ve bu önlemlerden biri olan gürültü engellerinin etkinliğini açık planlı ofisler için gürültü modellemeleri yardımı ile gürültü denetimi açısından incelemektir.

### **1.3 Bulgular**

Yapılan çalışmanın içeriğinde temel teşkil eden yapı içi ve yapı dışı gürültü kaynakları, gürültü kavramı, gürültü denetimi yöntemleri vb. konularda araştırma ve inceleme yapılmıştır.

Ofis yapıları için gürültü denetimine yönelik detaylı araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada ofis yapılarının kent içindeki konumu, mimari özellikleri ile ilgili kaynak araştırması yapılmış ve çeşitli ofis binaları incelenmiştir. Açık planlı ofisler için kabul edilebilir gürültü düzeyleri ve akustik ölçütler hem Türkiye'deki yönetmelik ve standartlardan, hem de uluslararası yönetmelik ve standartlardan araştırılmıştır.

Bu çalışmanın konusuyla doğrudan ilgili olan ve bu çalışmaya referans olabilecek, daha önce yapılmış uluslararası çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmaların özetlerine tez kapsamında da yer verilmiştir. Böylece daha önce yapılan çalışmaların sonuçları ile bu çalışma sonucunda elde edilen verilerin karşılaştırılması sağlanmıştır.

Açık planlı ofislerde engel etkinliğinin belirlenmesi için, örnek olarak tanımlanan açık planlı bir ofiste, ilgili bilgisayar yazılımıyla, hacim yüzeyle, gürültü engeli, kaynak ve alıcıyla ilgili akustik özellikler belirli bir sistematik içinde değiştirilerek, farklı koşullardaki engel etkinliği verilerine ulaşılmıştır. Bu sonuçlar tablolar ve grafikler halinde özetlenmiş ve tasarımcıya gereç seçiminde, engel tasarımında ve tefriş düzeninde yardımcı olabilecek veriler elde edilmiştir.

## BÖLÜM 2

---

### OFİS YAPILARI ve PLAN TİPLERİ

Günümüzde insan beyninin ve fiziksel gücünün en çok kullanıldığı hacimlerden biri ofis hacimleridir.

Üretken biçimde çalışan insanların, ofis hacimlerinde eylem sürecine uygun ortamlarda çalışması gerekir. Bu tür ortamlar “fizik ortam” olarak adlandırılır. Fizik ortam öğelerinden ışık, ses-gürültü, ısı, renk, güneş ışınimleri gibi faktörlerin ofis binalarının projelendirilme safhasında düşünülmesi ve çok iyi etüt edilmesi gerekir.

Çağdaş mimarlık da insanların değişik eylemleri için en uygun fizik ortam koşullarının saptanmasını ve mimariyle bütünlüğünün sağlanmasını amaçlar.

Bu çalışmada, öncelikle ofis yapılarının ve plan tiplerinin mimari özellikleri açıklanmıştır. Ardından açık planlı ofislerde gürültü açısından uygun fizik ortam koşullarının sağlanabilmesi için alınacak önlemlere değinilmiş, açık planlı ofislerde akustik ortamın iyileştirilmesinde önemli rolü olan engellerin etkinliği ve hacmin yüzey yutuculuklarıyla ilgili yapılan çalışmalar ve sonuçları açıklanmıştır.

#### 2.1 Ofis Yapılarının Kent İçindeki Konumu

Ofis yapılarında gürültü denetiminin etkin ve ekonomik olabilmesi için belirli bir sisteme göre ve aşamalarla yapılması gerekir. Bu nedenle gürültü denetiminin;

- Kent planlama (Makro ölçekte)
- Yapı planlama (Mikro ölçekte)



olarak iki ayrı aşamada ele alınması ve her iki aşamada da dış etkenlerin hesaba katılması doğru olur. Çünkü bu etkenlerin koşullara göre, olumlu ya da olumsuz yanları, makro ve mikro ölçekte gürültü denetimini etkiler.

Bu bölümde ofis yapılarında denetim önlemlerinin belirlenmesi konusunun daha doğru yapılabilmesi için ofis yapılarının planlaması, gürültü denetimi açısından kent ve yapı ölçeğinde, genel özellikleriyle incelenmiştir.

Kent planlama aşamasında gürültü denetimi yapılabilmesi, ancak yeni ofis binalarının yapımında olanaklıdır ve iyi bir planlama ile uygun koşullar yaratılabilir.

Eski kentlerde ise, genellikle var olan yerleşmedeki boş alanlara yapı ya da yapı grupları yapmak söz konusu olduğu için, gürültü denetimi daha çok yapı ve kimi zaman yakın çevresinin birlikte planlanması yönünden ağırlık taşımaktadır.

Kent planlama aşamasında gürültü denetimi yönünden uygun çözümler getirilmesi, genellikle yapı planlaması sırasında dış gürültü denetimi sorununu ortadan kaldırmakta ya da oldukça azaltmaktadır [1].

Ofis binalarının kent içindeki konumu, yapıya dışarıdan gelen gürültülerin yapı akustiğine etkisi ve denetimi açısından önemli bir konudur. Kentlerde ofis binalarının genellikle önemli yollar, kavşaklar ve bölgeler üzerinde yer alması sonucunda, özellikle trafik gürültüsüne karşı yapı kabuğunda denetim önlemleri alınması zorunlu olmaktadır. Vaziyet planı tasarımı da mikro ölçekteki gürültü denetimi açısından önemlidir. Vaziyet planı tasarlanırken, gürültü kaynağından çıkan ve havada yayılan gürültülerin düzeyini etkileyen dış etkenler göz önünde bulundurularak, yapının arsa içindeki konumu belirlenmelidir.

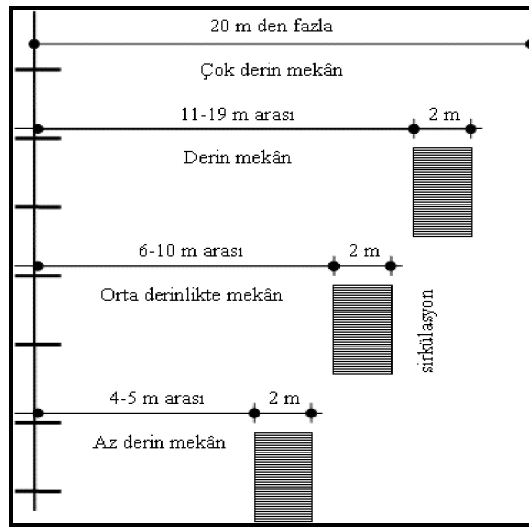
## **2.2 Ofis Yapılarında Kat Plan Tipleri**

Ofis hacmi, ofis binalarının en önemli elemanı olup, içinde yalnız ofis etkinliklerinin ve gereçlerinin yer aldığı hacim olarak tanımlanır [2]. Günümüzde ofis hacimleri, gerek iç mimari biçimleniş ve planlama, gerekse kullanıcı sayısı bakımından farklılıklar gösterir.

Bu bölümde ofis yapıları plan tipleri ofis hacminin boyutlarına ve iç mimari biçimlenişine göre iki ana başlık altında incelenecektir.

### 2.2.1 Mekânın Derinliğine (Büyükliğüne) Göre Plan Tipleri

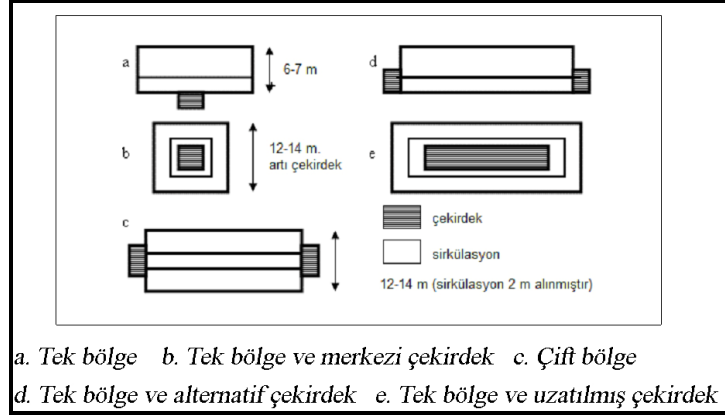
Ofis hacimlerinde derinlik; çekirdekten ya da ana dolaşım alanından ofis alanını sınırlayan yapı cephesine kadar olan uzaklığı ifade eder [3]. Ofis hacimleri bu uzaklığa bağlı olarak; derinliği az olan mekânlar, orta derinlikte mekânlar, derin mekânlar ve çok derin mekânlar olmak üzere dörde ayrılmaktadır. Şekil 2. 1'de yer alan grafikte görüldüğü üzere, derinliği 4 m.–5 m. kadar olan hacimler az derin, 6 m.–10 m. arasında olanlar orta derinlikte, 11 m.–19 m. arasındakiler derin ve 20 m.'den fazla derinliği olan ofis hacimleri çok derin mekânlar olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2. 1 Mekân derinliğine (büyükliğüne) göre ofis plan tipleri [3]

#### *Derinliği Az Olan Mekânlar*

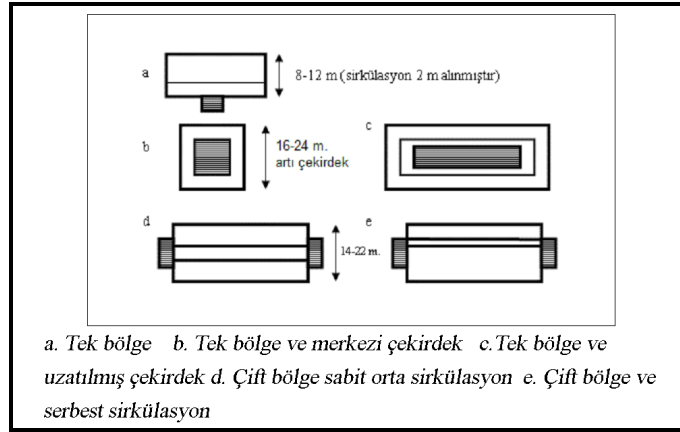
Bu mekânlarda kapalı ofis düzenine uygun olan, genellikle doğal aydınlatma ve havalandırmanın mümkün olduğu odalar oluşturulur. Bu plan tipinde çoğunlukla lineer bir biçimleniş olmaktadır; fakat bazen merkezi biçimleniş de mümkündür [3]. Bu biçimlenişlerin şematik gösterimleri Şekil 2. 2'de görülmektedir. Lineer veya merkezi, bu hacimlerde derinlik en fazla 12 –13 metredir. Bu tip planlarda en çok kullanılan iç mimari biçimleniş, ortak bir koridora açılan küçük odalardan oluşmaktadır. Bu plan tipi, farklı ofis birimlerinin aynı katı kullanmasına olanak sağlamakla birlikte, özel birimler için kendi içinde birbiriyle bağlantılı küçük bölümler de oluşturulabilmesi açısından elverişlidir. Hacmin bölümlendirilmesiyle oluşan küçük çalışma odaları, küçük gruplar veya bireysel çalışmalar için çok uygun olmasına karşın, geniş çalışma grupları için uygun değildir.



Şekil 2. 2 Derinliği az olan mekânlar [3]

### Orta Derinlikte Mekânlar

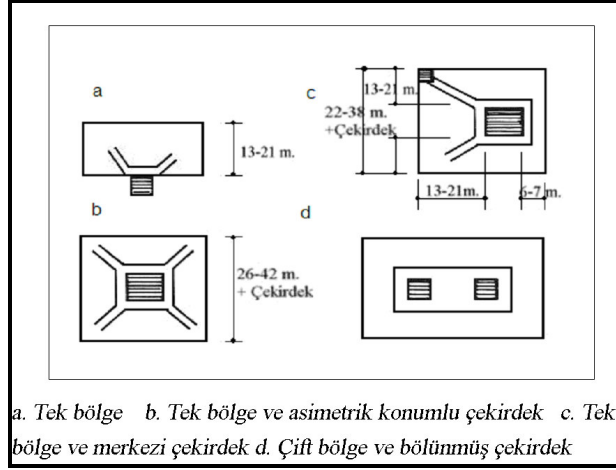
Bu tür mekânlarda, mekân derinliği arttığı için bazı bölümler doğal ışık ve havalandırmadan yeterince yararlanamamaktadır. Mekân derinliği 6 m.–10 m. olup, sirkülasyon alanlarının her iki tarafına da ofis alanı düzenlendiğinde, hacmin derinliği 14 m.–24 m. arasında değişmektedir (Şekil 2. 3). Orta derinlikteki mekânlar planlamaya daha serbest bir yaklaşım getirmektedir. Bu plan tipinde, hacim kolaylıkla ayrı ayrı kurumlara veya kullanımlara bölünebilir. Buradaki olumsuzluk, oran açısından uygun ofis hacimleri elde etmenin her zaman mümkün olmayışıdır [3].



Şekil 2. 3 Orta derinlikte mekânlar [3]

### Derin Mekânlar

Derin mekânlar 11 m.–19 m. arasında derinliğe sahip olmakla beraber, 15 metrede gerçek anlamını yansıtmaktadır (Şekil 2. 4).



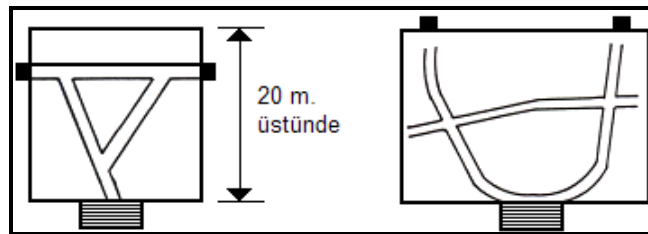
Şekil 2. 4 Derin mekânlar [3]

Şekil 2. 4’de bu plan tipi için, kare ve dikdörtgen planlarda çekirdeğin hacim içindeki yerleşimlerinin şematik gösterimi ile çekirdeğin hacim içindeki konumuna bağlı olan mekan derinliklerinin değişimi yer almaktadır.

Bu tür mekânların en önemli özelliği esnek kullanım olanağı sağlamalarıdır. Yani, küçük ofislere ve grup çalışma alanlarına bölünebilmekte veya bölünmeden de kullanılabilir. Bu tür ofis hacimleri genellikle açık plan ve serbest düzenli ofis kullanımlarına uygundur.

### Çok Derin Mekânlar

Çok derin ofis mekânları, 20 metrenin üzerinde derinliğe sahip ofisler olarak tanımlanabilir. Bu derinlikteki hacimlerde, çeşitli iç ana ulaşım yolları gereklidir (Şekil 2. 5). Yapı kabuğu ile ilişkisi derinliği sebebiyle diğer plan tiplerine oranla daha azdır. Bundan dolayı doğal aydınlatma ve havalandırmanın hacmin genelinde etkili olması mümkün olmamaktadır.



Şekil 2. 5 Çok derin mekânlar [3]

## 2.2.2 İç Mimari Biçimlenme Göre Plan Tipleri

Çok katlı ofis yapılarının plan tipleri, iç mekân çözümleri açısından da sınıflandırılabilir. Genel olarak dört farklı ana grupta incelenen kat plan tipleri; bireysel ve grup hücreli planlı kapalı (geleneksel) plan tipi, açık ve serbest düzenli açık ofis plan tipi, bu iki ana grubun karışımından oluşan karma planlı ve grup düzenli ofis kat planları şeklindedir. Bu plan tiplerinin aralarındaki en önemli farklılık, çekirdek, sirkülasyon gibi planlama elemanlarının değişik şekillerde düzenlenmesiyle meydana gelen mekân anlayışında görülmektedir [4].

### 2.2.2.1 Kapalı (Geleneksel) Ofis Plan Tipi

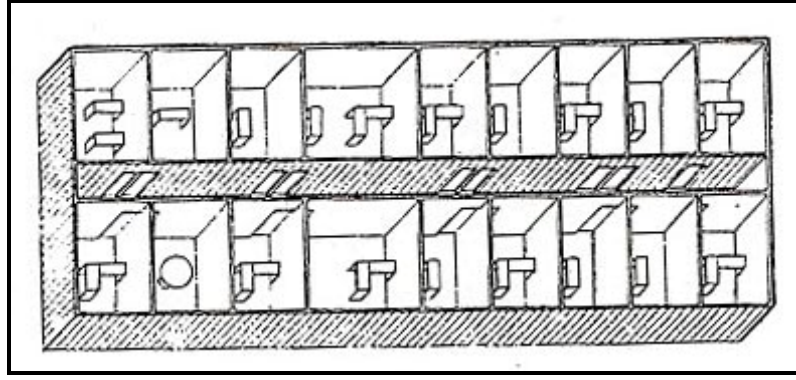
Hücreli ofis çeşitli büyüklüklerdeki “odaları” ifade eden bireysel çalışmalara uygun ve daha çok 1950’lerden önce yapılan en eski ofis planlaması türüdür. Hücreli ofis mekânları, genellikle doğal aydınlatmaya bağlı olduklarından, mekân derinliği 5. 50 m.–6. 00 m. ile sınırlıdır ve mekânın büyümesi ancak tek yönde olmaktadır.

Sabit koridorlu bu plan anlayışında, ana ulaşım yolunun iki tarafı duvarlarla çevrilidir. Çalışma mekânları, sabit duvar elemanları ile ana ulaşım yolundan ayrılmıştır. Bu plan çözümü, çalışma mekânını cephe ile koridor arasında sınırlandırır (Şekil 2. 6), (Şekil 2. 7). Koridor tek taraflı, çift taraflı ya da üç taraflı olarak düzenlenebilir. Çekirdek genellikle koridorun iki ucunda bulunmaktadır.

Kapalı ofis plan tipi *bireysel hücreli, grup hücreli ve yarı kapalı (kombi sistem)* olmak üzere üç başlık altında incelenecektir.

#### ***Bireysel Hücreli Ofis Plan Tipi***

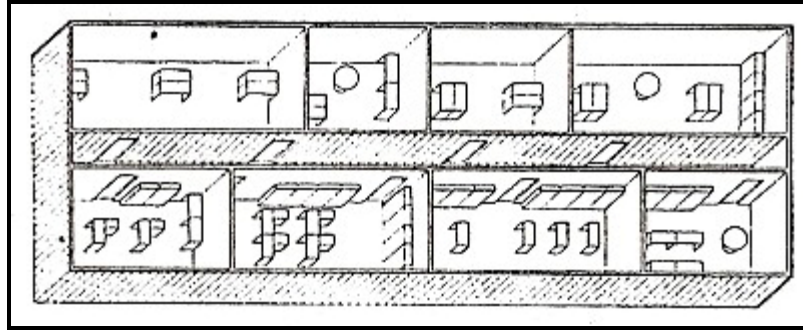
Bireysel çalışmalara uygun olan plan tipi sabit duvar elemanları ile birbirinden ayrılarak bir ya da en fazla 2 kişilik çalışma mekânlarından oluşmaktadır. Grup çalışmalarına elverişli olmayan bir plan tipi olduğundan yönetim için toplantı odalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Üst yönetim grubunun çalışanları yeteri kadar denetleyememesi ve çalışanların birbirleriyle iletişimi olmaması sebebiyle iş ağının geliştirme hızını düşürmekte, bu nedenle de işletmeler tarafından modern dünyada kullanılabilirliğini yitirmektedir [5].



Şekil 2. 6 Bireysel hücresel ofis plan tipi [5]

### ***Grup Hücresel Plan Tipi***

Amerika’da kapalı (geleneksel) plan tipli ofislerin, açık ofis plan tipinden esinlenilerek değişimiyle birlikte grup hücresel plan tipi ortaya çıkmıştır (Şekil 2. 7), [6]. Bireysel hücresel plan tipine göre daha kullanılabilir olmasına rağmen yine de kapalı ofis planının olumsuzluklarını taşımaktadır. Mekânlar grup büyüklüklerine göre farklılık gösterse de organizasyonda olabilecek herhangi bir değişikliğin uygulanması durumunda zaman ve para kaybına yol açmaktadır. Ancak bu plan tipinde bireysel hücresel plana göre çalışanlar grup çalışmasından dolayı aidiyet duygusuna sahip olmaktadır [5].

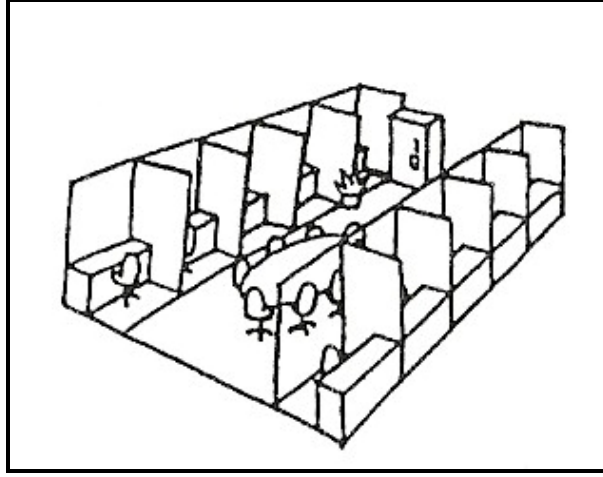


Şekil 2. 7 Grup hücresel kapalı ofis plan tipi [5]

### ***Yarı Kapalı (Kombi Sistem) Plan Tipi***

Genelde derin plan tipli yapılarda, neredeyse hiç hücresel plan tipine rastlanmamaktadır. Kapalı hacim olarak kişisel personel odalarından ziyade ortak toplantı odaları tasarlanmaktadır. Bu anlayışla kombi sistem geliştirilerek bir ya da iki kişinin çalıştığı odalardan açık ofis sistemine ve çalışanlar arası iletişime geçilmiştir [6]. Bu plan anlayışında, çalışanlar arasında hafif panellerle bölmeler oluşturularak hücresel

mekânlar oluşturulmakta ve bu mekânlar arasında iletişim sağlanabilmesi için çalışanlar aynı mekânı paylaşmaktadırlar (Şekil 2. 8).



Şekil 2. 8 Yarı kapalı (kombi) sistem [6]

Hücre ofiste, konuşma ve ofis cihazlarının gürültüleri gibi hacim içinde oluşan ve havada doğan seslerin açıklıklardan geçişi ve hacimleri ayıran duvar, döşeme gibi yapı elemanları aracılığı ile kütle titreşimiyle dolaylı ve dolaysız geçişi söz konusudur. Bu mekânlarda gürültü denetimi, hücreleri ve hücreler ile dolaşım alanlarını ayıran yapı elemanları ve bölücü panellerde yeterli ses geçiş kaybı değerlerinin sağlanması, kapılarda açıklıklara karşı önlem alınması ve karşılıklı hücrelerin kapılarının şaşırtmalı olarak yerleşimi ile sağlanabilir. Ayrıca asma tavanlarda ve havalandırma kanallarında hücreden hücreye ve dolaşım alanlarından hücrelere ses geçişinin önlenmesi için gerekli denetim önlemleri alınmalıdır. Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında ise kapalı plan tipinde gürültü denetiminin sağlanmasının, açık plan tipine göre daha kolay olduğu söylenebilir.

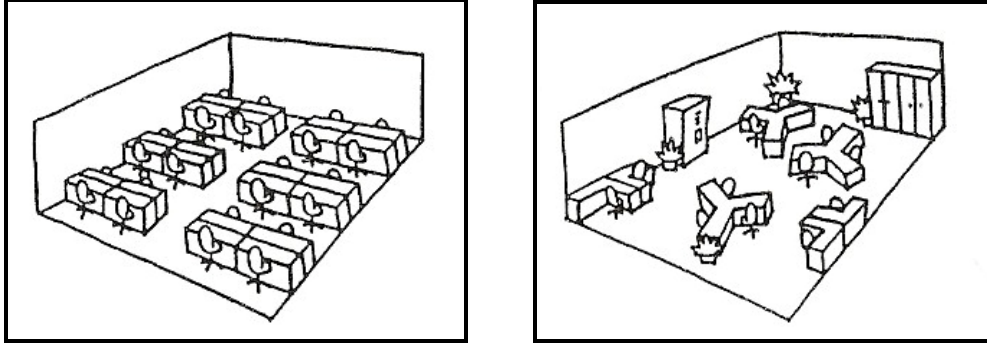
#### 2.2.2.2 Açık Ofis Plan Tipi

İletişim araçlarının ve kullanımlarının gelişmesiyle ofisler, mekânsal kurguları açısından da değişime girmişlerdir. Ofisler, iletişim gereksinimlerinden dolayı, hücre duvarlarından sıyrılarak, açık plan biçiminde konumlanmaya başlamışlardır [4].

Açık planlı ofis, duvarsız bir alan değil, iletişime kolaylık getirirken gizliliği de gözeten bir tasarım biçimidir. Günümüz mimarisinde çokça tercih edilen açık planlı ofis mekânlarında, mekânı paylaşan insanlar arasında sabit duvar elemanları gibi ayırıcılar söz konusu olmayıp, tefriş elemanları serbest veya belirli aralıklarla katı geometrinin

hâkim olduğu düzende yerleştirilir. Bu düzende çalışanlar arası ya tamamen açıktır ya da alçak bölmeler, dolaplar, bitkiler yardımıyla açıklık içinde mekân hissini güçlendirmek için bölünürler.

Açık plan sistemli kat planları zaman içerisinde organizasyonun tipine ve teknolojik gelişmelere paralel olarak, lineer bir şekilde tasarlanan açık planlı ofis ve dağınık yerleşimlerden oluşan serbest düzenli ofis olmak üzere iki gruba ayrılmıştır (Şekil 2. 9).



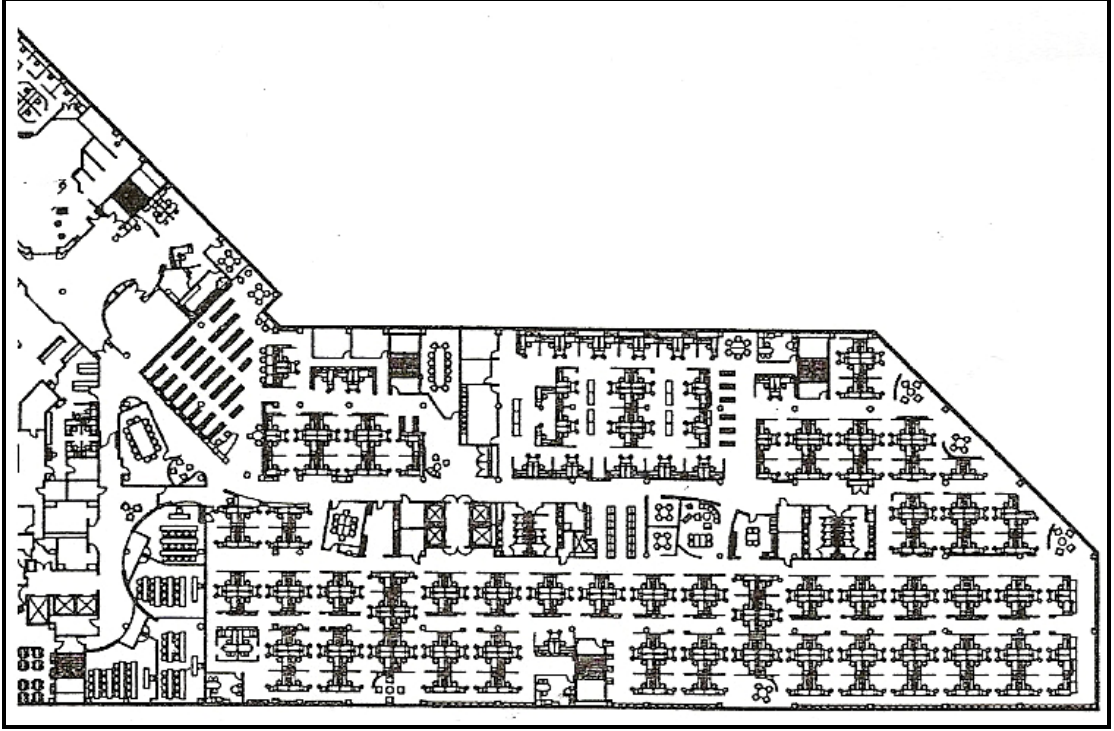
Şekil 2. 9 Açık ve serbest düzenli plan tipleri [6]

### ***Açık Planlı Ofis***

Ofis içindeki çalışmalar hem tek kişi hem de ekip halinde olabilmektedir. Açık ofislerde kişiler arasında iletişim ve etkileşim sıkı bir şekilde gerçekleşirken, ekipler arasında bilgi akışı ve haberleşmeyi de kolaylaştırmaktadır. Ancak mekânın tekli çalışmaya da elverişli hale getirilmesi gerekmektedir. Çalışanlar ya da çalışan grupları; bitkilerle, taşınabilir dolap, cihaz, aydınlatma elemanları gibi hem ihtiyaçlarını karşılayan hem de seperatör görevini üstlenen bölmeler ya da taşınabilir modüler panellerle ayrılmaktadır. Yönetim ve üst düzey çalışanlar için gereken hacimler, farklı ölçülerde taşınabilir panolarla ayrı bölmeler oluşturularak sağlanır [7].

Açık planlı ofislerde minimum çalışma alanının net ölçüsü en az 2. 8 m.<sup>2</sup>'dir. Genel birimler için 3. 5 m.<sup>2</sup> ve üst personel içinse 6. 5 m.<sup>2</sup>'lik alana ihtiyaç duyulmaktadır. Sirkülasyonu uygun olan bir çalışma alanı için genel olarak bir personele 6 m.<sup>2</sup> – 9 m.<sup>2</sup> arasında değişen boyutlarda alanlar tahsis edilmelidir. Geleneksel plan tipli ofislerde personel başına 12 m.<sup>2</sup>'lik alan düşmekteyken açık plan tipli ofislerde bu oran yarıya düşmektedir. Grup alanları için ayrılması gereken çalışma alanları ise, bu mekânda çalışacakların sayılarına, çalışacakları konulara ve gruplaşmalarına göre farklılıklar göstermektedir [6].





Şekil 2. 10 Açık ofis plan örneği, West Grup Binası [8]

Minneapolis de 1999 yılında uygulanmış olan West Grup şirketine ait ofis binasında açık ofis sistemi kullanılmaktadır. Binanın kat planı Şekil 2. 10' da görülmektedir [8].

Açık ofis sistemli plan tiplerinin en önemli etmeni modüler bölmelerdir. Plan tipinin karakterini oluşturan modüler birimler birbirlerinden, standartlaştırılmış 1.40 m. ile 2 m. arasında yüksekliklerde panolar ya da paneller kullanılarak ayrılmaktadır [7]. Ancak bu paneller kimi ofis yapılarında sadece birer bölücü eleman olarak değil depolama ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanarak kullanım rahatlığı sağlamak ve yer kazancını arttırmaktadır [9].

### ***Serbest Düzenli Ofis***

Açık planlı ofislerde, serbest düzenli ofislerden farklı olarak, tefriş elemanları belirli aralıklarla katı geometrinin hâkim olduğu bir düzende yerleştirilmektedir. Serbest düzenli ofis, açık ofis sistemle çok benzer olmasına karşın serbest düzenli ofis planlamasının en büyük farklılığı, çalışanların büyük bir açıklık içerisinde gruplara ait farklı bölümler halinde çalışırken aynı zamanda birbirleriyle serbest iletişim kurabilmeleridir.

Serbest düzenli ofis tasarımları kapalı ofis tasarımlarına göre daha etkin, esnek ve uygun mekânların oluşumuna izin vermektedir. Ayrıca alan kullanımı açısından gereksiz koridorlar yerine birincil ve ikincil dolaşım alanlarıyla gruplar arası iletişim ve etkileşim sağlanmaktadır [10].

Çalışanların her biri hangi gruba bağlı olurlarsa olsunlar ofis içerisinde bütün gelişmelerden haberdar olabilmekte ve etkin bir şekilde bilgi alışverişi sağlanabilmektedir. Olumsuz koşullar dikkate alınarak gerekli parametreler sağlandığı sürece dinamik ve verimli çalışma ortamları sağlanabilmektedir [10].

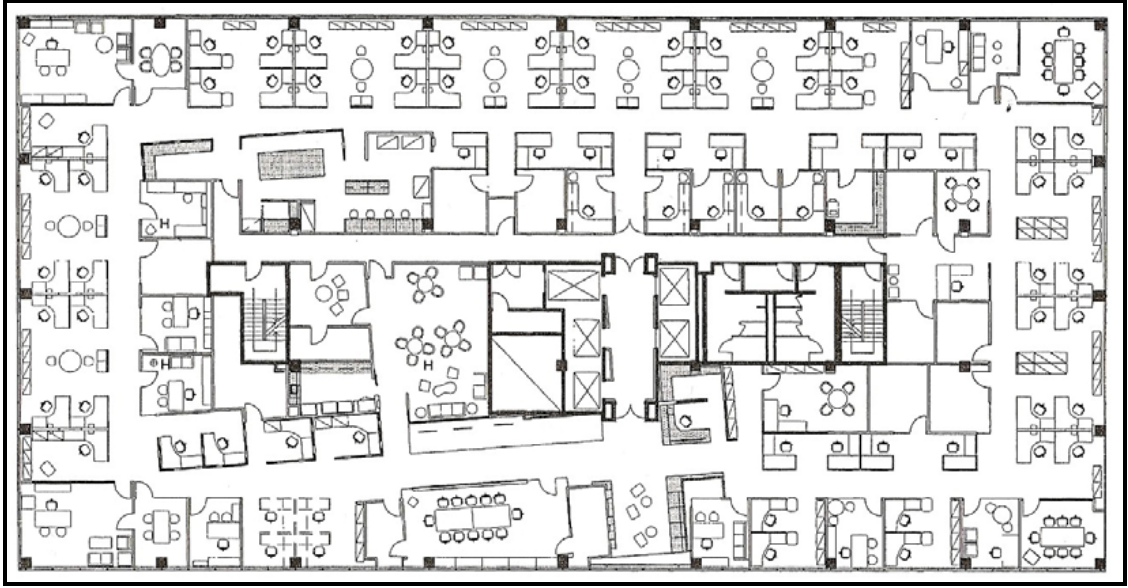
Açık planlı veya serbest düzenli ofislerde gürültü kaynakları ile alıcıların aynı mekânı paylaşma zorunluluğu akustik konforun sağlanmasını güçleştirmektedir. Bu tip ofislerin tasarımında akustik, mekânın kullanım performansını doğrudan etkileyen bir özellik taşımaktadır. Akustik konforu sağlayacak koşulların oluşması, tefriş tasarımından asma tavan özelliklerine, mobilya seçiminden bölme elemanının boyutuna, hatta aydınlatma aygıtlarının biçimine kadar, hacim içinde yer alan her nesnenin özenle ele alınıp incelenmesini gerektirmektedir [11].

Açık ve serbest düzenli ofislerde diğer ofis düzenlerinden farklı olarak, hem fon gürültüsü düzeyinin kabul edilebilir değerlerde olması, hem de konuşmanın gizliliğinin sağlanması önemlidir. Bunun için bölme elemanlarında, tavanda, duvarlarda ve döşemede yutucu gereçler ve tefrişte gürültü engelleri kullanmak gerekmektedir.



Şekil 2. 11 Kanada tren yolları ofis binası, ses yutucu paneller / Ontorio [12]





Şekil 2. 13 Karma planlı ofis kat planına bir örnek, Campbell-Ewald West Binası [8]

Karma düzenli ofislerde, çalışma mekânı orta büyüklükte veya büyük olabilir. Bölücü elemanlar azaltılarak, birkaç grubun aynı mekânda çalışması sağlanabilir. İşlevsel ve davranışsal nedenlerden dolayı öznel kapalı bölmelere de ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar ya geniş çalışma alanına doğrudan açılan bölmeler olarak ya da koridorlu bir biçimde ayrı düzenlenmektedir. Bu plan tipinde çekirdek ise genelde hücre ofis tarafında düzenlenir [13].

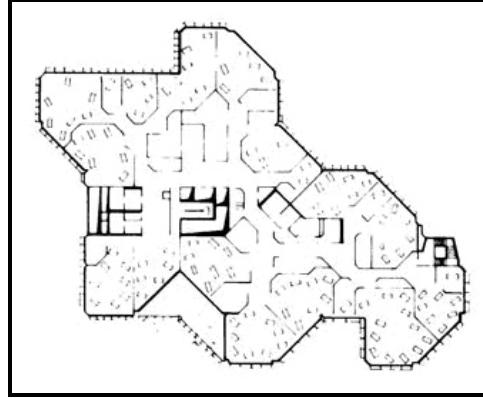
#### 2.2.2.4 Grup Düzenli Ofis

Grup ofis mekânı, temelde büyük ofis mekânının küçültülmüş ve parçalanmış bir şekli olmakla birlikte, uygulamalarda bina formu yerini, iç düzenlemeyi bina formuna aktaran bir hareketliliğe bırakmaktadır [5].

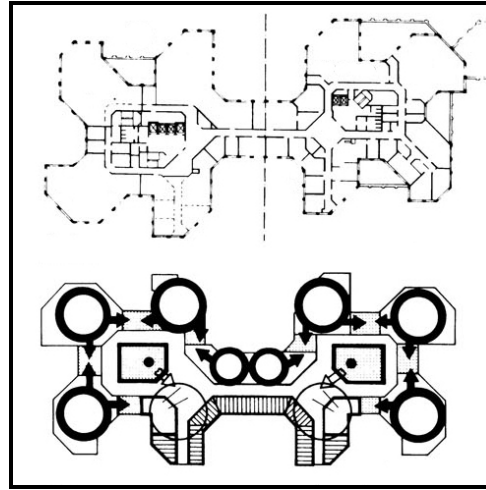
Hücre ofislerin ara duvarlarının kaldırılıp koridorun mekâna dâhil edilmesiyle, adeta çok kişilik hücreler elde edilmektedir. İşte bu tür ofislere "grup düzeninde ofis" denilmektedir. Bu tür ofislerde, bir katta 5–10 kişilik en az 2–3 bölüm bulunmakta, mekân derinliği güneş ışığına göre saptanmakta (12 m.–14 m.) ve çekirdekten çalışma mekânına doğrudan geçilmektedir.

Grup ofis mekânının ilk örneklerinden birisi yapımı 1977' de tamamlanan OVA Sigortasının Mannheim'daki yönetim binasıdır (Şekil 2. 14). Bu mekânın özellikleri şöyle özetlenebilir; 5–10 kişiden oluşan 1–3 iş grubu için gerekli alan, mekânın temelidir. Esneklik ve ekonomik nedenlerden, her katta bu temel elemanlardan en az

üçü bir arada bulunmaktadır. Her iş grubu, dolaşım akımları ve doğal ışıktan eşit olarak yararlanmaktadır [5].



Şekil 2. 14 OVA Sigortası yönetim binası planı, Mannheim, 1977 [14]



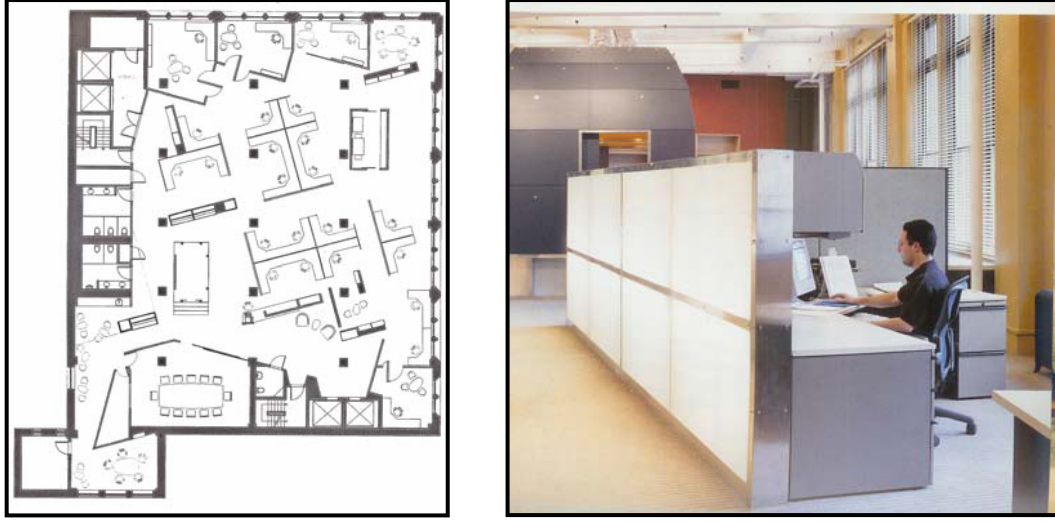
Şekil 2. 15 Bremen’de ofis binası,1987, grup düzenindeki ofislerin ilişkisini gösteren plan şeması [14]

Şekil 2. 15’de Bremen’deki ofis binasının plan örneği görülmektedir. Bu plan üzerinde grup düzenindeki ofislerin ilişkisi de görülebilmektedir.

Modern ofis yapıları çoğunlukla temel iki planlama ilkesi doğrultusunda oluşturulur: Hücre ofis ve açık planlı ofis. Bunlar kapalı ofislerden oluşan klasik düzenleme ve modüler iş istasyonlarıyla kısmi alçak kapatıcılardan oluşan açık ofis şeklinde serbest planlamadır.

Klasik düzenlemenin gereği olan kapalı ofislerde, esnek bir sistem olmadığından planlamada değişikliğe gidilmesi oldukça zordur. Fakat bu alanlarda görsel ve işitsel gizlilik sağlanır. Toplantı odası ihtiyacı bu tip planlamada minimum tutulabilir. Görsel iletişimin ve ekip çalışmasının ön planda olduğu çalışma alanlarında ise açık ofis

düzenlenmesi tercih edilir. Esnek düzenleme getiren bu planlama tipinde yöneticiler için kapalı ofis alanları oluşturma imkânı mevcuttur. Çoğu çalışan doğal ışık ve binanın dışındaki manzaradan faydalanabilmektedir. Konferans salonu ihtiyacı açık ofis düzenlemelerinde daha fazladır. Günümüzde, çoğu ofis, klasik ve açık ofis sisteminin bir karşımı olarak tasarlanmaktadır. Bu ofis alanları özel, yarı özel ya da iş istasyonları şeklinde tasarlanmış çalışma alanlarından, dosya, donanım ve depo alanlarından, teknik mahallerden ve dolaşım alanlarından meydana gelir (Şekil 2.16), [15].



Şekil 2. 16 Eagle River İnteraktif, İş istasyonu ve plan içindeki yerleşimleri [15]

### AÇIK PLANLI OFİSLERİN AKUSTİK ve GÜRÜLTÜ DENETİMİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Açık planlı ofis hacimlerinde planlamaları gereği büyük açıklıklar söz konusudur. Hacimde çalışanları ayıran duvar elemanı yoktur. Bu nedenle hacimde çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların basında şüphesiz sessel olaylar gelmektedir. Çoğu insanın zamanının büyük bölümünü geçirdiği ofis hacimlerinde gürültünün denetlenmesi gerekmektedir. Ses düzeyinin yükselmesinin, düzensiz sesler topluluğunun ya da hacme dışarıdan veya bitişik hacimlerden gelen seslerin insan üzerinde fizyolojik ve psikolojik açıdan olumsuz etkileri söz konusudur. Uzun süre gürültülü ortamlarda bulunan kişilerde fizyolojik ve psikolojik açıdan olumsuz etkilenmeler görülmektedir. Bu nedenle ofis hacimlerinde uygun akustik ortam sağlanmalıdır. Açık planlı ofis hacimlerinde uygun akustik ortamın sağlanabilmesi için öncelikle bu hacimlerde gelişen sessel olayları tanımlamak ve akustik konforu sağlayan etkenlerin neler olduğunu incelemek gerekmektedir.

#### 3.1 Açık Planlı Ofislerde Gürültü Kaynakları

Açık planlı ofislerde oluşan gürültüler çoğunlukla hava doğuşlu seslerden oluşmaktadır. Bu gürültüler hacim içindeki insanların çeşitli etkinliklerinden kaynaklandığı gibi hacmin işlevine bağlı olarak da ortaya çıkabilmektedir.

Açık planlı ofis hacimlerinde oluşan gürültüler dört grupta incelenebilir [16]:

**Hacmin işlevine bağlı gürültüler:** Hacmin işlevine bağlı gürültüler, hacmin kullanım amacına göre, yapıda diğer hacimlerden farklı olarak, hacim içinde kullanılan bilgisayarlar ve telefon, yazıcı gibi diğer ofis cihazlarından kaynaklanan gürültülerdir.

Açık planlı ofis hacimleri değişik işlevler için kullanılmaktadır. Bu nedenle her ofiste kullanılan cihazların nitelikleri ve bunların kullanım süreleri de farklı olabilmektedir [12]. Örneğin tasarım yapılan bir ofiste daha çok bilgisayar ve klavyeden kaynaklanan gürültüler mevcutken, bir muhasebe ofisinde yazıcı kaynaklı gürültüler diğer ofis cihazlarına göre daha baskın olacaktır.

**Yapı Döşemi ve Teknik Donatı Gürültüleri:** Açık planlı ofislerde yaygın olarak kullanılan havalandırma ve hava koşullama sistemlerinden ve hacme açılan menfezlerden gelen gürültüler ile aydınlatma aygıtlarının neden olduğu gürültüler hacimdeki fon gürültüsü düzeyini önemli ölçüde etkilemektedir.

**İnsan Gürültüleri:** İlgili hacim içindeki kullanıcılarının türlü nedenlerle, istemli ve istemsiz olarak oluşturdukları gürültülerdir.

**Akustik Kusurlar Sebebiyle Oluşan Gürültüler:** İç mimari biçimleniş ile hacim içinde ve hacmin yüzeylerinde kullanılan malzemelerin yutma çarpanı değerlerinin düşük olması, hacimde gürültü düzeyinin artmasına neden olabilmektedir. Özellikle açık ofis alanları gibi büyük hacimlerde, akustik kusurlardan biri olan “yankı”, gürültü düzeyinin artması ile konuşmanın anlaşılabilirliği ve gizliliği açısından da etkin rol oynamaktadır.

Bu çalışma kapsamında 5. bölümde hacimde fon gürültüsü düzeyinin, yansıma süresinin ve engel etkinliği düzeyinin değişimleri, hacmin yüzeylerinin farklı yutuculuklarda olduğu durumlar için incelenmiş ve açıklanmıştır.

Açık planlı ofislerdeki gürültülere yönelik 1973 yılında Nemecek ve Grandjean tarafından yapılan bir çalışmaya göre, değişik kaynakların kullanıcıları rahatsız etme yüzdeleri:

- Konuşma % 60
- Ofis makineleri % 21
- Telefon % 11
- Giren çıkan insanlar % 8

şeklinde [17]. Buna göre, açık planlı ofislerde insanlardan kaynaklanan gürültülerden en başta gelen konuşma kaynaklı gürültülerdir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında

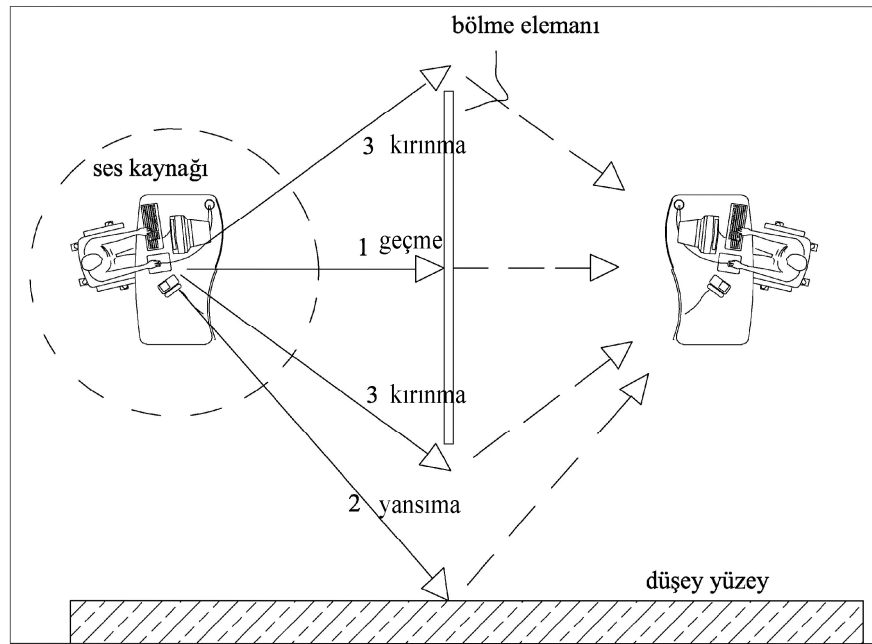


engel etkinliğinin incelenmesinde, gürültü kaynağı olarak konuşma gürültüsü belirlenmiştir.

### 3.2 Açık Planlı Ofislerde Sesin Yayılma ve Alıcıya Ulaşma Yolları

Açık planlı ofislerin akustik tasarımı, bu hacimlerde çeşitli ses yayılma yollarının bulunmasından ötürü oldukça karmaşıktır. Genellikle doğrultulu sese ek olarak, ses tavandan yansyarak, ayırıcı panel (engel) üzerinde kırınarak ve ya panelden geçerek alıcıya ulaşabilir. Yayılmayla ilgili olan matematiksel hesaplamalara göre, bu yollardan etkili olanları, tavanda oluşan yansımalar ve ayırıcı panel (engel) üzerinde oluşan kırınmalardır. Bundan yola çıkarak, hacimde akustik konforun sağlanmasında hacmin tavan yutuculuğu ve engel yüksekliğinin bileşiminin etkili olduğunu söylemek mümkündür [18].

Şekil 3. 1’ de belirtilen yolların herhangi biri aracılığı ile alıcıya ulaşan ses, durağan fon gürültüsünü önemli düzeyde aştığında, hacimde akustik açıdan konfor sağlanamaz. Öte yandan bu yollarla alıcıya ulaşan ses, fon gürültüsü ile  $\pm 2\text{dB}$ 'lik bir ayırım gösterdiğinde akustik konfor önemli ölçüde sağlanmış sayılabilir [19].



Şekil 3. 1 Sesin alıcıya ulaşma yolları [19]

### 3.2.1 Dolaysız Ses ve Yansımış Ses

Sesin yayılmasında ortamların geometrik özelliği önem taşır. Açık planlı ofis hacimleri koşullara göre üç boyutlu sınırsız ortamlara benzetilebilir. Bu durumda ses açık planlı ofis hacimlerinde, açık havada olduğu gibi küresel dalgalar halinde, kaynağa olan uzaklığın karesi ile azalarak yayılır. Ancak açık planlı ofis hacimlerinde tavan ögesi, bir sınırlayıcı olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü ses dalgalarının bir kısmı tavan yüzeyine gider ve buradan yansiyarak hacme geri döner [2].

Kapalı bir hacmin içinde, özellikle ofis yapılarının açık planlı olarak düzenlenmiş ofis birimlerinde oluşan gürültüler iki şekilde meydana gelebilmektedir.

1. Kaynaktan çıkarak hiçbir yüzeyden yansımada alıcıya ulaşan **“Dolaysız Ses”**

2. Kaynaktan çıktıktan sonra, çeşitli yüzeylerde birçok kereler yansiyarak alıcıya ulaşan **“Dolaylı (Yansımış) Ses”**

Hacmin içindeki dolaylı (yansımış) ve dolaysız sesler, o hacimdeki toplam gürültü düzeyini oluşturur.

**Dolaysız Ses (Kaynaktan Gelen Ses):** Bir hacimdeki dolaysız ses düzeyi doğrudan kaynakla ilgili değişimler gösterir. Kaynağın hacmin içinde olması durumunda, dolaysız gelen ses yönünden gürültü düzeyini etkileyen önemli etkenler ses kaynağının gücü, tayfsal yapısı, ses dağılımları vb.dir.

Belli bir ortamda yol alan ses dalgaları kaynaktan uzaklaştıkça, yayımlanan enerjinin yayıldığı alan büyür ve buna bağlı olarak sesin düzeyi azalır. Yani, ses enerjisi uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azaldığı için kaynaktan çıkan dolaysız seslerin algılanabilmesinde, uzaklık faktörü önem taşımaktadır.

**Dolaylı (Yansımış) Ses:** Yüzeye gelen ses ışınları, bu yüzeylerin şekline ve yutuculuğuna göre farklı düzeyde ve biçimde yansır ve her durum için farklı akustik sonuçlar ortaya çıkar. Yansımış seslerin oluşturduğu ses düzeyi, toplam yutuculuğun düşük olduğu hacimlerde gürültü denetimi yönünden istenmeyen sonuçlara neden olmaktadır.

İç mekânlarda, yansımış sesin oluşturduğu ses düzeyi;

- Ses kaynağının gücüne,
- Hacmin toplam yutuculuğuna

bağlı olarak değişim gösterir.

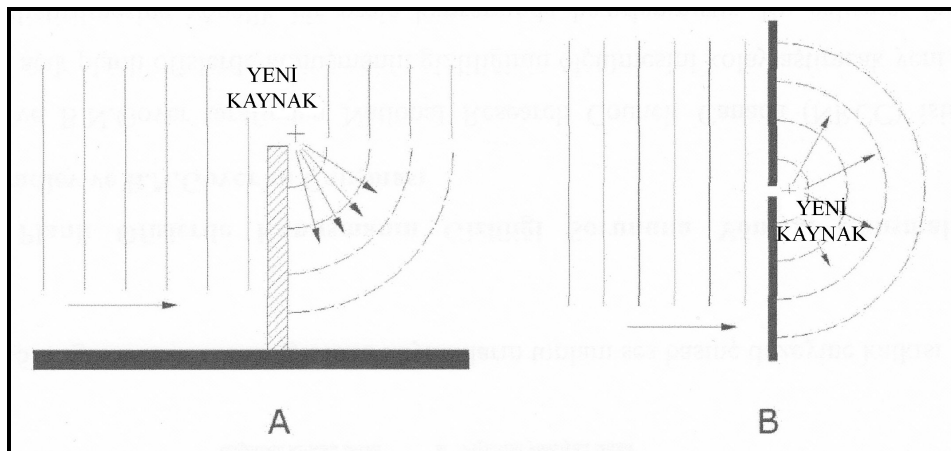
Sesin yayılmasında hacmin fiziksel özellikleri de önem taşımaktadır. Üç boyutlu sınırlı ortamlarda (kapalı hacimlerde), kaynaktan çıkan ses ışınları, hacim iç yüzeylerinde pek çok sayıda yansıma yaparak bütün hacme yayılır. Böylece kapalı hacimlerde yayınık ses alanı oluşur. Kuramsal olarak hacim içinde yansımış ses düzeyi her noktada aynıdır [20].

Yansımış ses ile dolaysız ses arasındaki ilişki, hacmin iç mimari biçimlenişiyle ilgili olup, hacim akustiği ölçütleri yönünden de incelenmesi gerekmektedir. Ancak bu çalışmada yansımış sesler, kapalı hacimlerde fon gürültüsü düzeyine ve gürültü engeli etkinliğine olan etkileri açısından ele alınmaktadır.

### 3.2.2 Kırınma

Engel yüzeyine gelen sesin dalga boyu engelin boyutlarından büyük olduğunda kırınma meydana gelmektedir. Kırınma yolu ile yani bir engelin kenarlarından dönerek alıcıya ulaşan sesler genellikle dalga boyu uzun olan kalın seslerdir. Bu durumun sonucu olarak, engel kenarından kırılan sesler, engel kenarlarının yeni bir ses kaynağı gibi davranmasına neden olur ve engelin gölge bölgesine ses dalgaları ulaşır [18], (Şekil 3. 2 A). Aynı durum engel yüzeyindeki ve ya engeller arasındaki boşluklarda da meydana gelmektedir (Şekil 3. 2 B).

Engellerde kırınmanın meydana gelmemesi veya azaltılması için bölme elemanlarının biçim ve boyutları, hem yatayda hem de düşeyde akustik gölge oluşmasını sağlayacak şekilde geometrik etütlerle akustik hesaplar birlikte yürütülerek düzenlenmelidir.



Şekil 3. 2 Ses dalgalarının engelden kırınması [18]

### 3.2.3 Geçme

Geçme yolu ile alıcıya ulanan sesin azaltılması doğal olarak bölme elemanının ses geçirmezliğinin arttırılmasına bağlıdır. Bölme elemanının ses geçirmezliği ise kütle ağırlığı ile yakından ilgilidir. Yeterli ses geçirmezlik için bölme elemanının kütle ağırlığı 10–20 kg/m.<sup>2</sup>'den daha az olmamalıdır. Ayrıca eleman rijitliğinin fazla ve yapısının katmanlı olması da ses geçirmezliğini arttırıcı etki yaratacaktır [11].

### 3.3 Açık Planlı Ofislerde Gürültü Denetimi İlkeleri

Hem hücre hem de açık planlı ofislerde gereken akustik koşulların sağlanması, bir yandan fon gürültüsünün ofis kullanıcılarının rahatsız olmadan çalışmalarına yoğunlaşabilecekleri sınır değerlerin altında kalmasına diğer yandan konuşma gizliliğinin sağlanmasına bağlıdır. Ancak, açık planlı ofislerde, insanlardan veya ofis araç gereçlerinden oluşan gürültü kaynakları ile alıcıların aynı mekânı paylaşma zorunluluğu akustik konforun sağlanmasını güçleştirmektedir. Akustik konforun sağlanamaması dikkatin dağılması, konuşma düzeyinin artması gibi üretkenliği ve verimliliği azaltıcı sonuçlar doğurmaktadır. Ayrıca açık planlı ofislerde bir ve/veya birden fazla etkinliğin eş zamanlı gerçekleşmesi ve mekândaki etkinliklere ve mekân yoğunluğuna hizmet edecek teknik donanımın büyümesi sonucu bu hacimler, işitsel konfor bakımından oldukça karmaşık yapıya sahiplerdir ve bu durum bu tür mekânlarda işitsel konforun sağlanması için gereken koşulları arttırır. Açık planlı ofislerde bu koşulların belirlenmesinde, bireysel çalışma özgürlüğünün, ikili iletişimlerin desteğiyle grup çalışma imkânının sunulması ve bunların işitsel rahatsızlıklardan korunması temel ilkedir [21].

Açık planlı ofislerde kullanıcıların akustik konforunu etkileyen öğeleri belirlemek ve denetim önlemlerini buna göre almak gerekmektedir. Açık planlı ofislerde uygun akustik ortamın sağlanabilmesinde genel olarak önem taşıyan etkenlerin başında, hacimde gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerin altında kalmasının sağlanması gelmektedir. Bu açıdan, gerek hacim içinde bulunan gürültü kaynaklarının oluşturduğu, gerekse yapı içinde diğer hacimlerden ve/veya yapı dışından gelen gürültüler belirlenmeli ve gereken denetim önlemleri alınmalıdır. Hacim içinde oluşan gürültülerden ofis çalışanlarının karşılıklı konuşmaları ve telefon görüşmelerinin diğer çalışanları rahatsız etmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır [19]. Bu önlemlerden gürültü engelleri mahremiyet sağlama, akustik gölge oluşturma ve aynı zamanda toplam

yutuculuğu artırma amacıyla uygun nitelik ve boyutlarda esnek kullanımı gibi konulara özen gösterilmelidir [21]. Engellerin yanı sıra hacmin yüzeyleri (döşeme, duvar, tavan) işitsel konfor açısından yüksek performanslı ve aynı zamanda mahremiyete yardımcı olacak niteliklerde tasarlanmalıdır. Bununla birlikte hacimde uygun akustik ortamın oluşturulmasında, hacim içinde mobilyaların yerleşimi de önemlidir. Ofis çalışanlarının birbirlerine ve diğer kullanım alanlarına göre konumlandırılması ve organizasyonunun sağlanması (çalışanlar arası görüş çizgisinde ve dolaysız ses yolunda kesintinin sağlanması) gerekmektedir. Açık planlı ofislerde, konuşma gizliliği sağlanmalı aynı zamanda da normal uzaklıkta karşılıklı konuşan iki kişinin konuşması anlaşılabilir olmalıdır.

Diğer bir hacim içi gürültü kaynağı ise ofis içinde kullanılan çeşitli araç gereçlerdir. Kullanıcıların işitsel konforuna etkisi büyüktür. Büyük ofis hacimlerinde bu makinelerin çıkardığı sesler hacimdeki ses düzeyini etkilemekte, özellikle uzun süre bu makineleri kullanan kişilerde olumsuz etkilenmeler görülmektedir. Bu nedenle, ofislerde makinelerin çıkardığı gürültülerin özelliklerine bağlı olarak gereken önlemlerin de alınması gerekmektedir. Kimi zaman tesisat gürültüleri (iklimlendirme, elektrik, asansör, su vb.) de önemli gürültü kaynağı olabilmektedir. Bu açıdan da gerekli denetimler yapılmalıdır.

Ofis hacimlerinde, katıda doğan sesler, işitsel konforu etkileyen diğer bir gürültü şeklidir. Ofis hacmine bitişik hacimlerden gelebilecek darbe sesi ya da hacim içinde mobilyaların itilip çekilmesinden, adım seslerinden oluşacak gürültüler işitsel konforu etkileyecektir. Bu açıdan da gereken önlemler alınmalıdır [19].

Akustik ve gürültü denetimi ile ilgili çalışmalar, mimari tasarımın en erken aşamalarından başlayarak, tasarımla karşılıklı etkileşim içinde yürütülmelidir. Hem çok önemli hem de oldukça güç bir konu olan açık planlı ofislerin akustik sorunları, bir yandan tasarımın çok yönlülüğü ve yeterliliğine, diğer yandan da uygulama ve kullanımda tasarım koşullarına titizlikle uyulmasına bağlı olarak çözülebilir.

Bu bölümde açık planlı ofislerde hacim akustiği ve gürültü denetimine yönelik olarak alınacak önlemler hacmin boyutları, tefriş düzeni, tavan tasarımı, hacmin toplam yutuculuğu ve bölme elemanları (engeller) başlıkları altında incelenecektir. Açık planlı ofislerde alınabilecek gürültü denetimi önlemleri içinde önemli bir yere sahip akustik engeller ise Bölüm 5’de detaylı olarak ele alınarak değerlendirilmiştir.

### 3.3.1 Hacmin Boyutları

Açık planlı ofisler genellikle büyük boyutlu olduklarından yankı olayına karşı önlem alınmalıdır. Çünkü hacimlerin boyutları büyüdükçe hacimde yankı olasılığı artar. Bir hacim içinde bulunan ses kaynağından doğrudan kulağımıza gelen ses ile yansıtıcı bir yüzeyden yansiyarak gelen sesin geçtikleri yollar arasındaki fark 22. 00 m.'den fazla ise ses uzaması, 34. 00 m.'den fazla ise yankı meydana gelir [20]. Buna göre en uzun kenarı 11. 00 m.'den küçük hacimlerde yankı tehlikesi yoktur. Fakat uzun kenar 11. 00 m.'den büyük olur ve hacim yüksekliği 3. 00 m.'yi geçerse hacimde yankıya karşı dikkatli olmak gerekir. Yankıyı önlemek için hacmin yansıma süresi düşürülmelidir. Bunun için öncelikle toplam yutuculuğun artırılması gerekir. Tavan, döşeme, engel yüzeyleri ile ofis mobilyalarında ses yutuculuğu yüksek gereçlerin kullanılması başarılı sonuçlar verir.

### 3.3.2 Tefriş Düzeni

Açık planlı ofislerde hacimde bulunan kullanıcı sayısının fazla olması ortamda oluşan gürültü düzeyinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle tefriş tasarımının başlangıç aşamasında kullanıcı sayısı belirlenmelidir. Açık planlı ofis hacimlerinde bir arada verimli bir şekilde çalışabilecek maksimum kişi sayısının saptanması için bazı araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalara göre çalışma gruplarında kişi sayısı arttıkça çalışma verimliliği azalmaktadır. Bu nedenle, açık planlı ofis hacimlerinde, çalışma gruplarının 6–10 kişiyi geçmemesinde yarar vardır [22].

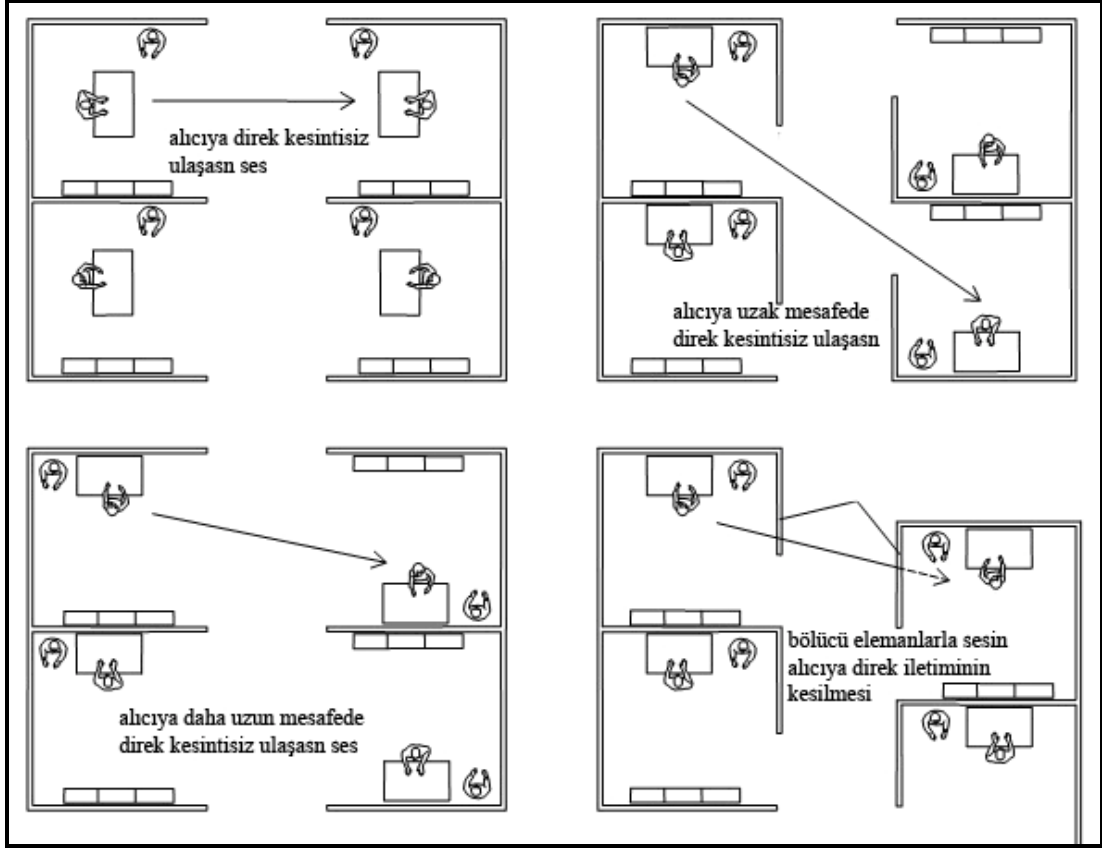
Açık planlı ofislerde, kullanıcılar arası görsel yolun açık olması durumunda, ses de aynı yoldan kolayca iletilmektedir. Bunun için çalışanlar arasında ses iletimi açısından görüş çizgisinin kesintisizliğinden kaçınılması gerekmekte ve mümkün olduğunca sesin direk yollarla geçişini engelleyerek bloke eden maksimum kapalılıkta çalışma alanları tasarlanmalıdır. Bu durum için hatalı ve uygun yerleşimler Şekil 3. 3'de görülmektedir.

Akustik açıdan hacmin tefrişi ve kullanıcı yerleşiminin başarılı olabilmesi için konuşma gizliliğinin artması ve dikkat dağınıklığının azalmasında sesin uzaklıkla azalma özelliğinden faydalanılması ve bunun için de iş istasyonlarının mümkün olduğunca büyük yapılması gerekmektedir. Ayrıca iş istasyonlarını oluşturan yüzeylerde ses yutuculuğu yüksek gereçlerin kullanılması da uygun akustik ortamın oluşturulması açısından etkili olmaktadır. İş istasyonlarında tefriş elemanlarının yerleşimi, özellikle

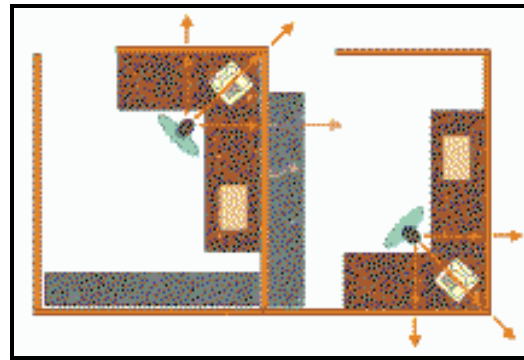
komşu hacimlerde çalışanların Şekil 3.4’de görüldüğü gibi birbirlerine mümkün olduğunca uzak olmasını sağlayacak biçimde yapılmalıdır.

#### HATALI YERLEŞİMLER

#### UYGUN YERLEŞİMLER



Şekil 3. 3 Çalışma grubu tasarımının ses iletim yollarına etkisi [23]



Şekil 3. 4 İş istasyonları kullanıcı yerleşim örneği [24]

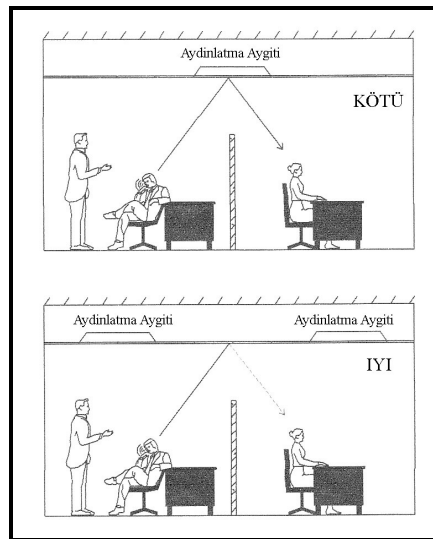
Açık planlı çalışma alanları ile takım çalışma alanlarının bir arada olması halinde ise takım gürültüsünü kontrol altına alan ve mahremiyeti sağlayan tam kat yüksekliğinde hareketli duvarlar ya da yeterli yükseklikte bölücü paneller kullanılmalıdır.

Hacimde tefriş düzeni ve mobilya sistemi, tavan tasarımı ile performansı, döşeme kaplama malzemesi ve uygun ses maskeleye teknolojisi ve gereçlerinin kullanımı ile ilişkili olarak mahremiyeti ve çalışma verimliliğini sağlamada etkindir [22].

### 3.3.3 Tavan Tasarımı

Tavanlar, açık planlı ofis hacimlerinde, hacimdeki fon gürültüsü düzeyini ve konuşmanın gizliliğini etkileyen en önemli yapı elemanlarıdır. Düşük yutuculuğa sahip tavan yüzeyleri, ses dalgalarının yansıtılarak engelin diğer tarafına geçmesine ve dolayısıyla engel etkinlik düzeyinin düşmesine neden olur. Bu nedenle, açık planlı ofis hacimlerinde tavan yüzeylerinde her zaman yutuculuğu yüksek malzemeler kullanılmalıdır [24].

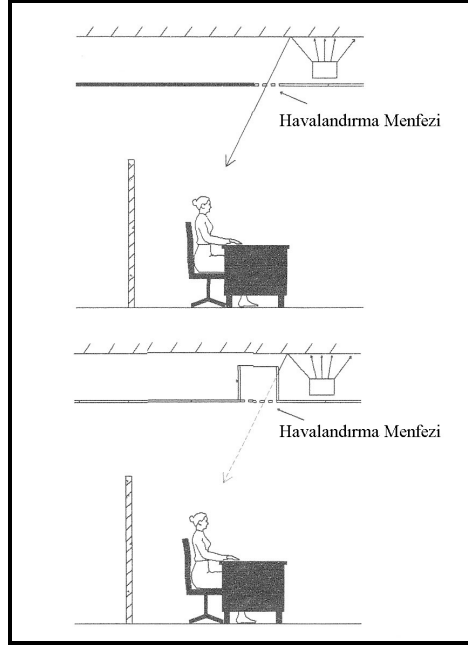
Şekil 3. 5’de görüldüğü üzere açık planlı ofislerde kullanılan aydınlatma aygıtları tavan yutucu olsa bile yansımalara neden olabilmekte ve engel etkinliğini düşürebilmektedir. Aydınlatma aygıtlarının engelin hemen üzerine yerleştirilmemesi bu durumun önüne geçebilen bir çözümdür. Ayrıca kullanılan aydınlatma aygıtlarının düz yüzeyli yerine parabolik olması, hacmin genelinde tavanda oluşan yansımaların etkisinin azalmasını sağlayacaktır. Asma tavanda dolaylı ve ya gizli aydınlatma sağlayan aydınlatma aygıtlarının kullanımı ise bu sorun için oldukça iyi bir çözüm olacaktır.



Şekil 3. 5 Aydınlatma aygıtlarının engel etkinliğini düşürücü etkisi [24]



Şekil 3.6'da ise diğer bir asma tavan elemanı olan havalandırma menfezlerinin yerleşimi görülmektedir. Asma tavan boşluğunda yer alan ses maskeleme sisteminin ürettiği seslerin, tavan yüzeyinde oluşan yansımalarla havalandırma menfezlerinden açık planlı ofis hacmine geçişinin önlenmesi için, havalandırma kanallarının üfleme ve emiş ağızlarında yansımalara karşı gerekli önlemler alınmalıdır.



Şekil 3. 6 Havalandırma menfezlerinin asma tavan üzerinde yerleşimi [24]

### 3.3.4 Hacmin Toplam Yutuculuğu

Hacmin toplam yutuculuğu, hacmin yüzeylerini kaplayan gereçlerin yutma çarpanları ve bunların yüzey alanlarına bağlı olarak belirlenen bir büyüklüktür. Toplam yutuculuğun az ya da çok olması, hacmin yansımış ses düzeyini etkiler. Dolayısıyla hacmin toplam yutuculuğu, hacimdeki ses düzeyinin koşullara göre olumlu ya da olumsuz yönde etkilenmesine neden olur.

Hacmin toplam yutuculuğu ( $A$ ); hacmin iç yüzeylerinin toplam yutuculuğu ( $A_y$ ), insan-eşya gibi nesnelerin toplam yutuculuğu ( $A_b$ ) ve havanın yutuculuğunun ( $A_h$ ), toplamından oluşur (3.1).

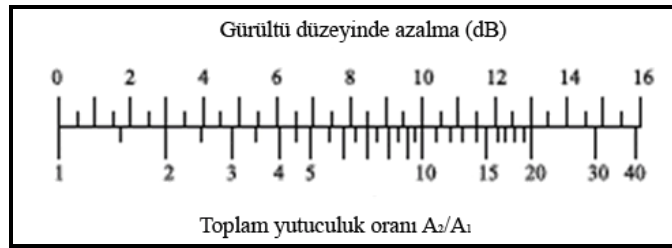
$$A = A_y + A_b + A_h \quad (3.1)$$

Genelde, hacmin iç yüzey gereç yutuculuklarının dışında kalan insan, eşya ve hava önceden hacmin fonksiyon ve büyüklüğüne göre belirlenmiş ve değişmesi pek düşünülmeyen etkenlerdir. Hacmin yüzey yutuculuğu ise hacimdeki iç yüzey

malzemelerinin yutuculukları ve yüzeylerinin çarpımlarının toplamından oluşmaktadır. Dolayısıyla, hacmin toplam yutuculuğu konusunda yapılacak değişiklikler, doğrudan iç yüzey yutuculuklarıyla ilgilidir. Gürültü düzeyinde yüzey yutuculuklarından kaynaklanan değişim, (3.2) ile hesaplanabilmektedir.

$$GA = 10 \log A2 / A1 \quad (3.2)$$

Bu denkleme göre gürültü düzeyindeki azalma (GA), çok yutucu (A2) ve az yutucu (A1) olmak üzere birbirinden farklı toplam yutuculuklar arasındaki orandan yararlanılarak belirlenir. Örneğin toplam yüzey yutuculuğunun yarıya inmesi, hacimdeki yansımış ses düzeyinde 3 dB'lik bir azalmaya neden olmaktadır. Toplam yüzey yutuculuğunun 4 kat azalması ise ses düzeyinin 6 dB artması anlamına gelir. Hacmin toplam yutuculuğunun değişimi ve gürültü düzeyindeki değişim Şekil 3.7'de yer almaktadır.

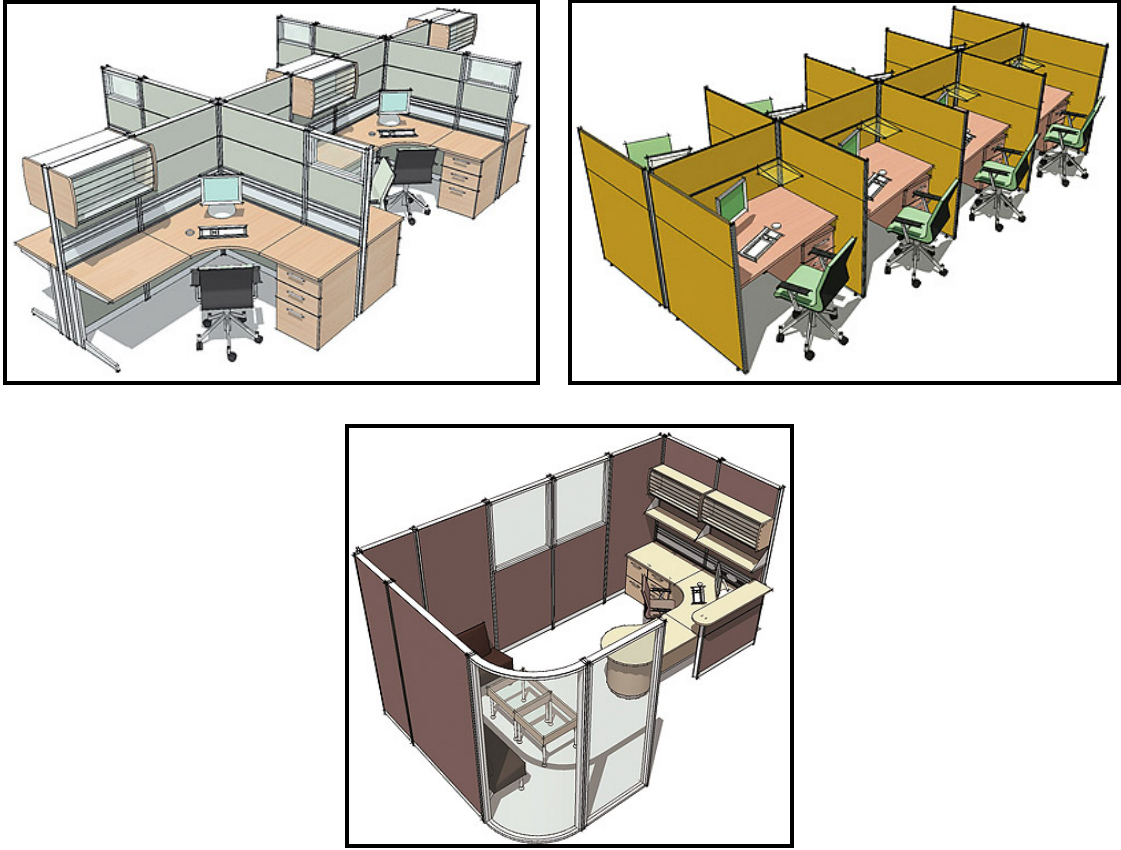


Şekil 3. 7 Hacmin toplam yutuculuğuna bağlı olarak gürültü düzeyindeki değişim [25]

### 3.3.5 Engeller

Açık planlı ofislerde engeller genellikle, çalışma alanlarının görsel ve işitsel gizliliğinin artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Bölücü elemanlar olarak da nitelendirilen engeller, ofis çalışanlarının masif duvarlarla ayrılmalarını önledikleri gibi insanların tamamen açık bir alanda bulunmaktan duyacakları rahatsızlığı da ortadan kaldırır. İnsanların çalışırken birbirlerini görmemesini sağlamakla birlikte farklı birimler arasındaki mesafeleri azaltarak çalışma alanının kullanımını maksimuma çıkarır [26].

Bölme elemanlarını akustik konfor açısından ele aldığımızda, uygun tasarlanmaları durumunda söz konusu elemanlar gürültü engeli özelliği taşıyarak gürültü denetimi açısından önemli yararlar sağlarlar. Şekil 3.8'de açık planlı ofislerde hem akustik engel özelliği hem de bölücü özellik taşıyan panellerin kullanımına örnekler görülmektedir.

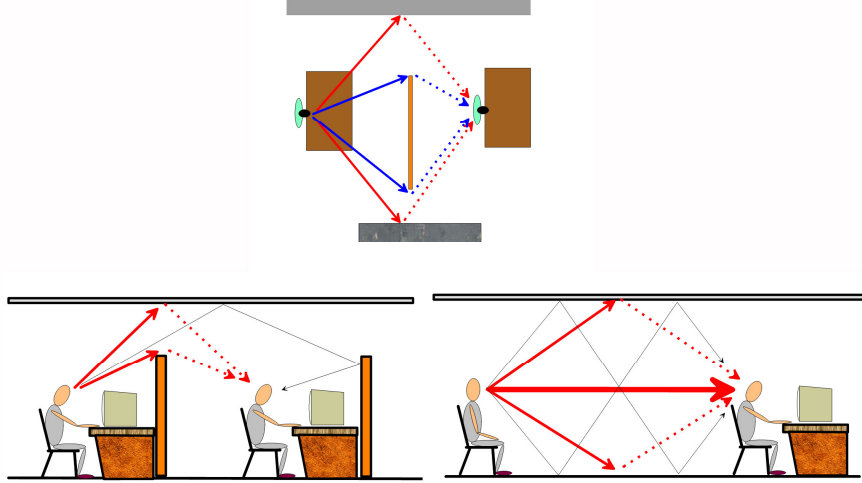


Şekil 3. 8 Açık planlı ofislerde bölücü elemanların kullanımına örnekler [27]

Açık planlı ofis hacimlerinde kaynaktan çıkan sesin büyük bir kısmı engel üzerindeki açıklıktan geçerek alıcıya ulaşır. Bu arada engel yüzeyine gelen sesler de söz konusudur. Bu seslerin bir kısmı engel yüzeyinden yansır, bir kısmı engel yüzeyinin yutuculuğuna göre engel yüzeyinde yutulur, diğer bir kısmı da engelin kütesine bağlı olarak, diğer tarafa geçer. Engel yüzeylerinden kırılmayan sesler (genelde yüksek frekanslı sesler) engelin arkasında akustik gölge bölgesi oluşturur. Akustik gölge bölgesinde kalan kullanıcılar, kaynaktan gelen sestən fazla etkilenmezler.

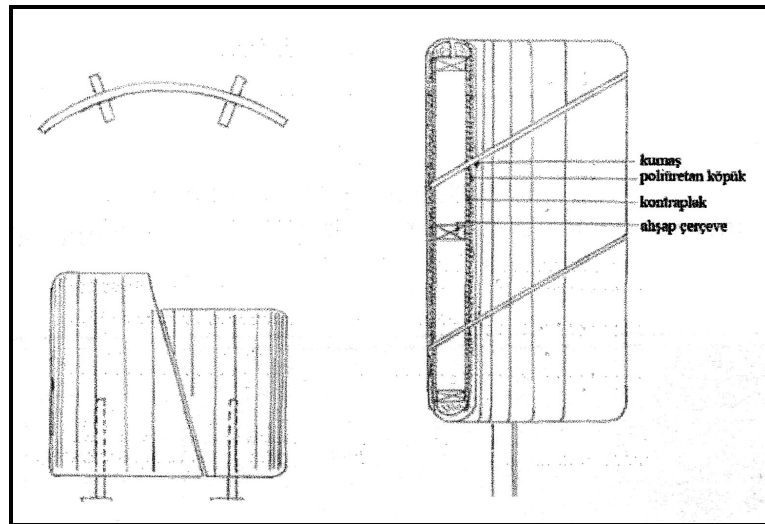
Hacim içinde kullanılan bir engelin etkinliğinin istenilen düzeyde olması için, gereken hesaplamalar yapılarak engel için yeterli boyutlar belirlenmelidir. Bu boyutların belirlenmesinde kabul edilebilir gürültü düzeyi belirlendikten sonra, gürültü kaynaklarının ses düzeyi, gürültü kaynağı ile alıcının engele olan mesafeleri, hacmin tefrişi ve hacim ile engelin yüzey yutuculuk özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle tavan yüzeyinde oluşan yansımalar, engel etkinlik düzeyini olumsuz yönde etkilemektedir. Açık planlı ofis hacimlerinde engelleri kullanırken Şekil 3.9'da görüldüğü gibi engelden ötürü kırılan seslerin yanı sıra, direk tavana giderek yansıyan

sesleri de göz önünde bulundurmak gerekir. Tavan yüzeyinden yansıyan sesler tekrar hacme yayılır.



Şekil 3. 9 Açık planlı ofislerde bölücü elemanların sesi engellemesi [19]

Engel yüzeyinde kullanılan gereçler de hacimdeki yansımaları önlemeleri bakımından önem taşır. Bu nedenle engel yüzeylerinin ses yutucu gereçlerle kaplanmasında yarar vardır. Engellerin ek yüzey olarak kullanılması toplam yutuculuğu artırır ve ses düzeyini etkiler. Şekil 3.10 'da bir engel detayı plan, kesit ve görünüş olarak verilmiştir.

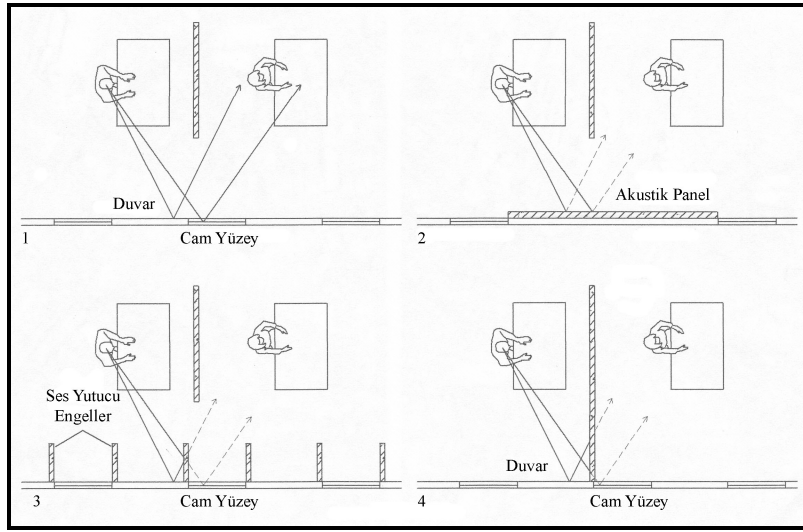


Şekil 3. 10 Bölme elemanı detayı [12]

Engel etkinliğini belirleyen diğer bir etken ise engel kesitinin boyutlarıdır. Eğer engel çok ince bir gereçten yapılmışsa geçen ses daha fazla olur ve engelin etkinliği azalır. Bu

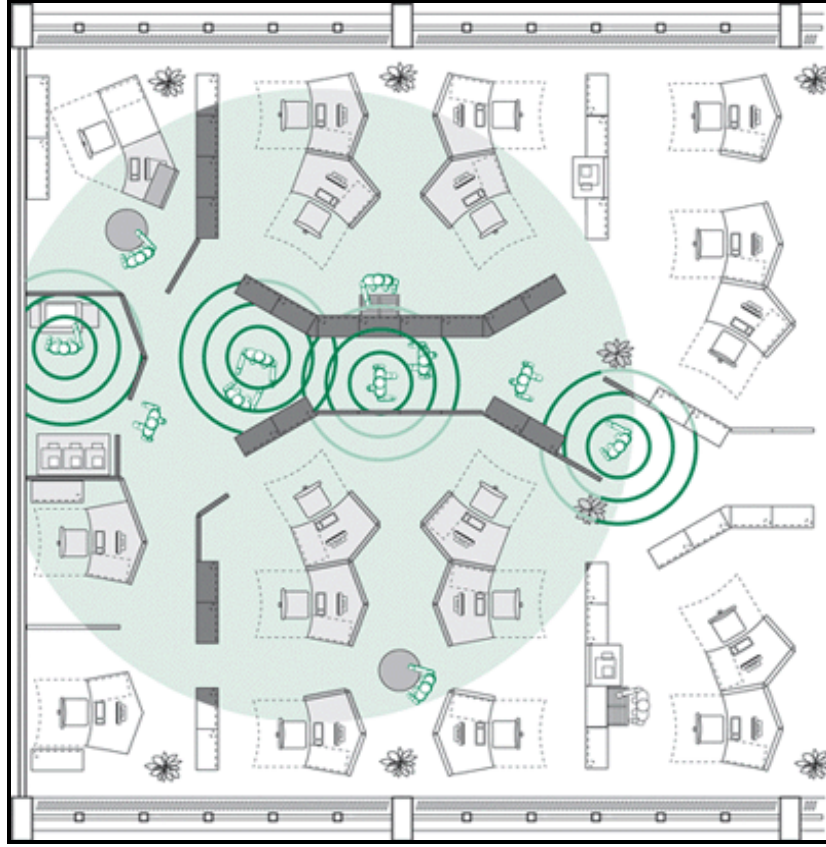
nedenle engelin kesitinin belli değerde olmasında yarar vardır. Genellikle, kullanılan engel kesitleri yaklaşık olarak 8 cm. ile 12 cm. arasında değişmektedir [2].

Hacim içinde engellerin duvar yüzeylerine göre yerleşimi de engel etkinlik düzeyini etkilemektedir. Bunun önlenmesi için Şekil 3.11’de 2., 3. ve 4. durumlarda görüldüğü gibi duvar yüzeyini yutuculuğu yüksek akustik malzeme ile kaplamak, duvar yüzeyine dik bir şekilde yutucu engeller yerleştirmek ve duvar arasında boşluk kalmayacak şekilde engeli yerleştirmek uygulanabilecek çözümler arasındadır.



Şekil 3. 11 Hacim içinde engellerin yerleşimi ve engel etkinliğine etkisi [24]

Açık planlı ofislerde kullanılan engellerin boyutları ve hacmin yüzeylerine göre yerleşimiyle birlikte, iki engel arasındaki mesafenin de engel etkinliği açısından önemi büyüktür. Çünkü hacimde iki engelin Şekil 3.12’de görüldüğü gibi birbirine çok yakın olması durumunda, kaynaktan gelen ses dalgaları iki engel arasındaki açıklıktan geçince, açıklık ses kaynağıymış gibi, bu noktadan küresel dalgalar halinde yayılarak alıcıya gider. Ofis hacimlerindeki bu tip kırınma olaylarını önlemek için engelleri birbirinden ayrı yapmak yani iki engel arasındaki uzaklığı arttırmak gerekmektedir [19].



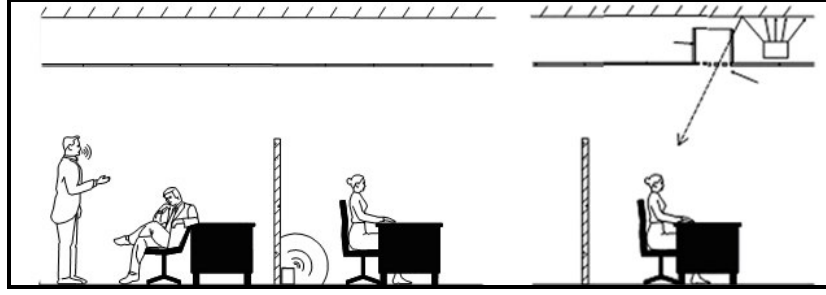
Şekil 3. 12 Bölücü elemanların birbirine çok yakın yerleştirilmesi durumunda sesin izlediği yol [19]

### 3.3.6 Ses Maskeleye Sistemleri

Ses maskeleye, gürültüyü ve konuşmaya özgü rahatsızlıkları maskeleyen; sabit, geniş bantlı, düşük ses düzeyi olarak tanılanmaktadır. Bu sistemler genellikle, ses sinyali üreten, sinyali şekillendiren veya eşitleyen ve sinyali kuvvetlendiren elektronik aletlerle sağlanmaktadır.

Ülkemizde yeni yeni uygulanmaya başlanan bu yöntemde fon gürültüsünün yapay olarak yükseltileceği düzeyin belirlenmesinde, geçme ya da yansıma yolu ile alıcıya ulaşan sesin düzeyi esas alınır. Böylelikle fon gürültüsünün dolaylarında değişim gösteren konuşma seslerini, alıcının ayırt etmesi son derece güçleşir. Bu durum alıcıya iki yönlü yarar sağlar; birincisi dikkatinin dağılması engellenir, ikincisi kaynağın sesi duyulsa da konuşma anlaşılmaz. Bununla birlikte ses maskeleye sisteminde kullanılan yükseltilmiş fon gürültüsü düzeyinin, ofis hacmi için gereken kabul edilebilir gürültü düzeyi değerlerini kesinlikle aşmaması ve mekân içinde olabildiğince az değişim göstermesi gerekmektedir. Ayrıca yükseltilmiş fon gürültüsü kaynağının yani

hoparlörlerin asma tavan sistemindeki yeri, işitsel olarak kesinlikle belirsiz olmalıdır. Şekil 3.13’de ses maskeleye sistemi hoparlörlerinin uygun yerleşimleri görülmektedir.

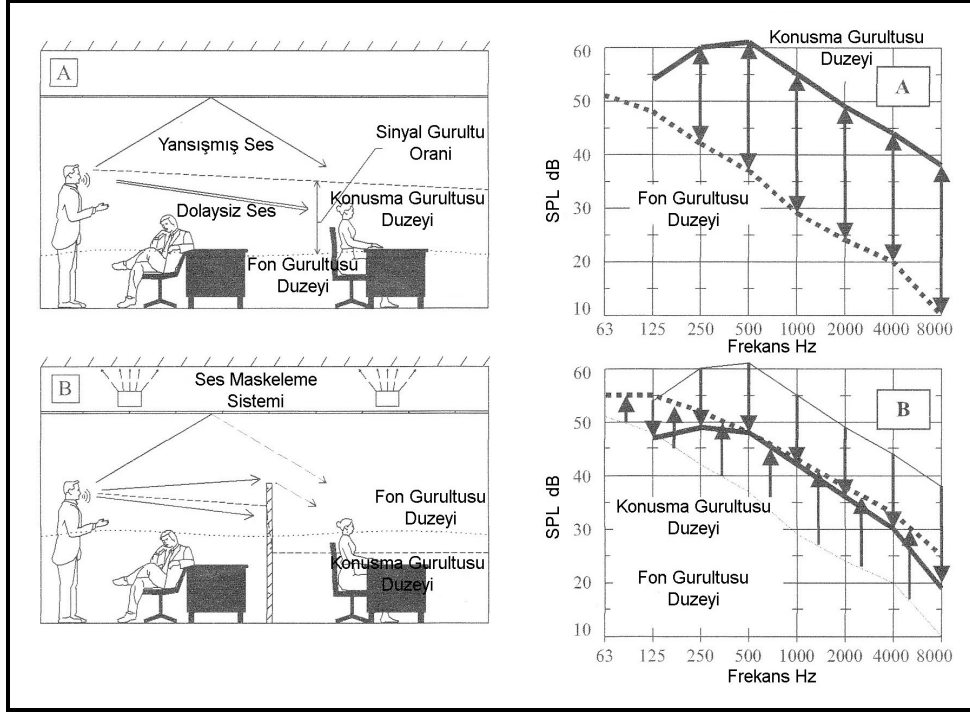


Şekil 3. 13 Ses maskeleye sistemi montajının şematik gösterimi [24].

Yükseltilmiş fon gürültüsünün zaman içinde uzun ya da kısa periyotlarla değişim ya da dalgalanma göstermemesiyle birlikte tayfsal yapısı normal ofis etkinliklerinin yol açtığı gürültüye benzemelidir. Beyaz veya pembe gürültü olmamalıdır. Ayrıca ayırt edilebilir frekans bileşenlerine sahip olmamasına dikkat edilmelidir. Ses maskeleye sisteminde kullanılacak gürültünün spektrumu belirlendikten sonra düzeyi tespit edilmelidir. Maskeleye gürültüsü en fazla NC 40 (Noise Criteria) ve ya 48 dBA olmalıdır. Açık planlı ofisler için genellikle 45 dBA kabul edilebilir değer olmaktadır [28].

Şekil 3.14’de açık planlı bir ofiste gürültü denetimini sağlamak için hacimde akustik açıdan engel, ses maskeleye sistemi ve tavanda yutucu malzeme kullanımından sonra oluşan değişim şematik olarak görülmektedir. B durumunda gerekli önlemler alındıktan sonra alıcı hacimde konuşma gürültüsünün fon gürültüsü düzeyinin altında kaldığı anlaşılmaktadır. Grafikler incelendiğinde ise, engel ve tavanda yutucu malzeme kullanımıyla hacimde konuşma gürültüsünün düzeyi düşürülmüş ve ses maskeleye sisteminin kullanımıyla da hacimdeki fon gürültüsü düzeyi yükseltilerek, gereken gizliliğin sağlandığı görülmektedir.

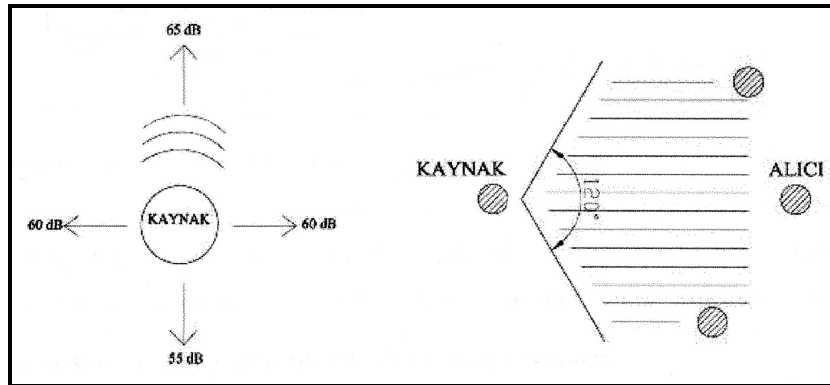




Şekil 3. 14 Ses maskeleme sistemi ve gürültü düzeyine etkisi [24]

### 3.4 Konuşmanın Anlaşılabilirliği ve Gizliliği

Açık planlı ofislerde işitsel konforun sağlanabilmesi, büyük oranda konuşmanın anlaşılabilirliği ve konuşma gizliliğinin uygun değerlerde tutulmasına bağlıdır [29]. Konuşmanın iyi anlaşılabilmesinde, kaynağın yeri ve kaynakla alıcının bulunduğu doğrultu önem taşır. Bu nedenle konuşan kişilerin, konuşmaları sırasında birbirlerine yönelmeleri, hem konuşmanın anlaşılması, hem de diğer kullanıcıların rahatsız olmamaları açısından önemlidir. (Şekil 3.15).



Şekil 3. 15 Ses kaynağı-alıcı uzaklığı ve doğrultusu [2]

Kaynak ile alıcı arasındaki uzaklığın fazla olması durumunda konuşmanın anlaşılabilmesi için kaynağın ses düzeyi artmakta ve bunun sonucunda diğer kullanıcılar



rahatsız olmaktadır. Konuşmanın anlaşılabilir olmasında hacimdeki fon gürültüsü düzeyi de önem taşır. Hacimde normal konuşmaların anlaşılmasının güçleşmesi durumunda telefon ile yapılan konuşmaların anlaşılması da güçleşir. Bu durumda telefonu kullanan kişiler daha fazla güç harcayarak konuşmak zorunda kalırlar. Sonuçta telefonda konuşan kişiler, çevrelerindeki diğer kişilere rahatsızlık verir. Bu karşılıklı rahatsız edici etkiyi ortadan kaldırmak için bazı önlemler almak gerekir [29].

Açık planlı ofis hacimlerinde konuşma gizliliğinin sağlanması önemli bir planlama sorunudur. Çünkü bu hacimlerde ofis eylemlerinin tümü bir arada yapılır. Kimi zaman mesleki konuşmaların diğer kullanıcılar tarafından duyulması istenmez. Bu gibi durumlarda, tavan ve döşemede alınan önlemlerden çok, belli aralıklarla kullanılan engellerin önemi büyüktür [2].

### **3.5 Açık Planlı Ofislerde Kabul Edilebilir Değerler**

Belirli bir eylemin, akustik konfor durumu bozulmadan gerçekleştirilebileceği düzeylere ya da hacmin işlevine bağlı aşılmaması gereken gürültü düzeylerine kabul edilebilir gürültü düzeyleri denir. Bir mekânda gürültü denetimine gerek olup olmadığı, eğer varsa alınması gereken önlemlerin nitelik ve niceliği kabul edilebilir gürültü düzeylerine göre saptanır.

Birçok ülkede, gürültüden korunma konusunda yürürlüğe konmuş bulunan yasa ve yönetmelikler vardır. Bu yasa ve yönetmelikler, gürültü düzeylerini sınırlandırıp, gürültüden korunma yollarının denetlenmesi ve uygulanması sorumluluğunu, yapılmış binalarda gürültüden korunma isteklerinin gerçekleştirilmesine kadar geçecek sürenin belirlenmesi, gürültü çıkaran makine ve araçları üretenlerin ürettikleri eşyanın deneysel yoldan elde edilecek ses basınç düzeylerini veya eş değerde niteliklerini belirlemeleri zorunluluğunu düzenler. Ayrıca bu yasa ve yönetmelikler, proje çalışmaları açısından çok büyük önem taşımakta; izin verilen maksimum gürültü düzeyine uyulup uyulmayacağına daha proje çalışmaları sırasında sürdürülecek inceleme ve ispatlarla belirlenmesi için gerekli ön şartları hazırlamaktadır.

#### **3.5.1 Fon Gürültüsü**

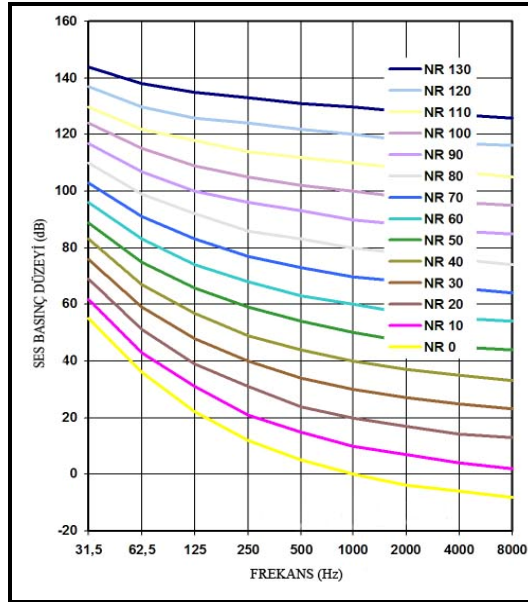
Hacimlerde kabul edilebilir yani işlevin gerçekleşmesini zedelemeyecek gürültü düzeyleri, ulusal ve uluslar arası standartlarda gürültünün tayfsal ya da toplamsal olarak

ele alınmasına bağılı değişimler gösterir. Fon ya da arka plan gürültüsü olarak tanımlanan bu gürültü düzeyleri, çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliğinde toplamsal olarak belirtilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3. 1 Ofis yapılarında kabul edilebilir iç ortam gürültü düzeyleri [30]

Kullanım Alanı		Kapalı Pencere $L_{eq}$ (dBA)	Açık Pencere $L_{eq}$ (dBA)
		Kullanım alanlarında herhangi bir faaliyet olmadığı durumlardaki değerler:	
Ticari Yapılar	Büyük ofis	45	55
	Büyük daktilo ve bilgisayar odaları	50	60
	Özel büro (Uygulamalı)	45	55
	Genel büro (Hesap, yazı bölmeleri)	50	60

ISO tarafından oluşturulan NR değerleri ile NC, RC, NCB gibi ölçütler ise kabul edilebilir değerleri tayfsal olarak ele almaktadır. NR eğrileri grafiği Şekil 3.16'da, ofis yapıları için önerilen NR eğrileri ve bu eğrilere karşılık gelen eşdeğer ses basınç düzeyleri ise Çizelge 3.2'de görülmektedir.

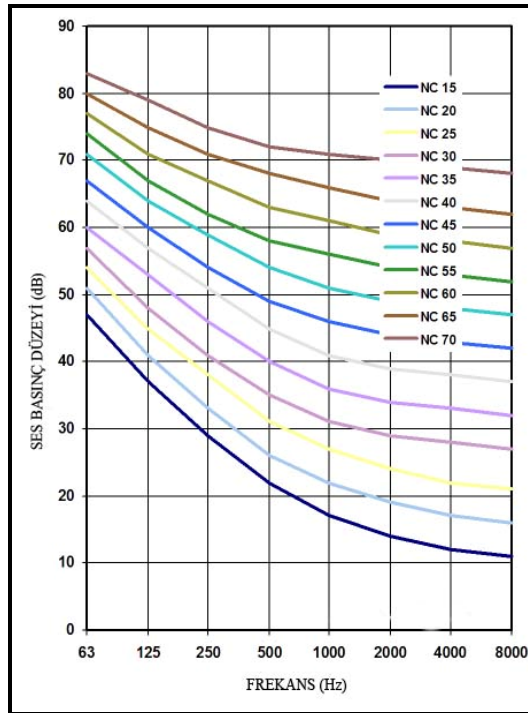


Şekil 3. 16 NR eğrileri [31]

Çizelge 3. 2 Ofis yapıları için önerilen NR değerleri [31]

Hacimler	NR Eğrisi	Eşdeğer Ses Düzeyi (dBA)
Ofisler	40	45-55
Ofis araçlarının bulunduğu hacimler	50	55-60

Amerika ısıtma, soğutma ve hava koşullaması mühendisleri derneği (ASHRAE) tarafından geliştirilen ve yapı içindeki mekanik sistem gürültülerinden kaynaklanan fon gürültüsüne ilişkin kabul edilebilir üst sınır gürültü düzeylerini tanımlamada kullanılan NC (Noise Criteria/1957 Beranek) eğrileri grafiği Şekil 3.17’de ve ofisler için önerilen NC değerleri ile eşdeğer ses düzeyi değerleri ise Çizelge 3.3’de yer almaktadır.



Şekil 3. 17 NC Eğrileri [31]

Çizelge 3. 3 Ofis yapıları için önerilen NC değerleri [31]

Hacimler	NC Eğrisi	Eşdeğer Ses Düzeyi (dBA)
Ofis		
Açık Planlı Ofisler	35-40	45-50
Ofis araçları, bilgisayarlar	40-45	50-55

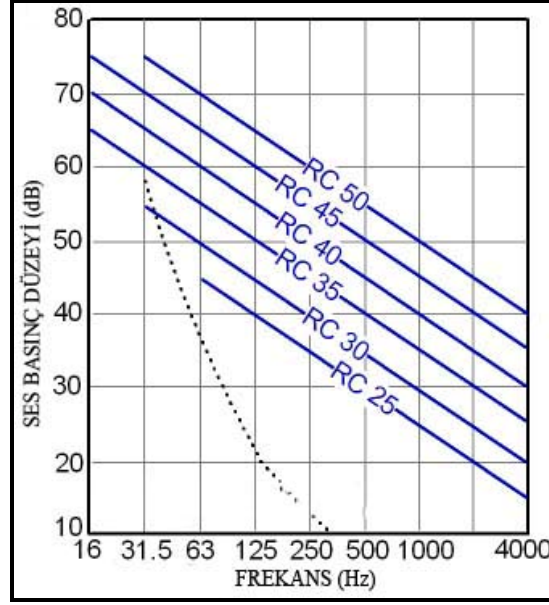
Çizelge 3. 4 Açık planlı ofisler için önerilen NR ve NC eğrilerine karşılık gelen frekansa bağlı ses düzeyleri [31]

NR VE NC EĞRİLERİ FREKANS DEĞERLERİ						
EĞRİLER	FREKANSLAR (Hz.)					
	125 Hz.	250 Hz.	500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.
NR 40	57,0	49,0	44,0	40,0	37,0	35,0
NR 50	66,0	59,0	54,0	50,0	47,0	45,0
NC 35	52,0	45,0	40,0	36,0	34,0	33,0
NC 40	56,0	50,0	45,0	41,0	39,0	38,0
NC 45	60,0	54,0	49,0	46,0	44,0	43,0

NC eğrileri, insan kulağının kalın seslere karşı olan duyarlılık azalmasını telafi edecek biçimde oluşturulmuştur. NC eğrilerine göre alçak ve yüksek frekans bölgelerindeki belli alanları içermeyen, ancak benzer özellik gösteren RC (Room Criteria) eğrileri, mekanik sistem tasarımcıları tarafından daha fazla tercih edilebilmektedir (Çizelge 3.5, Şekil 3.18).

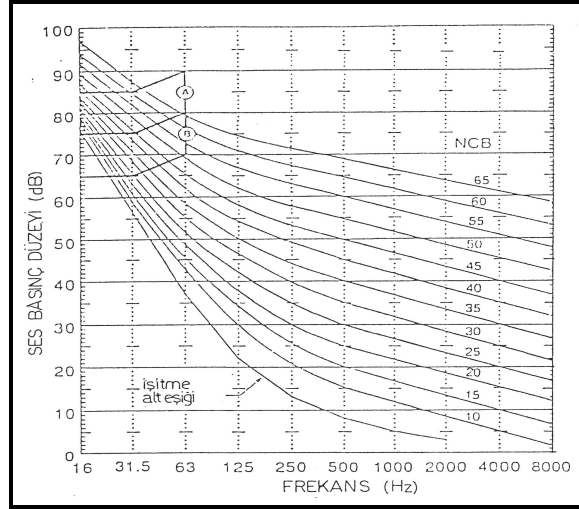
Çizelge 3. 5 Ofis yapıları için önerilen RC değerleri [31]

Hacimler	RC Eğrisi	Eşdeğer Ses Düzeyi dBA
Ofis		
Açık Planlı Ofisler	35-40	45-50
Ofis Araçları, bilgisayarlar	40-45	50-55



Şekil 3. 18 RC Eğrileri [31]

NCB (Balanced Noise Criteria) eğrileri, konuşmanın algılanmasına engel olan gürültüye ilişkin olarak 1957'de Beranek tarafından geliştirilen NC (Noise Criteria) eğrilerinin 1988'de yenilenmesi ile oluşmuş eğrilerdir. Bu eğriler, NC eğrilerinden farklı olarak alçak ve yüksek frekanslarda geliştirilmiş ve yenilenmiştir (Şekil 3.19, Çizelge 3.6). NCB eğrileri tayfı sürekli olan ve yalnızca en fazla iki yalın ses bileşeni olan gürültüler için önerilir.



Şekil 3. 19 NCB Eğrileri [31]

Çizelge 3. 6 Ofis yapıları için önerilen NCB değerleri [31]

Hacimler	NCB Eğrisi	Eşdeğer Ses Düzeyi dBA
Ofis		
Özel Ofis	30-40	38-48
Genel Ofis	40-50	48-58

Bu veriler ışığında, bu çalışma kapsamında ilgili bilgisayar yazılımı yardımıyla incelenecek açık planlı ofis hacmi için fon gürültüsü sınır düzeyi 50 dBA olarak belirlenmiş ve değerlendirmeler buna göre yapılmıştır. Modelleme yoluyla elde edilen verilerin frekansa bağlı değerlendirmeleri için ise NR40 ve NC40 eğrileri sınır düzeyler olarak alınmıştır.

### 3.5.2 Hacmin Toplam Yutuculuğu

Açık planlı ofislerde hacim akustiği konfor koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun için tavan ve döşeme malzemelerinin akustik özellikleri öne çıkmaktadır. Tavan tasarımında amaç, tavan yüzeyinin sesi yutarak sesin çalışma alanına yansımalarını engellemektir. Bu bağlamda tavanın ses yutuculuğu, aydınlatma araçlarının tipi ve konumu önem kazanmaktadır. Yüksek performanslı tavan sisteminde, işitsel konfor belirleyiciliğinde mahremiyet için tavan malzemesinin 45 ile 55 derece açıyla tavana gelen sesi yutma özelliğini ölçen bir sınıflama olan AC (Articulation Class) değeri için kabul edilebilir değer 180 ile 200 arasında değişmektedir.

Döşeme tasarımında amaç, döşeme yüzeyinin hava doğuşumlu sesleri yutmak, adım/darbe seslerini ve seslerin geçişini en aza indirmeye yardım etmektir. Bunun için döşemenin ses yutuculuğu ve uygun malzeme seçimi önem kazanmaktadır. Döşeme sistemi, kullanılan malzemeye göre 0,015 ile 0,25 oranları arasında değişen NRC ve/veya 35-60 oranları arasında değişen IIC (Darbe Yalıtım Sınıfı) değerlerine bağlı olarak seçilir. Ayrıca, havada doğan ses geçiş kayıpları için STC (Ses Geçiş Kaybı) değerlerinin de yüksek olması istenir.

Açık planlı ofisler için yansım süresi 1.00 sn.'nin altında olmalıdır.

### 3.5.3 Konuşmanın Anlaşılabilirliği ve Gizliliği

Bu hacimlerde yansıma süresi (RT) değerinin uzun olması, işitsel mahremiyeti azaltıcı ses düzeyi artışına yol açacaktır. Bu yüzden RT'nin açık planlı ofislerde mümkün olduğunca kısa tutulması önerilmektedir. Yüksek işitsel mahremiyete sahip işitsel konfor gereksinimleri bakımından iyi tasarlanmış bir açık planlı ofiste, ayrıca S/N oranının "0" a yakın hatta negatif değerler alması istenmektedir [24].

ANSI tarafından geliştirilmiş, açık planlı ofislerde konuşmanın anlaşılabilirliği ve gizliliğini belirlemek için kullanılan, söylem göstergesi (AI) frekans ağırlıklı sinyal gürültü oranı ölçütüdür. 0 ile 1 arasında değer alan AI ölçütü konuşmanın ne kadar anlaşılabilirliğini göstermektedir. AI değerini 1'den çıkartarak konuşma gizliliği değerini elde ederiz. Konuşma gizliliği ve konuşmanın anlaşılabilirliğinin matematiksel ve öznel ifadesi Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3. 7 Gizlilik ve anlaşılabilirlik değerlerine karşılık gelen AI değerleri [18]

AI	Anlaşılan Cümlelerin Oranı %	Anlaşılabilirlik	Gizlilik
AI>0.4	>90	Çok İyi	Yok
0.4>AI>0.2	80	İyi	Kötü
0.2>AI>0.1	50	Zayıf	Kabul
0.1>AI>0.05	20	Kötü	Normal
AI<0.05	0	Çok Kötü	Güvenilir

### 3.5.4 Engeller

Mobilya/tefriş tasarımında amaç, mobilya sisteminin sesin çalışma alanları boyunca ilerlemesini önleyecek, gerekli işitsel konfor ve mahremiyet koşullarını sağlayıcı nitelikte seçilmesi ve düzenlenmesidir. Bunun için yüksek performanslı ses yutuculuğa sahip mobilya kullanımı ve mekân düzenlemesi içerisinde akustik gölge sağlayıcı ve toplam yutuculuğu artırıcı akustik engel uygulaması önem kazanmaktadır. Kullanılacak akustik engellerin; ses geçirmezliğinin STC 20 ve üstü değere sahip olması ve 1,7 m. ve üzeri yükseklikte uygulanması, sesin yutulmasında ise, en az NRC 0.60 değerini sağlaması önerilmektedir [26].

### ACIK PLANLI OFISLERDEKİ GÜRÜLTÜ ENGELİ ETKİNLİĞİNE YÖNELİK GÜNÜMÜZE KADAR YAPILAN ÇALIŞMALARLA ÖRNEKLER

#### 4.1 Kapalı Hacimdeki Gürültü Engelinin Etkinliği – S.K.Lou ve S.K.Tang'ın Çalışması

S.K.Lou ve S.K.Tang tarafından yapılan, kapalı hacimlerdeki sabit gürültü engellerinin etkinliğinin deneysel, teorik ve sayısal analizlerini içeren çalışmada, açık alanda yer alan gürültü engellerinin etkinliğiyle ilgili mevcut sayısal formüller geliştirilerek, kapalı hacimlerde iç yüzeylerden oluşan yansımaların da değerlendirmeye alındığı, yeni bir matematiksel formül elde edilmiştir. Bunun için öncelikle, engel etkinliğine yönelik olarak önceki yıllarda yapılan çalışmalardan Moreland ve Musa'nın teorisi açıklanmış ve bu teori ile öne sürülen matematiksel formüllerin geliştirilmesiyle, kapalı hacimlerde engel etkinliği için deneysel sonuçlara yakın verilere ulaşılmasını sağlayan yeni bir formülün elde edilme aşamaları özetlenmiştir. Daha sonra yeni formülün doğruluğunu ispatlamak amacıyla, *ray-tracing* yöntemini temel alan *Raynoise* bilgisayar yazılımı ile örnek bir hacim için elde edilen veriler, aynı özellikteki hacimde yapılan ölçme sonuçları ile kıyaslanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde bu çalışmada öne sürülen matematiksel formülün önceki teorilere göre pratikte elde edilen sonuçlara daha yakın engel etkinliği değerlerini sağladığı görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında ele alınan teori ve matematiksel formül ile yeni geliştirilen formül ve sonuçların karşılaştırılması için yapılan deneyde kullanılan hacmin özellikleri ile ilgili açıklamalar aşağıda yer almaktadır.



### ***Moreland ve Musa'nın teorisi***

Çalışmada, hacim içinde ses enerjisi yoğunluğu ile yüzey yutuculuklarının düzgün yayındığını kabul eden ve özellikle açık planlı ofisler gibi hacimlerde nadir olarak gerçek sonuçlara yakın veriler elde edilmesini sağlayan önceki yaklaşımlar arasında en iyi yöntemin, Moreland ve Musa tarafından geliştirildiği öne sürülmüştür. Buna göre, kapalı hacimdeki bir nokta kaynağa göre engelsiz ve engelli durumlar için SPL değerleri aşağıdaki formüllere göre belirlenebilmektedir.

$$SPL_{\text{engelsiz}} = SWL + 10 \log \left( \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{S_0 \alpha_0} \right) \quad (4.1)$$

$$SPL_{\text{engelli}} = SWL + 10 \log \left( \frac{QD}{4\pi r^2} + \frac{4K_1K_2}{S(1-K_1K_2)} \right)$$

$$K_1 = \frac{S}{S_1 \alpha_1 + S}$$

$$K_2 = \frac{S}{S_2 \alpha_2 + S}$$

$$D = \sum_i \frac{1}{3 + 10N_i}$$

$$N_i = \frac{2\delta_i}{\lambda}$$

Bu formüllerde;

SWL: Kaynağın ses gücü düzeyi

Q: Kaynağın doğrultululuk faktörü (Döşeme yakınındaki kaynaklar için 2, hacmin iki yüzeyinin kesişiminde yer alan kaynaklar için 4, hacmin köşesindeki kaynaklar için 8 değerini alır.)

S<sub>0</sub>: Hacmin alanlarının toplamı

S: Engel kenarları ile hacmin yüzeyleri arasındaki boş alanların toplamı

α<sub>0</sub>: Engelsiz durumda hacmin ortalama yüzey yutuculuk katsayısı

r: Engelsiz durumda, kaynak ve alıcı arasındaki mesafe

D: Kırınım katsayısı

$N_i$ : Sesin, engelin kaçınıcı kenarından kırındığını gösterir Fresnel sayısı

$\lambda$ : Sesin dalga boyu

$\delta_i$ : Alıcı ve kaynak arasında dolaylı yol ile dolaysız yol arasındaki yol ayrımı

$S_1\alpha_1$  ve  $S_2\alpha_2$ : Engelli durum için kaynak hacmin ve alıcı hacmin ses yutuculuklarını ifade etmektedir.

Bu teoriye göre engel etkinliğinin düzeyi,  $SPL_{engelsiz}$  ve  $SPL_{engelli}$  formülleriyle elde edilen sonuçların farkından bulunmaktadır.

### ***Yeni geliştirilen yöntem ve değerlendirilmesi***

Bu çalışma kapsamında yeni geliştirilen yöntem, özellikle açık planlı ofislerde önem kazanan duvarlar, döşeme ve tavan arasındaki meydana gelen çok sayıda yansımayı ve ses basınç düzeyindeki uzaklık ile azalmayı hesaba katacak şekilde düzenlenmiştir. Buna göre Moreland ve Musa'nın teorisinden yola çıkarak geliştirilen formül aşağıda yer almaktadır.

$$\Delta L = 10 \log_{10} \left[ \frac{\frac{Q_a}{4\pi r^2} + A \cdot 10^{-\frac{\Delta}{10}}}{\frac{Q_b D}{4\pi r^2} + B \cdot 10^{-\frac{\Delta_s}{10}}} \right] \quad (4.2)$$

Bu eşitlikteki değerlerin hesaplanması için gereken formüller aşağıda belirtilmiş ve açıklanmıştır.

$$\Delta = 1.4P_a/C$$

$Q_a$ : Engelsiz durum için kaynağın doğrultululuk faktörü (Döşeme yakınındaki kaynaklar için 2, hacmin iki yüzeyinin kesişiminde yer alan kaynaklar için 4, hacmin köşesindeki kaynaklar için 8 değerini alır.)

C: Hacmin kesitinin alanı

P: Hacmin kesitinin çevresi

$\alpha$ : Ortalama yüzey yutuculuk katsayısı

$$A = \frac{4}{R_{c0}} \quad (4.3)$$

Bu eşitlikteki  $R_{c0}$  değeri, engelsiz durumda, hacim için sabit bir değerdir. Bu değer belirlenmesinde kullanılacak eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$R_{c0} = \frac{S_0 \alpha_0}{1 - \alpha_0} \quad (4.4)$$

B sabit değeri aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak bulunabilir. Burada  $K_{1r}$  değeri kaynak hacim için,  $K_{2r}$  değeri alıcı hacim için belirlenen sabit değerlerdir.

$$B = \frac{4K_{1r}K_{2r}}{S(1 - K_{1r}K_{2r})}$$

(4.5)

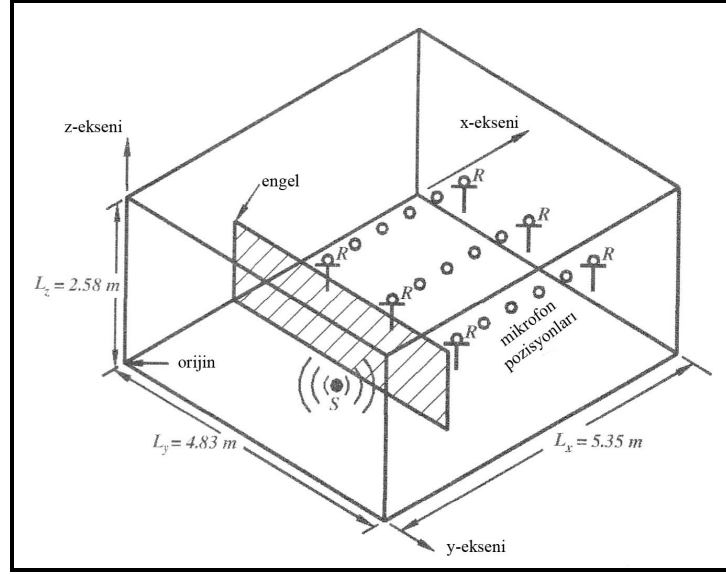
$$K_{1r} = \frac{S}{R_{c1} + S} \quad K_{2r} = \frac{S}{R_{c2} + S}$$

$$R_{c1} = \frac{S_1 \alpha_1}{1 - \alpha_1} \quad R_{c2} = \frac{S_2 \alpha_2}{1 - \alpha_2}$$

Bu eşitliklerden faydalanarak bulunan engel etkinliği değeri ile örnek hacimde yapılan ölçme sonuçları karşılaştırılmıştır.

### ***Örnek Hacimde Yapılan Ölçmeler***

Bu çalışma kapsamında örnek hacimde engelli ve engelsiz durumlar için 18 ayrı noktada SPL ölçümü yapılmıştır. Ölçme yapılan hacmin boyutlarıyla ilgili özellikleri, engelin konumu ve ölçme noktaları ile kaynağın konumu Şekil 4.1 'de görülmektedir. Bu hacim bir üniversite dersliğidir ve ölçme sırasında hacim boş durumdadır. Hacmin duvarları tuğla duvar üzeri sıva, tavanı asma tavan, döşemesi ise kauçuk esaslı malzemedir.



Şekil 4. 1 Örnek hacmin boyutları ile kaynak, engel ve alıcı noktalarının konumları SPL ölçmeleri belirlenen alıcı noktalarında ( $x=2,53 - 3,5 - 4 - 4,5 - 5$  m.  $y=1,215 - 2,415 - 3,615$  m.), döşemeden üç ayrı yükseklikte, 0,45 m., 1 m. ve 1,6 m.'de engelli ve engelsiz durumlar için tüm oktav bantlarda (125Hz. – 8000 Hz.) tekrarlanmıştır. Ölçmelerde kullanılan engel  $x= 2$  m. ,  $y=0 - 3,615$  m.) yüksekliği 1,22 m.'dir ve kontrplaktan yapılmıştır. Ölçmelerde kullanılan nokta kaynak ( $x=1,5$  m.  $y=2,415$  m.) ise döşemeden 0,15 m. yükseğe yerleştirilmiştir.

Deney için öncelikle hacimdeki toplam yutuculuk değerini belirlemek amacıyla yansıma süresi ölçümü yapılmış ve bu ölçüm sonucuna göre hacmin ortalama yutuculuk değeri hesaplanmıştır. Buna göre belirlenen yutuculuk değerleri Çizelge 4.1'de görülmektedir.

Çizelge 4. 1 Örnek hacmin yansıma süresi ve ortalama yutuculuk değerleri

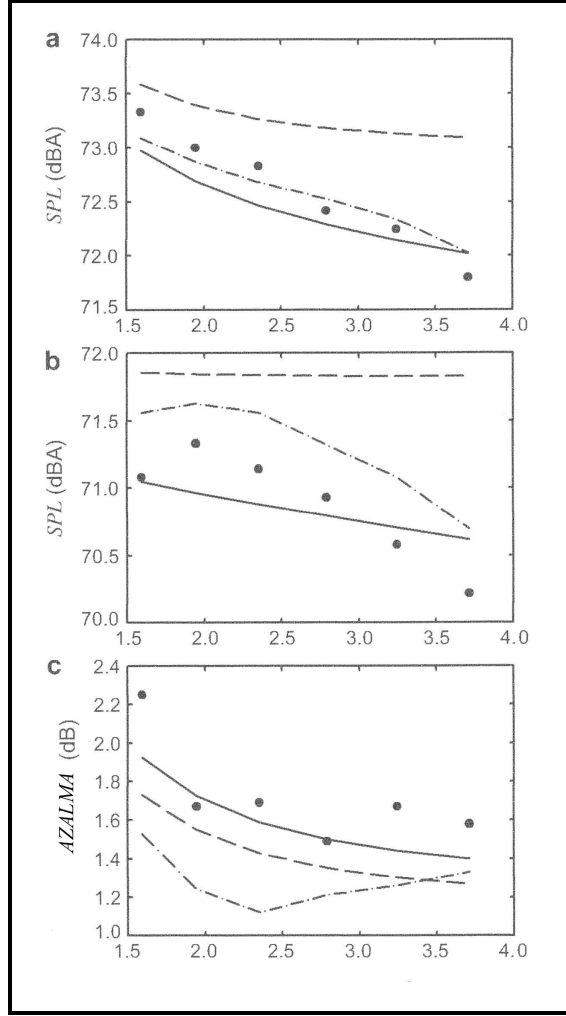
Frekans (Hz)	Engelsiz boş hacim	
	Yansıma Süresi (s)	Ort.yutuculuk katsayısı
125	1,701	0,06
250	1,307	0,079
500	1,148	0,09
1000	1,116	0,092
2000	1,235	0,083
4000	1,206	0,086
8000	0,948	0,109

### ***Sonuçlar ve Değerlendirme***

Şekil 4.2 ve 4.3’de görülen grafiklerden a grafiği engelsiz durum için, b grafiği ise engelli durum için hesaplanan ve ölçme yoluyla belirlenen SPL değerlerini göstermektedir. c grafiğinde ise engel etkinliğini belirleyen a ve b grafiklerinde yer alan sonuçlar arasındaki fark gösterilmektedir. Grafiklerdeki değerler için alıcı noktaları koordinatları ise  $x=1,5$  m. – 4 m.,  $y=1,215$  m. ve  $z=0,45$  m.’dir. Şekil 4.2’de görülen grafikler 1000Hz. frekansında hesaplanan ve ölçülen değerler belirtilmektedir. Şekil 4.3’deki grafiklerde ise değerler 8000Hz. frekansı içindir.

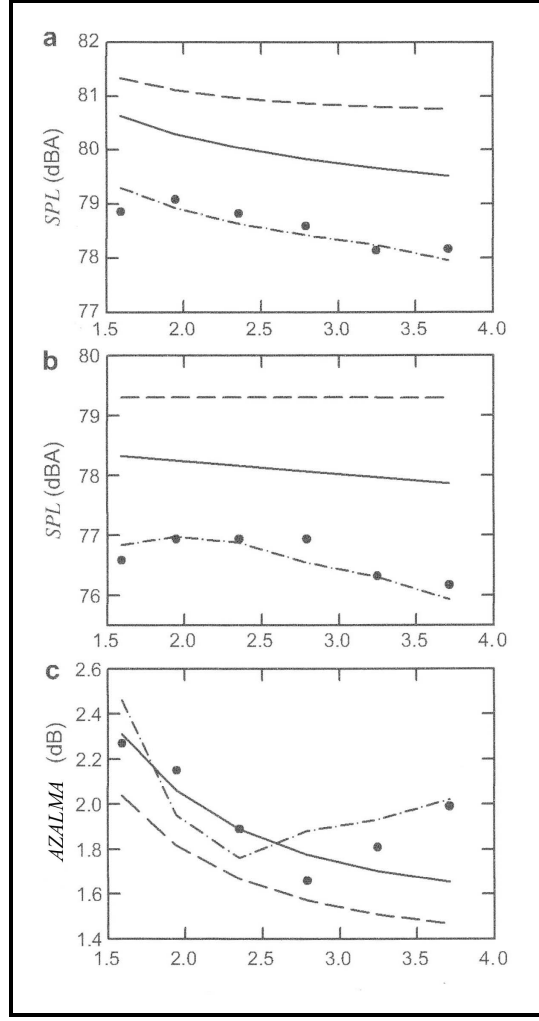
Grafikler incelendiğinde Şekil 4.2 ‘deki a ve b grafiklerinde 2,5 m.’den daha büyük olan kaynak alıcı arası mesafelerde ölçülen SPL değerlerinin, eşitliklerle hesaplanan değerlerden daha yüksek çıktığı görülmektedir. Deney sonuçlarına göre, ilk yansımaların engel tarafından önlenmesi ve tavanın yutuculuğu sebebiyle SPL değerindeki azalma, kaynak alıcı arasındaki mesafenin 2,5 m.’den daha fazla olduğu durumlarda artış göstermektedir. Şekil 4.3 ‘de yer alan 8000 Hz. frekansındaki değerlerin belirtildiği c grafiğinde de görülen bu olay, *ray-tracing* yönteminin kullanıldığı *Raynoise* yazılımı ile tahmin edilebilmektedir.

Sonuç olarak üç yöntemin engel etkinliği ile ilgili sonuçlar ve grafikler incelendiğinde, bu çalışma sonucu elde edilen yöntemin, Moreland ve Musa’nın teorisi ile *ray-tracing* yöntemine göre daha başarılı olduğu görülmektedir.



●: Ölçülen değerler ---: Moreland ve Musa'nın teorisi  
 —: Yeni formül -.-: RAYNOISE

Şekil 4. 2 Örnek hacimde ölçülen SPL değerlerinin 1000 Hz. frekansındaki farklı engel-  
 alıcı uzaklıklarındaki düzeylerini gösteren grafikler.(a) engelsiz durum, (b) engelli  
 durum, (c) iki durumun farkını göstermektedir.



●: Ölçülen değerler ---: Moreland ve Musa'nın teorisi  
—: Yeni formül -.-: RAYNOISE

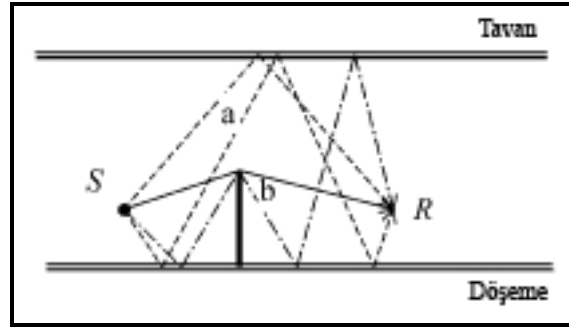
Şekil 4. 3 Örnek hacimde ölçülen SPL değerlerinin 8000 Hz. frekansındaki farklı engel- alıcı uzaklıklarındaki düzeylerini gösteren grafikler.(a) engelsiz durum, (b) engelli durum, (c) iki durumun farkını göstermektedir.

#### 4.2 Açık Planlı Ofislerde Engel için Matematiksel Model-C.Wang ve J.S.Bradley'nin Çalışması

COPE (*Cost-effective Open-Plan Environments*) projesi kapsamında C.Wang ve J.S.Bradley tarafından yapılan bu çalışmada, görüntü kaynak tekniğinin kullanılmasıyla, tavan ve döşemede meydana gelen yansımaların etkisi de hesaba katılarak, engel etkinliğinin belirlenmesine yönelik bir model geliştirilmiştir. Döşeme ve tavanın akustik özelliklerinin dikkate alınmasına ek olarak, engelin ses geçiş kaybı değeri ile yutuculuğu ve ses dalgalarının girişimi (enterferansı) de göz önünde bulundurulmuştur. Geliştirilen bu modelin alıcı noktasındaki toplam ses düzeyine, yansımış seslerin ve

kırınan seslerin etkisini tespit edebildiği ve böylelikle açık planlı ofislerin akustik tasarımının iyileştirilmesine yarar sağladığı belirtilmiştir.

Kapalı bir hacim içindeki engelin arkasındaki alıcıya ses enerjisinin ulaşmasını sağlayan ve engel etkinliğini düşüren iki önemli nedenin, engel kanarlarında oluşan kırınmalar ve hacmin tavanında meydana gelen yansımalar (Şekil 4.4) olduğunun önemle vurgulandığı bu makalede öncelikle, yüksekliğiyle karşılaştırıldığında eni ve boyu daha büyük olan kapalı bir hacimde bulunan engelin etkinliğinin teorik değerlendirilmesi yapılmıştır. Buna göre açık alandaki engel etkinliğine yönelik geliştirilen formüllerden ve Maekawa'nın engel kırınma sonuçlarından başlayarak, genel bir tanımlamayla, ses dalgaları arasındaki girişim ve engel yutuculuğu ile döşemede ve tavanda meydana gelen yansımaları hesaba katarak, kapalı bir hacimdeki engel etkinliğini hesaplamaya yönelik bir yaklaşım geliştirilmiştir.



Şekil 4. 4 Kapalı hacimde sesin yayılması

Bu çalışmada kapalı hacimde bulunan bir engelin akustik davranışının incelenmesinde tavanda ve döşemede oluşan yansımaların modellenmesi için görüntü kaynak yöntemi kullanılmıştır. Döşeme ile tavan arasında oluşan çok sayıda yansımanın modellenmesi için tavanda ve döşemede çok sayıda görüntü kaynak oluşturulabildiği ve bu yöntemin doğruluğunun, görüntü kaynak sayısı ile doğru orantılı olduğu açıklanmıştır.

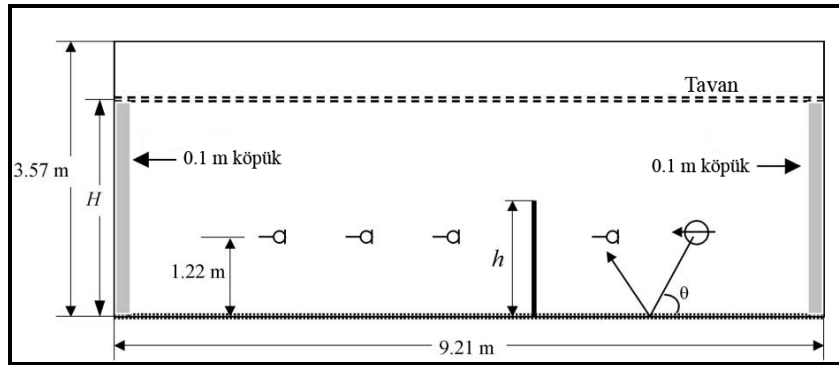
### ***Test Odasının Özellikleri***

Bu çalışma kapsamında geliştirilen modelin doğruluğunu ispatlamak için, NRCC (*Institute for Research in Construction*) tarafından çok sayıda deney yapılmıştır. Şekil 4.5'de test odasının düzeni görülmektedir. Deneyde, uzunluğu 4,66 m. (odanın enine eşit) olan, 1,22 m. ve 1,52 m yüksekliğe sahip iki engel test edilmiştir. Kaynak ve mikrofonlar odanın merkez doğrultusunda, 1,22 m. yükseklikte yerleştirilmiştir. Kaynağın çıkış gücü ve doğrultululuğu yansısız ve yansısız odada ayrı ayrı



ölçülmüştür. Test odasının duvarları 0,1 m. kalınlığında ses yutucu köpük malzemeyle kaplanmıştır. Test odasının döşemesi akustik özelliği olmayan SAA değeri 0.19 olan sıradan ince bir halıyla kaplanmıştır. Halının lokal olarak tepki gösterdiği farz edilerek belirli bir açığa bağlı yansıtma çarpanı aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.  $\theta$  açısı Şekil 4.5’de görülmektedir.

$$Q_f = \frac{\zeta_f \sin \theta - 1}{\zeta_f \sin \theta + 1} \quad (4.6)$$

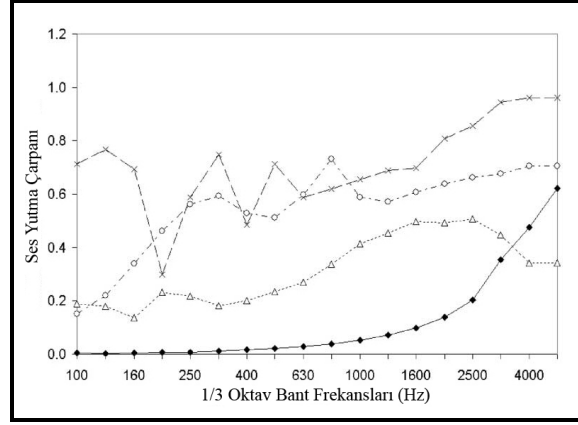


Şekil 4. 5 Test odasının düzeni

Test sonuçlarına göre engelin bulunmadığı boş odada 250 Hz.’in üzerindeki frekanslarda duvarda oluşan yansımaların etkisi ihmal edilebilecek düzeydedir. Buna göre, deney koşullarının, iki boyutlu analitik modelin koşullarına oldukça yakın olduğunu söylenmiştir.

Açık planlı ofislerin çoğunda olduğu gibi, Şekil 4.5’de gösterilen test odasının tavanında mevcut döşemeye askı yardımıyla tutturulmuş T profillerle karolaj içine alçı plakaların konulması ile oluşturulan asma tavan sistemi vardır. Bu deneyde mevcut döşeme ile asma tavan arasındaki boşluk 0,787 m. olan 25 mm. kalınlığında, H-B tipi yüksek yutuculuğa (SAA=0,97) sahip tavan sistemi ile boşluğun 1.09 m olduğu 13 mm. kalınlığında L-A tipi düşük yutuculuğa (SAA=0,67) sahip tavan sistemi karşılaştırılmıştır. Yayılma asma tavanın arka boşluğunda da devam edebileceği için, asma tavan sisteminin lokal tepki verdiğini kabul etmenin uygun olmayacağı belirtilmiştir.

Şekil 4.6’da test odasında kullanılan halı, duvarlarda kullanılan köpük malzeme ve iki tavan sisteminin ölçme sonucuyla elde edilmiş yutma çarpanları görülmektedir.

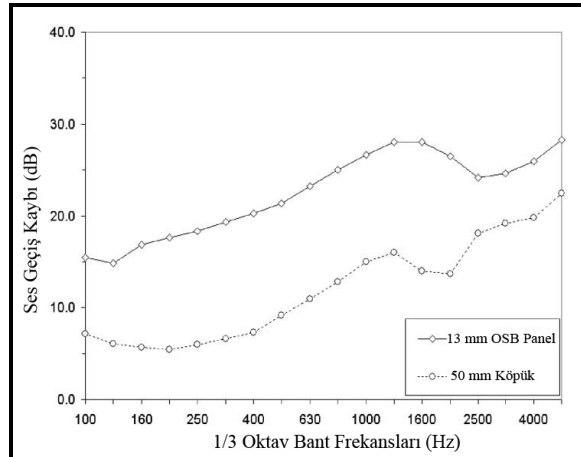


Şekil 4. 6 Halı, köpük ve asma tavan sistemleri için ölçme yoluyla elde edilmiş ses yutma çarpanları

#### ***Deney ve Tahmin Sonuçları***

Deneylerde kullanılan engel 50 mm. kalınlığında ses yutucu bir malzeme olan köpükle kaplanmış 13 mm. kalınlığında OSB (ahşap yonga levha) paneldir. Köpük malzemenin yansıtma çarpanı  $Q_s$  eşitlik (4.6)'dan ve empedans tüpünde yapılan ölçmeyle belirlenmiştir. Hesap sonucuyula elde edilen değerler Şekil 4.6'da görülmektedir. Şekil 4.7'de görülen, OSB panelin ve köpüğün ses geçiş kaybı değerleri ASTM E90(1999) standardına göre ölçülmüştür.

Ses yutucu köpük olmadan OSB (ahşap yonga levha) panel için ses geçiş kaybı değeri 0,31 m. yüksekliğe sahip engelin kırınma kaybından yaklaşık 10 dB daha yüksek olması sebebiyle hesaplamalarda, engelin ses geçiş kaybının göz ardı edilebildiği belirtilmiştir.



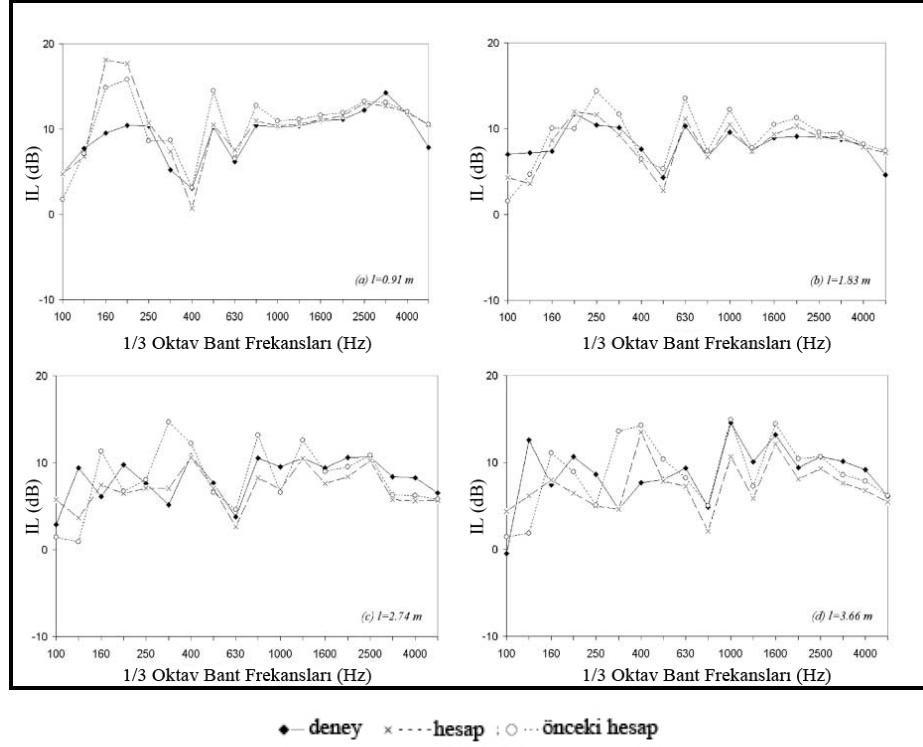
Şekil 4. 7 OSB panelin ve köpük malzemenin ses geçiş kaybı değerleri

Şekil 4.8, 4.9, 4.10 ve 4.11’de, bu çalışma kapsamında geliştirilen matematiksel eşitlik ile yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen değerler ile engelin arkasında yer alan farklı konumlarda, engel etkinliğiyle ilgili yapılan ölçme sonuçları karşılaştırılmaktadır. Buna göre Şekil 4.8’de L-A tipi asma tavan için engel yüksekliğinin 1,52 m. olduğu durumda, engelden uzaklığı 0,91 m. olan kaynak için farklı alıcı noktalarında elde edilen hesaplama ve ölçme değerleri karşılaştırılmaktadır. Şekil 4.9’da ise L-A tipi asma tavan için engel yüksekliğinin 1,52 m. olduğu durumda, engelden uzaklığı 1,83 m. olan kaynak için farklı alıcı noktalarında elde edilen hesaplama ve ölçme değerleri görülmektedir. Şekil 4.10 ve 4.11’de 1,22 m. ve 1,52 m. yükseklikte iki engel için H-B tipi asma tavan sistemi kullanılarak yapılan deney sonuçları ile hesaplamalarla elde edilen veriler görülmektedir.

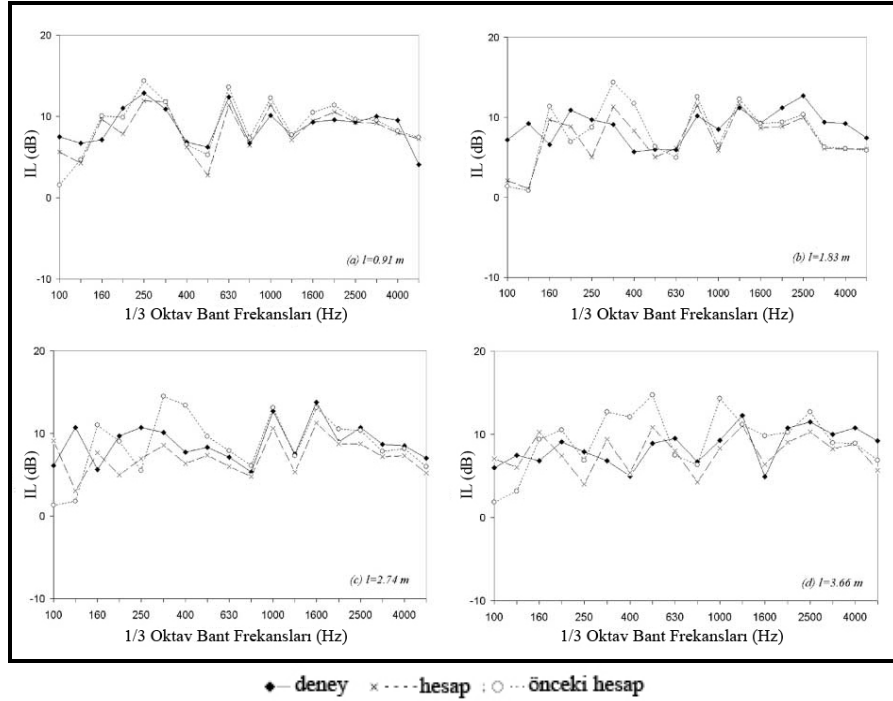
Hesaplamalar sonucu yapılan tahminler ile deney sonuçları karşılaştırıldığında, genellikle birbirleriyle aynı paralelde oldukları görülmektedir. Alçak frekanslarda meydana gelen büyük farklara, test odasının duvarlarında meydana gelen yansımaların neden olduğu düşünülmektedir. Orta ve yüksek frekanslar arasında oluşan hataların, tavanın yutma çarpanının yanlış hesaplanmasından ötürü kaynaklandığı tahmin edilmektedir. 250 Hz’in üzerindeki frekanslarda, hesaplama sonucu elde edilen değerlerdeki belirgin hatalar sırasıyla 1.3, 1.6, 1.8, ve 1.9 dB’dir.

Önceki hesaplamalarda, kapalı hacimdeki engel davranışı çoğunlukla, tavanda oluşan ilk yansımalar ve doğrultulu sesin kırınması temel alınarak tahmin edilmiştir. Şekil 4.8, 4.9, 4.10 ve 4.11’de görülen grafiklerde bu iki yönlü model ile yapılan hesaplamalara da yer verilmiş ve deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

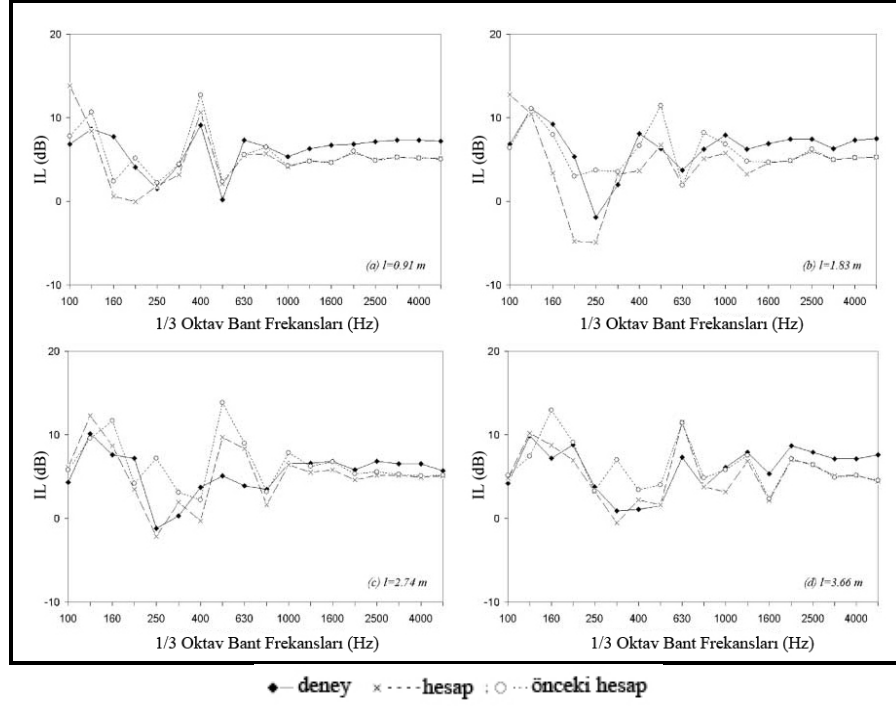
250 Hz’den daha yüksek frekanslarda bu yöntem ile yapılan hesaplamalarda sırasıyla 1.8, 2.0, 2.1 ve 2.2 dB hatalar olduğu görülmektedir. Ancak 800 Hz’in altındaki orta frekanslardan bazı noktalarda, yeni geliştirilen model, 5 dB ile 7dB arasında farklara neden olmaktadır. Genellikle tavan yutuculuğunun düşük olması ve tavan yüksekliğinin az olması ile alıcı ve kaynak noktalarının engele olan uzaklığının engel etkinliği açısından önemli olduğu vurgulanarak, hacimde tavan yutuculuğunun düşük olmasıyla yansımaların artması sonucu bu durumun gerçekleştiği belirtilmiştir.



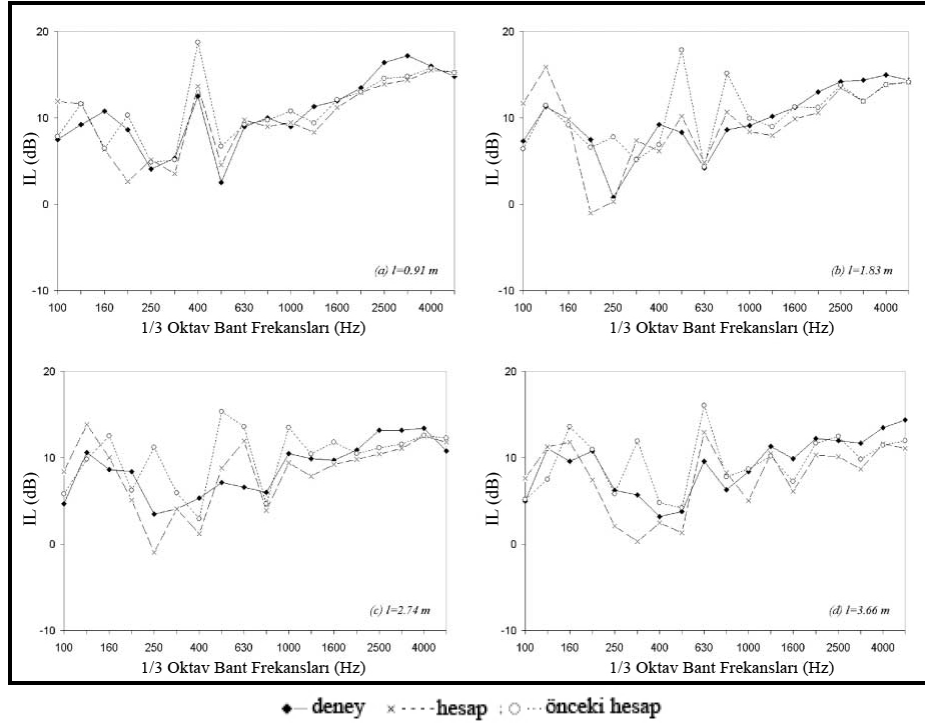
Şekil 4. 8 L-A tipi asma tavan sisteminin kullanıldığı farklı alıcı noktaları için engel etkinliği



Şekil 4. 9 L-A tipi asma tavan sisteminin kullanıldığı farklı alıcı noktaları için engel etkinliği



Şekil 4. 10 H-B tipi asma tavan sisteminin kullanıldığı ve engel yüksekliğinin 1.22 m olduğu durumda farklı alıcı noktaları için engel etkinliği



Şekil 4. 11 H-B tipi asma tavan sisteminin kullanıldığı ve engel yüksekliğinin 1.52 m olduğu durumda farklı alıcı noktaları için engel etkinliği

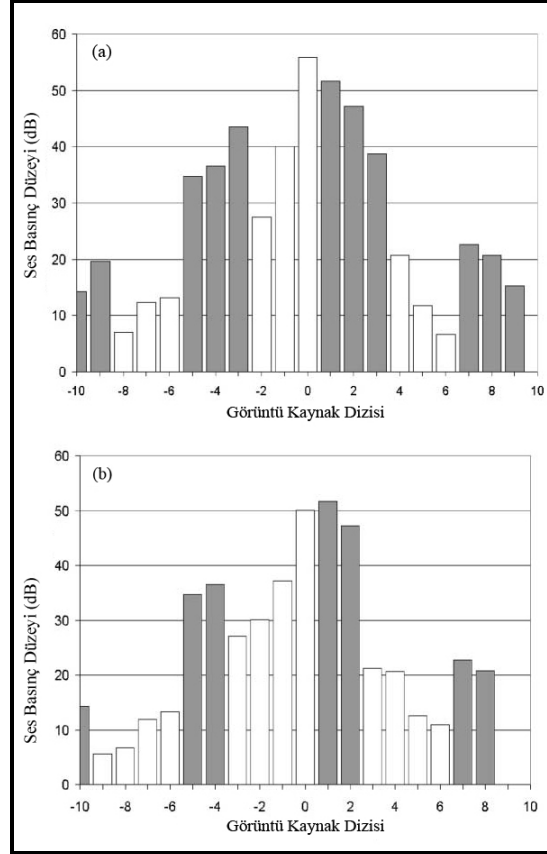
### ***Kırınan ve Yansıyan Seslerin Etkisi***

Teorik analiz bölümünde kaynaktan çıkan sesin alıcıya iki yolla ulaştığından bahsedilmiştir. Bu yollardan birincisi engelde oluşan kırınmalar ikincisi ise engelin üzerindeki tavanda oluşan yansımalar. Engel etkinlik düzeyini etkileyen yansımalar, kaynak ile alıcı arasındaki mesafe dışında, sadece tavanın ve döşemenin yutuculuğu ile ilgilidir. Kırınan sesler ise öncelikle engelin yüksekliğine bağlıdır. Yansıyan sesler ile kırınan seslerin bağlı olduğu değişkenler birbirinden farklı olduğu için teorik olarak alıcı noktasındaki toplam ses düzeyine etki eden yansıyan seslerin ve kırınan seslerin ayrı olarak toplam ses düzeyine katkılarını belirlemenin mümkün olduğu belirtilmiştir. Böylelikle kapalı hacmin ve bu hacimde bulunması gereken engelin tasarımı akustik açıdan daha etkili olacak şekilde yapılabileceği de açıklanmıştır.

Şekil 4.12'de (a) grafiğinde, 500 Hz frekansında, H-B tipi tavan sistemi ile 1,22 m. yüksekliğindeki engelin bulunduğu hacimde, yansıyan ve kırınan seslerin engelin 0,91 m. arkasında yer alan noktadaki ses basınç düzeyine katkısı görülmektedir. Grafiklerin düşey eksenlerinde, görüntü kaynaklar için 0 noktası gerçek kaynağın yerini, pozitif sayılar tavanın üzerindeki, negatif sayılar ise döşemenin altında yer alan görüntü kaynakları belirtmektedir. Görüntü kaynak sayısı (n) arttıkça, toplam ses düzeyine katkıları azalmaktadır. Bu durumun tavan ve döşemenin yutucu özellikte olması sebebiyle çok sayıda yansımadan sonra kırınan ve yansıyan seslerin enerjilerini kaybetmesiyle gerçekleştiği belirtilmiştir. Bundan dolayı, sesin kaynak ile alıcı arasındaki doğrultulu ses ve tavanda oluşan ilk yansımalar her zaman iki önemli yayılma yolu olduğu belirtilmiştir. Şekil 4.12'de (a) grafiğinde, kırınan sesin toplam ses düzeyini bastıracağı görülmektedir. Bu nedenlerden ötürü, engel etkinliğinin artırılması isteniyorsa öncelikle engel yüksekliği artırılarak kırınan ve yansıyan seslerin etkisi azaltılmalıdır. Şekil 4.12'de (b) grafiğinde ise (a) grafiği ile aynı koşullardaki 1,52 m. yüksekliğindeki engel için elde edilen sonuçlar görülmekte ve engel yüksekliğinin artmasıyla kırınan seslerin azaltıldığı anlaşılmaktadır. Eğer daha fazla azalma bekleniyorsa, kırınan ve yansıyan seslerin toplam ses düzeyine etkisi neredeyse eşit olduğu için, engelin yüksekliğiyle birlikte tavanın yutuculuğunun artırılması gerektiği belirtilmiştir.

## Sonuç

Bu çalışma sonucunda elde edilen değerler karşılaştırıldığında, hesaplama ile deney sonuçları arasındaki farkın genellikle 2 dB civarında olduğu ve çalışma kapsamında geliştirilen yeni modelin, sadece yansıyan ve kırılan sesleri hesaba katan önceki modele göre sağladığı küçük gelişmelerin açık planlı ofislerin akustiği için oldukça önemli olacağı vurgulanmıştır.



Şekil 4. 12 Engelin arkasındaki görüntü kaynaklarının toplam ses basınç düzeyine katkısı

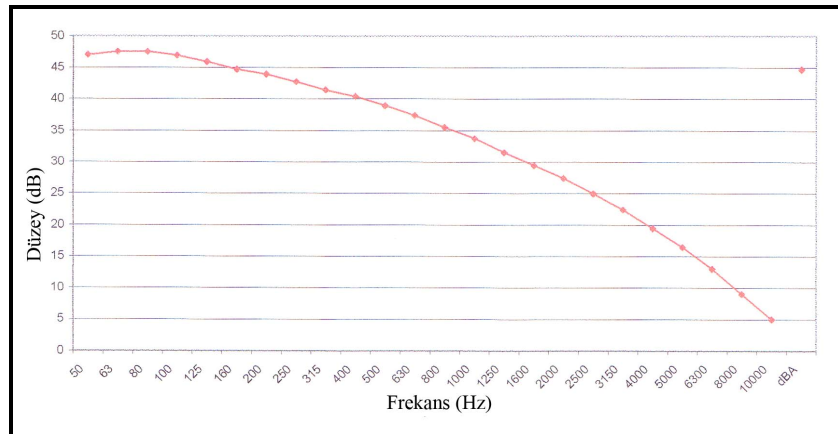
### 4.3 Açık Planlı Ofislerde Konuşmanın Gizliliği Sorununa Yönelik Çalışmalar- J.S.Bradley ve B.N.Gover'ın Çalışması

J.S.Bradley ve B.N.Gover tarafından *National Research Council Canada* (NRCC) isimli kuruluş için, açık planlı ofislerde konuşmanın gizliliğinin ölçülmesini kolaylaştıracak yeni bir yazılımın geliştirilmesine yönelik bir proje kapsamında hazırlanan bu çalışma, farklı özellikteki dokuz ayrı açık planlı ofiste *SPMSoft* isimli yazılım kullanılarak yapılan ölçme sonuçlarının genel değerlendirmesini içeren bir rapor

niteliğindedir. Bu çalışma kapsamında yapılan ölçmeler sonunda elde edilen değerler, açık planlı ofislerin tipik akustik sorunlarını örneklemektedir.

Yapılan ölçmeler sonucunda, konuşmanın gizliliğinin sağlanabilmesi için hacmin tavan malzemesinin akustik özellikleri, çalışma istasyonlarının bölücü panel yüksekliği ile tefrişi ve masaların hacmin cam yüzeylerine bitişik olup olmaması gibi faktörlerin hesaba katılması gerektiği sonucu elde edilmiştir. Bu faktörlerden sadece, diğerlerine göre daha az etkili olanının iyileştirilmesinin, konuşma gizliliğinin mevcut durumunu değiştirmede yardımcı olamayacaktır; çünkü istenmeyen seslerin çoğu tavadan yansyarak komşu çalışma hacmine ulaşacaktır. Bu nedenle incelenen hacmin akustiği açısından, öncelikle bu faktörler arasında en önemli olanın iyileştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

İncelemeye alınan hacimde akustik açıdan iyileşmenin sağlanabilmesi için, akustiği etkileyen faktörlerden hangisinin öncelikle göz önünde bulundurulması gerektiğini, hacimde yapılan ölçmelerin sonuçları belirtmektedir. Akustik açıdan doğru kararların alınabilmesinde ölçme yoluyla elde edilen impuls cevap çıktılarının ve fon gürültüsü düzeyinin detaylı bir şekilde incelenmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen hacimlerde konuşmanın gizliliği ile ilgili yapılan ölçmelerde, kıyaslamamanın kolay olması için, hem hacimlerde ölçülen fon gürültüsü hem de Şekil 4.13'de gösterilen, düzeyi 45 dBA olan optimum fon gürültüsü kullanılmıştır. Böylelikle hacimlerde sesin yayılması ile ilgili farklılıklar fon gürültüsü düzeyine bağlı olmadan daha net bir şekilde değerlendirilmiştir.



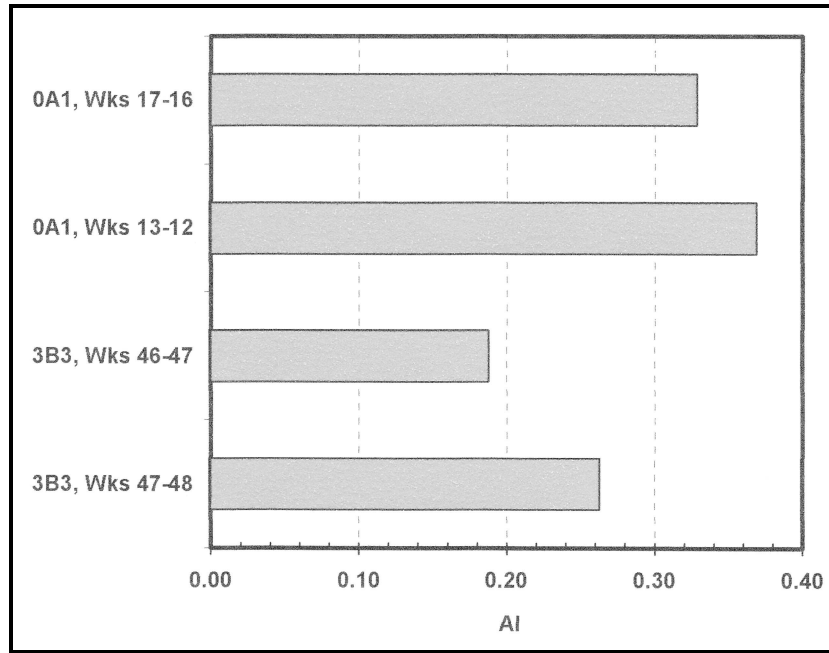
Şekil 4. 13 Optimum fon gürültüsü spektrumu



Ölçmeler AI (Söylem Göstergesi) veya SII (Konuşma Duyulabilirliği Göstergesi) olarak sinyal gürültü (S/N) oranıyla yapılmıştır. Açık planlı ofislerde gizliliğin sağlanması için AI değeri 0,15'den SII değeri ise 0,20'den fazla olmamalıdır. Konuşmanın gizliliği açısından hacimdeki kabul edilebilir fon gürültüsü düzeyi ise 45 dBA civarındadır.

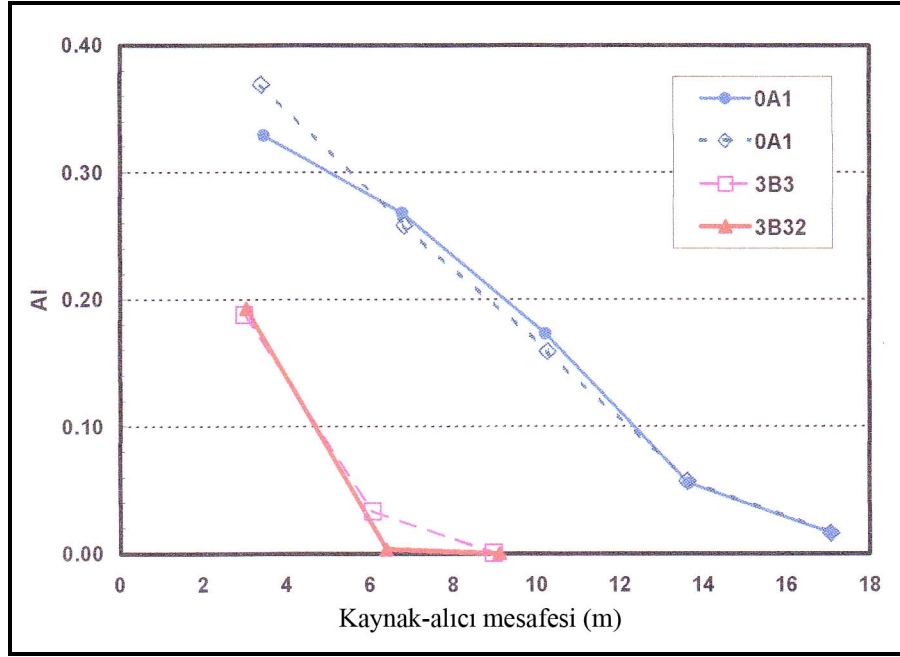
### ***Tavan Yutuculuğunun Etkisi***

Açık planlı ofislerde tavanın ses yutuculuk özelliklerinin konuşma gizliliğine olan önemli etkisi sebebiyle, düşük ses yutuculuk özelliğinde bir tavana sahip açık planlı ofisin, akustik açıdan diğer özelliklerinin iyileştirilmesinin, konuşma gizliliği ortalamasında küçük bir etkiye neden olacağı açıklanmıştır. Çalışma kapsamında bu etkinin araştırılması için, oldukça yansıtıcı bir tavan yüzeyine sahip ofis 0A1 ile daha yutucu bir tavana sahip ofis 3B3 iş istasyonlarında ölçmeler yapılmıştır. Her iki hacim de yükseklikleri neredeyse eşit (0A1'de 1,59 m. ve 3B3'de 1,62 m.) ve birbirine benzer özellikteki panellere sahiptir. Ayrıca bu iki hacimdeki çalışma istasyonlarının tefrişi de birbirine benzerdir. İki ofisin iş istasyonlarında masalar tam ortada bulunmaktadır. Bu iki ofis arasındaki en önemli farklılık tavanlarının akustik özellikleridir. Ofis 0A1 3,76 m. yüksekliğinde oldukça yansıtıcı alçıpan tavana sahipken ofis 3B3 2,54 m. yüksekliğinde 1,9 cm. kalınlığında camyünü panellerden oluşan bir tavana sahiptir. Şekil 4.14'de bu iki ofiste yapılan ölçme sonuçlarının karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 4. 14 Tavanları farklı yutuculuktaki iki hacmin AI değerlerinin karşılaştırılması

Ofis 3B3’de artan mesafe ile ses düzeyinin düşüşü, ofis 0A1’e göre daha hızlı olmaktadır. Ofis 3B3’de mikrofona gürültü kaynağından üç iş istasyonu uzağa götürüldüğünde AI değeri 0,0 olmaktadır. Ofis 0A1’de aynı mesafede AI değeri 0,17 olmaktadır. Şekil 4.15’de AI değerinin kaynak ile mikrofona arasındaki uzaklığa bağlı olarak azalması görülmektedir. Ofis 0A1’deki yansıtıcı tavanın etkisiyle konuşma gizliliği oldukça düşmüştür (AI değerleri yüksektir).

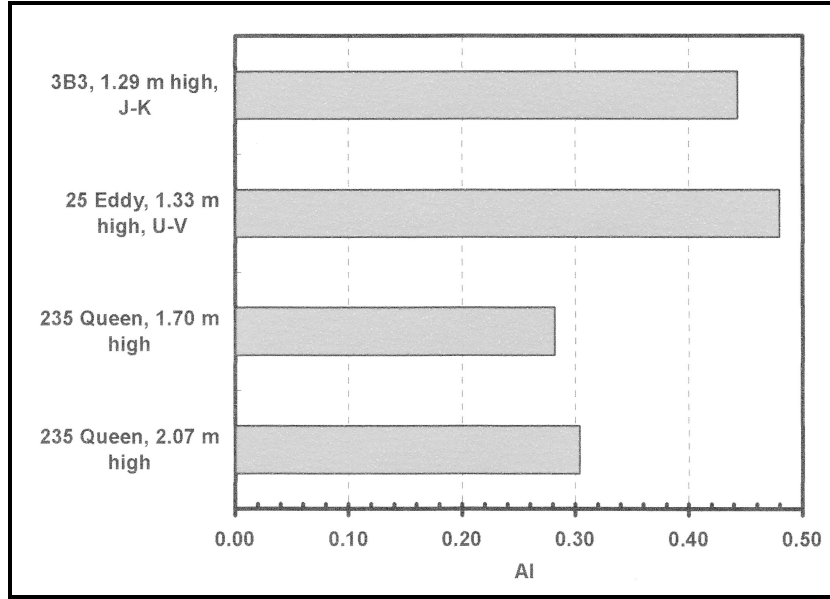


Şekil 4. 15 Tavanları farklı yutuculuktaki iki hacimde kaynak alıcı mesafesine bağlı olarak AI değerindeki değişim

### ***İş İstasyonu Bölücü Panellerinin Etkisi***

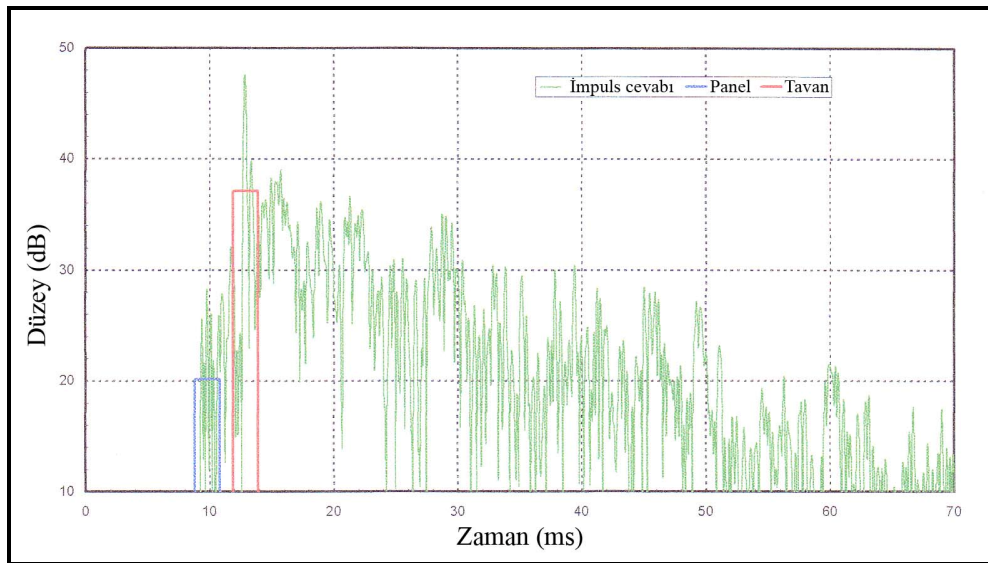
İş istasyonlarını ayıran panellerin, açık planlı ofislerde konuşma gizliliğini belirleyen en önemli faktörlerden biri olmasına rağmen gerekli gizliliği sağlamak için uygun panellerin kullanılmasının tek başına yeterli olmadığı vurgulanarak, uygun tavan yutuculuğunun ve gereken panel özelliklerinin birlikte sağlanmasının, hacmin konuşma gizliliği açısından daha iyi duruma gelmesi için zorunlu olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan ölçmelerde test edilen en yüksek panel, 235 Queen St. ofisindeki 2,07 m. yüksekliğindeki panellerdir. Bu panellerin, aynı ofisteki 1,70 m. yüksekliğindeki panellerle karşılaştırdığında konuşma gizliliğine önemli bir katkı sağlamadığı Şekil 4.16’da görülmektedir. Hacmin yutucu olmayan tavanında oluşan yansımaların etkisiyle hacimdeki yüksek bölücü panellerden gereken yarar sağlanamamış ve bu nedenle yüksek AI değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, hacmin tavana

kadar uzanan alçıpan duvarlarında oluşan yansımaların da bu duruma etkisi olduğu düşünülmektedir.



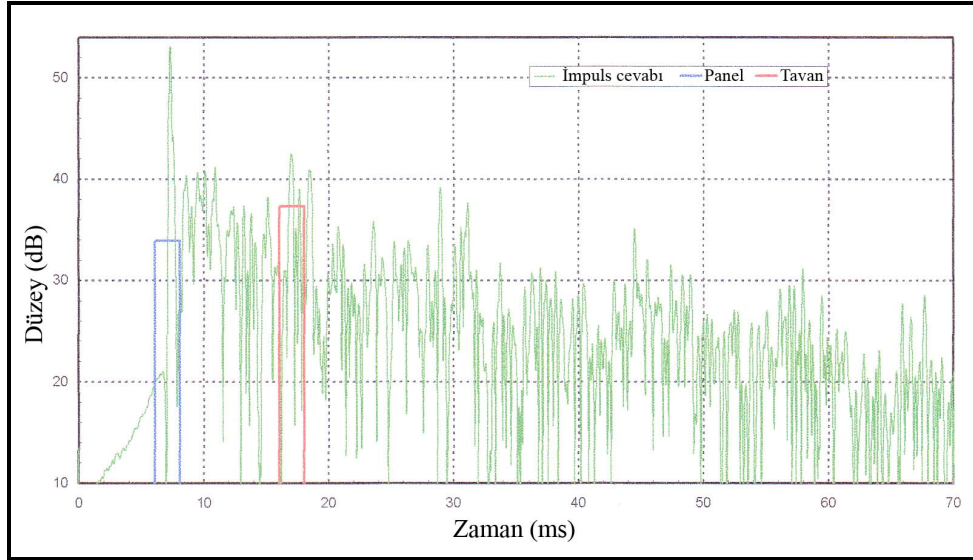
Şekil 4. 16 Farklı yüksekliklerdeki paneller ile değişen AI değerleri

Şekil 4.17’de yer alan impuls cevabı grafikleri incelendiğinde ofis 235 Queen St.’de yapılan ölçmelerde yüksek panellerin kırınan ses düzeyinde (mavi ile gösterilen) azalmayı sağladığı görülmektedir. Ancak bu önemli düşüğe rağmen tavan çok yutucu olmadığı için yansımış sesler (kırmızı ile gösterilen) yüksek düzeydedir. Sonuç olarak paneller yeterli derecede yüksek olmasına rağmen, hacimde AI değerleri yüksek değerlerini korumaktadır.



Şekil 4. 17 Ofis 223 Queen St.’de, 229C ve 229B iş istasyonlarında yapılan ölçmelerde elde edilen impuls cevabı grafiği

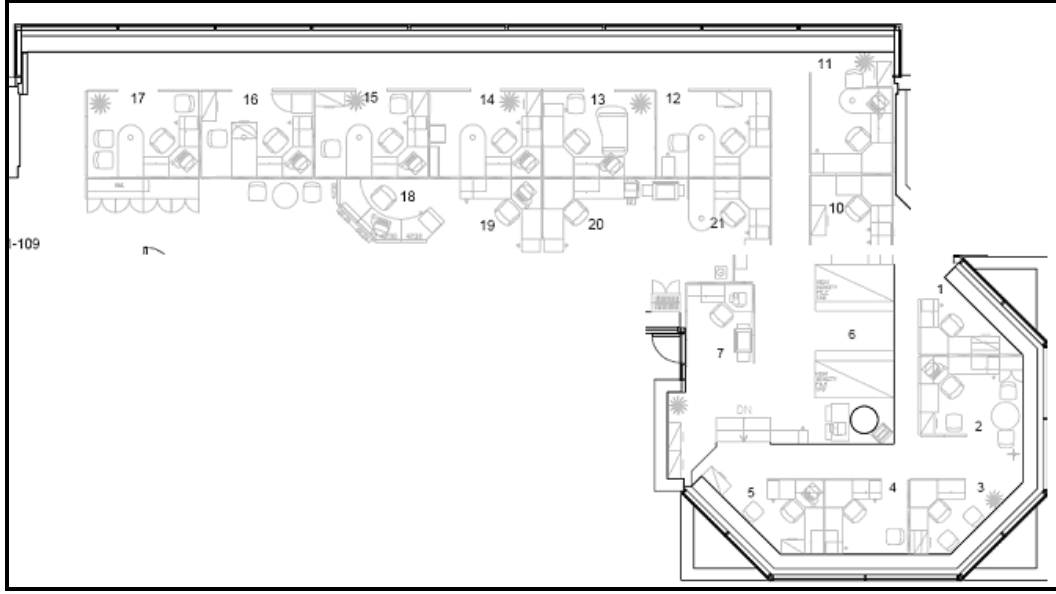
Ofis 25 Eddy St.'de ölçme yapılan U ve V iş istasyonlarının bölücü panellerinin alçak ve genişliklerinin az olması nedeniyle, üzerlerinden sesin alıcıya ulaşmasına neden olmaktadır. Bu durum Şekil 4.16'daki yüksek AI değerlerinden ve Şekil 4.18'de görülen mavi ile işaretlenmiş kısımda impuls cevabın düzeyinin yüksekliğinden anlaşılmaktadır. Bu ofiste mevcut panellerin daha yüksek olanlarla değiştirilmesi sonucunda, gizliliğin önemli ölçüde artacağı öngörülmüştür.



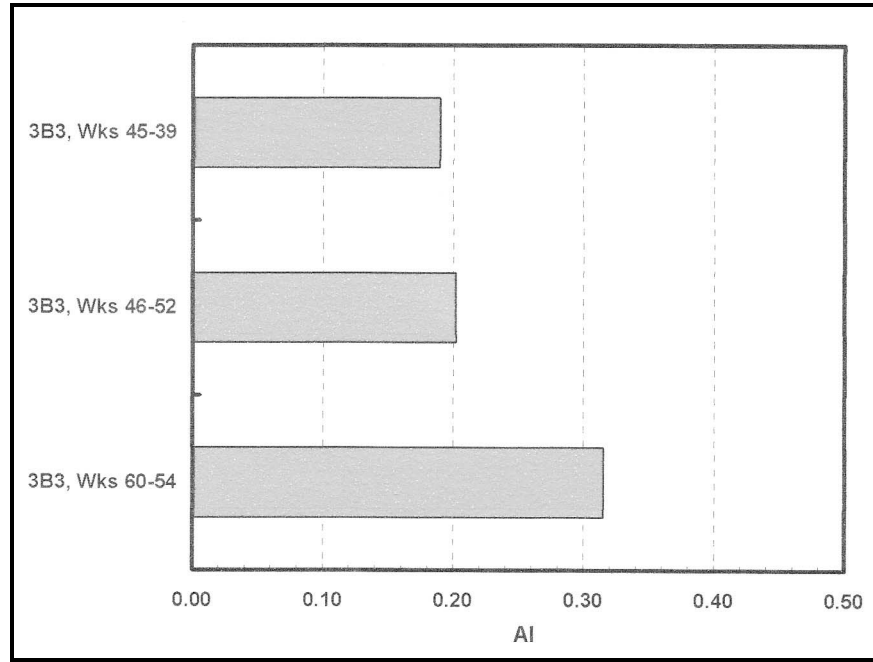
Şekil 4. 18 Ofis 25 Eddy St.'de, U ve V çalışma istasyonlarında yapılan ölçmelerden impuls cevabı grafiği

### ***İş İstasyonlarının Cam Yüzeyle Bitişik Olmasının Etkisi***

Hacimdeki pencereler çoğu zaman konuşma gizliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Pencereye bitişik konumdaki iş istasyonlarında elde edilen AI değerleri, pencereler ile arasında belli bir mesafe olan iş istasyonlarının AI değerlerine göre daha yüksektir. Ofis 3B3'de farklı iş istasyonları arasında yapılan AI ölçme değerleri Şekil 4.20'de görülmektedir. 46-52 ile 45-39 numaralı iş istasyonları cam yüzeyle bitişik değildir. Pencereye bitişik konumda bulunan 60-54 numaralı istasyonların AI değerleri oldukça yüksek çıkmıştır. Bu iş istasyonlarında paneller ile pencereler arasında camdan yansıyan seslerin komşu iş istasyonuna kolaylıkla geçmesini sağlayan küçük bir boşluk mevcuttur. Panellerin cama kadar uzatılması pencerelerde oluşan yansımaların komşu hacme geçmesini büyük oranda engelleyecektir. Başka bir yaklaşım da ofis 0A1'de olduğu gibi cam yüzeyler ile iş istasyonları arasında geçiş için mesafe bırakmaktır (Şekil 4.19).



Şekil 4. 19 Ofis 0A1 kat planı

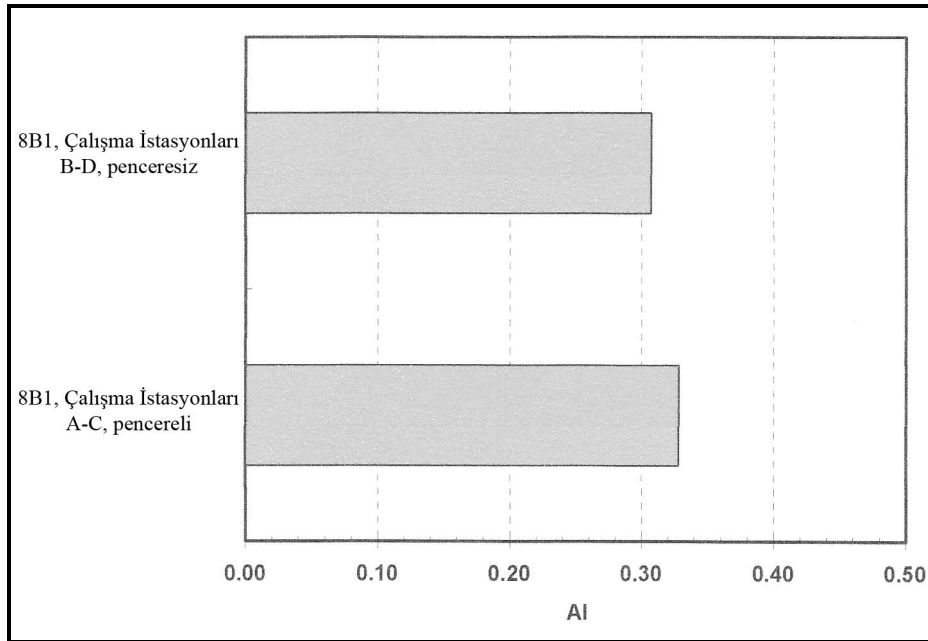


Şekil 4. 20 Ofis 3B3'de farklı iş istasyonlarında elde edilen AI değerleri

Şekil 4.22'de ofis 8B1'de iki iş istasyonu arasında yapılan ölçmelerde elde edilen AI değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir. A-C çalışma istasyonları pencereye yakın, B-D iş istasyonları ise A-C ile aynı özelliklere sahip ancak pencereye uzaktır. Bu iş istasyonlarının AI değerleri arasındaki fark 0,02'dir. Bunun sebebi iş istasyonunun yan tarafında, pencerede oluşan yansımaların etkisini azaltan alçak panellerin bulunmasıdır (Şekil 4.21).



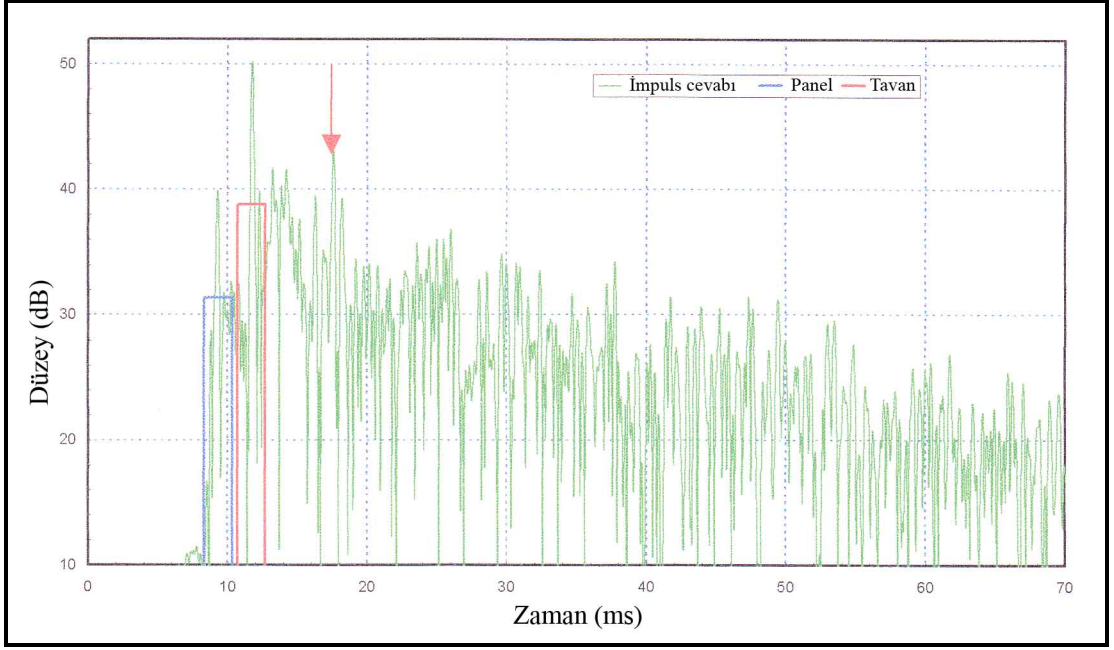
Şekil 4. 21 Ofis 8B1’de iş istasyonlarından görünüş



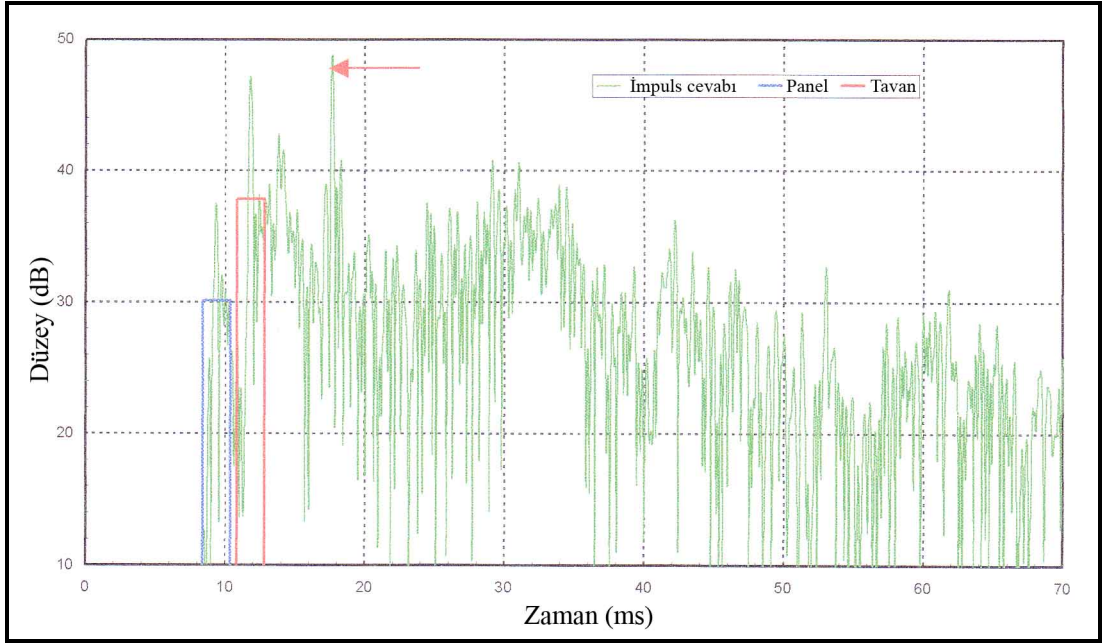
Şekil 4. 22 Ofis 8B1’de farklı iş istasyonlarında ölçülen AI değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.23’de ve Şekil 4.24’de yer alan grafiklerde gürültü kaynağının cam yüzeye paralel ve 45° açı ile durduğu durumlarda impuls cevabının karşılaştırılması görülmektedir. İmpuls cevabı grafiklerinde pencerede oluşan yansımalar, tavan yansımından sonraki zirve noktasında (grafiklerde kırmızı okla gösterilen) görülmektedir. Bu durum her ikisinde de 18 ms. ‘de gerçekleşmiştir.





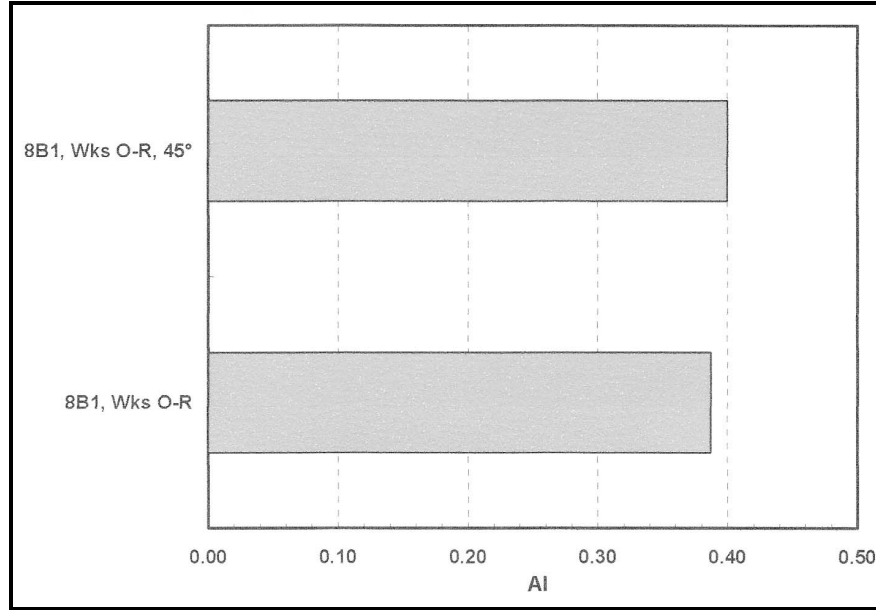
Şekil 4. 23 Ofis 25 Eddy St.'de Q ve R iş istasyonlarında gürültü kaynağının pencereye paralel konumda olması durumunda ölçülen impuls cevabı grafiği



Şekil 4. 24 Ofis 25 Eddy St.'de Q ve R iş istasyonlarında gürültü kaynağının pencereye 45° açıyla konumlanması durumunda ölçülen impuls cevabı grafiği

Şekil 4.25'de yer alan grafikte, gürültü kaynağı cam yüzeye paralel konumdayken elde edilen AI değerinin, 45° açı ile durduğunda elde edilen AI değerinden 0.01 fazla olduğu görülmektedir. Buradan konuşmacının cam yüzeye olan konumunun konuşmanın gizliliği üzerindeki etkisinin oldukça küçük olduğu anlaşılmaktadır. Bu hacimde

konuşmanın gizliliği açısından tavanda oluşan yansımaların, konuşmacının cam yüzeye olan konumundan daha önemli bir sorun oluşturduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. 25 Ofis 8B1’de konuşmacının cam yüzeye paralel ve 45 ° açı ile durduğunda AI değerindeki değişim

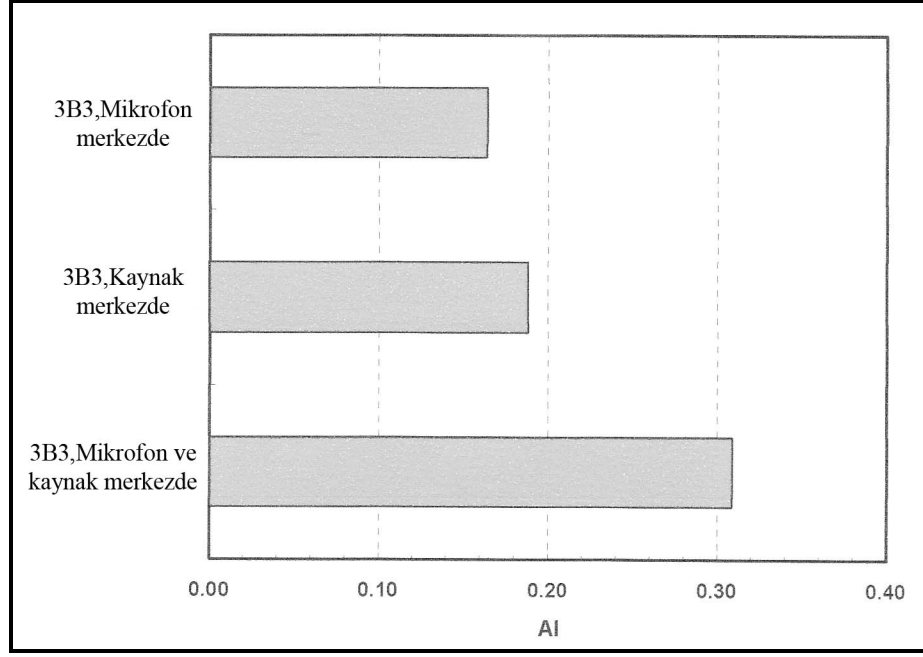
#### ***İş İstasyonları Tefrişinin Etkisi***

Çok sayıda ofiste yapılan ölçmelerden sonra, masaların hacmin merkezinde durduğu iş istasyonlarında, masanın hacmin kenarlarında olması durumuna göre, AI değerlerinin daha yüksek çıktığı anlaşılmıştır. İş istasyonlarının merkezinde yer alan masalar, alıcı hacme ulaşan yansımış ses düzeyinin artmasına neden olmaktadır. Şekil 4.26’da ofis 3B3’de komşu iş istasyonlarında yapılan ölçümlerle elde edilen AI değerleri görülmektedir. En yüksek AI değerinin masaların her iki hacimde de merkezde olduğu durumda elde edildiği görülmektedir.

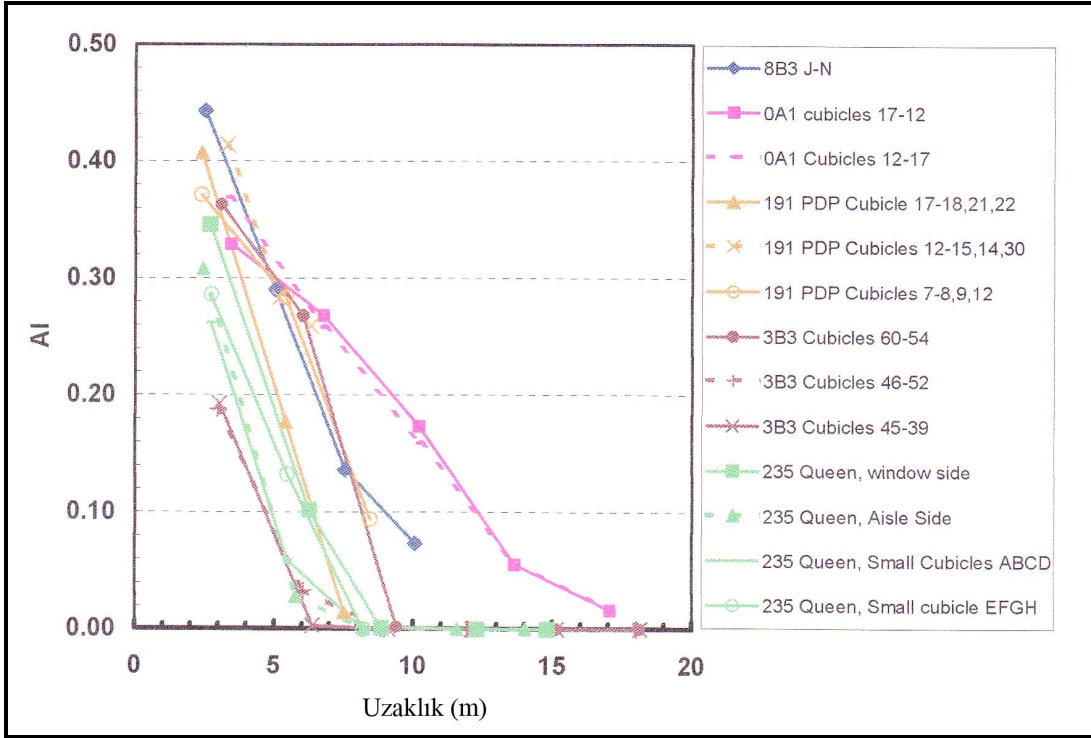
#### ***Uzaklığın Etkisi***

Farklı ofislerde yapılan ölçmeler sonucunda AI değerinin uzaklığa bağlı olarak değişimi Şekil 4.27’deki grafikte görülmektedir. Tavanın yansıtıcı özellikte olduğu bir hacimde iyi bir gizliliğin sağlanabilmesi ancak kaynak iş istasyonundan 3 veya 4 iş istasyonu sonra mümkün olabilmiştir (ofis 0A1). Akustik açıdan daha iyi durumdaki bir ofiste (ofis 3B3 gibi) sadece 2 iş istasyonu ilerlemek iyi bir gizlilik sağlamak için yeterli olmuş ve kaynaktan 3 iş istasyonu ileride AI değeri 0.00’a inmiştir.





Şekil 4. 26 Ofis 3B3’de farklı masa konumlarının AI değerlerine etkisinin karşılaştırılması



Şekil 4. 27 Farklı ofislerde AI değerinin uzaklıkla azalması

## ***Sonuç***

Bu çalışma kapsamında yapılan ölçmeler sonucunda, açık planlı ofislerde akustik açıdan iyileştirme yapılırken konuşmanın gizliliğinin sağlanabilmesi için hacmin tavan malzemesinin akustik özellikleri, iş istasyonlarının bölücü panel yüksekliği ile tefrişi ve iş istasyonlarının hacmin cam yüzeylerine bitişik olup olmaması gibi faktörlerin hesaba katılması gerektiği sonucu elde edilmiştir. Ayrıca bu iyileştirme çalışması yapılırken hangi sorunun öncelikle çözümlenmesi gerektiği belirlenmelidir. Eğer ofiste fon gürültüsü düzeyi çok yüksekse maskeleme gürültüsü kullanmak veya paneller çok alçak olduğunda tavanın yutuculuğunu arttırmak konuşma gizliliği açısından olumlu sonuçlanmayacaktır. Bu nedenle öncelikle en önemli sorun tespit edilmeli ve çözümlenmelidir.

### AÇIK PLANLI OFİSLERDE ENGEL ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ ve İNCELENMESİ

Bu bölümde, öncelikle çalışma kapsamında değerlendirilen örnek hacmin mimari ve akustik özellikleri ile bu hacim içinde belirlenen kaynak, alıcı noktaları ve engellerin özellikleri açıklanmıştır. Daha sonra çalışmanın yöntemi anlatılmış ve bu yöntem doğrultusunda yapılan çalışmaların değerlendirilmesine yer verilmiştir.

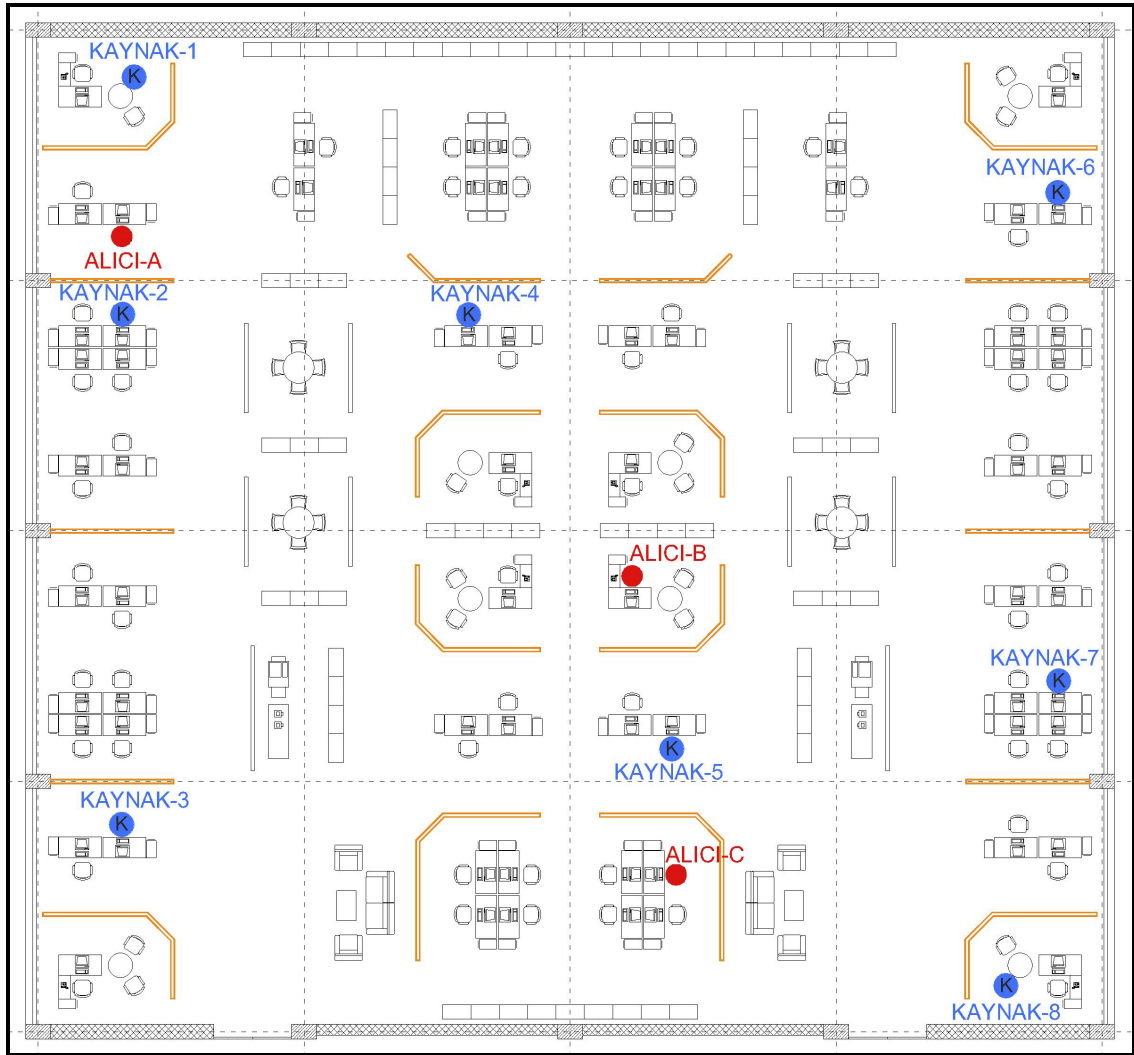
#### 5.1 Örnek Hacmin Özellikleri

Çalışmalar için öncelikle üzerinde inceleme yapılacak örnek hacmin planı ve özellikleri belirlenmiştir. Açık planlı ofislerde modelleme yoluyla engel etkinliğinin belirlenmesi ve incelenmesi için gerekli özelliklere sahip tipik bir açık planlı ofis tasarlanmıştır. Hacmin özellikleri engel etkinliğinin en iyi şekilde açıklanmasına olanak sağlayacak şekilde belirlenmiştir. Buna göre tasarlanan hacmin planı ve hacim içinde farklı akustik koşulların engel etkinliğine etkisinin incelenmesi amacıyla belirlenen alıcı ve kaynak noktaları ile engeller Şekil 5.1’de görülmektedir.

Örnek hacim 30,10 m. x 27,60 m. x 3,50 m. boyutlarındadır. Alanı yaklaşık 830 m.<sup>2</sup> olan açık planlı ofisin hacmi yaklaşık 2907 m.<sup>3</sup>tür. Dört cephesi bulunan hacmin iki cephesi duvar diğer iki cephesi ise 90 cm. yüksekliğinde parapet duvarı bulunan giydirme cephe veya cam yüzey olarak düşünülmüştür. Hacmin temiz yüksekliği ise 3,50 m. alınmıştır. Kullanım amacına uygun olarak tefrişi yapılan hacimde ilgili çalışmaların yapılacağı engeller tefrişe göre yerleştirilmiştir. Engellerle birlikte alıcı ve kaynak noktaları tespit edilmiştir. Buna göre örnek hacim içinde, yüzeylerden oluşan yansımaların etkisinin incelenmesi amacıyla hacmin yüzeylerine değişik konum ve

uzaklıklarda üç ayrı alıcı ile sekiz adet kaynak noktası belirlenmiştir. Alıcı noktalarının zeminden yüksekliği, oturan bir insanın ortalama kulak hizası olan 1,1 m. olarak alınmıştır. Kaynak noktalarının da zeminden yüksekliği 1,1m.'dir.

Hacmin yüzey malzemelerinin engel üzerindeki etkinliğinin incelenmesi için, bu çalışma kapsamında hacim yüzeylerinde kullanılan malzemeler ile bu malzemelerin ses yutuculuk özellikleri Çizelge 5.1'de görülmektedir. Hacmin yüzeylerinde kullanılan malzemelerin yutma çarpanları Çizelge 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5. 1 Örnek hacmin planı, belirlenen kaynak, alıcı noktaları ve engeller

Çizelge 5. 1 Örnek hacmin yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve özellikleri

YAPI ELEMANI	YANSITICI GEREÇ	YUTUCU GEREÇ
Döşeme	PVC-yüzey kaplama veya linolyum	Halı – 0,8 cm. hav yüksekliği
Tavan	Tuğla veya beton üzeri pürüzsüz sıva	KNAUF - Perfore alçı levha kompozit
Duvarlar	Tuğla veya beton üzeri pürüzsüz sıva	OWAcoustic - Perfore taşıyıcı levha
Cam Yüzeyler	Lamine cam	Perdelik kumaş - 332gr/m <sup>2</sup>

Çizelge 5. 2 Örnek hacmin yüzeylerinde ve engellerde kullanılan malzemelerin yutma çarpanları

MALZEMELER		FREKANS BAĞLI YUTMA ÇARPANI						NRC
		125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2 kHz	4 kHz	
Yansıtıcı	PVC-yüzey kaplama veya linolyum	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,05	0,035
	Tuğla veya beton üzeri pürüzsüz sıvalı	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,018
	Lamine cam	0,18	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,041
Yutucu	Halı - 0.8 cm hav yüksekliği	0,05	0,15	0,30	0,40	0,50	0,60	0,166
	KNAUF - Perfore alçı levha kompozit panel	0,46	0,72	0,58	0,66	0,69	0,61	0,612
	OWAcoustic - Perfore taşıyıcı levha	0,47	0,58	0,60	0,72	0,79	0,67	0,625
	Perdelik kumaş - 332gr/m <sup>2</sup>	0,10	0,25	0,35	0,42	0,55	0,63	0,265
Engel	Friedrich-Yüksek yutuculuklu perfore ahşap	0,50	0,75	0,90	0,95	0,90	0,80	0,875

Hacimde engel etkinliğinin incelenmesi için belirlenen kaynakların tümü aynı özelliktedir ve ilgili bilgisayar yazılımının bünyesinde bulunan, ses gücü düzeyi 65 dBA olan konuşmacı sesi kaynak olarak belirlenmiştir. Bu kaynağın frekansa bağlı düzeyleri Çizelge 5.3’de görülmektedir.

Çizelge 5. 3 Kaynağın gürültü düzeyi

KAYNAĞIN SES GÜCÜ DÜZEYİ	FREKANS						ORT.
	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2 kHz	4 kHz	
Konuşma (dBA)	58	58	59	57	53,5	48	65

## 5.2 Engel Etkinliğinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem

Bu çalışma kapsamında, örnek plan, kaynak ve alıcı noktaları ile hacmin tefrişi ve engellerin yerleşimi belirlendikten sonra, engel etkinliğinin belirlenmesi ve incelenmesi için *SoundPlan 7.0* benzetim programı kullanılarak yapılan hesaplamalar belirli bir sistematik dâhilinde gerçekleştirilmiştir<sup>1</sup>. Bu hesaplamalar, engel etkinlik düzeyinin belirgin şekilde ayırım gösterdiği hacmin yüzey yutuculuklarının veya yansıtıcılıklarının farklı olduğu üç ayrı durum için tekrarlanmıştır. Bu durumlar aşağıda belirtilmiştir:

1. Tüm yüzeyler yansıtıcı
2. Tavan yutucu, diğer yüzeyler yansıtıcı
3. Tüm yüzeyler yutucu

Açık planlı ofislerde engel etkinliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalar gürültü haritaları ve tek nokta alıcılar yoluyla yapılmıştır. Öncelikle, engelsiz durum, engel yüksekliğinin 1.5 m. ve 2.0 m. olduğu durumlarda ve tüm kaynaklar açıkken tüm yüzey yutuculuk durumları için ilgili bilgisayar yazılımının yardımıyla ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda Bölüm 5.4.1’de yer alan gürültü haritaları elde edilmiştir. İkinci olarak, belirlenen üç ayrı alıcı noktasındaki gürültü düzeyini belirlemeye yönelik olarak, yine yüzey yutuculuklarının farklı olduğu her durum için alıcı noktalarının tümünde her alıcı yakınındaki tek kaynak açıkken ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır. Bu hesaplamalar engelsiz durum, engel yüksekliğinin 1.5 m. ve 2.0 m. olduğu durumlar için tekrarlanmıştır. Son olarak alıcı noktalarındaki hesaplamaların hepsi tüm kaynakların açık olduğu durum için de tekrarlanmıştır. Hesaplamaların sonuçları ve engel etkinlik düzeyinin toplam ve frekansa bağlı değerleri Bölüm 5.4.2’de yer almaktadır.

Engel etkinliğinin değerlendirilmesinden önce, örnek hacmin akustik özelliklerinin belirlenmesi için bilgisayar yazılımı ile yapılan modelleme sonucunda elde edilen değerlere Bölüm 5.3’de yer verilmiştir. Hacmin akustik özelliklerinden ortalama yutuculuk değeri ve yansıma süresinin belirlenmesi için de benzer yöntem kullanılarak, hacmin üç ayrı yutuculuk koşulu için hesaplamalar tekrarlanmıştır.

---

<sup>1</sup> Benzetim programında aynı kuramsal hesap yöntemi kullanılmasına karşın, modelleme ile elde edilen sonuçlar, hesaplarla denetlenmiş ve Ek A’da sunulmuştur.

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda kullanılan koşullar Çizelge 5.4’de özetlenmiştir.

Çizelge 5. 4 Örnek hacimde hesaplama yapılan koşullar

KOŞULLAR		
ENGELSİZ	TEK KAYNAK AÇIK	TÜM KAYNAKLAR AÇIK
	Tüm Yüzeyler Yansıtıcı	Tüm Yüzeyler Yansıtıcı
	Tavan Yutucu, Diğer Yüzeyler Yansıtıcı	Tavan Yutucu, Diğer Yüzeyler Yansıtıcı
ENGELİ h=1.5 m	Tüm Yüzeyler Yansıtıcı	Tüm Yüzeyler Yansıtıcı
	Tavan Yutucu, Diğer Yüzeyler Yansıtıcı	Tavan Yutucu, Diğer Yüzeyler Yansıtıcı
	Tüm Yüzeyler Yutucu	Tüm Yüzeyler Yutucu
ENGELİ h=2.0 m	Tüm Yüzeyler Yansıtıcı	Tüm Yüzeyler Yansıtıcı
	Tavan Yutucu, Diğer Yüzeyler Yansıtıcı	Tavan Yutucu, Diğer Yüzeyler Yansıtıcı
	Tüm Yüzeyler Yutucu	Tüm Yüzeyler Yutucu

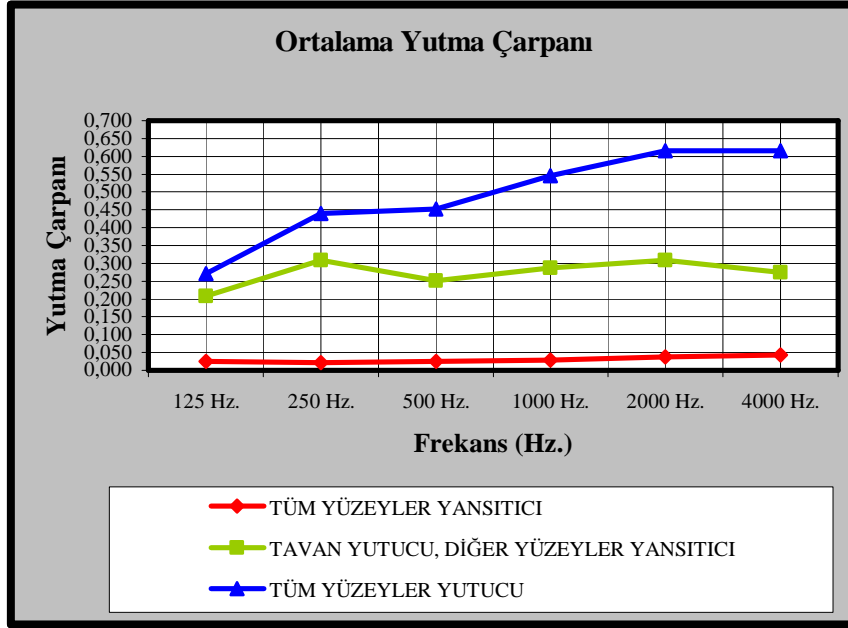
### 5.3 Örnek Hacmin Akustik Özelliklerinin İncelenmesi

Çalışma kapsamında değerlendirilen örnek hacimde engel etkinliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalardan önce örnek hacim, akustik özellikleri açısından incelenmiştir. Kapalı bir hacimdeki engelin etkinlik düzeyini belirleyen faktörler arasında, hacmin yüzeylerinde oluşan yansımaların engel etkinlik düzeyini olumsuz yönde etkilemesi sebebiyle hacmin yutuculuk özelliklerinin yer alması ve bu çalışma kapsamında izlenen yöntemde engel etkinliğinin hacmin farklı yüzey yutuculuk durumlarına göre incelenmesi nedeniyle, bu değerlendirmeler yapılmıştır.

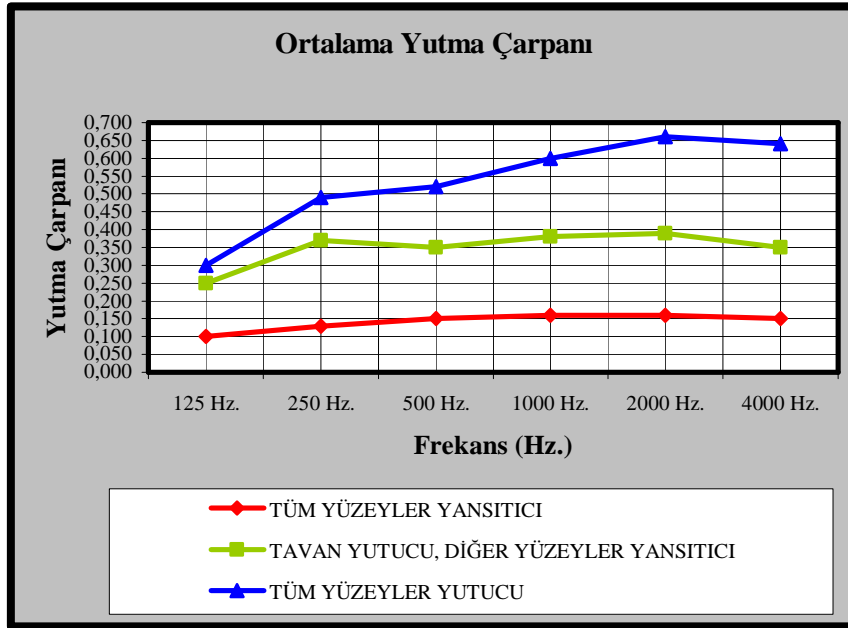
#### 5.3.1 Hacmin Ortalama Yutuculuk Değerleri

Hacmin ortalama yutma çarpanı değerleri için ilgili bilgisayar yazılımı kullanılarak yapılan modelleme sonucunda elde edilen değerler Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’de bulunan grafiklerde görülmektedir. Hacmin tüm yüzey yutuculuk durumları için frekansa bağlı değerlerin görüldüğü bu grafikler incelendiğinde, sadece tavan yüzeyinin yutucu olması durumunda, tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu koşul ile karşılaştırıldığında, özellikle yüksek frekanslarda hacmin ortalama yutma çarpanı değerinde önemli bir artış görülmektedir. Ayrıca, yüzeyleri yutuculuğu oldukça yüksek bir gereç ile kaplı olan

engellerin özellikle tüm yüzeyler yansıtıcı olduğu koşulda, hacmin ortalama yutuculuğunu önemli ölçüde etkilediği görülmektedir.



Şekil 5. 2 Engelsiz durum için hacmin ortalama yutma çarpanı değerleri

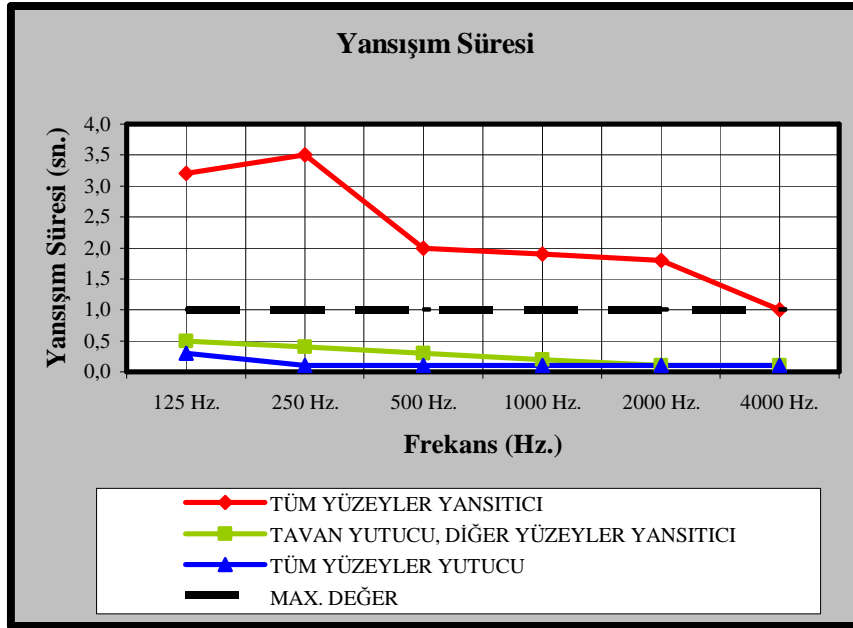


Şekil 5. 3 Engel yüksekliğinin 2.0 m. olduğu durum için, hacmin ortalama yutma çarpanı

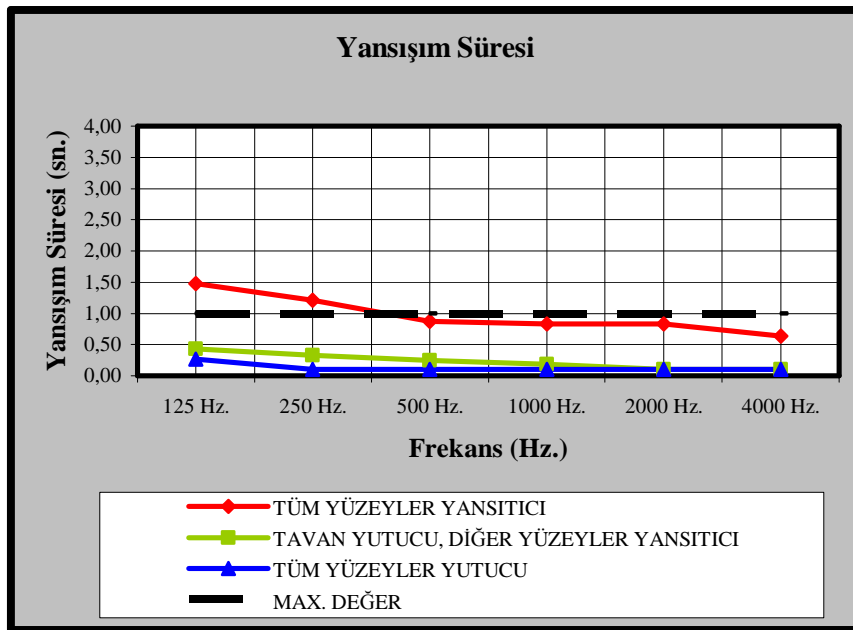


### 5.3.2 Hacmin Yansıma Süresi ve Optimum Değerlerle Karşılaştırılması

Örnek hacimde yansıma süresi ile ilgili olarak modelleme yoluyla elde edilen frekansa bağlı değerler Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’de yer alan grafiklerde görülmektedir. Bu grafiklerde sonuçlar, açık planlı ofisler için maksimum yansıma süresi değeri olan 1,0 sn. ile karşılaştırılmaktadır.



Şekil 5. 4 Engelsiz durum için yansıma süresi değerleri



Şekil 5. 5 Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durum için yansıma süresi değerleri

Grafikler incelendiğinde, engelsiz koşul için tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durumda, hacmin yansıma süresi tüm frekanslarda maksimum değerin çok üzerindedir. Diğer iki yutuculuk koşulu için ise yansıma süresi değerleri tüm frekanslarda 1,0 sn.'nin altında kalmaktadır. Hacimde engel yüksekliği 2,0 m. olduğunda, hacmin yansıma süresindeki en belirgin değişim, tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu koşulda görülmektedir. Bu durumda 250 Hz.'den daha yüksek frekanslarda, yansıma süresi 1,0 sn.'nin altına inmektedir. Tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı ve tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu koşullarda, hacme engellerin eklenmesiyle yansıma süresinde belirgin bir değişim olmamıştır. Değerler yine maksimum düzeyin altındadır.

#### **5.4 Engel Etkinliğinin Belirlenmesi**

Bu bölümde, daha önce açıklanmış olan yöntem doğrultusunda yapılan hesaplamaların değerlendirilmesi detaylı olarak yapılmıştır. Engel etkinliği ile ilgili bu değerlendirmeler Bölüm 5.4.1'de yer alan gürültü haritalarına ve Bölüm 5.4.2'de bulunan belli alıcı noktaları için yapılan hesaplama sonuçlarına göre iki ana başlık altında açıklanmıştır.

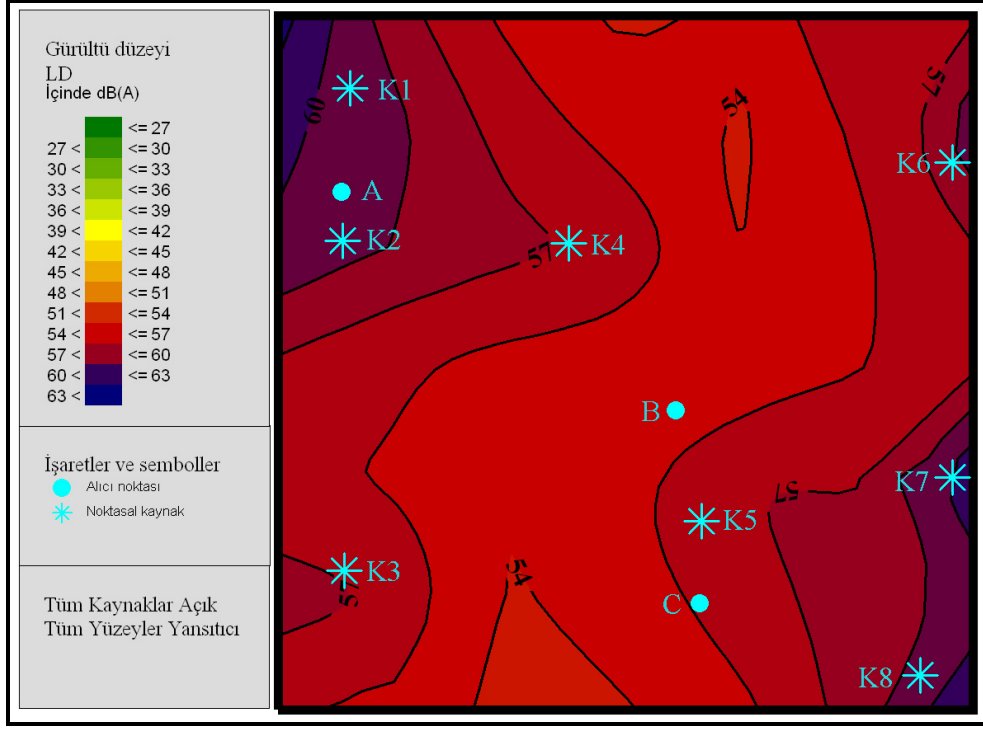
##### **5.4.1 Gürültü Haritaları Yardımıyla Engel Etkinliğinin Ortaya Konması**

Bu bölümde *SoundPlan 7.0* yazılımı kullanılarak, tüm engel ve yüzey koşulları için gürültü kaynaklarının tümü açıkken yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen gürültü haritalarına yer verilmiştir. Bu çalışma, yüzey yutuculuklarının ve engellerin örnek hacimdeki gürültü düzeyine etkisini ve alıcı noktaları ile hacmin genelinde gürültü düzeyinin değişimini belirlemek ve incelemek amacıyla yapılmıştır.

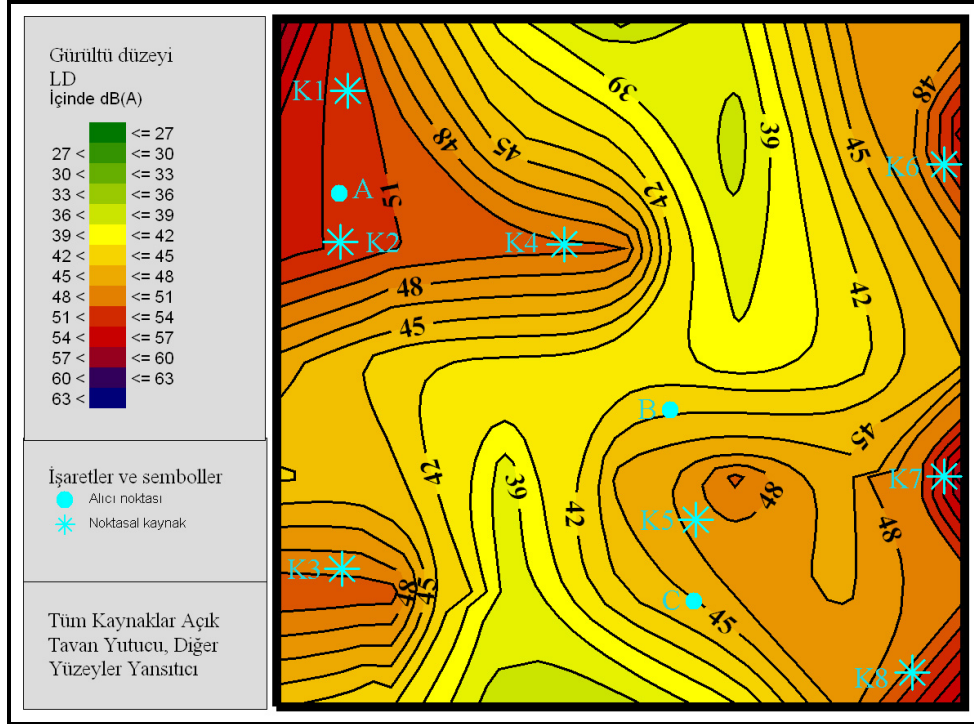
###### **5.4.1.1 Engelsiz Durum İçin Gürültü Haritaları**

Örnek hacimde engellerin bulunmadığı durumda tüm kaynaklar ve alıcılar mevcutken çalışmanın yönteminde açıklanan üç ayrı yüzey yutuculuk koşulu için Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de yer alan gürültü haritaları elde edilmiştir.

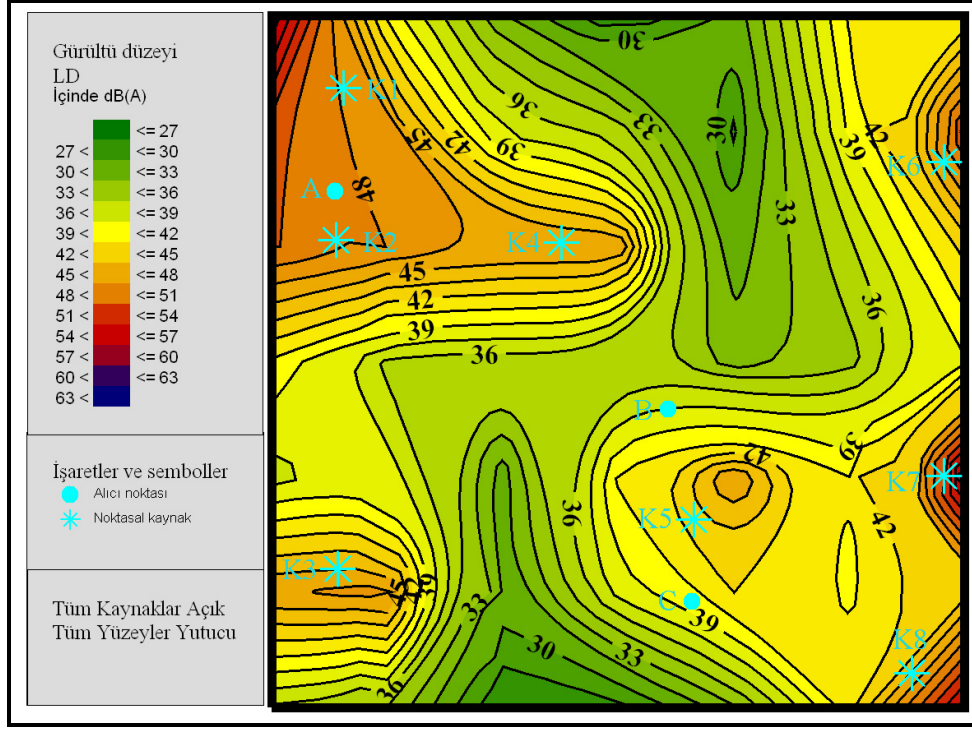
Hacimde engelsiz durumlar için elde edilen gürültü haritaları incelendiğinde, tüm yüzeyler yansıtıcı olduğu zaman hacim içinde gürültü düzeyinin genel olarak 54 dBA ile 63 dBA arasında olduğu görülmektedir (Şekil 5.6). Bu değerler açık planlı ofisler için 50 dBA [30] olan kabul edilebilir değerin oldukça üzerindedir.



Şekil 5. 6 Engellerin bulunmadığı, tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası



Şekil 5. 7 Engellerin bulunmadığı, tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası



Şekil 5. 8 Engellerin bulunmadığı, tüm yüzeylerin yutucu olduğu durum için gürültü haritası

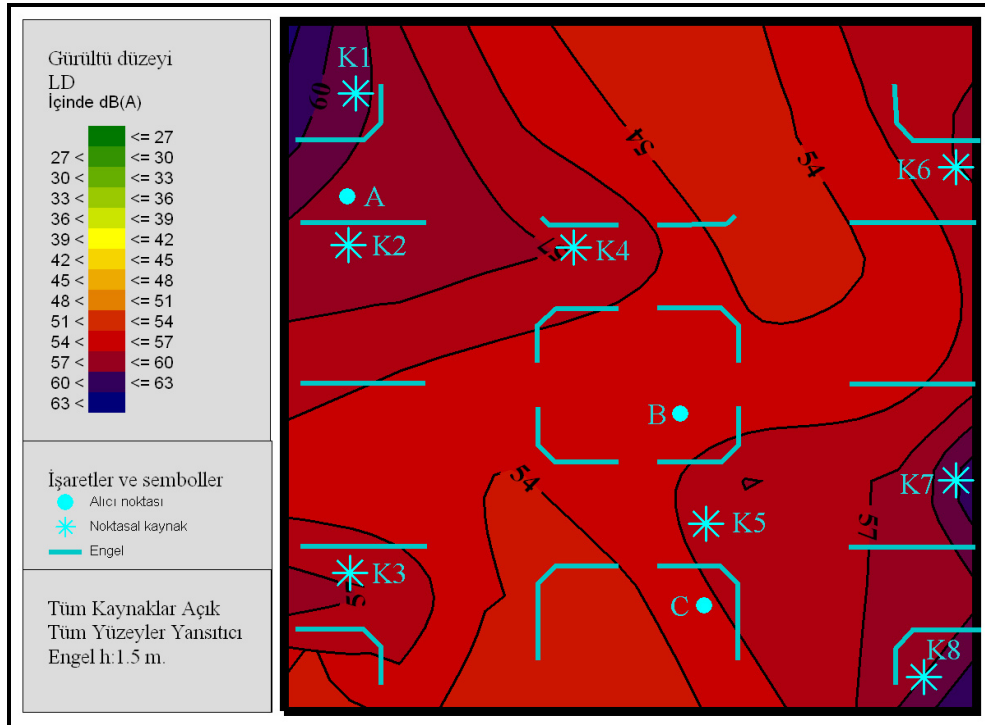
Hacmin yüzeylerinden tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu durumda ise özellikle gürültü kaynaklarının çevresinde hacimdeki gürültü düzeyinin 48 dBA ile 56 dBA arasında değiştiği görülmektedir. Aynı zamanda tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu duruma göre hacmin genelinde gürültü düzeyinde önemli bir azalma olduğu da görülmektedir (Şekil 5.7). Bunun sonucu olarak açık planlı ofisler gibi kapalı hacimlerde özellikle tavan yüzeyinde oluşan yansımaların hacimdeki gürültü düzeyini artırıcı etkisi olduğu anlaşılmaktadır.

Tüm yüzeylerin yutucu olduğu gürültü haritası incelendiğinde ise hacmin büyük bölümünde gürültü düzeyinin 50 dBA'nın altında kaldığı ancak; özellikle gürültü kaynaklarının bulunduğu hacmin yüzeylerine yakın kısımlarda gürültü düzeyinin 54 dBA'ya kadar çıktığı görülmektedir (Şekil 5.8). Bu nedenle hacimde kabul edilebilir gürültü düzeyinin sağlanabilmesi için engel kullanımının zorunlu olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

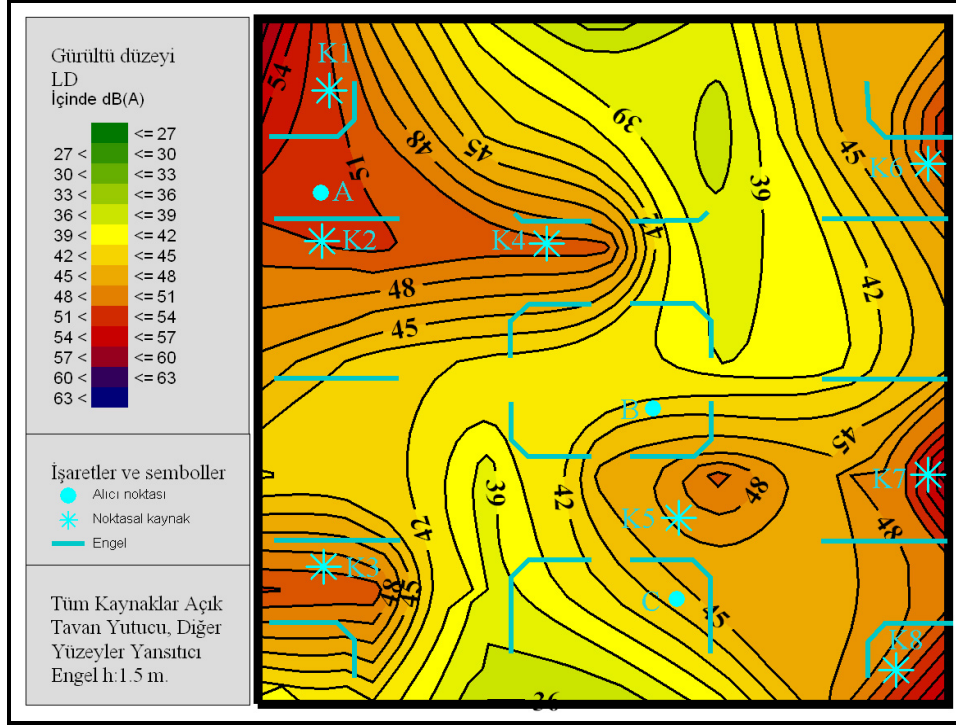
#### 5.4.1.2 Engel Yüksekliğinin 1,5 m. Olduğu Durum İçin Gürültü Haritaları

Örnek hacimde yapılan çalışmalarda yüzey yutuculuklarının arttırılmasıyla gereken gürültü düzeyi değerlerinin sağlanamaması sebebiyle, hacim içine 1,5 m. yüksekliğinde engeller yerleştirilerek ve yine yüzey yutuculukları değiştirilerek tüm kaynakların açık olduğu durumlar için hesaplamalar yapılmış ve Şekil 5.9, Şekil 5.10 ile Şekil 5.11’de görülen gürültü haritaları elde edilmiştir.

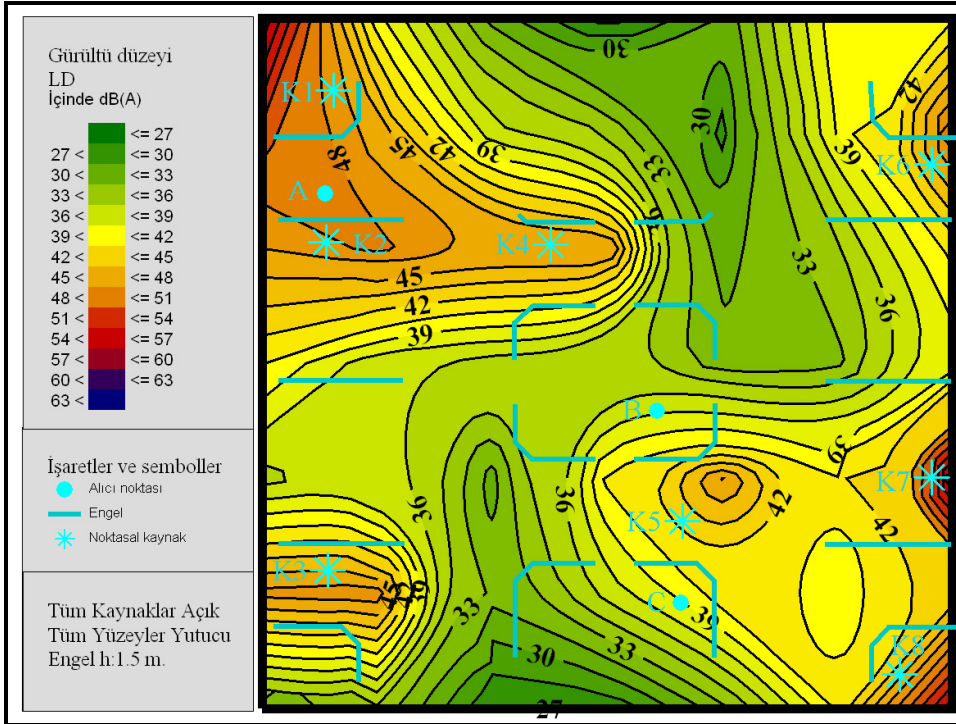
Engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu gürültü haritaları incelendiğinde, hacimde engellerin yerleştirilmesiyle birlikte gürültü düzeyinde belirgin bir azalma sağlanmıştır. Tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durumda (Şekil 5.9) gürültü düzeyi kabul edilebilir değerlerin oldukça üzerinde olsa da, yüzey yutuculuklarının arttırılmasıyla birlikte (Şekil 5.11) hacmin büyük kısmında gürültü düzeyi 50 dBA’nın altında kalmaktadır. Şekil 5.10’da görüldüğü gibi sadece tavan yüzeyinin yutucu bir malzemeyle kaplanması, hacmin diğer yüzeyleri yansıtıcı olsa bile, gürültü düzeyinde ve engel etkinliğinde önemli bir etki sağlamıştır.



Şekil 5. 9 Engel yüksekliğinin 1,5 m. ve tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası



Şekil 5. 10 Engel yüksekliğinin 1,5 m. ve tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası



Şekil 5. 11 Engel yüksekliğinin 1,5 m. ve tüm yüzeylerin yutucu olduğu durum için gürültü haritası

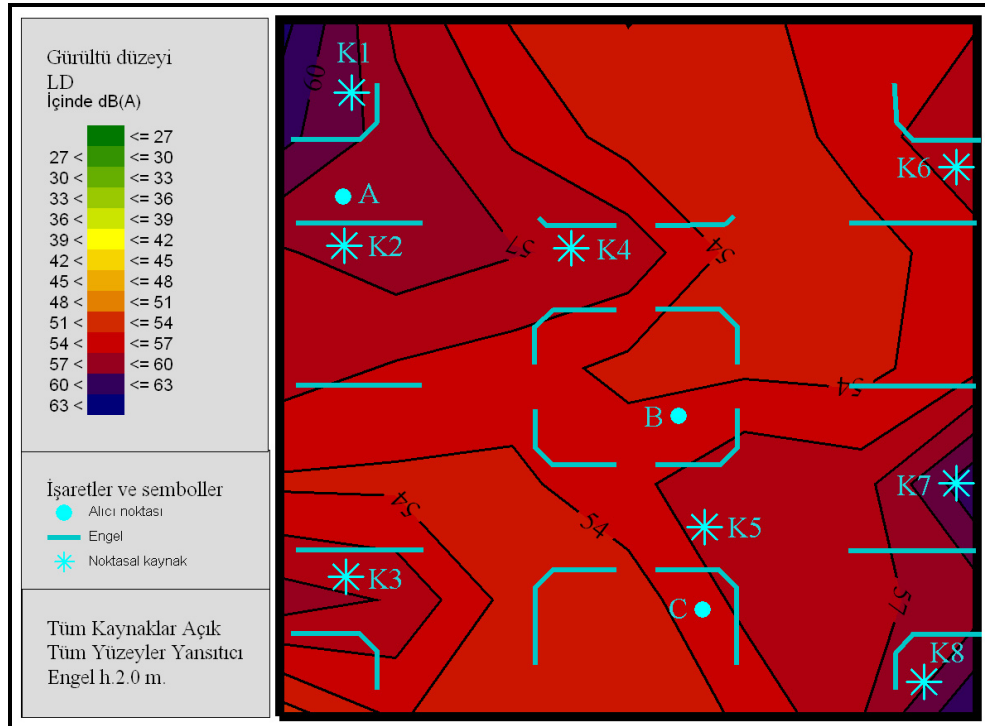


### 5.4.1.3 Engel Yüksekliğinin 2,0 m. Olduğu Durum İçin Gürültü Haritaları

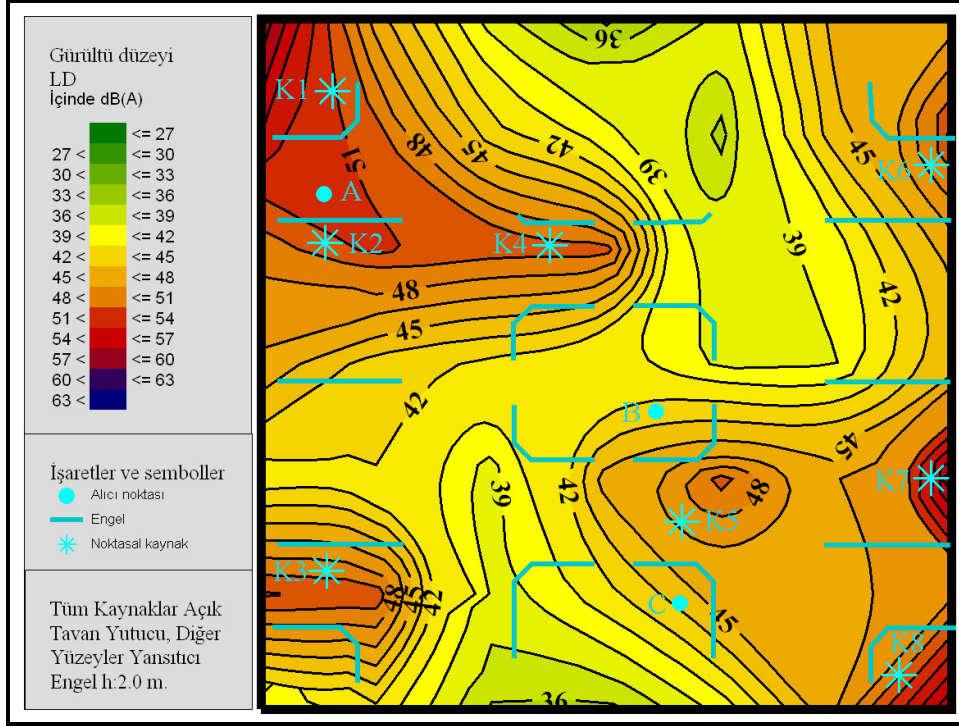
Engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda, gürültü düzeyinde gereken azalmanın sağlanamaması sebebiyle engel yüksekliği 2,0 m.'ye çıkarılarak ilgili bilgisayar yazılımıyla modellenerek hesaplamalar tekrar yapılmış ve aşağıdaki gürültü haritaları elde edilmiştir.

Tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durumda engel yüksekliğinin artırılmasının belirgin bir değişiklik sağlamadığı görülmektedir (Şekil 5.12). Hacmin genelinde ve alıcı noktalarında gürültü düzeyi 50 dBA [30] sınır değerinin üzerinde bulunmaktadır.

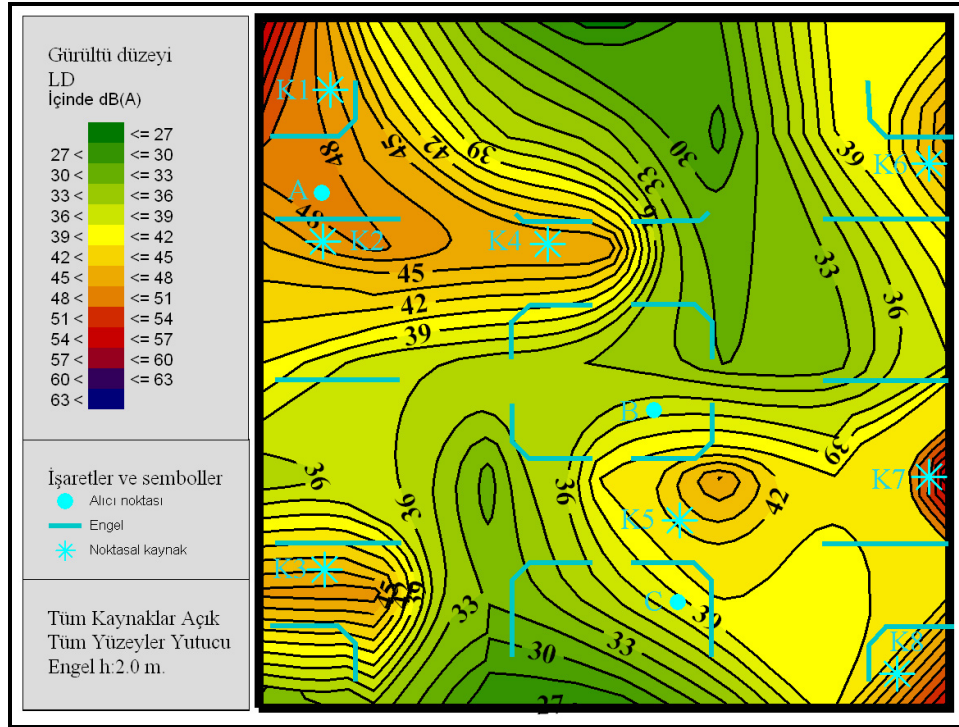
Tavan yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu durumda gürültü kaynaklarının çevresinde ve A alıcı noktasında gürültü düzeyi sınır değerinin üzerindedir (Şekil 5.13). Diğer alıcı noktalarındaki gürültü düzeyi ise kabul edilebilir değerlerin altında kalmaktadır. Tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durumun gürültü haritası incelendiğinde, alıcı noktalarının tümünde ve hacmin genelinde gürültü düzeyinin 50 dBA'nın altında olduğu görülmektedir (Şekil 5.14).



Şekil 5. 12 Engel yüksekliğinin 2,0 m. ve tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası



Şekil 5. 13 Engel yüksekliğinin 2,0 m. ve tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum için gürültü haritası



Şekil 5. 14 Engel yüksekliğinin 2,0 m. ve tüm yüzeylerin yutucu olduğu durum için gürültü haritası



Bu gürültü haritaları, engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu haritalarla karşılaştırıldığında alıcı noktalarında ve hacmin genelinde gürültü düzeyinde değişim gözlenmiştir. Ancak, engel etkinliğinin daha detaylı olarak incelenebilmesi için örnek hacim üzerinde belirlenen alıcı noktalarında tüm koşullar için hesaplama yapılması gerekmektedir. Bununla ilgili değerlendirmeler Bölüm 5.4.2’de detaylı olarak yapılmıştır.

#### 5.4.1.4 Değerlendirme

Bu bölümde, gürültü haritaları yardımıyla elde edilen sonuçları özetlemek amacıyla, Çizelge 5.5’de yer alan sonuçlar incelenmiştir. Bu çizelgeyle tüm koşullar için hacmin genelinde oluşan gürültü düzeyleri ve bu düzeylerin farklı koşullara bağlı değişimi açıklanmıştır.

Çizelge 5. 5 Engelsiz ve engelli durumda hacimde oluşan gürültü düzeyi aralıkları

KOŞUL	ENGELSİZ	ENGELLİ (2,0 m.)
Tüm Yüzeyler Yansıtıcı	54–63 dBA	51–60 dBA
Tavan yutucu, Diğer Yüzeyler Yansıtıcı	39–60 dBA	39–51 dBA
Tüm Yüzeyler Yutucu	30–54 dBA	27–48 dBA

Çizelge 5.5 incelendiğinde engelsiz durumda tüm yüzeyler yansıtıcı iken hacimde gürültü düzeyinin 54-63 dBA arasında değiştiği, yüzey yutuculuklarının artırılmasıyla gürültü düzeyinin 30-54 dBA aralığına düştüğü görülmektedir. Hacimde 2,0 m. yüksekliğinde engellerin kullanılmasıyla ve yüzey yutuculuklarının artmasıyla birlikte, hacmin genelinde gürültü düzeyi sınır değerinin altına düşmüştür.

#### 5.4.2 Belli Alıcı Noktalarına Göre Engel Etkinliğinin Belirlenmesi

Bu bölümde açık planlı ofislerde engel etkinliğinin belirlenmesine yönelik olarak modelleme programı yardımıyla, Bölüm 5.2’de açıklanmış olan yöntem izlenerek, hacim içinde belirlenen alıcı noktaları için tek nokta hesabı yapılmış ve elde edilen sonuçlar açıklanarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler toplam gürültü düzeyi ve frekansa bağlı değerler açısından yapılmıştır. Aynı zamanda sonuçlar kabul edilebilir değerlerle de karşılaştırılmıştır.

#### 5.4.2.1 Tek Alıcı Noktaları için Hesap Sonuçları

Bu bölümde, A, B ve C alıcı noktalarında, tüm koşullar için, tek kaynak açıkken ve tüm kaynaklar açıkken yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen engel etkinliği düzeylerinin frekansa bağlı değerleri ile toplam değerleri çizelgelerle açıklanmıştır.

A alıcısında yapılan tek nokta hesaplarının sonuçları, tek kaynak açık olduğu koşul için Çizelge 5.6'da, tüm kaynaklar açık olduğu koşul için ise Çizelge 5.7'de yer almaktadır.

A alıcısı için yapılan hesaplama sonuçlarının yer aldığı çizelgelerden Çizelge 5.6 incelendiğinde, A alıcısı için sadece kaynak-2 açık olduğu duruma göre engel etkinliği değerlerinin, toplam değerler açısından 2,8 dBA ile 5,9 dBA arasında değiştiği görülmektedir. Tüm kaynaklar açık olduğu durumda ise bu değerler 1,9 dBA ile 5,1 dBA arasında yer almaktadır (Çizelge 5.7).

A alıcısı için frekansa bağlı düzeyler değerlendirildiğinde, tek kaynak açık olduğu koşul için en yüksek engel etkinliği değerinin, tüm yüzeyler yutucu ve engel yüksekliği 2,0 m. olduğunda sağlandığı görülmektedir. Buna göre engel etkinliği düzeyi 5,3 dB ile 7,9 dB arasında değişmektedir. En düşük engel etkinliği düzeyinin ise tüm yüzeylerin yansıtıcı ve engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda elde edildiği görülmektedir. Bu koşul için engel etkinliği değerleri, frekansa bağlı düzeyler açısından 2,4 dB ile 3,2 dB arasında değişmektedir (Çizelge 5.6).

Çizelge 5. 6 Örnek hacimde A alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tek kaynak açıkken yapılan hesaplama sonuçları

A ALICISI İÇİN TEK KAYNAK AÇIKKEN YAPILAN HESAPLAMA SONUÇLARI								
HACMİN YÜZEY YUTUCULUK DURUMU	ENGEL DURUMU	TOPLAM DEĞERLER (dBA)	FREKANSA BAĞLI DEĞERLER (dB)					
			125 Hz.	250 Hz.	500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.
<b>TÜM YÜZEYLER YANSITICI</b>	Engelsiz	56,8	67,1	59,5	53,9	48,6	43,7	37,0
	Engelli ( 1,5 m.)	54,0	64,7	56,8	50,9	45,5	40,6	33,8
	Engel Etkinliği	2,8	2,4	2,7	3,0	3,1	3,1	3,2
	Engelli ( 2,0 m.)	52,6	63,4	55,5	49,4	44,0	39,1	32,1
	Engel Etkinliği	4,2	3,7	4,0	4,5	4,6	4,6	4,9
<b>TAVAN YUTUCU, DİĞER YÜZEYLER YANSITICI</b>	Engelsiz	51,4	62,4	54,3	49,0	41,8	35,6	29,1
	Engelli ( 1,5 m.)	47,9	59,1	50,8	45,3	37,8	31,3	24,4
	Engel Etkinliği	3,5	3,3	3,5	3,7	4,0	4,3	4,7
	Engelli ( 2,0 m.)	46,0	57,4	49,0	43,4	35,9	29,3	22,4
	Engel Etkinliği	5,4	5,0	5,3	5,6	5,9	6,3	6,7
<b>TÜM YÜZEYLER YUTUCU</b>	Engelsiz	48,5	61,0	50,5	44,7	38,5	32,3	26,1
	Engelli ( 1,5 m.)	44,6	57,5	46,5	40,4	33,9	27,0	20,3
	Engel Etkinliği	3,9	3,5	4,0	4,3	4,6	5,3	5,8
	Engelli ( 2,0 m.)	42,6	55,7	44,4	38,3	31,8	25,0	18,2
	Engel Etkinliği	5,9	5,3	6,1	6,4	6,7	7,3	7,9

A alıcısı için frekansa bağlı değerlerden tüm kaynakların açık olduğu durumda yapılan hesaplama sonuçları incelendiğinde, genel olarak engel etkinliği düzeylerinin tek kaynak açık olduğu koşula göre düştüğü görülmektedir. Bu durumun gerçekleşmesinde kaynak sayısının artmasıyla hacmin yüzeylerinde oluşan yansımaların da artması ve bu yansımaların engel etkinliğini olumsuz yönde etkilenmesinin önemi büyüktür.

A alıcısı için tüm kaynakların açık olduğu durumda yapılan hesaplama sonuçlarının yer aldığı Çizelge 5.7 frekansa bağlı değerler açısından incelendiğinde, en yüksek engel etkinliği değerinin tüm yüzeyler yutucu ve engel yüksekliği 2,0 m. olduğunda sağlandığı görülmektedir. Buna göre engel etkinliği düzeyi 4,3 dB ile 7,7 dB arasında değişmektedir. En düşük engel etkinliği düzeyi ise tüm yüzeylerin yansıtıcı ve engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda elde edilmiştir. Bu koşul için frekansa bağlı engel etkinliği değerleri, 1,5 dB ile 2,3 dB arasındadır.

Çizelge 5. 7 Örnek hacimde A alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tüm kaynaklar açıkken yapılan hesaplama sonuçları

A ALICISI İÇİN TÜM KAYNAKLAR AÇIKKEN YAPILAN HESAPLAMA SONUÇLARI								
HACMİN YÜZEY YUTUCULUK DURUMU	ENGEL DURUMU	TOPLAM DEĞERLER (dBA)	FREKANSA BAĞLI DEĞERLER (dB)					
			125 Hz.	250 Hz.	500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.
TÜM YÜZEYLER YANSITICI	Engelsiz	59,5	70,1	62,5	56,3	50,9	45,9	38,6
	Engelli ( 1,5 m.)	57,6	68,6	60,7	54,2	48,7	43,7	36,3
	Engel Etkinliği	1,9	1,5	1,8	2,1	2,2	2,2	2,3
	Engelli ( 2,0 m.)	56,7	67,8	59,8	53,2	47,8	42,8	35,2
	Engel Etkinliği	2,8	2,3	2,7	3,1	3,1	3,1	3,4
TAVAN YUTUCU, DİĞER YÜZEYLER YANSITICI	Engelsiz	52,3	63,6	55,3	49,8	42,3	35,9	29,3
	Engelli ( 1,5 m.)	49,5	61,1	52,5	46,7	38,7	31,9	24,8
	Engel Etkinliği	2,8	2,5	2,8	3,1	3,6	4,0	4,5
	Engelli ( 2,0 m.)	48,1	59,9	51,2	45,3	37,0	30,1	23,0
	Engel Etkinliği	4,2	3,7	4,1	4,5	5,3	5,8	6,3
TÜM YÜZEYLER YUTUCU	Engelsiz	49,0	61,8	50,8	44,9	38,7	32,4	26,2
	Engelli ( 1,5 m.)	45,5	58,9	47,1	40,8	34,2	27,2	20,5
	Engel Etkinliği	3,5	2,9	3,7	4,1	4,5	5,2	5,7
	Engelli ( 2,0 m.)	43,9	57,5	45,3	38,9	32,3	25,2	18,5
	Engel Etkinliği	5,1	4,3	5,5	6,0	6,4	7,2	7,7

A alıcısı için engel yüksekliğinin 1,5 m. ve 2,0 m. olduğu durumlarda engel etkinliği değerlerinde belirgin değişiklikler gerçekleştiği görülmektedir. Engel etkinliği düzeylerindeki bu fark, hacmin yüzey yutuculuğu, yansıtıcı durumdan yutucu duruma değiştirildiğinde daha da artmaktadır.

Hacmin ortasında yer alan B alıcısı için sadece kaynak-5 açıkken yapılan hesaplamaların sonuçları Çizelge 5.8’de, tüm kaynaklar açıkken yapılan hesaplamaların sonuçları ise Çizelge 5.9’da görülmektedir.

B alıcısı için hacimde tek kaynak açıkken yapılan hesaplama sonuçlarının toplam değerlerine göre, engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda engel etkinliği değerleri 0,7 dBA ile 1,0 dBA, engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu koşulda ise 1,5 dBA ile 1,8 dBA arasında değişmektedir.

Çizelge 5. 8 Örnek hacimde B alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tek kaynak açıkken yapılan hesaplama sonuçları

B ALICISI İÇİN TEK KAYNAK AÇIKKEN YAPILAN HESAPLAMA SONUÇLARI								
HACMİN YÜZEY YUTUCULUK DURUMU	ENGEL DURUMU	TOPLAM DEĞERLER (dBA)	FREKANSA BAĞLI DEĞERLER (dB)					
			125 Hz.	250 Hz.	500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.
TÜM YÜZEYLER YANSITICI	Engelsiz	51,5	62,2	54,5	48,3	42,9	37,9	30,3
	Engelli ( 1,5 m.)	50,8	62,0	53,8	47,3	41,9	36,9	29,3
	Engel Etkinliği	0,7	0,2	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0
	Engelli ( 2,0 m.)	50,0	61,1	52,9	46,5	41,1	36,1	28,5
	Engel Etkinliği	1,5	1,1	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8
TAVAN YUTUCU, DİĞER YÜZEYLER YANSITICI	Engelsiz	42,4	54,5	45,7	39,4	29,8	21,3	12,7
	Engelli ( 1,5 m.)	41,5	53,7	44,7	38,4	28,7	20,3	11,6
	Engel Etkinliği	0,9	0,8	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1
	Engelli ( 2,0 m.)	40,6	52,9	43,9	37,6	27,9	19,4	10,8
	Engel Etkinliği	1,8	1,6	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9
TÜM YÜZEYLER YUTUCU	Engelsiz	37,0	51,8	37,2	29,3	21,4	11,9	3,5
	Engelli ( 1,5 m.)	36,0	50,8	36,1	28,2	20,3	10,8	2,5
	Engel Etkinliği	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0
	Engelli ( 2,0 m.)	35,2	50,0	35,3	27,4	19,5	10,0	1,6
	Engel Etkinliği	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9

B alıcısı için engel yüksekliğinin artmasıyla tüm koşullarda engel etkinliği değerlerinde artış sağlanmıştır. Tüm kaynakların açık olduğu koşulda ise engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda engel etkinliği değerleri 0,8 dBA ile 0,9 dBA, engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumda ise 1,4 dBA ile 1,6 dBA arasında değişmektedir.

Toplam değerlerle birlikte frekansa bağlı engel etkinliği değerleri incelendiğinde, B alıcısı için engel yüksekliğinin 1,5 m. ve 2,0 m. olduğu durumlarda engel etkinlik düzeylerinde 1 dBA'dan daha düşük değerlerde fark olduğu görülmektedir. Hacmin yüzey yutuculuklarının engel etkinliğine etkisi de oldukça azdır. Özellikle tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu durum ile tüm yüzeylerin yutucu olduğu durumlarda engel etkinliği değerleri neredeyse aynıdır. B alıcısı hacmin orta bölümlerinde yer aldığı için bu alıcı noktasında yansımış ses düzeyi diğer alıcılara göre daha yüksektir. Bu nedenle engel etkinliği değerleri A alıcısındaki değerlere göre oldukça düşüktür.

Çizelge 5. 9 Örnek hacimde B alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tüm kaynaklar açıkken yapılan hesaplama sonuçları

B ALICISI İÇİN TÜM KAYNAKLAR AÇIKKEN YAPILAN HESAPLAMA SONUÇLARI								
HACMİN YÜZEY YUTUCULUK DURUMU	ENGEL DURUMU	TOPLAM DEĞERLER (dBA)	FREKANSA BAĞLI DEĞERLER (dB)					
			125 Hz.	250 Hz.	500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.
TÜM YÜZEYLER YANSITICI	Engelsiz	55,1	66,4	58,6	51,1	45,6	40,4	31,8
	Engelli ( 1,5 m.)	54,3	66,1	57,7	50,1	44,5	39,4	30,9
	Engel Etkinliği	0,8	0,3	0,9	1,0	1,1	1,0	0,9
	Engelli ( 2,0 m.)	53,7	65,6	57,1	49,4	43,9	38,8	30,2
	Engel Etkinliği	1,4	0,8	1,5	1,7	1,7	1,6	1,6
TAVAN YUTUCU, DİĞER YÜZEYLER YANSITICI	Engelsiz	43,1	55,4	46,3	39,9	30,0	21,4	12,8
	Engelli ( 1,5 m.)	42,2	54,7	45,4	38,9	28,9	20,4	11,7
	Engel Etkinliği	0,9	0,7	0,9	1,0	1,1	1,0	1,1
	Engelli ( 2,0 m.)	41,5	54,0	44,7	38,1	28,1	19,6	10,9
	Engel Etkinliği	1,6	1,4	1,6	1,8	1,9	1,8	1,9
TÜM YÜZEYLER YUTUCU	Engelsiz	37,3	52,2	37,3	29,4	21,4	12,0	3,6
	Engelli ( 1,5 m.)	36,5	51,4	36,2	28,3	20,3	10,9	2,5
	Engel Etkinliği	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	Engelli ( 2,0 m.)	35,7	50,7	35,4	27,5	19,5	10,1	1,7
	Engel Etkinliği	1,6	1,5	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9

B alıcısı için en yüksek engel etkinliği düzeyi tek kaynak açık olduğu durumda, engel yüksekliği 2,0 m. ve tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu koşul ile tüm yüzeylerin yutucu olduğu koşulda sağlanmıştır. En düşük engel etkinliği düzeyi ise tek kaynak açıkken tüm yüzeylerin yansıtıcı ve engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu koşulda elde edilmiştir.

C alıcısı için modelleme yoluyla sadece kaynak-5 açıkken yapılan hesaplamaların sonuçları Çizelge 5.10'da, tüm kaynaklar açıkken yapılan hesaplamaların sonuçları ise Çizelge 5.11'de yer almaktadır.

C alıcısı için hacimde tek kaynak açıkken yapılan hesaplama sonuçlarının toplam değerlerine göre engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda engel etkinlik düzeyleri 1,7 dBA ile 2,4 dBA, engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumda ise 2,5 dBA ile 3,3 dBA arasında değişmektedir. Tüm kaynakların açık olduğu ve engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda engel etkinliği değerleri 1,5 dBA ile 2,4 dBA, engel yüksekliği 2,0 m. olduğunda ise 2,1 dBA ile 3,3 dBA arasında değişiklik göstermektedir.

Çizelge 5. 10 Örnek hacimde C alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tek kaynak açıkken yapılan hesaplama sonuçları

C ALICISI İÇİN TEK KAYNAK AÇIKKEN YAPILAN HESAPLAMA SONUÇLARI								
HACMİN YÜZEY YUTUCULUK DURUMU	ENGEL DURUMU	TOPLAM DEĞERLER (dBA)	FREKANS BAĞLI DEĞERLER (dB)					
			125 Hz.	250 Hz.	500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.
TÜM YÜZEYLER YANSITICI	Engelsiz	53,4	64,0	56,3	50,4	45,1	40,1	33,0
	Engelli ( 1,5 m.)	51,7	62,6	54,6	48,4	43,0	38,1	30,9
	Engel Etkinliği	1,7	1,4	1,7	2,0	2,1	2,0	2,1
	Engelli ( 2,0 m.)	50,9	61,9	53,8	47,6	42,2	37,2	30,0
	Engel Etkinliği	2,5	2,1	2,5	2,8	2,9	2,9	3,0
TAVAN YUTUCU, DİĞER YÜZEYLER YANSITICI	Engelsiz	46,4	58,0	49,5	43,7	35,3	28,1	20,6
	Engelli ( 1,5 m.)	44,2	55,9	47,3	41,5	32,9	25,5	17,7
	Engel Etkinliği	2,2	2,1	2,2	2,2	2,4	2,6	2,9
	Engelli ( 2,0 m.)	43,3	55,0	46,4	40,6	32,0	24,6	16,8
	Engel Etkinliği	3,1	3,0	3,1	3,1	3,3	3,5	3,8
TÜM YÜZEYLER YUTUCU	Engelsiz	42,0	55,8	43,4	36,7	29,8	22,6	15,9
	Engelli ( 1,5 m.)	39,6	53,6	40,9	34,0	26,8	18,7	11,2
	Engel Etkinliği	2,4	2,2	2,5	2,7	3,0	3,9	4,7
	Engelli ( 2,0 m.)	38,7	52,8	40,0	33,1	25,9	17,7	10,2
	Engel Etkinliği	3,3	3,0	3,4	3,6	3,9	4,9	5,7

C alıcısı için tüm koşullarda engel yüksekliği ve hacmin yutuculuğu arttıkça, engel etkinlik düzeyi de artmaktadır. Tüm kaynaklar açık olduğu durumda, engel etkinliği tek kaynağın açık olduğu koşula göre, tüm yüzeyler yansıtıcı olduğu durum için engel yüksekliği 1,5 m. iken 0,2 dBA, engel yüksekliği 2,0 m. olduğunda ise 0,4 dBA kadar azalmıştır. Tüm yüzeylerin yutucu olduğu koşulda ise engel etkinlik düzeylerinde bir azalma görülmemektedir. C alıcısında da diğer alıcılarda olduğu gibi en yüksek engel etkinliği değerlerine tüm yüzeyler yutucu ve engel yüksekliği 2,0 m. olduğunda ulaşılmıştır. En düşük değerler ise tüm yüzeyler yansıtıcı ve engel yüksekliği 1,5 m. olduğunda elde edilmiştir.

Çizelge 5. 11 Örnek hacimde C alıcısındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği için tüm kaynaklar açıkken yapılan hesaplama sonuçları

C ALICISI İÇİN TÜM KAYNAKLAR AÇIKKEN YAPILAN HESAPLAMA SONUÇLARI								
HACMİN YÜZEY YUTUCULUK DURUMU	ENGEL DURUMU	TOPLAM DEĞERLER (dBA)	FREKANSA BAĞLI DEĞERLER (dB)					
			125 Hz.	250 Hz.	500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.
TÜM YÜZEYLER YANSITICI	Engelsiz	56,0	67,1	59,4	52,3	46,9	41,8	33,8
	Engelli ( 1,5 m.)	54,5	65,9	57,8	50,6	45,1	40,0	31,8
	Engel Etkinliği	1,5	1,2	1,6	1,7	1,8	1,8	2,0
	Engelli ( 2,0 m.)	53,9	65,4	57,2	49,9	44,4	39,2	31,1
	Engel Etkinliği	2,1	1,7	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7
TAVAN YUTUCU, DİĞER YÜZEYLER YANSITICI	Engelsiz	46,6	58,3	49,7	43,8	35,4	28,1	20,6
	Engelli ( 1,5 m.)	44,4	56,3	47,6	41,6	33,0	25,5	17,7
	Engel Etkinliği	2,2	2,0	2,1	2,2	2,4	2,6	2,9
	Engelli ( 2,0 m.)	43,6	55,5	46,7	40,7	32,1	24,6	16,8
	Engel Etkinliği	3,0	2,8	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8
TÜM YÜZEYLER YUTUCU	Engelsiz	42,1	55,9	43,4	36,7	29,8	22,6	15,9
	Engelli ( 1,5 m.)	39,7	53,8	41,0	34,0	26,8	18,7	11,2
	Engel Etkinliği	2,4	2,1	2,4	2,7	3,0	3,9	4,7
	Engelli ( 2,0 m.)	38,8	52,9	40,0	33,1	25,9	17,7	10,2
	Engel Etkinliği	3,3	3,0	3,4	3,6	3,9	4,9	5,7

Hacmin genelinde tüm alıcı noktalarında, yüzey yutuculuklarının ve engel yüksekliğinin artırılmasıyla, engel etkinlik düzeylerinde belirgin bir artış sağlanmıştır. Özellikle hacim içindeki konumu sebebiyle A alıcısındaki engel etkinliği düzeyleri diğer alıcı noktalarına göre oldukça yüksek değerlerdedir.

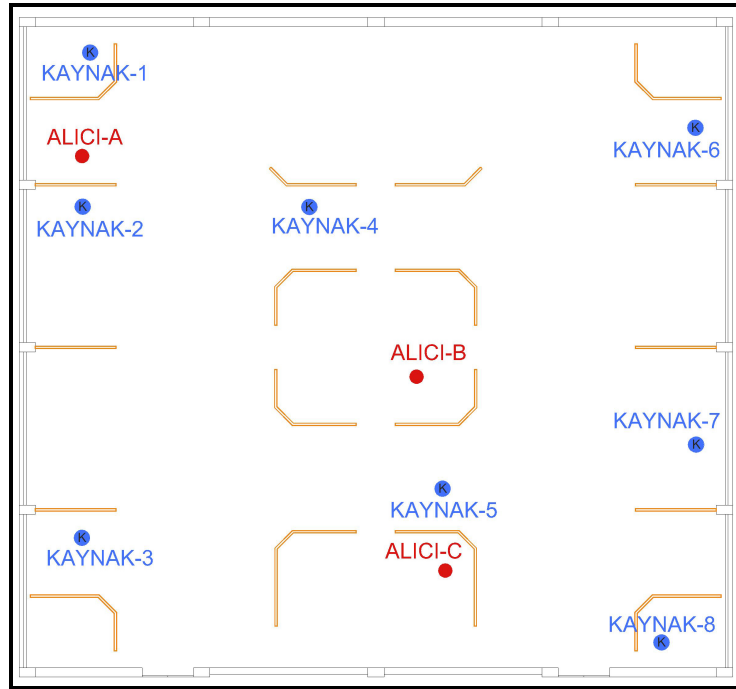
#### 5.4.2.2 Değerlendirme

Bu bölümde, önceki kısımda açıklanan, belirli alıcılardaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği değerleri, toplam değerler ve frekansa bağlı değerler açısından incelenmiştir. Öncelikle alıcı noktalarındaki toplam gürültü düzeyi açısından, sonraki bölümde ise frekansa bağlı düzeyler açısından değerlendirme yapılmıştır. Bu bölümdeki değerlendirmeler için hazırlanan grafiklerde toplam değerler, 50 dBA sınır düzeyi [15] ile, frekansa bağlı değerler ise NR40 eğrisi ile karşılaştırılmıştır.



#### 5.4.2.2.1 Toplam Gürültü Düzeyi Açısından Değerlendirme

Şekil 5.15’de yer alan örnek hacmin planı üzerinde işaretlenmiş olan üç ayrı alıcı noktası için modelleme yoluyla yapılan hesaplamalar sonucunda, bu alıcı noktalarındaki gürültü düzeyleri belirlenmiştir. Bu belirlemeler çalışmanın yöntemine uygun olarak aşağıdaki grafiklerle değerlendirilmiştir. Grafiklerde değerlendirilen gürültü düzeyleri, alıcı noktalarındaki toplam değerleri ifade etmektedir. Frekansa bağlı değerler ise sonraki bölümde yer alan grafiklerle değerlendirilmiştir.



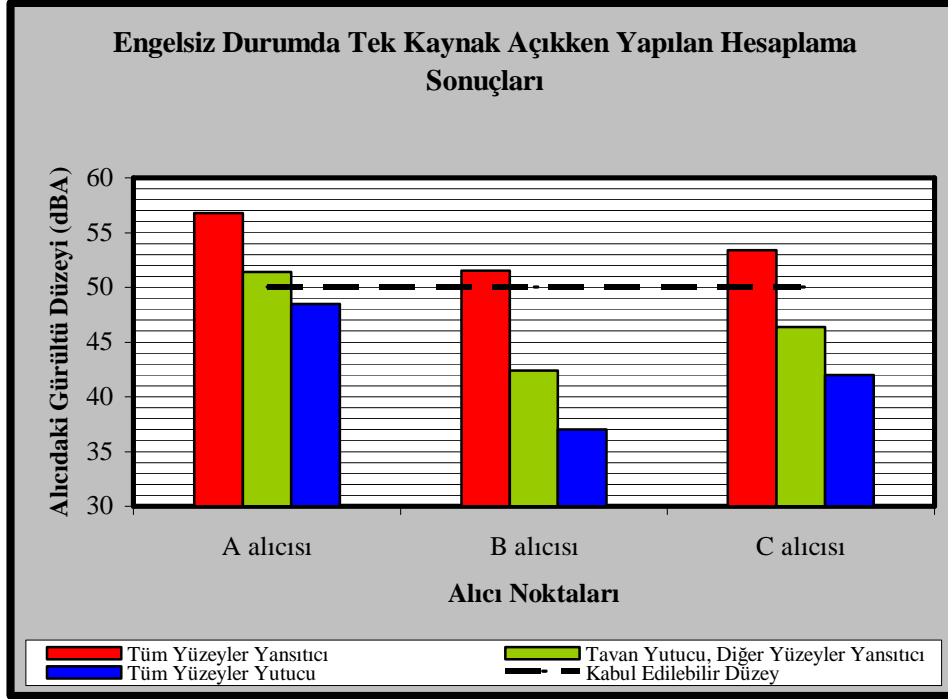
Şekil 5. 15 Kaynaklar, alıcı noktaları ve engelleri gösteren şematik plan

Şekil 5.16’da hacimde engel bulunmadığı durumda, Şekil 5.17’de engel yüksekliğinin 1,5 m. ve Şekil 5.18’de engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumlar için örnek hacimde tek kaynak açıkken tüm alıcı noktalarındaki gürültü düzeyleri, karşılaştırmalı olarak görülmektedir.

Hacimde tek kaynak açık olduğu durumda, A alıcısı için yapılan hesaplamalarda sadece kaynak-2, B ve C alıcıları için yapılan hesaplamalarda ise yalnızca kaynak-5 açıktır (Şekil 5.15).

Şekil 5.16’da yer alan grafikte engelsiz durumda, hacmin tüm yüzeyleri yansıtıcı olduğunda, alıcı noktalarının üçünde de gürültü düzeyi sınır düzeyin üzerindedir. Özellikle A alıcısında, hacmin duvarlarına en yakın ve dolayısıyla yüzeylerde oluşan yansımalarından en çok etkilenen bölgede yer aldığı için, gürültü düzeyi 57 dBA düzeyine

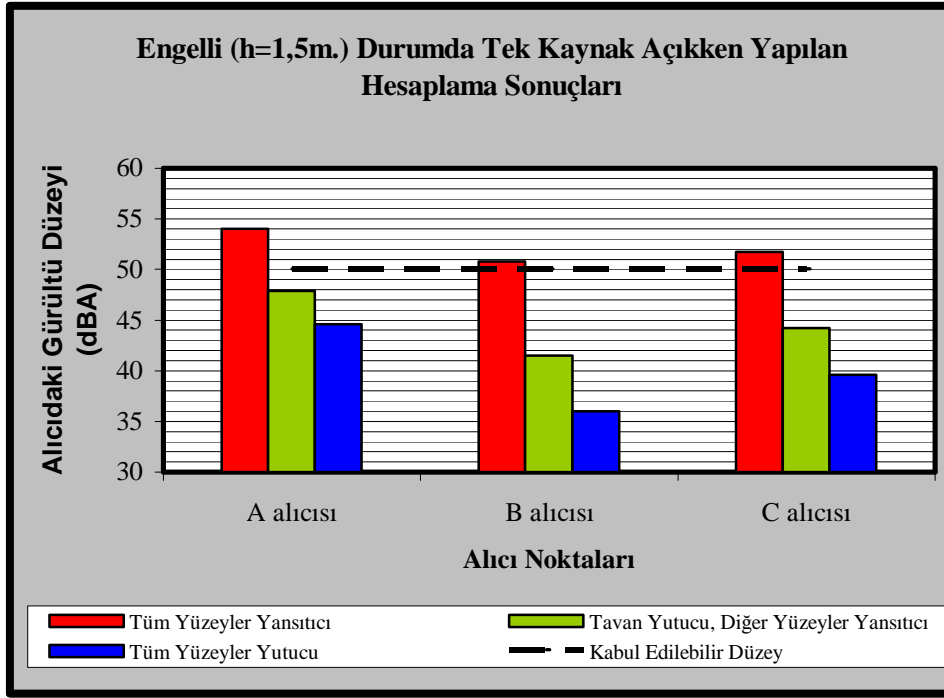
kadar çıkmaktadır. Yine aynı nedenden ötürü, tavan yutucu, diğer yüzeyler yansıtıcı olduğu durumda A alıcısında gürültü düzeyinin 50 dBA'nın üzerinde kaldığı görülmektedir. Aynı yüzey yutuculuk durumunda, hacmin orta kısımlarında ve duvar yüzeylerinden A alıcısına göre daha uzakta bulunan B ve C alıcı noktalarında gürültü düzeyi sınır düzeyin altında kalmaktadır. Tüm yüzeyler yutucu olduğu durumda ise alıcı noktalarının tümünde gürültü düzeyinin sınır düzeyden daha düşük olduğu görülmektedir.



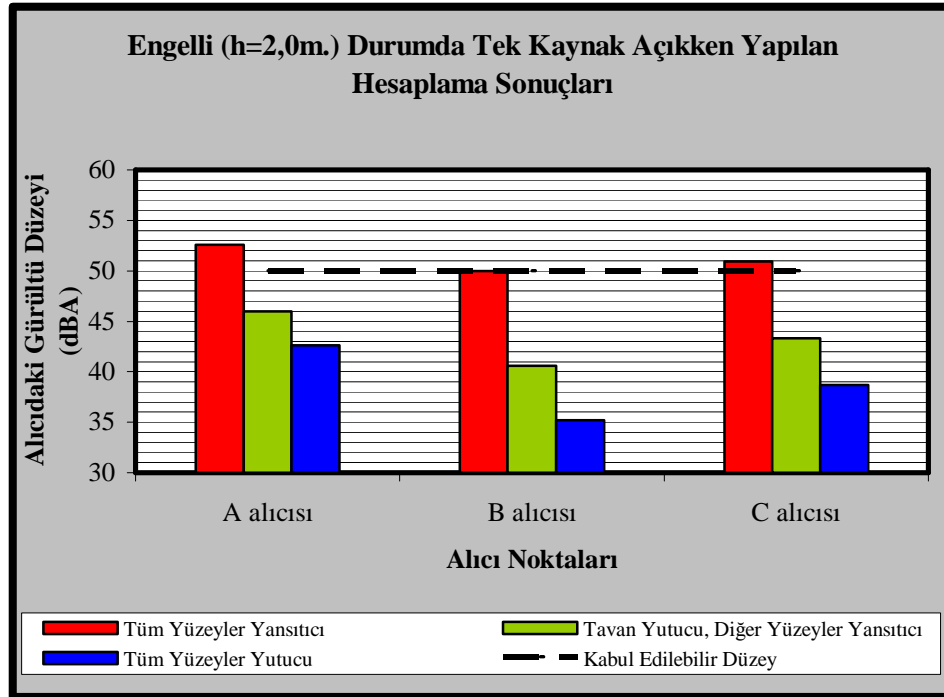
Şekil 5. 16 Engelsiz durumda tek kaynak açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi

Şekil 5.17’de bulunan engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durum için yapılan hesaplama sonuçlarının yer aldığı grafik incelendiğinde tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durumda, A, B ve C alıcı noktalarındaki gürültü düzeyi sınır düzeyin üzerindedir. Tavan yutucu, diğer yüzeyler yansıtıcı olduğunda ve tüm yüzeyler yutucu olduğunda ise gürültü düzeyleri sınır düzeyin altında kalmaktadır. En düşük gürültü düzeyleri B alıcısında elde edilmiştir. A alıcısı ile C alıcısındaki gürültü düzeyleri ise benzerlik göstermektedir.

Engel yüksekliği 2,0 m.’ye çıkarılarak yapılan hesaplamaların sonuçları incelendiğinde tüm yüzey yutuculuk durumlarında sadece B alıcısındaki gürültü düzeyleri 50 dBA'nın altında kalmaktadır. A ve B alıcıları için gürültü düzeyi tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durumda sınır düzeyin üzerindedir (Şekil 5.18).



Şekil 5. 17 Engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda tek kaynak açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi



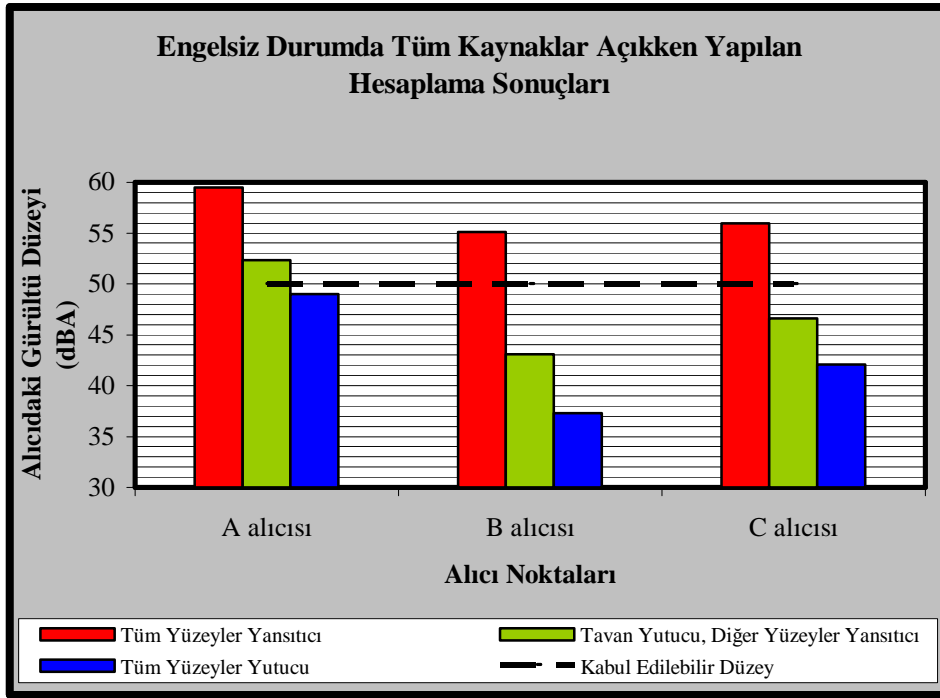
Şekil 5. 18 Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumda tek kaynak açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi

Şekil 5.19'da hacimde engel bulunmadığı durumda, Şekil 5.20'de engel yüksekliğinin 1,5 m. ve Şekil 5.21'de 2,0 m. olduğu durumlar için, örnek hacimde tüm kaynaklar açıkken, üç alıcı noktasındaki gürültü düzeyleri karşılaştırmalı olarak görülmektedir.

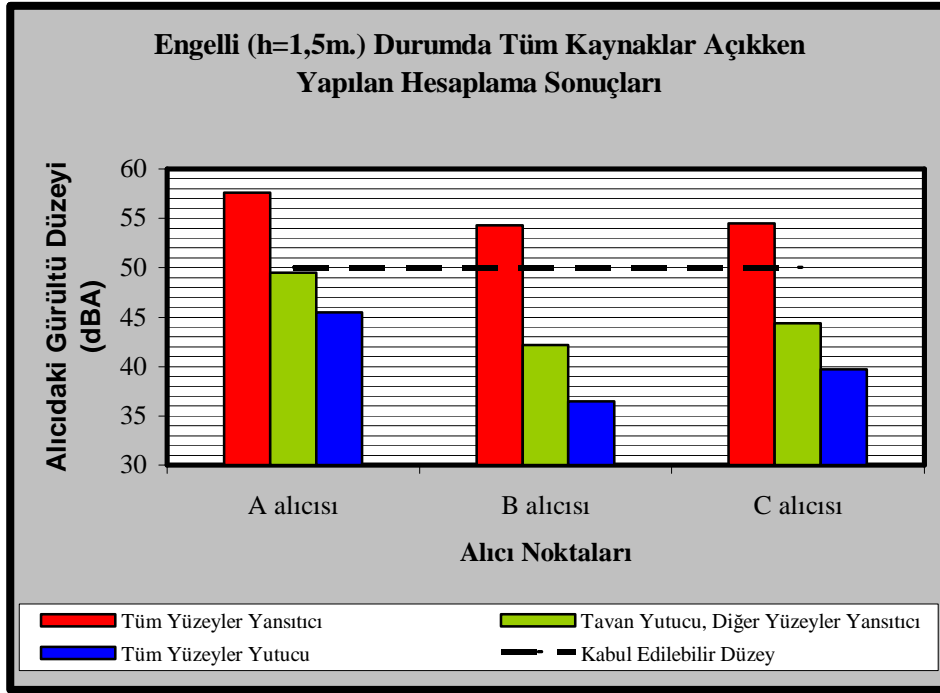
Grafikler incelendiğinde sonuçların, tek kaynak açık olduğu koşula göre benzerlik gösterdiği ancak; özellikle tüm yüzeyler yansıtıcı olduğu durumda gürültü düzeylerinin belirgin şekilde yükseldiği görülmektedir. Tüm yüzeyler yansıtıcı olduğunda alıcı noktalarındaki gürültü düzeyleri farklı engel özelliklerinin hepsinde, açık planlı ofisler için belirlenen 50 dBA sınır düzeyinin [30] üzerinde kalmaktadır.

Engel yüksekliğinin 1,5 m. ve 2,0.m. olduğu durumlarda, sadece tavan yutucu olduğunda ve tüm yüzeylerin yutucu gereçle kaplı olduğu koşulda, üç alıcı noktasında da gürültü düzeyleri için kabul edilebilir değer sağlanmıştır (Şekil 5.20 ve Şekil 5.21).

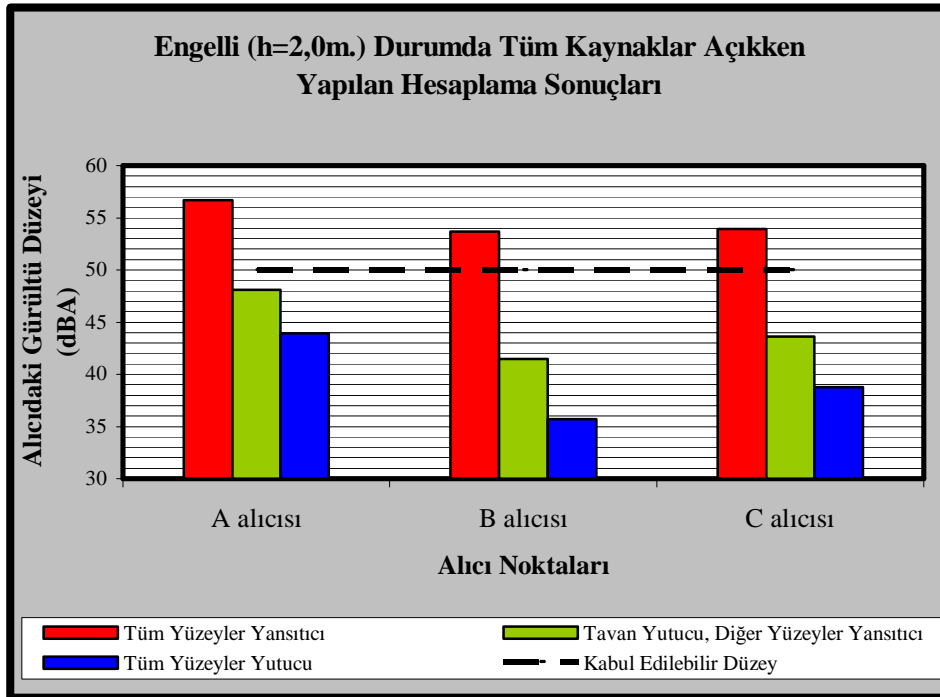
Alıcı noktalarındaki gürültü düzeyleri karşılaştırıldığı zaman, tüm yüzey yutuculuk koşulları için A alıcısındaki değerlerin en yüksek, B alıcısındaki değerlerin ise en düşük değerler olduğu görülmektedir.



Şekil 5. 19 Engelsiz durumda tüm kaynaklar açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi



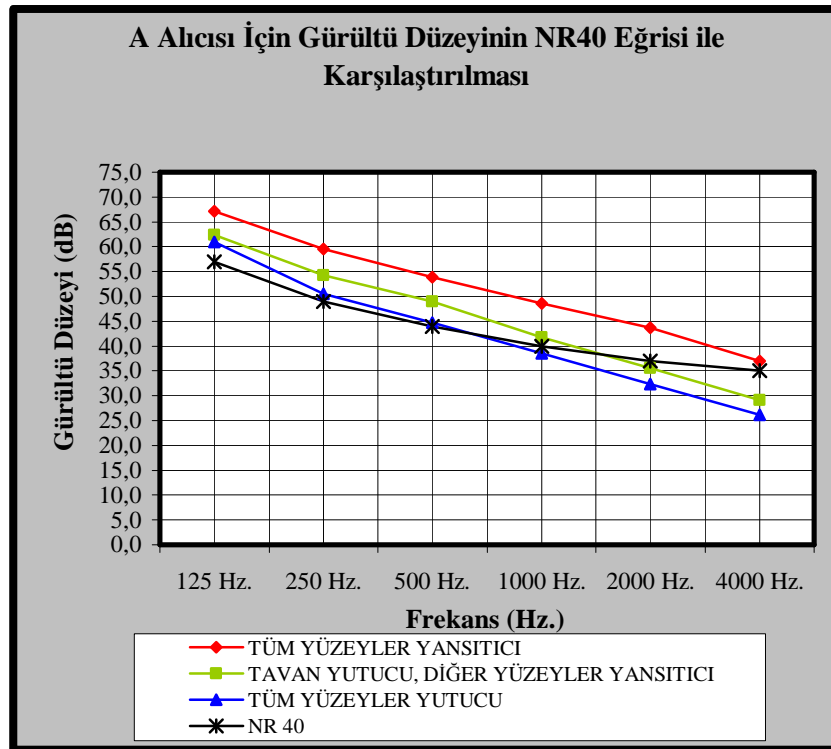
Şekil 5. 20 Engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda tüm kaynaklar açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi



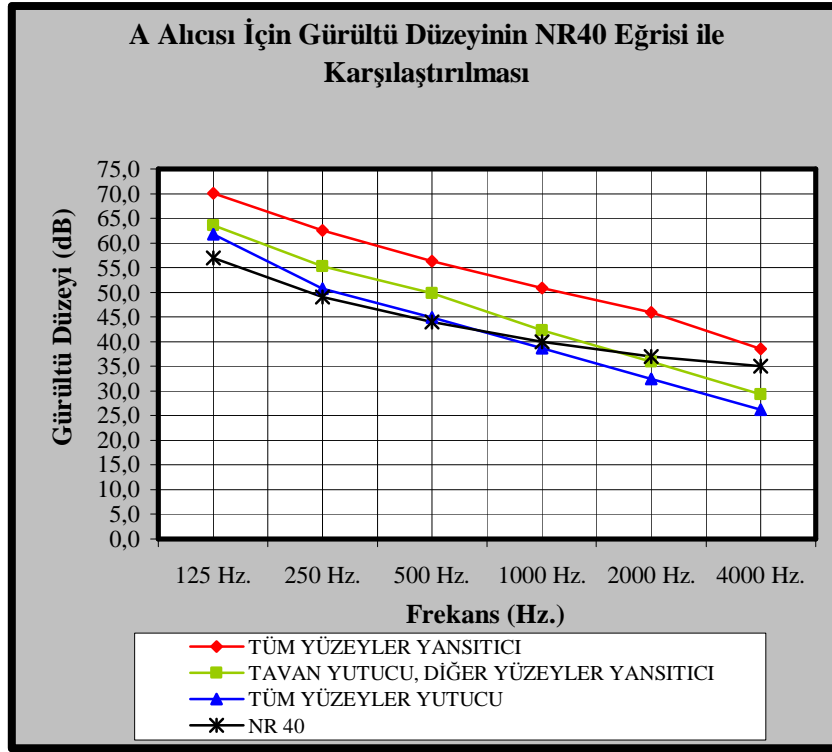
Şekil 5. 21 Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumda tüm kaynaklar açıkken alıcı noktalarında gürültü düzeyi

#### 5.4.2.2.2 Frekansa Bağlı Gürültü Düzeyleri Açısından Değerlendirme

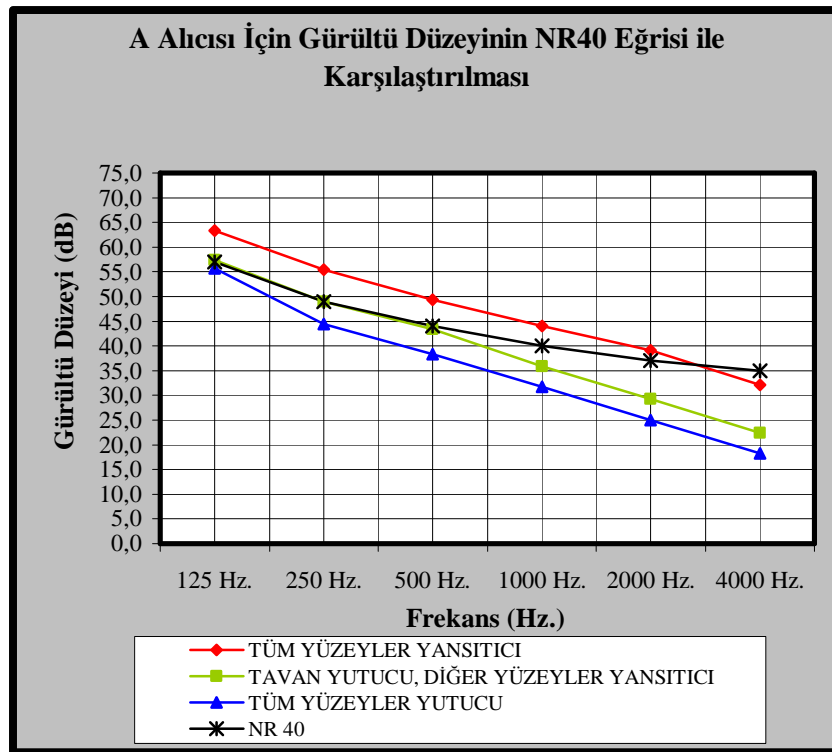
Bu bölümde, örnek hacimde yapılan hesaplamaların sonuçları frekansa bağlı değerler açısından kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın yönteminde açıklanan tüm koşullar için yapılan bu değerlendirmelerde, açık planlı ofisler için kabul edilebilir değer olarak NR40 eğrisi belirlenmiştir. Frekansa bağlı gürültü düzeyleri göz önünde bulundurularak yapılan bu değerlendirmelerin sonuçları, örnek hacimdeki her alıcı noktası için tek kaynağın açık olduğu ve tüm kaynakların açık olduğu koşullarda ayrı ayrı çizilen grafiklerle açıklanmıştır. Her grafikte alıcı noktaları için hacmin yüzey yutuculuk durumlarına göre değişen gürültü düzeylerinin frekansa bağlı değerleri ve bu değerlerin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması yer almaktadır. Değerlendirmeler sırasıyla A, B ve C alıcıları için ayrı ayrı yapılmıştır.



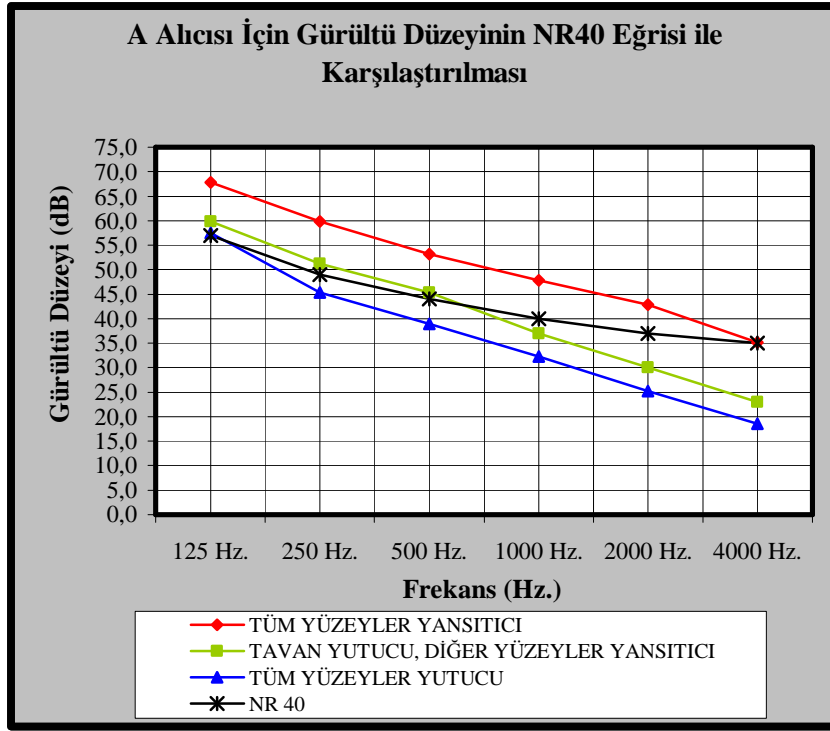
Şekil 5. 22 A alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması



Şekil 5. 23 A alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması



Şekil 5. 24 A alıcısı için engelli (h = 2,0 m.) durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması

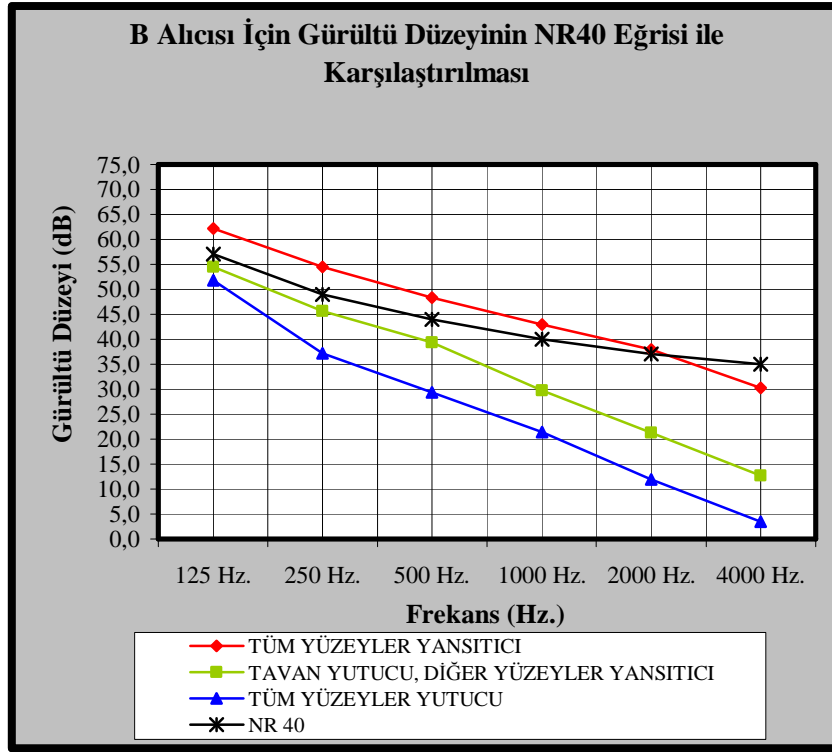


Şekil 5. 25 A alıcısı için engelli ( $h = 2,0$  m.) durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması

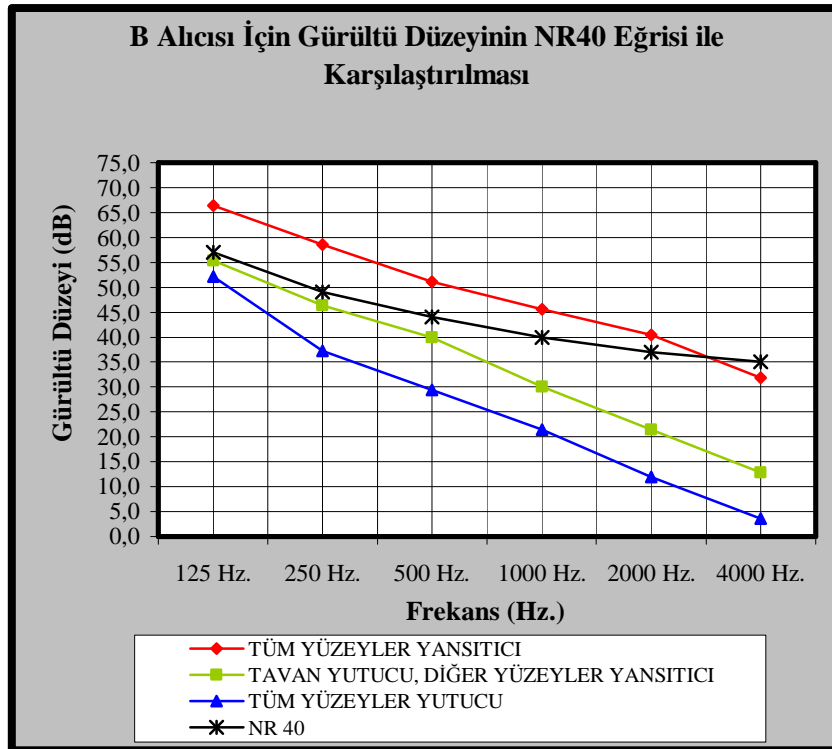
A alıcısı için hazırlanan grafiklerden engellerin bulunmadığı koşulu gösteren grafikler Şekil 5.22 ve Şekil 5.23’de bulunmaktadır. Bu grafiklerde gürültü düzeyinin tüm yüzeylerin yansıtıcı ve tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu koşullarda, tüm frekanslar için kabul edilebilir değerin üzerinde kaldığı görülmektedir. Tüm yüzeylerin yutucu olduğu durumda ise 250 Hz’den daha yüksek frekanslarda, gürültü düzeyi değerleri optimum değerlere yaklaşmıştır.

Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu grafiklerden, hacimde tek kaynak açık olduğu durumda, optimum değere en yakın gürültü düzeyleri tavanın yutucu gereçle kaplı olduğu, diğer yüzeylerin ise yansıtıcı olduğu koşuldur. Tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durumda elde edilen değerler tüm frekanslarda kabul edilebilir değerlerin üzerinde yer alırken, tüm yüzeylerin yutucu olduğu durumda ise özellikle yüksek frekanslarda optimum değerin oldukça altındadır (Şekil 5.24). Şekil 5.25’de yer alan tüm kaynakların açık olduğu durum için hazırlanan grafik incelendiğinde ise sonuçların tek kaynak açık olduğu durumla benzer olduğu görülmektedir.

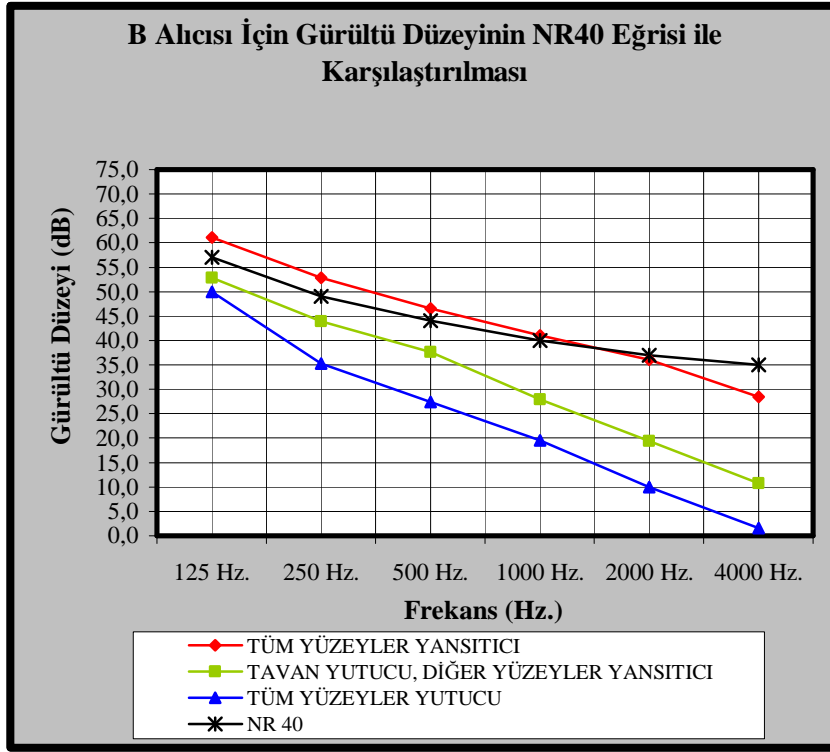




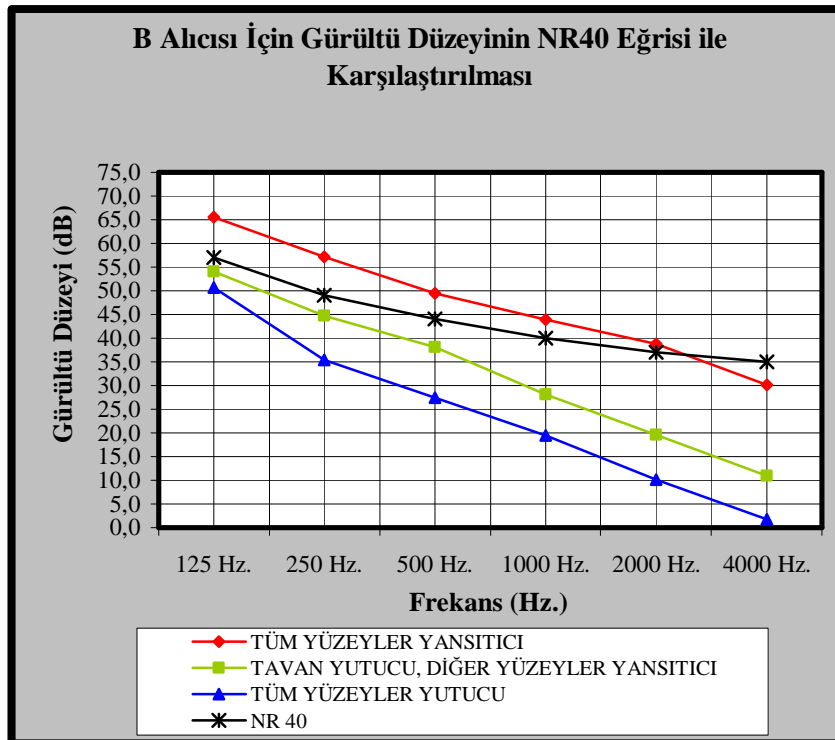
Şekil 5. 26 B alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması



Şekil 5. 27 B alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması



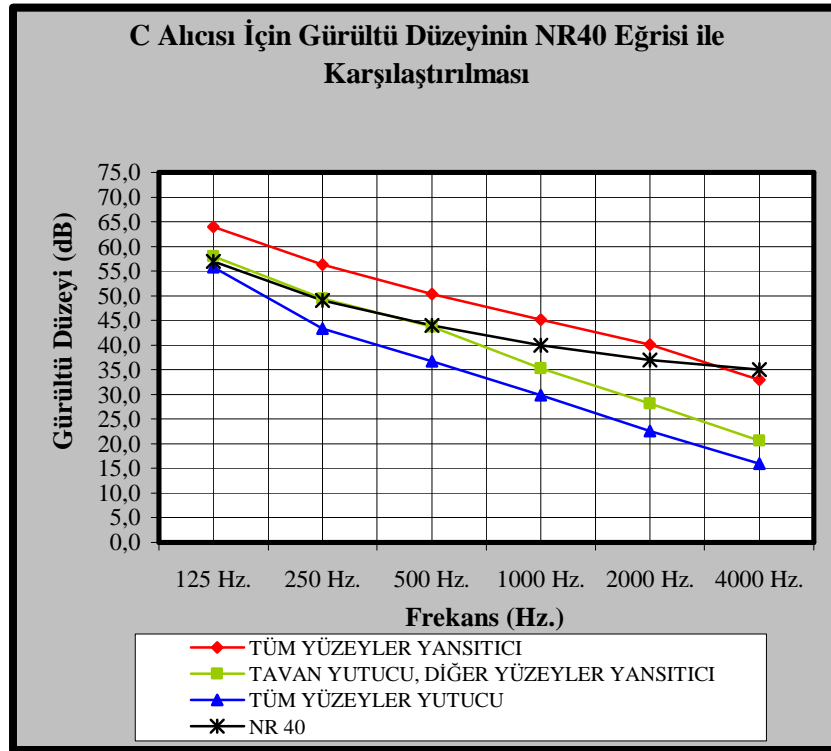
Şekil 5. 28 B alıcısı için engelli ( $h = 2,0$  m.) durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması



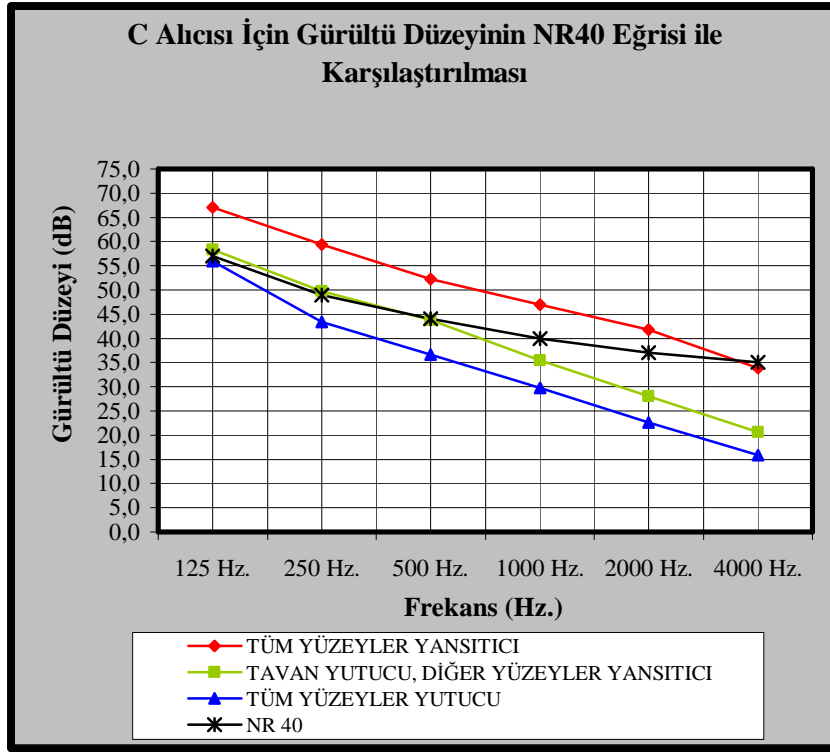
Şekil 5. 29 B alıcısı için engelli ( $h = 2,0$  m.) durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması

B alıcısı için gürültü düzeylerinin sınır değerlerle karşılaştırılmasını gösteren grafiklerden engellerin bulunmadığı koşul için hazırlanan grafikler Şekil 5.26 ve Şekil 5.27’de yer almaktadır. Bu grafiklerde tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durumda alçak frekanslarda gürültü düzeyi NR40 eğrisinin üzerindedir. 1000 Hz.’den daha yüksek frekanslarda ise optimum değer altında kalmaktadır. Sadece tavanın yutucu olduğu ve tüm yüzeylerin yutucu olduğu koşullarda ise gürültü düzeyinin kabul edilebilir düzeyin altında kaldığı görülmektedir. Özellikle tüm yüzeylerin yutucu olduğu durumda B alıcısındaki gürültü düzeyi yüksek frekanslarda 25 dB’in altındadır. Bu durum hacimde hem tek kaynağın açık olduğu hem de tüm kaynakların açık olduğu koşullar için geçerlidir.

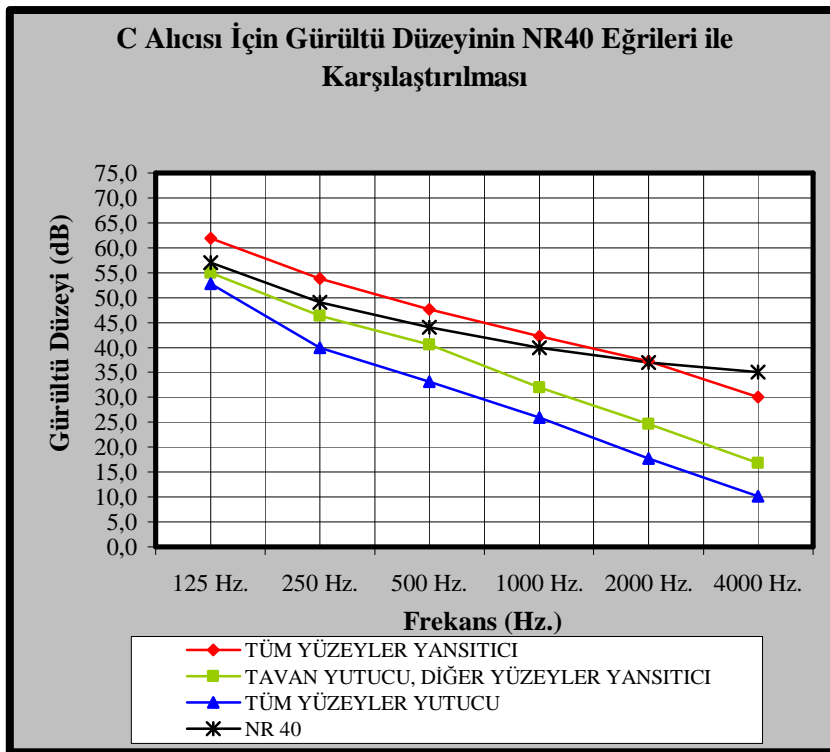
Hacimde engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu koşul için grafikler incelendiğinde, tek kaynağın açık ve tüm kaynakların açık olduğu durumlar arasında önemli ayrımlar olmadığı görülmektedir. Bu grafiklerde tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu durumda B alıcısındaki gürültü düzeyi kabul edilebilir değer üzerinde kalırken diğer iki yutuculuk durumu için değerler optimum değer altında kalmaktadır. Tüm yüzeyler yutucu olduğu durumda B alıcısının yüksek frekanslardaki gürültü düzeyi 15 dB’in altında kalmaktadır (Şekil 5.28 ve Şekil 5.29).



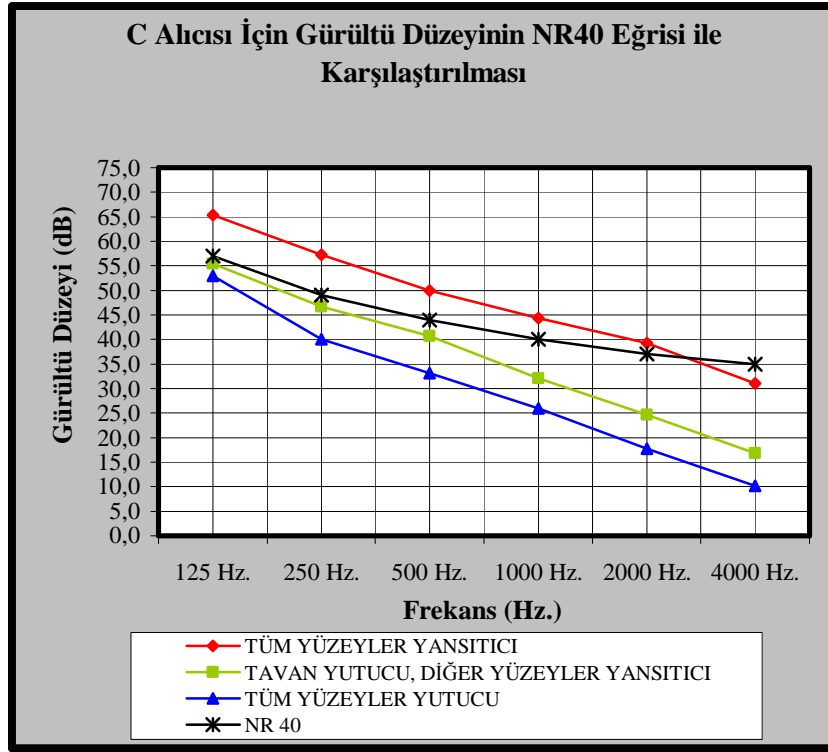
Şekil 5. 30 C alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması



Şekil 5. 31 C alıcısı için engellerin bulunmadığı durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması



Şekil 5. 32 C alıcısı için engelli (h = 2,0 m.) durumda tek kaynak açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması



Şekil 5. 33 C alıcısı için engelli ( $h = 2,0$  m.) durumda tüm kaynaklar açıkken hesaplanan gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması

C alıcısı için hacimde engellerin bulunmadığı koşul için hazırlanan grafikler Şekil 5.30 ve Şekil 5.31’de yer almaktadır. Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durum için gürültü düzeylerinin gösteren grafikler ise Şekil 5.32 ve Şekil 5.33’de görülmektedir.

C alıcısı için gürültü düzeylerinin sınır değerlerle karşılaştırılmasını gösteren grafikler genel olarak değerlendirildiğinde, kabul edilebilir düzeylere en yakın değerlerin, hacmin yüzeylerinden tavanın yutucu diğerlerinin ise yansıtıcı olduğu durumda sağlandığı görülmektedir. Tüm yüzeyler yansıtıcı olduğu durumda C alıcısındaki gürültü düzeyleri 2000 Hz.’den daha düşük frekanslarda kabul edilebilir değeri gösteren eğrinin üzerinde yer almaktadır. Tüm yüzeyler yutucu olduğu durumda gürültü düzeylerinin, özellikle yüksek frekanslarda 25 dB’den daha düşük olduğu görülmektedir.

## BÖLÜM 6

---

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında açık planlı ofislerde uygun akustik ortamın sağlanması için gerekli gürültü denetimi önlemlerinden engeller, ilgili bilgisayar yazılımı yardımıyla örnek hacim üzerinde modelleme yapılarak incelenmiştir. Çalışmaların yapılacağı örnek hacmin özellikleri belirlenmiş ve bilgisayar yazılımıyla modellenerek, çalışma için belirlenen yöntemin izlenmesiyle gerekli hesaplama sonuçları ve grafikler elde edilmiştir. Hacim içinde belirli kabuller yapılarak tespit edilen alıcı ve kaynak noktaları ile gürültü engelleri için hesaplamalar yaptırılmış ve çıkan değerler gürültü haritaları, çizelgeler ve grafiklerle desteklenerek açıklanmıştır. Engel etkinliği düzeyleriyle ilgili çalışmada elde edilen verilerle açık planlı ofisler için belirlenen kabul edilebilir değerler, bu grafikler üzerinde karşılaştırılmıştır.

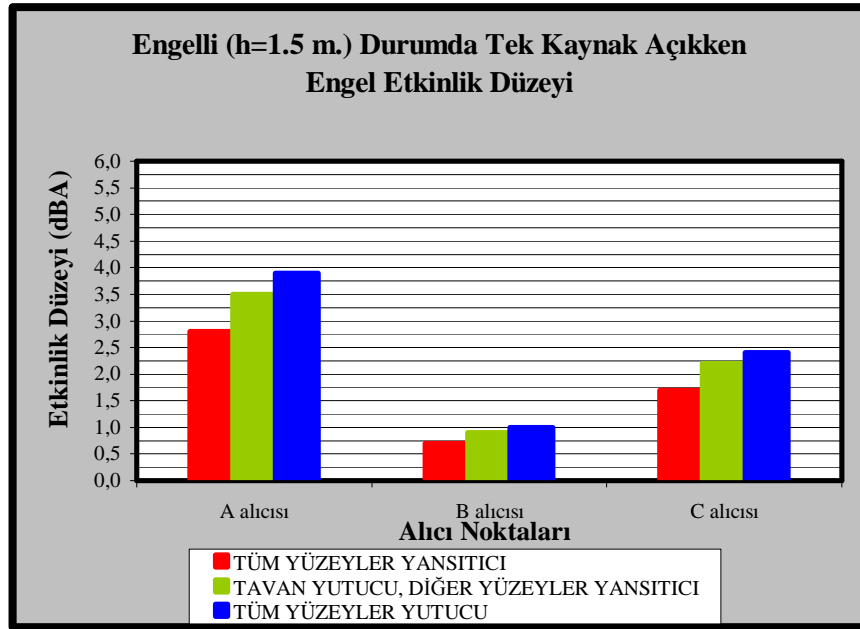
Modelleme yoluyla yapılan hesaplamaların sonuçlarının doğruluğunun ispatı için, belirlenen noktalarda formül ile hesaplama yapılarak, elde edilen değerler ile modelleme yoluyla ulaşılan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Örnek hacimde engel etkinliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalarla birlikte, hacmin akustik özelliklerinin belirlenmesi ve hacmin farklı kısımlarında yer alan alıcı noktalarındaki gürültü düzeyi ve engel etkinliği değerlerinin daha anlaşılır bir şekilde değerlendirilmesi için, hacmin akustik özellikleri ile ilgili incelemeler de yapılmıştır.

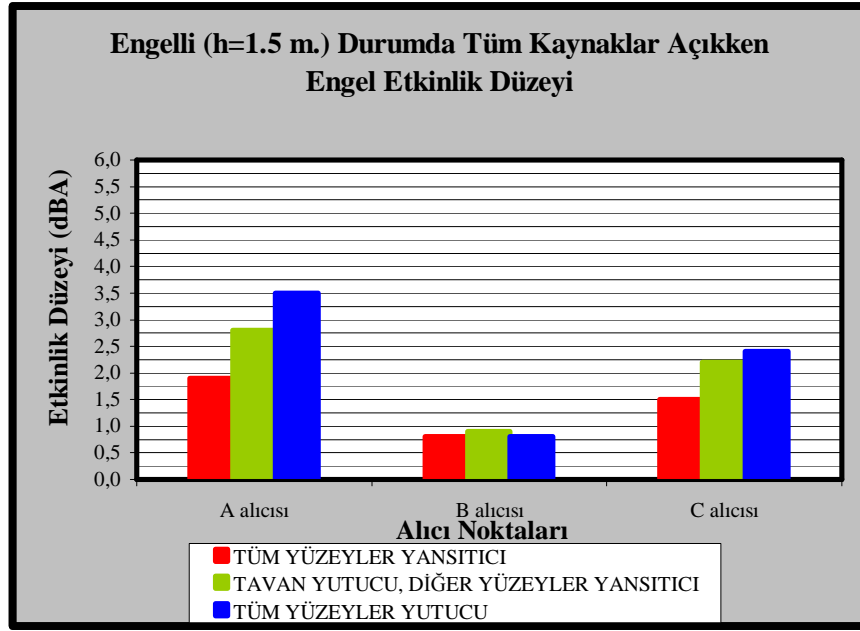
Kapalı bir hacimde engel etkinliğini belirleyen unsurların başında, hacmin yüzeylerinde oluşan yansımalar gelir. Bu nedenle örnek hacimde engel etkinliğiyle ilgili belirlemeler, kaynak ve alıcı konumları ile engel yüksekliğinin değiştirilmesiyle birlikte hacmin farklı yüzey yutuculukları için de tekrarlanmıştır. Böylelikle kapalı bir hacimde engel

etkinliği düzeyini belirleyen tüm değişkenler göz önünde bulundurularak çalışmanın başında amaçlanan sonuçlara ulaşılmıştır.

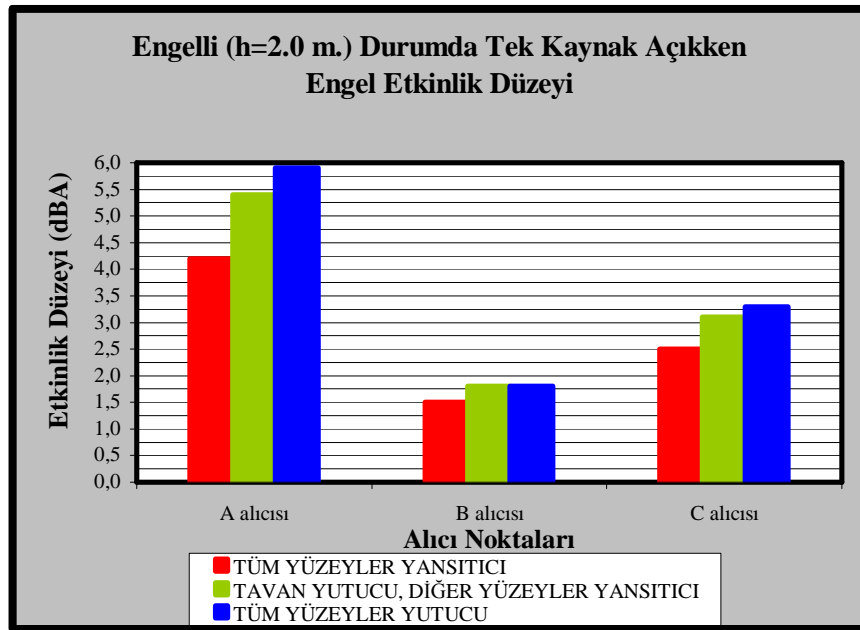
Çalışma sonuçlarını değerlendirmek amacıyla tüm alıcı noktalarındaki değerleri karşılaştıran grafikler hazırlanmıştır. Şekil 6.1’de yer alan grafikte, engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda tek kaynak açıkken tüm alıcı noktalarındaki engel etkinlik düzeyleri görülmektedir. Bu koşulun tüm kaynaklar açık olduğu durumunu gösteren grafik ise Şekil 6.2’de yer almaktadır. Şekil 6.3 ve Şekil 6.4’de engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu koşul için sonuçların yer aldığı grafikler görülmektedir. Bu grafiklerde engel etkinlik düzeylerinin yüzey yutuculuk koşullarına ve farklı alıcı noktalarına göre değişimi incelenebilmektedir.



Şekil 6. 1 Engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda tek kaynak açıkken tüm alıcı noktalarında engel etkinlik düzeyi

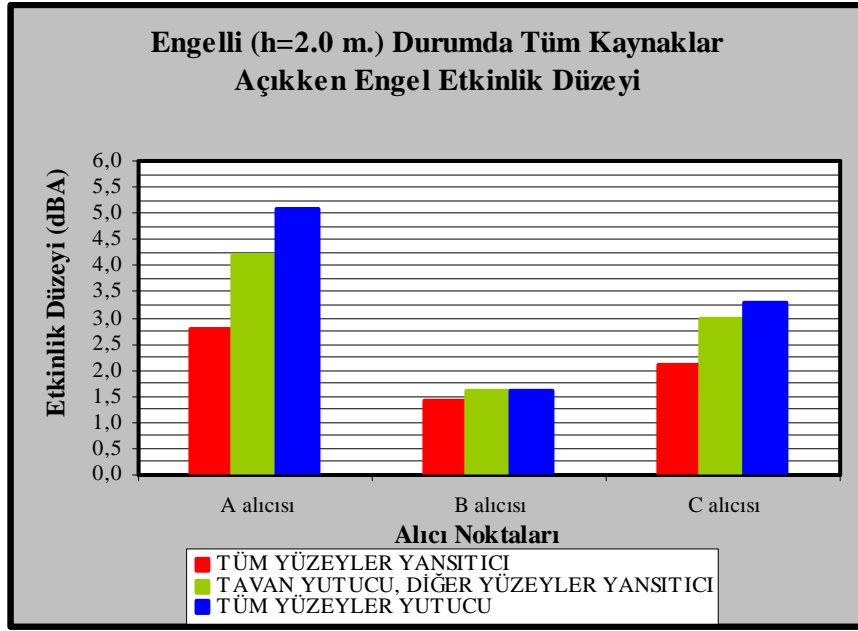


Şekil 6. 2 Engel yüksekliğinin 1,5 m. olduğu durumda tüm kaynaklar açıkken tüm alıcı noktalarında engel etkinlik düzeyi



Şekil 6. 3 Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumda tek kaynak açıkken tüm alıcı noktalarında engel etkinlik düzeyi





Şekil 6. 4 Engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumda tüm kaynaklar açıkken tüm alıcı noktalarında engel etkinlik düzeyi

Grafiklerde açıklanan sonuçların daha somut bir şekilde ve sayısal olarak ifade edilebilmesi için Çizelge 6.1’de yer alan değerlendirme yapılmıştır. Bu çizelgedeki sonuçlar, hacmin ortalama yutuculuğunun artırılmasıyla birlikte engellerin kullanılması sonucunda elde edilen engel etkinlik değerlerini göstermektedir. Burada hacmin tüm yüzeylerinin yansıtıcı olduğu ve hacimde gürültü engellerinin bulunmadığı durum ile tüm yüzeylerin yutucu olduğu ve engel yüksekliğinin 2.0 m olduğu durum karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma, tüm alıcı noktaları için tek kaynağın açık olduğu ve tüm kaynakların açık olduğu koşullar için yapılmıştır.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, tek kaynak açık olduğu durumda engel kullanımıyla ve yüzey yutuculuklarının artırılmasıyla hacmin genelinde ortalama 15 dBA kadar bir iyileşme olduğu görülmektedir. Hacimde tüm gürültü kaynaklarının açık olduğu durumda ise engel etkinliği değerleri, tek kaynağın açık olduğu duruma göre 1 dBA ile 3 dBA arasında artış göstererek 15,6 dBA ile 17,2 dBA arasında değer almaktadır. Bununla birlikte hacimde tüm yüzeyler yansıtıcı olduğu ve engellerin bulunmadığı koşulda alıcılardaki gürültü düzeylerinin 50 dBA sınır düzeyinin üzerinde bulunduğu görülmektedir. Yüzey yutuculuklarının artırılması ve 2,0 m. yüksekliğindeki engellerin kullanılmasıyla, tüm alıcı noktalarında gürültü düzeyi sınır değerinin altına düşmüştür.

Çizelge 6. 1 Engel etkinliği için A, B ve C alıcı noktalarında tek kaynak ve tüm kaynaklar açıkken yapılan hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması

<b>TEK KAYNAK AÇIK OLDUĞUNDA ENGEL ETKİNLİĞİ</b>			
<b>Alicı Noktası</b>	<b>Engelsiz Durum (Tüm Yüzeyler Yansıtıcı) (dBA)</b>	<b>Engelli Durum (h= 2,0 m.) (Tüm Yüzeyler Yutucu) (dBA)</b>	<b>Ayrım (dBA)</b>
A Alicısı	56,8	42,6	14,2
B Alicısı	51,5	35,2	16,3
C Alicısı	53,4	38,7	14,7
<b>TÜM KAYNAKLAR AÇIK OLDUĞUNDA ENGEL ETKİNLİĞİ</b>			
<b>Alicı Noktası</b>	<b>Engelsiz Durum (Tüm Yüzeyler Yansıtıcı) (dBA)</b>	<b>Engelli Durum (h= 2,0 m.) (Tüm Yüzeyler Yutucu) (dBA)</b>	<b>Ayrım (dBA)</b>
A Alicısı	59,5	43,9	15,6
B Alicısı	55,1	35,7	19,4
C Alicısı	56,0	38,8	17,2

Bu çalışmada kapsamında, açık planlı bir ofiste gerekli akustik koşulların ve kabul edilebilir değerlerin sağlanabilmesi için engel kullanımının tek başına yeterli olmadığı, gereken engel etkinliğinin hacmin yüzeylerinde oluşan yansımaların/yutulmaların da göz önünde bulundurularak belirlenmesi gerektiği somut bir örnek üzerinde yapılan inceleme ve değerlendirmelerle ortaya konmuştur.

Açık planlı ofislerde kullanılan gürültü engelleri, hacimde uygun akustik ortamın sağlanması ve dolayısıyla çalışma verimliliğinin artması açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, açık planlı ofislerde gürültünün denetlenmesi ve uygun bir akustik ortam için, iç yüzey gereçlerinin seçimi ve etkin engel özelliklerinin belirlenmesi konusu üzerinde önemle durulmalıdır.

## KAYNAKLAR

---

- [1] Şerefhanoglu, M., (1981). “Yapılarda Dış Gürültü Açısından Tek ve Çift Cam Yüzeyler”, Yapı Fiziği Kürsüsü Yayınları, Yıldız, İstanbul.
- [2] Büyükyıldırım, S., (1988). Açık Planlı Büro Hacimlerinin Akustik yönden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Aydın, H., (1982). Yönetmelik Organizasyonun Büro Programlarına Etkisi, Diploma Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Emiroğlu, E., (1986). “Büro Binalarında, Büro Mekanı Türleri”, Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, 42-46.
- [5] Duffy, F., (1997). The Changing Workplace, Edited by Patrick Hannay, Phaidon Pres.
- [6] Pickard Q., (2002). The Architects’ Handbook, Blackwell Science Ltd., A Blackwell Publishing Company, UK, USA, Australia Germany.
- [7] Erentok, M., (1991). “A’dan Z’ye Açık Ofis”, Arredamento Dekorasyon, Ofis’91 Dergisi, 16-22.
- [8] Marmot A. and Eley J., (2000). Office Space Planning, Designing for Tomorrow’s Workplace, Printed by Phoenix Book Technolgy, USA.
- [9] Erentok M., (1989). “Açık Ofis Tasarımı”, Arredamento Dekorasyon,6:134-137.
- [10] Duffy, F., (1976). Planning Office Space, Great Britain Pres., Edited by Francis Duffy, Colin Cave, John Worthington.
- [11] Karabiber, Z., (1994). “Açık Planlı Bürolarda Akustik Sorunlar”, Tasarım Dergisi 49:103-105.
- [12] Doelle, L., (1972). Environmental Acoustics, McGraw Hill Company, USA.
- [13] Gürer, A., (1997). Büro Binalarında Mekan ve Kullanıcı Performansının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] Neufert, P., (2003). Architect’s Data, Blackwell Science.
- [15] Erol, H. B., (2006). İç Mekanda Malzeme Kullanımında Akustik Performans Kriterleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [16] Şerefhanoglu, M., (1993). “Büro Yapılarında Gürültü Denetimi”, Büro Özel Sayısı Arredamento Dekorasyon Dergisi, İstanbul.

- [17] Seymenoğlu, N., (1992). Dışbank Genel Müdürlük Binasının Mimari Akustik ve Isısal Konfor Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] Yüce; M. Y., (2009). An Acoustical Evaluation Model For Open Plan Offices, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [19] Acar, B., (2007). Açık Planlı Büro Yapılarında İşitsel Konforun Sağlanmasına Yönelik Yaklaşım Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [20] Sirel, Ş., (1974). Yapı Akustiği 1, İ.D.M.M.A. Yayınları, İstanbul.
- [21] Özçevik, A., (2005). Mimari Tasarım Stüdyolarında İşitsel Konfor Gereksinimleri ve Bir Örnek, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [22] Pile, J., (1978). "Open Office planning, a handbook for interior designers and architects", The Whitney Library of Design, New York, 11-30.
- [23] Rosenberg, S.J., (2007). "Acoustics design in Office work spaces and open-plan offices", Handbook of Noise and Vibration Control, Cambridge, 108:1297-1306.
- [24] Bradley, J.S., (2003). The acoustical design of conventional open plan offices, Canada.
- [25] Şerefhanoglu, M., (1987). "Hacimde Gürültü Düzeyi", Yapı Fiziği Ana Bilim Dalı Yayınları, YÜ Basımevi, Yıldız, İstanbul.
- [26] Bradley, J.S. and Wang C., (2001). Prediction of the speech intelligibility index behind a single screen in an open-plan office, Canada.
- [27] Screens at Work Brochure, [www.screensatwork.co.uk](http://www.screensatwork.co.uk), 25.02.2011.
- [28] Maekawa, Z., (1994). Environmental and Architectural Acoustics, Spon Ltd., London, UK.
- [29] Cavanaugh, W., J. and Wilkes, J.A., (1999). Architectural Acoustics Principles and Practise, USA.
- [30] Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, (2010).
- [31] Resources, Tools and Basic Information for Engineering and Design of Technical Applications, [www.engineeringtoolbox.com](http://www.engineeringtoolbox.com), 12.11.2010.
- [32] Lou, S.K. and Tang, S.K., (2008). Performance of a noise barrier within an enclosed space, People's Republic of China.
- [33] Bradley, J.S. and Wang C., (2001). A mathematical model for a single screen barrier in open-plan offices, Canada.
- [34] Bradley, J.S. and Gover B.N., (2008). Open-Plan Office Speech Privacy Case Studies, IRC Research Report, Canada.
- [35] Akdağ N.Y., (2005). Gürültü Denetimi 1 Yüksek Lisans Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi/İstanbul.
- [36] Akdağ N.Y., (2005). Gürültü Denetimi 2 Yüksek Lisans Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi/İstanbul.
- [37] Yüksel, Z., (2005). Gürültü Denetimi, TMMOB Yayınları, İstanbul.

- [38] Şerefhanoğlu, M., (1994). “Büro Yapılarında Yapı İçi Gürültülerin Denetiminde Temel İlkeler”, Akustik Derneği 1.Ulusal Gürültü Kongresi, Uludağ Üniversitesi Konferans ve Kongre Merkezi, Bursa.
- [39] Şerefhanoğlu Sözen, M., (2003). “Yapılarda Gürültü Denetiminde Asma Tavanların Rolü”, Mimarist Dergisi, Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi Yayını, İstanbul, 119-122.
- [40] An information source for scientific, technical, and medical research, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), 17.11.2010.
- [41] Haris, D.A., (1997). Noise Control Manual for Residential Buildings, Washington.
- [42] Hilge, Dr.C. and Nocke, Dr.C., (2001). Office Acoustics, Germany.
- [43] Duffy, F., (1997). Francis Duffy; with Contributions from Kenneth Powell/The New Office, Conron Octopus, London.
- [44] Dance, S.M. and Shield B.M., (2000). Modelling of sound fields in enclosed spaces with absorbent room surfaces Part III. Barriers, London, UK.
- [45] ASID Sound Solutions, (2004). Increasing Office Productivity Through Integrated Acoustic Planning and Noise Reduction Strategies, USA.
- [46] Manning, P., (1965). Office Design - A Study of Environment, Liverpool.
- [47] Long, M., (2006). Architectural Acoustics, Elsevier Academic Press, USA.
- [48] Onat, N., (1995). Büro Planlama İlkeleri.
- [49] Newsham, G.R., (2003). Making the Open-Plan Office a Better Place to Work, Canada.
- [50] Sözen, M. Ş., Akdağ, N. Y. ve İlgürel, N., (2009). “Noise Problems in a Call Center-A Case Study”, Building Acoustics, İstanbul, 16.4:329-342.
- [51] Irvine L. K. and Richards R.L., (1979). Industrial Noise and Vibration Control Pollution Engineering Practice Handbook, Alabama, USA.

## MODELLEME VE KURAMSAL HESAP YOLUYLA ELDE EDİLEN SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

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 bağlı olduğu etmenler engelin niteliği, gürültü kaynağının özellikleri ve içinde bulunan hacmin özellikleri ile yakından ilgilidir. Engel boyutlarının ise gürültü kaynağının boyutları ve özellikle denetlenmek istenen frekansın dalga boyuna göre belirlenmesi gerekir. Engel etkinliği ayrıca, alıcı noktasının gürültü kaynağına ve engele olan uzaklığına ve yerden yüksekliğine göre değişmektedir; alıcı noktası engele yakın olduğu ölçüde o nokta için engel etkinliği artmaktadır.

Bölüm 4’de literatürde yer alan çalışmalardan kapalı hacimlerde engel etkinliğini arttırmaya yönelik deneysel ve kuramsal çalışmalar incelenmiş ve içerikleri ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Bu araştırma sonucunda Maekewa’nın engel azaltım değerini belirlemeye yönelik olarak geliştirdiği, yansısız ortamlar için kullanılan ampirik formülün bu çalışma kapsamında değerlendirilmesine karar verilmiştir (Ek-A.1), [51].

$$L_p = L_w + 10 \log \left( \frac{Q_B}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (\text{EK-A.1})$$

$$Q_B = Q \cdot \sum \left[ \frac{\lambda}{3\lambda + 20\delta_i} \right]$$

$L_p$  : Alıcı noktasındaki gürültü düzeyi (dB)

$$\delta_i = [(r1+r2) - (r3+r4)]$$

$L_w$  : Gürültü kaynağının ses gücü düzeyi (dB)

$$\delta_2 = [(r5+r6)-(r3+r4)]$$

$Q_B$  : Engel uzaklık ayrımlarına bağlı doğrultululuk

çarpanı

$$\delta_3 = [(r7+r8)-(r3+r4)]$$

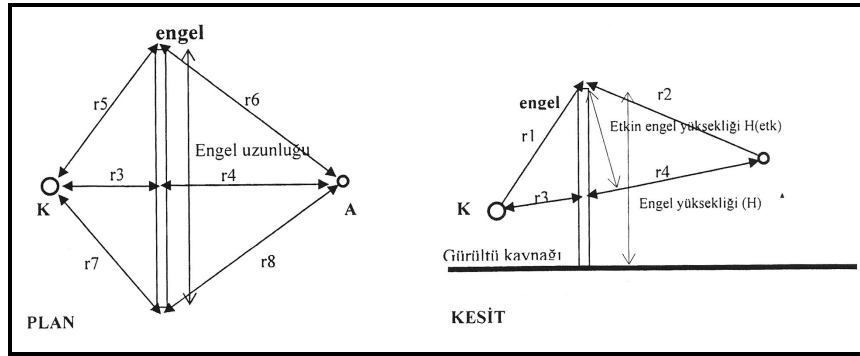
R: Hacim sabiti

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

$\bar{a}$  : Ortalama yutma çarpanı

$\Sigma S$ : Toplam yüzey alanı

Bu formülde, plan ve kesitte kaynak ile alıcı noktalarının engel kenarları ile birleştiren doğrular ile dolaysız engel uzaklığı arasındaki ayrımlar hesaplamada veri olarak kullanılmaktadır (Şekil EK-A.1). 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 [51].



Şekil EK-A. 1 Tipik bir gürültü engelinde kaynak-alıcı yol ayrımları ve etkin yükseklik [51]

*SoundPlan 7.0* benzetim programında Denklem Ek1.1'de yer alan formüle göre hesaplama yapılmasına karşın, Çizelge Ek1.1'de A ve B alıcı noktaları için bu formül yardımıyla yapılan hesap sonuçları ile modelleme sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu çizelgede yer alan değerler, hacim içinde tüm kaynaklar açıkken, engel yüksekliğinin 2,0 m. olduğu durumda tüm yüzeylerin yansıtıcı ve tüm yüzeylerin yutucu olduğu koşullar içindir.

Çizelge EK-A.1'de yer alan sonuçları karşılaştırdığımızda genel olarak modelleme ve kuramsal hesap sonuçları arasındaki farkın 0,3 dBA ile 0,5 dBA arasında olduğu görülmektedir. Sonuçlar arasındaki bu farklar, kabul edilebilir aralıkta yer almaktadır.

Çizelge EK-A. 1 Modelleme ve kuramsal hesap yolu ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması

<b>ALICI NOKTASI</b>	<b>YÜZEY YUTUCULUK DURUMU</b>	<b>MODELLEME SONUÇLARI (dBA)</b>	<b>KURAMSAL HESAP SONUÇLARI (dBA)</b>
<b>A</b>	Tüm Yüzeyler Yansıtıcı	56,7	57,0
	Tüm Yüzeyler Yutucu	43,9	43,5
<b>B</b>	Tüm Yüzeyler Yansıtıcı	53,7	54,1
	Tüm Yüzeyler Yutucu	35,7	35,4



## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** :İpek Burcu Gökçe  
**Doğum Tarihi ve Yeri** :22.06.1982 / Bursa  
**Yabancı Dili** :İngilizce  
**E-posta** :ipekgokce@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mimarlık/Yapı Fiziği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2011
Lisans	Mimarlık	Yıldız Teknik Üniversitesi	2005
Lise	Fen Bilimleri	Maltepe Anadolu Lisesi	2000

### İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2007	GENTA Mimarlık Dek.İnş.Tic.A.Ş.	Mimar