

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AÇIK PLANLI BÜROLARDA İŞİTSEL KONFORUN TASARIM
PARAMETRESİ OLARAK ALINMASINA YÖNELİK BİR YAKLAŞIM**

SEMRAN ÖZDEM GÜRTÜRK

DOKTORA TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Fiziği Programı

Danışman

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ

Temmuz, 2020

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AÇIK PLANLI BÜROLARDA İŞİTSEL KONFORUN TASARIM
PARAMETRESİ OLARAK ALINMASINA YÖNELİK BİR YAKLAŞIM**

Semran ÖZDEM GÜRTÜRK tarafından hazırlanan tez çalışması 27.07.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Zerhan YÜKSEL CAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi,

Prof. Dr. Ayşe ERDEM AKNESİL, Üye
Altınbaş Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Nuri İLGÜREL, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mine AŞÇIGİL DİNÇER, Üye
Bahçeşehir Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan “Açık Planlı Bürolarda İşitsel Konforun Tasarım Parametresi Olarak Alınmasına Yönelik Bir Yaklaşım” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Semran ÖZDEM GÜRTÜRK

İmza



Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü'nün FDK-2018-3425 numaralı projesi ile desteklenmiştir.



Aileme
ve
Sevgili eğime

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmasını hazırladığım süre içinde bilimsel ve akademik olarak katkıda bulunan bilgi ve birikimlerini her daim benimle paylaşan, manevi olarak da yanımda hissettiğim tez danışmanım, değerli hocam Sayın Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ'a; ayrıca tez izleme jürilerinde bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Zerhan YÜKSEL CAN ve Sayın Prof. Dr. Ayşe ERDEM AKNESİL'e teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmalarım sürecinde; desteğini benden esirgemeyen ve hep yanımda olan babam Osman Zeki ÖZDEM'e ve annem Nezaket ÖZDEM'e, tüm zor zamanlarımda varlığını candan hissettiğim sevgili eşim Mert GÜRTÜRK'e; sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Semran ÖZDEM GÜRTÜRK

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	VIII
KISALTMA LİSTESİ	IX
ŞEKİL LİSTESİ	X
TABLO LİSTESİ	XV
ÖZET	XVII
ABSTRACT	XIX
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	11
1.3 Hipotez.....	17
2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	19
2.1 Büro Kavramı	19
2.2 Büro Yapılarının Gelişim Süreci.....	20
2.3 Büro Yapılarının Sınıflandırılması	24
2.4 Açık Planlı Bürolarda Fiziksel Konfor Şartları	33
2.5 Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri.....	46
2.6 Açık Planlı Büro Tasarımında Kullanılan Mimari Tasarım ve Hacim Akustiği Parametreleri.....	47
2.7 Açık Planlı Bürolarda Kabul Edilebilir Değerler ve Yasal Düzenlemeler	53
3 AÇIK PLANLI BÜROLARDA GÜRÜLTÜNÜN TASARIM ÖLÇÜTÜ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİNİN ÖNEMİNİN BİR BÜRO YAPISI İLE ÖRNEKLENMESİ	61
3.1 İzlenecek Yaklaşımın Belirlenmesi	61
3.2 Çağrı Merkezinde Akustik Konforun İyileştirilmesine Yönelik Çalışmalar....	74
3.3 Farklı Çalışma Ünitelerinde Tek Nokta Alıcı Hesaplamaları.....	83

3.4 Kaynaklar Kapalı Durumdayken Belirlenen Alıcı Noktasındaki Gürültü Düzeyinin NCB 45 Eğrisi ile Karşılaştırılması.....	97
4 ÇAĞRI MERKEZLERİNDE KABUL EDİLEBİLİR GÜRÜLTÜ ORTAMININ ELDE EDİLMESİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN YAKLAŞIM	104
4.1 Kurgu Hacim Tasarımları ve Akustik Ölçütlerin Belirlenmesi.....	104
4.2 Kurgu Hacimlerde Hacim Büyüklüğüne Göre Toplam Yutuculuk Değerleri	146
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	157
KAYNAKÇA	163
A AÇIK PLANLI OFİSLERDE ÇALIŞMA ORTAMININ AKUSTİK KONFOR AÇISINDAN DEĞERLENDİRME ANKETİ	169
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	174

SİMGELİSTESİ

L _{Aeq}	A ağırlıklı Eşdeğer Gürültü Düzeyi (A weighted Sound Pressure Level)
N _{CB}	Dengelenmiş Gürültü Ölçütü (Balanced Noise Criteria)
dB	Desibel
L _{eq}	Eşdeğer Sürekli Ses düzeyi
N _C	Gürültü Ölçütü (Noise Criteria)
N _R	Gürültü Derecesi (Noise Rating)
Hz	Hertz
STI	Konuşma Anlaşılabilirliği İndeksi (Speech Transmission Indeks)
SPI	Konuşma Gizliliği İndeksi (Speech Privacy Indeks)
SPL	Ses Basınç Düzeyi (Sound Pressure Level)
STC	Ses Geçiş Sınıfı (Sound Transmission Class)
RT	Yansıma Süresi

KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ANSI	American National Standards Institute
ANOVA	Analysis Of Variance
ASHRAE	Amerika Isıtma, Soğutma ve Hava Koşullaması Mühendisleri Derneği
ÇGDYY	Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
HVAC	Isıtma, Havalandırma ve Hava Koşullama Sistemleri
ISO	International Organization for Standardization
WHO	World Health Organization

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Akış şeması.....	16
Şekil 2.1	Tek kişilik büro tipi	19
Şekil 2.2	Uffizzi büro binası	21
Şekil 2.3	The East India House.....	22
Şekil 2.4	The Oriel Chambers büro binası	22
Şekil 2.5	The Larkin binası	23
Şekil 2.6	The Central Beheer binası	24
Şekil 2.7	Mekân derinliğine göre büro tipleri	26
Şekil 2.8	Geleneksel büro plan şeması.....	27
Şekil 2.9	Bireysel hücreli büro plan tipi örneği.....	28
Şekil 2.10	Grup hücreli büro plan tipi örneği	28
Şekil 2.11	Yarı kapalı (kombi sistem) büro plan tipi örneği	29
Şekil 2.12	Serbest düzenli büro plan örneği, Ford binası	30
Şekil 2.13	Grup düzenli büro plan örneği, Bremen’de büro binası, 1987.....	31
Şekil 2.14	Karma düzenli büro plan örneği	31
Şekil 2.15	Ray Sigorta genel müdürlük binası kat planı	32
Şekil 2.16	Açık planlı büro örnekleri.....	33
Şekil 2.17	Çevresel gereksinimlerin iş konsantrasyonu üzerindeki etki oranları	34
Şekil 2.18	Psikolojik kamaşmaya sebep olabilecek yüksek parlaltıya sahip yüzeyler 36	
Şekil 2.19	Yayılma durumuna göre gürültü kaynakları.....	39
Şekil 2.20	Sesin alıcıya ulaşma yolları	42
Şekil 2.21	Sesin yansıması.....	43
Şekil 2.22	Sesin saçılması	43
Şekil 2.23	Yansıma, yutulma ve iletim Yolları	44
Şekil 2.24	Sesin kırılması	45
Şekil 2.25	Çalışma ünitesi tasarımının ses iletim yollarına etkisi	49
Şekil 2.26	Ses maskeleyen sistemi ve gürültü düzeyine etkisi	52
Şekil 2.27	NC eğrileri	56

Şekil 2.28	RC eğriler	57
Şekil 2.29	NR eğrileri	58
Şekil 2.30	NCB eğrileri	59
Şekil 3.1	Çağrı merkezinden görüntüler	63
Şekil 3.2	Çağrı merkezi mevcut durum üç boyutlu modelleme	63
Şekil 3.3	Çağrı merkezi büro kat planı ölçüm yapılan noktalar	63
Şekil 3.4	Farklı noktalarda, frekanslara göre ölçülen gürültü düzeylerinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması	68
Şekil 3.5	Hacmin ortalama gürültü düzeyinin NCB 40-45 eğrileri ile karşılaştırılması.....	69
Şekil 3.6	Çağrı merkezi mevcut durumu gürültü düzey dağılımı.....	71
Şekil 3.7	Ölçüm ve simülasyon çalışmalarından elde edilen ses düzey değerlerinin karşılaştırılması.....	72
Şekil 3.8	Ölçüm ve simülasyon çalışmalarından elde edilen değerlerin karşılaştırılması.....	73
Şekil 3.9	Çağrı merkezine yerleştirilen farklı çalışma ünitesi modelleri.....	76
Şekil 3.10	Çağrı merkezi model 1 (a) ve model 2 (b) gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	77
Şekil 3.11	Çağrı merkezi model 3 (a) ve model 4 (b) gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	78
Şekil 3.12	Çağrı merkezi model 5 gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	78
Şekil 3.13	Model 5- toplam yutuculuğun artırılması (a), model 5 - toplam yutuculuğun ve engel etkinliğinin arttırılması (b).....	82
Şekil 3.14	Mevcut çağrı merkezi değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları	84
Şekil 3.15	Model 1, değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları	86
Şekil 3.16	Model 2, değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları	88
Şekil 3.17	Model 3 , değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları	90
Şekil 3.18	Model 4 , değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları	92
Şekil 3.19	Model 5, değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları	94
Şekil 3.20	Çağrı merkezi, tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi.....	98
Şekil 3.21	Model 1, tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi.....	98
Şekil 3.22	Model 2, tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi.....	99

Şekil 3.23	Model 3 tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi.....	99
Şekil 3.24	Model 4, tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi.....	100
Şekil 3.25	Model 5, tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi.....	100
Şekil 3.26	Mevcut çağrı merkezi ve tasarlanan modellerin analizi.....	103
Şekil 4.1	Kurgulanan çağrı merkezi yerleşimleri.....	105
Şekil 4.2	106 kişilik çağrı merkezi tasarımı, kaynak ve alıcı noktalar.....	111
Şekil 4.3	Kurgu 1 çağrı merkezi gürültü düzeylerinin NCB 45 değerleri ile karşılaştırılması.....	113
Şekil 4.4	Kurgu 1 gürültü düzey dağılımı haritası.....	115
Şekil 4.5	Kurgu 1, 125 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	116
Şekil 4.6	Kurgu 1, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	116
Şekil 4.7	Kurgu 1, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	117
Şekil 4.8	Kurgu 1, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	117
Şekil 4.9	Kurgu 1, 2000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	118
Şekil 4.10	Kurgu 1, 4000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritaları.....	118
Şekil 4.11	76 kişilik çağrı merkezi tasarımı, kaynak ve alıcı noktaları.....	120
Şekil 4.12	NCB 45 değerleri ile kurgu 2 çağrı merkezi, eşdeğer gürültü düzeyi değerlendirilmesi.....	122
Şekil 4.13	Kurgu 2 gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	124
Şekil 4.14	Kurgu 2, 125 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	125
Şekil 4.15	Kurgu 2, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	125
Şekil 4.16	Kurgu 2, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	126
Şekil 4.17	Kurgu 2, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	126

Şekil 4.18	Kurgu 2, 2000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	127
Şekil 4.19	Kurgu 2, 4000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	127
Şekil 4.20	52 kişilik çağrı merkezi tasarımı, kaynak ve alıcı noktaları	129
Şekil 4.21	NCB 45 değerleri ile kurgu 3 çağrı merkezi, eşdeğer gürültü düzeyi değerlendirilmesi.....	131
Şekil 4.22	Kurgu 3 gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	133
Şekil 4.23	Kurgu 3, 125 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	134
Şekil 4.24	Kurgu 3, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	134
Şekil 4.25	Kurgu 3, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	135
Şekil 4.26	Kurgu 3, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü ..	135
Şekil 4.27	Kurgu 3, 2000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	136
Şekil 4.28	Kurgu 3, 4000 Hz frekansa gürültü düzey dağılımı gürültü haritaları.....	136
Şekil 4.29	28 kişilik çağrı merkezi tasarımı, kaynak ve alıcı noktaları	138
Şekil 4.30	NCB 45 değerleri ile kurgu 3 çağrı merkezi, eşdeğer gürültü düzeyi değerlendirilmesi.....	139
Şekil 4.31	Kurgu 4, gürültü düzey dağılımı gürültü haritası.....	141
Şekil 4.32	Kurgu 4, 125 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	142
Şekil 4.33	Kurgu 4, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	142
Şekil 4.34	Kurgu 4, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	143
Şekil 4.35	Kurgu 4, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	143
Şekil 4.36	Kurgu 4, 2000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	144
Şekil 4.37	Kurgu 4, 4000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası	144

Şekil 4.38	125 Hz frekans oktav bandında, hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri	146
Şekil 4.39	250 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri	147
Şekil 4.40	500 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri	147
Şekil 4.41	1000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri	148
Şekil 4.42	2000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri	148
Şekil 4.43	4000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri	149
Şekil 4.44	Çağrı merkezi örneğinde 125 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri	150
Şekil 4.45	Çağrı merkezi örneğinde 250 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri	151
Şekil 4.46	Çağrı merkezi örneğinde 500 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri	151
Şekil 4.47	Çağrı merkezi örneğinde 1000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri	152
Şekil 4.48	Çağrı merkezi örneğinde 2000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri	152
Şekil 4.49	Çağrı merkezi örneğinde 4000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri	153
Şekil 4.50	Açık planlı bürolarda gürültü açısından konfor şartlarının sağlanması için önerilen yaklaşımın akış diyagramı	156

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	Akustik performans sınıfına bağlı izin verilen mekân içi en yüksek gürültü düzeyleri, dB	54
Tablo 2.2	Ç.G.D.Y.Y. yapı içinde ticari yapılar için önerilen gürültü sınır değerleri	55
Tablo 2.3	Büro yapıları için önerilen NC değerleri	57
Tablo 2.4	Büro yapıları için önerilen RC değerleri	57
Tablo 2.5	Büro yapıları için önerilen NR değerleri	58
Tablo 2.6	Büro yapıları için önerilen NCB değerleri	60
Tablo 2.7	NCB 45 eğrisinin frekansa göre değerleri	60
Tablo 3.1	Anket sonuçları	65
Tablo 3.2	Ölçüm noktaları gürültü düzeyleri ve bürolarda kabul edilebilir gürültü düzeyleri	67
Tablo 3.3	Açık planlı büro içerisinde kullanılan malzemeler	70
Tablo 3.4	Açık planlı büro içerisinde toplam yutuculuğun artırılması için kullanılan malzemeler	81
Tablo 3.5	Çağrı merkezi model 5 engel etkinliği ve toplam yutuculuğun artırıldığı durumda, frekansa göre toplam yutuculuk değerleri	82
Tablo 3.6	Mevcut çağrı merkezi 6. alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları	85
Tablo 3.7	Model 1, 6. alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları	87
Tablo 3.8	Model 2, 6. alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları	89
Tablo 3.9	Model 3, 6. alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları	91
Tablo 3.10	Model 4, 6. Alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları	93
Tablo 3.11	Model 5, 6. alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları	95
Tablo 4.1	Kurgu hacimlerin özellikleri	106
Tablo 4.2	NCB 45'e göre frekansa bağlı kabul edilebilir gürültü düzeyi değerleri	107
Tablo 4.3	Kurgu çağrı merkezi tasarımlarında kullanılan gereçler ve frekansa göre yutuculuk değerleri	108
Tablo 4.4	106 kişilik çağrı merkezi tasarımı, tek nokta alıcı hesaplamaları	112

Tablo 4.5	Kurgu 1 frekansa göre sağlanması gereken minim toplam yutuculuk değerleri	113
Tablo 4.6	Kurgu 1, frekansa bağlı yutma çarpanı değerleri için hesaplanan yutuculuk değerleri ve ortalama yutma çarpanı değeri için hesaplanan toplam yutuculuk değeri.....	114
Tablo 4.7	76 kişilik çağrı merkezi tasarımı, tek nokta alıcı hesaplamaları	121
Tablo 4.8	76 kişilik çağrı merkezi tasarımı, frekansa göre toplam yutuculuk değerleri	122
Tablo 4.9	Kurgu 2, frekansa bağlı yutma çarpanı değerleri için hesaplanan yutuculuk değerleri ve ortalama yutma çarpanı değeri için hesaplanan toplam yutuculuk değeri.....	123
Tablo 4.10	52 kişilik çağrı merkezi tasarımı, tek nokta alıcı hesaplamalar	130
Tablo 4.11	52 kişilik çağrı merkezi tasarımı, frekansa göre toplam yutuculuk değerleri	131
Tablo 4.12	Kurgu 3, frekansa bağlı yutma çarpanı değerleri için hesaplanan yutuculuk değerleri ve ortalama yutma çarpanı değeri için hesaplanan toplam yutuculuk değeri.....	132
Tablo 4.13	28 kişilik çağrı merkezi tasarımı, tek nokta alıcı hesaplamaları	139
Tablo 4.14	28 kişilik çağrı merkezi tasarımı, frekansa göre toplam yutuculuk değerleri	140
Tablo 4.15	Kurgu 4, frekansa bağlı yutma çarpanı değerleri için hesaplanan yutuculuk değerleri ve ortalama yutma çarpanı değeri için hesaplanan toplam yutuculuk değeri.....	140
Tablo 4.16	Çağrı merkezi ve farklı hacim büyüklüklerinde yapılan çalışmalarda toplam yutuculuk değerleri	154

Açık Planlı Bürolarda İşitsel Konforun Tasarım Parametresi Olarak Alınmasına Yönelik Bir Yaklaşım

Semran ÖZDEM GÜRTÜRK

Mimarlık Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ

Günümüzde, gelişen teknoloji ile hem yapı içi hem yapı dışı gürültü kaynakları çoğalmakta ve çeşitlenmektedir. Açık planlı büro, sanayi tesisleri vb. yapı tiplerinde hacmin fiziksel özellikleri ve işlevleri nedenleriyle, gürültü daha da önemli bir sorun durumundadır. Bu nedenle, bu tezde; “Açık planlı bürolarda, akustik konforun sağlanmasında gürültü etkenini bir tasarım ölçütü olarak almak ve tasarım aşamasında tasarımcıya yol gösterecek bir yaklaşım oluşturmak” amaçlanmıştır. Bu çalışmanın hipotezi; “İşitsel konforun sağlanmasının en zor olduğu hacim tiplerinden olan açık planlı bürolarda, uygun akustik ortamı sağlamak, konunun mimari tasarım aşamasında ele alınmasında izlenecek bir yaklaşım ile başarılı bir şekilde sağlanabilir” dir. Amaç ve hipoteze yönelik olarak yapılan bu çalışma, 4 bölümden oluşmaktadır.

Bölüm 1’de, açık planlı büro yapılarının tasarımında gürültü etkenini bir tasarım ölçütü olarak değerlendirmeyi amaçlayan çalışmanın amacı, önemi, kapsamı ve yöntemi ile ilgili bilgi verilmiştir. Bölüm 2, konuyla ilgili literatür araştırmasını

içermektedir. Bölüm 3'te açık planlı büro yapılarında, akustik parametrelerin optimum değerlerini sağlayacak koşulları belirlemek amacıyla mevcut bir çağrı merkezi ele alınmıştır. Çağrı merkezinde gürültü ortamının belirlenmesine yönelik anket, gürültü düzeyi ölçmeleri ve simülasyon analizleri yapılmıştır. Çağrı merkezinin mevcut durumu analiz edilmiş, gürültü düzey haritaları oluşturulmuştur. Değerlendirmeler sonucunda çağrı merkezi içerisinde kabul edilebilir gürültü düzey koşullarını sağlayan optimum akustik konfor şartlarına sahip bir model elde edilmiştir. Bölüm 4'te, Bölüm 3'te çağrı merkezi örneğinde belirlenen akustik parametreler ve iç mekân biçimlenişleri göz önünde bulundurularak, farklı büyüklüklerde kurgu hacimler oluşturulmuştur. Birbiriyle ilişkili olan bu iki alan inceleme bölümü sonuçlarının kurgu hacimler üzerinde uygulanarak, tasarım etkenlerini bir bütün haline getirilmesi amaçlanmıştır. Kurgu hacimlerin değerlendirilmesi sonucunda frekansa göre toplam yutuculuk ve hacim büyüklüğü grafiği elde edilmiş, grafik üzerinde elde edilen denklem üzerinde mevcut çağrı merkezi değerlendirilerek, çalışmanın doğruluğu analiz edilmiştir. Bölüm 5'te, çalışmanın sonuç bölümünde önerilen yaklaşımın getirdiği genel sonuçlar irdelenmiş ve öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Açık planlı büro, gürültü denetimi, gürültü yönetmeliği, toplam yutuculuk, gürültü engeli

An Approach Based on Audial Comfort Taken into Account as a Design Parameter in Open-Designed Offices

Semran ÖZDEM GÜRTÜRK

Department of Architecture
PhD. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ

Today, with developing technology, both internal and external noise sources increase and vary. In terms of open-plan office, industrial facilities, etc. noise is an even more important problem in building types due to the physical properties and functions of the volume. Therefore, in this thesis; “In open-plan offices, it is aimed to take the noise factor as a design criterion in providing acoustic comfort and to create an approach that will guide the designer in the design phase”. The hypothesis of this study; In open-plan offices, which are one of the most difficult volume types to provide auditory comfort, providing an appropriate acoustic environment can be achieved successfully with an approach that will be followed in addressing the issue at the architectural design stage “. This study, which is conducted for the stated purpose and hypothesis, consists of 4 chapters.

Part 1 provides information on the purpose, importance, scope and method of the study which aims to evaluate the noise factor as a design criterion in the design of open-plan office buildings. Chapter 2 contains literature research on the subject. In Chapter 3, the conditions for the optimum values of the acoustic parameters in open-plan office buildings are determined and the proposed approach is tested in an existing open-plan office building. Questionnaires, noise level measurements, and

simulation analyses were carried out to determine the noise environment in the call center. The current status of the call center was analyzed and noise level maps were created. As a result of the evaluations, the model sample with optimum acoustic comfort conditions that provide acceptable noise level conditions was obtained within the call center. In Chapter 4, according to the acoustic parameters and interior formations determined in the call center example in Chapter 3, fictional volumes of different sizes were created. It is aimed to integrate the design factors into a whole by applying the results of these two field study sections that are related to each other on the fictional volumes. To obtain the acceptable noise level on the fictional volumes, the number of people suitable for the volume, the placement of the working unit, and the appropriate obstacle height was applied, and surface materials were assigned to provide optimum total absorption values according to the frequencies. As a result of the evaluation of the fictional volumes, the total absorbance and volume size graph was obtained, and the accuracy of the study was analyzed by evaluating the sample call center on the equation obtained on the graph. In Chapter 5, the general results of the approach proposed in the conclusion part of the study are examined and suggestions are developed.

Keywords: Open plan office, noise control, noise regulation, total absorption, noise barrier

1.1 Literatür Özeti

Gelişen teknoloji ile birlikte geleneksel bürolar, yerini açık planlı bürolarda bırakmıştır. Açık planlı bürolar, gerek ekonomik açıdan gerekse yapım süresi açısından işletmeye olumlu katkılar sağlasa da, hacmin fiziksel özellikleri ve işlevleri nedeniyle gürültünün önemli bir sorun olduğu mekânlardır. Açık planlı bürolarda özellikle gürültü açısından gereken denetim sağlandığında çalışma ortamı olarak oldukça yüksek verimin sağlanması mümkündür. Literatürde bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Açık planlı bürolarda çok sayıda çalışanın bir arada çalışmasının sonucu olarak, arka plan konuşmaları dikkat bozukluğuna neden olmaktadır. Uygun akustik tasarım yapılarak bu problem azaltılabilir. Ancak hacimlerdeki akustik konfor farklılık gösterebilir, çünkü farklı tavan yalıtımı, ses yalıtımı, hacim büyüklükleri, gürültü kaynağı uzaklıkları, çeşitlilik gösterir. Literatürde yapılan bir çalışmada 16 farklı açık planlı büro incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada çeşitli ölçümler yapılmıştır. Ölçüm sonuçları dikkate alınarak açık planlı bürolarda akustik konforun sağlanması için çözüm önerileri geliştirilmiştir [1].

Literatürde akustik konfor parametrelerinden konuşma gizliliği parametresi göz önüne alan çalışmalar yapılmıştır. Sarwono vd. , açık planlı bürolarda çalışma ünitelerindeki engel etkinliği artırılarak konuşma gizliliğinin sağlanmasını amaçlamışlardır. ISO 3328-3: 2012 standart ve hesaplama ilkelerine dayanarak, akustik durum, büro düzeni ve engel etkinliğinin yeniden düzenlenmesiyle ışın izleme simülasyonu yapılmıştır. Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmada akustik kalitenin, büro düzeni ve engel etkinliği ile geliştirilebileceğini göstermiştir [2].

Yildirim vd. "The effects of window proximity, partition height, and gender on perceptions of open-plan offices" başlıklı çalışmasında Anova analizi kullanılarak aynı büro binasında farklı 2 durumu karşılaştırmışlardır. Açık planlı bürolarda çalışanlar; görsel, akustik ve dikkat dağıtıcı etkenlerle karşılaşır. Çalışanların pencereye yakınlığı, çalışma masasının engel yüksekliği, planlama, gizlilik ve aydınlanma açısından değerlendirilmiştir. Literatürdeki yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, pencereye yakınlık, gün ışığı ve dış mekân görüşü açısından memnuniyet vericidir. Ayrıca engel yüksekliğinin artması görsel ve akustik gizlilik ve dikkat dağılmaması açısından olumlu bulunmuştur [3].

Literatürdeki bir başka çalışmada açık planlı bürolarda arka plan seslerinin çalışanlar için genellikle dikkat dağıtıcı ve iş performansını düşürücü etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada belirli kavramlar ele alınarak gerçekçi bir simülasyonla değerlendirme yapılmıştır. Yazarlar açık planlı büroların akustik alanın, çoklu konuşma senaryolarının psikoakustik ve karmaşıklığın karakterize edilerek birleştirilmesiyle daha iyi sonuçlar vereceğini önermişlerdir [4].

İlgisiz seslerin anlaşılabilirliği STI değerleriyle incelenmiş ve bu seslerin çalışanlardan istenen bilişsel işlerle ilgili görev performansını nasıl etkilediği değerlendirilmiştir. Deney açık planlı bir büroya benzetilen bir laboratuvar ortamında yürütülmüştür. Yapılan araştırma sonucunda yüksek anlaşılabilirlik düzeyi (yani STI:0,65) ile STI'nın 0,10 ve 0,35 olduğu düzeydeki konuşma şartları karşılaştırıldığında sürekli görevlerdeki performans, devamlı hatırlatma ve uzun süreli hafıza aktivasyonlarında yüksek anlaşılabilirlik düzeyinde negatif etki gözlemlenmiştir.[5]

Haapakangas vd. [6] yaptıkları bir çalışmada rahatsız edici konuşmayı maskelemek için açık planlı bürolarda kullanılan pembe gürültü, havalandırma gürültüsü, enstrümantal müzik, vokal müzik ve su sesi gibi farklı sesleri karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda, kaynak suyu sesinin en optimal konuşma maskeleyicisi olduğu görülmüştür. Vokal müzik sesinin de negatif etkisi olduğu saptanmıştır.

Çıkarılacak diğ er bir sonuç ise enstr umantal ya da vokal m z k yerine açık planlı bürolarda durağ an bir maskeleme sesi tercih edilmesi olmuştur.

Yapılan çalışmada bir proje kapsamında beş açık planlı büroda akustik şartlar incelenmiştir. Bu kapsamda, yansışım süresi(T20), erken düşme süresi(EDT), clarity (C50), konuşmanın iletim indeksi (STI), konuşmanın anlaşılabilirlik indeksi (SII), gizlilik indeksi (PI) ve uzaklığın her iki katına  ıktığınadaki azalma oranı (DL2) parametreleri kullanılmıştır. Yapılan  alışma sonucunda beş büronun ikisinde iyileştirme uygulamış ve anketlerle çalışma doğrulanmıştır[7].

Yapılan başka bir çalışmada açık planlı bürolarda arka plandaki doğ al konuşma seslerinin iş performansı, kısa süreli sözlü hafıza performansı ve iş yüküne etkileri odeon simülasyon programı kullanılarak, farklı senaryo kurgularıyla analiz edilmiştir. Yapılan  alışma sonucunda, doğ al maskelemelerin yetersizliğ  ve uygun tasarım ve maskeleme seslerinin uygulanması gerekliliğ  ortaya çıkmıştır[8].

Passero ve Zannin [9] açık planlı bir büronun akustik  zelliğ ni değ erlendirmek ve büronun akustik şartlarını geliştirmek için çözüm  nerileri sunmuştur. Bilgisayar simülasyonu ve yerinde ölçüm yönteminden elde edilen veriler sonucunda, tavanın ses yutuculuğ nu artırma ve çalışma birimleri arasındaki engellerin iyileştirilmesiyle birlikte bürodaki akustik şartlar geliştirilmiştir.

Açık planlı bürolarda, özel bürolar arasındaki farkı ve akustik olarak bu farkın etkilerini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Çalışma 31 çalışanın özel büro odalarından, açık planlı büroya taşınmasıyla gerçekleştirilmiş, taşınma öncesinde ve sonrasında anketler yapılmıştır [10].

Açık planlı bürolardaki akustik parametrelerle, konuşma gizliliğ  arasındaki ilişki incelenmiştir. Odeon yazılımı kullanılarak gerçek bir büro modeli geliştirilmiş ve değ erlendirme sonucunda STI'nın algısal konuşma gizliliğ nde iyi bir tanımlayıcı olduğ u saptanmıştır. Konuşma gizliliğ  şartlarında "kısmen iyi" yi elde etmek için STI:0.30 altında olması gerektiğ i belirtilmiştir [11].

Hongisto, “Effects of sound masking on workers - a case study in a landscaped office” başlıklı çalışmasında 15 çalışanın bulunduğu küçük bir bölümde 44 dBA’da yapay ses maskeleyme etkisini incelemeyi amaçlamıştır. İnceleme sonucunda, çalışanların memnuniyetsiz olduğu akustik ortamlarda ve arka plan gürültü seviyesinin düşük olduğu durumlarda maskeleymenin uygun olduğu saptanmıştır[12].

Bir anket çalışmasında, büro gürültüsü dikkate alınarak, bu gürültünün çalışma alanındaki etkisi araştırılmıştır. Yedi farklı büro üzerinde çalışılmış ve bu çoklu analiz çalışmasının sonucu olarak, cinsiyet, yaş, iş pozisyonu ve iş gücü sektörü gibi parametreler göz önüne alınmıştır. Çalışmada gürültü etkisi kadınlar arasında erkeklere göre daha belirgin bulunmuştur [13].

Başka bir çalışmada çeşitli akustik çözüm önerileri ile açık planlı bürolardaki impuls yanıtının dağılımı ölçülmüştür. 3 farklı oda üzerinde Odeon ve deneysel yöntemler kullanılarak araştırma yapılmış, çıkan sonuçlar yeni nesil mimarlar için akustik anlamda faydalı sonuçlar ortaya çıkarmıştır [14].

Deneysel bir ortamda yapılan çalışma, sesin etkili bir şekilde zayıflaması ve düşük anlaşılabilirlik için etkili bir tasarım gerekliliğini vurgulamıştır. Tasarımı yapan mimar ya da mühendisin tasarımında fon gürültüsü düzeyi, tavan yüksekliği, tavan malzemesi, bölme elemanı yüksekliği ve malzemesini eş zamanlı olarak tasarlanması gerektiği vurgulanmaktadır [15].

Bir diğer anket çalışmasında, CBE (The Center for Built Environment) adlı kuruluş tarafından yapılmış ve 142 binada 23.450 büro çalışanı ankete katılmıştır. Anlaşılmayan sesler ve kesintili gürültülerin (örneğin telefon çalması) çalışanların konsantrasyonunu ciddi bir şekilde bozmaktadır. Bu tür istenmeyen seslerin de akustik memnuniyetsizliğe yol açtığı yapılan anket çalışmaları ile ortaya konulmuştur [16].

Bir açık planlı büroda, mevcut durumu değerlendirmek üzere gürültü düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Hacim bilgisayar ortamında modellenmiş ve Odeon 8.0 programına aktarılmıştır. Hacimde "değişik bölme elemanı yükseklikleri" ve "değişik yüzey yutuculukları" göz önüne alınarak, işitsel konfor ortamı analiz edilmiş ve en uygun koşullar ortaya konmaya çalışılmıştır [17].

Rindel ve Christensen, "Acoustical simulation of open-plan offices according to ISO 3382-3" adlı çalışmasında yenilenen uluslararası ISO 3382-3 standardına göre açık planlı bürolardaki ölçümlerde, STI indeksinden türeyen parametreler arasında konuşma gizliliği ve konuşma rahatsızlık mesafesini değerlendirmiştir. Yapılan çalışmada farklı yutuculukta, farklı engel yüksekliğinde ve farklı arka plan gürültü düzeyinde akustik çözümler önerilmiştir [18].

Arka fon gürültüsünün iş performansı üzerindeki etkisini ölçmek için bir açık planlı büro bilgisayar programıyla modellenmiştir. Modelleme üzerinde oldukça sessiz ve sürekli arka plan konuşma sesi karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma sonucunda açık planlı büro tasarımında personel seçimi ve odaklanmadaki dikkat tartışılmıştır [19].

Literatürde yapılan bir çalışmada çalışanların geleneksel bürolardan açık planlı bürolara taşınmasının etkilerini incelemek için uzun süreli bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Ölçüt olarak fiziksel çevre memnuniyeti, stres, iş ilişkileri, iş performansını etkileyen algılama vb. konular değerlendirilmiştir. Sonuç olarak tüm çalışanların memnuniyeti azalmıştır [20].

Açık planlı bir büroda ses kaynaklarının iş performansı ve algı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yazıcı sesleri, anlaşılabilir konuşma, anlaşılmayan konuşma ve telefon sesleri gibi ses kaynakların çalışanların iş performansı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir [21].

Yapılan bir çalışmada, açık planlı büro çalışanlarının, maskeleme gürültülü kulaklık takmamaları durumunda, konsantrasyon, iş performansı ve iş arkadaşlarının etkileşimi konusundaki tutumları incelenmiştir. Bu çalışma, açık planlı büro

Çalışanları zerindeki gürültünün olumsuz etkilerine karşı koymak için kulaklıklarla sağlanan maskeleme gürültüsünün kullanımı ile ilgili öneriler içermektedir [22].

Başka bir çalışmada, farklı fiziksel akustik koşulların düşünüldüğü açık planlı büro laboratuvarında arka plan seslerinin, konuşmanın anlaşılabilirliği üzerindeki etkisi incelenmiştir [23].

Bir açık planlı ofiste zemin ve tavanın akustik özelliklerine ek olarak, çalışanlar arasına engel yerleştirilmiş, görüntü kaynağı tekniği kullanılarak ses kaybını hesaplamak için bir model geliştirilmiştir. Model, engelin, yansıyan sesin ve kırılan sesin, alıcı noktadaki akustik konforu sağlayacak şekilde, toplam ses basınç seviyesine katkısını göstermektedir [24].

Wang ve Bradley, "A mathematical model for a single screen barrier in open-plan offices"başlıklı çalışmalarında, açık planlı bir büroda bitişik iş istasyonları arasında matematiksel bir ses yayılımı modelinin gelişimini anlatmaktadır. Bu model farklı yükseklikteki engel veya panellerden oluşan bitişik dikdörtgen iş istasyonları üzerinde uygulanmıştır. Çalışma sonucunda modelin, açık planlı bir büroda iş istasyonları arasında beklenen konuşma gizliliğinin tam olarak sağlanamadığını göstermiştir [25].

Yapılan bir çalışmada açık planlı bürolarda farklı tavan oluşumlarında zayıflama eğrilerinin ölçümü ve engel performansının etkileri incelenmiştir. Bu alışma sonucunda V formulu bir tavanın, konuşmacı/dinleyici durumları için artikülasyon indeksini yaklaşık 0,1 oranında azaltarak açık planlı bürolarda, konuşma gizliliğine çok az ölçüde katkıda bulunabileceği sonucuna varılmıştır [26].

Trompette ve Chatillon yaptıkları bir çalışmada, ağrı merkezlerinde çalışanların kullandığı kulaklıkların çalışanlarda oluşturduğu fiziksel sağlık problemleri ele alınmıştır. Yapılan bu çalışmada, 21 ağrı merkezinde ve 117 operatör için gürültü maruziyeti değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuç ve gözlemler sonucunda gürültü

maruziyetinin engellenmesi ve akustik iyileştirmenin sağlanması amaçlanmıştır [27].

Diğer bir çalışmada çağrı merkezleri akustik konfor açısından değerlendirilmiştir. İstatistiklere göre, çalışanların yaklaşık % 1.3-4'ü Avrupa ülkelerindeki çağrı merkezlerinde istihdam edilmektedir. Yapılan çalışma, çağrı merkezlerindeki gürültü kaynaklarını, gürültü değerlendirme kriterlerini ve çağrı merkezlerindeki gürültü ölçümlerinin sonuçlarını sunmaktadır. Ölçümlerin sonuçları, çağrı merkezi iş istasyonlarındaki gürültünün operatör tarafından telefon ahizesi kullanımı sırasında işitme kaybı riskine neden olabileceği ve temel iş faaliyetlerini gerçekleştirmeyi zorlaştırdığını göstermektedir. Çağrı merkezlerinde 18 iş istasyonunda gürültü ölçümünün sonuçlarına dayanarak, telefon görüşmeleri sırasında kulaklık altında eşdeğer sürekli A-ağırlıklı ses basınç seviyesi, analiz edilen iş istasyonlarının %60'ında 80 dBA'yı aşmıştır. Çalışma sonucunda gürültü ölçümleri, işyerinde gürültü sıkıntısının öznel olarak değerlendirilmesi ve çeşitli tipte kulaklıklar dikkate alınarak yapılan araştırmanın desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır[28].

Başka bir çalışmada, açık planlı bürolarda iyi ve kötü ses yutuculuğunun çalışanların, rahatsızlık, bilişsel stres ve mesleki etkinlik durumlarına yansıyor yansımadağı araştırılmıştır. Bir büro binasının iki farklı katında, daha az veya daha fazla duvar yutuculuğu ile simülasyon yapılmış ve bu simülasyonların akustik etkileri açık planlı büro akustiği için yeni ISO standardına (ISO-3382-3, 2012) göre değerlendirilmiştir. Ayrıca, her değişiklikten sonra çalışanlara anket analizi yapılmıştır. Analizler her kattaki akustik koşulların algılanan rahatsızlık ve bilişsel stres ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Sonuçlar ayrıca, açık planlı büro akustiği için yeni ISO standardına göre ölçülen akustik oda özelliklerinde küçük bir bozulmanın bile, sağlık ve rahatsızlıklar üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışma ortamlarında ve yeni ISO standardında önerilen önlemlerin, açık planlı bürolardaki daha iyi ve daha kötü oda akustiği arasında yeterince ayırım yapmak için kullanılabileceğini göstermektedir [29].

Toprak, “Ofis Yapılarının, Tasarım Kriterleri ve Mekânsal Oluşumlar Üzerinden İncelenmesi: Ankara İli Eskişehir Yolu Örneği” adlı yüksek lisans çalışmasında, büro yapılarının geçmişten bugüne gelişimleri tespit edilmiştir. Büro yapılarının tasarımlarını etkileyen faktörler ve bu faktörlerin plan tipolojisine, cephelere ve strüktür sistemlerine yansımaları incelenmiştir[30].

Başka bir çalışmada geçmişten günümüze gelen büro mekânları incelenmiş ve bu gelişimin doğurduğu büro tiplerine yer verilmiştir. Ardından büro mekânları içerisindeki fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlar iki ayrı ana başlık altında belirlenmiştir. Büro mekânları içerisinde duyulan bu fiziksel ve psikolojik ihtiyaçların içeriğinde oluşturulan hipotezlerin sorgulanması ve edinilmiş olan bilgilerin sınanabilmesi için büro çalışanları ile anket çalışması yapılmıştır[31].

Gökçe, “Açık Planlı Ofislerde Engel Etkinliğinin Modelleme Yoluyla Belirlenmesi ve İncelenmesi”, adlı çalışmasında, açık planlı ofislerde uygun akustik ortamın sağlanmasına yönelik gürültü engellerinin etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmış ve mevcut bir hacimde bilgisayar yazılımı kullanılarak, hacim içindeki farklı akustik koşullar için gereken engel özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda modelleme ve kurumsal hesap yoluyla belirlenen sonuçlar karşılaştırılmıştır [32].

Kurt, “Açık Planlı Ofislerde Akustik Konfor Parametrelerinin analizi ve Bir Örnek Çalışma” başlıklı yüksek lisans çalışmasında, bir açık planlı büro örnek olarak seçilerek, mekânın akustik koşulları ve yansıma süresi parametresine göre ve TS EN ISO 3382-3 standardı parametrelerine göre incelenmiştir. Büronun yerinde ölçümü ve Odeon 10.02 simülasyon programı aracılığı ile ölçüm sonuçları karşılaştırılarak akustik koşul değerlendirilmesi yapılmıştır [33].

Başka bir çalışmada, mimari ve akustik parametrelerin açık planlı büroların akustiği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada gizlilik ölçüm ve hesapları akustik anlaşılabilirlik üzerinden yapılmıştır. Anlaşılabilirliğin birimi olarak da anlaşılabilirlik indeksi (Articulation Index) kullanılmıştır. Açık planlı bürolardaki gizlilik araştırmaları boyunca yapılan laboratuvar çalışmasında hangi

parametrenin, gereken akustik gereksinimi nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu etkiyi bulabilmek için, açık planlı büro çalışma ortamının ölçekli maketi hazırlanarak, anekoik laboratuvar koşullarında, ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda açık planlı ofis tasarımcıları, engel yüksekliği, tavan yutuculuğu ve sinyal gürültü oranı etkileşimini görerek tavan malzemesi ve engel yüksekliği konuları değerlendirilmiştir [34].

Diğer bir çalışmada, birçok sektörde yaygın olarak kullanılan çağrı merkezlerinde, gürültü probleminden dolayı, çalışan operatörlerin hem fiziksel hem de psikolojik olarak kötü bir şekilde etkilendiği ve çalışma verimliliklerinin azaldığı görülmüştür. Bu çalışmada, işletmecileri genellikle kendilerine verilen kulaklıkları kullanmayı tercih etmeyen, bir çağrı merkezi gürültü ortamına göre incelenmiş ve uygulanabilecek potansiyel önlemler belirlenmiştir. Mekânın yeniden düzenlenmesi ile olası ses zayıflaması modellenmiştir ve bu, masa grupları arasında iyi emilim sağlayan yüzeylere sahip ayırıcıların yerleştirilmesi ve ayrıca tavanın ses emici malzemelerle kaplanmasıyla kabul edilebilir gürültü seviyelerine ulaşılabileceğini göstermiştir. Bunun yanı sıra, personel sayısındaki azalma ve odanın uygun akustik tedavisi ile alandaki gürültü seviyelerinin kabul edilebilir değerlere düşürülebileceği de gösterilmiştir [35].

Lee ve Aletta yaptığı çalışma kapsamında, uygulayıcılara akustik olarak daha duyarlı alanlar tasarlamalarını destekleyebilecek, kullanımı kolay bir değerlendirme aracı önermektedir. ABD’de dört açık planlı büro üzerinde uygun akustik ortamın sağlanması için dört temel performans göstergesi (KPI) belirlenmiştir. Daha sonra akustik konforun sağlanması için bu 4 başlık 19 madde ile geliştirilmiştir. Bu bürolardaki akustik stratejiler ve çalışanların iş performansının geliştirmek için göstergeler arasındaki ilişkiler üzerine daha fazla inceleme yapılması ve performansını artırmak için büroların bütünsel ve bütünleştirici bir şekilde tasarlanması gerektiğini önermişlerdir. Yöntemde ilk olarak, işyeri sağlığı ve refahının her boyutunda temel performans göstergelerini (KPI) tanımlamak için bir literatür taraması yapılmıştır. İkinci olarak, boyutları, KPI’ları ve önlemleri gözden geçirmek ve sonuçlandırmak için sektör liderleri ile görüşmeler yapılmıştır. KPI 1:

İstenmeyen sesleri içerecek alan planlama ilkeleri, KPI 2: İç mekân gürültü kontrolü için teknik önlemler ve KPI 3: Ses kontrolü için yapım yöntemleri. Dördüncü konu: KPI 4: Akustik gizlilik. Değerlendirme açısından, 19 önlemin her biri, araştırılan işyerinde karşılanan veya karşılanmayan bir koşul olarak kabul edilir; böylece her madde için bir 0–1 puanı atanır ve toplamı genel değerlendirmeye dâhil edilir. PROWELL Basic yazılımı ile geliştirilen standart puanlama sisteminin bir parçası olarak, işyerinde sağlık ve konfor için dört konu arasındaki puanlar her bir konuda (KPI) toplam 10 puanla normalleştirilmiştir ve sonuç olarak akustik planlamayı ve stratejileri değerlendirmek için toplam 40 puan mevcuttur. Bu, çalışma başarılı bir akustik planlamada gerekli olduğu düşünülen, birden fazla boyutta çözümlerin keşfedilmesine izin verir niteliktedir [36].

Açık planlı büro yapılarında konuşma gizliliği giderek daha önemli bir öncelik haline gelmiştir. İnsanlar konuşmaları için gizlilik ararlar ve başkalarının konuşmasından rahatsız olmamayı tercih ederler. Bu hacimlerde konuşma mahremiyetinin korunması sadece arzu edilen bir şey değildir, aynı zamanda bir gerekliliktir. Krasnow ve arkadaşları bu çalışmada, mevcut sinyali maskeleyerek algılanan konuşmanın anlaşılabilirliğini azaltmaya odaklanmaktadır. Algılanan rahatsızlığı önemli ölçüde artırmadan anlaşılabilirliği azaltmak için temel konuşma bloklarının bozulduğu basit, etkili ve pratik bir yöntem geliştirmektedir. Bu çalışmada tanıtılan maskeleme yönteminin beyaz gürültü ve modifikasyonlarından temel farkı, orijinal (hedef) konuşma sinyalinin değişikliklerine aktif olarak yanıt vermesidir. Önerilen maskeleme sinyali yalnızca gerektiğinde ve sadece hedef sinyalin yoğunluğuyla orantılı seviyelerde üretilir, böylece rahatsızlık en aza indirilir. Hedef sinyal kaydedilmiş ve kendi yankılanan kopyalanmış sinyali (klon) ile maskelenmiştir. Sonuç olarak, konuşma anlaşılabilirliği için önemli olan korelasyon temelli ipuçlarının sabit bir zaman gecikmesi, zamansal fazlama ve bir hedef sinyal klonunun genlik modülasyonu ile oluşturduğu etkili bir konuşma maskeleme yöntemleri sunulmuştur. Sunulan yöntem doğası gereği geçici olarak taksim edilir ve maskeleme sinyalini otomatik olarak hedef konuşmanın psiko-dilsel yönlerine ve fonetik ipuçlarına göre ayarlar, böylece örneğin beyaz gürültü ile karşılaştırıldığında minimum ek rahatsızlığa rağmen daha fazla konuşma gizliliği sağlar [37].

Literatür araştırması sonucunda açık planlı bürolardaki gürültü problemi birçok açıdan ele alınmıştır. Ancak açık planlı bürolardan biri olan çağrı merkezleri çok fazla değerlendirilmemiştir. Çağrı merkezleri çok sayıda çalışanın bir arada olduğu ve çalışanların sürekli iletişim halinde olduğu mekânlardır. Çalışanların sürekli olarak konuşması ve her bir çalışanın gürültü kaynağı durumunda olması hacim içerisinde ses düzeyinin oldukça yüksek olmasına neden olmaktadır. Özellikle, çalışanların kendi aralarında ya da telefonla konuşmalarından kaynaklanan sesler, gürültü düzeyini arttırdığı ve konuşmalar karıştığı için rahatsız edici olmakta ve gerekli önlemlerin alınmaması durumunda çalışma verimi düşmekte, kişiler fizyolojik ve psikolojik açıdan son derece olumsuz etkilenmektedir. Bu nedenle iş istihdamında oldukça önemli yeri olan ve gürültü etkeninin önemli bir problem olduğu çağrı merkezleri incelenmeye açık bir konudur. Bu çalışmanın amacı açık planlı bürolardan biri olan çağrı merkezlerinde, işlev, biçim, büyüklük, kullanıcı sayısı, engel tasarımı, iç yüzey gereçleri, yerleşim düzeni vb. birçok parametreler değerlendirilerek, çağrı merkezi tasarım sürecinde uygun akustik konforun sağlanması için, yol gösterici nitelikte bir model oluşturmaktır.

1.2 Tezin Amacı

Günümüzde en önemli çevre kirliliği etkenlerinden olan gürültü, insanların yaşamının önemli bir bölümünü içinde geçirdiği yapılarda, fizyolojik ve psikolojik olarak çeşitli rahatsızlıklara yol açan, insan sağlığını ve konforunu bozan, çalışma performansını azaltan ve verimliliği düşüren yaygın bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Çok sayıda çalışanın bir arada olduğu açık planlı bürolarda da, gürültü sorununun özel bir önemi vardır. Açık planlı bürolarda, bölme duvarları bulunmadığı için uygun işitsel ortamın yaratılması genelde oldukça güçtür. Bu nedenle, açık planlı bürolar gürültü denetiminin zorunlu olduğu hacimlerdir. Açık planlı bürolarda, verimli ve kullanıcıların hoşnut olduğu çalışma ortamının sağlanmasında yerleşim düzeni, kişiler arasındaki iletişim, kişi başına düşen alan-hacim gibi özelliklerin yanı sıra başta gürültü olmak üzere, ısıtma-havalandırma, aydınlatma ve benzeri öteki fiziksel ortam öğeleri de önemli rol oynar. Konuya işitsel konfor açısından bakıldığında, bir açık planlı büroda uygun akustik ortamın

oluşabilmesi için yeterli konuşma gizliliğinin, anlaşılabilirliğinin ve gürültü düzeyinin kabul edilebilir düzeyin altında olmasının sağlanması gerekir. Türkiye’de yürürlükte olan “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmelik” , açık planlı bürolar için kabul edilebilir gürültü düzeyini, büro yeni yapılacak (C sınıfı) ise, 44 LAeq, mevcut (D sınıfı) ise 48 LAeq olarak vermektedir [38]. Kabul edilebilir gürültü düzeyinin frekanslara göre değerlendirilmesine olanak tanıyan NCB (Balanced Noise Criteria) ölçütlerinin, genel bürolar için kabul edilebilir değeri NCB45 olarak verilmektedir. Konuya ilişkin günümüze değin ulaşılabilen çalışmalar incelendiğinde, tüm parametrelerin değerlendirilerek iyi bir akustik ortamın sağlanacağı açık planlı büro tasarımlarına bir model oluşturmanın araştırmaya açık olduğu görülmüştür. Çalışmada izlenen metot gösterildiği gibidir:

Çalışmada izlenecek yöntemin adımları aşağıda yer almaktadır.

1. Açık planlı bürolara ilişkin ulaşılabilen ulusal ve uluslararası çalışmaların değerlendirilmesi,
2. Açık planlı bürolara yönelik verilerin derlenmesi,
3. Açık planlı büroların fiziksel özelliklerine ilişkin sınıflandırmalar,
 - Biçim, büyüklük, boyut oranları vb.
4. Etkin yapı içi gürültü kaynaklarının ve özelliklerinin belirlenmesi,
 - Kaynak tipi, çalışma zaman aralığı, düzeyi, frekans dağılımı vb.
5. İşitsel konfor koşullarına yönelik gereksinimlerin belirlenmesi,
 - Kabul edilebilir gürültü düzeyi, yansıma süresi, konuşmanın anlaşılabilirliği, konuşmanın gizliliği vb.
6. Çalışmaya ilişkin kabullerin yapılması,
7. Büro tipi, fiziksel özellik, gürültü kaynağı özelliklerine vb. değişkenlere ilişkin kabullerin yapılması, üzerinde çalışılacak büro yapısının belirlenmesi
 - Gürültü sorununun bulunduğu açık planlı büro yapısında mevcut gürültü ortamının belirlenmesine yönelik anket çalışmalarının yapılması,
 - Seçilen büro yapısında mevcut gürültü ortamının belirlenmesine yönelik toplam ve frekans fonksiyonunda gürültü düzeyi ölçmelerinin gerçekleştirilmesi,

- Açık planlı büro yapısının modellenerek simülasyon programında analiz edilmesi,
 - Simülasyon sonuçları ile yerinde gürültü düzey ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması ve simülasyon programının doğrulanması,
 - Gürültü düzey haritalarının hazırlanması ve sonuçlarının değerlendirilmesi,
 - Çalışma kapsamında geliştirilen yaklaşımın uygulanarak işitsel konfor şartlarının oluşturulmasına yönelik koşulların sağlanması,
 - Yaklaşım ile ilgili sorunların varlığının belirlenmesi durumunda gerekli düzeltmelerin yapılması,
 - Mevcut açık planlı büro üzerinde uygun tasarım modeli oluşturmak için, yerleşim önerileri, toplam yutuculuk ve engel etkinliğinin değerlendirilmesi,
 - Değerlendirilen açık planlı büroda optimum işitsel konfor şartlarını sağlayan modelin belirlenmesi.
8. Belirlenen açık planlı büro modeli referans alınarak, optimum işitsel konfor değerlerini sağlayacak koşulların belirlenmesi.
 9. Gürültünün denetlenmesine yönelik olarak, değerlendirilen açık planlı büroda yapılan çalışmalar sonucunda, işitsel konfor açısından uygunluğu saptanan yerleşim biçimine sahip, dört farklı büyüklükte kurgu hacimlerin tasarlanması.
 10. Tasarlanan kurgu hacimlerin simülasyon programı (SoundPLAN 8.1) yardımı ile uygun akustik ortamı sağlayacak gerekli toplam ses yutuculuğunun belirlenmesi ve frekans fonksiyonunda gereken toplam ses yutuculuğunu belirlemeye yönelik tablo/grafiklerin ve gürültü haritalarının hazırlanması.
 11. Sonuçların analizi.
 12. Elde edilen sonuçlardan yararlanılarak, yeni bir açık planlı büro tasarımında işitsel konfor ortamının sağlanması için tasarımcıya yol gösterecek verilerin derlenmesi.

Bu çalışmanın amacı, gürültü etkeninin açık planlı büroların tasarım aşamasında ele alındığı bir yaklaşım oluşturmak ve yaklaşımdan yararlanılarak elde edilen sonuçları, tasarımcıların yararlanmasına yönelik olarak tablo ve grafikler yardımı ile ortaya koymaktır. Bu amaçla, açık planlı büro olarak, günümüzde sıklıkla rastlanılan çağrı merkezleri ele alınarak kabul edilebilir gürültü düzeyi, yansıma süresi, anlaşılabilirlik ve benzeri akustik parametrelerin optimum değerlerde elde edilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde, konuyla ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Açık planlı bürolarda gürültü denetimine yönelik uluslararası ve ulusal yaptırımlar incelenmiş, açık planlı büro planlama aşamasında gürültü denetimine ilişkin parametreleri belirlemeye yönelik çalışmalar detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

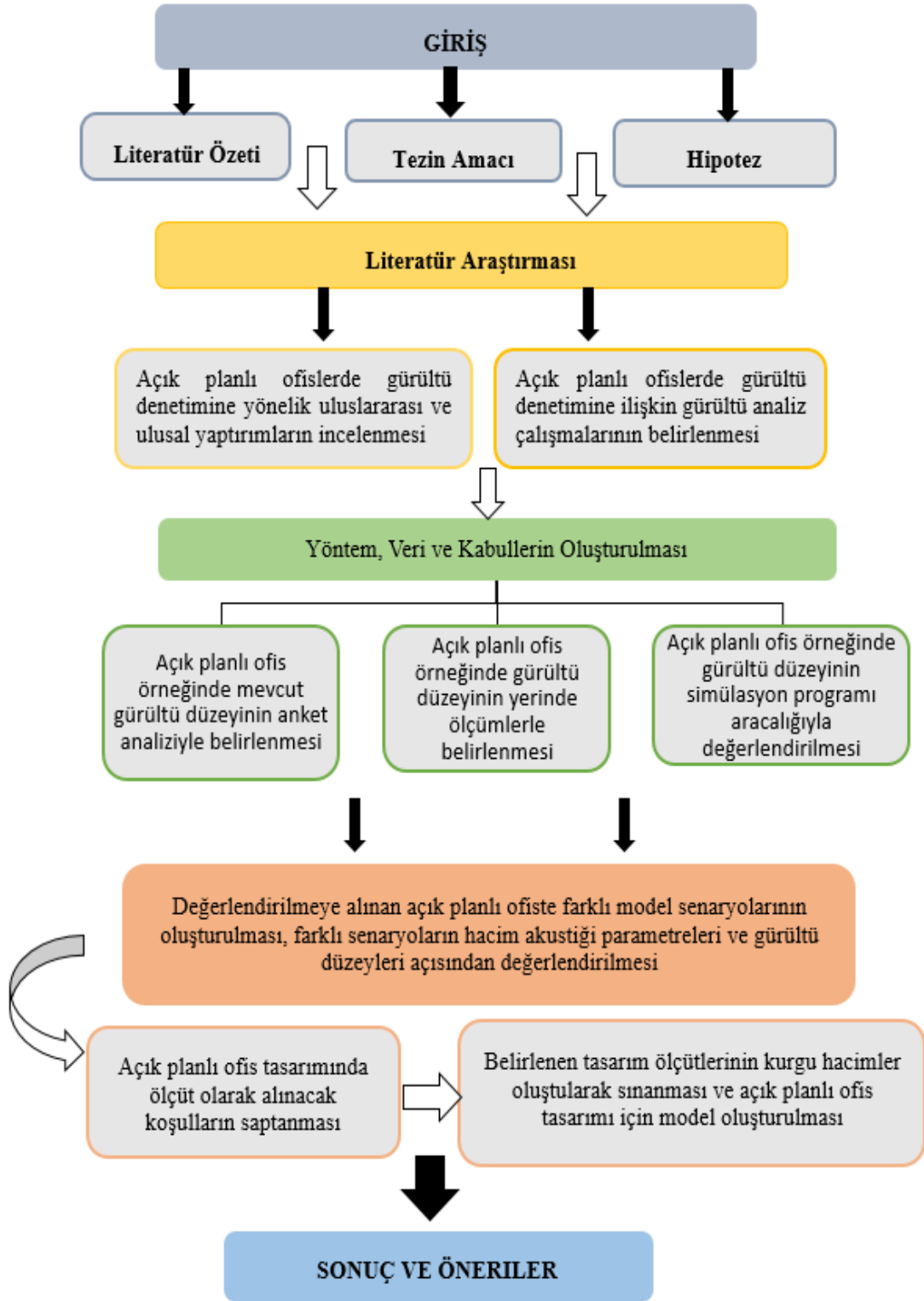
Çalışmanın bir sonraki bölümünde büro yapılarının genel özellikleri ve biçimlenişleri, tarihsel gelişim süreci ele alınmış, öncelikle büro yapılarının ve plan tiplerinin mimari özellikleri açıklanmıştır. Değerlendirmeye alınan açık planlı büro türlerinden çağrı merkezleri ile ilgili bilgilere ulaşılmıştır.

Bir sonraki aşamada, açık planlı bürolarda akustik sorunların ve denetim önlemlerinin örnekleme yolu ile ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu amaçla örnekleme konu olan çağrı merkezinin mimari özellikleri belirlenmiştir. Çağrı merkezinde mevcut işitsel konfor durumunu saptamak üzere anket analizleri, gürültü düzeyi ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra uygun akustik ortam koşullarını oluşturmaya yönelik önlemler ile ilgili inceleme ve değerlendirmeler yapılmıştır. Çağrı merkezi mevcut durumu modellenerek SoundPLAN 8.1 simülasyon programına aktarılmıştır. Program aracılığı ile hem çağrı merkezinin mevcut durumu, “farklı model yerleşimi”, “farklı yüzey yutuculukları” ve “farklı bölme elemanı yükseklikleri” için işitsel konfor ortamı analiz edilmiştir. Farklı durumlardaki hacimlerin gürültü haritaları hazırlanmış ve hacim akustiği parametrelerine ilişkin değerlendirilmeye alınması gereken hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Bir sonraki aşamada elde edilen sonuçlarla ilişkili olarak, açık planlı büro tasarım gereksinimleri belirlenmiş, bu gereksinimlerle ilgili olarak kurgu hacimler

oluşturulmuştur. Oluşturulan bu kurgu hacimler, tasarımcılar için tasarım etkenleri ve hacim akustiği gereksinimleri açısından konfor şartlarını optimum düzeyde sağlamış mekânlar niteliğindedir.

Çalışmanın sonuç bölümünde tez kapsamında yapılan çalışmalarla birlikte elde edilen veriler değerlendirilmiş ve açık planlı büro tasarımında gerekli olan temel etkenler ortaya konmuştur. Açık planlı büro ve bu hacimlere ilişkin kavramlar çalışmanın kuramsal inceleme bölümünü, örnek ağrı merkezinin değerlendirilmesi ve mevcut durum üzerinde yapılan düzenlemeler uygulama alanı inceleme bölümünü oluşturmuştur. Birbiriyle ilişkili olan bu iki alan inceleme bölümü sonuçlarının kurgu hacimler üzerinde uygulanarak, tasarım etkenlerini bir bütün haline getirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda tasarımcıya, açık planlı büro tasarımında akustik açıdan konforlu çalışma alanları tasarlamada rehberlik edecek bir yaklaşım ortaya konmuştur. Amaçlanan tasarım yaklaşımına yönelik olarak oluşturulan akış şeması şekil 1.1 'de sunulmuştur



Şekil 1.1 Akış şeması

1.3 Hipotez

Çalışmanın hipotezi: “İşitsel konforun sağlanmasının en zor olduğu hacim tiplerinden olan açık planlı bürolarda uygun akustik ortam, konunun mimari tasarım aşamasında ele alınmasında izlenecek bir yaklaşım ile başarılı bir şekilde sağlanabilir” olarak belirlenmiştir.

Gürültünün çevre kirliliği bağlamında ciddi bir problem olarak ele alınmaya başlanmasıyla birlikte gürültü kirliliğinin boyutları, etki alanı ve etkilediği kişi sayısı önemi gün geçtikçe artmaktadır. Yapı içerisinde, farklı fonksiyonlara sahip mekânlarda, hacim içi gürültü kaynakları da gürültü oluşumunda etken parametrelerdir. Bu tür mekânlara örnek olarak vereceğimiz açık planlı bürolar, çok sayıda çalışanın bir arada olduğu ve gürültünün kişileri genelde olumsuz etkilediği hacimlerdir. Özellikle gürültü açısından arzu edilen konfor sağlandığı bir açık planlı büro çalışma ortamında oldukça yüksek verimin sağlanması mümkündür.

Yapılan çalışmalar genellikle açık planlı bürolarda, kabul edilebilir gürültü düzeyi, konuşma gizliliği, konuşmanın anlaşılabilirliği gibi parametrelerin genelde bir ya da birkaçının ele alındığı çalışmalardır. Buna karşın, tez kapsamında işitsel konforu etkileyen tüm parametrelerin birlikte ele alınarak, tasarım sürecinde mimarlara rehberlik eden bir model oluşturulması hedeflenmiştir. Oluşturulacak bu yaklaşımın tasarımcıya açık planlı büro tasarımında akustik konfor sağlamak için gerekli tüm verileri elde etmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

Tez çalışmasının, planlama ve tasarım çalışmalarında iki şekilde yol göstereceği düşünülmektedir:

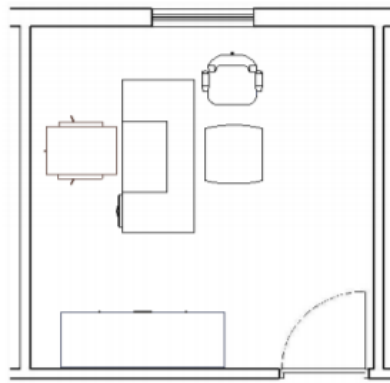
- Uygulanmış mevcut açık planlı büro yapılarının akustik konfor açısından değerlendirilerek, konfor şartlarının sağlanması veya iyileştirilmesine yönelik olarak hacim içerisinde toplam yutuculuk, engel tasarımı, çalışma ünitesi tasarımı gibi parametrelerin uygulanmasını sağlamak,
- Yeni uygulanacak olan açık planlı büro yapılarında ise yapı dışı gürültü kaynakları düşünülerek konumlandırılan, uygun alan, hacim ve kişi sayısı, iç yüzey gereçleri, engel tasarımı kabul edilebilir gürültü düzey aralığının altında olacak nitelikte tasarlamak.

Aynı zamanda bu çalışmanın ulusal alanda olduğu gibi, uluslararası alanda da bir eksikliğin kapatılmasına öncülük edeceği düşünölmektedir.



2.1 Büro Kavramı

Büro kavramı; bir kurum ya da kuruluştaki bilgi üretilmesini ve aktarılmasını sağlamaya yönelik yapılan işlemler ve bu işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan insan-makine sistemleri olarak tanımlanabilir [39]. Türk dil kurumu sözlüğüne göre danışma ve kayıt tutma işlerinin yürütüldüğü bir iş yeri olarak tanımlanmaktadır [40]. Bilim insanlarına göre ise büro kavramının tanımı, sayısız belgenin, hesabın ve görsel gerecin toplandığı, depolandığı, iletildiği ve dağıtıldığı, bilgiye dayalı işlerin özelleştirilmiş mekânıdır [41]. Büronun sözcük etimolojisi ayrı ayrı incelendiğinde farklı kökenlerden geldikleri anlaşılır. “Büro” sözcüğü Latince de burro olup kaba saba giysiye verilen isimdir. XII. yüzyılda bureau’nun anlamının biraz daha daralarak yazı masalarını örtmek için kullanılan yünlü kumaş olduğu anlaşılmaktadır. Daha sonra büro, şık yazı masalarına verilen isim olmuştur. Evrimsel süreç olarak büro sözcüğü önce kumaş, sonra kumaşın üzerine örtüldüğü mobilya, daha sonra ise mobilyanın bulunduğu mekân şeklinde oluşmuştur [42].



Şekil 2.1 Tek kişilik büro tipi

Büro hacimleri (Şekil 2.1) bilgi ve teknolojiye ilişkin ilerlemelerle ilişkili olarak tasarım bakımından günümüzdeki görünümüne gelinceye kadar, çeşitli dönemlerden geçmişlerdir. Bu sürece paralel olarak, çeşitli tasarım kriterleri de beraberinde gelmiştir [43]. İletişim teknolojileri ve bilginin önem kazandığı günümüzde yeni oluşumlar ve yeniden biçimlenişler gözlenen bürolarda, önceleri az etki yaratmış olan bilgisayarlar, şimdi büro düzenini ve büro binalarını tümüyle değiştirmektedir. Artık geçmişten günümüze, kâğıttan elektronik ortamlara bir geçiş yaşanmaktadır [44]. Bu değişim ile birlikte insanların hayat standartları gittikçe arttığından evinde sahip olduğu konforu ve rahatlığı artık iş yerinde de aramaktadır. Büro yapıları birçok kişinin günün büyük bir bölümünü geçirdiği yer olarak düşünülmeli, kullanıcı gereksinimlerine, konforuna ve kullanıcının tasarım sürecine katılmasına önem verilmelidir.

2.2 Büro Yapılarının Gelişim Süreci

Büroların ilk ortaya çıktığı dönem ticari ve ekonomik faaliyetlerin kaydedilmeye başlaması kadar eskidir. İlk büro faaliyetleri de vergiler, doğum ve ölüm tarihleri ile ilgili basit işlemlerdir [45]. Tarihsel gelişim sürecine bakıldığında 19. Yüzyılın ikinci yarısında çağdaş büro yapıları diyebileceğimiz binalar olsa da, ilk büro yapılarına 15. Yüzyılda rastlanmaktadır. 1560-1574 yılları arasında Giorgio Vasari tarafından tasarlanan, “Uffizzi”, büro olarak tasarlanan ilk yapıdır.

Çalışma alanlarının tarihsel gelişimine bakıldığında, “çağdaş büro”, 19. Yüzyılın ikinci yarısındaki gelişmelerin bir sonucu sayılsa da, ilk büro binalarına 15. Yüzyılda rastlanmaktadır. Floransa’da Giorgio Vasari tarafından tasarlanan ve 1560-1574 yılları arasında inşa edilen ‘Uffizzi’, muhtemelen bu amaçla yapılmış ilk büro yapısıdır (Şekil 2.2) [46].



Şekil 2.2 Uffizzi büro binası [47]

Konutlar 16. Yüzyıldan 18. Yüzyılın sonuna kadar ticaret yerleri olarak kullanılırken, bu dönemdeki kilise ve katedraller strüktürel açıdan yapılmış en büyük açık planlı büro yapısı örneklemesidir. Buna örnek olarak “The East India Company” nin 1600’den 1726 yıllarına kadar özel bir evde işlerini yürütmesini örnek verebiliriz (Şekil 2.3) [48].



Şekil 2.3 The East India House [49]

Mimar Peter Ellis'in Liverpool'da 1864 'te gerçekleştirdiği 'The Oriel Chambers' yapısı büro yapıları için yeni bir dönem başlatmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 The Oriel Chambers büro binası [50]

1844'te Mors Alfabesinin, 1866'da daktilonun ve 1874'te telefonun icadı ile iletişimde yeni bir dönem başlamıştır. 19. Yüzyılda iş yöntemlerinin tamamen değişmesiyle ve iletişim devrimiyle evi ve çalışma alanları bulunan insanlar, birbirlerinden ve evlerinden bağımsız olarak farklı bina, semt ve kentlerde çalışma olanağı elde etmek için büro binalarına yönelmişlerdir [42].

Frank Lloyd Wright'ın "Larkin Mail Order Company" için tasarladığı New York Buffalo'da ki "Larkin Binası" (Şekil 2.5) 1960'lı yıllara kadar pek çok büronun planlanmasında örnek alınan bir model olmuştur. 1960'lı yıllar planlamada işlevselliğin ön planda olduğu bir dönemdir. Bu dönemde büroların iyi planlanmış, fonksiyonel ve ilham verici olması önemlidir.



Şekil 2.5 The Larkin binası [51]

1960'lı yılların sonunda bu kavram tamamen gelişmiş büro çevresi, iç donatıları ile birlikte bir bütün olarak ele alınmaya başlanmıştır. 1970'lerde hem açık hem kapalı büro mekânlarına sahip Herman Hertzberger'in tasarımını yaptığı Hollanda'da inşa edilen "Central Beheer" binası büro yapılarının gelişiminde önemli bir örnektir. Tasarım sürecinde kullanıcı gereksinimleri ve kullanıcı memnuniyetine önem verilmeye çalışılmıştır. 1970'li yılların sonlarında bilgisayarlar bürolara girmeye

başlamıştır. Bu durum bilgi alışverişinin ve arşivleme olanaklarının artmasını sağlamıştır (Şekil 2.6) [48].



Şekil 2.6 The Central Beheer binası [52]

1980'li yılların sonu ve 1990'lı yılların başında yüksek maliyetli, kullanıcısı önceden belli olan ve buna göre tasarlanan büro binaları yapılmıştır. Büro binalarında işlevlerin bir sokak çevresinde toplanmasına dayanan iç sokak fikri bu dönemde tasarlanan binaların vazgeçilmez teması olmuştur [52].

2000'li yıllarda ise büro kavramı güç ve organizasyonunun simgesi olarak modern gökdelenler şeklindeki yapılara dönüşmüştür. Günümüz büro yapıları kompleks ve değişken etkenlere dayanmaktadır. Bu nedenle büro tasarımında büro ile ilgili tüm işler, büro elemanları, donanımları, insan ilişkileri ve psikolojisi bir bütün olarak ele alınmalı ve birbirlerinden ayrılarak çözümlere gidilmelidir.

2.3 Büro Yapılarının Sınıflandırılması

2.3.1 İşlevsel Yapılarına Göre Büro Tipleri

- **Spekülatif Amaçlı Bürolar:** Kiraya verilmek üzere tasarlanan bu tip büro yapıları birçok istek ve gereksinime cevap verebilmek üzere çeşitli büyüklüklere ayarlanabilir olmasına dikkat edilmelidir. Çünkü kiracılar

devamlı değişir ve gelişir. Genellikle değişen gereksinimleri karşılamak için esneklik sağlanmalıdır. Bu esneklik ilk planlama aşamasında strüktürel, fiziksel ve mekanik elemanlarının bir bütün olarak düşünülüp organizasyondaki bölmelerin hareketiyle sağlanmalıdır [53].

- **Kamu ve Yerel Yönetim Büroları:** Bu tip büro tasarımlarında toplumsal içerikli görevler dşnlerek tasarım yapılmalıdır. Halk kullanımının yoğunluğu planlama aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır [44].
- **Özel Sektör Büroları:** Bu tip bürolarda bölümler arası iletişim oldukça önemlidir (bankalar, sigorta şirketleri, ağrı merkezleri vb.) alışan kişi sayısı 40-200 arasında değişmektedir. Bu yüzden çalışma meknında fiziksel konfor koşullarının (gürültü, havalandırma, ısıtma, aydınlatma) ve uygun çalışma ortamlarının sağlanması gerekir [44].

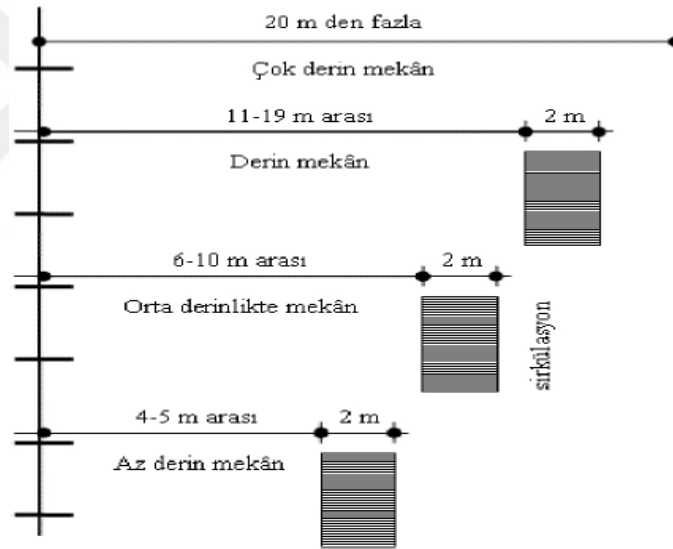
2.3.2 Mekânın Derinliğine Göre Büro Tipleri

Büro hacimlerinde derinlik; çekirdekten ya da ana sirkülasyon alanından büro alanını sınırlayan yapı cephesine kadar olan mesafedir.

- **Derinliği Az Olan Mekânlar:** Bu mekânlarda derinlik en fazla 12-13 metredir. Bu plan tipi, farklı birimlerin aynı katı kullanmasına olanak sağlamakla birlikte, özel birimler için kendi içinde birbiriyle bağlantılı küçük bölümler de oluşturulabilmesi açısından elverişlidir. Hacmin blmlendirilmesiyle oluşan küçük çalışma odaları, küçük gruplar veya bireysel çalışmalar için uygundur. Doğal havalandırma ve aydınlatma için yeterli alana sahiptir.
- **Orta Derinlikte Mekânlar:** Mekân derinliği 6-10 metre olup, dolaşım alanlarının her iki tarafına da büro alanı düzenlendiğinde, hacmin derinliği 14 -24 metre arasında değişmektedir. Bu büro tipinde hacim derinliği arttığı

için doğal aydınlatma ve doğal havalandırma yeterli olmayabilir. Hacim kolaylıkla farklı kullanımlara bölünebilir.

- **Derin Mekânlar:** Bu mekânlar genellikle açık büro ve doğal büro kullanımlarına uygundur. Esnek kullanım alanına sahip olduğu için küçük bürolara ve grup çalışma alanlarına bölünebilmektedir. Derin mekânlar 11 m-19 m arasında derinliğe sahip olabilir.
- **Çok Derin Mekânlar:** 20 metrenin üzerinde derinliğe sahip bürolardır. Bu derinlikte mekânlarda çeşitli ana iç ulaşım yolları gereklidir. Doğal havalandırma ve aydınlatma mümkün değildir [54].

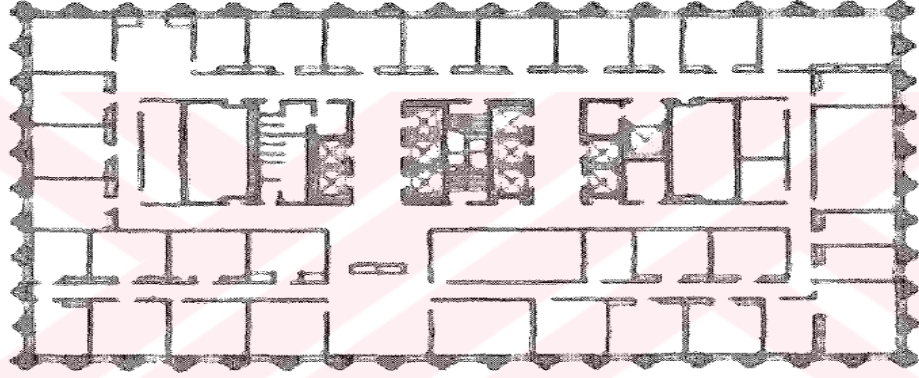


Şekil 2.7 Mekân derinliğine göre büro tipleri[54]

2.3.3 İç Mimari Biçimlenişe Göre Plan Tipleri

Büro yapılarının iç mekân düzenlemeleri, o binanın kullanım amacına uygun olarak tasarlanmalıdır. Tasarım sürecinde çalışma alanları, ortak kullanım alanları yatay ve düşey dolaşım alanları, toplantı odaları, arşivleme alanları ve ıslak hacimler bir bütün olarak düşünülmelidir.

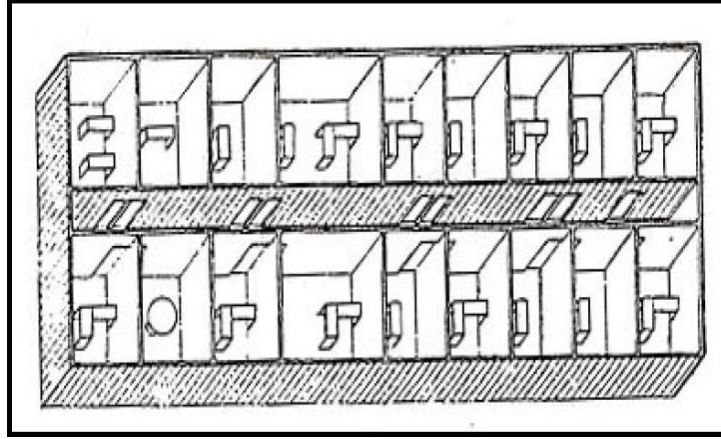
- **Geleneksel Planlı Büro Tipi:** Bilinen en eski plan tipi hücre planlı büro tipidir. Mekân derinliği 5. 50 m.–6. 00 m. ile sınırlıdır. Doğal havalandırma ve doğal aydınlatma kullanılır [55].



Şekil 2.8 Geleneksel büro plan şeması [56]

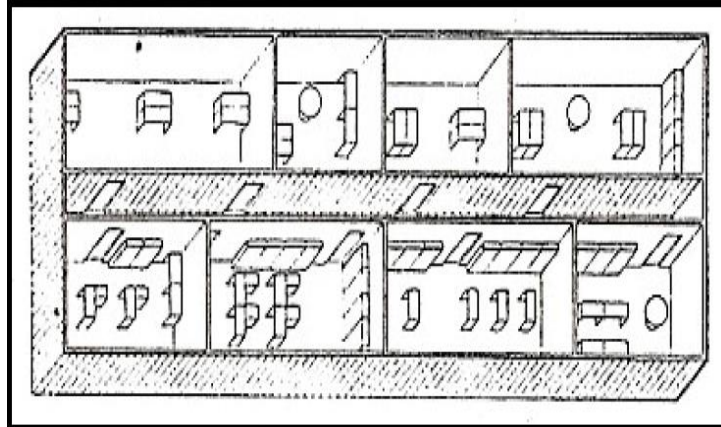
Geleneksel planlı büro tipleri, işletmenin büyüklüğüne ve organizasyon şekline bağlı olarak, bireysel, grup hücresel ve yarı kapalı(kombi sistem) olmak üzere üç farklı şekilde sınıflandırılmaktadır.

- **Bireysel Hücresel Büro Plan Tipi:** Bireysel çalışmalara uygun olan plan tipi sabit duvar elemanları ile birbirinden ayrılarak bir ya da en fazla 2 kişilik çalışma mekânlarından oluşmaktadır. Tek kişilik büro en iyi işyeri şartlarını sağlasa da bakım masrafları, odalar arası haberleşme gibi sakıncaları vardır. Sessiz çalışma ortamı gibi iyi şartlar sağlamasına rağmen, ekonomik açıdan bireysel odalar tercih edilmemektedir [57].



Şekil 2.9 Bireysel hücreli büro plan tipi örneği [48]

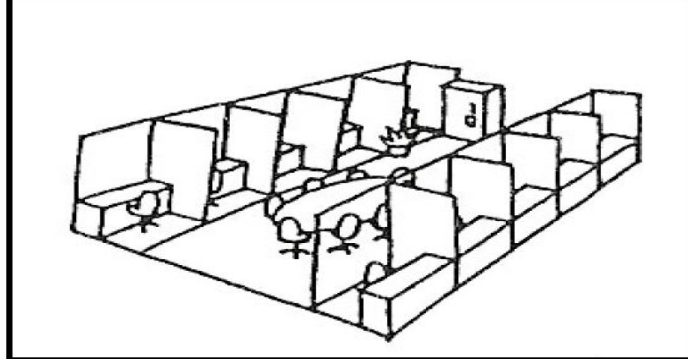
- **Grup Hücreli Plan Tipi:** Geleneksel plan tipli büroların, açık planlı büro plan tipinden esinlenmesiyle grup hücreli plan tipi ortaya çıkmıştır [58]. Mekânlar grup büyüklüklerine göre farklılık gösterir fakat meydana gelebilecek herhangi bir değişiklik durumunda, zaman ve para kaybına yol açmaktadır. Ancak bu plan tipinde bireysel hücreli plana göre çalışanlar grup çalışmasından dolayı aidiyet duygusuna sahip olmaktadır [57].



Şekil 2.10 Grup hücreli büro plan tipi örneği [48]

- **Yarı Kapalı (Kombi Sistem) Plan Tipi:** Bir ya da iki kişinin çalıştığı odalardan açık büro sistemine ve çalışanlar arası iletişime geçilmiştir.

Hücresel mekânlar hafif bölme paneller ile bölmeler oluşturularak sağlanmıştır [58].



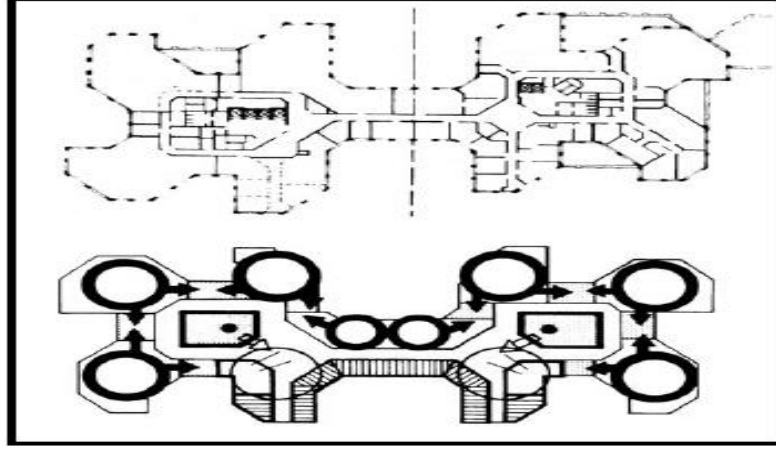
Şekil 2.11 Yarı kapalı (kombi sistem) büro plan tipi örneği [58]

- **Serbest Planlı Büro Tipi:** Serbest düzenli sistem, açık planlı büro sistemiyle benzer özellikler gösterir. Serbest düzenli sistemde çalışanlar farklı bölümler halinde çalışırken birbirleri ile iletişim halindedir. Serbest planlı büro yerleşimi daha etkin, esnek ve uygun mekânların oluşumunu sağlamaktadır [48].



Şekil 2.12 Serbest düzenli büro plan örneği, Ford binası [48]

- **Grup Planlı Büro Plan Tipi:** Büyük büro mekânlarının küçültülüp bölünerek oluşturulduğu mekânlardır. Hücre büroların bölme duvarlarının kaldırılıp koridorun mekâna dâhil edilmesiyle, çok kişilik hücreler elde edilmektedir. Bu tür bürolarda, 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 [59].



Şekil 2.13 Grup düzenli büro plan örneği, Bremen’de büro binası, 1987 [60]

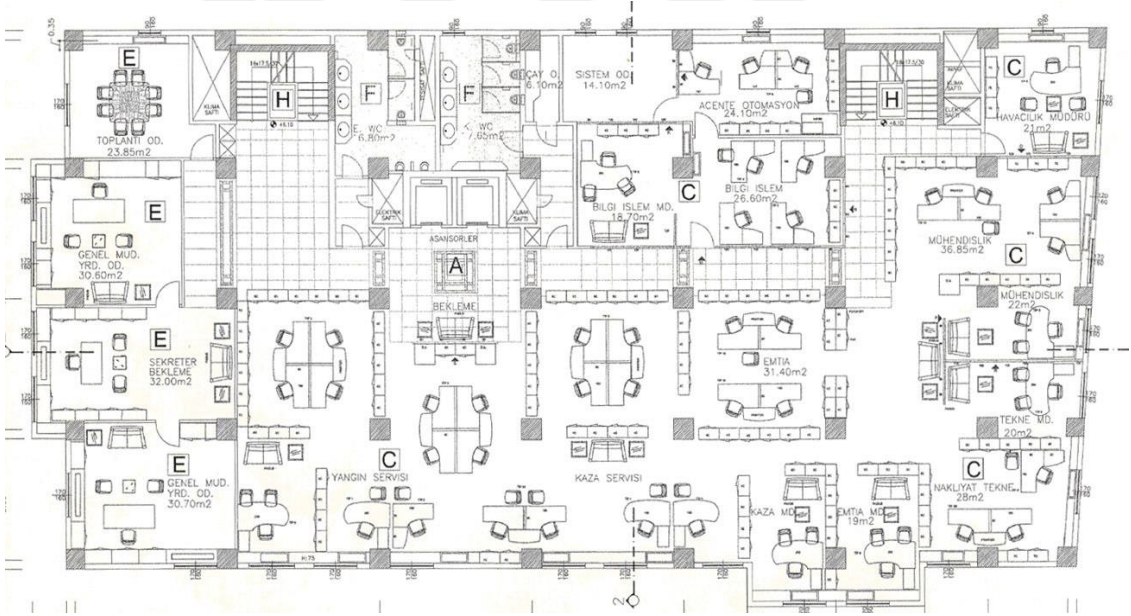
- **Karma Planlı Büro Tipi:** Bu tür bürolarda, geleneksel, açık ve grup düzenli büro mekân tipleri bir arada kullanılmaktadır. Bunlar aynı kat ya da farklı katlarda olabilir. Bu sayede yönetici bürosu, grup bürosu gibi farklı işlevdeki büro türleri bir arada kullanılabilir [44].



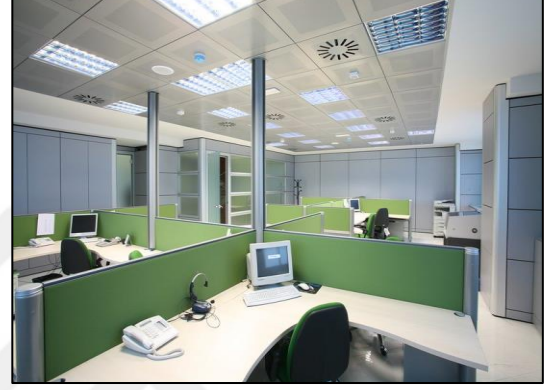
Şekil 2.14 Karma düzenli büro plan örneği [61]

- **Açık Planlı Büro Tipi:** Bu büro tipleri birden fazla kişinin grup halinde çalışmasına olanak sağlayan iletişimin ve etkileşimin yoğun olduğu ve

ekipler arası haberleşmenin kolay olduğu mekânlardır (Şekil 2.14, Şekil 2.15). Günümüzde teknolojik gelişmelere bağlı olarak açık planlı büro tipine geçilmiştir. 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. Ancak bu paneller kimi büro yapılarında sadece birer bölücü eleman olarak değil depolama ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanarak kullanım rahatlığı sağlamakta ve yer kazancını artırmaktadır [62]. Sirkülasyonu uygun olan bir açık planlı büroda genel olarak bir personele 6m²-9m² arasında değişen alanlar ayrılmalıdır. Geleneksel ofis tiplerinde 12 m² lik alan açık planlı büro tiplerinde yarıya düşmektedir. Grup olarak oluşturulan çalışma düzenlerinde ise, alan grup çalışanlarının sayısına ve işlevine göre farklılıklar göstermektedir [58].



Şekil 2.15 Ray Sigorta genel müdürlük binası kat planı [63]



Şekil 2.16 Açık planlı büro örnekleri

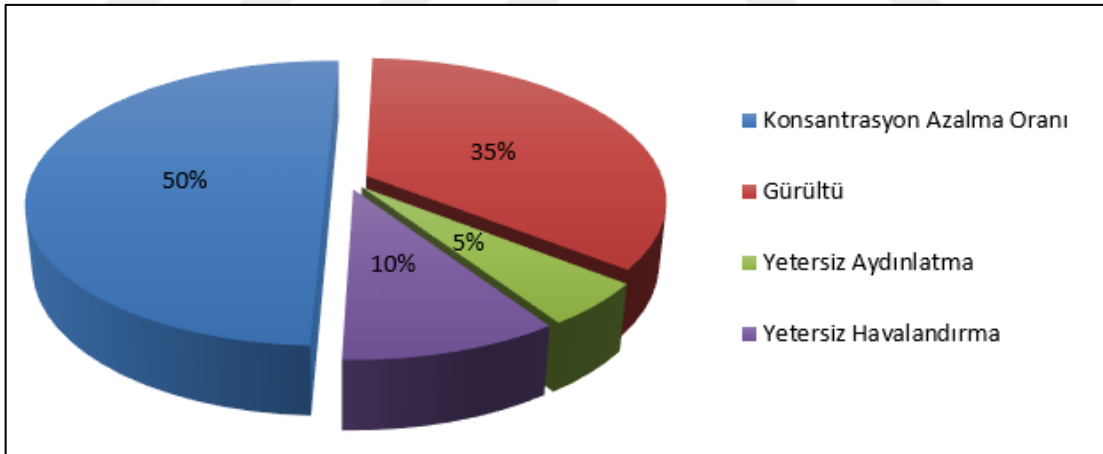
2.4 Açık Planlı Bürolarda Fiziksel Konfor Şartları

Büro ortamında uygun bir çalışma ortamının sağlanması çalışanların memnuniyetiyle ilişkilidir. Çalışanların memnuniyetinin sağlanmasında en önemli etkenlerden biri hacmin fiziki konfor şartlarıdır. Fiziki konfor şartlarının sağlanması direkt çalışanların hoşnutluğunu etkilemekte ve buna bağlı olarak çalışma verimliliği de artmaktadır. Açık planlı bürolarda fiziksel konfor şartlarının sağlanması için gerekli olan başlıca etkenler aşağıda gösterildiği gibidir;

- Görsel konfor
- Isısal konfor
- Havalandırma ve iklim şartları
- İşitsel konfor

Fiziki konfor şartları bütüncül bir bakış açısıyla bakıldığında binaların enerji tüketimi ve tasarımı ile ilgili ortak kullanılan kriterlerle (sıcaklık, havalandırma, aydınlatma, gürültü) ilişkilidir. Konfor, enerji performansı ve gürültü arasındaki bağlantı bir örnekle gösterilebilir. Örneğin çalışanlar yeterli havalandırma sağlamak için doğal olarak havalandırılan binalarda pencereleri açtıklarında, pencerelerin açık olduğu ve dış mekân gürültüsüne maruz kalan hacmin, gürültü parametresini değerlendirmek için eşdeğer ses basıncı seviyesi kullanılmalıdır. Kentsel alanlarda, çevresel gürültü genellikle çok yüksektir ve bu nedenle pencereler kötü hava kalitesinin bir sonucu olarak kapanır bu durumda, gerekli miktarda havanın sağlanması, fanlardan kabul edilemez gürültü seviyelerine ve genellikle yüksek enerji gereksinimine neden olur [64], [65].

Deneyisel çalışmalar Şekil 2.16 da gösterildiği gibi fiziksel konfor sorunlarının çalışanların konsantrasyonunu %50 oranında azalttığı görülmektedir. Çalışmalara göre fiziksel konfor şartlarından gürültü problemi en fazla konsantrasyon eksikliğine sebep olan parametredir [66].



Şekil 2.17 Çevresel gereksinimlerin iş konsantrasyonu üzerindeki etki oranları

2.4.1 Açık Planlı Bürolarda Isısal Konfor

Açık planlı bürolarda ısısal konfor şartlarının uygun olabilmesi için birçok parametre etkilidir. Bu parametreler çalışanların kişisel (yaş, cinsiyet, çalışma

yoğunluğu, giyinme durumu vs.) ve çevresel (hacim büyüklüğü, yalıtımı, sıcaklığı, nemi, güneş ışığı alma durumu vs.) özellikleri gibi iki grupta toplanıp incelenebilir.

Konuya ilişkin bir çalışmada ortam havasını etkileyen çevre şartlarının gece, gündüz ve mevsimlere göre değişiklikler gösterdiğini vurgulamaktadır. Bu çalışmaya göre kişilerin vücut yapısı ortam sıcaklığına göre sürekli olarak vücut sıcaklığını dengelemeye çalışmaktadır. Normal şartlarda, bir insanın vücut iç sıcaklığını 37°C civarında, deri yüzey sıcaklığını ise ortalama 31,5-33,5°C aralığında olması gerekmektedir. Deri sıcaklığındaki 1-3°C sıcaklık değişimi insanı rahatsız etmemektedir. Deri üzerinde ter yoğunlaşmamalı veya nem oranı %20' yi geçmemelidir. Bu şartların sağlanabilmesinde az giyimli bir insan için çevrenin 24±3°C kuru termometre sıcaklığında, %50 izafi nemde ve rüzgâr hızının <0,2 m/s olması gerekmektedir [67].

ASHRAE (1993)'e göre çıplak olarak 29-31°C ile giyinik olarak 23-27°C sıcaklıkları arasındaki bir ortamda bulunan hareketsiz insan, ortamı sıcak veya soğuk hissetmediği bir denge sıcaklığındadır ve ortamı konforlu bulmaktadır [68]. Yüksel, büro aktivitesi için ortam sıcaklığının kış mevsiminde 20-24°C, yaz mevsiminde 23-27°C olmasının kişiyi konforlu hissettirdiğini ve ideal olarak kabul edilebildiğini vurgulamaktadır. Bunu sağlamak için yapı elemanlarının iç yüzey sıcaklıklarının birbirine çok yakın ve bu sıcaklık değerleri ile uyumlu olması gereklidir [69].

2.4.2 Açık Planlı Bürolarda Aydınlatma

Büro olarak kullanılan binaların aydınlatması çalışanların görsel konforu, performansı ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple, kaliteli bir aydınlatmanın sağlanabilmesi için sadece gerekli ortalama aydınlık düzeyinin ve düzgünlüğün sayısal olarak sağlanmasının yanı sıra parıltı dağılımı, kamaşma, ışığın ve yüzeylerin renksel özellikleri, fliker olayı, günışığı ve bakım gibi birçok parametreye dikkat edilmeli, aydınlatma tasarımı gerekli tüm parametreler sağlanarak gerçekleştirilmelidir (Şekil 2.17) [70].



Şekil 2.18 Psikolojik kamaşmaya sebep olabilecek yüksek parlıtya sahip yüzeyler

Büro mekânları çok çeşitli işlerin yapıldığı çalışma ortamları olduğu için, işleve uygun aydınlatma düzenlerinin getirilmesinde nitelikle ilgili, ışığın renk özelliği, yani ışık kaynaklarının tayfsal yapısı, ışığın çalışma düzleminde eşdeğer bir biçimde yayılması ya da belirli bölgelerde toplanması, elde edilen bu aydınlıkta ışığın doğrultu özelliğinin olup olmaması, ayrıca yine görsel algılama yönünden önemli olan değişik gölge nitelikleri rol oynar. Buna göre; ışıklıklar arasındaki oran görme alanlarına uygun bir nitelikte olmalıdır [71] .

Şerefhanoglu bir çalışmasında, aydınlığın az ya da çok olması, görsel algılama yönünden önemli olmakla birlikte, esas önemli olan aydınlığın nitelikle ilgili özellikleri olduğunu belirtmiştir. Çünkü göz aydınlık çokluğuna uyum sağlayabilir, fakat nitelik yönünden yanlış olan durumlara uyum sağlayamaz. Örneğin; ışık tayfında kırmızı ışınlımların olmadığı ya da çok az olduğu bir lamba ışığında renkler gerektiği gibi algılanamaz, yani gözün böyle bir durumu düzeltme yeteneği yoktur. Bu nedenle, yapılan işlere bağlı olarak, bu konu üzerinde önemle durulması gerekir [72].

Büro mekânları kullanıcıya özel aydınlatma seçeneklerine elverişli olduğundan, kullanıcının mekân içinde en verimli olabileceği aydınlatma sistemi büro tasarımcıları tarafından iyi belirlenmelidir.

2.4.3 Açık Planlı Bürolarda Havalandırma ve İklim Şartları

Büro tasarımında sağlıklı ve konforlu çalışma ortamlarının oluşturulmasında uygun havalandırma ve iklim şartlarının oluşturulması önemlidir. Bu etkenlerin uygun nitelikte olmaması sonucunda çalışanların iş verimliliği düşmekte, çalışanlarda baş ağrısı, rahavet, göz, burun ve boğaz rahatsızlıkları gibi fiziksel sağlık problemleri ortaya çıkmaktadır [73].

Açık planlı bürolarda temiz havanın sağlanması, çalışanların bulaşıcı hastalıklardan korunması için önemlidir. Bu mekânlarda doğal havalandırma yöntemi önemlidir. Klimalar vasıtasıyla sağlanan temiz hava kişi başı minimum düzey olan saniyede 8.5L olmaktadır. Bu oranın saniyede 10L olması tercih edilmektedir ve bunun sağlanmasında doğal havalandırma gereklidir. Tedarik edilen havanın çalışma alanında yer alan tüm çalışanlara ulaşması sağlanmalıdır. Çalışma alanlarındaki panel yüksekliğinin hava akışını engellediğini düşünen çalışanların iş memnuniyetleri etkilenmektedir. Fakat bu yaygın inanın aksine, panellerin yüksekliği veya panellerin altında kalan boşluklar, açık planlı bürolarda hava akışında çok küçük bir etkiye sahiptir. Havalandırma sistemlerinde kaliteli filtrelerin kullanılması çalışma ortamına dışarıdan gelecek olan kirli hava ve partiküllerin oranını büyük ölçüde azaltır. Aynı zamanda büro alanının ve havalandırma sisteminin periyodik temizlik ve bakımına önem verilmesi gerekmektedir [74].

2.4.4 Açık Planlı Büro Yapılarında Gürültü Etkeni ve Akustik Konfor

Gürültü genel anlamda istenmeyen, hoş gitmeyen düzensiz sesler topluluğu olarak tanımlansa da, gürültünün bilgi kuramları bağlamında tanımlanması da olasıdır; buna göre işitme merkezinin işleyemediği ya da işitsel bilgi biçiminde değerlendiremediği anlık işitsel uyarılar insan tarafından gürültü olarak tanımlanır [75]. Fizyolojik olarak istenmeyen ve hoş gitmeyen ses, düzensiz sestir ve kişinin özelliğine durumuna ve koşullarına göre farklılık gösteren göreceli bir kavramdır [76].

2.4.4.1 Açık Planlı Bürolarda İşitsel Konfor Etkenleri

Hacme değişik yollarla etki eden gürültü kaynaklarının, hacimdeki uygun akustik ortamı bozmaması için değişik standart, yasa ve yönetmeliklerde kabul edilebilir gürültü düzeyleri belirlenmiştir. Belli bir gürültü düzeyinin kabul edilebilirliğini belirlemede yapının kullanım amacı, günün zaman dilimi, yapının bulunduğu alan, yapının ses geçirmezlik özelliği gibi birçok faktör göz önünde bulundurulmaktadır. Açık planlı bürolarda işitsel konfor şartları bazı akustik konfor etkenlerinin istenilen düzeye getirilmesiyle sağlanabilir. Bu etkenler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Normal uzaklıkta karşılıklı konuşan iki kişinin konuşmasının anlaşılabilir olması,
- Konuşma gizliliğinin sağlanması,
- Gürültü düzeyinin kabul edilebilir limit değerler altında kalmasının sağlanması,
- Karşılıklı konuşmaların ve telefon görüşmelerinin diğer çalışanları rahatsız etmemesinin sağlanması,
- Bürolarda makinelerin çıkardığı gürültülerin göz önünde bulundurulması,
- Hacim dışından gelebilecek tüm gürültülerin (trafik, açık hava etkinlikleri gibi yapı dışı kaynaklar ile bitişik hacimlerden gelebilecek sesler) denetlenmesi,
- Büro hacmine bitişik hacimlerden gelecek olan darbe sesi ya da hacim içinde mobilyaların itilip çekilmesinden, adım seslerinden oluşacak olan gürültülerin denetlenmesi.

2.4.4.2 Gürültü Kaynaklarının Özellikleri

- **Gürültünün Yayılma Durumuna Göre Sınıflandırılması**

Gürültü kaynakları yayılma durumuna göre üç farklı şekilde yayılır (Şekil 2.19).

Nokta kaynak: Ses dalgalarının küre, küre parçaları ya da buna yakın biçimde yayılmasını sağlayan kaynaklara nokta kaynak denir. Nokta kaynaklarda ses düzeyi, kaynağa olan uzaklığın karesiyle azalır [77]. Boyutları ürettikleri sesin dalga

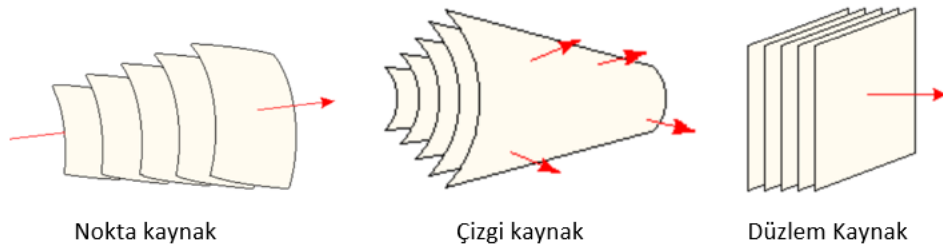
boyundan daha küçük olup küresel dalgalar yayan kaynaklardır. Bu kaynaklar statik ya da hareketli olabilirler. Nokta kaynaklar 4 farklı tipten oluşmaktadır.

- ✓ Tekli Kaynak (Basit ses kaynağı)
- ✓ Çiftli Kaynak
- ✓ Dörtlü Kaynak
- ✓ Titreşen Sert Küresel kaynak

Çizgi kaynak: Birden fazla eş düzeyli nokta kaynağın bir doğrultu üzerinde birbirine çok yakın bulunması ile oluşur. Çizgi üzerinde yer alan noktalar aynı fazda ya da genişgüzel fazda titreşim yaparlar. Yol trafiği çizgisel kaynak olup her taşıtın yaydığı küresel dalgalar, silindirik dalga biçimi oluşturduğundan yarı silindirik dalgalara örnektir. Trenler ise hareketli çizgisel kaynaklardır. Silindirik dalgalar; kanallardan silindirik borulardan ve kendi aksı etrafında dönen elemanlardan da yayılır. Bu kaynaklar iki yönden incelenir.

- ✓ Noktaların doğru üzerindeki konumları açısından,
- ✓ Kaynak uzunluğu açısından çizgisel kaynaklardır [78].

Düzlem kaynak: Bunlar genelde çok sayıda nokta kaynağın bir düzlem üzerinde birlikte bulunmasından oluşur [77].



Şekil 2.19 Yayılma durumuna göre gürültü kaynakları [77]

- **Gürültünün Frekans Tayfına Göre Sınıflandırılması**

Geniş spektrumlu gürültü: Ayırt edilebilen frekans bileşenleri olmayan ve pek çok frekansı birden içeren gürültülere geniş spektrumlu gürültü denir.

Dar spektrumlu gürültü: Birbirinden bağımsız frekans bileşenleri olanlara yani belirgin frekansları bulunan gürültülere de dar spektrumlu gürültü denir [76].

- **Gürültünün Oluştığı Ortama Göre Sınıflandırılması**

Açık planlı bürolarda meydana gelen gürültü hem çalışanlardan hem de hacim içerisinde kullanılan donanımlardan kaynaklanmaktadır. Bu gürültü kaynakları hava doğuşlu ve katı doğuşlu gürültü kaynakları olarak iki ayrı yoldan yayılmaktadır.

Katıda doğup yayılan gürültüler: Bir ses kaynağının titreşimleri birincil olarak katıda doğup yayılıyorsa buna **katıda doğan ses** denir. Asansör, tesisat, ısıtma, havalandırma, hava koşullaması sistemleri, jeneratör vb. gibi makinelerden kaynaklanan sesler, adım sesleri, yere düşen nesnelerin çıkardığı sesler gibi darbe gürültüleri, tren, metro, ağır vasıtaların yol açtığı titreşimler katılarda doğan seslere örnektir [79].

Havada doğan gürültü: Bir ses kaynağının titreşimleri birincil olarak hava ortamında doğup, yayılıyorsa buna **havada doğan gürültü** denir. Konuşma, şarkı söyleme, tüm canlıların sesleri, rüzgâr sesi, nefesli ve yaylı çalgıların (döşemeye değmeyen) sesleri, gök gürültüsü vb. havada doğan seslere örnektir [79].

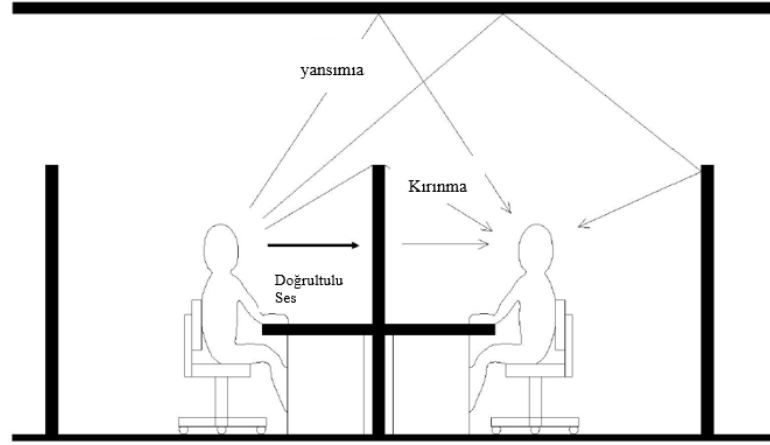
Açık planlı bürolar gerek ekonomik açıdan, gerekse yapım süresi açısından işletmeye olumlu katkılar sağlasa da, özellikle kullanıcılar için birtakım problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu tür mekânlarda bölme duvarları bulunmadığı için, konuşmadan, telefonlardan ve diğer ofis araç gereçlerinden kaynaklanan sesler, ayak sesleri, klima ve aydınlatma düzeninin gürültüleri, ofis ekipmanı (faks makineleri, yazıcı gibi), dışarıdan gelen gürültüler çalışma verimini düşürebilir. Açık

planlı bürolarda meydana gelen gürültü kaynaklarını aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz.

- **Hacmin kullanım amacına göre:** Açık planlı büro hacimleri değişik işlevler için kullanılmaktadır. Bu nedenle her büroda kullanılan cihazların nitelikleri ve bunların kullanım süreleri de farklı olabilmektedir.
- **İşleve bağlı kullanılan teknik donatı ve ekipmanlara göre:** Açık planlı bürolarda kullanılan havalandırma sistemlerinden ve aydınlatma aygıtlarının neden olduğu gürültüler hacimdeki fon gürültüsü düzeyini önemli ölçüde etkilemektedir.
- **Kullanıcı sayısına göre:** Açık planlı bürolarda kullanıcı sayısı işleve göre değişmektedir. İlgili hacim içindeki kullanıcılarının türlü nedenlerle, istemli ve istemsiz olarak oluşturdukları gürültülerdir.
- **Hacmin biçimlenişine göre akustik kusurlardan dolayı meydana gelen gürültüler:** Açık planlı büroların mimari tasarımı, hacim içerisinde kullanılan iç yüzey gereçlerinin yutma çarpanlarının düşük olması hacimde gürültü düzeyinin artmasına neden olmaktadır. Açık büro alanları gibi büyük hacimlerde, meydana gelen “yankı”, gürültü düzeyinin artması ile konuşmanın anlaşılabilirliği ve gizliliği açısından da etkin rol oynamaktadır [32].

2.4.4.3 Açık Planlı Bürolarda Sesin Yayılma Yolları

Açık planlı bürolarda sesin yayılma yolları genellikle, doğrultulu sese ek olarak yansımalarından oluşan ses, engel panellerinden kırınarak ve ya panelden geçerek alıcıya ulaşan sesler şeklindedir (Şekil 2.20) . Yayılma ile ilgili yapılan hesaplamalara göre tavanlarda oluşan yansımalar ve engel panellerinde oluşan kırınımalar hacmin akustik konforunun sağlanmasında en etkili etkenlerdir [43]. Hacim içerisinde işitsel konforun sağlanmasına ilişkin bu iki etkenin değerlendirilmesi önemlidir.

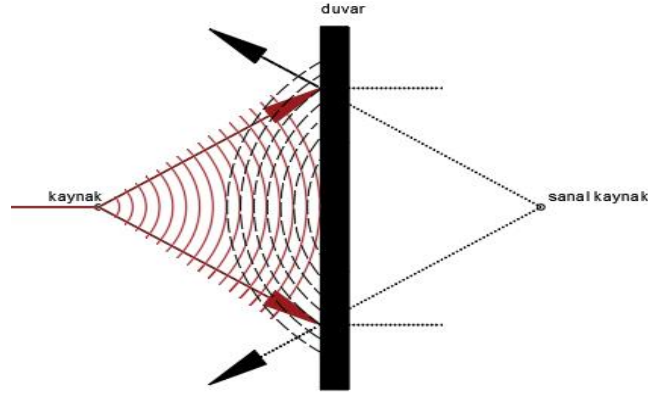


Şekil 2.20 Sesin alıcıya ulaşma yolları [81]

- **Yansıma Olayı**

Havada yayılan ses dalgası yüzeye çarptığında havadaki ses basıncı daha yoğun ortamı harekete geçiremediğinden yüzeye dik doğrultuda parçacık hızının 0'a indirgenmesi ve ara yüzde basıncın iki katına çıkması sonucunda dalganın geri dönmesi olarak açıklanabilir. Yansıyan ses ışınları yüzeyin normali ile eşit açı yapar (Şekil 2.21) . Dalganın geliş açısı ve dönüş açısı birbirine eşittir [80].

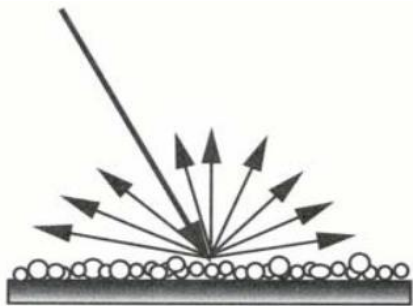
Hacim içindeki bir dinleyici ilk önce ses kaynağından direkt sesi duyacak sonra, direkt ve yansımış ses yolları arasındaki uzunluk farkına dayanan bir zaman aralığından sonra yansımış sesi duyacaktır. Eğer bu zaman gecikmesi 50 ms'nin üstündeyse (örneğin yol farkı 17 m'den fazlaysa) yansımalar yankıyı arttıracaktır [81].



Şekil 2.21 Sesin yansıması

- **Saçılma Olayı**

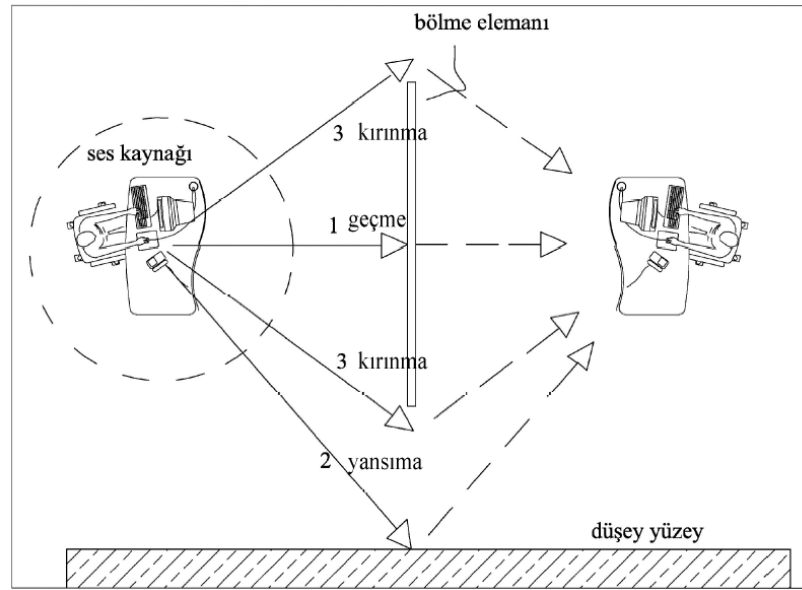
Ses dalgalarının çarptıkları yüzeyin boyutları dalga boyuna göre küçük ise, yüzey girintili çıkıntılı, köşeli veya dalgalı ise, düz bir yüzey üzerinde boyutu dalga boyundan çok küçük engeller ile boyutları eşit ve az farklı yüzeyler ve sivrilikler bulunuyorsa ses ışınları geometrik yansıma yerine her yöne eşit olarak dağılır. Bu olay ses saçılması olarak adlandırılır (Şekil 2.22) . Çeşitli yönlerde dağılan bir yansıma biçimi gösterir. Saçılma salon akustiğinde önemli olan ve yararlanılan bir olaydır ve özel saçıcı elemanlar tasarlanmıştır. Saçılma olayı yansıma kadar olmasa da enerji yoğunluğunu artırır. Ayrıca saçılmış sesler; yansımış sesler ile birlikte kapalı mekânlarda yansımasını artırır. Kapalı mekânlarda gürültü sorunları yarattıklarından bazen sakıncalı olmaktadır [78] .



Şekil 2.22 Sesin saçılması [100]

- **Yutulma Olayı**

Ses dalgalarının yayılma ortamında dalga boyundan büyük boyutlu cisimlerle karşılaştıklarında, yüzey özelliklerine bağlı olarak enerjilerinin bir bölümünün sürtünme ile yitirilmesi, ses yutulması olayıdır (Şekil 2.23) . Ses dalgalarının gözenekli bir yüzeye yakın yayılması sırasında gelen ve yansıyan dalgalar faz değişimi nedeniyle girişime uğrar ve zemin yutuculuğu denilen etki nedeni ile ses dalgasının yönü değişir. Gözenekli bir yüzeyin molekülleri gözenekler içindeki havayı harekete geçirebilir ve sürtünme ile ses enerjisi ısı enerjisine dönüşebilir. Ses yutulması olayı kapalı hacimlerde yansıma kriterlerini sağlamak üzere, seslerin frekanslara bağlı olarak yutulması için özel malzemelerin tasarlanması ve uygun yerlere yerleştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.



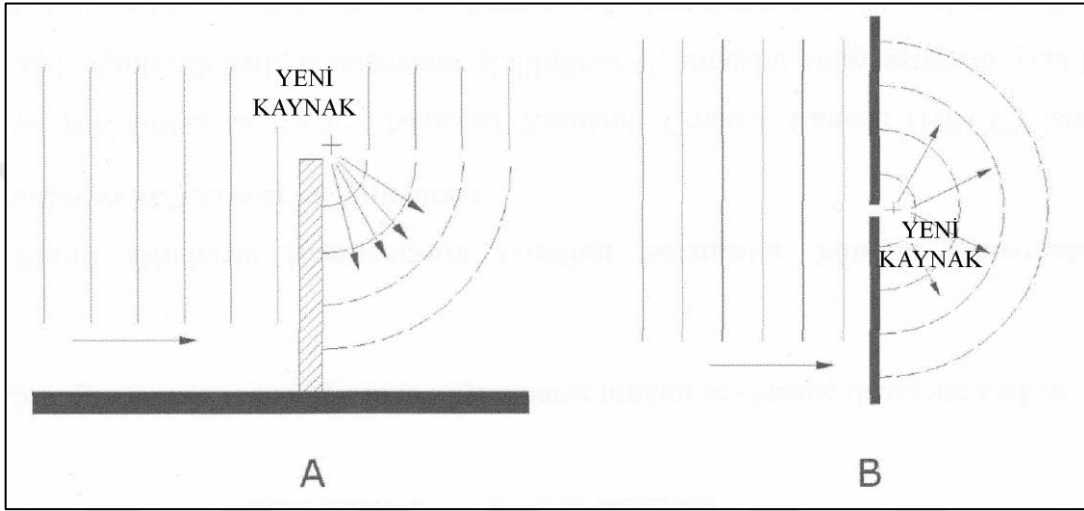
Şekil 2.23 Yansıma, yutulma ve iletim Yolları [17]

- **Kırınma Olayı**

Engel yüzeyine gelen sesin dalga boyu engelin boyutlarından büyük olduğunda kırınma meydana gelmektedir (Şekil 2.24) . 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 [34].

Yapılan çalışmalar açık planlı bürolarda en önemli ses yollarının tavandan gelen yansımalar ve ara bölücülerin üstünden kırılan sesler olduğunu göstermektedir. Bu sebeple pek çok mekânda tavanda yutucu elemanların kullanımının ve çalışma alanları arasındaki ara bölücü özelliklerinin, doğru hesaplanması gerekmektedir [82].



Şekil 2.24 Sesin kırılması [82]

- **Sesin Geçmesi**

Ses dalgalarının bir engele çarpması durumunda ses enerjisi elemanın modlarını harekete geçirerek ve değişik biçimlerde dalgalara dönüşerek engel içinde yayılır. Katı ortamın deformasyonuna neden olurlar. Serbest iletimde elemanın kritik frekansı ve boyutlarına bağlı rezonans frekansları rol oynar ve ses dalgaları zorlanmadan eleman tarafından iletilir. Zorlanmış dalgalar ise frekansa ve engelin kütlesine bağlıdır. Rezonansın ortaya çıktığı frekans bölgesinin altında engelin rijitliği ses geçiş kaybının artmasına neden olur. Engelin içinden geçen ses azalımı ses geçiş katsayısı olarak tanımlanır [78].

2.5 Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Genel olarak sabit, değişken ve darbeli olabilen gürültülerin insanlar üzerinde olumsuz etkileri bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur. Bu etkiler fizyolojik, performans üzerindeki etki ve psikolojik etkiler olarak gruplandırılmıştır.

2.5.1 Fizyolojik Etkileri

Fizyolojik etkiler sürekli, ani ve yüksek seslere karşı insan vücudunun bilinç dışı tepki göstermesi olarak tanımlanabilir. Gürültünün;

- Yüksek kan basıncına
- Hızlı solunum
- Adrenalin yükselmesine
- Yüksek kalp atışı
- Ani reflekslere
- Metabolizma değişimine
- Yorgunluğa
- Uyku bozukluğuna neden olduğu kanıtlanmıştır. Özellikle stres ve strese bağlı hastalıklarda gürültünün rolü büyüktür [83].

2.5.2 Performans Üzerindeki Etkileri

Her insanın farklı düzeydeki gürültüye karşı hassasiyetleri farklı olduğu için, gürültünün iş performansı üzerindeki etkilerini sayısal olarak belirlemek oldukça güçtür. Yapılan araştırmalar sonucunda çeşitli iş ve etkinliklerde gürültüye maruz kalınması durumunda performans üzerindeki etkileri sıralanmıştır.

- İş performansı ve veriminin etkilenmesi
- Zihinsel odaklanma problemi
- Okuma ve anlamada güçlük: Özellikle alçak frekanslı seslerin, konuşma sesinin yüksek frekanslı bileşenlerini maskeleymesi sonucunda dinleme ve anlama gücü ortaya çıkar.
- İş hızının ve kalitesinin etkilenmesi
- Dikkat gerektiren işlerde dikkatin dağılması
- İşin doğruluğunun etkilenmesi ve gözlemlerde hataların artması

- İş kazalarının ortaya çıkması: Özellikle ani irkilmelerde iş kazaları olabilmektedir.
- İnsan iletişiminin bozulması: İnsanların gürültülü yerlerde daha az konuştukları ve sadece çok önemli konuları konuştukları görülmektedir [84].

2.5.3 Psikolojik Etkileri

Yapılan araştırmalara göre gürültüye maruz kalmış kişilerin hemen hemen tümünde çeşitli psikolojik rahatsızlıklar bulunmuştur. Bu rahatsızlıklar;

- Aşırı tepki verme, ani öfkelenme, şiddete yönelim
- Kızgınlık ve öfkenin içe yönelmesi, kendini suçlama ve aşırı sessizlik
- Sakinleştirici kullanımı
- Hoşgörünün azalması
- Yardım isteğinin azalması, olarak sıralanabilir.

Uzun ya da kısa vadede ortaya çıkan bu etkilerin büyüklüğü ve süresi temel akustik faktörlere bağlı olarak, kişilerin duyarlılığı, yaşam biçimleri ve çevresel koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir.

2.6 Açık Planlı Büro Tasarımında Kullanılan Mimari Tasarım ve Hacim Akustiği Parametreleri

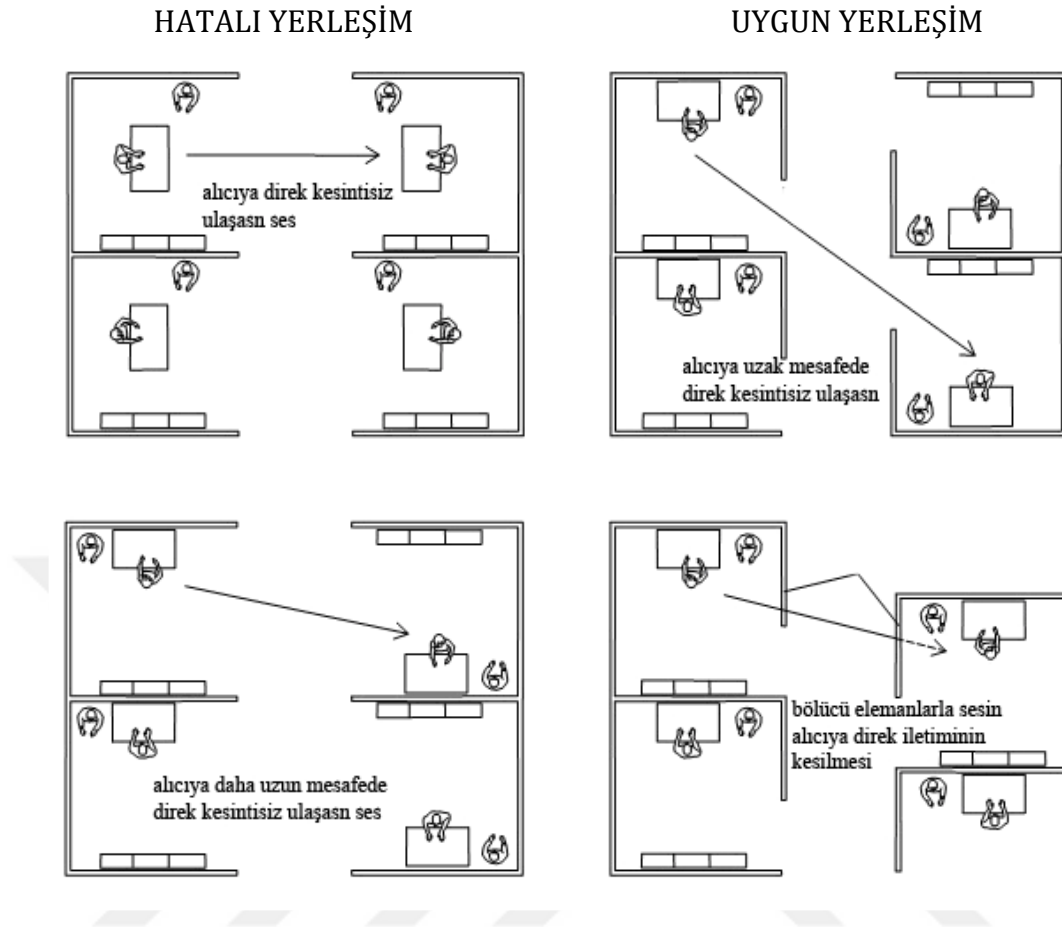
Açık planlı büro kurgu hacimlerinin tasarım aşamalarında gürültüleri kontrol etmek için kullanılan alan planlama ilkeleri, iç gürültü kontrolü için teknik önlemler ve hacim akustiği parametreleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu etkenler;

Kişi başına düşen alan: Açık planlı bürolarda minimum çalışma alanının net ölçüsü en az 2,8 m², genel birimler için 3,5 m² ve üst personel içinse 6,5 m²'lik alana ihtiyaç duyulmaktadır. Sirkülasyonu uygun olan bir çalışma alanı için genel olarak bir personele 6 m²-9 m² arasında değişen boyutlarda alanlar tahsis edilmelidir [6].

Hacim Boyutları: Açık planlı bürolar genellikle büyük boyutlu olduklarından yankı olayına karşı önlem alınmalıdır. Bir hacim içinde bulunan ses kaynağından doğrudan kulağımıza gelen ses ile yansıtıcı bir yüzeyden yansıyarak gelen sesin geçtikleri yollar arasındaki fark 22 metreden fazla ise ses uzaması, 34 metreden

fazla ise yankı meydana gelir. Buna göre en uzun kenarı 11 metreden küçük hacimlerde yankı tehlikesi yoktur [20].

Tefriş Düzeni: Açık planlı bürolarda, 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 [85]. Açık planlı büro 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 büro hacimlerinde, çalışma gruplarının 6-10 kişiyi geçmemesinde yarar vardır [86]. 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 çalışma ünitelerinin mümkün olduğunca büyük yapılması gerekmektedir. Ayrıca çalışma ünitelerini oluşturan yüzeylerde ses yutuculuğu yüksek gereçlerin kullanılması da uygun akustik ortamın oluşturulması açısından etkili olmaktadır. Çalışma ünitelerinde tefriş elemanlarının yerleşimi, özellikle komşu hacimlerde çalışanların Şekil 2.25'te görüldüğü gibi birbirlerine mümkün olduğunca uzak olmasını sağlayacak biçimde yapılmalıdır [32].



Şekil 2.25 Çalışma ünitesi tasarımının ses iletim yollarına etkisi [32]

Tavanlar: Tavanın yutuculuk katsayısı “açık alanın” akustik koşullarına ulaşabildiği zaman, kaynaktan çıkan ses düzeyinin sönümlenme miktarında da bir o kadar artış olacaktır. Tavanlar 3 m’yi geçmeyecek şekilde alçak olmalıdır ve 500 Hz ile 2000 Hz değerleri arasındaki yutuculuk katsayıları yüksek olmalıdır [33].

Bölme Panolar: Mobilya/tefriş tasarımında amaç, mobilya sisteminin sesin çalışma alanları boyunca ilerlemesini önleyecek, gerekli işitsel konfor ve gizlilik 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 arttırıcı akustik engel uygulaması önem kazanmaktadır. Kullanılacak akustik engellerin; ses geçirmezliğinin STC 20 ve üstü

değere sahip olması ve 1,7 metre ve üzeri yükseklikte uygulanması, sesin yutulmasında ise, en az NRC 0.60 değerini sağlaması önerilmektedir [26].

Duvarlar: Ses yutucu duvar panelleri ile kalın ses yutucu perdeler ve ses yutucu dolgulu, geniş çatalı perfore düşey panjurlar kullanılmalıdır. Duvarlardan gelen yansımaları önleyebilmek için ise $NRC > 0.80$ veya daha fazlasına sahip malzemeler önerilmektedir [85]

Döşemeler: Döşeme kaplamasının ses yutuculuğunun fazla olması istenir.

Tesisata Ait Donanımlar: Aydınlatma elemanları ve havalandırma sistemleri yansıtıcı yüzeylere sahip olan donanımlardan oluşmaktadır, bu nedenle havalandırma ve aydınlatma elemanlarının olabildiğince boyutlarının küçük olması önerilmektedir [87].

Konuşmanın Gizliliği: Konuşmanın gizliliğinin sağlanabilmesi için, konuşulanlar, yan komşular tarafından anlaşılmamalıdır. İstenmeyen gürültüler engellenmelidir. Yüz yüze konuşmalara izin verilmeli ($\sim 200\text{cm}$ uzaklık için) ve telefon konuşmaları açıkça anlaşılmalıdır [88].

Hacmin Toplam Yutuculuğu: Hacmin toplam yutuculuğu, hacim içerisindeki yüzey malzemelerinin yutma çarpanları ve bunların yüzey alanlarına bağlı olarak belirlenen bir büyüklüktür. Toplam yutuculuğun az ya da çok olması, hacmin yansıtmış ses düzeyini etkiler. Dolayısıyla hacmin toplam yutuculuğu, hacimdeki ses düzeyini etkiler. Hacimde ses düzeyinin olumsuz yönde etkilenmesi, konfor koşullarının bozularak gürültü sorununun ortaya çıkması, gürültü denetimi açısından önemli bir konudur.

Hacmin toplam yutuculuğu (A), (2.1) eşitliği yardımıyla hesaplanabilir.

- Hacmin iç yüzeylerinin toplam yutuculuğu (A_y),
- İnsan-eşya gibi nesnelerin toplam yutuculuğu (A_b) ve
- Havanın yutuculuklarının (A_h) , toplamından oluşur.

$$A = A_y + A_b + A_h \quad (2.1)$$

Havanın yutuculuğu ve hacim içerisinde kalan insan, eşya gibi nesneler hacmin işlev ve büyüklüğüne göre belirlenmiş ve değişmeyen etkenlerdir. İç yüzey yutuculuğu ise doğrudan iç yüzey gereçlerinin yutuculuğuna bağlıdır. Hacmin yüzey yutuculuğu, iç yüzey malzemelerinin yutuculuğu ve yüzey alanının çarpımının toplamından oluşmaktadır. Gürültü düzeyinde yüzey yutuculuklarından kaynaklanan değişim, (2.2) eşitliği ile hesaplanabilmektedir.

$$GA = 10 \log A_2 / A_1 \quad (2.2)$$

(GA): Gürültü düzeyindeki azalma

(A₂): Çok yutucu,

(A₁) Az yutucu,

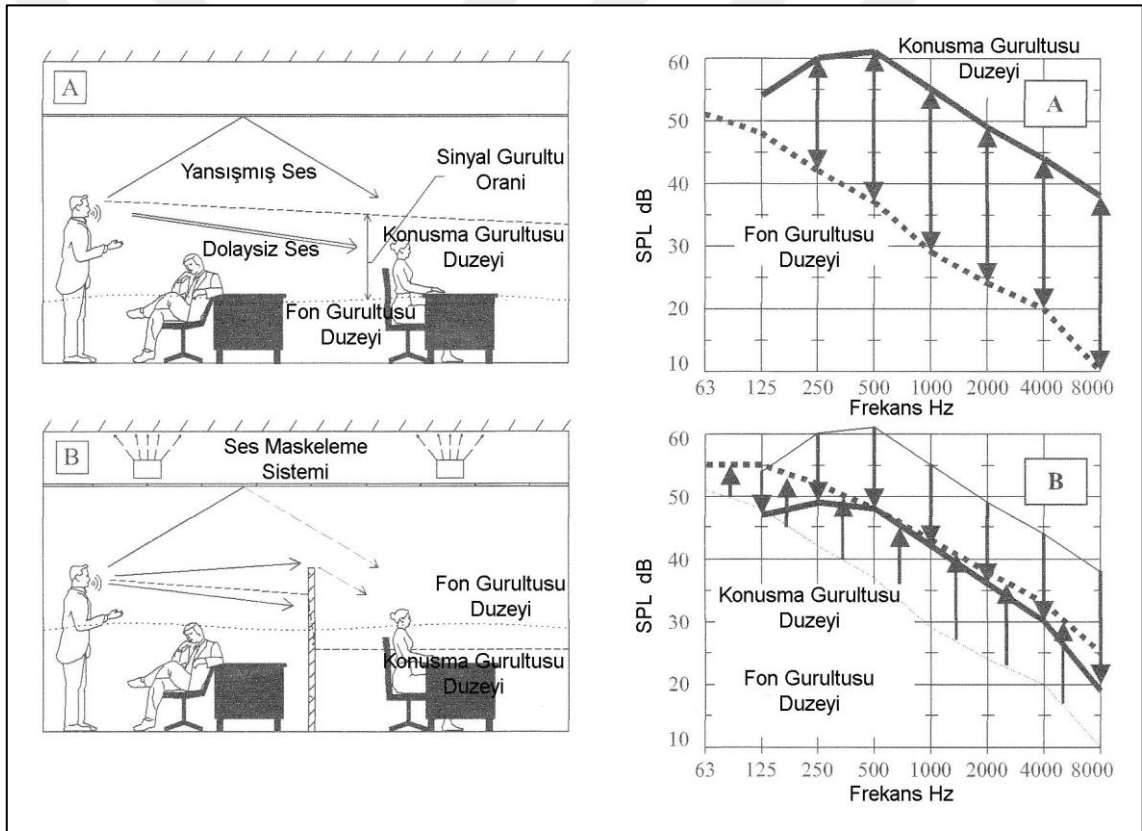
Olmak üzere birbirinden farklı toplam yutuculuklar arasındaki orandan yararlanılarak belirlenir. Örneğin toplam yüzey yutuculuğunun yarıya inmesi, hacimdeki yansımış ses düzeyinde 3 dB'lik bir artmaya neden olmaktadır. Toplam yüzey yutuculuğunun 4 kat azalması ise ses düzeyinin 6 dB artması anlamına gelir [43].

Ses maskeleme sistemleri

Ses maskeleme, gürültüyü ve konuşmaya özgü rahatsızlıkları maskeleyen; sabit, geniş bantlı, düşük ses düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemler genellikle, ses sinyali üreten, sinyali şekillendiren veya eşitleyen ve sinyali kuvvetlendiren elektronik aletlerle sağlanmaktadır. Yansıma ya da alıcıya ulaşan ses düzeyi maskeleme gürültüsünün yapay olarak yükseltileceği düzeyin belirlenmesinde rol oynar. Bu sayede fon gürültüsü dolaylarında değişim gösteren konuşma seslerini alıcının ayırt etmesi zorlaşır. Bu sayede çalışanların dikkat dağınıklığı en aza indirgenir ve gürültü kaynak sesleri duyulsa dahi, anlaşılmaz. 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. Ses maskeleme sisteminde kullanılacak gürültünün spektrumu belirlendikten sonra düzeyi tespit edilmelidir.

Açık planlı bir büroda gürültü denetimini sağlamak için hacimde akustik açıdan engel, ses maskeleme 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 maskeleme sisteminin kullanımıyla da hacimdeki fon gürültüsü düzeyi yükseltilerek, gereken gizliliğin sağlandığı görülmüştür [89]



Şekil 2.26 Ses maskeleme sistemi ve gürültü düzeyine etkisi [89]

Lp, A,B, Arka plan gürültü düzeyi (dBA): Ses maskeleme sisteminde kullanılan yükseltilmiş fon gürültüsü düzeyinin, büro hacmi için gereken kabul edilebilir

gürültü düzeyi değerlerini kesinlikle aşmaması ve mekân içinde olabildiğince az değişim göstermesi gerekmektedir [90]. 38-48 dBA [87].

STI, Konuşmanın iletim indeksi: Yapılan araştırmalar sonucunda yüksek anlaşılabilirlik düzeyinin, konuşma şartlarında ve uzun süreli hafıza işlevlerinde negatif etki ettiği gözlenmiştir. Bu açıdan bakıldığında çağrı merkezlerinde anlaşılabilirlik düzeyinin düşük olması istenmektedir [5]. STI değerinin en yakın çalışma biriminde $< 0,50$ olmalıdır [33].

T30, Yansıma Süresi, sn: Açık planlı büro türlerinden çağrı merkezlerinde, yansıma süresinin 0,1 ile 0,4 saniye aralığında olması önerilmektedir [91].

2.7 Açık Planlı Bürolarda Kabul Edilebilir Değerler ve Yasal Düzenlemeler

Yaklaşık olarak 20 yıldır, bu konuda ciddi çalışmaların yürütüldüğü uluslararası alanda, kabul edilemez düzeylerin neler olduğu ve belli özgün durumlarda izin verilebilecek maksimum düzeyler konusunda görüşler oluşmuştur. Uluslararası alanda iki önemli kurum, WHO (Dünya Sağlık Örgütü) ve OECD (Ekonomik Uyum ve Gelişme Örgütü), birlikte veri toplamış ve çevresel gürültüde kalma etkileri üzerinde değerlendirmeler yapmıştır. Her iki kurumda sakin bölgelerde dış gürültünün 55 dBA altında olması, ortalama etkilemesinin ise 65 dBA' yı geçmemesi biçiminde öneriler getirmiştir [92].

Binaların gürültüye karşı korunması hakkında yönetmelik: Bu Yönetmelik; 9.8.1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununun 14 üncü maddesi, 29.06.2011 tarihli ve 644 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin 2'nci ve 8'inci maddeleri ile 3.05.1985 tarihli ve 3194 sayılı İmar Kanununun 38'inci ve 40'ıncı maddelerine dayanılarak hazırlanmıştır. Yönetmelik her türlü yapı, bina, tesis ve işletmenin işletimi ve kullanımı safhalarında insanların maruz kalacağı, binaların dışından veya içinden kaynaklanan gürültülerin, kişilerin beden ve ruh sağlığına olumsuz etkilerini en aza

indirecek iyi işitme ve algılama koşullarının sağlanması için, tasarım, yapım, kullanım, bakım ve işletim bakımından uyulacak kuralların belirlenmesini amaçlar.

Tablo 2.1 Akustik performans sınıfına bağlı izin verilen mekân içi en yüksek gürültü düzeyleri, dB [93]

BİNA İŞLEVİ	MEKÂN	ZAMAN DİLİMİ Gece: 23.00 – 07.00 Akşam: 19.00 – 23.00 Gündüz: 07.00-19.00	İç gürültü düzeyi, LAeq					
			AKUSTİK PERFORMANS SINIFI					
			A	B	C	D	E	F
Bürolar ve idari Binalar	Açık Planlı Alanlar	Gündüz-Akşam	36	40	44	48	52	56
	Toplantı Odaları	Gündüz-Akşam	31	35	39	43	47	51
	Telekonferans Odaları	Gündüz-Akşam	26	30	34	38	42	46
	Dinlenme Alanları	Gündüz-Akşam	36	40	44	48	52	56
	Sirkülasyon Alanları	Gündüz-Akşam	41	45	49	53	57	61
	Mahkeme Salonları	Gündüz	31	35	39	43	47	51

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

Açık planlı bürolar, sergi alanları, servis alanları gibi hacimlerde kullanılan akustik engeller, yer değiştirebilen portatif akustik engellerdir.

Yapı içi çevredeki akustik koşulların kabul edilebilir değerlerinin belirlenmesi, iç mekân gürültü sınır değerlerine ve iç akustik koşullara bağlıdır bazı durumlarda ise istenen iç koşulları sağlamak üzere en düşük ses yalıtım değerleri de verilmiş olabilir.

İç mekân gürültü limit değerleri; A ağırlıklı toplam düzeyler (Eş değer gürültü düzeyi veya en yüksek gürültü düzeyi) ve spektral düzeyler olarak tanımlanmışlardır.

A ağırlıklı ölçüt düzeyler: Bina içindeki mekânlar için verilen ölçüt değerler;

- Gürültü kaynağının türü
- Çevrenin kent içi ya da kent dışında bir alan olması
- Çevre ve binanın kullanım amacı
- Kullanıcının bulunduğu mekân ya da yaptığı iş
- Pencerelerin açık ya da kapalı olması durumu
- Uygulanacak zaman süreleri veya gün saatlerine göre değişir.

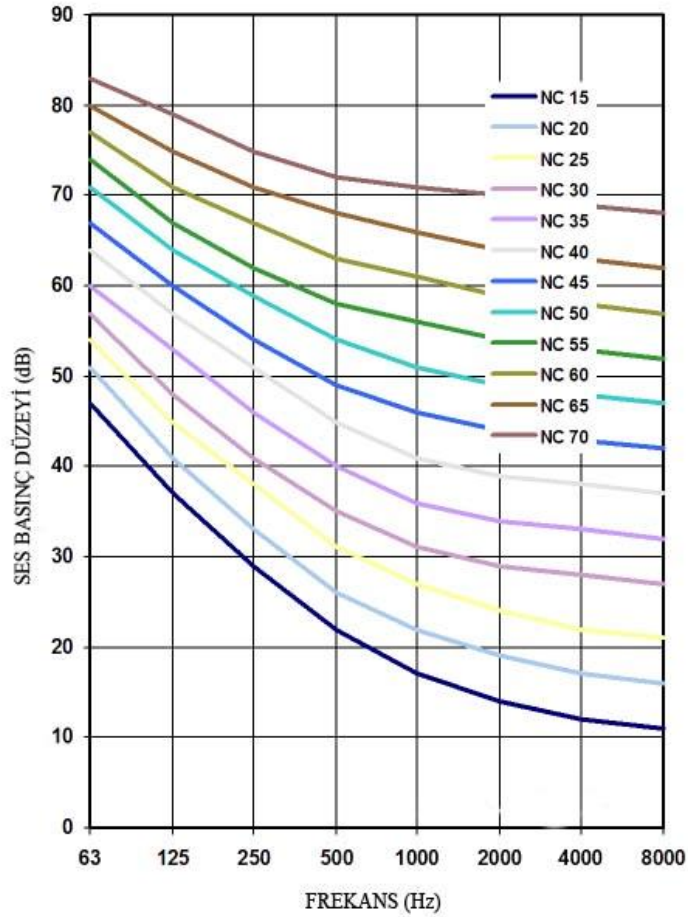
Gürültünün niteliğine göre farklı sınır değerlerinin ortaya konulması ile birlikte LAeq göstergesinin her türlü gürültü için kabul edilmektedir[94].

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde açık planlı binalar için gürültü limitleri verilmiştir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 Ç.G.D.Y.Y. yapı içinde ticari yapılar için önerilen gürültü sınır değerleri

Kullanım Alanı		Kullanım alanlarında herhangi bir faaliyet olmadığı durumlardaki değerler	
Ticari Yapılar		Kapalı Pencere LAeq (dBA)	Açık Pencere LAeq (dBA)
	Büyük Büro	45	55
	Toplantı salonları	35	45
	Büyük daktilo ya da bilgisayar odaları	50	60
	Oyun odaları	60	70
	Özel Büro(Uygulamalı)	45	55
	Genel Büro	50	60
	İş merkezleri	60	70

Gürültünün spektral özelliği insanların olumsuz etkilenmesinde önemli rol oynamaktadır. Alçak frekansların kulak tarafından algılanması, orta ve yüksek frekanslara göre daha güç olmakla birlikte yüksek düzeyli alçak frekanslı gürültüler diğerlerine göre insanları çok daha fazla rahatsız ederler. Bu nedenle iç mekânlar için kabul edilebilir gürültü düzeyleri frekans bantlarına bağlı olarak hazırlanmış veya tablolar ile ortaya konulmuşlardır. Bilimsel araştırmalarla ortaya konulan gürültü kriterleri (NC) (Şekil 2.27), Değerlendirme kriteri (RC) (Şekil 2.28), Gürültü Azaltımı (NR) (Şekil 2.29), Dengelenmiş Gürültü kriteri (NCB)(Şekil 2.30) gibi ölçütlerin bir bölümü ulusal ve uluslararası standartlarda yer almışlardır.



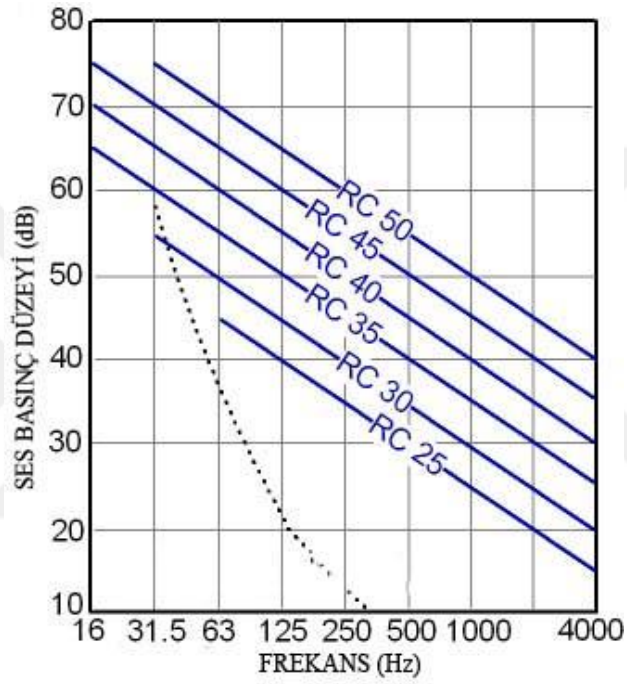
Şekil 2.27 NC eğrileri [95]

Açık planlı bürolar için önerilen NC değerleri Tablo 2.3'te gösterildiği gibidir.

Tablo 2.3 Büro yapıları için önerilen NC değerleri [95]

Hacimler	NC Eğrisi	Eşdeğer Gürültü Düzeyi(dBA)
Açık Planlı Bürolar	35-40	45-50
Büro Araçları bilgisayarlar	40-45	50-55

RC(Room Criteria) eğrileri Mekanik sistem tasarımcıları tarafından daha fazla tercih edilmektedir.

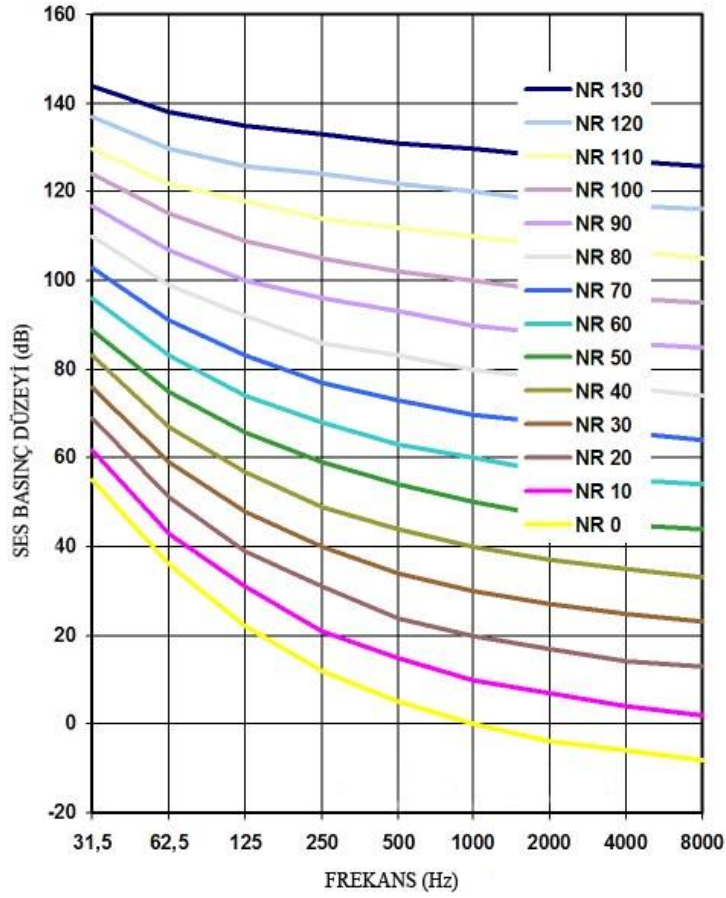


Şekil 2.28 RC eğrileri [95]

Tablo 2.4 Büro yapıları için önerilen RC değerleri [95]

Hacimler	NC Eğrisi	Eşdeğer Gürültü Düzeyi(dBA)
Açık Planlı Bürolar	35-40	45-50
Ofis Araçları Bilgisayarlar	40-45	50-55

NR eğrileri grafiği Şekil 2.29'da, büro yapıları için önerilen NR eğrileri ve bu eğrilere karşılık gelen eşdeğer ses basınç düzeyleri ise Tablo 2.5'te görülmektedir.



Şekil 2.29 NR eğrileri [95]

Tablo 2.5 Büro yapıları için önerilen NR değerleri [95]

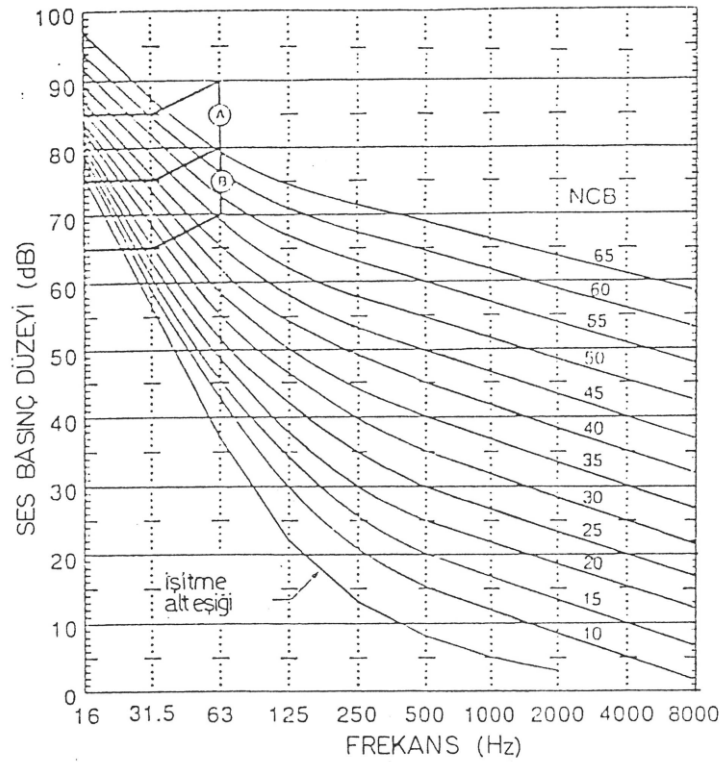
Hacimler	NR Eğrisi	Eşdeğer Gürültü Düzeyi(dBA)
Bürolar	40	45-55
Büro Araçları Bilgisayarlar	50	55-60

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 2.30, Tablo 2.6) [32].

NCB eğrileri;

- Karşılıklı konuşmanın hoşnut edici olması istenildiği yerlerde kullanılır.
- Vokal müziğin ya da yaylı çalgı tonlarının tam olarak algılanması istenildiği durumlarda kullanılır.
- Aralıksız sürekli gürültüler için kullanılır.
- Saf tonları birkaç adetten fazla olmayan sürekli dengeli spektruma sahip gürültüler için kullanılır. Örneğin ısıtma havalandırma sesleri, insan aktiviteleri gibi [78].



Şekil 2.30 NCB eğrileri [89]

Tablo 2.6 Büro yapıları için önerilen NCB değerleri [95]

Hacimler	NCB Eğrisi	Eşdeğer Gürültü Düzeyi(dBA)
Özel Bürolar	30-40	38-48
Genel Büro İş Makinaları ve Bilgisayarlar	40-45	48-58

Bu veriler doğrultusunda çalışma kapsamında incelenecek olan açık planlı büro türlerinden olan çağrı merkezi ve tasarlanacak olan kurgu hacimler için çok sayıda kullanıcının bir arada ve bilgisayar ekipmanlarıyla çalıştığı düşünülerek hacim içerisindeki sınır gürültü düzeyi, yönetmeliğin belirlediği değerden biraz daha yüksek, 53 LAeq olarak alınması uygun görülmüştür. Modelleme yoluyla elde edilen verilerin frekansa bağlı değerlendirmeleri için ise NCB 45 değerleri sınır düzeyler olarak alınmıştır.

Tablo 2.7 NCB 45 eğrisinin frekansa göre değerleri [95]

Frekans(Hz)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
NCB45	58	54	50	47	43	40

AÇIK PLANLI BÜROLARDA GÜRÜLTÜNÜN TASARIM ÖLÇÜTÜ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİNİN ÖNEMİNİN BİR BÜRO YAPISI İLE ÖRNEKLENMESİ

3.1 İzlenecek Yaklaşımın Belirlenmesi

Açık planlı bürolar, çok sayıda çalışanın bir arada olduğu ve gürültünün olumsuz yönde etkilediği mekânlardandır. Özellikle gürültü açısından arzu edilen konfor sağlandığında bir açık planlı bürodaki çalışma ortamında oldukça yüksek verimin sağlanması mümkündür. Bu gereksinim ile ilgili koşulların tasarım sürecinde göz önüne alınması, kullanıcılara akustik konfor koşulları açısından uygun bir ortam sağlanabilmesi için önemlidir. Bu çalışma kapsamında açık planlı bürolarda gürültü düzeyinin, kabul edilebilir sınır gürültü düzeyini aşmaması amacıyla planlama aşamasında alınacak kararları doğrudan etkileyecek olan etkenlerin belirlenmesi için izlenecek yöntem aşağıdaki gibidir. Çalışmada örnek olarak açık planlı büro türlerinden günümüzde kullanımı oldukça yaygınlaşan bir çağrı merkezi örneği ele alınmıştır.

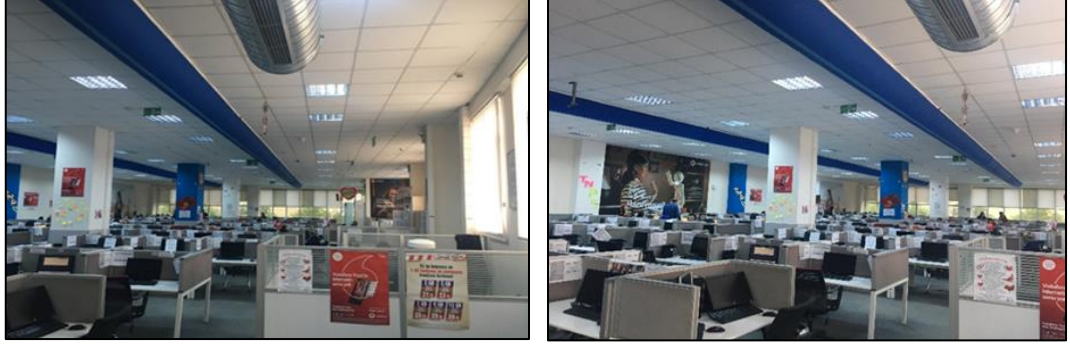
Çalışmada izlenen metot gösterildiği gibidir:

1. Analizi yapılacak olan çağrı merkezinin özelliklerinin belirlenmesi
2. Anket çalışması ile gürültü probleminin belirlenmesi
3. Yerinde gürültü ölçümleri yapılarak hacmin gürültü düzeyinin belirlenmesi
4. Çağrı merkezinin mevcut durumunun gürültü düzeyinin simülasyon programı aracılığıyla belirlenmesi ve gürültü haritasının çıkarılması
5. Simülasyon sonuçlarının yerinde gürültü düzey ölçümleriyle kıyaslanması ve benzetim programının doğruluğunun tespiti
6. Tasarım modeli oluşturmak için, yerleşim önerileri, toplam yutuculuk ve engel etkinliğinin değerlendirilmesi
7. Çağrı merkezinde en uygun yerleşim modelinin belirlenmesi.

3.1.1 Örnek Çağrı Merkezinin Mimari Özellikleri

Açık planlı büro yapılarından çağrı merkezlerinde yaşanan akustik sorunları incelemek ve getirilebilecek önlemleri belirleyerek, uygun tasarım modeli hazırlamak amacıyla, Türkiye’de yer alan, yaklaşık 600 çalışanın bulunduğu çağrı merkezine ait bir açık planlı büro incelemeye alınmıştır. Çağrı merkezi iş istihdamı açısından, şehir için önemli bir çalışma alanıdır. Yapı çevresel gürültü açısından yoğunluğu az bir karayolu trafiğine maruz kalmaktadır. Çağrı merkezi bodrum+zemin+3 kattan oluşmaktadır. Her kat farklı sayıda çalışanın bulunduğu açık planlı büro olarak kullanılmaktadır. Yapının, 2. katında yer alan 220 kişilik çalışma alanı bulunan çağrı merkezi, inceleme ve değerlendirmeler için seçilmiştir. Şekil 3.1’de hacme ilişkin görseller, Şekil 3. 2’de ise hacmin bilgisayarda hazırlanan üç boyutlu modeli yer almaktadır. Hacmin genel özellikleri aşağıda görüldüğü gibidir.

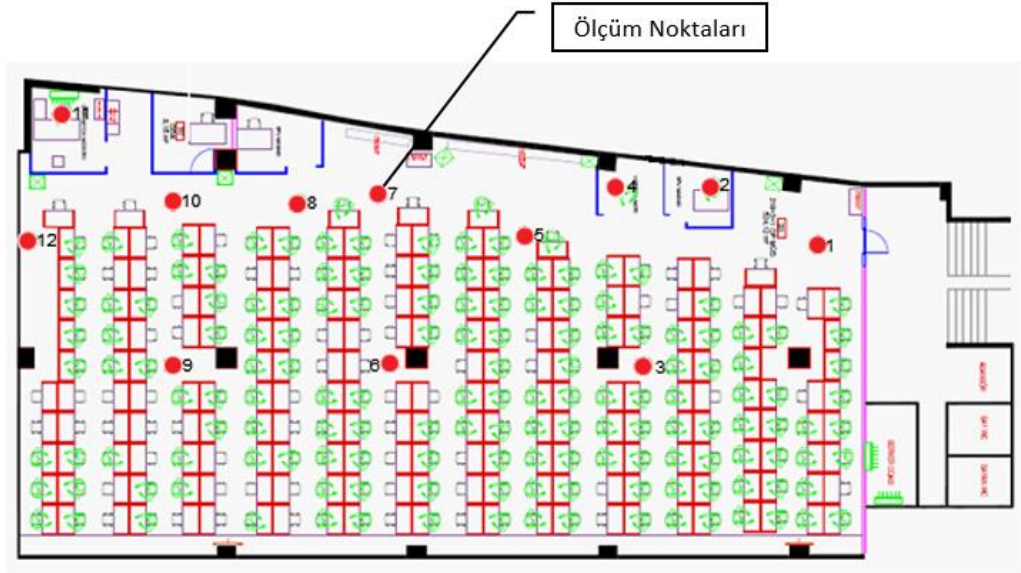
- Yapı kabuğu, çift cam ve gaz betondan oluşmaktadır. Cam yüzeyler, perde, jaluzi benzeri öğeler kullanılmadığı için, hacim için yansıtıcı yüzey durumundadır. Duvarlarda uygulanan su bazlı boya da, sesi büyük oranda yansıtmaktadır.
- Döşemelerde ses yutuculuğu oldukça yüksek olan halı kullanılmıştır.
- Asma tavan taş yünü levhalardan oluşmaktadır. Tavandan geçen havalandırma kanalları kumaş malzeme ile kaplanmıştır (Şekil 3. 1).
- Çalışanlar arasında 50 cm yüksekliğinde, kumaş kaplı bölücü elemanlar bulunmaktadır.
- Çalışma saatleri sabah 09.00- akşam 19.00 olan hacimde 156 kişi çalışmaktadır.
- Çağrı merkezinde etken gürültü kaynakları; konuşma, telefon sinyal sesi ve büro araç gereçlerinin sesleridir. Yapı dışında ise önemli bir gürültü kaynağı bulunmamaktadır.



Şekil 3.1 Çağrı merkezinden görüntüler



Şekil 3.2 Çağrı merkezi mevcut durum üç boyutlu modelleme



Şekil 3.3 Çağrı merkezi büro kat planı ölçüm yapılan noktalar

3.1.2 Çağrı Merkezinde Anket Çalışması

Yapılan araştırmalara göre açık planlı bir büroda, çalışma mekânından kaynaklı işten ayrılma nedenlerinin çoğunu gürültü oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında çağrı merkezi çalışanlarının öznel değerlendirmelerini belirleyebilmek amacı ile anket çalışması yapılmıştır. Anket soruları yüz kişiye yöneltilmiş ve 88 çalışandan geri bildirim alınabilmıştır. Bu çalışma ile çağrı merkezinde bulunan çalışanların cinsiyet dağılımı, yaş ortalaması, eğitim durumu, yaşanan akustik ve fiziksel konfor şartları ve bu şartların çalışanlar üzerindeki fiziksel ve psikolojik etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Anket sonuçları, Tablo 3.1’de yer almaktadır.



Tablo 3.1 Anket sonuçları

Katılımcıların Cinsiyeti	Kadın %59 Erkek %41
Katılımcıların Yaş Aralığı ve Yaş Aralığına Göre Gürültüden Etkilenme Oranları	18-25 yaş %28 - 80% gürültülü 16% kısmen gürültülü 25-30 yaş %43 - 76%gürültülü 24% kısmen gürültülü 30-35 yaş %19 - 50% gürültülü 45% kısmen gürültülü 35-40 yaş %7 - 42% gürültülü 36% kısmen gürültülü
Akustik ve Fiziki Konfor Koşulları Rahatsızlık Profili	47% kötü ya da çok kötü 40% orta 13% iyi
Rahatsız Olunan Gürültü Etkenleri	94% konuşma sesleri 33% donanım sesleri 32% tesisat sesleri 30% ayak sesleri
Oluşan Fiziksel Sağlık Problemleri	85% baş ağrısı 29% işitme bozukluğu 28% uyku problemi
Oluşan Psikolojik Sağlık Problemleri	66% stres 48% sinirlilik 45% algılamada güçlük
Konuşma Gizliliği Durum Değerlendirme	%43 konuşma gizliliği yoktur %27 konuşma gizliliği kısmen vardır %29,5 konuşma gizliliği vardır
Arka Plan Seslerinin İş Performansı Üzerinde Etkisi	50% olumsuz etkiliyor 32% kısmen olumsuz etkiliyor 13% olumsuz etkilemiyor

Anket çalışması sonucu elde edilen çıktılar detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve çeşitli çıkarımlarda bulunulmuştur. Yapılan anket çalışması ek olarak verilmiştir (Ek1). Anket çalışması, açık planlı büro yapılarında gürültünün çalışanların çalışma verimliliğini düşüren ve sağlığını bozan en önemli etkenlerden biri olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle konuşma sesleri, hacim içerisinde akustik konforsuzluğa neden olan en önemli etkidir. Çalışma sonucunda yaş ortalamasının artmasıyla gürültü etkeninden rahatsız olma düzeyinin yüzdesel olarak azaldığı görülmüştür. Bu durumdan, işitsel konforsuzluğa alışma ya da işitme problemlerinin ortaya çıktığı sonucuna varılabilir.

Gerçekleştirilen anket çalışması gürültünün çalışanlar üzerindeki rahatsızlık derecesini ve hacmin akustik konfor şartlarının çalışanlar üzerindeki etkilerinin öznel değerlendirmesine ulaşmamızı sağlamıştır. Tüm anket sonuçları göz önünde bulundurulduğunda çalışma kapsamında, değerlendirilen hacmin akustik açıdan iyileştirilmesi gerekliliği görülmektedir.

3.1.3 Çağrı Merkezi Gürültü Düzeyi Ölçmeleri

Çağrı merkezinin işitsel konfor durumunu belirlemek amacıyla gürültü düzeyi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçmeler, Sound level meters Nor 131ölçüm cihazı kullanılarak, Şekil 3.3'te belirtilen 12 noktada gerçekleştirilmiştir. TS ISO 1996-2'ye [97] uygun olarak gerçekleştirilen ölçmeler, etkin gürültü kaynağının ve alıcıların oturan kişiler olması nedeni ile zeminden 1.10 m yükseklikte gerçekleştirilmiştir. Ölçmeler, 5 Mart 2019 tarihinde 15.00-17.30 saatleri arasında ve her bir noktada 10'ar dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Eşdeğer sürekli gürültü düzey değerlerinin (L_{Aeq}) yanı sıra, farklı oktav aralıklarında frekans analizi de yapılmıştır.

Açık planlı bürolarda kabul edilebilir düzeyler ve ölçüm sonuçları Tablo 3.2'de yer almaktadır. Türkiye'de yürürlükte olan "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmelik" , açık planlı bürolar için kabul edilebilir gürültü düzeyini, büro yeni yapılacak (C sınıfı) ise, **44 L_{Aeq}** , mevcut (D sınıfı) ise **48 L_{Aeq}** olarak vermektedir [98]. Kabul edilebilir gürültü düzeyinin frekanslara göre

değerlendirilmesine olanak tanıyan NCB (Balanced Noise Criteria) ölçütlerinin, genel bürolar için kabul edilebilir değeri NCB45 olarak verilmektedir [90]

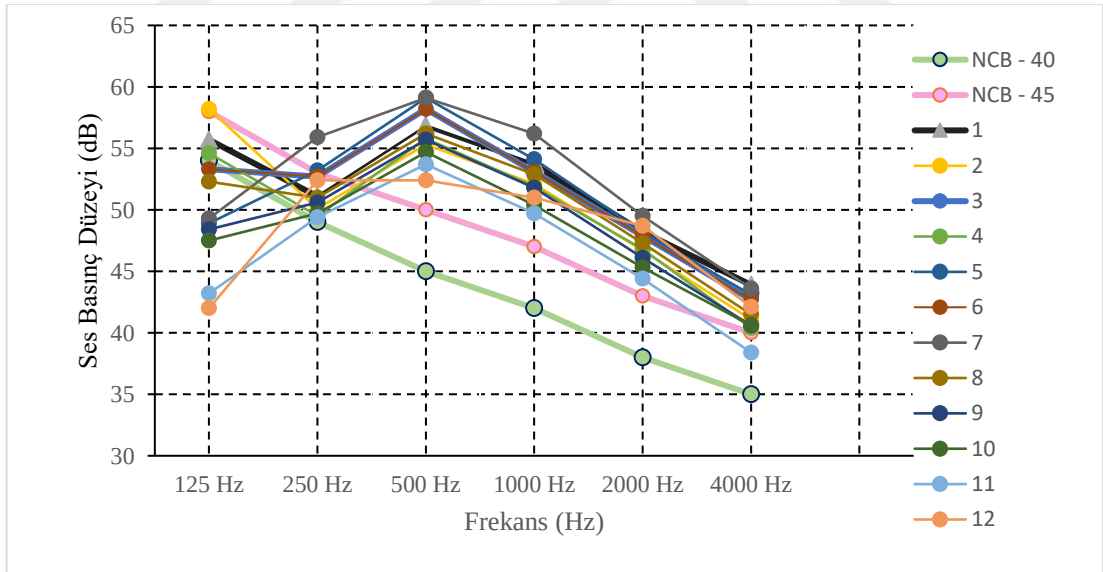
Tablo 3.2 Ölçüm noktaları gürültü düzeyleri ve bürolarda kabul edilebilir gürültü düzeyleri

Ölçüm noktaları	LAeq	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1	63	55.7	51.1	56.8	53.7	48.2	43.9
2	61.6	58.2	50.1	55.3	52.1	46.7	41.1
3	63.3	53.3	52.7	58.2	53.1	47.9	42.7
4	61.7	54.6	49.5	55.8	51.9	46.8	40.4
5	64.2	48.9	53.2	59.1	54.1	48.2	43.1
6	62.0	51.0	51.0	56.2	52.3	46.6	40.8
7	64.9	49.3	55.9	59.1	56.2	49.5	43.6
8	62.3	52.3	51.0	56.2	52.9	47.3	41.5
9	61.3	48.4	50.6	55.7	51.8	46.1	40.6
10	60.4	47.5	49.7	54.7	50.4	45.3	40.6
11	59.4	43.2	49.4	53.7	49.7	44.4	38.4
12	60.5	42.0	52.4	52.4	51.0	48.7	42.1
Ortalama	62	56	51	56	52	47	42
Kabul edil. Gür. Düz. (NCB 45)	48	58	53	50	47	43	40

Tablo 3.2’de yer alan ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde hacim içerisindeki ses düzeyinin toplam düzey ve frekans fonksiyonunda, açık planlı bürolar için kabul edilebilir gürültü düzeyinin üzerinde olduğu görülmektedir. Sadece 125 Hz ve 250 Hz frekanslarında kabul edilebilir değerin altında değerlere ulaşılmıştır. Bunun temel nedeni, hacmin oldukça büyük olmasına karşın, ses yutucu gereçlerin yeteri kadar kullanılmaması ve hacimde çok sayıda kaynak durumunda olan konuşmacının

bulunmasıdır. İç yüzey gereçlerinden belli oranda ses yutucu özellikli olarak, döşemede halı, tavanda taş yünü asma tavan ve ara bölme elemanı olarak kumaş kaplı engel panelleri kullanılmıştır. Fakat oldukça geniş yüzeyler oluşturan pencere camları, aydınlatma amaçlı kullanılan armatürler ve duvarlarda kullanılan sıva ses yutuculuğu açısından zayıftır. Gürültü düzeyinin bu denli yüksek olmasının bir başka nedeni, 570 m² olan alanda, 156 kişinin çalışmasıdır. Bu durumda kişi başına 3,6 m² alan düşmektedir. Oysa açık planlı bürolarda sirkülasyonu uygun olan bir çalışma alanı için genel olarak bir personele 6 m² – 9 m² arasında değişen boyutlarda alanlar tahsis edilmelidir [23].

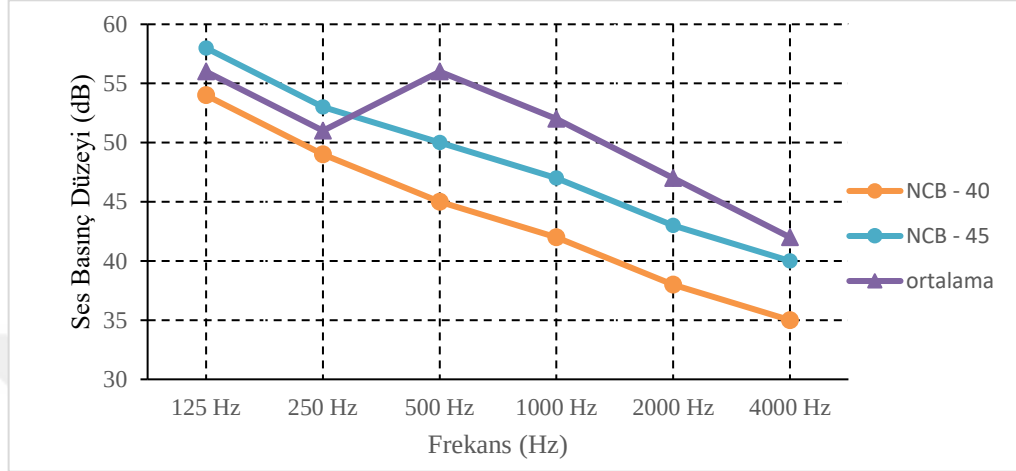
Hacim içerisinde çok fazla çalışanın bulunması gürültü düzeyinin kabul edilebilir değer aralıklarının üzerinde çıkmasındaki en önemli etkenlerden biridir. Hacimde olması gereken çalışan sayısı yaklaşık 80 kişidir Şekil 3.4’te ise, hacimdeki ortalama gürültü düzeyi (değişik noktalarda ölçülen düzeylerin ortalaması) kabul edilebilir eğrilerle birlikte değerler karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.4 Farklı noktalarda, frekanslara göre ölçülen gürültü düzeylerinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması

Şekil 3.4’te, 12 ölçüm noktasından elde edilen sonuçların birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Düşük frekanslarda (125 Hz, 250 Hz) alıcılarda ölçülen değerler kabul

edilebilir değerlerin altında, fakat diğer frekans aralığında kabul edilebilir değerlerin üzerinde değerler elde edilmiştir. 500 Hz ve 1000 Hz frekanslarında en fazla sapmanın elde edildiği frekanslardır. Bu durum hacim içerisinde en fazla konuşma seslerinin gürültü etkeni olduğunu göstermektedir.



şekil 3.5 Hacmin ortalama gürültü düzeyinin NCB 40-45 eğrileri ile karşılaştırılması

şekil 3.5'te tüm noktalarda ölçülen değerlerin ortalaması verilmiştir. NCB 40 ve NCB 45 eğrileri ile ortalama değer, kıyaslandığında 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslarında ses basınç düzeyi kabul edilebilir değerlerin üzerindedir. Hacim içerisinde bulunan 156 çalışan sayısı ve her birinin sürekli ağrı alması çalışanların hem kaynak hem alıcı nitelikte değerlendirilmesi sonucunu doğurmuştur. Yapılan anket çalışması ve gürültü düzey ölçümleri sonucunda inceleme yapılan açık planlı büroda gürültünün çalışma verimliliğini düşüren, psikolojik ve fizyolojik sağlık problemine yol açan bir etken olduğu ortaya çıkmıştır.

3.1.4 ağrı Merkezi Mevcut Durumunun Bilgisayar Programında Değerlendirilmesi

ağrı merkezindeki gürültü problemini daha ayrıntılı ortaya koymak ve alınabilecek önlemleri belirlemek üzere SoundPLAN 8.1 simülasyon programı kullanılarak

hacmin gürültü haritası hazırlanmıştır. Gürültü haritası hazırlanırken aşağıdaki adımlar izlenmiştir;

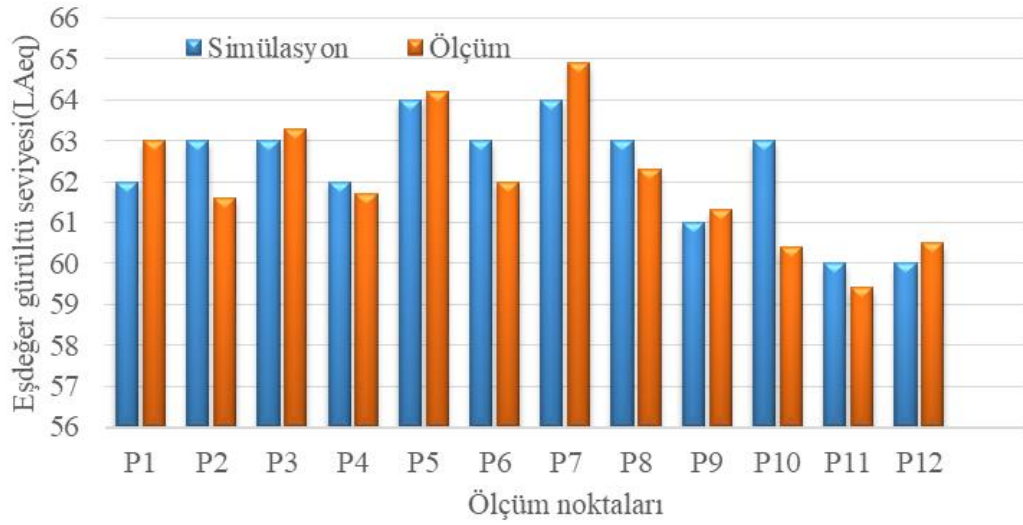
- Hacim mobilyaları, iç yüzey gereçleri ve kişilerin ses yutma çarpanları programın kitaplığından seçilerek, tanımlanmıştır. İlgili yutma çarpanları Tablo 3.3'te yer almaktadır.
- Hacimde gürültü kaynağı durumunda olan, çalışan kişiler için ses gücü düzeyi, programın kitaplığından seçilerek, 64 dBA olarak tanımlanmıştır.
- Belli zaman aralığı için LAeq hesabı yapıldığı için, büronun çalışma saatleri olarak, 09.00 -19.00 saat aralığı programa tanımlanmıştır.
- TS ISO 1996-2'ye göre yapılan ölçüm kriterleri, gürültü haritası oluşturulurken de göz önünde bulundurulmuştur.
- Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliğine göre hesaplamalarda ızgara alanı 10 m, yerden yükseklik 1.1 m olarak alınmıştır. Harita, 2 dBA aralıklarla renklendirilmiştir.
- Çağrı merkezleri için önerilen yansıma süresi değerleri ile karşılaştırma yapmak üzere, hacmin yansıma süresi hesabı da gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.3 Açık planlı büro içerisinde kullanılan malzemeler

GEREÇLER		Ses yutma çarpanı (a)					
		125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
Döşeme	Halı kaplama	0.050	0.1	0.150	0.3	0.5	0.550
Tavan	Taş yünü asma tavan	0.53	0.95	0.97	0.97	0.97	0.98
Duvar	Beton üzeri pürüzsüz sıva	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04
Duvar kaplama	Ahşap panel	0.08	0.08	0.09	0.09	0.1	0.12
Pencere	Lamine cam	0.28	0.20	0.110	0.060	0.030	0.020
Engel	Kumaş kaplı panel	0.1	0.3	0.35	0.45	0.5	0.4

3.1.5 Simülasyonun Doğrulanması

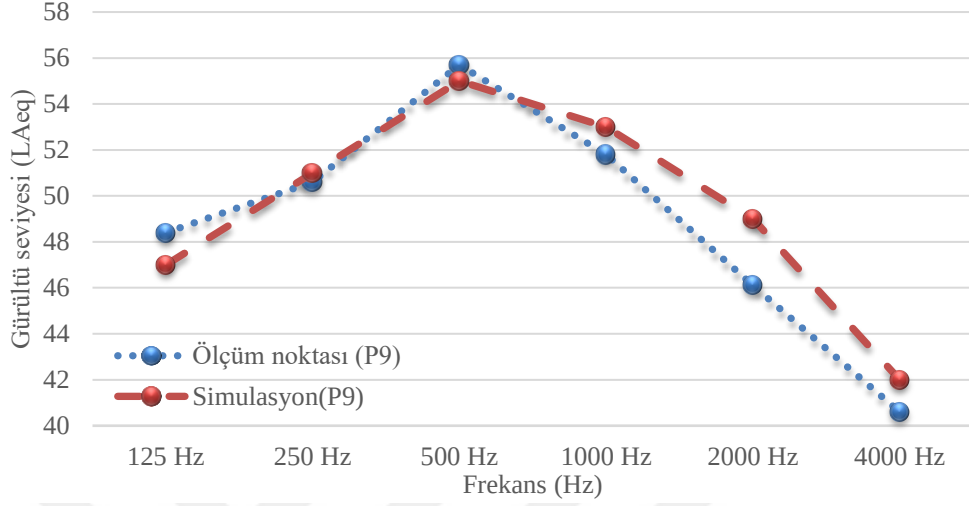
Gürültü düzeyi ölçüm sonuçları ile simülasyon sonuçlarının daha ayrıntılı karşılaştırmasını yapabilmek amacı ile gürültü düzeyi ölçümlerinin gerçekleştirildiği 12 alıcı noktası için, SoundPLAN 8.1 programında, tek nokta gürültü düzeyi hesapları da yapılmıştır. Ölçüm ve simülasyondan elde edilen sonuçlar Şekil 12’ de yer almaktadır.



Şekil 3.7 Ölçüm ve simülasyon çalışmalarından elde edilen ses düzey değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 3.7’de P(1-12) ölçüm noktalarını göstermektedir. Deneysel ölçümler ile simülasyon programından elde edilen değerler birbirine çok yakındır. Örneğin P3 noktasında ölçülen değer 63.3 dBA iken simülasyonda bu değer 63 dBA’dır. Sadece P10 noktasında deneysel ve simülasyon çalışmasından elde edilen değerler arasında 3 dBA’lık fark vardır. Bunun nedeni, ses düzey ölçümü gerçekleştirilirken ölçüm cihazının bulunduğu bazı noktalarda, sirkülasyon yoğunluğunun sürekli olarak devam etmesidir. Ayrıca hangi frekans aralığında gürültü düzeyinin yüksek olduğunu tespit etmek için, 125 Hz ve 4000 Hz arasında oktav aralıklarla frekans analizi yapılmıştır. Sirkülasyon alanının yoğun olmadığı P9 noktası referans

alınarak, frekans analizi yapılmıştır. Ölçme ve simülasyondan elde edilen sonuçlar (P9 için) Şekil 3.8 ' de karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.8 Ölçüm ve simülasyon çalışmalarından elde edilen değerlerin karşılaştırılması

Şekil 3.8'de gösterildiği gibi ses düzey ölçümü ve simülasyon programında elde edilen değerler birbirine çok yakındır. Bu veriler simülasyon çalışmasının doğruluğunu göstermektedir.

Hacim özellikleri belirlenen çağrı merkezinde, anket çalışmaları, gürültü düzey ölçümleri ve simülasyon programı aracılığıyla akustik konfor durumunun istenilen nitelikte olmadığı ortaya çıkmış ve gürültünün çalışanlar üzerinde psikolojik ve fizyolojik sağlık problemlerine neden olduğu, iş verimini düşürdüğü sonucuna varılmıştır. Hacim içerisinde yapılan çalışmalarda konuşma seslerinin en önemli gürültü etkeni olduğu saptanmıştır. Gürültü haritası değerlendirildiğinde, renk skalasına göre büro içerisinde gürültü düzeyinin genel olarak 60 dBA'nın üzerinde olduğu görülmüştür. Çalışan sayısının hacme oranla fazla olması, kullanılan çalışma ünitelerinin uygun tasarlanmaması ve hacimde iç yüzeylerindeki ses yansıtıcı yüzeylerin, akustik konforsuzluğa neden olan etkenler olduğu belirlenmiştir.

3.2 Çağrı Merkezinde Akustik Konforun İyileştirilmesine Yönelik Çalışmalar

Büro hacminde anket analizi ve yapılan ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi ile belirlenen olumsuz akustik ortamı iyileştirmeye yönelik çalışmalar aşağıda yer alan adımlarla ele alınmıştır;

- Personel sayısının azaltılması,
- Farklı çalışma ünite modelleri,
- Ara bölme elemanlarının etkinliğinin artırılması.
- Toplam ses yutuculuğunun artırılması,

3.2.1 Personel Sayısının Azaltılması

Çağrı merkezinin hacmi 2687 m^3 ve toplam alanı 540 m^2 'dir. Literatürde, açık planlı bürolar için kişi başına 6 m^2 ile 9 m^2 aralığında değişen bir çalışma alanı yeterliyken, 6 m^2 'nin altındaki değerlerin konforsuz hacimler olduğu kabul edilmektedir [58]. Değerlendirmeye alınan çağrı merkezinde, çalışan başına düşen alan sadece 2.5 m^2 'dir. Açık planlı bürolar için önerilen tavan yüksekliği 2.5 ile 4 m arasında değişmektedir. Hacimde tavan yüksekliği 5 m 'dir, fakat çalışan sayısının fazla olması kişi başına düşen hacmin de önerilen değerden daha düşük olmasına neden olmaktadır.

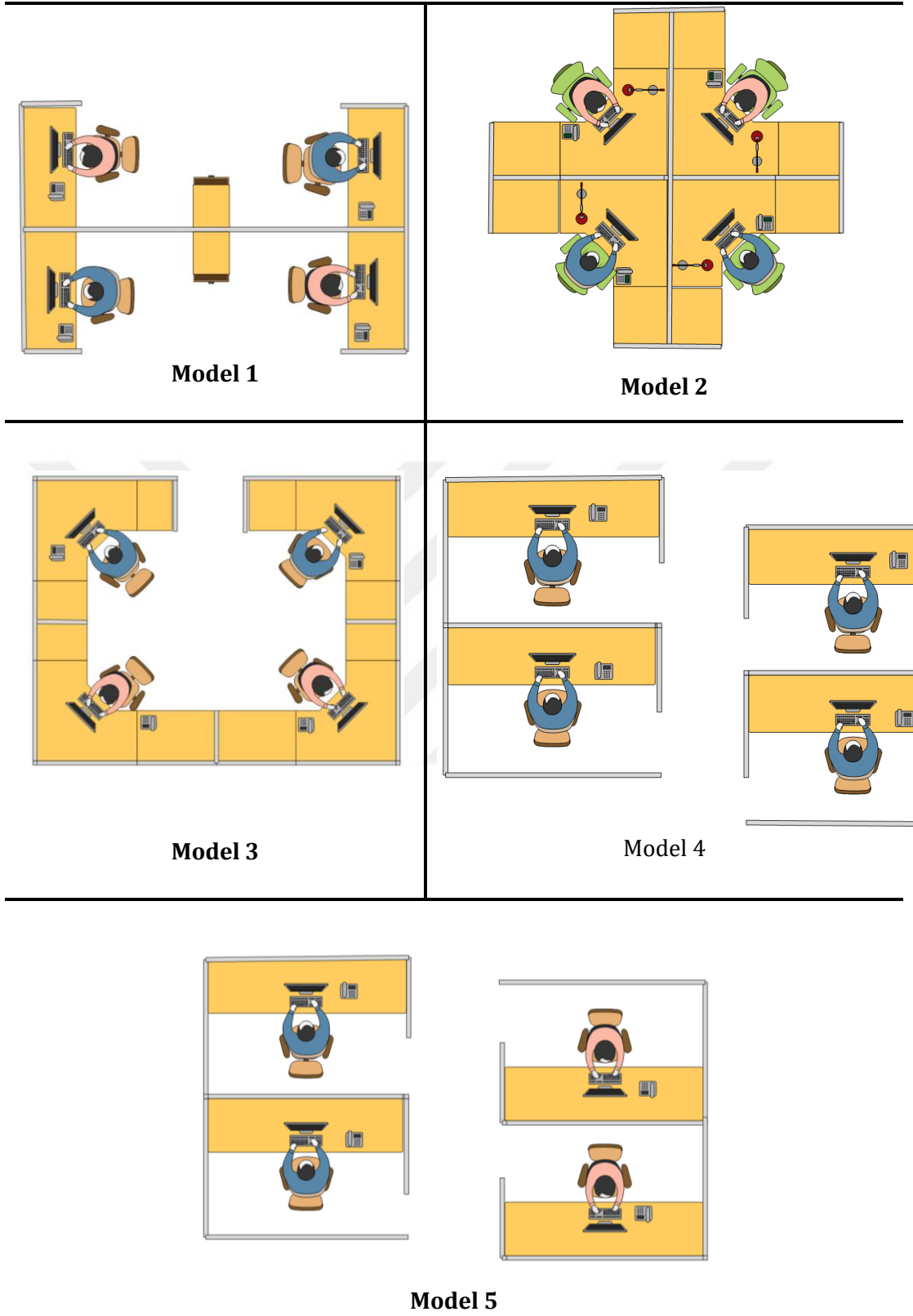
Alanda çalışan sayısındaki azalma çağrı merkezindeki akustik konforu sağlamadaki en önemli parametredir. Personel sayısındaki azalma aynı zamanda gürültü kaynaklarının da azalmasını sağlayacaktır. Bu bağlamda hacim içerisinde akustik konforu sağlamak amacıyla kişi başına düşen yeterli alanı sağlamak amacıyla, hacimdeki personel sayısı 80 kişiye düşürülmüştür. Bu durumda çağrı merkezinde çalışanlara düşen alan kişi başına 7.1 m^2 olmuştur.

3.2.2 Farklı Çalışma Ünite Model Önerileri

Çağrı merkezinde çalışan personel sayısı yarıya indirilerek oluşturulan çalışma alanında farklı çalışma üniteleri uygulanarak akustik konfor şartlarını optimum düzeye getirebilmek için en uygun çalışma alanı belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 3.9'

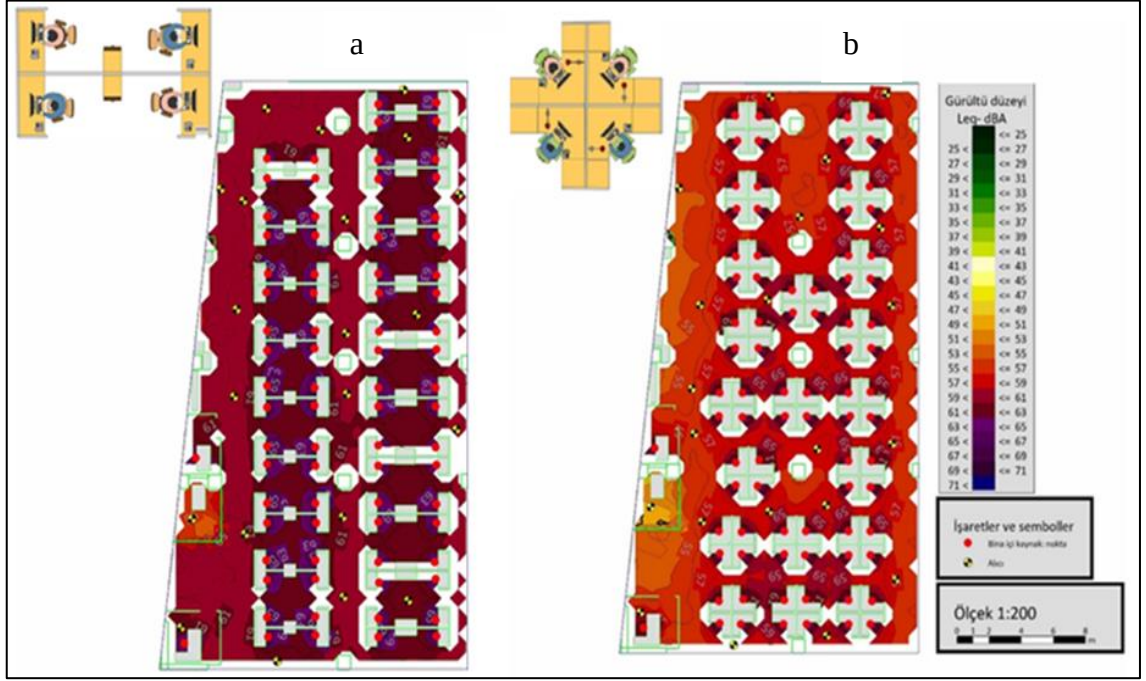
da gösterildiği gibi çalışan sayısı yarıya düşürülerek 5 farklı çalışma ünitesi modeli oluşturulmuştur. Model 1’de çalışanlar arasındaki mesafe artırılmış, en yakın iki çalışan arasındaki direk sesin ulaşımının engellenmesi ise engel panelleriyle sağlanmıştır. Model 2’de çalışanların karşılıklı konumlandırıldığı, birbirine direk sesin ulaşımının aradaki panellerle engellenmeye çalışıldığı, kübik bir çalışma grubu oluşturulmuştur. Model 3’te ise üniteler kübik çalışma alanında köşe noktalara konumlandırılmıştır ve aralarında engel panelleri mevcuttur. Model 4’te kübik çalışma alanları 2 gruba ayrılmış, çalışanlar aynı yönde yerleştirilmiş, çalışma alanları direk sesin geçişini engelleyecek şekilde yerleştirilmiştir. Model 5 ise Model 4 gibi konumlandırılmış fakat çalışanlar zıt yönde yerleştirilmiştir.

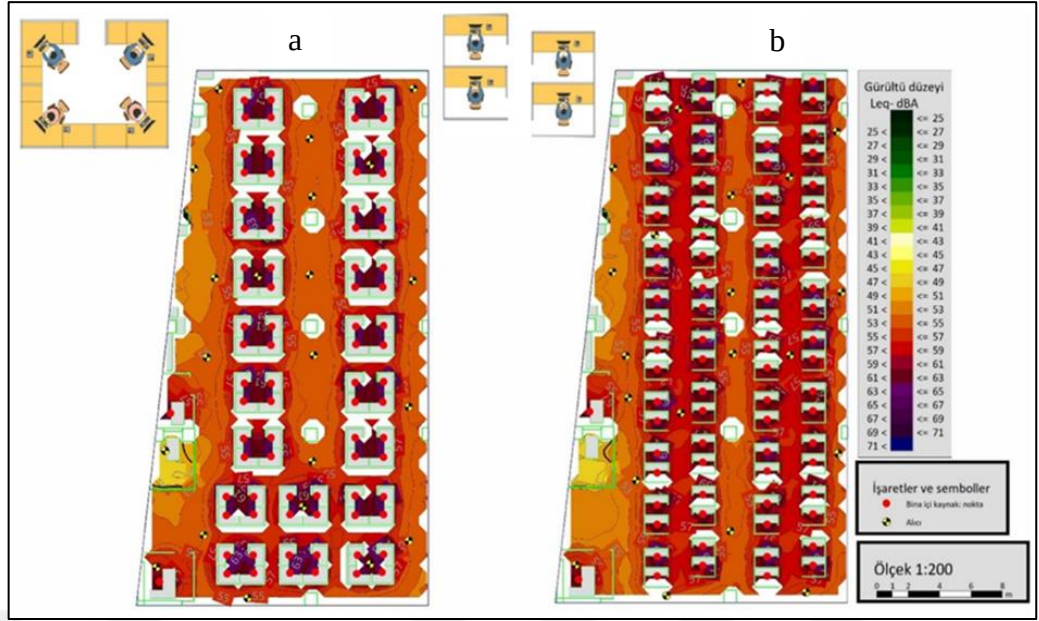




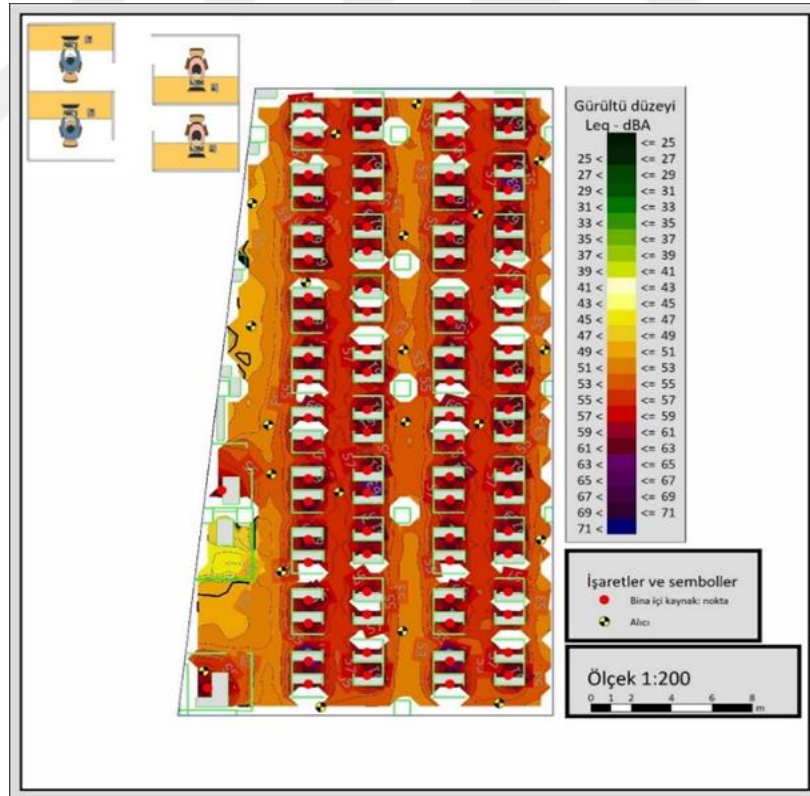
Şekil 3.9 Çağrı merkezine yerleştirilen farklı çalışma ünitesi modelleri

Çalışma kapsamında, 5 farklı çalışma ünitesi yerleşiminde çalışanların, akustik konfor durumunun belirlenmesi amacıyla SoundPLAN 8.1 simülasyon programı ile 5 farklı durumun gürültü haritası hazırlanmıştır. Toplam yutuculuk ve engel etkinliği sabit tutularak personel sayısı ve çalışma ünitesi etkinliği ile açık planlı bürolar için kabul edilebilir değere en uygun model belirlenmeye çalışılmıştır.





Şekil 3.11 Çağrı merkezi model 3 (a) ve model 4 (b) gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



Şekil 3.12 Çağrı merkezi model 5 gürültü düzey dağılımı gürültü haritası

- Model 1'deki çalışma ünitesi yerleşimi simülasyon programı aracılığı ile değerlendirildiğinde, Şekil 3.10'da görüldüğü gibi, hacim içinde gürültü düzeyi 55 dBA ile 63 dBA aralığında değişmektedir. Bu yerleşim ile mevcut durum yerleşim gürültü haritaları karşılaştırıldığında gürültü düzeyinde 4 dBA dolaylarında azalma sağlanmıştır. Bu yerleşim modelinde yansıma süresi 0,51 sn'dir. Çağrı merkezlerinde istenen yansıma süresi değer aralığının üstünde bir değer çıkmıştır.
- Model 2'de görüldüğü gibi, kübik çalışma alanında çalışanlar yüz yüze oturmuş fakat engel panelleri ile direk sesin ulaşımı engellenmiştir. Hacimde toplam yutuculuk ve engel yüksekliği yine sabit tutulmuştur. Hacim içerisindeki gürültü düzey dağılımı 55 dBA ile 61 dBA aralığında değiştiği görülmektedir. Bu koşullarda, ses düzeyinde, mevcut duruma göre 6 dBA kadar azalma görülmektedir. Bu yerleşim modelinde de yansıma süresi 0.5 sn'dir. Çağrı merkezlerinde istenen yansıma süresi değer aralığının üstünde bir değer çıkmıştır.
- Model 3'te çalışma birimleri, en yakın iki çalışana ait sesin birbirine ulaşmasını engelleyecek şekilde konumlandırılmıştır. Toplam yutuculuk ve engel yüksekliği sabittir. Çalışanların yüzü yutucu yüzeylerden oluşan engel panellerine dönüktür. Burada, sesin, hacme dağılmadan yutulması amaçlanmıştır. Sirkülasyon alanlarında ses düzeyi 53-55 dBA aralıklarında değişmesine rağmen, çalışma birimlerinde yerleşimden dolayı kırılan sesler çalışma ünitesi içerisinde gürültü düzeyinin artmasına neden olmuştur. Çalışma birimlerinde gürültü düzeyi 57 dBA- 59 dBA aralığındadır. Bu yerleşim modelinde yansıma süresi 0.5 sn'dir. İstenen değer aralığının üstünde bir değerdir (Şekil 3.11).
- Model 4 ve Model 5' te çalışanların girişleri birbirinden olabildiğince uzak ve engel panelleriyle çevrilerek optimum düzeyde sönümlenme sağlayacak şekilde yerleştirilmiştir. Model 4'te çalışanlar aynı yönde konumlandırılmış, Model 5'te ise çalışanlar zıt yönde konumlandırılmıştır. Model 4'teki gürültü haritasında gürültü düzey dağılımı incelendiğinde alıcı noktalardaki gürültü

seviyesinin genel olarak 55 dBA civarında çalışma alanlarında ise 57 dBA civarında olduğu görülmüştür. Yansıma süresi 0.5 sn'dir.

- Karşılıklı çalışanların zıt yönde yerleştirildiği Model 5'te ise gürültü haritasına göre ses düzeyinde daha fazla azalma görülmüştür. Şekil 3.11'de sirkülasyon alanlarındaki gürültü düzeyi 53 dBA civarındayken çalışma alanlarındaki gürültü düzeyi 55 dBA civarındadır. Örnek konumlandırılmalarına göre en uygun çalışma alanı, farklı girişlerden oluşan Şekil 3.12 'deki kübik yerleşim birimidir. Çalışan sayısı yarıya düşürülüp, mevcut yutuculuk ve engel yüksekliği kullanılarak Model 5'e göre yerleştirilen çalışma üniteleri ile hacim içerisinde 10 dBA kadar gürültü düzeyinde azalma sağlanmıştır. Fakat elde edilen değerler (53-55 dBA aralığı), açık planlı ofisler için kabul edilebilir değer olan 44 LAeq'nun üzerindedir. Kabul edilebilir değerlere en yakın ses düzeyine sahip olan Model 5 üzerinde, simülasyon programı aracılığıyla toplam yutuculuk ve engel etkinliği parametreleri değerlendirilmiştir. Yansıma süresi 0,4 sn'dir. Çağrı merkezlerinde istenen yansıma süresi değer aralığındadır.

3.2.3 Toplam Yutuculuğun ve Engel Etkinliğinin Artırılması

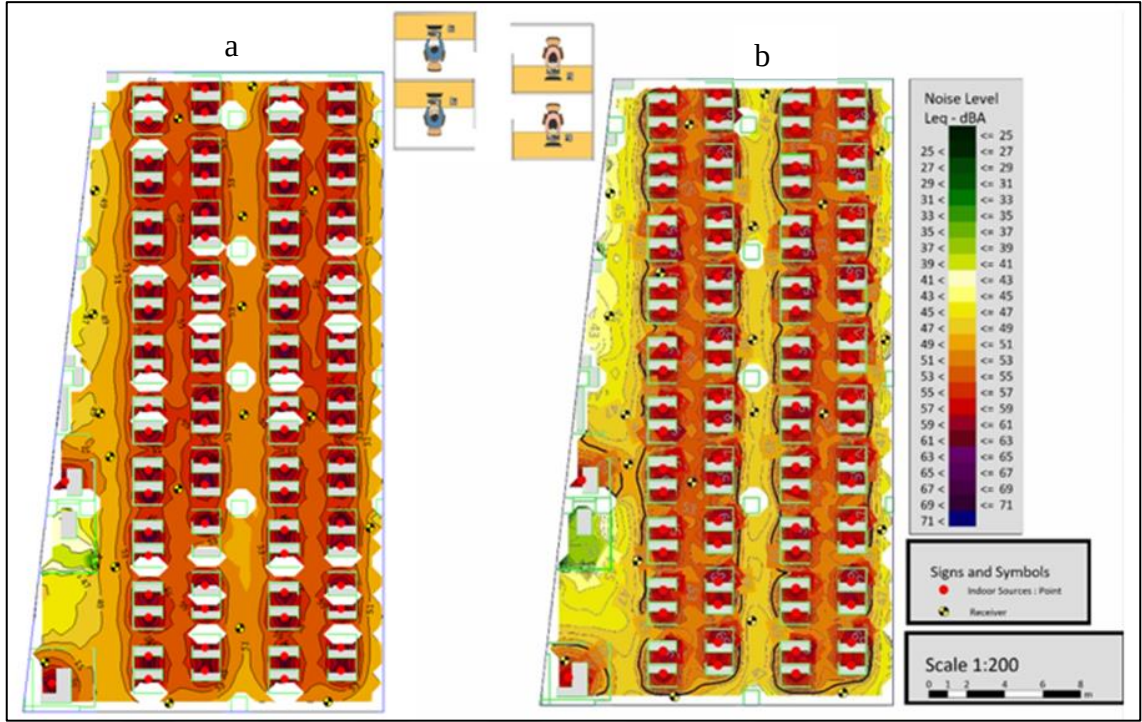
Çalışma kapsamında personel sayısının azaltılması, uygun yerleşim modelinin konumlandırılması yolu ile gürültü düzeyinde azalma sağlanmış, fakat gürültü kabul edilebilir değerlere indirilememiştir. En uygun model üzerinde (Model 5) toplam yutuculuk artırılarak, gürültü haritası tekrar oluşturulmuştur. Tablo 3.4'te yer alan gereçlerin kullanımı ile oluşan gürültü haritası Şekil 3.13'te yer almaktadır. Görüldüğü gibi, hacim genelinde gürültü düzeyi düşmüş, ancak yine kabul edilebilir değerler sağlanamamıştır.

Açık planlı bürolarda gürültü engeli olarak tasarlanabilecek ara bölme elemanlarının etkinliği, hacimde uygun akustik konforun sağlanması ve çalışma verimliliğinin artması açısından oldukça önemlidir. Toplam yutuculuğun artırılarak oluşturulan modelde engel etkinliği parametresi uygulanarak gürültü haritası hazırlanmıştır. Mevcut modelde 50 cm olan engel yüksekliği 70 cm'e çıkarılarak simülasyon programı aracılığıyla engel etkinliği değerlendirilmiştir. Engel

yüksekliği artırılarak oluşturulan gürültü haritası Şekil 3.13'teki gibidir. Çağrı merkezinde alıcı noktalarda hesaplanan gürültü düzeyi, kabul edilebilir değer olan 48 dBA'nın altındadır. Açık planlı bürolar için kabul edilebilir ses düzey aralığında olan bir tasarım modeli olarak oluşturulan Şekil 3.13'deki büro, çalışan sayısı, yerleşim modeli, yüzey gereçleri ve engel yüksekliği ile tasarımcının örnek alacağı bir model niteliğindedir.

Tablo 3.4 Açık planlı büro içerisinde toplam yutuculuğun artırılması için kullanılan malzemeler

GEREÇLER		Ses yutma çarpanı (a)					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Döşeme	Halı 40 Öz keçe veya köpük üzerine	0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73
Tavan	Taş yünü asma tavan	0.53	0.95	0.97	0.97	0.97	0.98
Duvar	Akustik duvar astarı 50 mm	0.29	0.67	0.67	0.71	0.77	0.97
Duvar kaplama	Yutucu panel	0.39	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98
Pencere	Lamine cam	0.28	0.20	0.11	0.060	0.03	0.020
Engel	Ahşap levha üzeri kumaş kaplama	0.50	0.75	0.90	0.95	0.90	0.80



Şekil 3.13 Model 5- toplam yutuculuğun artırılması (a), model 5 - toplam yutuculuğun ve engel etkinliğinin arttırılması (b)

Tablo 3.5’ te model 5 hacminde frekansa göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri verilmiştir.

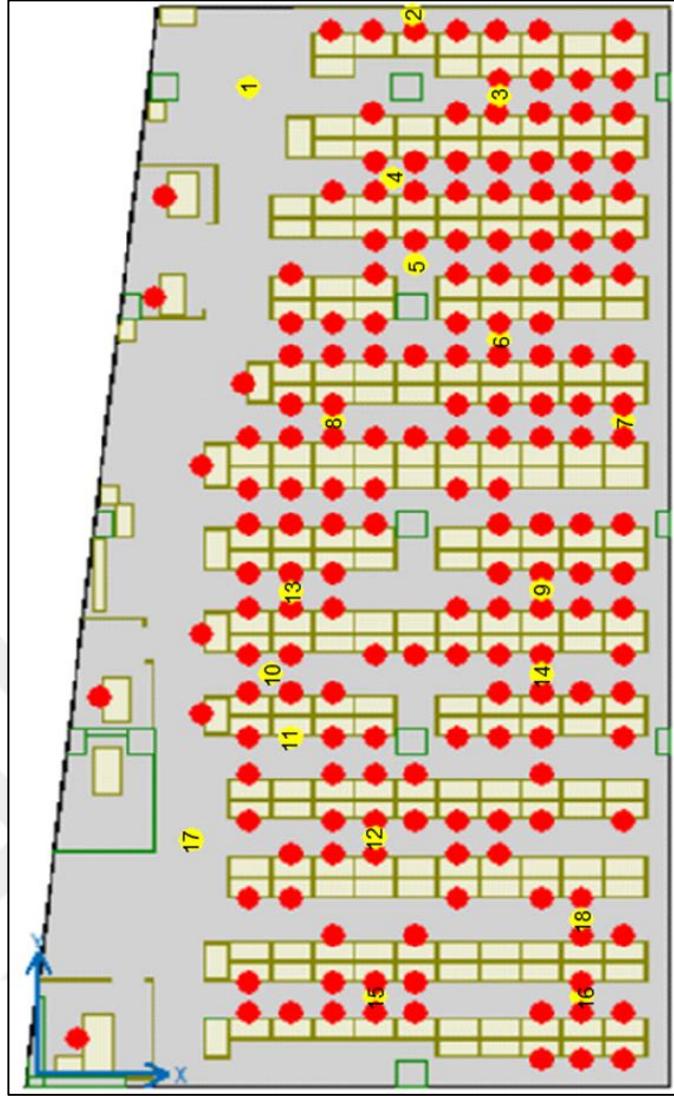
Tablo 3.5 Çağrı merkezi model 5 engel etkinliği ve toplam yutuculuğun artırıldığı durumda, frekansa göre toplam yutuculuk değerleri

MODEL 5 FREKANS GÖRE TOPLAM YUTUCULUK DEĞERLERİ						
Frekans (Hz)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Toplam yutuculuk	474	814.5	1566	2384	2496	2224

3.3 Farklı Çalışma Ünitelerinde Tek Nokta Alıcı Hesaplamaları

Çağrı merkezi çalışanlarının sürekli iletişim ve etkileşim içerisinde olmasından dolayı, çalışanın konuşmadığı durumlarda etkilendiği ses düzeyi, akustik açıdan verilecek kararlar açısından önemlidir. Yapılan çalışmalar, çalışanların işitsel konfor bakımından değerlendirildiğinde iletişim halinde oldukları sürece göre sustukları süreçte daha fazla gürültüden rahatsız olduklarını göstermektedir. Bu durumu değerlendirmek amacıyla her bir çağrı merkezi modeli için (mevcut durum, Model 1, Model 2, Model 3, Model 4 ve Model 5) bir alıcı nokta belirlenmiş ve alıcı noktadaki çalışanın sustuğu durum için, engel yüksekliği ve toplam yutuculuk etkileri değerlendirilerek her bir model için hesaplamalar yapılmıştır. Ayrıca alıcı noktalardaki çalışanların konuştuğu durum da analiz edilerek, farklı iki durumun akustik açıdan değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Mevcut çağrı merkezi için yapılan hesaplamalarda 6. Alıcı noktasındaki çalışanın sustuğu durum düşünülerek (Şekil 3.14) , mevcut durum, engel yüksekliği artırılarak, toplam yutuculuk artırılarak ve hem engel yüksekliği hem de toplam yutuculuk artırılarak hesaplamalar yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 3.6'da gösterilmiştir.

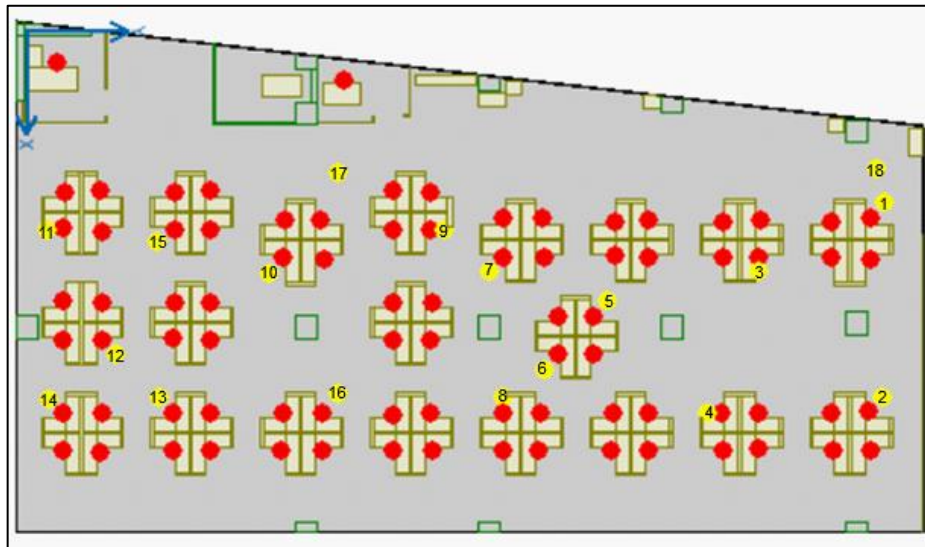


Şekil 3.14 Mevcut çağrı merkezi değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları

Tablo 3.6 Mevcut çağrı merkezi 6. alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları

Mevcut çağrı merkezi, 6. alıcı noktasında çalışanın konuştuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	65.7	0.49	1	64	62.2	63.8	61.1	57.4	51
Engel yüksekliği artırıldığında	65	0.37	1	64.7	62.2	61.9	60.7	56.8	51.1
Toplam yutuculuk artırıldığında	64.5	0.29	1	63.4	62	61.8	59.9	56.1	50.6
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	64.2	0.26	1	62.9	61.5	61.5	59.5	56	50.3
Mevcut çağrı merkezi, 6. alıcı noktasında çalışanın sustuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	62.9	0.49	0.90	62.5	59.6	61	58.9	53	48.4
Engel yüksekliği artırıldığında	61.3	0.37	0.90	61.8	58.6	58.9	57	52.4	47.4
Toplam yutuculuk artırıldığında	61.2	0.29	0.90	61.1	58.9	58.6	56.5	53.5	44.9
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	60.4	0.26	0.90	60.6	58.4	57.9	55.7	51.8	46.7

Yapılan tek nokta alıcı hesaplamaları sonuçlarına göre mevcut çağrı merkezi üzerinde 6. alıcı noktasında kaynağın açık olduğu durumda gürültü düzeyi 65.7 dBA'dır. NCB 45 değerlerine göre 13 dBA kadar, kabul edilebilir gürültü düzeyinin üzerinde bir değerdir. Yansıma süresi 0.49 sn'dir ve çağrı merkezlerinde kabul edilebilir aralık olan 0.1-0.4 aralığının üzerindedir. Konuşma gizliliği açısından değerlendirildiğinde STI değeri 1'dir ve anlaşılabilirlik oldukça yüksektir. Bu durum alıcı durumunda olan çalışan kişinin, kaynak durumunda olan diğer çalışan kişiye çok yakın olması ile açıklanabilir. Çağrı merkezlerinde anlaşılabilirliğin düşük olması ($STI < 0.5$) akustik konfor açısından istenilen bir durumdur ve gürültü rahatsızlık düzeyinin azalmasını sağlar. Çalışanın konuştuğu durumda engel etkinliği ve toplam yutuculuk değerlerinin artırılması sonucunda gürültü düzeyinde 2 dBA azalma meydana gelmiştir. Yansıma süresi (0.26) istenilen aralığa gelmiş fakat konuşma gizliliği sağlanamamıştır. Tablo 3.6'da çalışanın sustuğu durum düşünülerek gerçekleştirilen tek nokta hesaplama sonuçlarına göre, mevcut durumda 6. alıcı noktasında ve çalışanın konuşmadığı düşünüldüğünde gürültü düzeyi, 61.9 dBA'dır. Engel etkinliğinin ses düzeyinde çok fazla bir etkisi olmamıştır. Fakat toplam yutuculuk artırılarak, yaklaşık 3 dBA ses düzeyinde azalma meydana gelmiştir.



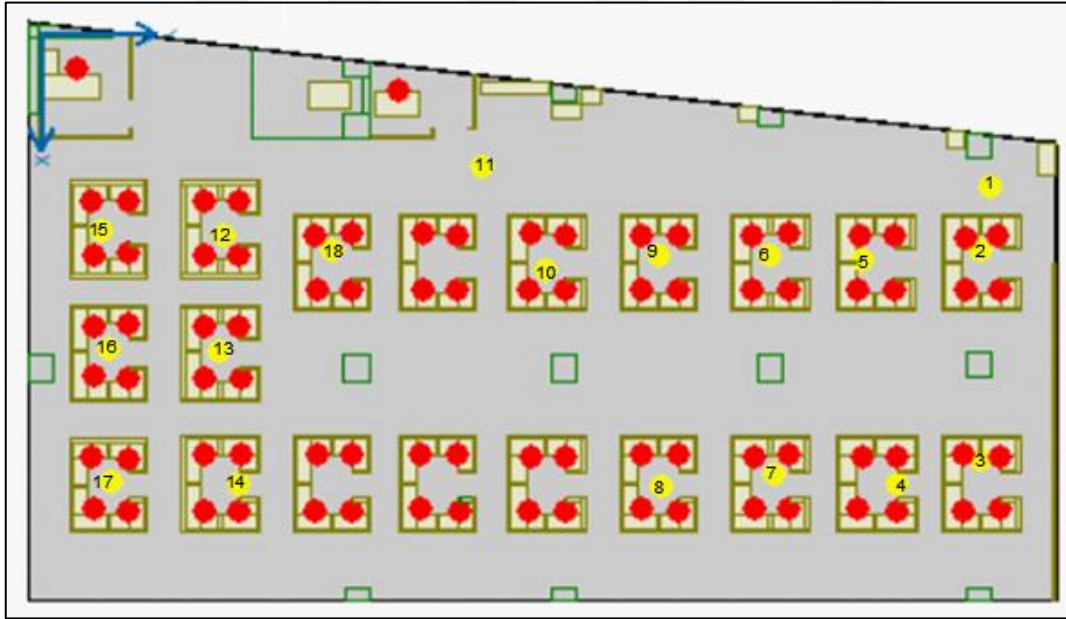
Şekil 3.15 Model 1, değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları

Tablo 3.7 Model 1, 6. alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları

Model 1, 6. alıcı noktasında çalışanın konuştuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	62.2	0.57	1	62.6	59.6	60.1	57.4	53.6	48.3
Engel yüksekliği artırıldığında	61.9	0.62	0.90	61.6	59.2	59.3	57.2	53.8	48.4
Toplam yutuculuk artırıldığında	60.5	0.32	0.95	60.3	58.1	57.9	56.1	51.9	46.5
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	60.2	0.30	0.9	60.3	58.6	57.6	55.9	52.3	46.2
Model 1, 6. alıcı noktasında çalışanın sustuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	59.4	0.57	0.80	60.9	57.1	57.4	54.6	50.4	45.1
Engel yüksekliği artırıldığında	58.5	0.62	0.80	58.6	55.4	56.2	54.1	50.1	43.9
Toplam yutuculuk artırıldığında	56.5	0.32	0.90	57.1	54.2	54	51.6	48.5	43.1
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	54.4	0.30	0.80	55.9	53.2	51.5	49.7	46	40.2

Şekil 3.15 'te tasarlanan Model 1, 6. alıcı noktasında çalışanın konuştuğu durumda yapılan tek nokta hesaplama sonuçlarına göre gürültü düzeyi 62.2 dBA'dır. Tablo 3.7'de elde edilen sonuçlara göre NCB 45 değerlerine göre gürültü düzeyi 10 dBA kadar, kabul edilebilir gürültü düzeyinin üzerinde bir değerdir. Yansıma süresi 0.57 sn'dir, engel etkinliği ve toplam yutuculuğun artırılmasıyla 0.30 aralığına gelmiştir. Gürültü düzeyinde ise iyileştirmeler sonucunda yaklaşık 3 dBA azalma meydana gelmiştir.

Model 1, çalışanın sustuğu durum düşünülerek gerçekleştirilen tek nokta hesaplama sonuçlarına göre, 6. alıcı noktasında ve çalışanın konuşmadığı durum düşünüldüğünde gürültü düzeyi 59.4 dBA'dır. Engel etkinliğinin ses düzeyinde çok fazla bir etkisi olmamıştır. Fakat toplam yutuculuk artırılarak, yaklaşık 5 dBA kadar ses düzeyinde azalma meydana gelmiştir. Yansıma süresi istenilen aralıktadır fakat konuşma gizliliği sağlanamamıştır. STI değeri 0.8'dir.



Şekil 3.16 Model 2, değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları

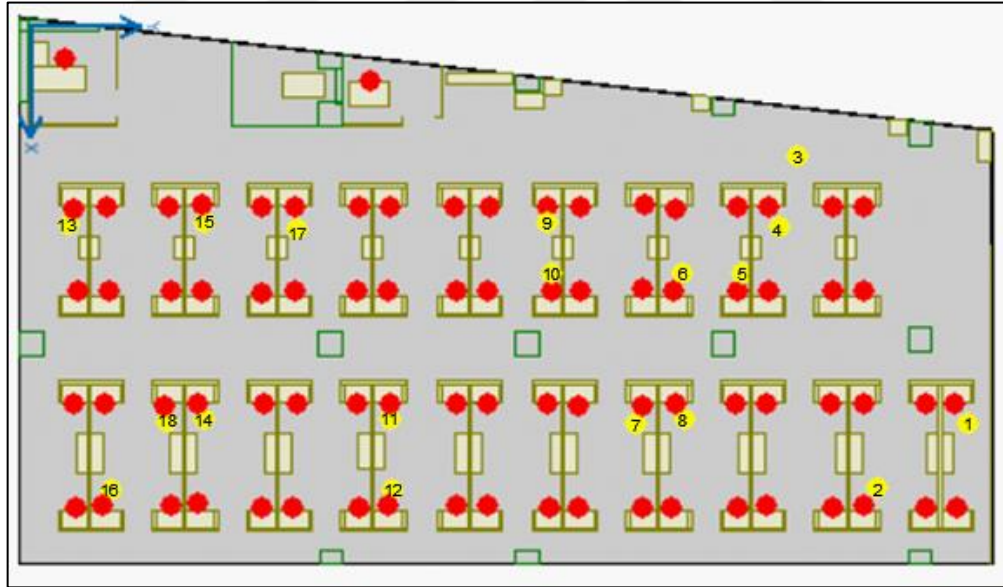
Model 2 için yapılan çalışmalar sonucunda 6. alıcı noktasındaki çalışan referans alınarak tek nokta alıcı hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.8 Model 2, 6. alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları

Model 2, 6. alıcı noktasında çalışanın konuştuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	63.9	0.56	1	62.8	61.4	61.3	59.5	54.9	49.8
Engel yüksekliği artırıldığında	63.8	0.53	1	63.2	61.5	61.5	59.4	55.2	49.6
Toplam yutuculuk artırıldığında	62	0.31	1	61.3	60	59.3	57.3	53.7	48.1
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	61.4	0.28	1	61.1	59.4	58.7	56.9	52.7	47.7
Model 2, 6. alıcı noktasında çalışanın sustuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	58.9	0.56	0.80	59.1	57	56.8	53.8	50.5	44.6
Engel yüksekliği artırıldığında	58.7	0.53	0.90	60.8	56.3	56.7	53.9	49.5	44.8
Toplam yutuculuk artırıldığında	56.6	0.31	0.90	57.5	54.6	54	52	48.2	42.6
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	55.8	0.28	0.80	56.7	54.5	53.3	50.9	47.6	40.6

Şekil 3.16 'da tasarlanan Model 2, 6. alıcı noktasında çalışanın konuştuğu durum düşünülerek yapılan tek nokta hesaplama sonuçlarına göre gürültü düzeyi 63.9 dBA'dır. NCB 45 değerlerine göre 11 dBA kadar, kabul edilebilir gürültü düzeyinin üzerinde bir değerdir. Tablo 3.8'de yansısim süresi 0.56 sn'dir, engel etkinliği ve toplam yutuculuğun artırılmasıyla 0.28 sn aralığına gelmiştir ve istenilen aralıktadır. Gürültü düzeyinde ise iyileştirmeler sonucunda yaklaşık 3 dBA azalma meydana gelmiştir.

Model 2, çalışanın sustuğu durum düşünülerek gerçekleştirilen tek nokta hesaplama sonuçlarına göre, 6. alıcı noktasında, çalışanın sustuğu durumda gürültü düzeyi 58.9 dBA'dır. Engel etkinliğinin ses düzeyinde çok fazla bir etkisi olmamıştır. Fakat toplam yutuculuk artırılarak, yaklaşık 3 dBA ses düzeyinde azalma meydana gelmiştir. STI değeri 0.8'dir. Yansısim süresi istenilen aralıktadır fakat konuşma gizliliği sağlanamamıştır.



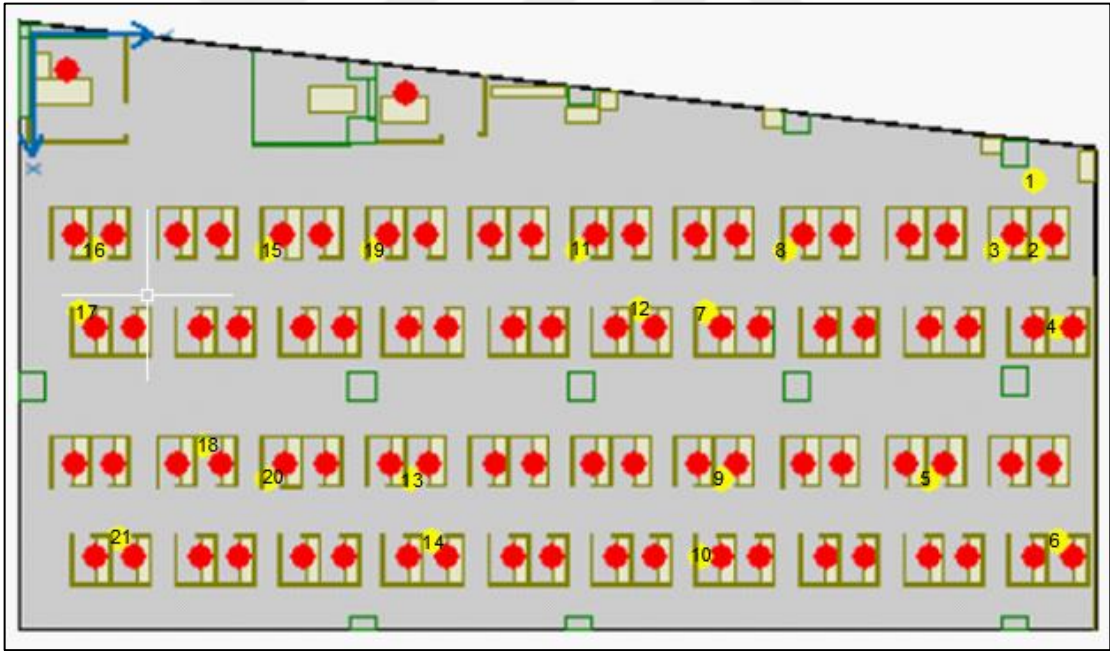
Şekil 3.17 Model 3 , değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları

Tablo 3.9 Model 3, 6. alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları

Model 3, 6. alıcı noktasında çalışanın konuştuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	62.5	0.56	1	62.6	60.2	60	58.1	53.5	48.3
Engel yüksekliği artırıldığında	62.4	0.53	1	61.7	60	60.1	57.8	53.7	48.3
Toplam yutuculuk artırıldığında	60.4	0.32	0.90	60	58.3	57.5	55.9	52.1	46.6
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	60.3	0.29	0.90	60.1	57.9	57.8	55.7	52	46.3
Model 3, 6. alıcı noktasında çalışanın sustuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	57.5	0.56	0.80	58	53.7	55.4	53	47.9	43.9
Engel yüksekliği artırıldığında	57.3	0.53	0.78	59.6	56.6	54.4	53.1	47	43.4
Toplam yutuculuk artırıldığında	53.5	0.32	0.75	55.5	52.4	50.5	48.6	45.2	40.2
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	51.8	0.29	0.70	54.3	52.1	49.8	45.6	42.8	38.9

Tablo 3.9, Model 3 için yapılan çalışmalarda 6. alıcı noktasındaki çalışan için yapılan tek nokta alıcı hesaplamaları değerlendirildiğinde çalışanın konuştuğu durumdaki gürültü düzeyi 62.5 dBA'dır. Yansışım süresi 0.56 sn'dir. Konuşma gizliliği sağlanamamıştır. Model 3' te gerçekleştirilen engel etkinliği ve toplam yutuculuğun artırılmasıyla sağlanan gürültü düzeyi 60.3 dBA'dır ve 2 dBA kadar ses düzeyinde azalma meydana gelmiştir. Yansışım süresi istenilen aralığa gelmiştir.

6. alıcı noktasında çalışanın sustuğu düşünülerek yapılan hesaplamalarda mevcut yutuculuklarla eş değer gürültü düzeyi, 57.8 dBA'dır. Engel etkinliği ve toplam yutuculuk artırılarak hacim içerisinde sağlanan gürültü düzeyi 51.8 dBA'dır ve NCB 45 değerlerine göre kabul edilebilir gürültü düzeyi sağlanmıştır. Yansışım süresi 0.29 sn'dir ve istenen aralıktadır. STI değeri 0.70'tir ve çağrı merkezleri için gerekli değer üzerinde.

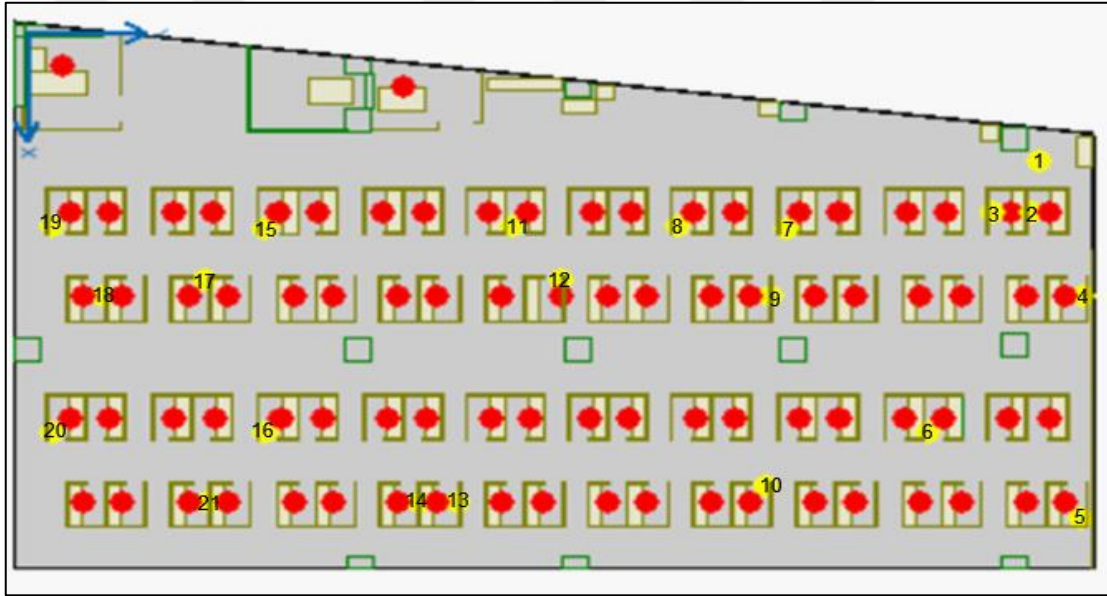


Şekil 3.18 Model 4 , değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları

Tablo 3.10 Model 4, 6. alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları

Model 4, 6. alıcı noktasında çalışanın konuştuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	63.3	0.58	1	62.9	62	59.7	58.6	56	50.6
Engel yüksekliği artırıldığında	62.8	0.58	0.93	61	60.6	61.5	57.1	54.5	48.2
Toplam yutuculuk artırıldığında	60.8	0.32	0.93	60.9	58.5	58.4	56.2	52.4	46.5
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	57.7	0.30	0.91	59.5	55.4	53.6	49.4	44.2	46.3
Model 4, 6. alıcı noktasında çalışanın sustuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	54.5	0.58	0.70	58.5	54.2	52.2	49.2	45.2	40.5
Engel yüksekliği artırıldığında	53.5	0.58	0.60	56.7	51.5	52.5	47.6	44.4	38.3
Toplam yutuculuk artırıldığında	51.6	0.32	0.70	53.8	49.6	48.7	45.1	45.1	38
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	48.8	0.30	0.50	52.2	47.9	45.7	44.1	40.4	34.8

Model 4 üzerinde yapılan 6. alıcı noktasında çalışanın konuştuğu durumda gürültü düzeyi 63.3 dBA ve iyileştirmeler yapıldıktan sonra gürültü düzeyi 57.7 dBA'ya kadar azalmıştır. Yaklaşık 5 dBA kadar gürültü düzeyinde azalma meydana gelmiştir. Çalışanın sustuğu durumda yapılan hesaplamalarda, mevcut yutuculuk değerleriyle eşdeğer gürültü düzeyi 54.5 dBA'dır. Bu model üzerinde toplam yutuculuk ve engel yüksekliği artırılarak, gürültü düzeyi 48.8 dBA olarak hesaplanmıştır. Çağrı merkezi tasarımı NCB 45 eğrisine göre kabul edilebilir aralıktadır. Yansıma süresi 0.30 sn ve STI değeri 0.5'tir. Hacim akustiği parametrelerine göre uygun değerler sağlanmıştır (Tablo 3.10).



Şekil 3.19 Model 5, değerlendirilmeye alınan alıcı noktaları

Tablo 3.11 Model 5, 6. alıcı noktasında yapılan hesaplama sonuçları

Model 5, 6. alıcı noktasında çalışanın konuştuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	60.6	0.51	1	61.4	58.4	58	56.3	51.8	46.4
Engel yüksekliği artırıldığında	62.6	0.49	1	63.2	61.5	60.7	58.1	52.2	47.7
Toplam yutuculuk artırıldığında	58.8	0.27	0.90	58.9	57.2	55.7	54.6	50.1	44.5
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	58.6	0.26	0.90	58.2	56.8	56.4	54.1	49.4	43.8
Model 5, 6. alıcı noktasında çalışanın sustuğu durumda yapılan hesaplama sonuçları									
	LAeq	T60	STI	Frekansa Bağlı Değerler(dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mevcut durum	54.3	0.51	0.70	61.7	60.4	59.4	57.9	53.6	48.8
Engel yüksekliği artırıldığında	52.9	0.49	0.70	57	51.8	50.9	48	43.3	36.7
Toplam yutuculuk artırıldığında	51.4	0.27	0.60	53.3	49.1	49	46.4	43.3	37.8
Toplam yutuculuk ve Engel artırıldığında	48.1	0.26	0.50	50.4	44.6	44.9	43.4	40.5	34.1

Model 5 ve Model 4' teki çalışma yerleşkesi benzerdir fakat çalışanlar zıt yönde konumlandırılmıştır. Tablo 3.11'de Model 5 için yapılan çalışmalar sonucunda çalışanın konuştuğu durumda, mevcut yutuculuklarla gürültü düzeyi 60.6 dBA'dır ve iyileştirmeler sonucunda hesaplanan gürültü düzey değeri 58.6 dBA'dır. 2 dBA kadar gürültü düzeyinde azalma sağlanmıştır. 6. alıcı noktasında çalışanın sustuğu durumda gerçekleştirilen tek nokta alıcı hesaplamalarında ise mevcut yutuculuk ve engel yüksekliğiyle gürültü düzeyi 54.3 dBA, engel artırıldığında 52.9 dBA, toplam yutuculuk artırıldığında 51.4 dBA, hem engel yüksekliği artırılıp hem de toplam yutuculuk artırıldığında 48 dBA gürültü düzeyi sağlanmıştır. Yansıma süresi 0.26 sn ve istenen değer aralığındadır. Model 5 ve Model 4 hacminde iyileştirmeler sonucunda STI 0.5 değeri sağlanmıştır (Şekil 3.19).

Açık planlı büro niteliğinde olan çağrı merkezlerinde, işitsel konforun sağlanmasında hacimdeki gürültünün, kabul edilebilir ses düzeyinin altında kalmasının sağlanması, başta gelen belirleyicidir. Kabul edilebilir gürültü düzeyinin sağlanmasında ise, hacmin mimari ve akustik tasarımı önem taşır. Bu çalışma ile açık planlı büro yapılarında akustik konfor koşulları incelenerek bu koşulları oluşturan parametreler örnek bir çağrı merkezi üzerinde değerlendirilmiştir. Çağrı merkezi üzerinde yapılan değerlendirmeler sonucunda en uygun tasarım modeli, Model 5'tir. İncelemeye alınan çağrı merkezinde, personel sayısı, çalışma ünite tasarımı ve konumlandırılması, iç yüzey gereçlerinin ve engel panellerinin önemi ortaya konmuştur. Gerçekleştirilen çalışmalar değerlendirildiğinde;

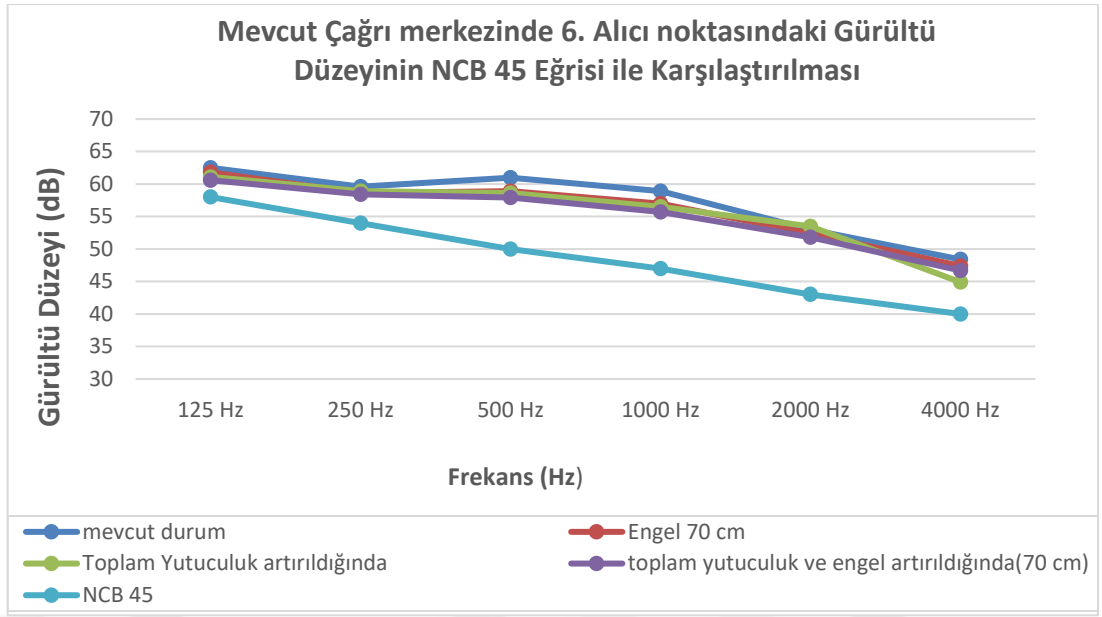
- Açık planlı bürolarda kabul edilebilir gürültü düzeyinin sağlanmasında, çalışan kişi sayısı, çalışanların müşterilerle ve birbirleriyle iletişim halinde olması gürültü oluşumuna neden olduğu için daha özenli davranmaları gerektiği,
- Hacmin içerisinde, kullanıcıların birbirlerinin seslerinden olabildiğince az etkilenmelerini sağlayacak çalışma ünitesi tasarım düzenlerinin gerektiği,
- Çağrı merkezi içerisindeki yüzey gereçlerinin ve ses yutuculuklarının artırılmasının önemli olduğu,

- Bölme elemanı yüksekliğinin ve ses yutuculuk özelliklerinin, konuşma gizliliğinin sağlanması ve fon gürültüsünün azaltılması bakımından önemli olduğu, belirlenmiştir.

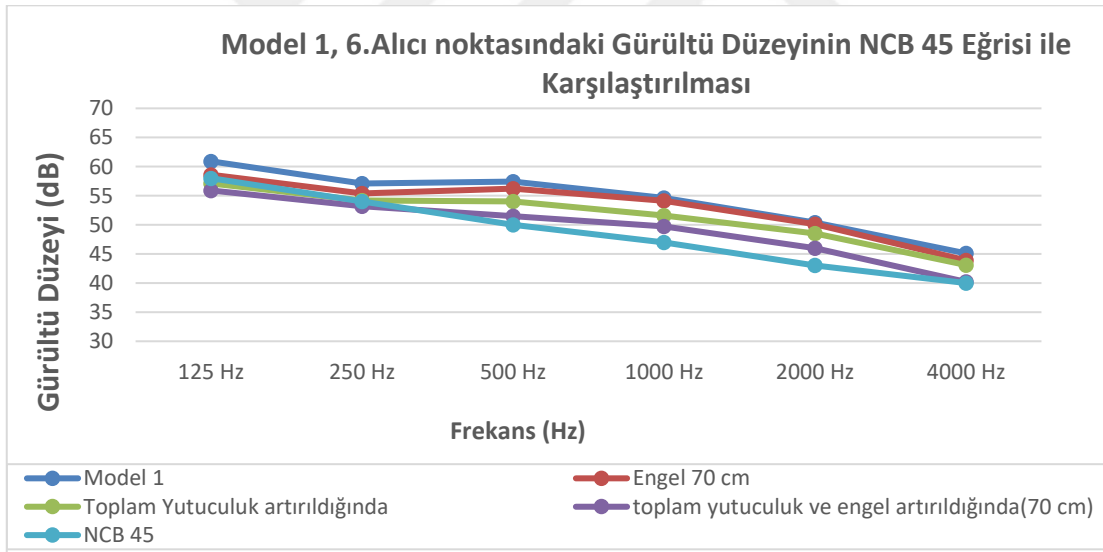
Bu çalışma ile çağrı merkezlerinin fiziki konfor şartları değerlendirildiğinde şikâyetlerin genel olarak akustik koşulların yetersizliği ile ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. Akustik koşullar ve çağrı merkezi gürültüsünü azaltmak için önerilen önlemleri uygulayarak verimliliği artıran ve açık planlı bürolar için belirtilen gereksinimleri karşılayan bir çalışma ortamına ulaşmak mümkündür. Tasarım sürecinde hacim içerisinde doğru seçimlerin yapılmasının ve kullanılan gereçlerin sese ilişkin özelliklerinin bilinmesiyle, oluşturan hacimler işitsel konfor açısından daha nitelikli olacaktır.

3.4 Kaynaklar Kapalı Durumdayken Belirlenen Alıcı Noktasındaki Gürültü Düzeyinin NCB 45 Eğrisi ile Karşılaştırılması

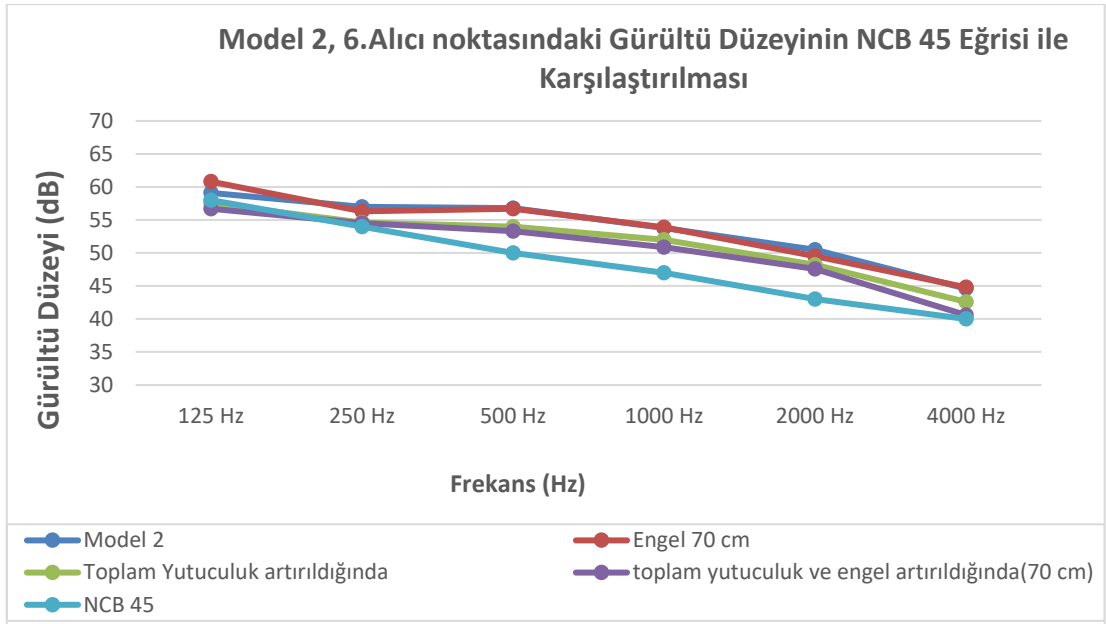
Bu bölümde, mevcut çağrı merkezi ve çağrı merkezinde tasarlanan farklı model yerleşimlerindeki hesaplama sonuçları frekansa bağlı gürültü düzeyleri açısından kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın yönteminde açıklanan tüm koşullar için yapılan bu değerlendirmelerde, açık planlı bürolardan çağrı merkezleri için kabul edilebilir değer olarak NCB45 eğrisi belirlenmiştir. Frekansa bağlı gürültü düzeyleri göz önünde bulundurularak yapılan analiz sonuçları, örnek hacimlerdeki alıcı noktalardan 6. alıcı noktası referans alınarak tüm çalışanların konuştuğu koşullarda ayrı ayrı çizilen grafiklerle açıklanmıştır. Her grafikte alıcı noktaları için hacmin yüzey yutuculuk durumlarına, engel etkinliğine ve hem yutuculuk hem de engel etkinliğinin artırıldığı duruma göre değişen gürültü düzeylerinin frekansa bağlı değerleri ve bu değerlerin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması yer almaktadır. Çalışma sırasıyla mevcut çağrı merkezi, Model 1, Model 2, Model 3, Model 4 ve Model 5 için ayrı ayrı yapılmıştır.



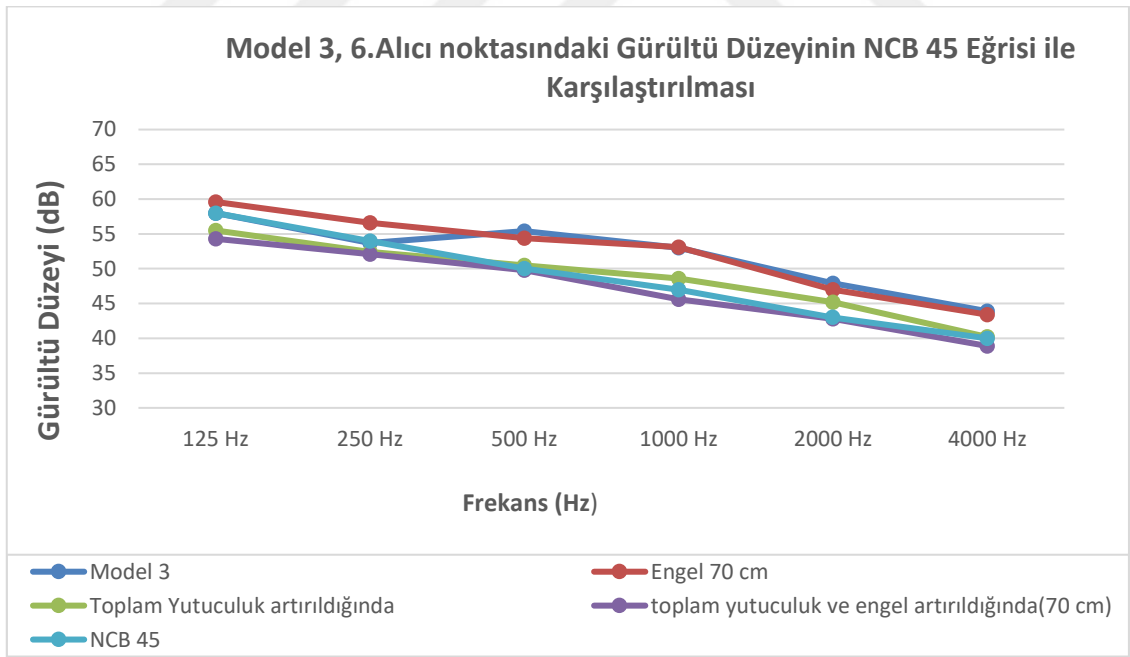
Şekil 3.20 Çağrı merkezi, tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi



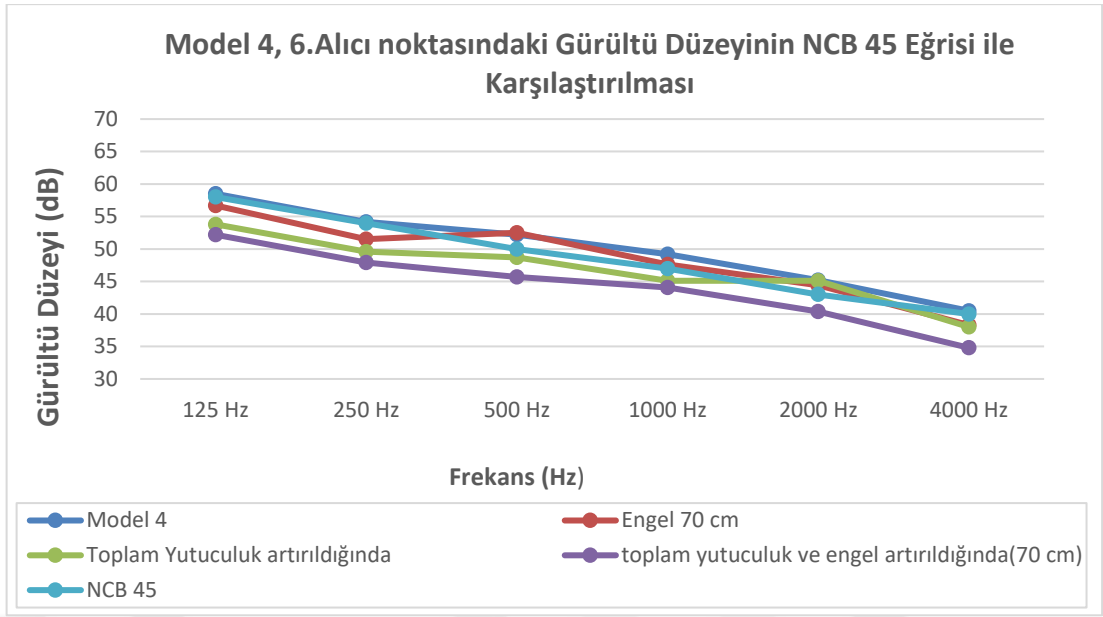
Şekil 3.21 Model 1, tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi



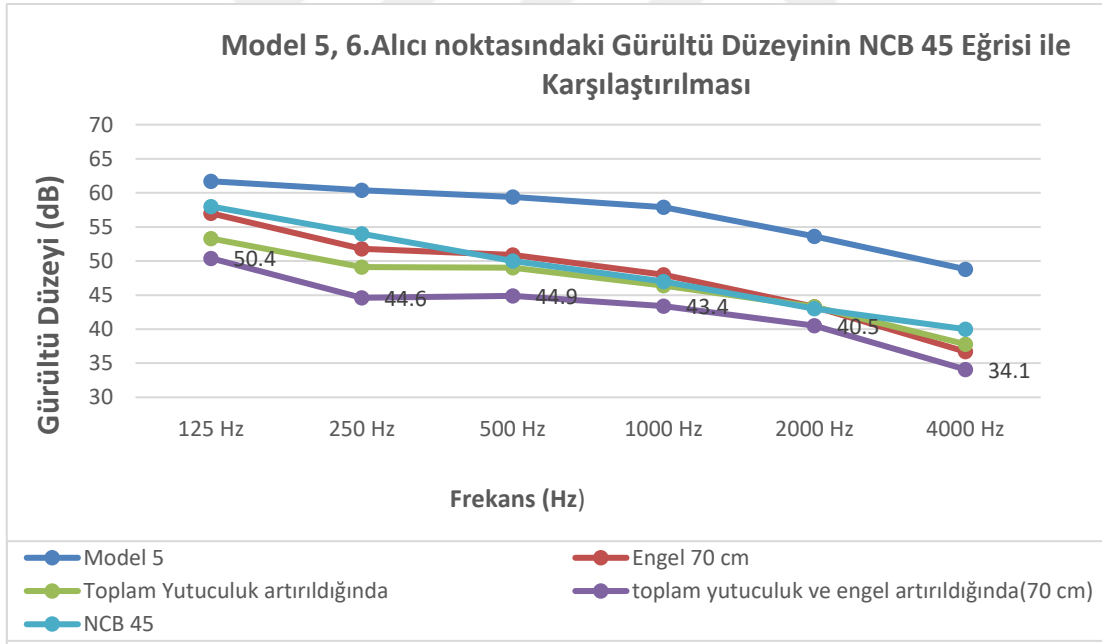
Şekil 3.22 Model 2, tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi



Şekil 3.23 Model 3 tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi



Şekil 3.24 Model 4, tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi



Şekil 3.25 Model 5, tek nokta alıcı hesaplamalarının frekans tayfında değerlendirilmesi

Mevcut çağrı merkezi için hazırlanan grafikte, engellerin bulunmadığı koşulu gösteren, engel yüksekliğinin 70 cm'e çıkarıldığını gösteren, toplam yutuculuğun artırıldığı ve hem engel yüksekliğinin hem de toplam yutuculuğun artırıldığını gösteren değerler Şekil 3.20'de bulunmaktadır. Bu grafikte gürültü düzeyinin tüm koşullarda, tüm frekanslar için kabul edilebilir değerin üzerinde kaldığı görülmektedir. Tüm durumlarda 125 Hz ve 250 Hz frekanslarında, gürültü düzeyi değerleri optimum değerlere yaklaşmıştır. Fakat yine de kabul edilebilir değerlerin üzerindedir.

Çağrı Merkezi üzerinde oluşturulan Model 1 için hazırlanan grafikte, engellerin bulunmadığı koşulu gösteren, engel yüksekliğinin 70 cm'e çıkarıldığını gösteren, toplam yutuculuğun artırıldığı ve hem engel yüksekliğinin hem de toplam yutuculuğun artırıldığını gösteren değerler Şekil 3.21'de bulunmaktadır. Bu grafikte gürültü düzeyinin hemen hemen tüm koşullarda, tüm frekanslar için kabul edilebilir değerin üzerinde kaldığı görülmektedir. Toplam yutuculuğun ve engel etkinliğinin artırıldığı durumda 125 Hz ve 250 Hz frekanslarında, gürültü düzeyi değerleri optimum değerlere ulaşmıştır. Bu koşuldaki 500 Hz ve üzeri yüksek frekanslarda da optimum değerlere yaklaşıldığı görülmektedir.

Çağrı Merkezi üzerinde oluşturulan Model 2 için hazırlanan grafikte, engellerin bulunmadığı koşulu gösteren, engel yüksekliğinin 70 cm'e çıkarıldığını gösteren, toplam yutuculuğun artırıldığı ve hem engel yüksekliğinin hem de toplam yutuculuğun artırıldığını gösteren değerler Şekil 3.22'de bulunmaktadır. Bu grafikte gürültü düzeyinin hemen hemen tüm koşullarda, tüm frekanslar için kabul edilebilir değerin üzerinde kaldığı görülmektedir. Sadece toplam yutuculuğun artırıldığı ve toplam yutuculuğun ve engel etkinliğinin birlikte artırıldığı durumda 125 Hz ve 250 Hz frekanslarında, gürültü düzeyi değerleri optimum değerlere ulaşmıştır. 4000 Hz frekansında da tüm koşullar için kabul edilebilir değerlere yaklaşılmış fakat yine de optimum değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Grafik değerlendirildiğinde Model 2 tasarımında, hiçbir koşul için optimum değerleri sağlanamamıştır.

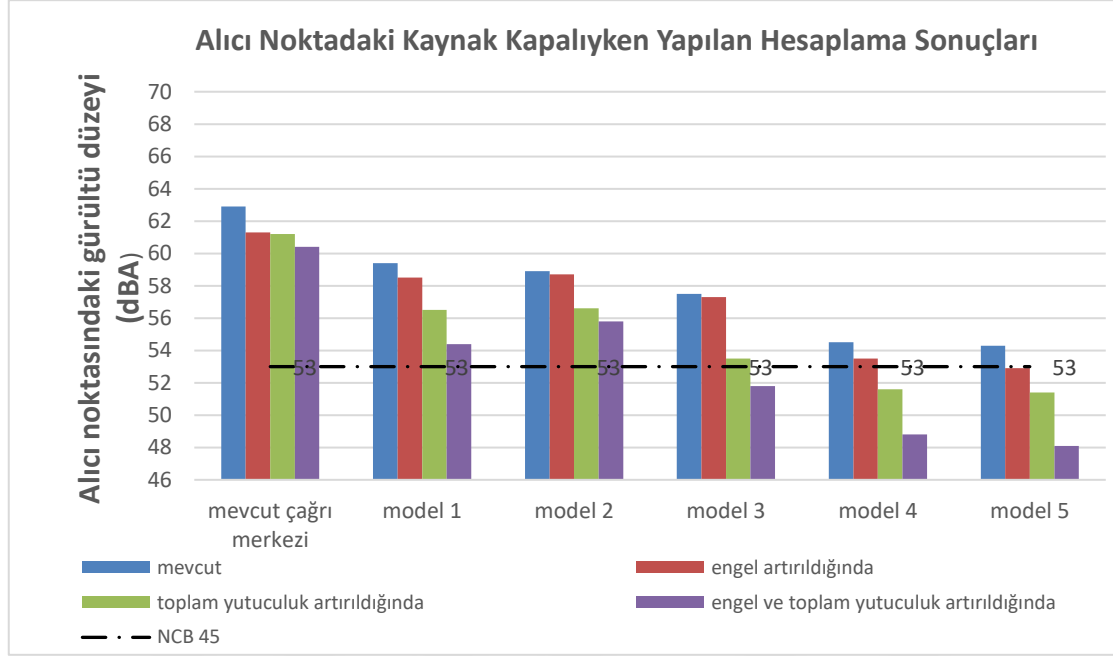
Model 3 için hazırlanan grafikte, tüm koşullar için gösterilen değerler Şekil 3.23'te bulunmaktadır. Toplam yutuculuğun ve engel etkinliğinin birlikte artırıldığı durumda tüm frekanslarında, gürültü düzeyi değerleri optimum değerlere

ulaşmıştır. Sadece toplam yutuculuğun artırıldığı koşulda da optimum değerlere oldukça yaklaşılmış fakat NCB 45 değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Model 3 grafik verilerine göre sadece engel yüksekliğinin artırılması gürültü düzey dağılımı üzerinde pek etkili bir parametre olmadığını göstermiştir. Model 3 tasarımında toplam yutuculuğun ve engel etkinliğinin birlikte artırıldığı koşul sağlandığında örnek bir model olarak kullanılabilir.

Model 4 için hazırlanan grafikte, tüm koşullar için gösterilen değerler Şekil 3.24'te bulunmaktadır. Bu model için hazırlanan grafikte tüm frekanslar için gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerin üzerinde olduğu koşul toplam yutuculuğun ve engel etkinliğinin birlikte artırıldığı durumdur. Sadece engel etkinliğinin artırıldığı koşulda 125 Hz, 250 Hz ve 4000 Hz frekanslarında optimum değerlere ulaşılmıştır. Sadece toplam yutuculuğun artırıldığı koşulda ise 2000 Hz frekansı dışında tüm frekanslarda optimum değerlere ulaşılmıştır.

Çağrı Merkezi üzerinde oluşturulan Model 5 için hazırlanan grafikte, engellerin bulunmadığı koşulu gösteren, engel yüksekliğinin 70 cm'e çıkarıldığını gösteren, toplam yutuculuğun artırıldığı ve hem engel yüksekliğinin hem de toplam yutuculuğun artırıldığını gösteren değerler Şekil 3.25'te bulunmaktadır. Bu grafikte gürültü düzeyinin çağrı merkezinde kullanılan mevcut yüzey yutuculukları ve engel yüksekliği durumu dışında tüm koşullarda, tüm frekanslar için kabul edilebilir gürültü düzey değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Model 5 tasarımı, oluşturulan modeller arasında en uygun model olarak belirlenmiştir. Model 5 tasarımında sadece engel etkinliğinin artırılması, ya da sadece toplam yutuculuğun artırılmasıyla hacim içerisindeki gürültü düzeyleri frekanslara göre kabul edilebilir optimum koşulları sağlamaktadır. Fakat hem toplam yutuculuğun hem de engel etkinliğinin artırıldığı koşulda frekanslara göre kabul edilebilir gürültü düzey eğrisinin oldukça altında değerlere ulaşılabilmiştir. Model 5 tasarımı yapılan iyileştirmeler sonucunda tasarımcıya rehber niteliğinde kullanılabilir bir model tasarım örneği olarak kabul edilebilir.

3.4.1 Mevcut Çağrı Merkezi ve Tasarlanan Model Örneklerinin Karşılaştırılması



Şekil 3.26 Mevcut çağrı merkezi ve tasarlanan modellerin analizi

Çağrı merkezi ve örnek tasarım modellerinde 6. alıcı noktasında çalışanın sustuğu ve daha fazla rahatsız olduğu koşul olarak düşünülen durum değerlendirmeye alınmıştır. Hacim içerisindeki eşdeğer gürültü düzeyi, kabul edilebilir gürültü düzeyi olarak kabul edilen NCB 45 değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Çağrı merkezleri için NCB 45 değeri 53 dBA'dır. Her bir model için grafikte, engellerin bulunmadığı koşulu gösteren, engel yüksekliğinin 70 cm'e çıkarıldığını gösteren, toplam yutuculuğun artırıldığını ve hem engel yüksekliğinin hem de toplam yutuculuğun artırıldığını gösteren değerler Şekil 3.26' da bulunmaktadır. Mevcut Çağrı merkezinde iyileştirmeler analiz edildiğinde en uygun akustik konfor şartlarının Model 5 örneği ile sağlanabildiği görülmüştür.

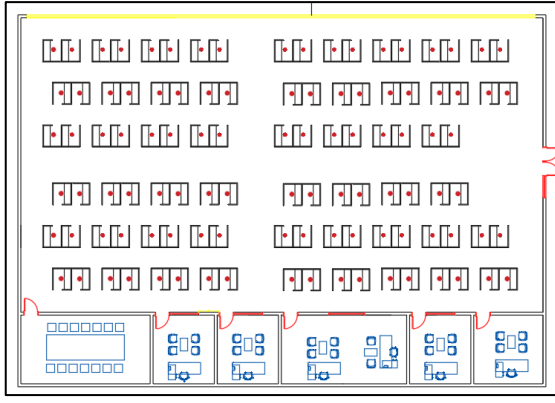
ÇAĞRI MERKEZLERİNDE KABUL EDİLEBİLİR GÜRÜLTÜ ORTAMININ ELDE EDİLMESİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN YAKLAŞIM

Bu bölümde, önceki bölümde gerçekleştirilen çalışmalardan yararlanılarak, çağrı merkezlerinin akustik tasarımında yararlanılabilecek bir yaklaşımın oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmanın adımları aşağıda yer almaktadır.

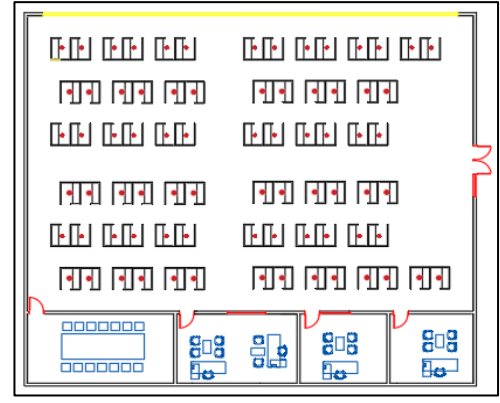
- Kurgu hacimlerin tasarımları ve değerlendirmeye alınacak akustik ölçütlerin ve kabul edilebilir değerlerinin belirlenmesi,
- Simülasyon programı yardımı ile gerekli işitsel konfor koşullarını sağlayacak hacim toplam ses yutuculuk değerlerinin belirlenmesi,
- Sonuçların değerlendirilmesi ve genel sonuçların ortaya konması.

4.1 Kurgu Hacim Tasarımları ve Akustik Ölçütlerin Belirlenmesi

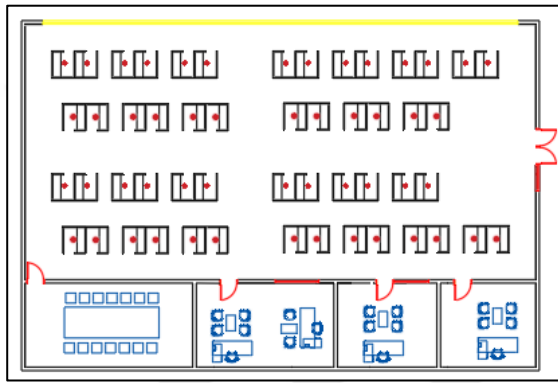
Bu amaçla bir önceki bölümde yapılan çalışmalar sonucunda, işitsel konfor açısından uygunluğu saptanan yerleşim biçimine sahip, dört farklı büyüklükte kurgu çağrı merkezi oluşturulmuştur. Hacim büyüklükleri belirlenirken, farklı sayıda çalışanı bulunan açık planlı büro türleri (çağrı merkezi, banka, tasarım ofisleri, büyük daktilo ve bilgisayar odaları vb.) göz önüne alınmıştır. Kurgu hacimler Şekil 4.1’de yer almaktadır. Hacimlerin fiziksel özellikleri ile kişi sayılarına ilişkin bilgiler ise Tablo 4.1’de yer almaktadır.



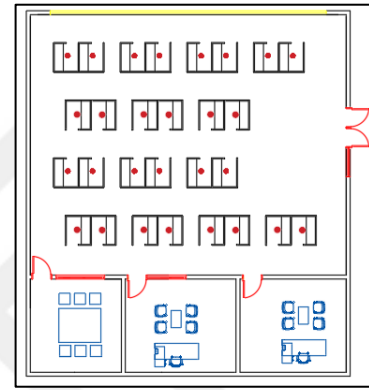
Kurgu 1



Kurgu 2



Kurgu 3



Kurgu 4

Şekil 4.1 Kurgulanan çağrı merkezi yerleşimleri

Tablo 4.1 Kurgu hacimlerin özellikleri

KURGU HACİMLER VE ÖZELLİKLERİ					
	Boyut	Alan	Hacim	Kişi sayısı	Kişi başına düşen alan
Kurgu 1	35 x 25 x 4	875 m ²	3150 m ³	104 kişi	8.4 m ²
Kurgu 2	27 x 25 x 3.75	675 m ²	2531 m ³	76 kişi	8.8 m ²
Kurgu 3	25x 18 x 3.5	450 m ²	1575 m ³	52 kişi	8.6 m ²
Kurgu 4	17x14x3.25	238 m ²	773 m ³	28 kişi	8.5 m ²

Türkiye’de yürürlükte olan “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmelik”, açık planlı bürolar için kabul edilebilir gürültü düzeyini, büro yeni yapılacak (C sınıfı) ise, 44 LAeq, mevcut (D sınıfı) ise 48 LAeq olarak vermektedir. Kabul edilebilir gürültü düzeyinin frekanslara göre değerlendirilmesine olanak tanıyan NCB (Balanced Noise Criteria) ölçütlerinin, genel bürolar için kabul edilebilir değeri ise NCB45 (53 LAeq) olarak Tablo 4.2’ de verilmektedir. Çağrı merkezleri, içinde fazla sayıda gürültü kaynağı durumunda olan insan barındırdığı için, kabul edilebilir gürültü düzeyinin, yönetmeliğin belirlediği değerden biraz daha yüksek, 53 LAeq olarak alınması uygun görülmüştür.

Çağrı merkezlerinde yansıma süresi (RT) değerinin uzun olması, işitsel azaltıcı ses düzeyi artışına yol açacaktır. Mekânlarda, yansıma süresinin gürültü kontrolü amacıyla göz önünde bulundurulduğu durumlarda, mekân tasarımcıları belirli bir akustik ortam sağlamayı amaçlamadığı sürece yansıma süresi mümkün olduğu kadar azaltılmalıdır. Bu yüzden çağrı merkezlerinde yansıma süresinin 0,1 ile 0,4 saniye aralığında olması önerilmektedir [91].

Çağrı merkezlerinde konuşmanın gizliliği ve anlaşılabilirliği önemli bir planlama sorunudur. Konuşmanın anlaşılabilirliği, konuşma içerisinde geçen kelimelerin ne

kadarının anlaşılabilmesine, konuşma gizliliğinde ne kadarının anlaşılamadığına bağlıdır. Bu tür hacimlerde çalışanların sürekli telefonla iletişim halinde olmasından dolayı, hacim içerisinde konuşmanın anlaşılabilir olması istenilmeyen bir durumdur. Çağrı merkezlerinde çalışanlar hem kaynak hem de dinleyici durumundadır. Yapılan çalışmalar sonucunda çağrı merkezi çalışanlarının aktif iletişim halinde olduğu durum ile dinleyici olduğu durum kıyaslandığında, dinleyici olduğu durumda gürültüden daha fazla rahatsız olmaktadır. Bu açıdan bakıldığında bu tür hacimlerde konuşma gizliliğinin sağlanması önemlidir.

Tablo 4.2 NCB 45'e göre frekansa bağlı kabul edilebilir gürültü düzeyi değerleri

Frekans(Hz)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
NCB45	58	54	50	47	43	40

Tasarlanan kurgu hacimler içerisinde kullanılan gereçler ve frekanslara bağlı yutuculuk değerleri Tablo 4.3' te yer almaktadır.

Açık planlı bürolarda tavanlar, akustik açıdan en önemli mimari tasarım parametresidir. Tavan ve asma tavan yüzeylerinin ses yutma katsayısının oldukça yüksek olması önerilmektedir. Çünkü çalışma alanlarının bölme panolarıyla ayrıldığı açık planlı bürolarda yansıyan seslerin diğer çalışma birimlerinin tümüne birden iletilmesine neden olan en geniş düzlem tavan yüzeyleridir [87].

Tablo 4.3 Kurgu çağrı merkezi tasarımlarında kullanılan gereçler ve frekansa göre yutuculuk değerleri

Yapı Elemanı	Gereç özellikleri	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Pencere	Pencere çift cam 10 mm boşluklu	0.02	0.06	0.03	0.03	0.02	0.02
Duvar	Sıva üz. alçı ya da boya	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Duvar	Ahşap çıtalarla monte edilmiş mineral yün	0.22	0.7	0.9	0.8	0.82	0.6
Masa	Ahşap masa	0.080	0.080	0.090	0.090	0.1	0.12
Oturma	Koltuk	0.17	0.39	0.40	0.39	0.33	0.30
Kullanıcı	İnsan	0.17	0.22	0.26	0.30	0.33	0.36
Bölme elemanı	Yalıtım paneli	0.060	0.13	0.47	0.910	0.94	0.78
Tavan	Taş yünü asma tavan	0.53	0.78	0.87	0.91	0.92	0.91
Tavan	Alçıpan asma tavan	0.020	0.020	0.030	0.04	0.040	0.030
Zemin	Halı 1/8 pile yüksekliği	0.050	0.1	0.2	0.690	0.710	0.730

Hesaplamalarda kullanılan diğer veri ve kabuller aşağıda yer almaktadır.

- Simülasyonlarda SoundPLAN 8.1 akustik modelleme programı kullanılmıştır.
- Çağrı merkezlerinde çalışanlar hem dinleyici hem de kaynak durumundadır. Simülasyon çalışmalarında kişiler programın kitaplığından nokta kaynak ve ses gücü düzeyleri normal konuşmaya karşılık gelen 64.6 dBA olarak alınmıştır.

- Hesaplamalar, hem gürültünün hacim içindeki genel dağılımını görmek amacı ile ızgaralı gürültü haritası, hem de daha ayrıntılı inceleme ve değerlendirmelerde bulunabilmek için nokta alıcı hesapları biçiminde gerçekleştirilmiştir.
- Nokta alıcı hesapları için, hacmin değişik noktalarında oturan çalışanlar referans olarak alınmıştır. Hesaplar, referans noktalarda oturan kişilerin sustuğu, diğer çalışanların konuştuğu durumlar için gerçekleştirilmiştir. Kişilerin gürültüden etkilenmesinin ağırlıklı olarak kendilerinin konuşmayıp, diğer konuşan kişilerin seslerini duyması sırasında daha fazla olması nedeniyle, hesaplar sırasında, referans kişilerin kaynak değil, sadece alıcı oldukları durum kabul edilmiştir.
- Iızgaralı ve nokta alıcı hesaplarında, oturan kişilerin zeminden kulak yüksekliği olarak 1.10 m alınmıştır.
- 4 farklı kurgu hacimde 125 Hz – 4000 Hz arasındaki altı oktav bantta, gereken toplam yutuculuk değerleri, frekansa bağlı ve toplam ses düzeyi hesapları gerçekleştirilmiştir.
- Kurgu hacimler üzerinde alıcı noktalarındaki ses gücü düzeyi NCB45 değerlerine göre analiz edilerek, çağrı merkezleri için gürültü düzeyi dağılımlarını veren gürültü haritaları ve gürültü dağılım grafikleri elde edilmiştir.

4.1.1 Hacimlerin Toplam Yutuculuk Değerlerinin Hesaplanması

Kapalı hacimlerde alıcıda oluşan ses kaynaktan çıkıp doğrudan alıcıya ulaşan dolaysız ses ve hacmin yüzeyleri arasında gerçekleşen yansımaların sonucu olarak bütün hacmi dolduran ve her doğrultudan alıcıya ulaşan yansımış ses bileşenlerinden oluşmaktadır. Kapalı hacimlerde yansımış ses düzeyi yüzey yutuculuklarına, nesnelerin yutuculuklarına ve havanın yutuculuğuna bağlıdır. Havanın yutuculuğu, yüksek frekanslar olan 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz için söz konusudur ve “m” katsayısına bağlıdır. Bu katsayı havanın sıcaklığına ve bağıl neme bağlı bir büyüklüktür.

$$\text{Yüzeylerin yutuculuğu: } A_y = S_1a_1 + S_2a_2 + S_3a_3 + \dots + S_n a_n \quad (4.1)$$

$$\text{Birimlerin yutuculuğu: } A_b = N_1a_1 + N_2a_2 + N_3a_3 + \dots + N_n a_n \quad (4.2)$$

$$\text{Havanın Yutuculuğu: } A_h = 4mV \quad (4.3)$$

Hacmin toplam yutuculuğu (A);

Hacmin iç yüzeylerinin toplam yutuculuğu (A_y),

İnsan-eşya gibi nesnelerin toplam yutuculuğu (A_b) ve

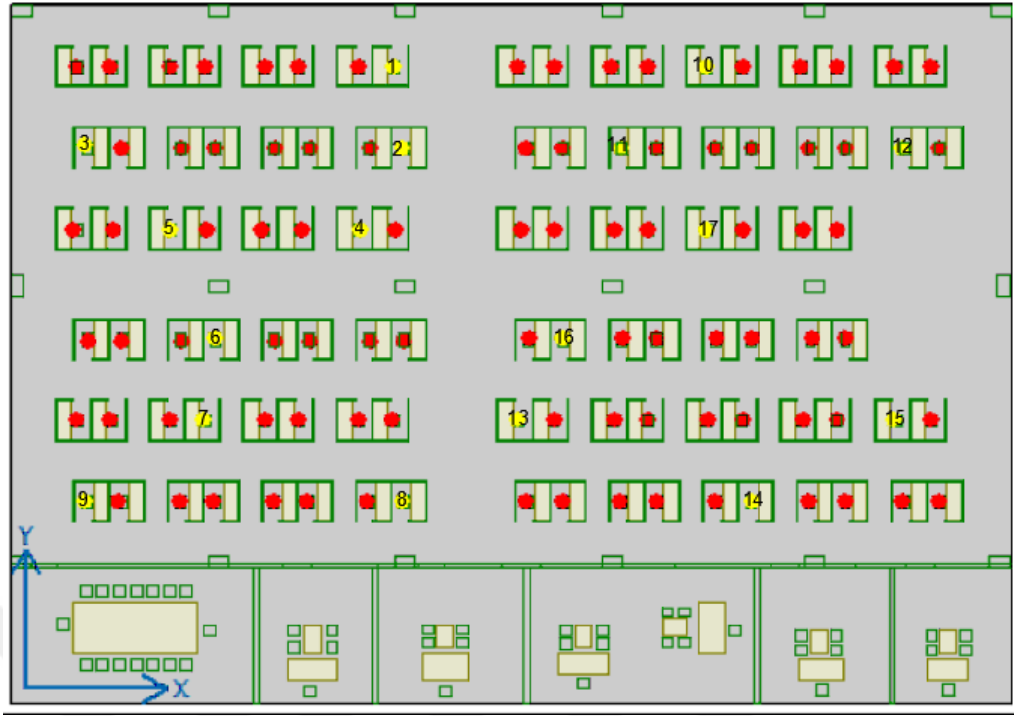
Havanın yutuculuklarının (A_h) , toplamından oluşur.

$$A = A_y + A_b + A_h \quad (4.4)$$

4.1.2 Kurgu 1 Hacmi Toplam Yutuculuk Değerlerinin Hesaplanması

Çağrı merkezi örnekleme 35 m x 25 m x 4 m ebatlarındadır. Hacim içerisinde 106 çalışan bulunmaktadır. Tablo 4.3' teki gereçler yapı elamanlarına atanarak, frekansa göre kabul edilebilir gürültü düzeylerini sağlayan optimum yutuculuklar SoundPLAN 8.1 simülasyon programı aracılığı ile hesaplanmıştır. Bu değerler, farklı yutucu gereçlerin değişik alan büyüklüklerinde atanması ile birçok simülasyon sonucunda bulunmuştur.

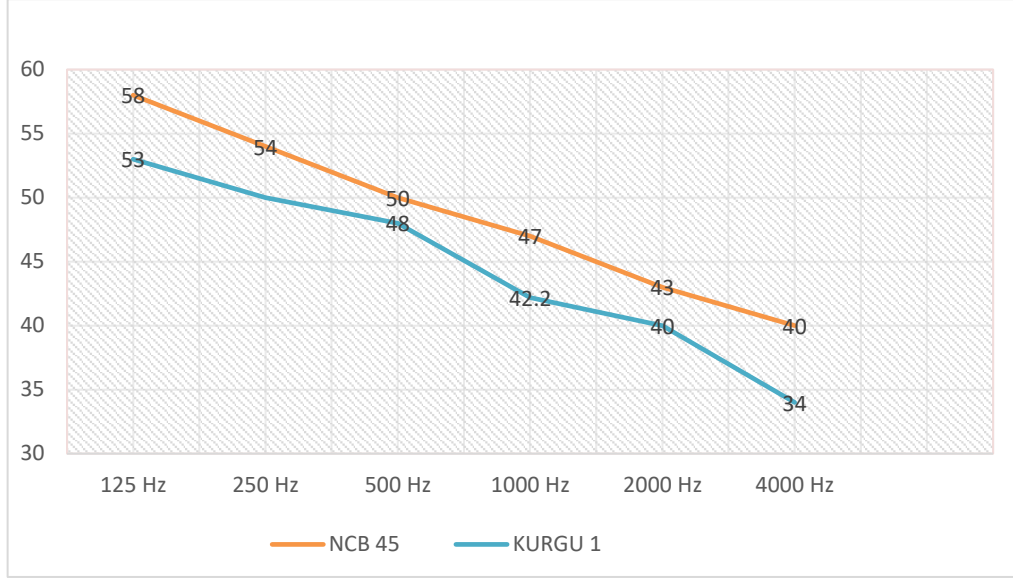
Kabul edilebilir optimum konfor şartları sağlayan gereçlerin yüzey yutuculukları atanarak yapılan hesaplama sonucunda, hacim içerisindeki eşdeğer gürültü düzeyi ortalama 49 dBA'ya kadar azalmıştır. Tablo 4.3'teki değerlere göre yansım süresi çağrı merkezleri için istenilen aralıktadır (0.1-0.4). Konuşma gizliliği için hacim akustiği parametrelerinde STI<0.5 olması istenmektedir ve bu hacim örnekleme, STI 0.34 değeriyle akustik konfor şartlarını sağlamaktadır.



Şekil 4.2 106 kişilik çağrı merkezi tasarımı, kaynak ve alıcı noktalar

Tablo 4.4 106 kişilik çağrı merkezi tasarımı, tek nokta alıcı hesaplamaları

Alıcı no	T60 (s)	STI	LAeq	Gürültü düzeyi (dB)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1	0.33	0.34	48.8	52.5	47.6	47.6	43.5	39	33.3
2	0.33	0.35	48	51.7	48.2	45.5	40.8	40.6	34.1
3	0.33	0.42	50.5	55	52.1	49	42.6	39.3	35.6
4	0.33	0.43	49.4	53	50	48.4	42.4	39.4	34.3
5	0.33	0.44	50.4	55	53	49.4	41.8	40.7	35.6
6	0.33	0.19	49.4	54.3	52.1	48.1	44.1	39.5	35.5
7	0.33	0.19	46.9	46.9	46.5	44.8	40.3	38.7	32.5
8	0.33	0.35	49.7	55.6	52.1	48.5	41.7	39.3	33.7
9	0.33	0.34	48.2	51	46.7	46.2	40.7	39.8	32.7
10	0.33	0.38	49.8	54	51	48.7	42.2	39.4	33.8
11	0.33	0.45	49.2	52.5	48	46.9	41.3	40.8	34.9
12	0.33	0.50	50	53.8	52.3	48.1	41.6	38.9	33.6
13	0.33	0.40	48.4	52.5	47.9	46.6	42.8	39.8	34.2
14	0.33	0.22	49.2	54.3	50.1	48	42.9	38.9	34.6
15	0.33	0.19	49	54.2	51	48.4	43.5	39.1	34.1
16	0.33	0.27	48.3	52.2	47.9	46.6	42.6	40	34
17	0.33	0.42	50.2	54.3	51.3	49	42.8	40	34.5
Ortalama	0.33	0.34	49	53	50	48	42.2	40	34
NCB 45			53	58	54	50	47	43	40



Şekil 4.3 Kurgu 1 çağrı merkezi gürültü düzeylerinin NCB 45 değerleri ile karşılaştırılması

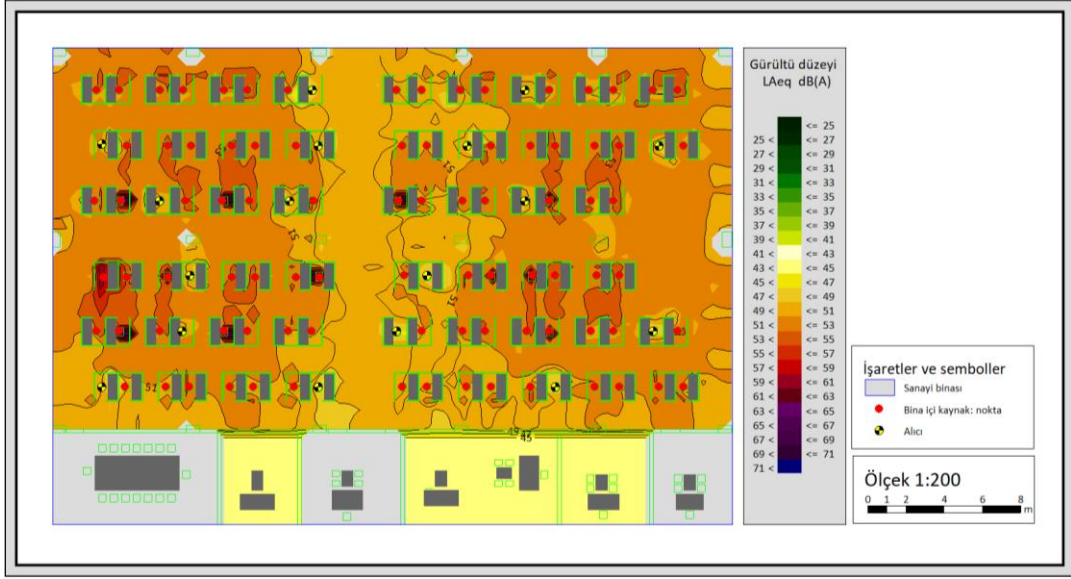
Tablo 4.5’ te Kurgu 1 hacminde frekansa göre sağlanması gereken minimum toplam yutuculuk değerleri, Tablo 4.6’da ise hacim içerisinde kullanılan yüzey gereçleri ve nesnelerin yutuculuk değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.5 Kurgu 1 frekansa göre sağlanması gereken minim toplam yutuculuk değerleri

Frekans (Hz)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Toplam yutuculuk A (m ²)	610.36	1100	1732	2650	2745	2566

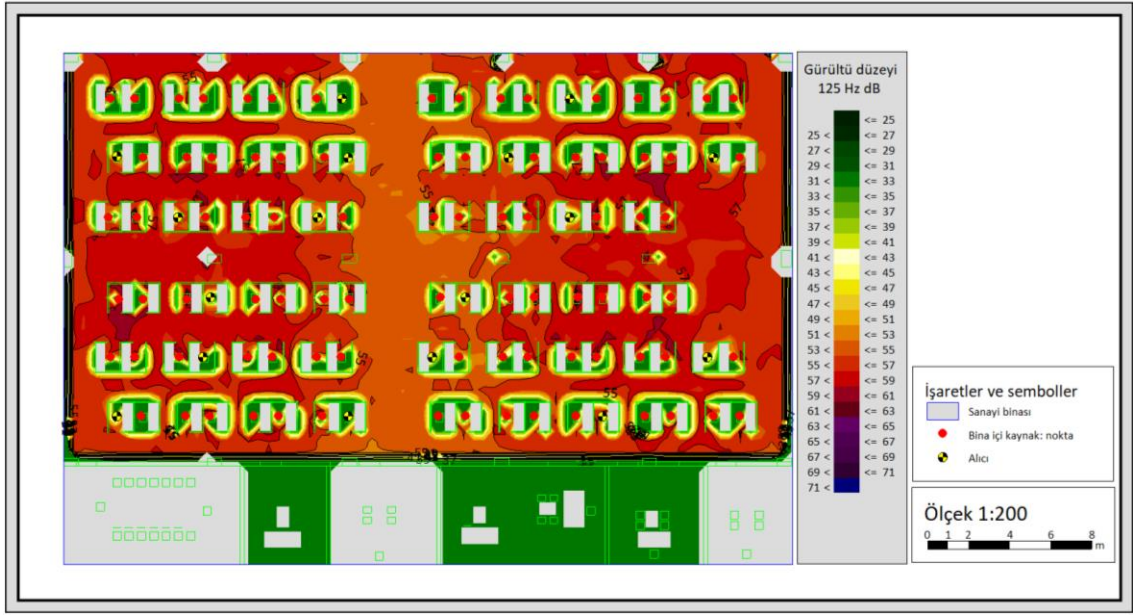
Tablo 4.6 Kurgu 1, frekansa bağı yutma çarpanı değerleri için hesaplanan yutuculuk değerleri ve ortalama yutma çarpanı değeri için hesaplanan toplam yutuculuk değeri

Yüzey Gereçleri	Yüzey Alanı (m ²)	Ortalama Yutma Çarpanı İçin Toplam Yutuculuk (m ²)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Duvar	386.5	7.73	7.73	7.73	7.73	7.73	7.73	7.73
Yutucu duvar	410	271	90.22	287	369	328	336	246
Döşeme	787	325.4	39.37	78.74	157.5	543	559	575
Tavan	410	12.13	8	8	12.13	16.17	16.17	12.13
Yutucu tavan	472	383	203	299	333	348	352	348
Pencere	162	4.63	3.24	9.72	4.86	4.86	3.24	3.24
Engel	1221	579	73	158.8	574	1111	1148	952.5
Masa	1366	134	109	109	123	123	137	164
Koltuk	222.5	73.5	37.9	86.8	89	86.8	73.5	67
İnsan	193	54.96	32.86	42.53	50	58	64	69.5



Şekil 4.4 Kurgu 1 gürültü düzey dağılımı haritası

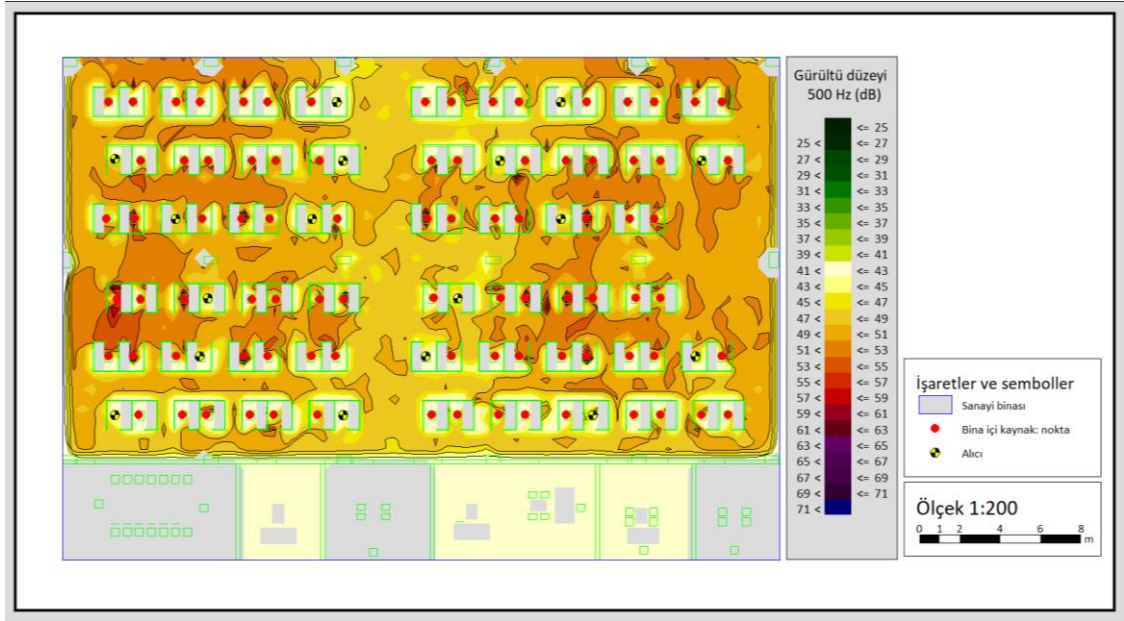
Tasarımı yapılan Kurgu 1 hacminde en uygun çalışma ünite modeli uygulanarak engel yüksekliği 70 cm olarak alınmıştır. Belirlenen alıcı noktaları referans alınarak elde edilen ölçüm sonuçları sonucunda, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 49 dBA – 53 dBA aralığındadır. Çağrı merkezlerinde önemli etken olarak düşünülen çalışanın sustuğu anda gürültüden daha fazla rahatsız olduğu durumudur. Bu amaçla bazı çalışanların konuşmadığı durum olarak düşünülmüştür. Gürültü düzey dağılım haritası incelendiğinde çalışanın sustuğu durum olarak düşünülen tüm alıcı noktalarında eşdeğer gürültü düzeyinin 50 dBA' nın altında olduğu görülmektedir (Şekil 4.4).



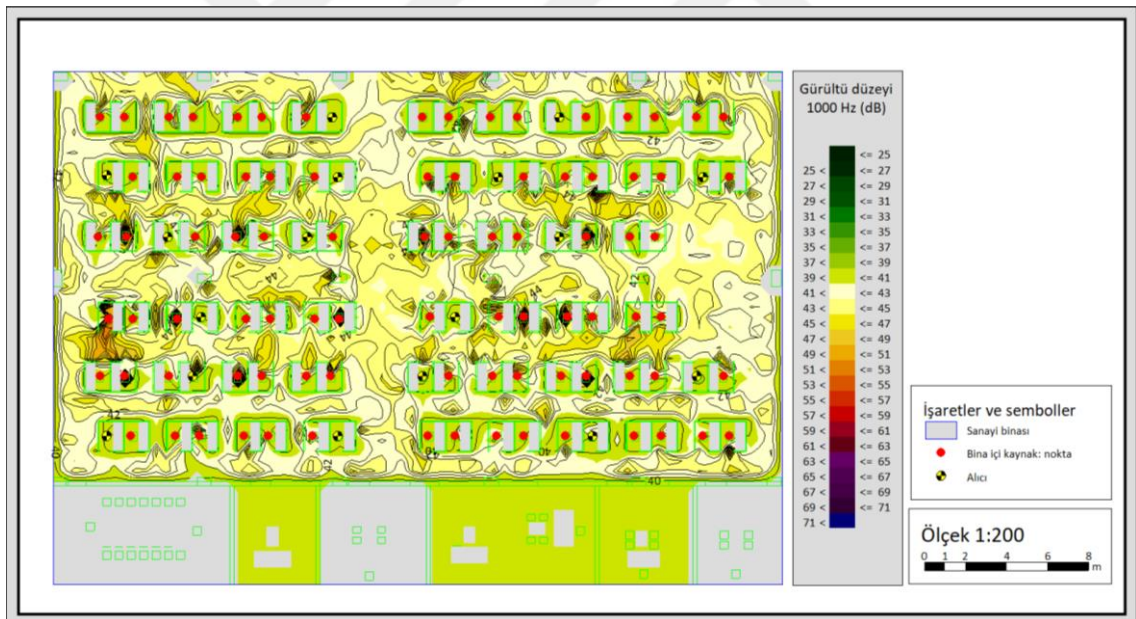
Şekil 4.5 Kurgu 1, 125 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



Şekil 4.6 Kurgu 1, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



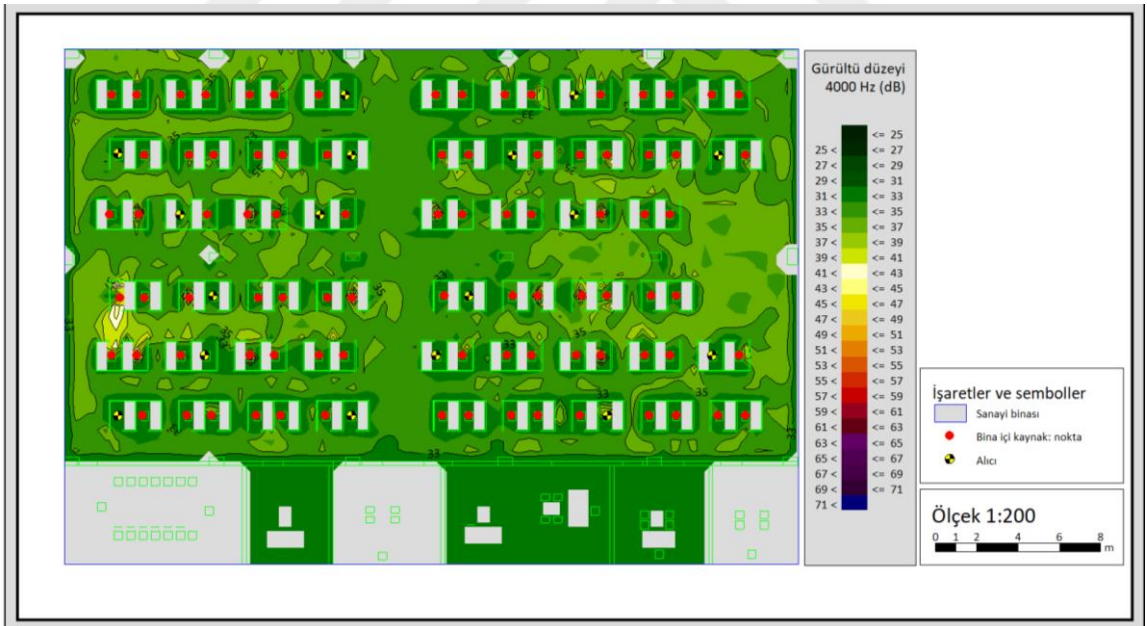
Şekil 4.7 Kurgu 1, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



Şekil 4.8 Kurgu 1, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



Şekil 4.9 Kurgu 1, 2000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



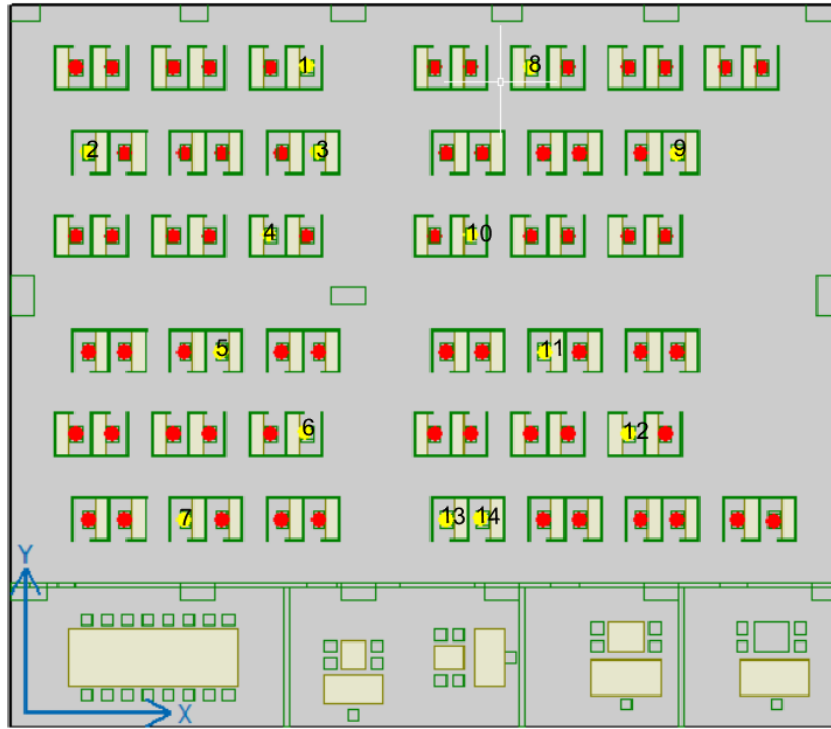
Şekil 4.10 Kurgu 1, 4000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritaları

- NCB 45 değerlerine göre 125 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 58 dB'dir. Kurgu 1 hacminde, 125 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 53 dB – 58 dB aralığındadır ve sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.5).
- NCB 45 değerlerine göre 250 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 54 dB'dir. Kurgu 1 hacminde, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 51 dB – 54 dB aralığındadır ve sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.6).
- 500 Hz frekans tayfında ise olması gereken alt sınır değer 50 dB'dir. Kurgu 1 hacminde, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 47dB – 51 dB aralığındadır ve sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.7).
- 1000 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 47 dB'dir. Kurgu 1 hacminde, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 41dB – 47 dB aralığındadır ve sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4. 8).
- 2000 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 43 dB'dir. Kurgu 1 hacminde, 2000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 39 dB – 41 dB aralığındadır ve sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).
- NCB 45 değerlerine göre 4000 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer ise 40 dB'dir. Kurgu 1 hacminde, 4000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 33 dB – 37 dB aralığındadır ve sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.10).

4.1.3 Kurgu 2 Hacmi Toplam Yutuculuk Değerlerinin Hesaplanması

Kurgu 2 Çağrı merkezi örnekleme 27m x 25m x 3.75m ebatlarındadır. Hacim içerisinde 76 çalışan bulunmaktadır. Tablo 4.3' teki gereçler yapı elamanlarına atanarak, frekansa göre kabul edilebilir gürültü düzeylerini sağlayan optimum yutuculuklar SoundPLAN 8.1 simülasyon programı aracılığı ile hesaplanmıştır. Bu değerler, farklı yutucu gereçlerin değişik alan büyüklüklerinde atanması ile birçok simülasyon sonucunda bulunmuştur.

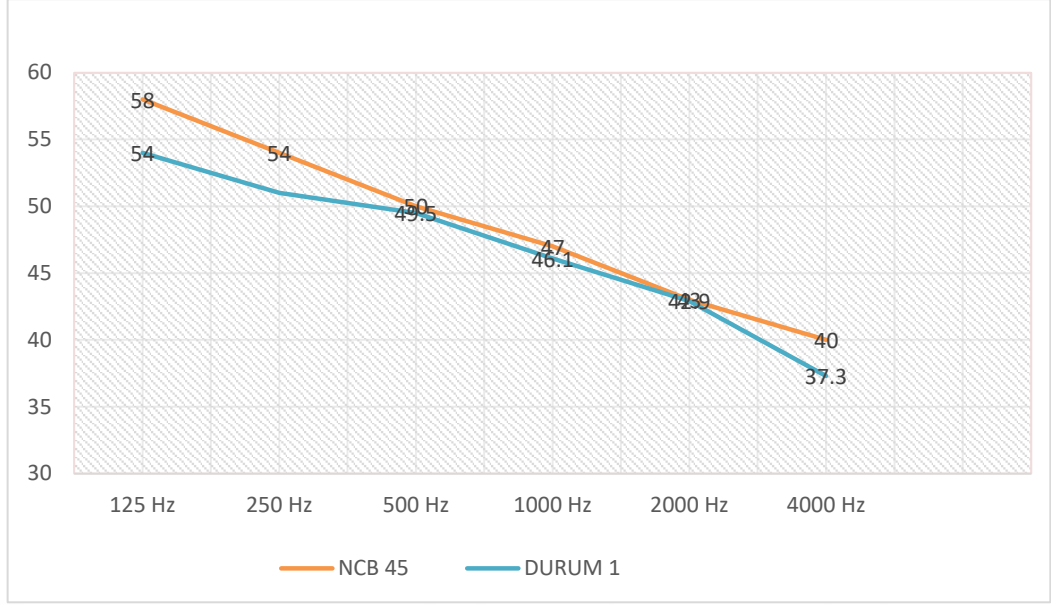
Kabul edilebilir optimum konfor şartları sağlayan gereçlerin yüzey yutuculukları atanarak yapılan hesaplama sonucunda, hacim içerisindeki eşdeğer gürültü düzeyi ortalama 51.6 dBA'ya kadar azalmıştır. Tablo 4.7'deki değerlere göre yansıma süresi çağrı merkezleri için istenilen aralıktadır (0.1-0.4). Konuşma gizliliği için hacim akustiği parametrelerinde STI<0.5 olması istenmektedir ve bu hacim örnekleme, STI 0.46 değeriyle akustik konfor şartlarını sağlamaktadır.



Şekil 4.11 76 kişilik çağrı merkezi tasarımı, kaynak ve alıcı noktaları

Tablo 4.7 76 kişilik çağrı merkezi tasarımı, tek nokta alıcı hesaplamaları

KURGU 100	T60	STI	LAeq	Frekansa göre ses düzeyleri					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1	0.33	0.40	49.8	52.7	49.1	48.2	44.7	40.1	35.3
2	0.33	0.40	49.9	53.4	49.4	46.5	43.4	41.4	35.5
3	0.33	0.40	56.1	57.1	54.9	54	51	48.1	41.5
4	0.33	0.40	52	54.7	50.8	49.8	46.8	43.6	37.6
5	0.33	0.30	54.7	56.4	52.7	52.4	48.8	46.8	41.6
6	0.33	0.30	51	53.2	50.4	49.3	44.6	40.5	36.4
7	0.33	0.40	54.4	55.8	52.9	50.6	49	45.1	40.5
8	0.33	0.50	49.5	52.2	49.8	49.4	44.2	41.8	35.6
9	0.33	0.50	55.1	55.5	53.3	52.5	49.2	45.9	40.8
10	0.33	0.40	50.4	54.2	50.3	49.1	44.5	41.7	35.6
11	0.33	0.30	50.2	53.8	49.7	47.8	46.1	41.2	35.4
12	0.33	0.40	54.3	55.3	53	52.6	48.7	45.5	40.4
13	0.33	0.30	47.6	50.3	46.2	43.9	42	39.2	33.3
14	0.33	0.40	48.3	51.3	46.9	46.8	42.6	39.8	33.7
Ortalama	0.33	0.38	51.6	54	51	49.5	46.1	42.9	37.3
NCB 45			53	58	54	50	47	43	40



Şekil 4.12 NCB 45 değerleri ile kurgu 2 çağrı merkezi, eşdeğer gürültü düzeyi değerlendirilmesi

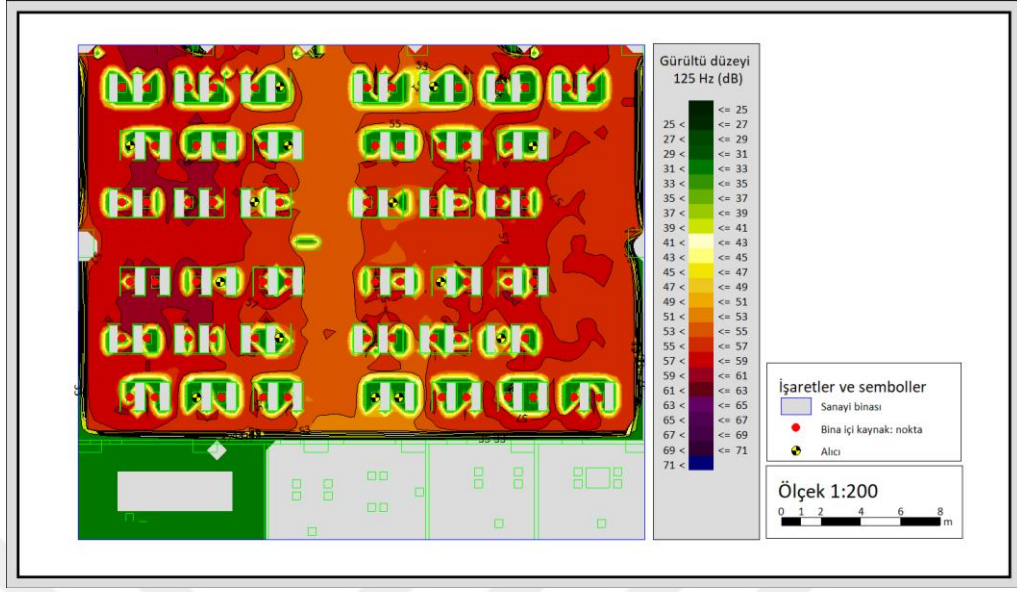
Tablo 4.8' de Kurgu 2 hacminde frekansa göre sağlanması gereken minimum toplam yutuculuk değerleri, Tablo 4.9'da ise hacim içerisinde kullanılan yüzey gereçleri ve nesnelerin yutuculuk değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.8 76 kişilik çağrı merkezi tasarımı, frekansa göre toplam yutuculuk değerleri

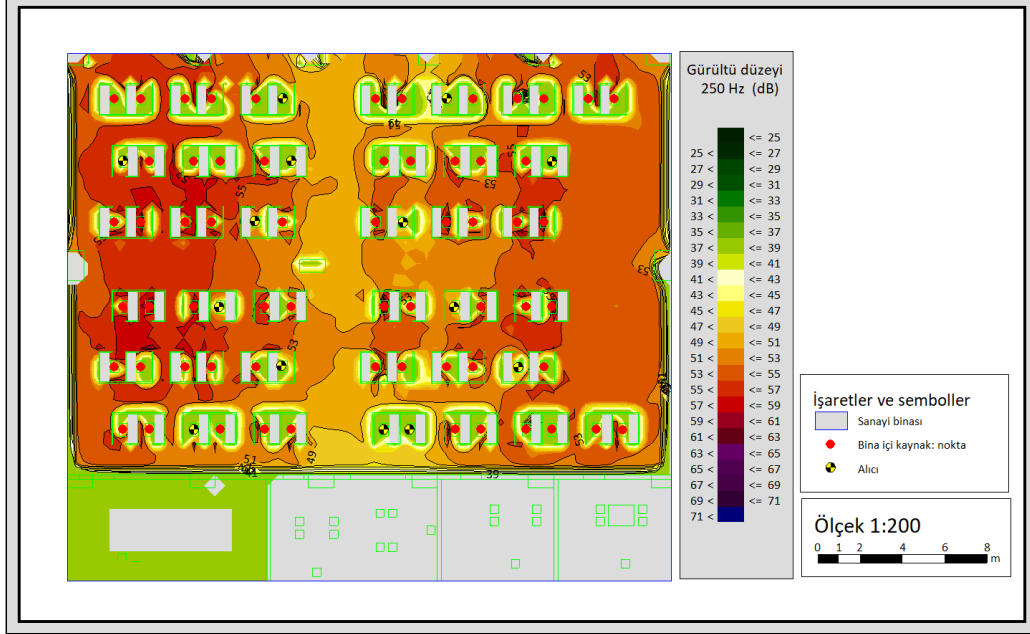
KURGU 2 FREKANS GÖRE TOPLAM YUTUCULUK DEĞERLERİ						
Frekans (Hz)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Toplam yutuculuk	437	783	1245	1926	1990	1874

Tablo 4.9 Kurgu 2, frekansa bağı yutma çarpanı değerleri için hesaplanan yutuculuk değerleri ve ortalama yutma çarpanı değeri için hesaplanan toplam yutuculuk değeri

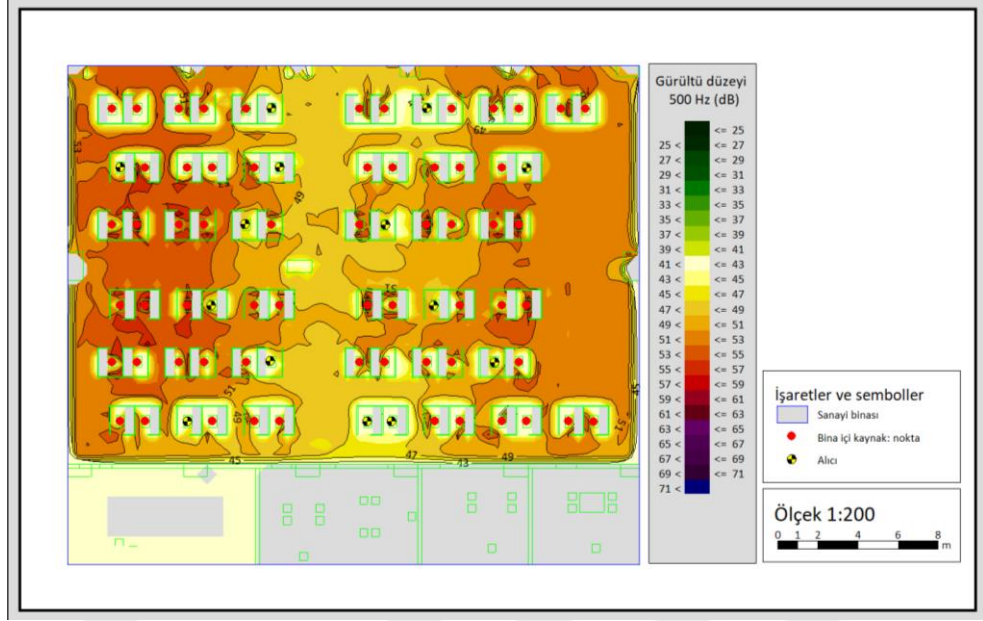
Yüzey Gereçleri	Yüzey Alanı	Ortalama Yutma Çarpanı İçin Toplam Yutuculuk (m ²)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Duvar	215	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
Yutucu duvar	288.7	180	63.5	202	260	231	173	150
Döşeme	607	251	30.4	60.8	121.5	419	431	443
Tavan	308	9.8	6.17	9.26	12.34	12.34	9.26	9.26
Yutucu tavan	299	245	158.6	228	250	272	275	272
Pencere	78.6	2.25	1.6	4.7	2.36	2.36	1.57	1.57
Engel	881	499	52.9	114.5	414	801	810	801
Masa	999	93.3	70	70	80	80	90	110
Koltuk	142	282.6	24	55	57	55	49	42.6
İnsan	175	49.96	29.88	38.66	45.69	52.72	58	63.27



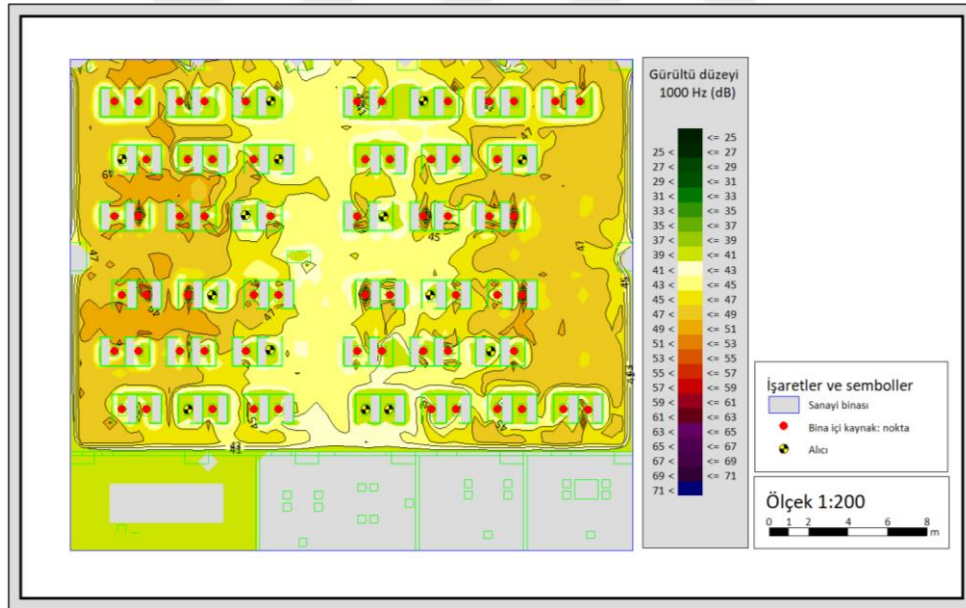
Şekil 4.14 Kurgu 2, 125 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



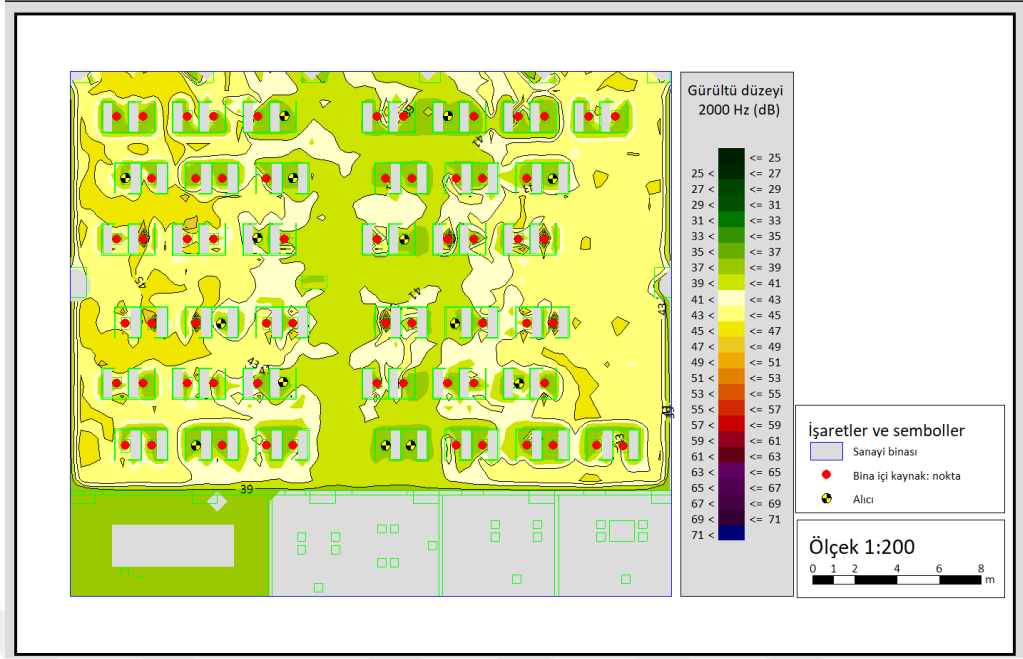
Şekil 4.15 Kurgu 2, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



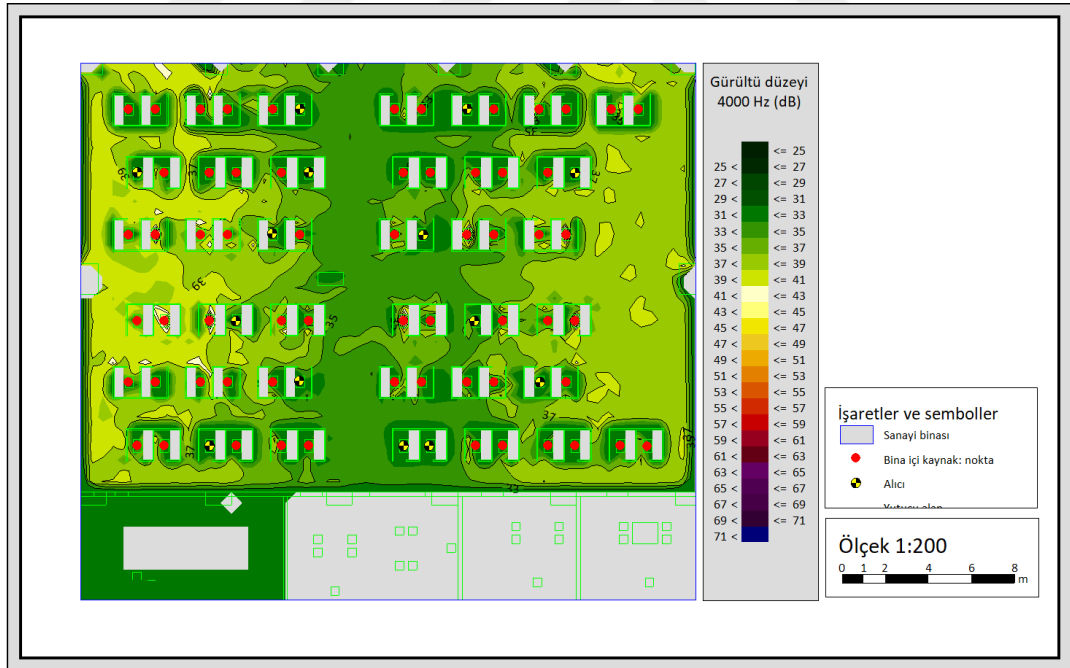
Şekil 4.16 Kurgu 2, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



Şekil 4.17 Kurgu 2, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



Şekil 4.18 Kurgu 2, 2000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



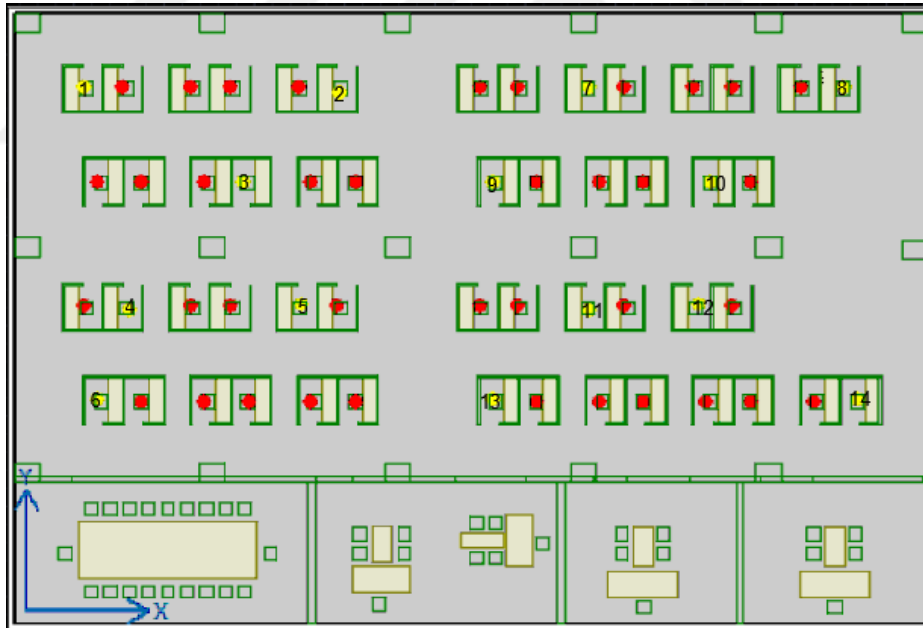
Şekil 4.19 Kurgu 2, 4000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası

- NCB 45 değerlerine göre 125 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 58 dB'dir. Kurgu 2 hacminde, 125 Hz frekans tayfında, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 55 dB – 59 dB aralığındadır ve genel olarak sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.14).
- NCB 45 değerlerine göre 250 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 54 dB'dir. Kurgu 2 hacminde, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 51 dB – 57 dB aralığında değişmektedir (Şekil 4.15).
- 500 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 50 dB'dir. Kurgu 2 hacminde, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 47dB – 55 dB aralığındadır ve alıcı noktalardaki gürültü düzeylerinin ortalama değerinin sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.16).
- 1000 Hz frekans tayfında ise olması gereken alt sınır değer 47 dB'dir. Kurgu 2 hacminde, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 41dB – 49 dB aralığındadır ve alıcı noktalardaki ortama gürültü düzey değerinin sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.17).
- 2000 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 43 dB'dir. Kurgu 2 hacminde, 2000 Hz frekans tayfında, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 39 dB – 45 dB aralığındadır ve sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.18).
- NCB 45 değerlerine göre 4000 Hz frekans tayfında ise olması gereken alt sınır değer 40 dB'dir. Kurgu 2 hacminde, 4000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 35 dB – 41 dB aralığındadır ve ortalama değer, sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.19).

4.1.4 Kurgu 3 Hacmi Toplam Yutuculuk Değerlerinin Hesaplanması

Kurgu 3 Çağrı merkezi örnekleme 25m x 18m x 3.5m ebatlarındadır. Hacim içerisinde 52 çalışan bulunmaktadır. Tablo 4.3' teki gereçler yapı elamanlarına atanarak, frekansa göre kabul edilebilir gürültü düzeylerini sağlayan optimum yutuculuklar SoundPLAN 8.1 simülasyon programı aracılığı ile hesaplanmıştır. Bu değerler, farklı yutucu gereçlerin değişik alan büyüklüklerinde atanması ile birçok simülasyon sonucunda bulunmuştur.

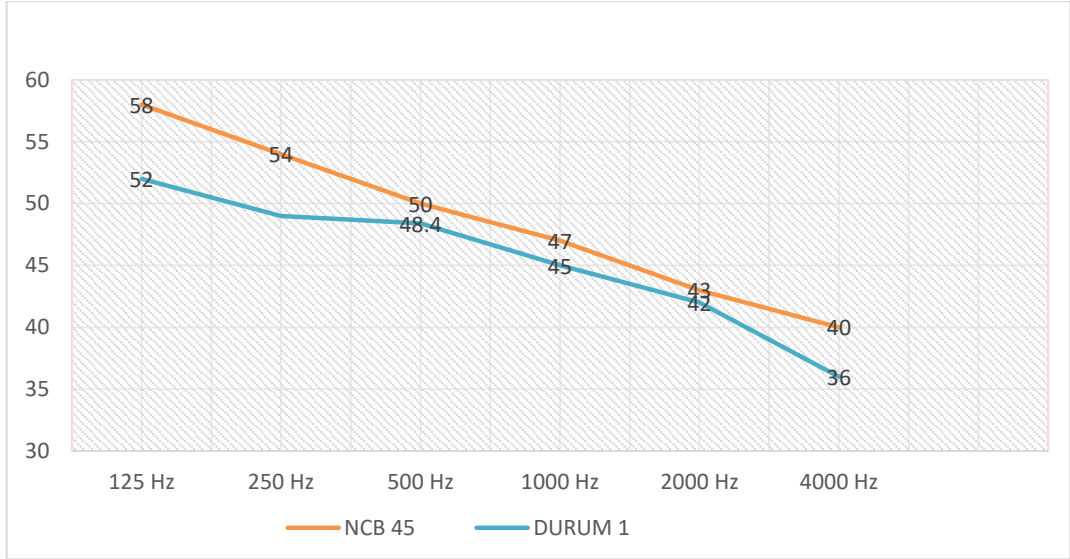
Kabul edilebilir optimum konfor şartları sağlayan gereçlerin yüzey yutuculukları atanarak yapılan hesaplama sonucunda, hacim içerisindeki eşdeğer gürültü düzeyi ortalama 51.6 dBA'ya kadar azalmıştır. Tablo 4.9'daki değerlere göre yansıma süresi çağrı merkezleri için istenilen aralıktadır (0.1-0.4). Konuşma gizliliği için hacim akustiği parametrelerinde STI<0.5 olması istenmektedir ve bu hacim örnekleme, STI 0.34 değeriyle akustik konfor şartlarını sağlamaktadır.



Şekil 4.20 52 kişilik çağrı merkezi tasarımı, kaynak ve alıcı noktaları

Tablo 4.10 52 kişilik çağrı merkezi tasarımı, tek nokta alıcı hesaplamalar

KURGU 100	T60	STI	LAeq	Frekansa göre ses düzeyleri					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1	0.31	0.40	48.9	50.8	47.4	47.1	40.9	39.7	34.2
2	0.31	0.40	51.7	53.3	51	49.7	46.5	42.9	38.3
3	0.31	0.40	52	53.1	50.5	49.2	47.2	43.7	37.4
4	0.31	0.30	50.5	51.7	48.3	49	45.6	42.2	37
5	0.31	0.30	52.8	53.8	51.3	51.2	48.5	43.9	37.6
6	0.31	0.30	51.6	54	50.3	49.8	45.5	44.8	36.6
7	0.31	0.40	48.7	50.7	46.7	46	42.7	40.4	33.7
8	0.31	0.30	51.1	51.8	50.3	50	45.5	42.4	37
9	0.31	0.40	48.7	50.7	47.8	46.2	42.8	40.3	33.6
10	0.31	0.40	51.9	52.3	51.6	49.8	47.2	44	37.6
11	0.31	0.30	48.5	50.3	46.4	46	42.5	39.6	32.8
12	0.31	0.30	51.5	52.9	50.8	50.5	47.2	43.4	36.5
13	0.31	0.30	47.5	50.3	46	44.9	42.7	39.9	32.3
14	0.31	0.30	50.7	51.8	49.3	48.8	45.2	42	37.1
Ortalama	0.31	0.34	50	52	49	48.4	45	42	36
NCB 45			53	58	54	50	47	43	40



Şekil 4.21 NCB 45 değerleri ile kurgu 3 çağrı merkezi, eşdeğer gürültü düzeyi değerlendirilmesi

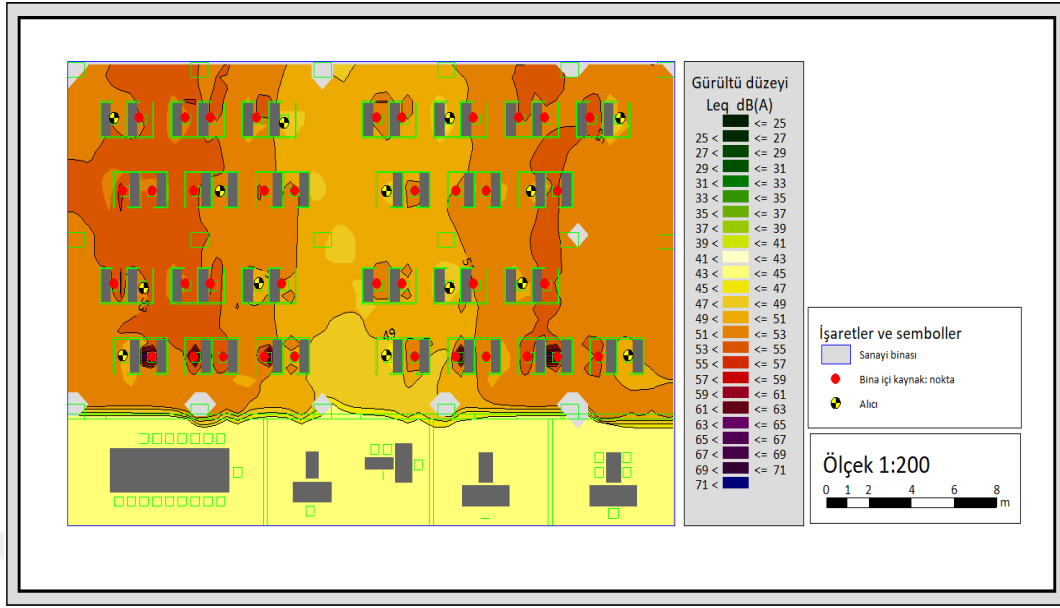
Tablo 4.10' da Kurgu 3 hacminde frekansa göre sağlanması gereken minimum toplam yutuculuk değerleri, Tablo 4.11'de ise hacim içerisinde kullanılan yüzey gereçleri ve nesnelerin yutuculuk değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.11 52 kişilik çağrı merkezi tasarımı, frekansa göre toplam yutuculuk değerleri

KURGU 3 FREKANS GÖRE TOPLAM YUTUCULUK DEĞERLERİ						
Frekans (Hz)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Toplam yutuculuk	373.44	728	1096	1602	1659	1534.6

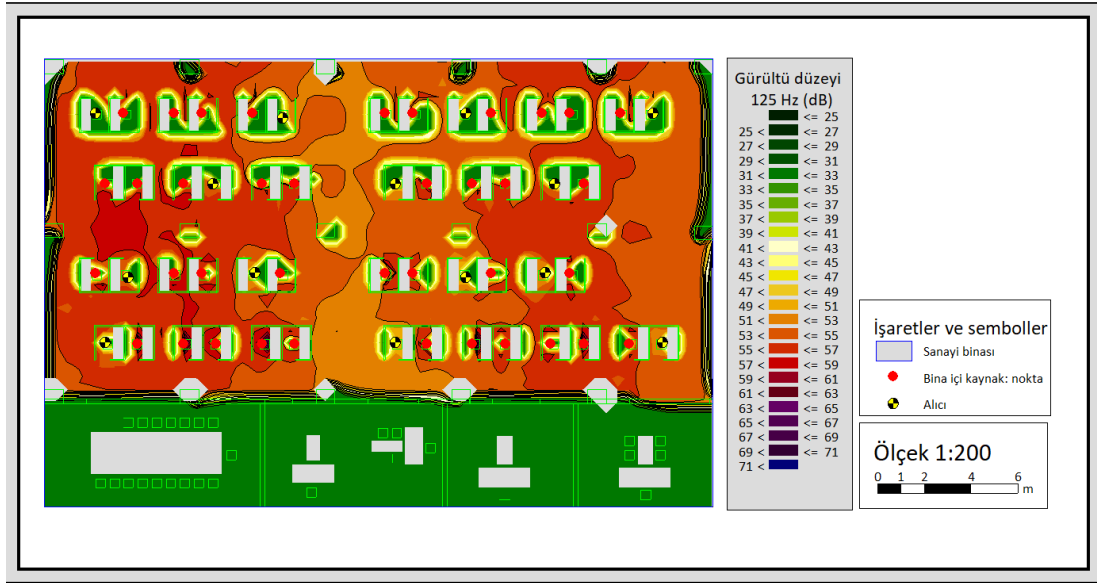
Tablo 4.12 Kurgu 3, frekansa bağılı yutma çarpanı değerleri için hesaplanan yutuculuk değerleri ve ortalama yutma çarpanı değeri için hesaplanan toplam yutuculuk değeri

Yüzey Gereçleri	Yüzey Alanı	Ortalama Yutma Çarpanı İçin Toplam Yutuculuk (m ²)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Duvar	357.5	7.15	7.15	7.15	7.15	7.15	7.15	7.15
Yutucu duvar	401	266	88	281	361	321	329	241
Döşeme	535	204	27	53.5	107	369	279.6	390
Tavan	332	9.96	6.64	6.64	9.96	13.28	13.28	9.96
Yutucu tavan	202	169	107	158	176	184	186	184
Pencere	127	4.02	2.55	7.64	3.8	3.8	3.8	2.55
Engel	601	350	36	78	282	546.5	464	468
Masa	707	69.74	56.6	56.6	63.7	63.7	71	85
Koltuk	147	47.8	25	57.5	59	57.5	48.6	44
İnsan	99	28.38	17	22	26	30	33	36



Şekil 4.22 Kurgu 3 gürültü düzey dağılımı gürültü haritası

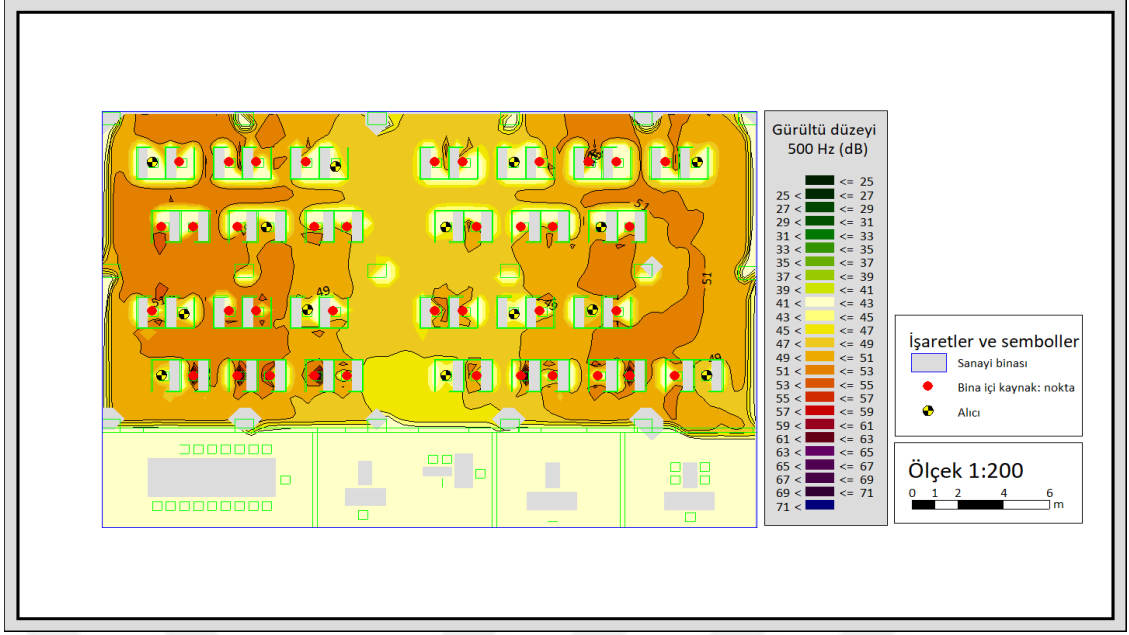
Tasarımı yapılan Kurgu 3 hacminde en uygun çalışma ünite modeli uygulanarak engel yüksekliği 70 cm olarak alınmıştır. Belirlenen alıcı noktaları referans alınarak elde edilen ölçüm sonuçları sonucunda, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 47 dBA – 53 dBA aralığındadır. Gürültü düzey dağılım haritası incelendiğinde çalışanın sustuğu durum olarak düşünülen tüm alıcı noktalarında eşdeğer gürültü düzeyinin 50 dBA’ nın altında olduğu görülmektedir (Şekil 4.22).



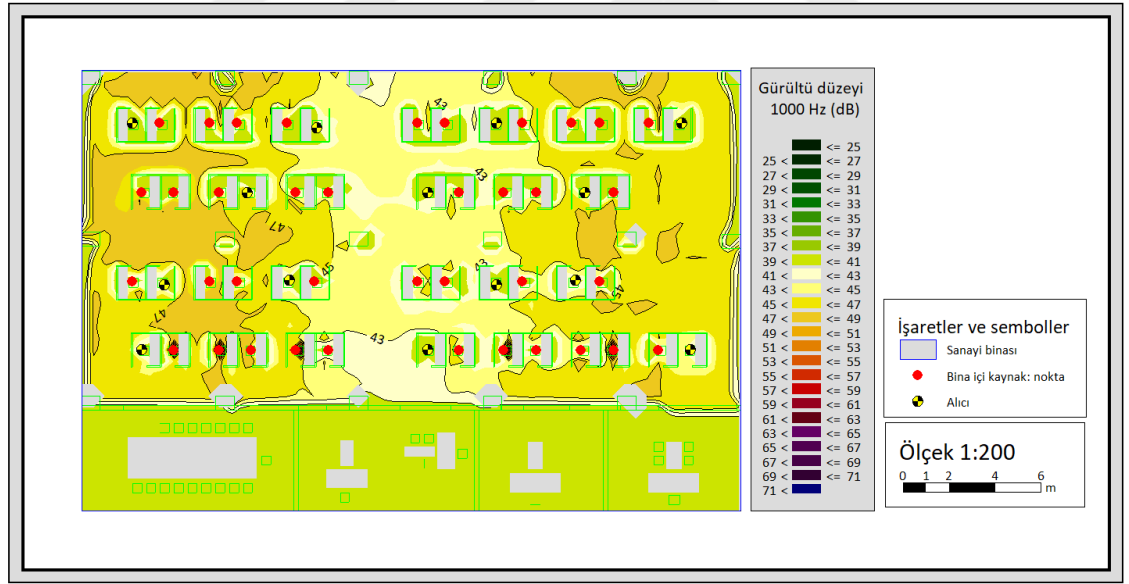
Şekil 4.23 Kurgu 3, 125 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



Şekil 4.24 Kurgu 3, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



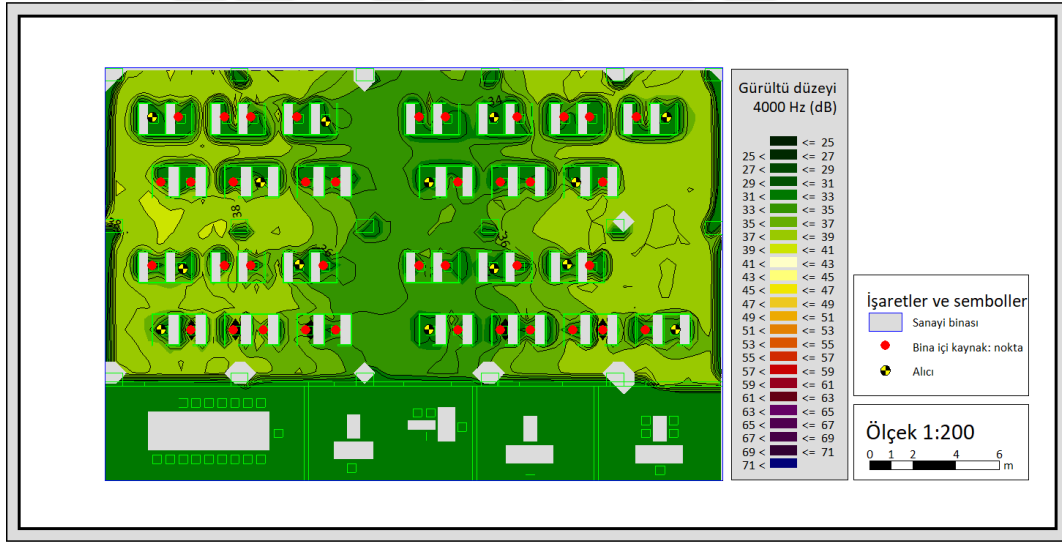
Şekil 4.25 Kurgu 3, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



Şekil 4.26 Kurgu 3, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü



Şekil 4.27 Kurgu 3, 2000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



Şekil 4.28 Kurgu 3, 4000 Hz frekansa gürültü düzey dağılımı gürültü haritaları

- NCB 45 değerlerine göre 125 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 58 dB'dir. Kurgu 3 hacminde, 125 Hz frekans tayfında, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 55 dB – 59 dB aralığındadır ve ortalama gürültü düzey dağılımı sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.23).

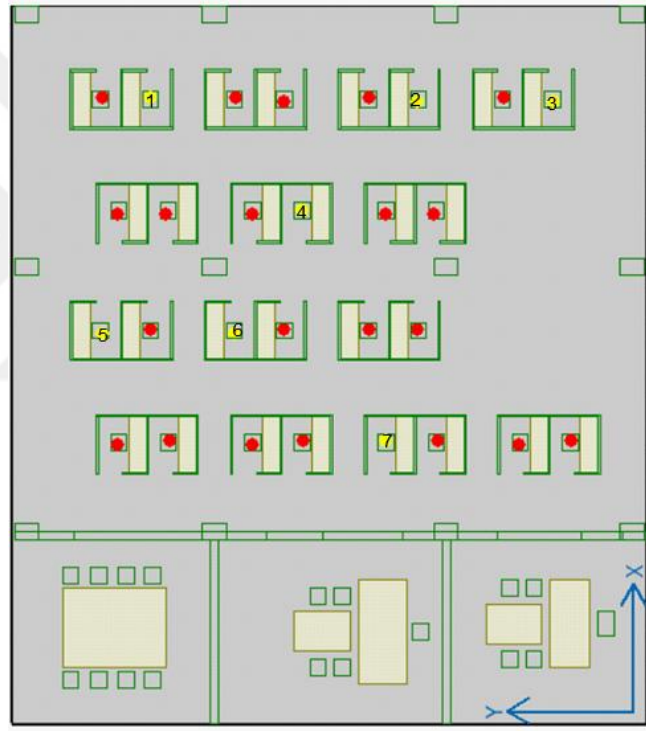
- NCB 45 değerlerine göre 250 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 54 dB'dir. Şekil 4.24'te Kurgu 3 hacminde, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 51 dB – 55 dB aralığındadır ve ortalama değer sınır değer aralığının altındadır.
- NCB 45 değerlerine göre 500 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 50 dB'dir. Kurgu 2 hacminde, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 47dB – 55 dB aralığındadır ve alıcı noktalardaki gürültü düzeylerinin ortalama değerinin sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4. 25).
- NCB 45 değerlerine göre 2000 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 43 dB'dir. Kurgu 3 hacminde, 2000 Hz frekans tayfında, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 39 dB – 45 dB aralığındadır ve ortalama gürültü düzeyinin sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.27).
- NCB 45 değerlerine göre 1000 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 47 dB'dir. Kurgu 3 hacminde, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 41dB – 49 dB aralığındadır ve alıcı noktalardaki ortama gürültü düzey değerinin sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.26).
- NCB 45 değerlerine göre 4000 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 40 dB'dir. Kurgu 3 hacminde, 4000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 33 dB – 41 dB aralığındadır ve ortalama değer, sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.28).

4.1.5 Kurgu 4 Hacmi Toplam Yutuculuk Değerlerinin Hesaplanması

Kurgu 4 Çağrı merkezi örnekleme 17m x 14m x 3.25m ebatlarındadır. Hacim içerisinde 28 çalışan bulunmaktadır. Tablo 4.3' teki gereçler yapı elamanlarına atanarak, frekansa göre kabul edilebilir gürültü düzeylerini sağlayan optimum

yutuculuklar SoundPLAN 8.1 simülasyon programı aracılığı ile hesaplanmıştır. Bu değerler, farklı yutucu gereçlerin değişik alan büyüklüklerinde atanması ile birçok simülasyon sonucunda bulunmuştur.

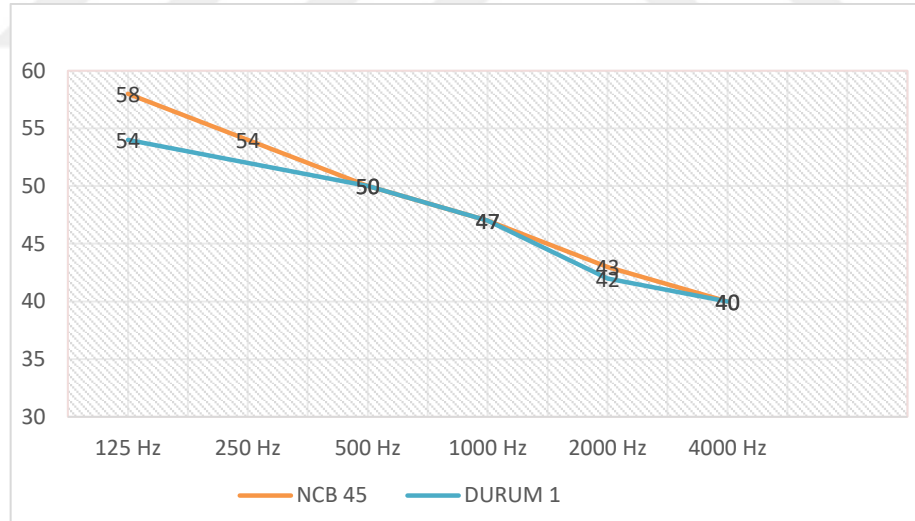
Kabul edilebilir optimum konfor şartları sağlayan gereçlerin yüzey yutuculukları atanarak yapılan hesaplama sonucunda, hacim içerisindeki eşdeğer gürültü düzeyi ortalama 49.7 dBA'ya kadar azalmıştır. Tablo 4.12'deki değerlere göre yansıma süresi çağrı merkezleri için istenilen aralıktadır (0.1-0.4). Konuşma gizliliği için hacim akustiği parametrelerinde $STI < 0.5$ olması istenmektedir ve bu hacim örnekleme, STI 0.31 değeriyle akustik konfor şartlarını sağlamaktadır.



Şekil 4.29 28 kişilik çağrı merkezi tasarımı, kaynak ve alıcı noktaları

Tablo 4.13 28 kişilik çağrı merkezi tasarımı, tek nokta alıcı hesaplamaları

KURGU 100	T60	STI	LAeq	Frekansa göre ses düzeyleri					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1	0.32	0.40	51.4	54.6	53.9	52.8	49.5	44.5	41
2	0.32	0.40	51.3	53.8	54.3	51.4	49.1	43.3	40.7
3	0.32	0.40	49.9	52.7	51.8	48.7	48.6	42.9	40
4	0.32	0.30	52	54	53.1	52.4	49.5	43.9	41.7
5	0.32	0.20	47.7	53	50.9	47.9	43.6	40.7	39.1
6	0.32	0.30	48.1	54.1	48.8	49.2	44.3	40.3	39.2
7	0.32	0.20	47.5	52.6	51.3	47.6	45.2	40.8	38.7
Ortalama	0.32	0.31	49.7	54	52	50	47	42	40
NCB 45			53	58	54	50	47	43	40



Şekil 4.30 NCB 45 değerleri ile kurgu 3 çağrı merkezi, eşdeğer gürültü düzeyi değerlendirilmesi

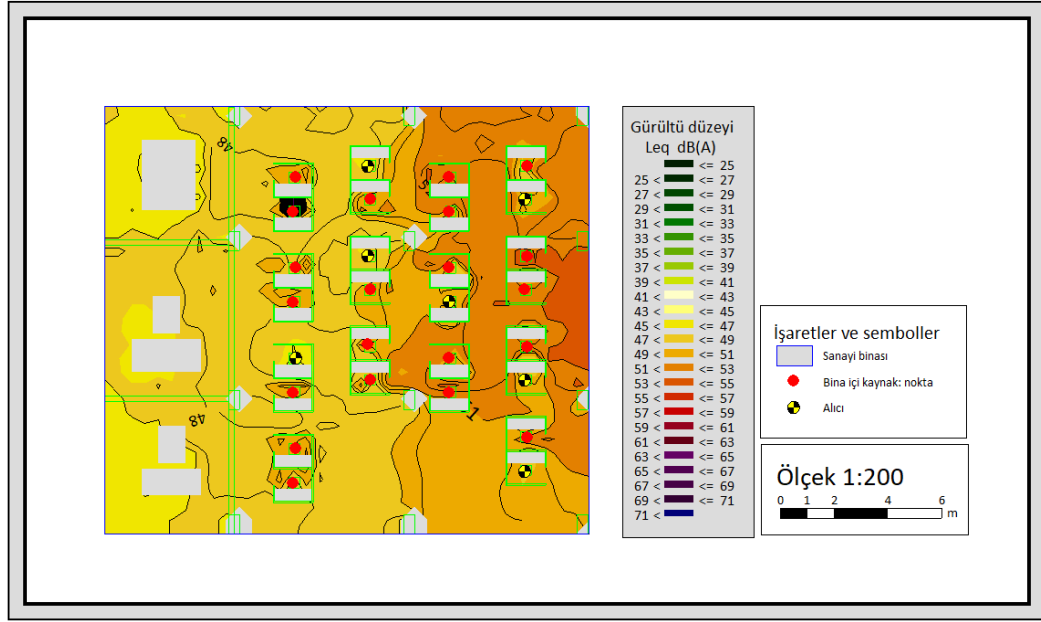
Tablo 4.13' de Kurgu 4 hacminde frekansa göre sağlanması gereken minimum toplam yutuculuk değerleri, Tablo 4.14'te ise hacim içerisinde kullanılan yüzey gereçleri ve nesnelerin yutuculuk değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.14 28 kişilik çağrı merkezi tasarımı, frekansa göre toplam yutuculuk değerleri

KURGU 4 FREKANS GÖRE TOPLAM YUTUCULUK DEĞERLERİ						
Frekans (Hz)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Toplam yutuculuk	186	332	513	792	819	772

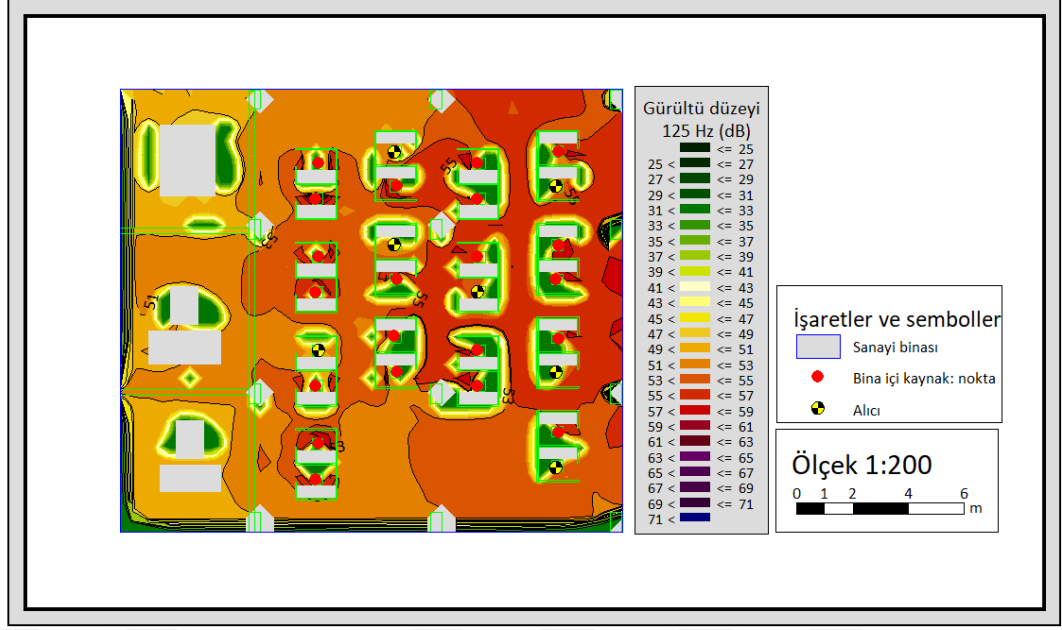
Tablo 4.15 Kurgu 4, frekansa bağlı yutma çarpanı değerleri için hesaplanan yutuculuk değerleri ve ortalama yutma çarpanı değeri için hesaplanan toplam yutuculuk değeri

Yüzey Gereçleri	Yüzey Alanı	Ortalama Yutma Çarpanı İçin Toplam Yutuculuk (m ²)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Duvar	239	4.79	4.79	4.79	4.79	4.79	4.79	4.79
Yutucu duvar	121	81.7	27	85	109	91	99.6	83
Döşeme	280	115.5	14	28	56	193	198	204
Tavan	157.6	4.7	3.15	3.15	4.73	6.3	6.3	4.73
Yutucu tavan	122	100	65	95	106	111	117.5	123
Pencere	35	1.05	0.7	2.12	1.06	1.06	0.7	0.7
Engel	324	177.8	19.5	42	152.5	295	305	253
Masa	386	36.1	31	31	35	33	43.6	56
Koltuk	73	24	12.41	28.5	29	28.5	24	22
İnsan	54.76	15.57	9.31	12	14	16	18	19

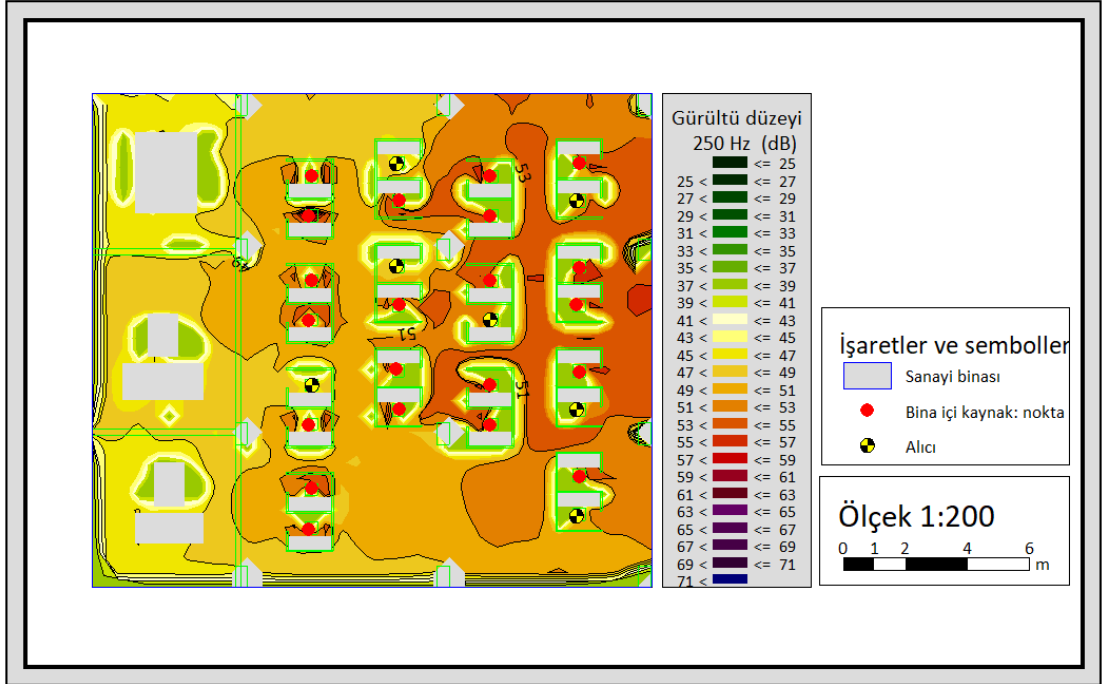


Şekil 4.31 Kurgu 4, gürültü düzey dağılımı gürültü haritası

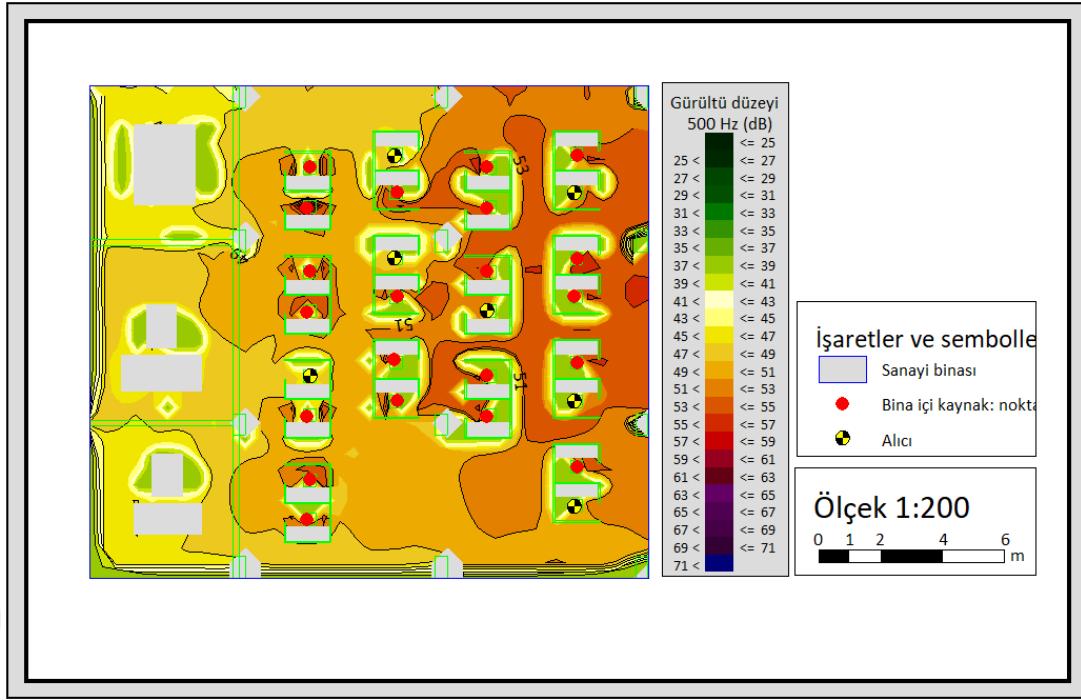
Tasarımı yapılan Kurgu 4 hacminde en uygun çalışma ünite modeli uygulanarak engel yüksekliği 70 cm olarak alınmıştır. Belirlenen alıcı noktaları referans alınarak elde edilen ölçüm sonuçları sonucunda, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 47 dBA – 53 dBA aralığındadır. Çağrı merkezlerinde önemli etken olarak düşünülen çalışanın sustuğu anda gürültüden daha fazla rahatsız olduğu durumudur. Bu amaçla bazı kaynaklar kapatılarak alıcı olarak düşünülmüştür. Gürültü düzey dağılım haritası incelendiğinde çalışanın sustuğu durum olarak düşünülen tüm alıcı noktalarında eşdeğer gürültü düzeyinin 50 dBA' nın altında olduğu görülmektedir (Şekil 4.31).



Şekil 4.32 Kurgu 4, 125 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



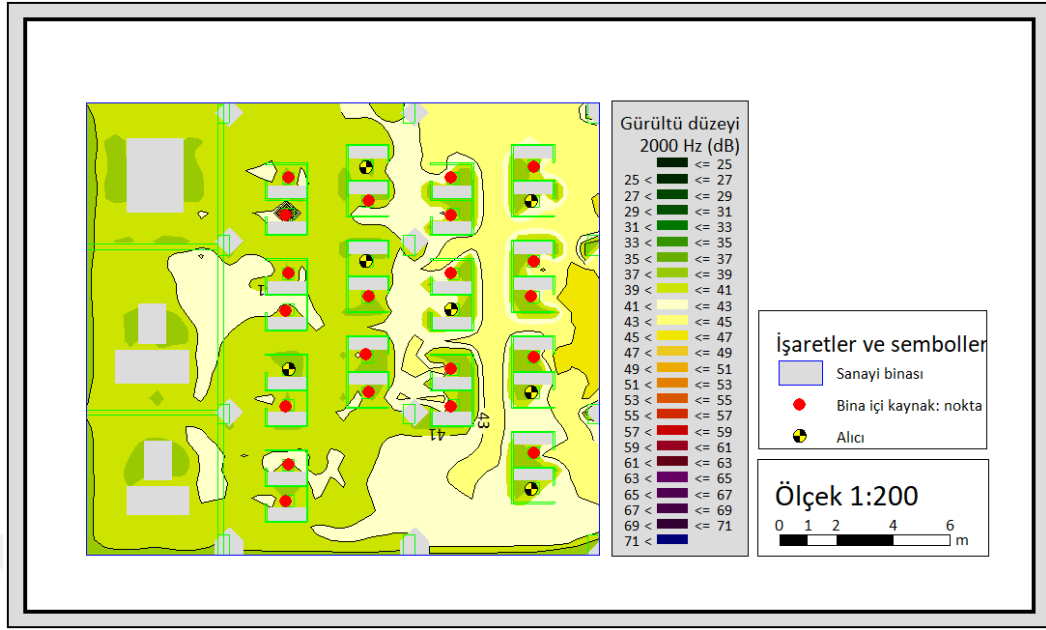
Şekil 4.33 Kurgu 4, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



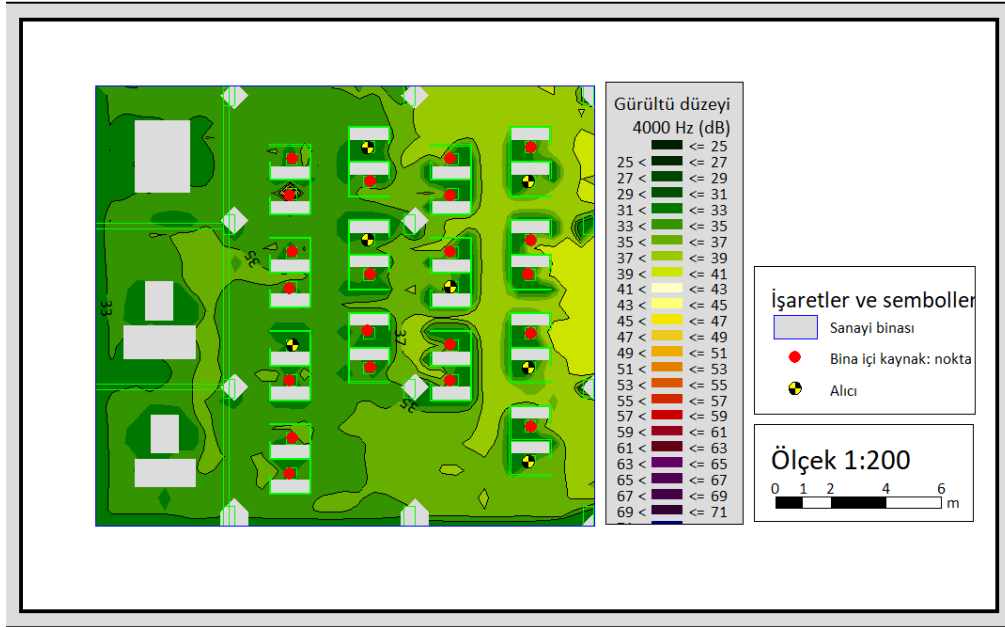
Şekil 4.34 Kurgu 4, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



Şekil 4.35 Kurgu 4, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası



Şekil 4.36 Kurgu 4, 2000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası

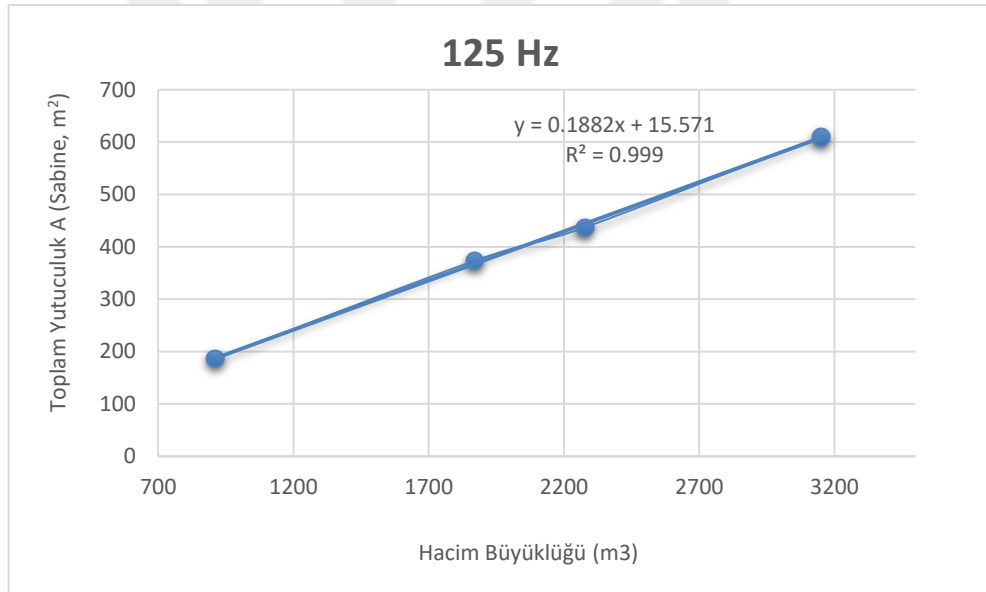


Şekil 4.37 Kurgu 4, 4000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımı gürültü haritası

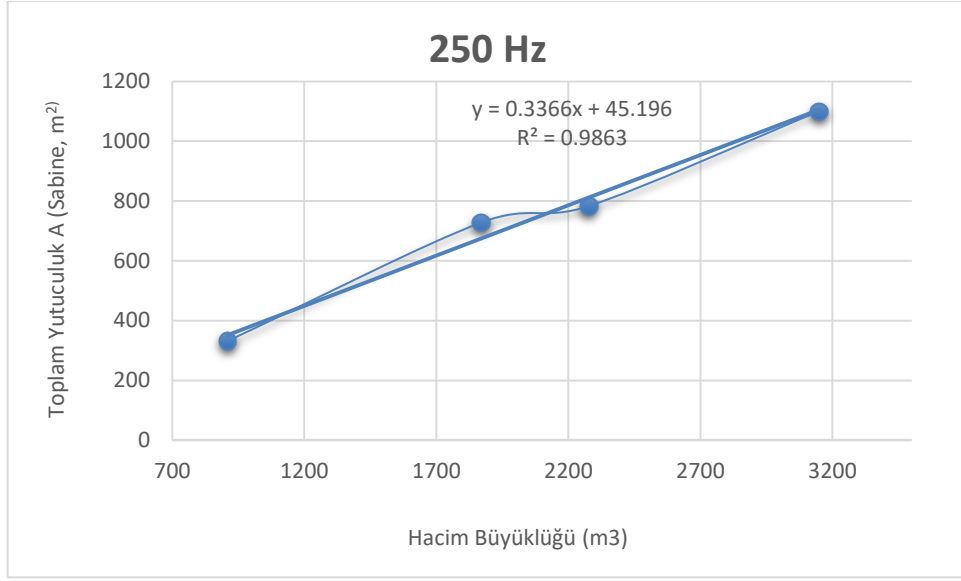
- NCB 45 değerlerine göre 125 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 58 dB'dir. Kurgu 4 hacminde, 125 Hz frekans tayfında, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 51 dB – 57 dB aralığındadır ve genel olarak sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.32).
- NCB 45 değerlerine göre 250 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 54 dB'dir. Kurgu 4 hacminde, 250 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 47 dB – 55 dB aralığında değişmektedir. Ortalama gürültü düzeyi sınır değer aralığının altındadır (Şekil 4.33).
- 500 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 50 dB'dir. Kurgu 2 hacminde, 500 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 47dB – 55 dB aralığındadır ve alıcı noktalardaki gürültü düzeylerinin ortalama değerinin sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.34).
- 1000 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 47 dB'dir. Kurgu 4 hacminde, 1000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 41dB – 49 dB aralığındadır (Şekil 4.35).
- 2000 Hz frekans tayfında olması gereken alt sınır değer 43 dB'dir. Kurgu 4 hacminde, 2000 Hz frekans tayfında, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 39 dB – 45 dB aralığındadır ve sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.36).
- NCB 45 değerlerine göre 4000 Hz frekans tayfında ise olması gereken alt sınır değer 40 dB'dir. Kurgu 4 hacminde, 4000 Hz frekans tayfında gürültü düzey dağılımını gösteren gürültü haritası incelendiğinde, hacim içerisinde gürültü düzey dağılımı 33 dB – 41 dB aralığındadır ve ortalama değer, sınır değer aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4.37).

4.2 Kurgu Hacimlerde Hacim Büyüklüğüne Göre Toplam Yutuculuk Değerleri

Bu bölümde, farklı büyüklükteki çağrı merkezlerinde, uygun işitsel ortam koşullarını sağlamak üzere frekans fonksiyonunda belirlenen toplam ses yutuculukların belirlendiği çalışma sonuçlarından yararlanılarak, diğer hacim büyüklükleri için de geçerli olacak genel sonuçlara ulaşılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, hacim büyüklüğü-toplam yutuculuk değişkenlerini içeren grafikler oluşturularak, regresyon eğrileri belirlenmiştir. Şekil 4.38, Şekil 4.39, Şekil 4.40, Şekil 4.41, Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'te frekansa göre, hacim büyüklüğüne bağlı toplam yutuculuk değerleri yer almaktadır. Toplam yutuculuk değeri yüzeylerin yutuculuğu, birimlerin yutuculuğu ve havanın yutuculuğundan oluşmaktadır.



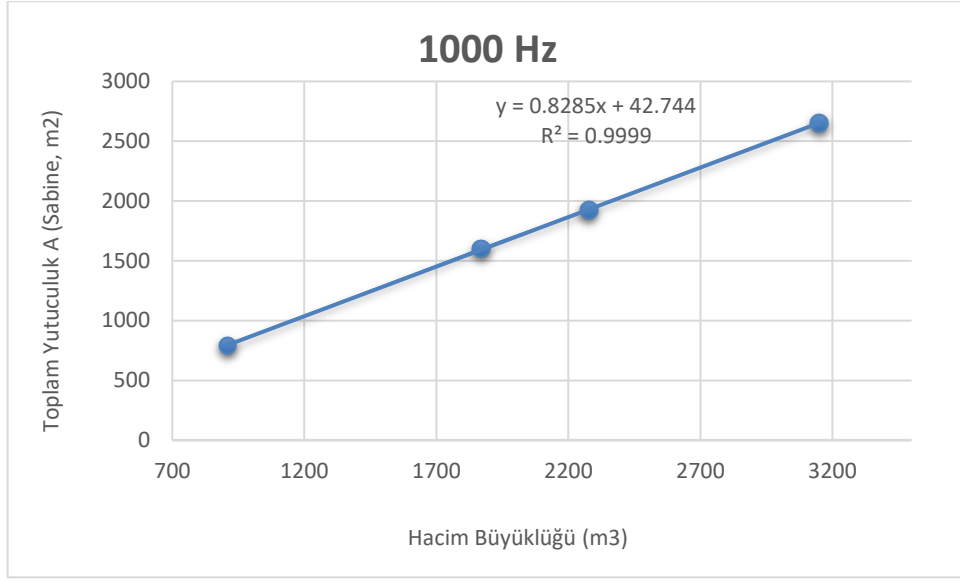
Şekil 4.38 125 Hz frekans oktav bandında, hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



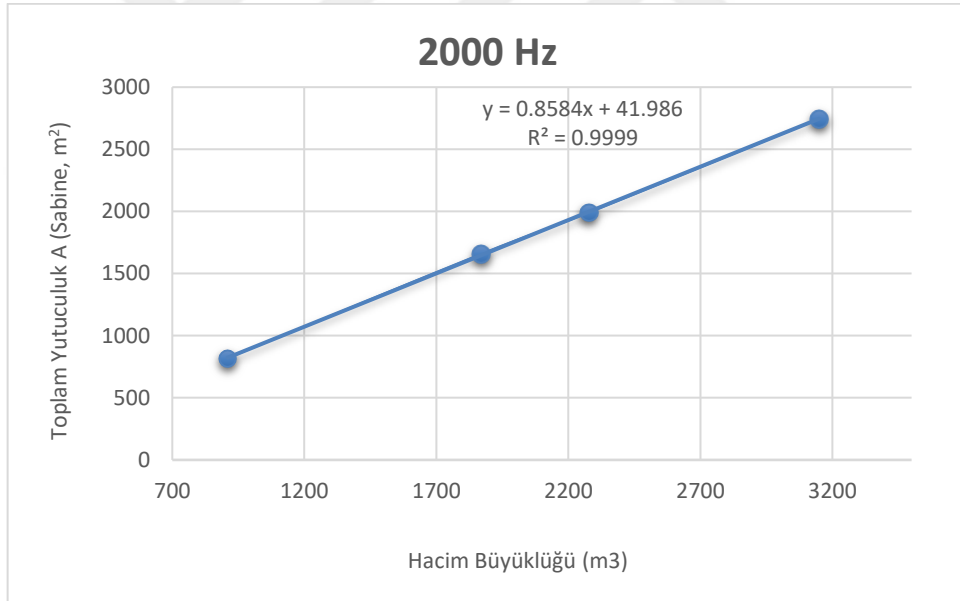
Şekil 4.39 250 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



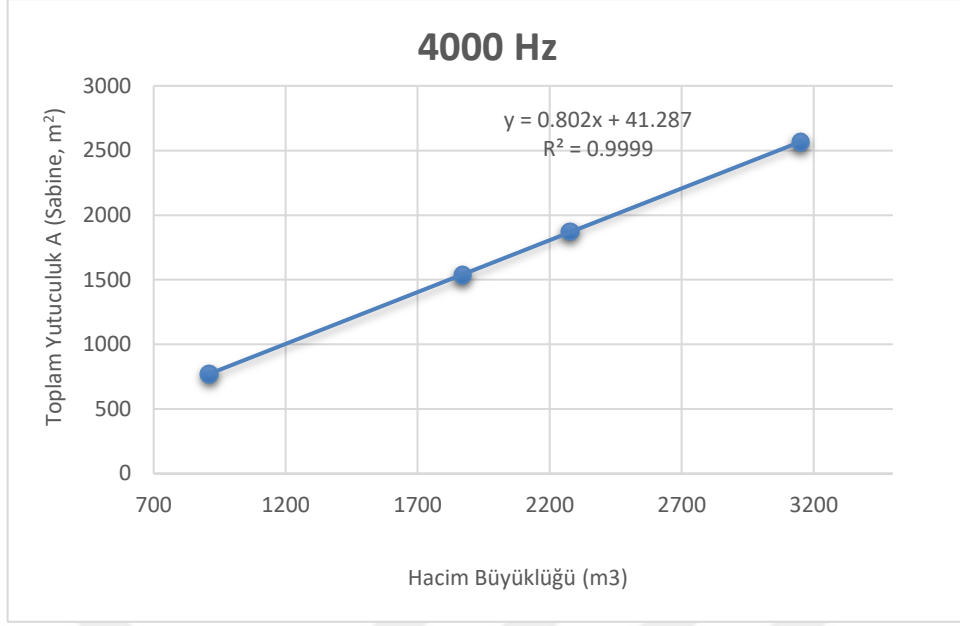
Şekil 4.40 500 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



Şekil 4.41 1000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



Şekil 4.42 2000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri



Şekil 4.43 4000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değerleri

R^2 değeri, determinasyon katsayısı olarak adlandırılır. Bilinen ve tahmin edilen Y değerlerinin karşılaştırmasını gösterir ve değeri 1 ile 0 arasında değişir. Eğer $R^2=1$ ise, korelasyon mükemmeldir yani gerçek Y değerleri ile formülle tahmin edilenler arasında fark yoktur. Diğer taraftan $R^2=0$ ise, arada korelasyon yoktur [99].

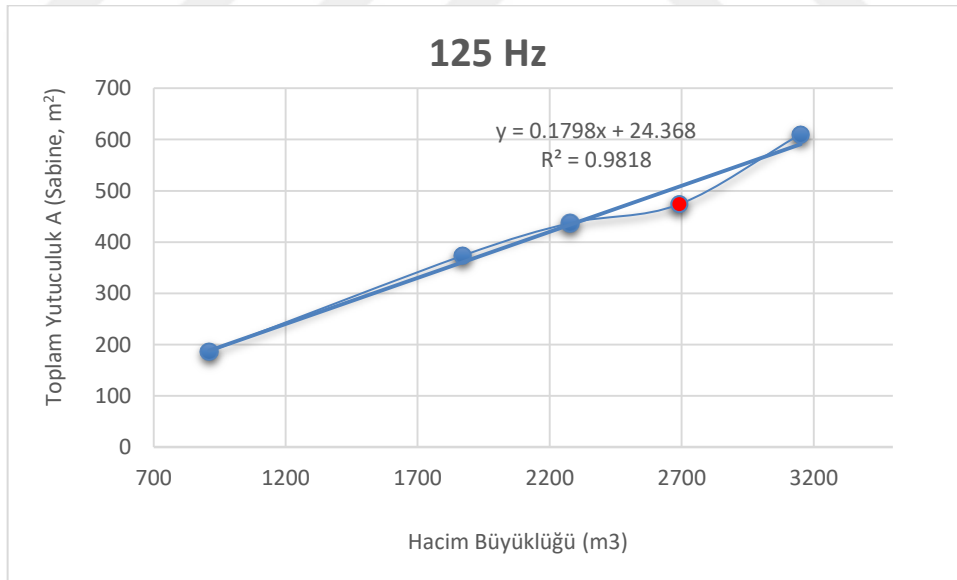
Bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda çizilen grafiklerin R^2 değerinin 1'e yakın olduğu, başka bir deyişle, örnek hacimler üzerinden elde edilen sonuçların, diğer hacimler için sonuçlara ulaşmak üzere genelleştirilebileceği görülmektedir.

Yapılan bu çalışma ile hacmin kabul edilebilir gürültü düzeyine bağlı olarak gerek duyulan optimum toplam yutuculuğunun tasarım aşamasında bilinmesi açık planlı ofis niteliğindeki hacimlerin iç mimari düzene tasarım aşamasında karar verilebilmesine ve gerek duyulan değişikliklerin bu aşamada gerçekleştirilebilmesine olanak tanınması açısından önem taşımaktadır. Gerek duyulan toplam yutuculuğun ne tür ses yutucu gereçlerin nerede uygulanarak sağlanacağı durumunun diğer tasarım değişkenleri ile birlikte düşünülerek değerlendirilmesi, hacim boyutları, hacim yüksekliği, kullanıcı sayısı, çalışma alanı

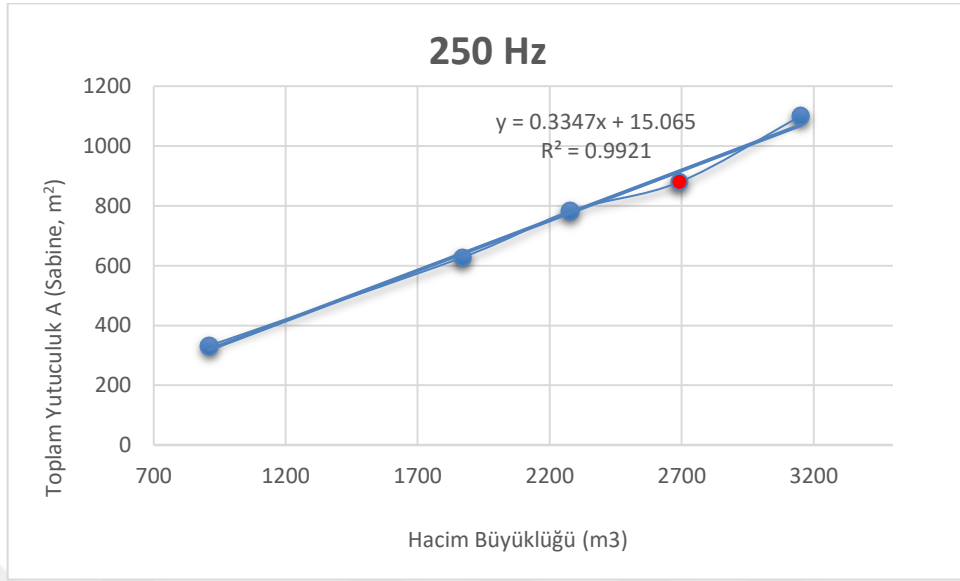
tasarımı, engel yüksekliği ile ilgili tasarım kararları için tasarımı yönlendirici bir veri olabilecektir.

4.2.1 Hacim Büyüklüğü - Toplam Yutuculuk Grafiklerinin Mevcut Bir Hacim Örneği ile Sınanması

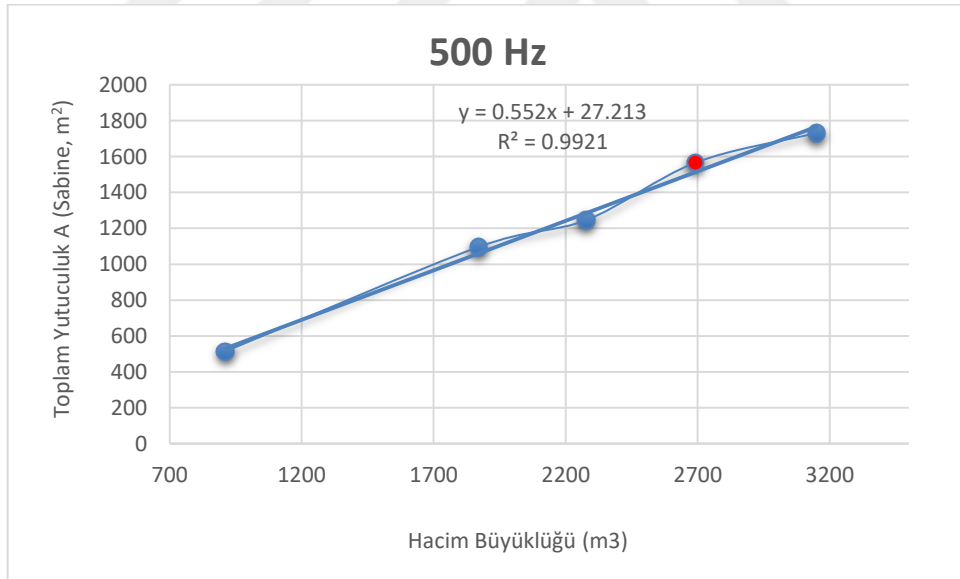
Önceki bölümde yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konan grafiklerin (Şekil 4.38-4.43) değişik biçim ve büyüklükteki hacimlerde geçerliliğini sınamak amacı ile, Bölüm 3'te ele alınan, optimum koşulları sağlayacak biçimde, frekansa göre toplam ses yutuculuğu belirlemelerinin yapıldığı mevcut hacim değerlendirilmiştir. Şekil 4.44-4.49'da görüldüğü gibi, 2700 m³'lük ve kurgu hacimlerden farklı bir biçime sahip çağrı merkezinde de, Bölüm 3, Tablo 3.5'te belirlenen gereken toplam yutuculuk değerleri, tüm frekanslar için, önerilen eğrilerden elde edilen değerlerle paralellik göstermektedir. R² değerinin tüm frekanslarda 1'e yakın olması sonuçların kabul edilebilir olması açısından önemlidir.



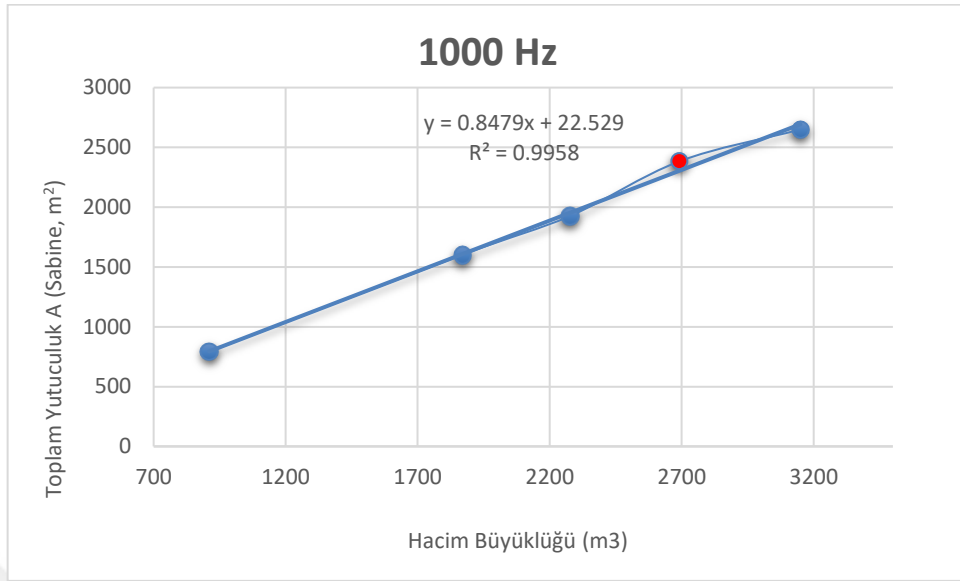
Şekil 4.44 Çağrı merkezi örneğinde 125 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri



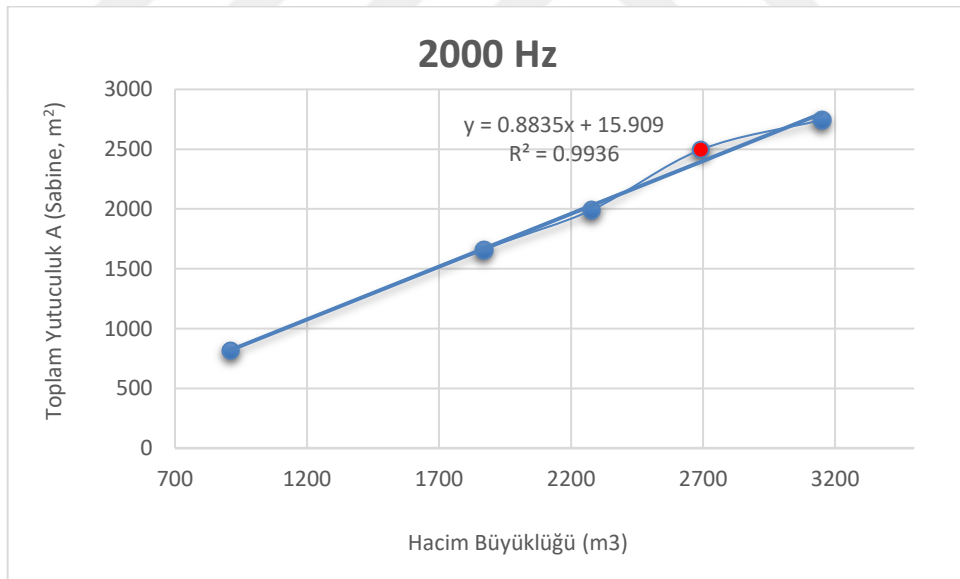
Şekil 4.45 Çağrı merkezi örneğinde 250 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri



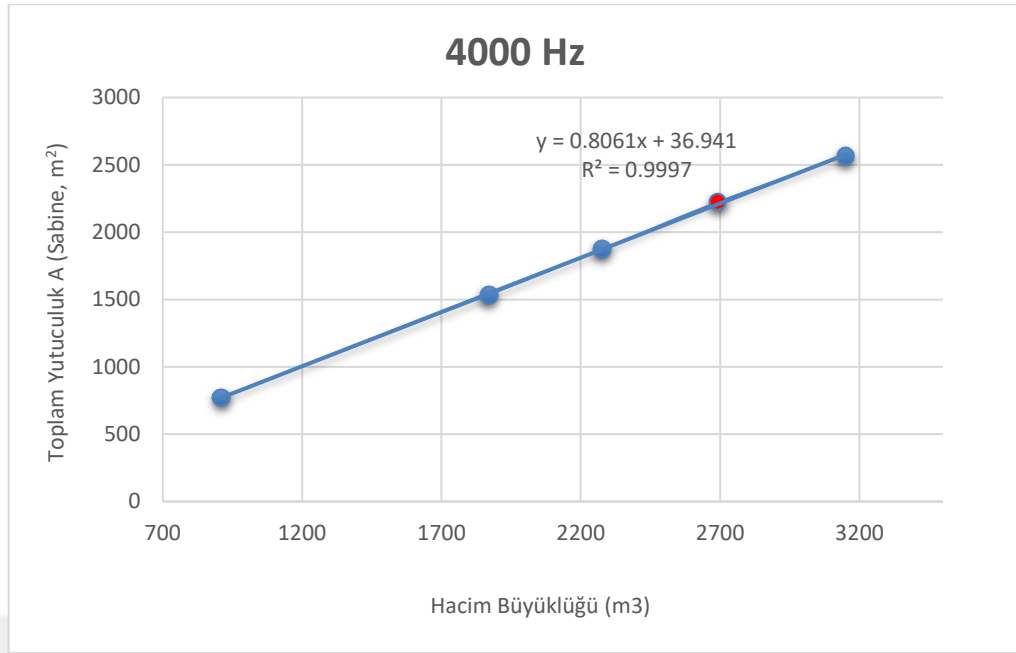
Şekil 4.46 Çağrı merkezi örneğinde 500 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri



Şekil 4.47 Çağrı merkezi örneğinde 1000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri



Şekil 4.48 Çağrı merkezi örneğinde 2000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri



Şekil 4.49 Çağrı merkezi örneğinde 4000 Hz frekans oktav bandında hacim büyüklüğüne göre sağlanması gereken toplam yutuculuk değeri

Bölüm 3'te yapılan çalışmalar sonucunda, 2700 m³ hacme sahip olan çağrı merkezinde, optimum koşulları sağlayan toplam ses yutuculuğu değerleri ile, bu bölümde yapılan çalışmalar sonucunda oluşturulan grafikler yardımı ile belirlenen toplam ses yutuculuk değerleri Tablo 4.16'da yer almaktadır. Sonuçlar arasındaki ufak ayrımlar, önerilen grafiklerin, diğer büyüklük ve biçimlerindeki çağrı merkezleri için de geçerli olabileceğini göstermektedir.

Tablo 4.16 Çağrı merkezi ve farklı hacim büyüklüklerinde yapılan çalışmalarda toplam yutuculuk değerleri

FREKANSLARA GÖRE TOPLAM YUTUCULUK DEĞERLERİ							
	HACİM (m ³)	FREKANS (Hz)					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Kurgu 1	910	186.3	332.12	513	792	819	772
Kurgu 2	870	373.44	728	1096	1602	1659	1534.6
Kurgu 3	2277	437	783	1245	1926	1990	1874
Çağrı Merkezi	2700	474	814.5	1566	2384	2496	2224
Kurgu 4	3150	610.36	1100	1732	2650	2745	2566

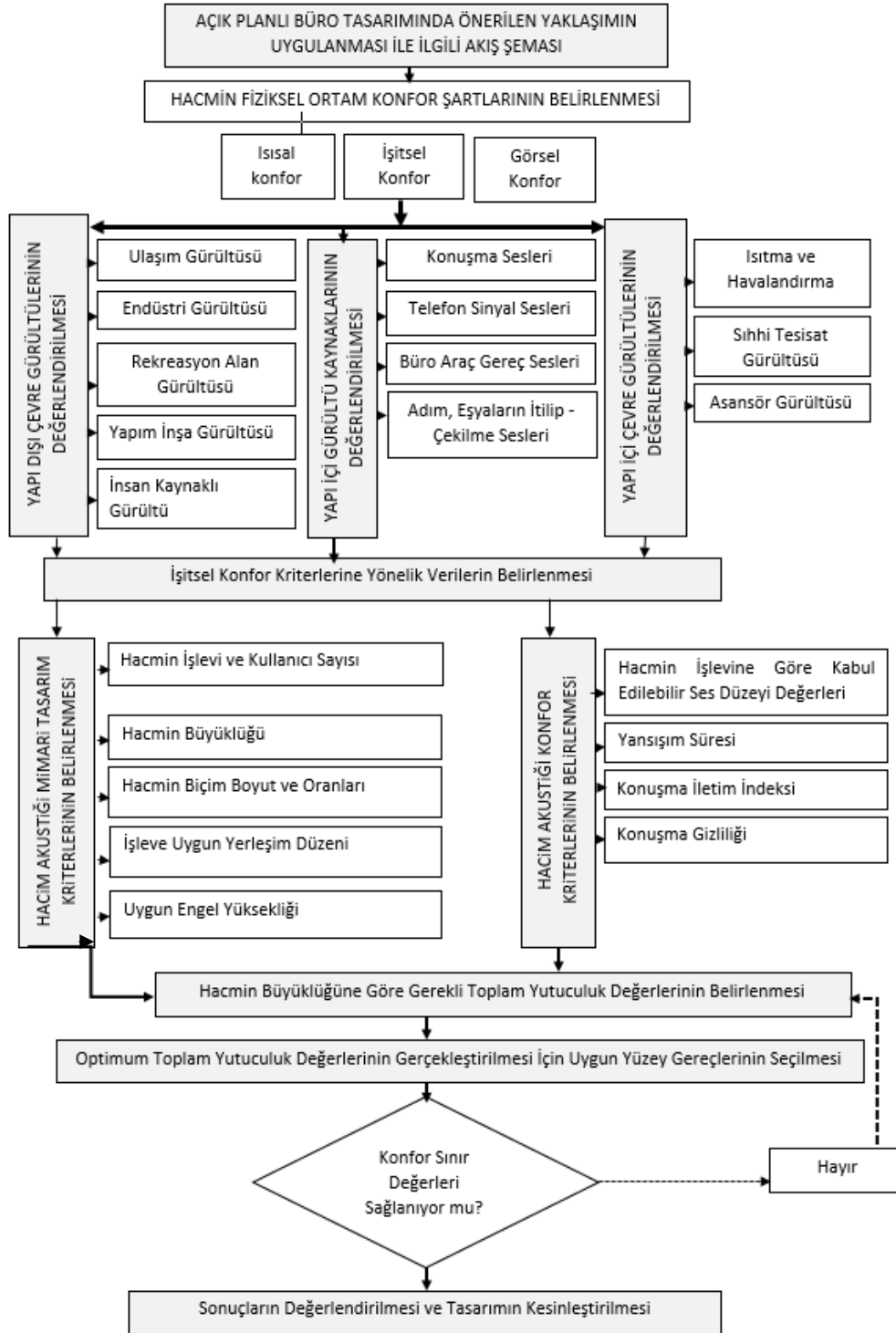
4.2.2 Yaklaşım Önerisi ve Akış Diyagramı

Yapılan hesaplamalar ve elde edilen sonuçlar ışığında oluşturulan yaklaşım önerisinin; yeni planlanacak olan açık planlı büro tasarımında gürültü denetimi ve uygulanmış açık planlı bürolarda gürültü analizi ve akustik konfor şartlarının sağlanması için önerilerin oluşturulması bakımından tasarımcıya rehberlik edeceği düşünülmektedir. Oluşturulan tasarım yaklaşımına ait akış diyagramı Şekil 4. 50’de verilmiştir.

Yeni planlanacak açık planlı büro tasarımında yerleşim biçimlenişine ait ön tasarım kararları verilmelidir. Dış gürültü düzeyi tespit edilmeli ve ardından tasarlanacak olan ya da uygulanmış hacmin fiziksel konfor şartları belirlenmelidir. Gürültü denetiminin önemli olduğu bu hacimlerde, akustik konfor şartlarının sağlanması için mimari tasarım aşamasında hacmin işlevi, kullanıcı sayısı, büyüklüğü ve kat yüksekliği, hacmin işlevine uygun yerleşim düzeni ve engel yüksekliği belirlenmelidir. Hacim iç tasarımı tamamlanan ve bu şartlar doğrultusunda düzenlenen uygulanmış açık planlı bürolar için hacmin işlevine göre kabul edilebilir gürültü değerleri ve hacim akustiği parametreleri tespit edilmelidir. Mimari tasarım ve hacim akustiği parametreleri belirlenen açık planlı büroların, hacminin

büyükluğüne göre optimum konfor şartlarının sağlanması için gerekli toplam yutuculuk değerleri analizler sonucunda elde edilen grafikler yardımıyla belirlenmelidir. Gerekli toplam yutuculuk değerlerinin sağlanması için hacim iç yüzeilerine uygun yüzey gereçleri seğilmelidir. Yapılan düzenlemelerin ardından gürültü denetimine ilişkin olanaklı ise, simülasyon yazılımları ile elde edilen grafik ve haritalar değerlendirilerek konfor sınır değerinin sağlayıp sağlamadığı tespit edilmelidir.





Şekil 4.50 Açık planlı bürolarda gürültü açısından konfor şartlarının sağlanması için önerilen yaklaşımın akış diyagramı

Gürültü, insanların bulundukları ortamın gürültü düzeyine ve bulundukları ortamda gürültüye maruz kalma süresine bağlı olarak insan sağlığını doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen, fizyolojik ve psikolojik birçok sağlık sorununa neden olan önemli bir etkidir. Dünya ve ülke genelinde nüfus yoğunluğunun hızla artmasıyla artan alan ihtiyacı ve buna paralel olarak iş dünyasında az alanda daha çok çalışan barındırma talebi dolayısıyla açık planlı büro kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu tür hacimlerde çok fazla çalışanın bir arada bulunması gürültü denetimini zorunlu kılmaktadır. Açık planlı büro tasarımında gürültü etkeninin yapı tasarım sürecinde ele alınması ve bir ölçüt olarak değerlendirilmesi, gürültüye bağlı ortaya çıkabilecek olumsuzlukların tasarım aşamasında denetim altına alınabilmesi açısından son derece önem taşımaktadır.

Gürültü düzeyi yüksek açık planlı büroların akustik konfor şartları açısından denetimi, genellikle yapı tamamlandıktan sonra iyileştirme projeleri kapsamında gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Kullanılmaya başlandıktan sonra gerçekleştirilen iyileştirme projeleri, çoğunlukla yeterli düzeyde gürültü azaltımını sağlayamamakla birlikte işletmeciye ekonomik açıdan ilave yük ve zaman kaybı olarak geri dönmektedir.

Açık planlı büro tasarımında gürültü etkenini bir tasarım ölçütü olarak değerlendirmeyi amaçlayan bu tez çalışması kapsamında; öncelikle literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırması kapsamında;

Kaynak taraması ve değerlendirilmesi yapılmış, konu ile ilgili dokümanlar irdelenmiştir. Gürültü denetimine ilişkin uluslararası ve ulusal yaptırımlar kapsamında dünyadaki ve Avrupa'daki mevzuatlar araştırılmıştır. Açık planlı büro

tasarımında gerekli ölçütler ve kabul edilebilir gürültü düzey değerleri literatür araştırmaları sonucunda edinilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında açık planlı bürolarda var olan gürültü koşullarının çalışanların fizyolojik ve özellikle psikolojik yönden sağlığını ve konforunu nasıl etkilediği ve olumsuz etkilenmede hangi etkenlerin rol oynadığını tespit etmek amacıyla, açık planlı büro türlerinden bir çağrı merkezi örneği ele alınmıştır. Çağrı merkezleri çok fazla çalışanın bir arada olduğu ve gürültü düzeyinin rahatsız edecek düzeyde olduğu hacimlerdir ve günümüzde gün geçtikçe kullanımları artmaktadır. Anket çalışması sonucunda gürültü etkeninin çalışanları fizyolojik ve psikolojik olarak olumsuz yönde etkilemesinin yanı sıra iş performansı üzerinde de olumsuz etkilere neden olduğu görülmüştür. Anket sonuçları değerlendirildiğinde çalışanların yaş ortalamasının artmasıyla gürültüden etkilenme derecesinde azalma olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum gürültüye adapte olma ya da gürültü alışkanlığı olarak düşünülebilir.

Anket çalışmasıyla öznel değerlendirme sonucu gürültü etkeninin önemli bir sorun olduğu belirlenen çağrı merkezinde, yerinde gürültü düzey ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sırasında çağrı merkezi çalışanları faaliyetlerine devam etmektedir. Çağrı merkezinde 156 kişi çalışmaktadır ve alan olarak 570 m²'dir. 12 farklı alıcı noktasında 1.10 m yükseklikte ve 10'ar dakikalık ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Yerinde gürültü düzey ölçümleri gerçekleştirildikten sonra çağrı merkezinin rölevesi alınarak, gerçek ölçümleri ve yapı malzemeleri, yüzey gereçleri belirlenerek 3D modellemesi gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar ortamında modellenen hacim, analiz, hesap ve değerlendirme amacıyla kullanılacak olan SoundPLAN 8.1 akustik modelleme simülasyon programına aktararak mevcut durum akustik değerlendirme analizi yapılmıştır. Simülasyon programına aktarılan çağrı merkezinde, yerinde ölçüm yapılan alıcı noktaları belirlenerek simülasyon programında tekrar analiz yapılmıştır. Her iki durumda sonuçların birbirine oldukça yakın çıkması ile simülasyon programının güvenilirliği doğrulanmıştır.

Modellenen mevcut çağrı merkezinin simülasyon programı aracılığıyla gürültü düzey haritası çıkarılmıştır.

Bir sonraki aşama gürültü düzey dağılımı kabul edilebilir düzey değerinin 20 dBA kadar üzerinde çıkan çağrı merkezi üzerinde iyileştirmeler uygulanarak, kabul edilebilir sınır değer aralığına getirebilmek için düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemeler, uygun mimari tasarım ve hacim akustiği parametreleri göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir.

- Öncelikle kişi başına düşen alan 7 m²'ye çıkarılarak, çalışan sayısı 80 kişiye düşürülmüştür.
- Hacim içerisinde kullanılacak olan çalışma üniteleri için farklı modeller tasarlanmıştır ve en uygun çalışma ünitesi tasarım modeli belirlenmeye çalışılmıştır.
- Tasarlanan farklı çalışma ünite tasarımları SoundPLAN simülasyon programında ayrı ayrı modellenerek, her bir çağrı merkezi yerleşim modelinin gürültü haritası çıkarılmıştır.
- Mevcut çağrı merkezinde kullanılan 50 cm'lik engel 70 cm'ye yükseltilerek, engel etkinliğinin gürültü düzeyinin azalmasındaki etkisi, beş değişik model için değerlendirilmiştir.
- Mevcut çağrı merkezinde, hacim iç yüzey gereçlerinin yutuculuk katsayısı artırılarak, hacim içerisindeki toplam yutuculuk artırılmış ve gürültü düzey haritası, beş farklı model için değerlendirilmiştir.
- Çalışan sayısı yarıya düşürülüp, engel etkinliği ve toplam yutuculuk değerleri artırılan beş farklı yerleşim modelinden, gürültü düzeyi kabul edilebilir sınır değer aralığında olan model, örnek tasarım modeli olarak belirlenmiştir.

Çağrı merkezi çalışanları, fonksiyonel nitelik olarak hem dinleyici hem de kaynak durumundadır. Yapılan araştırmalar çağrı merkezinde çalışanların, konuştukları duruma göre dinleyici oldukları durumda daha fazla rahatsızlık duydukları ve iş performanslarının olumsuz olarak etkilendiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, kişilerin kendileri dışında olan konuşmalardan etkilenme düzeyini ortaya koymak amacı ile de çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Her bir model için engel etkinliğinin

artırıldığı, toplam yutuculuğun artırıldığı ve hem engel yüksekliğinin hem de toplam yutuculuğun artırıldığı durumlardaki tek nokta alıcı hesaplamaları yapılarak frekans tayfında gürültü düzey dağılımları değerlendirilmiştir.

Açık planlı büro hacimlerinin toplam yutuculuğunun, ofis genelinde gürültü düzeyleri dağılımına etkisi, akustik modellemeler aracılığı ile ayrıntılı olarak incelenmiş, gürültü ortamının kabul edilebilir kılınması için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, açık planlı bürolarda gürültü düzeylerinin tasarım aşamasında önceden belirlenmesini ve çalışma alanındaki gürültü ortamının NCB 45 değerlerine göre üst etkilenme sınır değeri olarak belirlenmiş olan 53 dBA ölçütüne bağlı değerlendirmesini olanaklı kılmaktadır. Gürültü etkenini bir tasarım ölçütü olarak değerlendirmeyi amaçlayan bu yaklaşımda;

- Açık planlı büro yapılarının planlama aşamasında ve tasarımları süreçlerinde yararlanılabilecek, gürültü etkenini bir tasarım ölçütü olarak alan hacimlerin kurgulanması (Kurgu hacimler tasarlanırken bir önceki analiz çalışmasında mevcut çağrı merkezi üzerinde yapılan farklı tasarımlar sonucunda elde edilen en uygun modelin tasarım ölçütleri uygulanmıştır.)
- Farklı büyüklükteki kurgu hacimlerin, açık planlı büro tasarım aşamasında gürültü denetimi ile ilgili hacme bağlı önlemlerden olan toplam yutuculuğun artırılması ile ilgili optimum değerlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.
- Her bir hacim içerisinde kullanılan yüzey gereçlerinin, tavan, duvar döşeme, pencere, engel ve yutucu yüzey yutuculukları verilmiştir.
- Her bir kurgu hacim için eş değer gürültü düzey haritaları ve frekansa bağlı gürültü düzey haritaları simülasyon programı aracılığıyla oluşturulmuştur.

Bu yaklaşım ile açık planlı bürolarda kabul edilebilir gürültü düzeyleri ile ilişkili frekansa bağlı optimum (gerekli) toplam yutuculuk değerinin tasarım aşamasında belirlenebilmesini ve yüzey yutuculuklarına bağlı olarak frekans bazında gürültü düzeyleri dağılım durumunun yaklaşık olarak önceden belirlenebilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma sonucunda açık planlı büro yapılarında gürültü etkeninin tasarım aşamasında ele alınmasının ve gerekli çözümlerin tasarımın kurgusu içinde

oluşturulmasının önemi vurgulanmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalar önem sırasına göre değerlendirildiğinde;

- Açık planlı büro hacimlerinde kabul edilebilir gürültü düzeyinin sağlanmasında öncelikle hacim içinde çalışan kişi sayısının ve çalışanların birbiriyle etkileşiminde ve müşterilerle iletişiminde dikkatli davranmalarının gürültünün oluşmaması açısından önemli olduğu,
- Hacmin tefrişinde, kullanıcıların birbirlerinin seslerinden olabildiğince az etkilenmelerini sağlayacak çalışma ünitesi tasarım düzenlerinin gerektiği,
- Çağrı merkezi içerisindeki yüzey gereçlerinin ve bölücü elemanların ses yutuculuklarının arttırılması gerektiği,
- Etkin bölme elemanı yüksekliğinin ve yüzey ses yutma özelliklerinin, konuşma gizliliğinin yanı sıra, hacimdeki fon gürültüsünün azaltılması açısından da önemli olduğu,

görülmektedir. Bunun yanı sıra, diğer yapı tiplerinde olduğu gibi, açık planlı bürolarda da uygun akustik ortamın yaratılmasında öncelikli olarak,

- Yapı içi diğer gürültü kaynaklarını oluşturan; ısıtma ve havalandırma sistemleri, asansör sistemleri, sıhhi tesisat sistemlerinden kaynaklı gürültülerin tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmasının gerektiği,
- Yapı dışı çevre gürültülerinin; ulaşım gürültüleri, endüstri gürültüleri, her türlü mekanik sistemler, donatım ve imalattan kaynaklı gürültüler, yol ve bina yapımı işleri ve makinalardan kaynaklı gürültüler, insan ve etkinliklerden doğan, eğlence ve ticari amaçlı gürültülerin tasarım aşamasında değerlendirilmesinin de son derece önemli olduğu göz önüne alınmalıdır.

Bu çalışma ile uygun akustik koşulları sağlamak için önerilen önlemleri uygulayarak, çağrı merkezleri için akustik açıdan gereksinimleri karşılayan bir çalışma ortamına ulaşmak mümkündür. Gerekli toplam yutuculuk değerinin tasarım aşamasında belirlenmesi, yani hacimde kullanılması gereken yutuculuk değerinin bilinmesiyle, ses yutucu gerecin frekansa göre sağlaması gereken optimum yutuculuk değerlerinin bulunması ve hacimde akustik açıdan etkili bir yutuculuk sağlayabilecek gereçler arasında seçim olanağı doğmuş, böylece iç mimari tasarım

açısından da değişik seçeneklerin daha etkili biçimde değerlendirilmesine olanak sağlanmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler kullanılarak oluşturulacak doğru açık planlı büro tasarımları, çalışanların fizyolojik ve psikolojik açıdan sağlıklarının korunmasının yanı sıra, ekonomiye de olumlu katkılar sağlayacaktır. Kuşkusuz, bu çalışma ile elde edilen sonuçlar, gürültü kaynağı sayısı, frekans dağılımı, çalışma süresi ve benzeri kaynağa ilişkin özelliklerin farklılık gösterdiği diğer açık planlı ofisler için değişebilecektir. Benzer çalışmaların, diğer açık planlı büro tipleri için de gerçekleştirilmesi, tasarım sürecinin her adımında doğru seçimlerin yapılmasını, dolayısı ile işitsel konfor açısından konforlu hacimlerin yaratılmasını sağlayacaktır



- [1] J. Keränen and V. Hongisto, "Prediction of the spatial decay of speech in open-plan offices," *Appl. Acoust.*, vol. 74, no. 12, pp. 1315–1325, 2013.
- [2] J. Sarwono, A. E. Larasati, W. N. I. Novianto, I. Sihar, and S. S. Utami, "Simulation of several open plan office design to improve speech privacy condition without additional acoustic treatment," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 184, no. August 2014, pp. 315–321, 2015.
- [3] K. Yıldırım, A. Akalın-Başkaya, and M. Celebi, "The effects of window proximity, partition height, and gender on perceptions of open-plan offices," *J. Environ. Psychol.*, vol. 27, no. 2, pp. 154–165, 2007.
- [4] M. Yadav, J. Kim, D. Cabrera, and R. de Dear, "Auditory distraction in open-plan office environments: The effect of multi-talker acoustics," *Appl. Acoust.*, vol. 126, pp. 68–80, 2017.
- [5] M. Haka, A. Haapakangas, J. Keränen, J. Hakala, E. Keskinen, and V. Hongisto, "Performance effects and subjective disturbance of speech in acoustically different office types - A laboratory experiment," *Indoor Air*, vol. 19, no. 6, pp. 454–467, 2009.
- [6] A. Haapakangas, E. Kankkunen, V. Hongisto, P. Virjonen, D. Oliva, and E. Keskinen, "Effects of five speech masking sounds on performance and acoustic satisfaction. Implications for open-plan offices," *Acta Acust. united with Acust.*, vol. 97, no. 4, pp. 641–655, 2011.
- [7] E. Nilsson and B. Hellström, "Room acoustic design in open-plan offices," *10ème Congrès Français d'Acoustique*, pp. 1–4, 2010.
- [8] M. Zaglauer, H. Drotleff, and A. Liebl, "Background babble in open-plan offices: A natural masker of disruptive speech?," *Appl. Acoust.*, vol. 118, pp. 1–7, 2017.
- [9] C. R. M. Passero and P. H. T. Zannin, "Acoustic evaluation and adjustment of an open-plan office through architectural design and noise control," *Appl. Ergon.*, vol. 43, no. 6, pp. 1066–1071, 2012.
- [10] A. Kaarlela-Tuomaala, R. Helenius, E. Keskinen, and V. Hongisto, "Effects of acoustic environment on work in private office rooms and open-plan offices - longitudinal study during relocation," *Ergonomics*, vol. 52, no. 11, pp. 1423–1444, 2009.
- [11] C. B. Pop and J. H. Rindel, "Perceived speech privacy in computer simulated open-plan offices," *Inter-Noise 2005*, pp. 1–7, 2005.
- [12] V. Hongisto, "Effects of sound masking on workers-a case study in a landscaped office," *9th Int. Congr. Noise as a Public Heal. Probl.*, no. 1979, pp. 1–8, 2008.
- [13] C. B. Danielsson, L. Bodin, C. Wulff, and T. Theorell, "The relation between office type and workplace conflict: A gender and noise perspective," *J. Environ. Psychol.*, vol. 42, pp. 161–171, 2015.

- [14] J. Yu, S. Wang, X. Qiu, A. Shaid, and L. Wang, "Contributions of various transmission paths to speech privacy of open ceiling meeting rooms in open-plan offices," *Appl. Acoust.*, vol. 112, pp. 59–69, 2016.
- [15] P. Larm, J. Keränen, R. Helenius, J. Hakala, and V. Hongisto, "Acoustics in open-plan offices - A laboratory study," *Forum Acusticum*, no. January, pp. 2021–2025, 2005.
- [16] K. Jensen, E. Arens, and L. Zagreus, "Acoustical quality in office workstations, as assessed by occupant surveys," *Indoor Air* 2005, 2005.
- [17] B. Acar and N. Yüğrük Akdağ, "Açık planlı bürolarda akustik sorunlar ve denetim önlemleri: Bir örnek üzerinde değerlendirmeler," *Megaron*, vol. 3, no. 1, pp. 53–67, 2008.
- [18] J. H. Rindel and C. L. Christensen, "Acoustical simulation of open-plan offices according to ISO 3382-3," *Euronoise*, no. May 2015, pp. 1–6, 2012.
- [19] T. S. Jackson, K. W. Klein, and M. S. Wogalter, "Open-plan office designs: An examination of unattended speech, performance, and focused attention," *Proc. Hum. Factors Ergon. Soc. Annu. Meet.*, vol. 41, no. 1, pp. 509–513, 1997.
- [20] E. Brennan et al., "Traditional versus open office design a longitudinal field study," vol. 34, no. 3, 2002.
- [21] L. Brocolini, E. Parizet, and P. Chevret, "Effect of masking noise on cognitive performance and annoyance in open plan offices," *Appl. Acoust.*, vol. 114, pp. 44–55, 2016.
- [22] K. Vassie and M. Richardson, "Effect of self-adjustable masking noise on open-plan office worker's concentration, task performance and attitudes," *Appl. Acoust.*, vol. 119, pp. 119–127, 2017.
- [23] A. Haapakangas, V. Hongisto, J. Hyönä, J. Kokko, and J. Keränen, "Effects of unattended speech on performance and subjective distraction: The role of acoustic design in open-plan offices," *Appl. Acoust.*, vol. 86, pp. 1–16, 2014.
- [24] C. Wang and J. S. Bradley, "A mathematical model for a single screen barrier in open-plan offices," *Appl. Acoust.*, vol. 63, no. 8, pp. 849–866, 2002.
- [25] C. Wang and J. S. Bradley, "Sound propagation between two adjacent rectangular workstations in an open-plan office-Part I: Mathematical modeling," *Appl. Acoust.*, vol. 63, no. 12, pp. 1335–1352, 2002.
- [26] P. A. Nelson and G. H. Koopmann, "Model studies of the effect of V-form ceilings on the acoustics of open plan offices," *J. Sound Vib.*, vol. 50, no. 3, pp. 455–468, 1977.
- [27] N. Trompette and J. Chatillon, "Survey of noise exposure and background noise in call centers using headphones," *J. Occup. Environ. Hyg.*, vol. 9, no. 6, pp. 381–386, 2012.
- [28] B. Smagowska, "Noise at workplaces in the call center," *Arch. Acoust.*, vol. 35, no. 2, pp. 253–264, 2010.
- [29] A. Seddigh, E. Berntson, F. Jönsson, C. B. Danielson, and H. Westerlund, "Effect

- of variation in noise absorption in open-plan office: A field study with a cross-over design," J. Environ. Psychol., vol. 44, pp. 34-44, 2015.
- [30] G. Toprak, "Ofis yapılarının, tasarım kriterleri ve mekânsal oluşumlar üzerinden incelenmesi: Ankara ili Eskişehir yolu örneği," Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [31] P. Mesta, "Physical and pshycological needs of office interiors : Case study of Taris and Pinar (Izmir)," Master Thesis, Yasar Universty, 2014.
- [32] İ. B. Gökçe, "Açık planlı ofislerde engel etkinliğinin modelleme yoluyla belirlenmesi ve incelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [33] T. Tunç Kurt, "Açık planlı ofislerde akustik konfor parametrelerinin analizi ve bir örnek çalışma," Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [34] M. Y. Yüce, "An acoustical evaluation model for open plan offices," Master Thesis, İstanbul Technical Universty, 2009.
- [35] M. Şerefhanoglu Sözen, N. Yügrük Akdağ, and N. İlgürel, "Noise problems in a call centre - A case study," Build. Acoust., vol. 16, pp. 329-342, 2009.
- [36] Y. Lee and F. Aletta, "Acoustical planning for workplace health and well-being: A case study in four open-plan offices," Build. Acoust., vol. 26, no. 3, pp. 207-220, 2019.
- [37] A. Krasnov, E. R. Green, B. Engels, and B. Corden, "Enhanced speech privacy in office spaces," Build. Acoust., vol. 26, no. 1, pp. 57-66, 2019.
- [38] "Binaların gürültüye karşı korunması hakkında yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik," Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- [39] F. N. Kallaus and B. Kelling, Administrative office management, Cincinnati, 1991.
- [40] F. Ar, Büro Yönetimi Teknikleri. Ankara: Türkiye ve Ortadoğu Amme İdaresi Enstitüsü Yayınları, 1992.
- [41] W. Mitchell, City of bits : space, place, and the infobahn. Cambridge: MIT Press, 1995.
- [42] V. Dökmeci, Y. Dülgeroğlu, and L. B. Akkal, İstanbul Şehir Merkezi Transformasyonu ve Büro Binaları. İstanbul: Literatür Yayıncılık, 1993.
- [43] B. Acar, "Açık planlı büro yapılarında işitsel konforun sağlanmasına yönelik yaklaşım örnekleri," Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [44] H. Begeç, "İletişim teknolojilerinin büro mekanlarına etkileri ve medya yapılarında yeni mekan kullanım biçimlerinin uygulanabilirliği," Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 2005.
- [45] D. Tengilimoğlu and H. Tutar, "Çağdaş büro yönetimi- büro yönetiminde güncel konular ve yaklaşımlar," Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2009.

- [46] F. İmal, "Sektörel ofis binalarında çalışma mekanları ve sosyal alanlar," Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
- [47] "Uffuzi."
https://sco.wikipedia.org/wiki/File:Galleria_degli_Uffizi_court_crop.JPG.
[Accessed: 05-Feb-2020].
- [48] F. Dufy, Planning office space. New York: Great Britain Press, 1976.
- [49] "The East India House." [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/East_India_House#/media/File:E_India_House.jpg. [Accessed: 05-Feb-2020].
- [50] "The Oriel Chambers Binası." [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Oriel_Chambers#See_also. [Accessed: 05-Feb-2020].
- [51] "Larkin Yönetim Binası." [Online]. Available: <http://www.fovart.net/frank-lloyd-wright/>. [Accessed: 05-Feb-2020].
- [52] D. Harris, B. Engen, and W. Fitch, "Planning and designing the office environment," Newyork, 1991.
- [53] K. H. Ripnen, "Office building and office layout planning," New York, 1960.
- [54] H. Aydın, "Yönetmelik organizasyonun büro programlarına etkisi," İstanbul Teknik Üniveristesi, 1982.
- [55] Ş. Naghavi, "Büro Binalarında İç mekan Düzenlenmesi," İstanbul Teknik Üniversitesi, 1995.
- [56] Ö. Ecevit, "Büyük Hacim Büroları," Dizayn Konstrüksiyon Derg., 1980.
- [57] N. Kayan, "Çok katlı ofis yapıları Ve Açık Ofis Planlama Yaklaşımları/Harmanlı Giz Plaza, Sabancı Center, Kanyon ve Nida Kule örneklerinde açık ofis planlama yaklaşımlarının irdelenmesi," p. 169, 2009.
- [58] Pickard Quentin, The Architects' Handbook. Blackwell Science Ltd., A Blackwell Publishing Company, 2002.
- [59] H. Begeç, "İletişim teknolojilerinin büro mekanlarına etkileri ve medya yapılarında yeni mekan kullanım biçimlerinin uygulanabilirliği." p. 214, 2005.
- [60] P. Neufert, Architect's Data. Blackwell Science, 2003.
- [61] P. Sarıcioğlu and M. Yaman, "Kinet ofis yapılarında kullanılması," II. Intern. Acad. Res. Congr., 2017.
- [62] M. Erentok, "A'dan Z'ye Açık Ofis Tasarımı," Arred. Dekor., 1991.
- [63] Tasarım dergisi, Ofis Binaları (Office Buildings). Tasarım Özel Sayısı, 2003.
- [64] D. Casini, G. Cellai, J. Fogola, F. Scamoni, and S. Secchi, "Correlation between facade sound insulation and urban noise: A contribution to the acoustic classification of existing buildings," Build. Acoust. Acoust, vol. 23, pp. 145–158, 2016.

- [65] S. Secchi, G. Brambilla, D. Casini, and G. Cellai, "A Method to estimate students' exposure to road traffic noise events. Environments," Environments, vol. 5, p. 39, 2018.
- [66] M. Furnari, "Manuale di Progettazione Uffici," Mancosu Ed., vol. D32-D55, 2013.
- [67] A. Avcı and A. Yiğit, "Değişik giysilerin ısı ve kütle transferi özelliklerinin insan konforu açısından incelenmesi," 2. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi, pp. 165-174, 1992.
- [68] ASHRAE handbook, Fundamentals, chapter 8 "Physiological principles and thermal comfort." Atlanta, 1993.
- [69] N. Yüksel, "Insulation Materials in Context of Sustainability," In tech Publication, 2016.
- [70] J. A. Veitch and G. R. Newsham, "Lighting Quality and Energy-Efficiency Effects on Task Performance, Mood, Health, Satisfaction, and Comfort," J. Illum. Eng. Soc., 1998.
- [71] S. Şazi, "Müzelerde ve bürolarda aydınlatma," 1997.
- [72] M. Şerefhanoglu Sözen, "Çalıştığımız mekânlarda aydınlatma ve görsel konfor," Arredamento Dekorasyon, Ofis'91 Dergisi, 1987.
- [73] K. Charles and K. Pero, "Open plan office designs-promoting organizational productivity," Constr. Canada, vol. 48, 2006.
- [74] M. Altınöz and R. Göral, "Örgütsel verimliliğin geliştirilmesinin açık plan çalışma alanı tasarımı ile ilişkilendirilmesi," SÜ İİBF Sos. ve Ekon. Araştırmalar Derg., pp. 430-440.
- [75] A. A. Burrows, Acoustic noise, an informational definition. human factors. ABD, 1960.
- [76] N. Yügrük Akdağ, "Gürültü Denetimi 1 Yüksek Lisans Ders Notları," Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [77] Z. Can Yüksel, Yapı Fiziği Ders Notları. İstanbul: Yıldız Teknik Üniveristesi.
- [78] S. Kurra, Çevre Gürültüsü ve Yönetimi I., İstanbul, 2009.
- [79] N. Yügrük Akdağ, Yapı Akustiği ders notları. İstanbul: Yıldız Teknik Üniveristesi, 2019.
- [80] D. Bies and C. H. Hansen, "Understanding active noise cancellation," Spon Press, 2002.
- [81] S. Y. Demirkale, "Çevre ve yapı akustiği - mimarlar ve mühendisler için el kitabı." İstanbul: Birsal Yayınevi, 2007.
- [82] M. Çay, H. Dilmen, and H. T. Belek, "Mimari akustik düzenlemelerde ses maskeleme sistemleri," 9.Ulusal Akustik Kongresi, 2011.
- [83] B. Birgitta and T. Lindvall, "Archives of the center for sensory research." 1995.
- [84] B. Griefahn, "Critical loads for noise exposure," Inter-Noise 1990, pp. 1163-

- [85] S. J. Rosenberg, "Handbook of noise and vibration control. Cambridge, "2007.
- [86] J. Pile, "Open office planning, a handbook for interior designers and architects," The Whitney Library of Design. New York, 1978.
- [87] M. Mehta, J. Johnson, and J. Rocafort, "Architectural acoustics principles and design," Merrill Prentice Hall, pp. 301–306, 1999.
- [88] M. D. Egan, " Architectural acoustics." New York, 1988.
- [89] J. S. Bradley, "The acoustical design of conventional open plan offices," Can. Acoust., vol. 27, no. 3, pp. 23–31, 2003.
- [90] Z. Maekawa and P. Lord, "Environmental and Architectural Acoustics," London: E & FN SPON, 1994.
- [91] "Call centre room acoustics." [Online]. Available: <https://www.acousticbulletin.com/call-centre-room-acoustics>. [Accessed: 12-Feb-2020].
- [92] N. Yügrük Akdağ and Z. Can Yüksel, "Makine Mühendisleri Odası Yapılarda ısı,yangın yalıtımı ve gürültü titreşim denetimi yayını," 2005.
- [93] "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik," Resmi Gazete.
- [94] Çevresel Gürültünün, Denetimi ve Yönetimi Yönetmeliği, "Resmi Gazete Tarihi: 07.03.2008 Resmi Gazete Sayisi: 26809," 2008.
- [95] Tools and Basic Information for Engineering and Design of Technical and Applications, "Resources." [Online]. Available: https://www.engineeringtoolbox.com/nc-noise-criterion-d_725.html. [Accessed: 05-Apr-2020].
- [96] S. Özdem Gürtürk and N. Yügrük Akdağ, "The effect of noise on employes in open planned offices - Assessments within the scope of a sample," in 1. International Battalgazi Multidisciplinary Studies Congress, 2018, pp. 1465–1472.
- [97] Anon, TS 9315/ISO 1996-2, "Çevre gürültüsünün tarifi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi - Bölüm 2: Çevre gürültü seviyelerinin tayini," 2008.
- [98] Binaların gürültüye karşı korunması hakkında yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/05/20180531-2.htm> Erişim tarihi: 09/06/2019
- [99] https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/62029/mod_resource/content/%200/4.%20hafta.pdf Erişim tarihi: 28/02/2020
- [100] https://www.researchgate.net/figure/Specular-near-perfect-specular-near-perfect-diffuse-and-diffuse-reflection-Jensen_fig11_221433915 Erişim tarihi: 12/04/2020

AÇIK PLANLI OFİSLERDE ÇALIŞMA ORTAMININ AKUSTİK KONFOR AÇISINDAN DEĞERLENDİRME ANKETİ

Yapılan anket, açık planlı ofis çalışanlarının, ortam konforu ve çalışma şartlarını değerlendirmek için gerçekleştirilmektedir. Yapılan bu anketten elde edilecek veriler ile uygun açık planlı ofis tasarımı için tasarım kriteri, problem tanımı ve benzeri verilerin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Elde edilen verilerin hiç biri, kişisel veya başka bir kurumun ticari çıkarları doğrultusunda kullanılmayacak olup, tamamıyla akademik çalışmalar için kullanılacaktır. İlginize teşekkür ederiz.

1) Kaç yaşındasınız?

- ☐ 18-25 yaş
- ☐ 25-30 yaş
- ☐ 30-35 yaş
- ☐ 35-40 yaş
- ☐ 40 yaş üzeri

2) Cinsiyetiniz nedir?

Bay: ☐ Bayan: ☐

3) Eğitim seviyeniz nedir?

- ☐ İlköğretim
- ☐ Lise
- ☐ Önlisans
- ☐ Lisans
- ☐ Yüksek lisans
- ☐ Doktora

4) Çalıştığınız kurumdaki göreviniz nedir?

- ☐ Müşteri temsilcisi
- ☐ Süpervisor
- ☐ Takım kaptanı
- ☐ Uzman

5) Ne kadar süredir bu kurumda çalışmaktasınız?

- ☐ 0-6 ay
- ☐ 6-12 ay
- ☐ 1-5 yıl
- ☐ 5-10 yıl
- ☐ 10 yıl üzeri

6) Çalıştığınız kurumdaki çalışan sayısı kaçtır, mevcudu nasıl değerlendirirsiniz? Çalışma ortamınızı paylaştığınız iş arkadaşlarınızın sayısı, yapmış olduğunuz işe uygun mu?
Ör. 25 kişi olduğunu tahmin ediyorum.

Cevabınız:.....

- ☐ Uygun dur
- ☐ Daha az olmalıdır, çalıştığım ortamda daha az çalışan olmalı
- ☐ Daha fazla olabilir, çalıştığım ortam daha fazla insanın çalışmasına imkan sağlayabilir.

7) Günlük kaç saat çalışmaktasınız ve çalışma saat aralığını belirtiniz.
Ör. Günde 8 saat çalışıyorum ve sabah 8 : 00, akşam 17: 00 arasında

Cevabınız:.....

8) Çalıştığınız ortamı konfor ve kullanılabilirlik açısından nasıl değerlendirirsiniz ?

- ☐ Çok iyi
- ☐ İyi
- ☐ Orta
- ☐ Kötü
- ☐ Çok kötü

9) Çalıştığınız ortamadaki fiziksel konfor(ısı, havalandırma, gürültü, çalışma alanı, vb) şartları uygun mudur?

- ☐ Çok iyi
- ☐ İyi
- ☐ Orta
- ☐ Kötü
- ☐ Çok kötü

10)Yaz mevsimi iç ortam sıcaklığı için çalışma alanınızda ısısal konfor şartları uygunmudur?

- ☐ Uygun
- ☐ Kısmen Uygun
- ☐ Uygun değil

11)Kış mevsimi iç ortam sıcaklığı için çalışma alanınızda ısısal konfor şartları uygunmudur?

- ☐ Uygun
- ☐ Kısmen Uygun
- ☐ Uygun değil

12)Çalışma alanınızda havalandırma koşulları yeterlimidir?

- ☐ Çok iyi
- ☐ İyi
- ☐ Orta
- ☐ Kötü
- ☐ Çok kötü

13)Çalışma alanınızda aydınlatma koşullarını yeterli buluyor musunuz?

- ☐ Çok iyi
- ☐ İyi
- ☐ Orta
- ☐ Kötü
- ☐ Çok kötü

14)Çalışma alanınızdaki akustik koşulları değerlendiriniz?

- ☐ Çok iyi
- ☐ İyi
- ☐ Orta
- ☐ Kötü
- ☐ Çok kötü

15) Çalıştığınız ortamda aşağıda yer alan hangi seslerden rahatsız oluyorsunuz?
Etki derecesine göre 1-9 puan aralığında puanlayınız.(en rahatsız edici etken :9
puan gibi)

- ☐ Konuşma sesleri
- ☐ Telefon sesleri
- ☐ Ekipman, makine sesleri
- ☐ Müzik sesi
- ☐ Ayak sesi
- ☐ Tesisat sesi
- ☐ Diğer sesler
- ☐ Hiçbiri

16) Anlaşılabilir konuşmalar ve anlaşılmayan konuşmalar kıyaslandığında iş performansınızda ve algınız üzerinde olumsuz etkileri nasıl değerlendirirsiniz?

- ☐ Anlaşılabilir konuşmalar daha fazla dikkat dağıtıcıdır.
- ☐ Anlaşılmayan konuşmalar daha fazla dikkat dağıtıcıdır.
- ☐ Her iki etken de aynı etkidedir
- ☐ Her iki etken de gürültü etkeni değildir.

17) Çalıştığınız ortamdaki gürültünün fiziksel sağlığınız üzerinde olumsuz etkileri var mıdır?

- ☐ Baş ağrısı
- ☐ İşitme bozukluğu
- ☐ Olumsuz etki hissetmiyorum.
- ☐ Diğerleri.....

18) Çalıştığınız ortamdaki gürültünün psikolojik sağlığınız üzerinde olumsuz etkileri var mıdır?

- ☐ Stres
- ☐ Sinirlilik
- ☐ Geç algılama ya da anlamada güçlük
- ☐ Uyku problemi
- ☐ Diğerleri
- ☐ Olumsuz etki hissetmiyorum

19) Çalıştığınız ortam konuşma gizliliği(mahremiyeti) açısından uygun mudur?

- ☐ Evet, konuşma gizliliği vardır
- ☐ Kısmen konuşma gizliliği vardır
- ☐ Hayır, konuşma seslerimiz üçüncü bir kişi tarafından duyulmaktadır, konuşma gizliliği yoktur.

20) Çalıştığınız ortamda yapı dışı gürültü kaynaklarından etkileniyor musunuz?

- ☐ Etkileniyorum
- ☐ Kısmen etkileniyorum
- ☐ Etkilenmiyorum

21) Çalıştığınız ortamda, yapı içinde diğer hacimlerden(diğer çalışma salonlarından) gelen gürültü etkenleri var mıdır?

- ☐ Evet, vardır.
- ☐ Kısmen vardır.
- ☐ Hayır, bulunmamaktadır.

22) Aldığınız çağrılarda müşterilerin arka plan seslerine karşı herhangi bir şikayetleri var mıdır?

- ☐ Evet, müşteriler arka plan sesleri duymaktan rahatsızlar
- ☐ Kısmen şikayetler oluyor
- ☐ Hayır, herhangi bir şikayet olmadı.

23) Aldığınız çağrılarda müşterilerle iletişim kurarken arka plan seslerinin iş performansınız üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi var mıdır?

- ☐ Evet, arka plan sesleri müşterilerle iletişimimi zorlaştırmaktadır
- ☐ Kısmen olumsuz etkisi oluyor.
- ☐ Hayır, arka plan seslerinin herhangi bir olumsuz etkisi yoktur.

24) Aldığınız çağrılarda müşterilerle iletişim kurarken konuşma gizliliğini sağlayabiliyor musunuz?

- ☐ Evet, sağlayabiliyorum, 3. bir kişi konuşmalarımızı duymuyor.
- ☐ Kısmen sağlayabiliyorum
- ☐ Hayır, sağlayamıyorum, 3.bir kişi konuşmalarımızı duyabiliyor.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgisi: ozdemsemran@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. S. Özdem Gürtürk and N. Yüğrük Akdağ, “The effect of noise on employes in open planned offices - Assessments within the scope of a sample,” in 1. International Battalgazi Multidisciplinary Studies Congress, 2018, pp. 1465–1472.

Makaleler

1. Özdem Gürtürk, S. ve Yüğrük Akdağ, N. , “Açık Planlı Bürolarda, İşitsel Konforun Tasarım Parametresi Olarak Alınmasına Yönelik Bir Yaklaşım Örneği” Megaron Dergisi(e-dergi), 2020.