

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
MÜZİK TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI
Yüksek Lisans Tezi

**AÇIK PLAN OFİSLERDE KONUŞMA ANLAŞILIRLIĞI PARAMETRELERİNİN
ANALİZİ**

Hazırlayan
Ufuk SİNKİL

Danışman
Prof. Dr. Feridun ÖZİŞ

İZMİR / 2021

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Açık Plan Ofislerde Konuşma Anlaşılabilirliği Parametrelerinin Analizi” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenden oluştuğunu ve bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Tarih

.../.../...

Ufuk SİNKİL

İmza

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü' nün / / Tarih ve sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği' nin maddesine göre, Müzik Teknolojisi Bilim Dalı öğrencisi Ufuk Sinkil'in "Açık Plan Ofislerde Konuşma Anlaşılabilirliği Parametrelerinin Analizi" konulu tezi incelenmiş ve aday / / tarihinde, saat 'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin olduğuna oy ile karar verilmiştir.

BAŞKAN**ÜYE****ÜYE**

ÖZET

Modern yüzyıl içinde yaygın olarak tercih edilen çalışma ortamları olan açık plan ofislerde çalışma verimliliğinin sürdürülebilmesi, akustik koşulların optimize edilmesiyle yakından ilişkilidir. Kötü akustik koşulların konsantrasyon kaybı gibi sebeplerden dolayı çalışma alanlarında ciddi verimlilik düşüşüne neden olduğu bilinmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı; açık plan ofislerin akustik koşullarının uluslararası standartlar çerçevesinde konuşma anlaşılabilirliği parametre gereksinimlerinin yeterlilik faktörlerini belirlemek ve ölçüm sonuçlarını karşılaştırmaktır.

Bu bağlamda Asır Grup'a ait açık plan ofis örnek ofis olarak seçilmiştir. Akustik koşullar yazılım aracılığı ile uluslararası standartizasyon belgesi TS EN ISO 3382-3 standart ve hesaplama ilkelerine göre; örnek açık plan ofisin aslına ek olarak birbirinden farklı akustik koşullarda altı model Odeon oda akustik 15.16 yazılımı ile simüle edilmiştir. Simülasyondan edilen sonuçlar karşılaştırılıp ve değerlendirilmiştir.

ABSTRACT

In Open-Plan Offices, which are widely preferred working environments in the modern century; sustaining operating efficiency is closely related to optimizing acoustic conditions. It is known that bad acoustic conditions cause a serious decrease in productivity in working areas due to reasons such as loss of concentration.

The aim of this thesis is to determine the adequacy factors of the speech intelligibility parameter requirements of the acoustic conditions of open-plan offices within the framework of international standards and to compare the measurement result.

In this context, the open plan Office of Asır Group was chosen as a sample Office. Acoustic conditions through software, according to the international standardization document TS EN ISO 3382-3 standards and calculation principles; in addition to the original of the sample open-plan Office, six models in different acoustic conditions were simulated with Odeon rooms acoustic 15.16 software. The result from the simulation were compared and evaluated.

ÖNSÖZ

Açık plan ofislerde çalışma verimliliği için gerekli akustik koşulların ve uluslararası standartların belirlenmesi, simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması üzerine yapılan bu çalışmada başından sonuna kadar gerek aktardığı bilgi birikim gerek büyük bir sabırla ihtiyacım olan her anda yanımda olan değerli hocam Prof. Dr. Feridun Öziş'e göstermiş olduğu ilgi ve özverisi için teşekkür ederim. Lisans ve Lisansüstü eğitimim süresince çalışma ve bilgilerinden faydalanma fırsatı bulduğum fakülte ve enstitü hocalarım Prof. Dr. Fırat KUTLUK'a, Prof. Dr. Cihan IŞIKHAN'a, Doç. Dr. Suat VERGİLİ'ye, Dr. Öğr. Üyesi Serhat DURMAZ'a, Öğr. Gör. Alp VAROL'a tüm eğitim hayatım boyunca bana kattıklarından dolayı teşekkürü borç bilirim.

Tüm hayatım boyunca benden desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	ii
TUTANAK.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR	xi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

AÇIK PLAN OFİSLERİN MİMARİ TASARIM İLKELERİ

1.1. Açık Plan Ofislerde Mimari Tasarım	4
1.2. Mimari Tasarım Parametreleri	5
1.2.1. Tavan.....	5
1.2.2. Ekran (Panel / Bölme)	5
1.2.3. İş İstasyonları ve Konumları.....	6

2. BÖLÜM

KONUŞMA ANLAŞILIRLIĞI PARAMETRELERİ

2.1. Yansıma Süresi (RT)	9
2.2. Arka Plan Gürültü Düzeyi	10
2.3. Konuşma Sesinin A-Ağırlıklı Ses Basınç Düzeyinin Azalma Oranı (D2,S).....	10
2.4. 4m Uzaklıktaki Konuşma Sesinin A-ağırlıklı Ses Basınç Düzeyi (Lp,A,S,4 m) ..	13
2.5. Konuşma İletim İndeksi (STI) ve Rapid (RASTI)	13
2.6. Serbest Bir Alan ile ilgili SPL Ortalama Fazlalığı (DLf)	15

2.7. Mesafenin İki Kat Artışı Başına SPL mekânsal bozulma oranı (DL2)	
(D2,s)	16
2.8. Konuşma Gizliliği Mesafesi (rp) ve dikkat dağınıklığı mesafesi (rD)	16
2.9. Ünsüzlerin Artikülasyon Kaybı (%Alcons).....	16
2.10. Gürültü Azaltma Katsayısı (NRC)	17
2.11. Ses İletim Sınıfı (ST)	18
2.12. Konuşma İçin Netlik İndeksi (C50).....	18
2.13. Artikülasyon İndeksi (AI)	19
2.14. Konuşma Anlaşılabilirliği İndeksi (SII)	19

3. BÖLÜM

BİLGİSAYARLA ÜÇ BOYUTLU MODELLEME AŞAMALARI

3.1. Bilgisayar Simülasyon Modeli	22
3.2. Odeon Akustik Simülasyon Yazılımı Uygulaması	25
3.2.1. Yüzey Materyallerinin Tanımlanması	26
3.2.2. Kaynak Alıcı Yerleşimi.....	31

4. BÖLÜM

ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

4.1. Tez Kapsamında Modellenen Açık Plan Ofisler İçin Değerlendirmeye	
Kapsamına Alınan Konuşma Anlaşılabilirliği Parametreleri.....	34
4.1.1. DL2 Parametresi Analiz Sonuçları Değerlendirmesi	34
4.1.2. D2,S Parametresi Analiz Sonuçları Değerlendirmesi.....	35
4.1.3. rD Parametresi Analiz Sonuçları Değerlendirmesi	36
4.1.4. Lp,A,S,4m (dB) Parametresi Analiz Sonuçları Değerlendirmesi.....	37
4.1.5. STI Parametresi Analiz Sonuçları Değerlendirmesi	38
4.1.6. EDT ve T30 Analiz Sonuçları Değerlendirmesi	39
4.2. Sonuç	40
KAYNAKÇA	44
ÖZGEÇMİŞ.....	48

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. İş İstasyonlarına Bölünmüş Ofis Örneği

Şekil 2. Yansıyan Seslerin Tavan İle İletilmesi

Şekil 3. Çalışma Birimlerindeki Ses Enerjisinin Sönümlenmesi Arasındaki İlişki

Şekil 4. İş istasyonlarının Açık Plan Bir Ofise Konumlandırılması

Şekil 5. Yansıma Süresi Eğrisi

Şekil 6. Konuşmacının Ses Basınç Düzeyi Spektrumu Grafiği

Şekil 7. Modülasyon Azaltma Formülü

Şekil 8. Konuşma İletim İndeksi Formülü

Şekil 9. RASTI Hesaplama Formülü

Şekil 10. %Alcons Hesaplama Formülü

Şekil 11. Gürültü Azaltma Katsayısı Formülü

Şekil 12. Sinyal Gürültü Oranı Hesaplama Formülü

Şekil 13. C50 Hesaplama Formülü

Şekil 14. Asır Grup Açık Plan Ofis AutoCad Mimari Planı

Şekil 15. Asır Grup Açık Plan Ofis Kesiti

Şekil 16. Asır Grup Açık Plan Ofis 3Boyutlu Model Ekran Görüntüsü

Şekil 17. Açık Plan Ofiste Tavana Asılmış Paneller

Şekil 18. İş İstasyonları Arasındaki Ekranlar

Şekil 19. Altıncı Modelin Ekran Görüntüsü

Şekil 20. Odeon Oda Akustik Yazılımı Kaynak Alıcı Konumları

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Frekansa Bağlı Ses Basınç Düzeyleri Karşılaştırması

Tablo 2. AI ve SII Değerleri Açısından Konuşma Gizliliği Kriter Karşılaştırması

Tablo 3. Model 1 İçin Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri

Tablo 4. Model 2 İçin Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri

Tablo 5. Model 3 İçin Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri

Tablo 6. Model 4 İçin Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri

Tablo 7. Model 5 İçin Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri

Tablo 8. Model 6 İçin Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri

Tablo 9. Konuşma Anlaşılabilirliği Parametreleri ve Referans Değerleri

Tablo 10. DL2 Parametresi Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Tablo 11. D2,S Parametresi Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Tablo 12. rD Parametresi Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Tablo 13. Lp, A, S, 4m Parametresi Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Tablo 14. STI Parametresi Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Tablo 15. EDT ve T30 Parametreleri Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Tablo 16. Konuşma Anlaşılabilirliği Parametreleri Referans Değerleri

Tablo 17. Anlaşılabilirlik Parametreleri Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Tablo 18. Ofis Modellerinin STI, EDT, T30 Parametreleri Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

KISALTMALAR

RT– Reverbation Time

D/A – Digital/Analog

Hz – Herz

KHz – KiloHerz

Lp,B – Background Noise Level

D2,S – The Decay Rate Of Speech

Lw,LS – Sound Pressure Level On Measuring Surface

Lw,S – Sound Pressure Level Value

Lp,S,1m,ff – Sound Pressure Level Values For the A-weighted Normal Speech Spectrum

dB – Decibel

Lp,A,S,4 m – A-weighted Sound Pressure Level of Speech at a Distance of 4m

STI – Speech Transmission Index

MTI – Multiple Transfer Index

S/N – Signal to Noise Ratio

SPL – Sound Pressure Level

rP – Privacy Distance

rD – Destruction Distance

%Alcons – Loss of Articulation of Consonants

NRC – Noise Reduction Coefficient

STC – Sound Transmission Class

C50 – Clarity Index For Speech

AI – Articulation Index

SII – Speech Intelligibility Index

GİRİŞ

Açık plan ofisler, çalışanlar arasında iş birliğini arttırmak için tasarlanmış çalışma alanlarıdır. Çoğu açık plan ofisin kat planlarında toplantılar için tasarlanmış toplantı ve konferans odaları bulunurken, çalışma alanının çoğu açıktır ve çalışanların tümü aynı alanda masa başında bulunur. Bu tasarım ilkeleri ve çalışma tarzı, çalışanlar arasındaki iletişim ve yaratıcılığı kolaylaştırma yeteneğini arttırdığı fikrinden ortaya çıkmıştır. Açık plan ofis ilk olarak Alman mobilya üreticisi tarafından tasarlanmıştır (Hundert, A, T, Greenfield, N, 1969). Geçmişten günümüze kadar farklı tasarım modelleri ile gelişen açık plan ofislerin; bilgisayarlar, yazıcılar, tabletler ve akıllı telefonlar gibi bir ofis içinde gerekli olan teknolojilerin gelişmesiyle birlikte kullanım şekilleri de gelişmektedir. Açık plan ofis alanı; ortak çalışma alanı veya aktiviteye dayalı yeni çalışma biçimlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu çalışma alanlarının ortaya çıkmasındaki diğer neden ise iletişim maliyetlerinin ve ofis yapı maliyetlerinin azaltılması olarak da görülmektedir.

Açık plan ofis mekanları kavramının uzun bir geçmişi vardır. Açık plan bir alanda çalışma fikri, ilk çalışma alanının yaratıldığı ve bir fabrika zeminine benzediği 1900'lerin başlarına kadar uzanır (Gen, Kenneth, 2019). Açık plan ofisler 1960'lara kadar sekreter ve daktilo gibi işlerde çalışanlar için tasarlanmış. 1960'lardan itibaren Amerika Birleşik Devletleri'ndeki şirketler, hücrelerle bölünen açık alanlar fikrini geliştirdiler. Maliyetleri düşürmenin bir yolu olarak bu hücreler Amerika Birleşik Devletleri'nde yaygınken, Avrupa'da 'L' şeklinde köşe masaların kullanımı daha yaygındı (Walsh, Jhon, 2015).

Çalışanlar arasındaki iletişimi kolaylaştırmak ve düşük yapı maliyetleri, açık plan ofislerin tercih edilmesinin avantajları arasında yer alırken, olumsuz akustik koşullar bu tür ofislerin dezavantajları arasında yer almaktadır. Akustik konforun sağlanmaması durumunda mahremiyet eksikliği, iş gücü verimliliğinde bozulma veya konsantrasyon kaybı gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Açık plan ofisteki işler; çalışanlarda yüksek konsantrasyon gerektiriyorsa kalabalık konuşma sesleri çoğu zaman

dikkat dağılmasına, iş gücü verimliliğinin bozulmasına neden olur. Bununla birlikte bu çalışma alanlarında konuşma mahremiyeti sağlanamaması bir diğer olumsuz akustik koşul arasında gösterilir. Bu durumda çalışma istasyonları arasında konuşma gizliliği sağlanması gerekmektedir. Bu bağlamda olumsuz akustik koşulların her biri, birer tasarım problemi olarak ele alınmalıdır. Dikkat dağınıklığının önlenmesi, konsantrasyon düzeyinin arttırılabilmesi ve çalışanların verimlilik düzeyinin korunması için açık plan ofisteki arka plan gürültü düzeyinin belirli seviyelerde olmasını sağlamak önemlidir. Ortam gürültüsünün kontrolsüz artışı çalışanların verimliliğini olumsuz etkilerken, belirli bir seviyenin altında olduğunda ise gizlilik seviyesini olumsuz etkilemektedir.

Açık plan ofislerde akustik konfor koşullarının sağlanması ve akustik koşulların değerlendirildiği çalışmalar literatürde oldukça fazla yer tutmaktadır. Üç boyutlu modeller üzerinde oda akustik yazılımları ile yapılan çalışmalar, akustik koşulların değerlendirilmesi hakkında en önemli veri kaynakları arasında yer alır. Ofis hacimlerinin aynı model üzerinde birbirinden farklı yüzey materyalleri ve birbirinden farklı geometrik tasarım elemanları ile karşılaştırılması, açık plan ofis akustik koşullarının değerlendirmesinde önemli bir etkidir. Bu tez çalışmasının amacı; aynı ofis modeli üzerinde birbirinden farklı yüzey özelliklerinin karşılaştırılması sonucunda yüzey materyaller tercihlerinin belirlenmesi ve elde edilen bilgisayar simülasyon sonuçlarını uluslararası standartlarda tanımlanmış konuşma anlaşılabilirliği parametreleri ile karşılaştırmaktır.

Elde edilen simülasyon ölçüm sonuçları incelenerek, uluslararası standartlarda tanımlanan konuşma anlaşılabilirliği parametreleri ile arasındaki yakınlık ilişkisine bakılacaktır. Çalışmada gerçek bir model tercih edilmiştir. Kuramsal bilgilerin sağlanmasında kaynak tarama yönteminden faydalanılmıştır. Çalışma bu bakımdan açık plan ofislerde konuşma anlaşılabilirliği literatürüne katkı sağlamak ve farklı akustik tasarımların konuşma anlaşılabilirliği parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmaya çalışmıştır.

1. BÖLÜM

AÇIK PLAN OFİSLERİN MİMARİ TASARIM İLKELERİ

1.1. Açık Plan Ofislerde Mimari Tasarım

Açık plan ofis tasarımı, 1955 yılında Almanya’da Schelle kardeşler tarafından oluşturuldu (Duffy, 1980). Sermayenin verimli kullanılması ve insanlar arasındaki iletişimin güçlenmesi ilkeleri üzerine ortaya çıkan açık planlı ofislerde çalışanlar, izole edilmiş kapalı alanlardan ziyade, aynı mekan içerisinde oluşturulan bir oturma düzeni içerisinde çalışmaktadırlar (B.D. Şahin 2019, Açık planlı Ofis yapılarında Akustik Konfor Koşullarının İncelenmesi).

Açık planlı ofisler, aşağıdaki resim 1’de görüldüğü üzere, bölmeler ve modüler mobilyalarla nispeten küçük hücreler ya da iş istasyonlarına bölünmüş bir ofis alanını tanımlamaktadır. Açık plan ofis tasarımları, daha iyi bir alan kullanımı ve bilgi akışını geliştirmek amacıyla tasarlanmaktadır.



Şekil 1. İş İstasyonlarına Bölünmüş Ofis Örneği

Açık planlı ofislerde kullanıcı sayısının fazla olmasından dolayı, alanı verimli bir biçimde kullanmak ve çalışma performansını arttırabilmek için, çalışma ünitelerinin sayısı, tipi ve yerleşimi oldukça önemlidir. Kullanıcıların çalışma ihtiyaçlarına göre

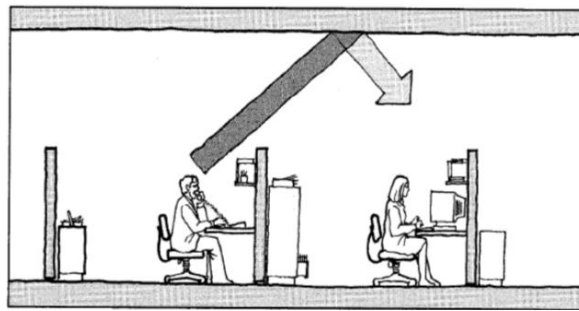
çalışma ünitelerinin tasarlanması, çalışanların birbiri ile iletişimine engel olmamak koşuluyla yeterli görsel ve işitsel gizliliğin sağlanması dikkate alınması gereken koşullardandır. Bu amaçla, açık plan ofis alanlarında, cam, ekran (panel) vb akustik elemanlarla izole edilmiş iş istasyonları yer almaktadır.

1.2. Mimari Tasarım Parametreleri

Açık plan ofislerde çalışanların verimliliği ve buna bağlı olarak akustik koşulların sağlanması; ofisi çevreleyen yüzeylerin, bölme panellerin, aydınlatma ve havalandırma tesisatlarına ait donanımların, konuşmacı-dinleyici ve iş istasyonlarının konumlanmasının özelliklerine bağlıdır.

1.2.1. Tavan

Açık plan ofislerin akustik açıdan en önemli mimari tasarım elemanlarından tavan ve asma tavan yüzeylerinin, ses enerjisini yutma katsayısının oldukça yüksek olması önerilmektedir. Çünkü çalışma alanlarının bölme panolarıyla ayrıldığı açık planlı ofislerde, yansıyan seslerin diğer çalışma birimlerinin tümüne birden iletilmesine neden olan en geniş düzlem tavan yüzeyleridir (Mehta, Johnson ve Rocafort, 1999: 318; Long, 2006: 558; Warnock, 2004; T.T.Kurt 2016).

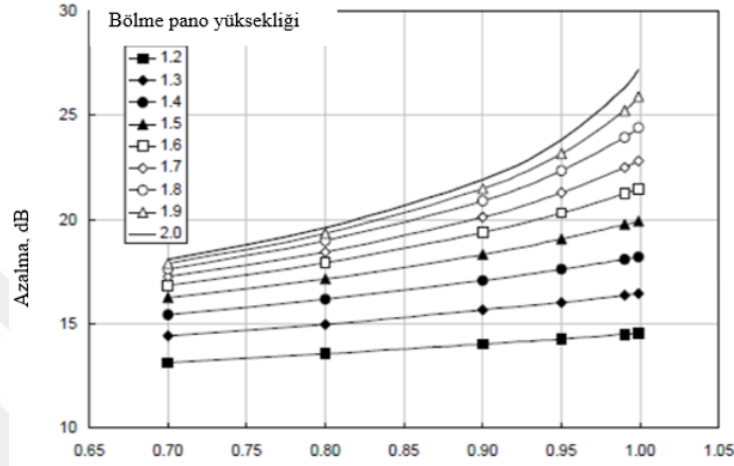


Şekil 2. Yansıyan Seslerin Tavan İle İletilmesi (Mehta, Johnson ve Rocafort, 1999: 318)

1.2.2. Ekran (Panel / Bölme)

Açık plan ofislerde çalışma alanları arasındaki direk ses geçişinin engellenmesi için kullanılan diğer mimari tasarım elemanı ekranlardır (panel/bölme). Perdeleme

elemanı olan ve çalışma alanları arasında bariyer işlevi gören bölme panellerin yüksekliğinin, direkt ses ve kırılan ses enerjisinin geçişini engelleyecek şekilde boyutlandırılması önerilmektedir (J.Sarwono, A.E. Lasarati, W.N.I. Novianto, I. Sihar, S.S. Utami 2015).

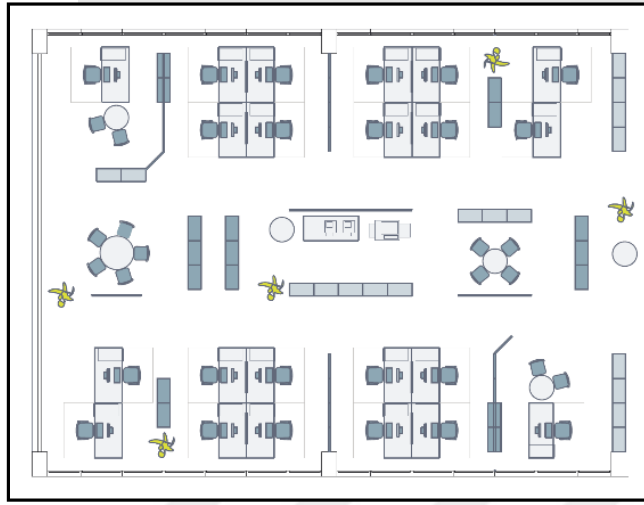


Şekil 3. Çalışma birimlerindeki ses enerjisinin sönümlenmesi arasındaki ilişki (Warnock, 2004)

Tavanda oluşan yansımaya benzer diğer bir durumda yan yüzeylerde olduğu bilinmektedir. Açık plan ofislerde doğal ışık ihtiyacından ve ara bölme duvarların cam tercih edilmesinden dolayı eğer bu yüzeylerde emici malzeme kullanılmadığı durumlarda çoklu yansıyan ses enerjisi engellenememektedir. Bu durumda ses enerjisi bu yüzeylerden yansır ve bölme panolar ile bölünmüş diğer iş istasyonlarına ulaşabilir (Egan,1988:342).

1.2.3. İş İstasyonları ve Konumları

Diğer bir mimari tasarım parametresi ise iş istasyonlarının konumudur. Açık planlı ofislerde iş istasyonları tasarımında kullanılan mobilyalar, düzgün yüzeyli ve paralel olan duvarların etkisini azaltarak, akustik konforun oluşmasına katkıda bulunmaktadır. (Hilge ve Nocke, 2010)



Şekil 4. İş istasyonlarının açık plan bir ofise konumlandırılması (Hilge ve Nocke, 2010)

Açık planlı ofislerin zeminlerinde halı kaplama yapılması önerilmektedir. Normal bir ofis halısının ilk görevi, direkt gelen ses enerjisinin emilimini sağlamaktansa, darbe kaynaklı seslerin azaltılması açısından daha önemlidir. Bununla birlikte zemin döşeme kaplamasının ses emilim katsayısının yine de fazla olması istenir (Mehta, Jhonson ve Rocafort 1999:319; Rosenberg, 2007:1302).

2. BÖLÜM

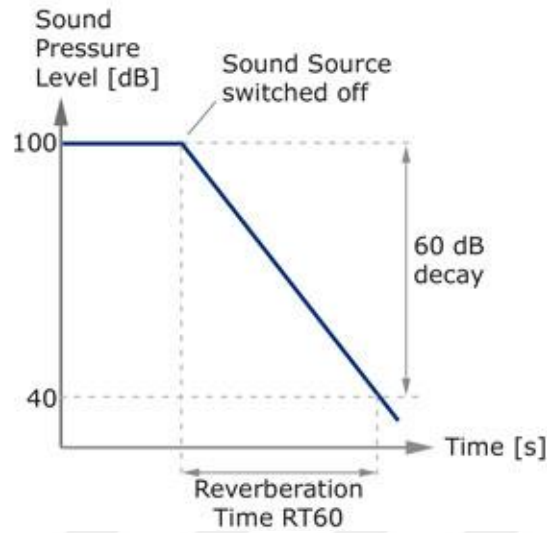
KONUŞMA ANLAŞILIRLIĞI PARAMETRELERİ

Gizlilik, açık plan bir ofiste en önemli akustik koşullardan biridir. Açık planlı bir ofiste ana tasarım hedefi, gizliliği düşük arka plan gürültülü bir ortamda sürdürebilmektir. Açık plan ofislerde konuşma anlaşılabilirliği ve gizliliği için kullanılan bazı ölçüm kriterleri vardır. Yapılan araştırmalarda açık plan ofislerin akustik değerlendirmelerini tanımlamada reverberasyon süresi parametresinin tek başına yeterli olmadığı anlaşılmıştır. (Rindel ve Christensen, 2012). Bunun sonucunda 2012 yılında yayınlanan standartta (TS EN ISO 3382-3, 2012) açık planlı ofislerin akustik koşullarını değerlendirmek için kullanılması önerilen bir dizi akustik parametre yayınlanmıştır. Konuşma sinyalinin önemli olduğu mekanlarda incelenen parametreler aşağıda açıklanmıştır.

2.1. Yansıma Süresi (RT)

Yansıma süresi (RT), bir alandaki yankılanma miktarının ölçüsüdür. Hacim içinde faaliyette olan bir ses kaynağının susmasından itibaren ses basınç seviyesinin 60 dB azalması için geçen süreyi ifade eder (Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliği, 2010). Bozulma oranı, bir odadaki ses emiliminin miktarına, oda geometrisine ve sesin frekansına bağlıdır. RT saniye cinsinden ifade edilir. Bu bozulma genellikle ilk 10, 20 veya 30 dB üzerinden ölçülür ve ardından tüm 60 dB aralığına ekstrapole edilir.

Wallace C. Sabine 1895 yılında hacim akustiği ile ilgili çalışmalarına başlamıştır (Peters, Smith ve Hollins, 2011: 113; Everest ve Pohlmann, 2009: 153). Bir mekânın reverberasyon zamanını saniye cinsinden ifade etmiş ve reverberasyon süresinin söz konusu mekânın hacmine ve mekânın toplam yutuculuğuna bağlı olduğunu kanıtlamıştır (Lawrence, 1970: 144; Long, 2006; Everest ve Pohlmann, 2009: 156; Cavanaugh, 2009; T.T. Kurt 2016). Resim 5'te reverberasyon eğrisini gösterir.



Şekil 5. Yansıma Süresi Eğrisi

2.2. Arka Plan Gürültü Düzeyi

Arka plan gürültüsü ya da fon gürültüsü, bir ortamda incelenen gürültü kaynağı dışındaki bütün gürültü kaynaklarının yarattıkları toplam gürültüyü ifade etmektedir (Özgüven, 2007: 32). TS EN OSI 3382-3 standardı arka plan gürültü düzeyini ($L_{p,B}$) ; ‘Çalışma birimlerinde, çalışma saatleri içerisinde ve çalışanların ofiste yer almadığı koşullarda; oktav bantlarda (merkez frekanslarda) ölçülen ses basınç düzeyi’ olarak tanımlamıştır. Arka plan gürültü düzeyi, insan sesi haricindeki; havalandırma sesi, ofis ekipmanlarının sesi, trafik gürültüsünün sesi veya ofiste maskeleye yapmak için kullanılan diğer tüm sesleri kapsamaktadır (T.T. Kurt 2016)

2.3. Konuşma Sesinin A-Ağırlıklı Ses Basınç Düzeyinin Azalma Oranı ($D_{2,S}$)

$D_{2,S}$ parametresi, bir açık planlı ofiste; kaynağa olan uzaklığın her iki katına çıkması durumunda ölçülen, konuşma sesinin A-ağırlıklı ses basınç düzeyinin azalma oranıdır (TS EN ISO 3382-3, 2012; Rindel ve Christensen, 2012).

Konuşma sesinin A-ağırlıklı ses basınç düzeyinin azalma oranı ($D_{2,S}$) parametresi, TS EN ISO 3382-3 standardının tariflediği şekilde; ses kaynağından yeterli miktarda verilen ses gücü düzeyine göre, kaynağa olan uzaklığın ikiye katlanmasıyla

belirlenen alıcı noktalarındaki ses basınç düzeyi ölçüm sonuçlarının, söz konusu standarttaki formüllere uygulanması ile belirlenir. Ayrıca standartta bulunan konuşma sesi spektrumundan da faydalanılır (TS EN ISO 3382-3, 2012).

Söz konusu bu parametre ($D_{2,s}$) ile ofisteki bölme panoların etkisi değerlendirilmektedir (Rindel ve Christensen, 2012; Passero ve Zannin, 2012). Ayrıca açık planlı ofiste $D_{2,s}$ parametresinin belirlenmesindeki bir diğer amaç ise ses kaynağından uzak ve yakın mesafelerdeki akustik koşulları ve mekânsal sönümlenme oranını değerlendirmektir (Virjonen, Keranen ve Hongisto, 2009). Farklı çalışma birimleri arasındaki konuşma sesinin sönümlenmesini nasıl arttıracığımız konusu, açık planlı ofislerde akustik planlamanın başlıca sorunları arasındadır (Nilson ve Hellström, 2010).

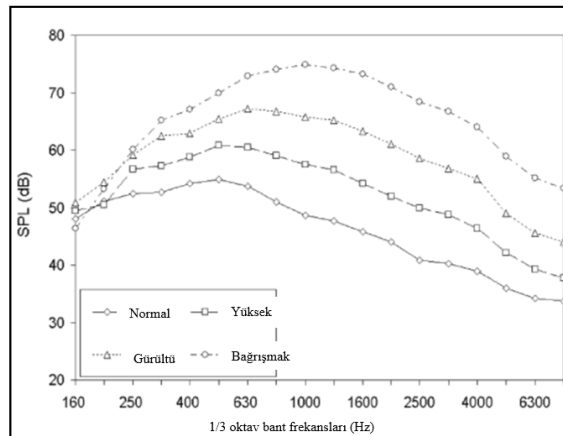
TS EN ISO 3382-3 standardına göre bir açık plan ofisteki ses düzeyinin, kaynaktan alıcıya olan uzaklığa bağlı düşüşünü de $D_{2,s}$ parametresi incelemektedir. $D_{2,s}$; ofisin beraber çalışma için ne kadar uygun olduğunu gösteren bütüncül bir parametredir. Kaynağın ses gücü düzeyi ($L_{w,LS}$) belirlenirken, her oktav banttaki ses basınç düzeyinin; ofisin en uzak ölçüm noktasında dahi, arka plan gürültü düzeyini 6 dB aşacak kadar yüksek olması gerekliliği TS EN ISO 3382-3 standardında belirtilmiştir.

Çok yönlü ses kaynağı olarak tanımlanan konuşmacıdan ($L_{w,S}$) 1m uzaklıkta, açık alandaki A-ağırlıklı normal konuşma sesi spektrumunu (kadın ve erkek sesinin ortalaması) için ses basınç düzeyi değerleri ($L_{p,S,1m,ff}$) değerleri ANSI S3.5-1997 (R 2007) standardına dayanmakta olup aşağıdaki tabloda verilmiştir. Konuşma sesi için tablodan da anlaşılacağı üzere çok yönlü ses kaynağına 1 metre uzaklıktaki A-ağırlıklı ses basınç düzeyi değeri ($L_{p,S,1m,ff}$) 57,4 dB'dir (TS EN ISO 3382-3, 2012; Rindel ve Christensen, 2012; Rindel, 2012).

Tablo 1. Frekansa Bağlı Ses Basınç Düzeyleri Karşılaştırması (TS EN ISO 3382-3, 2012)

Bant No i	Frekans Hz	Ses Gücü Düzeyi $L_{w,s}$ dB re 1 pw	Ses Basınç Düzeyi $L_{p,S,1m,ff}$		A-ağırlık A dB
			Tek Yönlü Kaynak dB re 20 μ Pa	Çok Yönlü Kaynak dB re 20 μ Pa	
1	125	60,9	51,2	49,9	-16,1
2	250	65,3	57,2	54,3	-8,6
3	500	69,0	59,8	58,0	-3,2
4	1 000	63,0	53,5	52,0	0,0
5	2 000	55,8	48,8	44,8	1,2
6	4 000	49,8	43,8	38,8	1,0
7	8 000	44,5	38,6	33,5	-1,1
	A-ağırlıklı	68,4	59,5	57,4	

Günümüzdeki araştırmalar, açık planlı ofislerdeki çalışanların normal konuşma sesi düzeyinden daha düşük seviyelerde konuştuklarını göstermiştir. Açık plan ofislerdeki konuşma düzeyleri, ANSI standardındaki değerlerden yaklaşık olarak 3 dB ile 10 dB daha düşüktür. Bu durumun nedeni, konuşmacılardaki duyarlılıktır. Eğer konuşan kişi diğerlerini duyabiliyorsa, kendisinin de başkaları tarafından duyulabileceğini düşünmektedir. Açık planlı ofiste çalışanların kuralları, bu anlamda gelişmeye açıktır (Rosenberg, 2007: 1300). Resim 7, 1/3 oktav bantlarda ANSI S3.5-1997 standardına göre önerilen, konuşmacıdan 1 m uzaklıkta, açık alandaki konuşma sesinin (kadın ve erkek sesi ortalaması) ses basınç düzeyi spekturumu (tek yönlü kaynağa göre) göstermektedir (Wang ve Bradley, 2002).

**Şekil 6.** Konuşmacının ses basınç düzeyi spekturumu grafiği (Wang ve Bradley, 2002)

2.4. 4m Uzaklıktaki Konuşma Sesinin A-ağırlıklı Ses Basınç Düzeyi ($L_{p,A,S,4m}$)

Konuşma sesinin A-ağırlıklı ses basınç düzeyinin azalma oranı ($D_{2,S}$) parametresini belirlemek üzere ses basınç düzeyi ölçülürken, ölçüm noktalarından birinin 4 m uzaklığa getirilmesi halinde, başka bir deyişle kaynakla alıcı arasında 4 m uzaklık bulunduğu durumda; 4 m uzaklıktaki A ağırlıklı konuşma sesi düzeyi ($L_{p,A,S,4m}$) ile belirlenmektedir (TS EN ISO 3382-3, 2012).

$L_{p,A,S,4m}$ parametresi ile yakındaki yansıtıcı yüzeylerden kaynağın düzeyinin ne kadar etkilendiği ortaya konulmuş olur (Rindel ve Christensen, 2012; Virjonen, Keranen ve Hongisto, 2009; Rindel, 2012). Konuşma sesinin A-ağırlıklı ses basınç düzeyinin azalma oranı ($D_{2,S}$) parametresini değerlendirebilmek için ölçülen ses basınç düzeyi ölçümleri ile aynı şartlar sağlanarak aynı ölçüm hattı kullanılmalıdır (TS EN ISO 3382-3, 2012; Rindel, 2012; Rindel ve Christensen, 2012). TS EN ISO 3382-3 standardında yayınlanan parametrelerin her biri farklı bir argümanı ölçmektedir. $D_{2,S}$ ile $L_{p,A,S,4m}$ parametreleri genellikle birlikte kullanılır; çünkü her ikisi de A-ağırlıklı konuşma sesi düzeyi ile ilgilidir. Bu iki parametre bölme panoların yutuculukları gibi doğrudan ofisin fiziksel çevresi ile ilgilidir (Wenmaekers ve Hak, 2015).

TS EN ISO 3382-3 standardına göre, $L_{p,A,S,4m} > 50$ dB ise açık plan ofis akustik koşullar açısından kötü bir ofis, $L_{p,A,S,4m} \leq 48$ dB ise açık plan ofis akustik koşullar açısından iyi bir ofistir (TS EN ISO 3382-3, 2012).

2.5. Konuşma İletim İndeksi (STI) ve Rapid (RASTI)

Açık plan bir ofiste ana gürültü kaynağı konuşmadır. Yapılan araştırmalarda, okuma ve kısa süreli hafıza gerektiren iş alanlarında, konuşma sesinin performansı olumsuz etkileyen bir unsur olduğu belirlenmiştir. Performansı azaltıcı asıl etki, konuşmadaki ses gücü düzeyinin fazlalığından ziyade, anlaşılabilir konuşma olarak tespit edilmiştir. (Hongisto, 2005; Pasero ve Zannin, 2012)

RASTI, ses kaynağı ve alıcı konumları arasındaki sinyal modülasyonunda ölçülen azalmasından türetilen 0 ile 1 arasındaki bir indekstir. RASTI, ölçülen sinyal

bozulmasından kaynaklandığından, yankılanma ve arka plan gürültüsünün etkisini otomatik olarak dahil eder (S.S.Utami, J.Sarwono, 2013).

Konuşma iletim indeksi (STI), iletim sisteminin konuşmanın netliği üzerindeki etkisini göstermek için oktav bant frekanslarındaki modülasyon transfer fonksiyonu (MTF) eğrilerinden türetilen bir indekstir. Modülasyon azaltma faktörünün ($m(F)$) her bir değeri, aşağıdaki denklem ile sinyal-gürültü oranına dönüştürülebilir (S.S.Utami, J.Sarwono, 2013).

$$(S/N)_{app} = 10 \log \left[\frac{m(F)}{1 - m(F)} \right]$$

Şekil 7. Modülasyon Azaltma Formülü

(S/N) oktav band ortalamanın birinden türetilen dB cinsinden sinyal-gürültü oranıdır. STI değeri, ortalama bir ağırlandırma değeri uygulandıktan ve $(S/N)_{app} > 15$ değerinin 15 dB'ye ve $(S/N) > -15$ ise -15 dB'ye dönüştürüleceği uygun bir normalizasyon uygulandıktan sonra elde edilir. Sonuç, belirli bir oktav bandının (S/N) oranıdır. Burada 'k' yedi oktav bandını ifade eder ve 'Wk' yedi oktav bandı için (125 Hz'den 8 kHz'e kadar orta frekanslar) 0.13, 0.14, 0.11, 0.12, 0.19, 0.17 ve 0.14 değerlerine sahip ortalama faktördür (S.S.Utami, J.Sarwono, 2013).

$$\overline{(S/N)_{app}} = \sum_{k=1}^7 w_k (S/N)_{app,k}$$

$$STI = [(S/N)_{app} + 15]/30$$

Şekil 8. Konuşma İletim İndeksi Formülü

0 – 0.30 arasındaki STI değerleri kötü konuşma aktarımını gösterirken, 0.30 – 0.45 zayıf, 0.45 – 0.6 orta, 0.6 – 0.75 iyi ve 0.75 – 1 mükemmel konuşma iletim

durumunu gösterir (Odeon Application Note – Calculation of Speech Transmission Index in rooms, 2014).

STI'nin farklı bir versiyonu, nihayetinde aynı olan ancak pratik ihtiyaçlar için daha hızlı bir hesaplama prosedürü olan RASTI'dır. Çoğunlukla oditoryum veya konuşmanın yapıldığı geniş toplantı alanlarını değerlendirmek için kullanılır. RASTI'nin hesaplanması yalnızca dört modülasyon frekansı (1,2,4 ve 8 Hz) ile 500 Hz oktav bantları ve dört modülasyon frekansı (0.7, 1.4, 2.8, 5.6 ve 11.2 Hz) ile 2000 Hz ile sınırlıdır. Aşağıdaki iki denklem RASTI'yı hesaplamak için kullanılır (S.S.Utami, J.Sarwono, 2013).

$$\overline{(S/N)}_{app} = \sum_{k=1}^2 w_k (S/N)_{app,k}$$

$$RASTI = [(S/N)_{app} + 15]/30$$

Şekil 9. RASTI Hesaplama Formülü

2.6. Serbest Bir Alan ile ilgili SPL Ortalama Fazlalığı (DLf)

DLf ; gürültü kontrolü ile ilgili olarak çalışma odalarında kullanılmak üzere 2001 yılında yayınlanan ISO 14257 standardında tanımlanan iki ölçüden biridir. Kapalı bir alanın uzamsal ses dağılım eğrisi ile boş bir alan için uzamsal ses dağılım eğrisi arasındaki belirli bir mesafe aralığında desibel cinsinden ortalama fark anlamına gelir. Boş bir alan için uzamsal ses dağılım eğrisi, iki katına çıkan mesafe başına 6 dB düşer. (TS ISO 11690-1-2020)

DLf ve DL2 (D2,S) ölçüleri, her bir alıcı ve harita noktası için hesaplanmadıklarından, ancak bir hat boyunca birkaç alıcı pozisyonu için işlem sonrası tahmin edilen SPL değerlerine dayandığından diğer ölçülere tam olarak uymaz, ISO 3382-3 6 ile 10 konum kullanmayı önerir. Ancak daha fazla alıcı konumu kullanmak bir hata olmadığı gibi daha çok fayda sağlar. Daha fazla alıcı konumu kullanmak, bazen

konumdan konuma özellikle de bir veya daha fazla ekranla SPL ölçümlemlerini önemli ölçüde deęiřtirebilir (DLf & DL2 Application Notes CATTv9- 2017).

2.7. Mesafenin İki Kat Artışı Başına SPL mekânsal bozulma oranı (DL₂) (D_{2,s})

DL₂; gürültü kontrollü ile ilgili olarak açık plan ofislerde kullanılmak üzere 2001 yılında yayınlanan ISO 14257 standardında tanımlanan iki ölçüden ikincisidir. Ses kaynağından uzaklık iki katına çıktığında ses basınç seviyesinin (SPL) belirli bir mesafe aralığında azaldığı desibel cinsinden miktarı ifade eder (ISO 11690-1-2020).

2.8. Konuşma Gizliliği Mesafesi (rp) ve dikkat dağınıklığı mesafesi (rD)

rp ve rD ISO 3382-3 2012’de yayınlanan standart ile açık plan ofislerde, konuşma gizliliği mesafesi ve dikkat dağınıklığı mesafesini belirlemek için tanımlanan iki parametredir. rp; konuşma aktarım indeksinin (STI) 0.20’nin altına düştüğü andaki konuşmacıdan uzaklığı ifade eder. Gizlilik mesafesi metre cinsinden ifade edilir. Gizlilik mesafesinin üzerinde; konsantrasyon ve mahremiyet, ayrı ofis odaları arasında olduğu gibi deneyimlenir. 0.20’nin altındaki STI değerlerinin, konuşma gizliliği zayıf veya küçük hacimli ofislerde elde edilmesi zordur (TS ISO 3382-3 2012).

rD; alıcı noktasındanki konuşma aktarım indeksinin (STI) 0.50’nin altına düştüğündeki kaynak-alıcı arasındaki mesafeyi ifade eder. Dikkat dağınıklığı mesafesi metre cinsinden ifade edilir. Dikkat dağıtma mesafesi arttığında, konsantrasyon ve gizlilik hızla gelişmeye başlar (TS ISO 3382-3 2012).

2.9. Ünsüzlerin Artikülasyon Kaybı (%Alcons)

%Alcons, aşağıdaki algoritma ile bir konuşma sırasında ünsüz kayıp yüzdesi olarak tanımlanır (J.Sarwono, S.S. Utami, 2013) .

$$\%Al_{cons} = \frac{200r^2T_{60}^2(1+n)}{VQM}$$

Şekil 10. %Alcons Hesaplama Formülü

r Konuşmacılar ve dinleyici arasındaki mesafe

T60 Reverberasyon Süresi

n Kaynak miktarı (Amount of source) n=1

V Oda hacmi (Room Volume)

Q Yönlülük kaynağı (Directivity Source)

M Oda soğurma miktarı (The Amount of Room Absorption)

STI değerleri ile ilişkilidir ve bu nedenle dinleyici tarafından algılanan konuşma kalitesini belirtmek için kullanılabilir. %0- %3'lük bir %Alcons, 0,75 – 1 aralığında STI değerleri olduğunda iyi bir konuşma kalitesini gösterir. Bu arada, %33-%100'lük Alcons, 0–0,3 arasındaki STI değerleri ile kötü veya kabul edilemez bir konuşma kalitesini gösterir. (J.Sarwono, S. S. Utami, July 2013)

2.10. Gürültü Azaltma Katsayısı (NRC)

Gürültü azaltma katsayısı (NRC), bir malzemenin ortalama ses emme performansını tanımlayan, 0,0-1 arasında değişen tek bir sayısal değeridir. Aşağıdaki formül ile hesaplanır (Farrell, W.R. , 1958).

$$NRC = \frac{1}{4} (\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000})$$

Şekil 11. Gürültü Azaltma Katsayısı Formülü

0.0 değerindeki bir NRC, nesnenin orta frekanslı sesleri azaltmadığını bunun yerine ses enerjisini yansıttığını gösterir. Gürültü azaltma katsayısı; 250, 500, 1000 ve 2000 Hz oktav bant merkez frekanslarında belirlenen belirli bir malzeme ve montaj koşulu için soğurma katsayılarının 0,05'in en yakın katına yuvarlanmış aritmetik ortalamasıdır. Genellikle merkez frekansları 100 Hz ile 5000 Hz arasında değişen oktav frekans bandında malzemelerin emilimini değerlendirmek için kullanılan ASTM C423 gibi standartlaştırılmış test prosedürlerinin kullanılmasıyla belirlenir. NRC'yi hesaplamak için kullanılan soğurma katsayıları, nitelikli akustik laboratuvar test tesislerinin yankılanma odalarında, belirtilen boyuttaki belirli malzemelerin numuneleri ve uygun montaj kullanılarak belirlenir. (M.Y.Yüce, 2009) An Acoustical Evaluation Model For Open Plan Offices).

2.11. Ses İletim Sınıfı (ST)

Akustik anlaşılabilirlik değerlendirmeleri frekansa bağlıdır. Her frekansın eşikleri farklı olduğundan, her frekansın kendine özgü ağırlıklandırma faktörü vardır. Herhangi bir durumun anlaşılabilirlik puanı hesaplanırken, her frekansın ağırlıklandırma faktörü, o frekansın sinyal seviyesinden çıkarılan arka plan gürültü seviyesi ile çarpılır. Bu önlemlerle, anlaşılabilirlik hesaplamasına arka plan gürültü seviyesi eklenir. Sinyal gürültü seviyesini hesaplamak için her frekansta aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$S-N=SPL_{\text{signal}}-SPL_{\text{noise}}$$

Şekil 12. Sinyal Gürültü Seviyesi Hesaplama Formülü

2.12. Konuşma İçin Netlik İndeksi (C50)

C50, dB cinsinden ifade edilir ve öznel netliği ile ilgilidir. Konuşmanın netliği veya anlaşılabilirliğinin nesnel bir ölçüsüdür. C50'nin temeli, geç yansımaların konuşmayı anlamak için elverişsiz olmasıdır. Çünkü yansımalar konuşma seslerinin konuşmayı belirsiz hale getirerek birleşmesine neden olur. Bununla birlikte, gecikme belirli bir süre sınırını aşmazsa, yansımalar anlaşılabilirliğe olumlu katkıda

bulunacaklardır. C50, erken ses enerjisi (0 ile 50 ms arasında) ve geç ses enerjisi (50 ms'den sonra gelen) oranını ölçer. Aşağıdaki formül ile türetilmiştir (J.Sarwono, S. S. Utami, July 2013).

$$C_{50} = 10 \times \log\left(\frac{Energy(0 - 50ms)}{Energy(50 - end)}\right), \text{ dB}$$

Şekil 13. C50 Hesaplama Formülü

2.13. Artikülasyon İndeksi (AI)

AI, frekans ağırlıklı bir sinyal-gürültü oranı ölçüsüdür. Dahası, konuşma anlaşılabilirliği puanları ile de yakından ilişkilidir. Bu nedenle, maksimum izin verilen AI değerleri açısından konuşma gizliliği kriterlerinin oluşturulması tercih edilir¹⁸. Artikülasyon indeksi aralığı sıfır ile bir arasındadır. Sıfır eklemleme, gizli bir mahremiyet anlamına geldiğinden, '1' artikülasyon indeksi, gizliliğin olmadığı anlamına gelir. ANSI, AI hesaplama yöntemini verir¹⁶. AI hesaplaması, her bir üçüncü oktav bandındaki oranlara ağırlıklı sinyalin toplamıdır. Bu oktav bantları kulağın önemine göre ağırlıklandırılır (M.Y. Yüce, 2009).

2.14. Konuşma Anlaşılabilirliği İndeksi (SII)

Konuşma anlaşılabilirliği indeksi standardı (SII), konuşmanın anlaşılabilirliğiyle oldukça ilişkili olan bir fiziksel ölçüyü hesaplamak için bir yöntemi tanımlar (ANSI S3.5-1997). Her bir frekans bandı üzerindeki düşük frekans bileşenlerinin maskeleye etkisini içerir. AI gibi, 0 ile 1 arasında bir değere sahiptir, ancak aynı koşul için SII değerleri AI değerlerinden biraz daha büyüktür. Aşağıdaki tablo, iki ölçünün ayrıntılı bir karşılaştırmasını göstermektedir. (J.S. Bradley, The Acoustical Design of Conventional Open Plan Offices, 2004).

Tablo 2. AI ve SII Değerleri Açısından Konuşma Gizliliği Kriter Karşılaştırması

Level Of Speech Privacy	AI	SII
Confidential	0,05	0,10
Acceptable	0,15	0,20

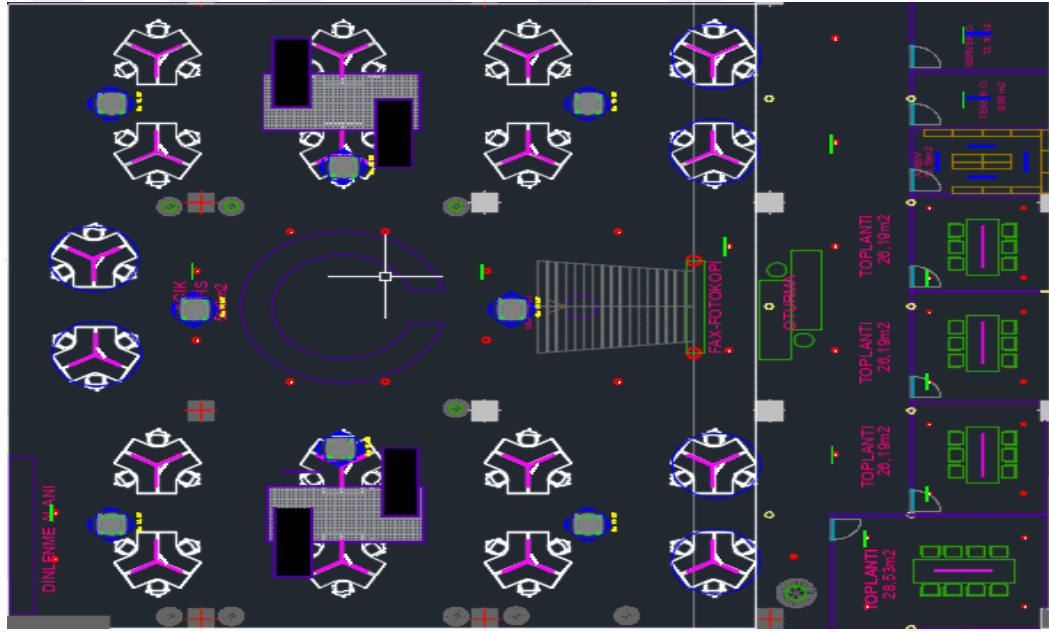
3. BÖLÜM

BİLGİSAYARLA ÜÇ BOYUTLU MODELLEME AŞAMALARI

3.1. Bilgisayar Simülasyon Modeli

Simülasyon için seçilen ofis, İstanbul'un merkezine 21 kilometre uzaklıktaki Başakşehir'de bulunuyor. Geniş bir ortamda yoğun personel barındıran ofis dikdörtgen şeklindedir.

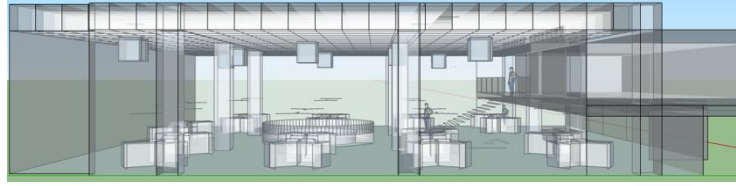
Asır Grup'a ait çalışma ofisinin AutoCad mimari planına sadık kalarak; Google SketchUp yazılımı ile 3 boyutlu modellemesi yapılmıştır. Zemin ve 1. kattan oluşan ofis binası yüksek katta ve altındaki yönetici ofisleri ve toplantı odaları, zemindeki geniş alan ise açık plan ofis için kullanılmaktadır. Resim 1 Asır Grup'a ait ofis planını göstermektedir.



Şekil 14. Asır Grup Açık Plan Ofis AutoCad Mimari Planı

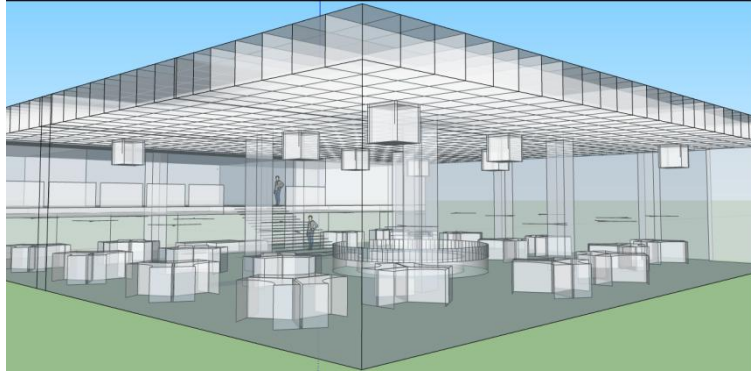
3 boyutlu modellemesi yapılan açık plan ofis olarak kullanılan alanın uzunluğu 28,70 metre, eni ise 26,50 metre, yüksekliği ise 5,45 metredir. Toplam ofis hacmi 4.144 metreküptür. Her iş istasyonunda 3 kişinin çalıştığı açık plan ofis içerisinde, gereksinimden kaynaklı yoğun tefriş uygulaması bulunmaktadır. Ofiste; 18 adet 3'lü çalışma grubu, 1 adet oval oturma grubu bulunmaktadır. Ofisin tavanı beton üzeri sıva ile kaplanmıştır ve tavanda 1x1 metre genişliğinde 1 mt derinliğinde odacıklar

bulunmaktadır. Çalışma istasyonlarının üzerinde 90 santimetre boyutlarında 54 adet aydınlatma armatürü bulunmaktadır. Tavanda 95cm eninde 95 boyunda 1 metre derinliğinde 8 adet havalandırma elemanı bulunmaktadır. Ofis zeminine traverten kaplama uygulanmıştır. Ofiste çalışanlara ait koltuklar ve misafir koltukları orta yoğunlukta kumaş ile kaplıdır.



Şekil 15. Asır Grup Açık Plan Ofis Kesiti

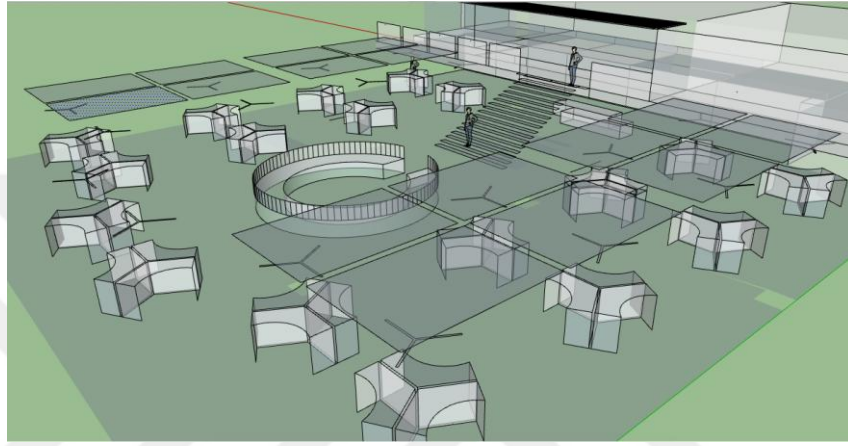
Farklı akustik özelliklere sahip 6 adet bilgisayar modeli geliştirilmiştir. İlk bilgisayar modeli; çalışma ofisinin mevcut mimari tasarım parametrelerine bağlı ve doğru bir kopyasıdır (C.B. Pop, J.H. Rindel, 2005). Resim 3, orijinal modelden bir ekran görüntüsünü göstermektedir.



Şekil 16. Asırın Grup Açık Plan Ofis 3 Boyutlu Model Ekran Görüntüsü

İkinci model, birinci modelin simülasyon ölçüm testlerinden daha geniş bir derecelendirme aralığı sağlamak için gerçek ofisten daha kısa yankılanma süresine sahip bir modeldir. Bu amaçla tavan ve zeminin emicilik katsayısı büyük ölçüde artırıldı ve bu sayede ofis tavanı çok emici, ofis zemini emici hale getirildi. Bu modelin geometrisi, birinci modelin mimari iç geometrisi ile aynıdır.

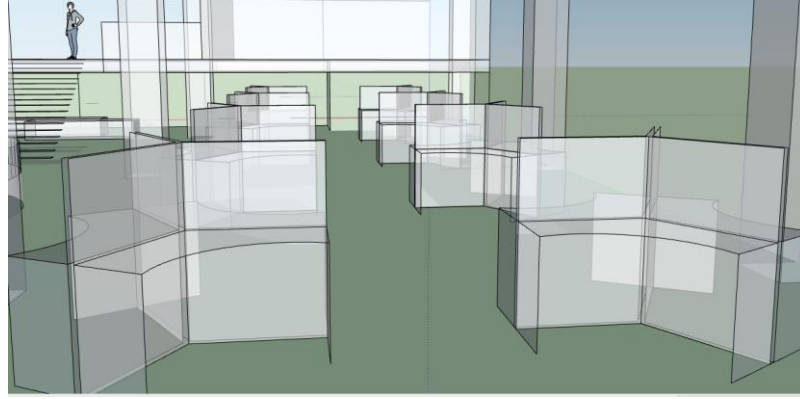
Üçüncü model ise, yüzey özellikleri ve malzemeler için ikinci model ile aynı yüzey emici özellikleri uygulanmıştır. Buna ek olarak; zeminden 3 metre yükseklikte 50mm 70kg/m³ yoğunluğunda taş yününden oluşan 16 adet uçan panel eklenerek ofisin iç geometrisi değiştirilmiştir. Resim 4 zeminden 3 metre yükseklikteki panelleri göstermektedir.



Şekil 17. Açık Plan Ofiste Tavana Asılmış Paneller

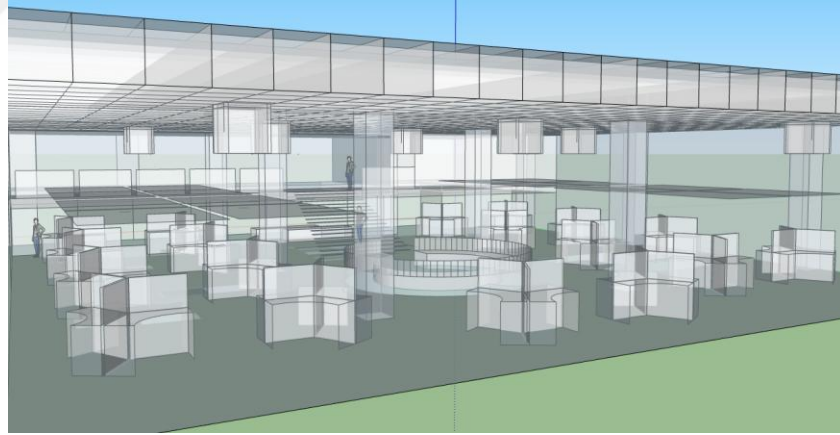
Dördüncü model, üçüncü model ile aynı mimari iç geometrik özelliklere sahiptir. Üçüncü modelden farklı olarak yan yüzeyler 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme, dışarı bakan cam yüzey ise yoğun dokuma perde ile kaplanmıştır.

Beşinci model, üçüncü model ile aynı yüzey materyal ve uçan panel özelliklerine sahiptir. Buna ek olarak iş istasyonlarını birbirinden ayıran yerden 1.75 metre yükseklikte 50mm 70kg/m³ yoğunluğunda taş yünü ekranlar eklenmiştir. Resim 5 iş istasyonları arasındaki ekranları göstermektedir.



Şekil 18. İş İstasyonları Arasındaki Ekranlar

Altıncı model ise; beşinci model ile aynı iç mimari geometriye sahiptir. Beşinci modelden farklı olarak yan yüzeyler 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme, dışarı bakan cam yüzey ise yoğun dokuma perde ile kaplanmıştır. Resim 6 altıncı modelden bir ekran görüntüsünü göstermektedir.



Şekil 19. Altıncı Modelin Ekran Görüntüsü

3.2. Odeon Akustik Simülasyon Yazılımı Uygulaması

Bu bölümün amacı; farklı akustik özelliklere sahip altı modelin ISO 3382-3'te tanımlanan ölçüm prosedürünün, Odeon oda akustik yazılımı ile simüle edildiğini göstermektir. SketchUp yazılımında geliştirilen üç boyutlu 6 adet mimari tasarım modeli, aynı yazılım üzerindeki SU2Odeon eklentisi yardımıyla '.par' formatında dışa

aktarıldı. Elde edilen '.par' uzantılı dosya Odeon Room Acoustic Software 15.16 versiyon yazılımına aktarıldı.

3.2.1. Yüzey Materyallerinin Tanımlanması

Altı model için ayrı ayrı oluşturulan Odeon simülasyonunda; altı model için belirlenmiş yüzey özellikleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 3. Model 1 için Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri

Materyal No	Ayrıntı
103	Concrete block, painted (Harris, 1991)
104	Concrete block, with pr without plaster, painted (Ref. Dalenback, CATT)
1005	Smooth birckwork, 10 mm deep pointing, pit sand mortar (Kristensen, 1984)
2001	Marble or glazed tile (Harris, 1991)
3001	Floating wooden floor (Ref, Dalenback, CATT)
3005	Parquete, on counterfloor (Bobran, 1973)
3064	16 mm wood on 40 mm studs (Ref, Dalenback, CATT)
3065	16 mm wood (Ref, Dalenback, CATT)
3070	Panel, 13 mm Thick, 70 mm wide with 1mm slots, on 30 mm studs with mineral wool (Stroem, 1979)
4000	Lime cement plaster, (Bobran, 1973)
5000	Steel trapez profile (Weighted values)
10002	Single pane of glass, 3mm (Fasold, Winkler 1976)
10004	Double glazing, 2-3 mm glass, >30 mm gap (Fasold, Winkler, 1976)
11057	Chairs, lightly upholstered Chairs, average (Ref. Dalenback)
12005	50mm mineral wool (40kg/m3), glued to Wall, surfacesprayed with thin plastic solution (Kristensen, 1984)

Tablo 4. Model 2 için Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri.

Materyal No	Ayrıntı
103	Concrete block, painted (Harris, 1991)
1005	Smooth birckwork, 10 mm deep pointing, pit sand mortar (Kristensen, 1984)
3001	Floating wooden floor (Ref, Dalenback, CATT)
3005	Parquete, on counterfloor (Bobran, 1973)
3064	16 mm wood on 40 mm studs (Ref, Dalenback, CATT)
3065	16 mm wood (Ref, Dalenback, CATT)
3070	Panel, 13 mm Thick, 70 mm wide with 1mm slots, on 30 mm studs with mineral wool (Stroem, 1979)
4000	Lime cement plaster, (Bobran, 1973)
5000	Steel trapez profile (Weighted values)
6003	5 mm rubber carpet on concrete (Ref, Dalenback, CATT)
10002	Single pane of glass, 3mm (Fasold, Winkler 1976)
10004	Double glazing, 2-3 mm glass, >30 mm gap (Fasold, Winkler, 1976)
11057	Chairs, lightly upholstered Chairs, average (Ref. Dalenback)
12005	50mm mineral wool (40kg/m ³), glued to Wall, surfacesprayed with thin plastic solution (Kristensen, 1984)
13001	25 mm thick wood-wool, against ceiling (Ref, Dalenback, CATT)
14301	Sonaspray ST k-13), 75 mm

Tablo 5. Model 3 için Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri

Materyal No	Ayrıntı
104	Concrete block, with pr without plaster, painted (Ref. Dalenback, CATT)
1005	Smooth birckwork, 10 mm deep pointing, pit sand mortar (Kristensen, 1984)
3001	Floating wooden floor (Ref, Dalenback, CATT)
3005	Parquete, on counterfloor (Bobran, 1973)
3064	16 mm wood on 40 mm studs (Ref, Dalenback, CATT)
3065	16 mm wood (Ref, Dalenback, CATT)
3070	Panel, 13 mm Thick, 70 mm wide with 1mm slots, on 30 mm studs with mineral wool (Stroem, 1979)
4000	Lime cement plaster, (Bobran, 1973)
5000	Steel trapez profile (Weighted values)
6003	5 mm rubber carpet on concrete (Ref, Dalenback, CATT)
10002	Single pane of glass, 3mm (Fasold, Winkler 1976)
10004	Double glazing, 2-3 mm glass, >30 mm gap (Fasold, Winkler, 1976)
11057	Chairs, lightly upholstered Chairs, average (Ref. Dalenback)
12005	50mm mineral wool (40kg/m3), glued to Wall, surfacesprayed with thin plastic solution (Kristensen, 1984)
12006	50mm mineral wool (70kg/m3) 300 mm front of Wall ((Kristensen, 1984)
13001	25 mm thick wood-wool, against ceiling (Ref, Dalenback, CATT)
14301	Sonaspray ST k-13), 75 mm

Tablo 6. Model 4 için Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri

Materyal No	Ayrıntı
104	Concrete block, with pr without plaster, painted (Ref. Dalenback, CATT)
1005	Smooth birckwork, 10 mm deep pointing, pit sand mortar (Kristensen, 1984)
3001	Floating wooden floor (Ref, Dalenback, CATT)
3005	Parquete, on counterfloor (Bobran, 1973)
3064	16 mm wood on 40 mm studs (Ref, Dalenback, CATT)
3065	16 mm wood (Ref, Dalenback, CATT)
3070	Panel, 13 mm Thick, 70 mm wide with 1mm slots, on 30 mm studs with mineral wool (Stroem, 1979)
4000	Lime cement plaster, (Bobran, 1973)
5000	Steel trapez profile (Weighted values)
6003	5 mm rubber carpet on concrete (Ref, Dalenback, CATT)
8011	Curtains, cotton cloth (0,33 kg/m ²) folded to ½ area (Ref, Dalenback, CATT)
10002	Single pane of glass, 3mm (Fasold, Winkler 1976)
10004	Double glazing, 2-3 mm glass, >30 mm gap (Fasold, Winkler, 1976)
11057	Chairs, lightly upholstered Chairs, average (Ref. Dalenback)
12005	50mm mineral wool (40kg/m ³), glued to Wall, surfacesprayed with thin plastic solution (Kristensen, 1984)
12006	50mm mineral wool (70kg/m ³) 300 mm front of Wall ((Kristensen, 1984)
13001	25 mm thick wood-wool, against ceiling (Ref, Dalenback, CATT)
14301	Sonaspray ST k-13), 75 mm

Tablo 7. Model 5 için Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri

Materyal No	Ayrıntı
104	Concrete block, with pr without plaster, painted (Ref. Dalenback, CATT)
1005	Smooth birckwork, 10 mm deep pointing, pit sand mortar (Kristensen, 1984)
3001	Floating wooden floor (Ref, Dalenback, CATT)
3005	Parquete, on counterfloor (Bobran, 1973)
3064	16 mm wood on 40 mm studs (Ref, Dalenback, CATT)
3065	16 mm wood (Ref, Dalenback, CATT)
3070	Panel, 13 mm Thick, 70 mm wide with 1mm slots, on 30 mm studs with mineral wool (Stroem, 1979)
4000	Lime cement plaster, (Bobran, 1973)
5000	Steel trapez profile (Weighted values)
6003	5 mm rubber carpet on concrete (Ref, Dalenback, CATT)
10002	Single pane of glass, 3mm (Fasold, Winkler 1976)
10004	Double glazing, 2-3 mm glass, >30 mm gap (Fasold, Winkler, 1976)
11057	Chairs, lightly upholstered Chairs, average (Ref. Dalenback)
12005	50mm mineral wool (40kg/m3), glued to Wall, surfacesprayed with thin plastic solution (Kristensen, 1984)
12006	50mm mineral wool (70kg/m3) 300 mm front of Wall ((Kristensen, 1984)
13001	25 mm thick wood-wool, against ceiling (Ref, Dalenback, CATT)
14301	Sonaspray ST k-13), 75 mm

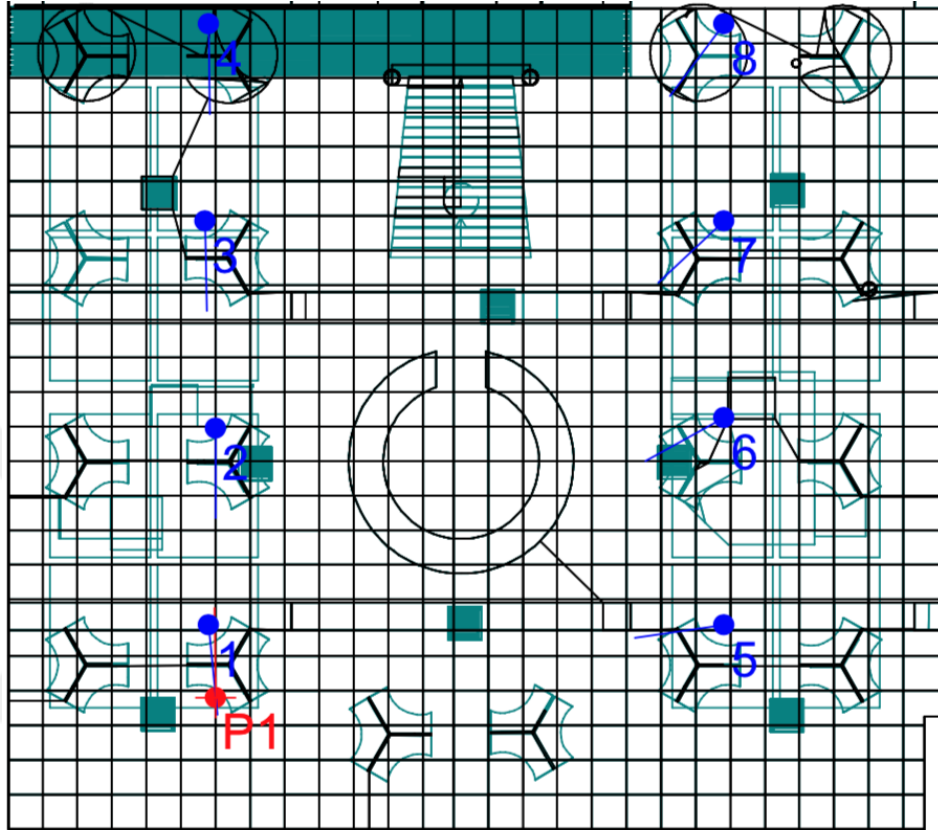
Tablo 8. Model 6 için Odeon Yazılımında Tanımlanan Yüzey Malzeme Bilgileri

Materyal No	Ayrıntı
104	Concrete block, with pr without plaster, painted (Ref. Dalenback, CATT)
1005	Smooth birckwork, 10 mm deep pointing, pit sand mortar (Kristensen, 1984)
3001	Floating wooden floor (Ref, Dalenback, CATT)
3005	Parquete, on counterfloor (Bobran, 1973)
3064	16 mm wood on 40 mm studs (Ref, Dalenback, CATT)
3065	16 mm wood (Ref, Dalenback, CATT)
3070	Panel, 13 mm Thick, 70 mm wide with 1mm slots, on 30 mm studs with mineral wool (Stroem, 1979)
4000	Lime cement plaster, (Bobran, 1973)
5000	Steel trapez profile (Weighted values)
6003	5 mm rubber carpet on concrete (Ref, Dalenback, CATT)
8011	Curtains, cotton cloth (0,33 kg/m ²) folded to ½ area (Ref, Dalenback, CATT)
10002	Single pane of glass, 3mm (Fasold, Winkler 1976)
10004	Double glazing, 2-3 mm glass, >30 mm gap (Fasold, Winkler, 1976)
11057	Chairs, lightly upholstered Chairs, average (Ref. Dalenback)
12005	50mm mineral wool (40kg/m ³), glued to Wall, surfacesprayed with thin plastic solution (Kristensen, 1984)
12006	50mm mineral wool (70kg/m ³) 300 mm front of Wall ((Kristensen, 1984)
13001	25 mm thick wood-wool, against ceiling (Ref, Dalenback, CATT)
14301	Sonaspray ST k-13), 75 mm

3.2.2. Kaynak Alıcı Yerleşimi

Odeon oda akustik yazılımı için geliştirilen birbirinden farklı akustik koşullara sahip altı model için aynı kaynak alıcı konumlandırılması yapılmıştır. Bu araştırmada yapılan kaynak alıcı konumlandırması TS EN ISO 3382-3 2012’de açık plan ofisler için tanımlanan ölçüm prosedürüne uyumludur. Buna göre; kaynak çok yönlü ve iş istasyonunun merkezinde 1,2 metre yüksekliktedir (S.S.Utami, J.Sarwono, 2013).

Alıcılar çok yönlü, birbirinden en 2 metre uzaklıkta ve iş istasyonlarının merkezinde konumlandırılmıştır. Resim 7 kaynak ve alıcı konumlarını göstermektedir.



Şekil 20. Odeon Oda Akustik Yazılımı Kaynak Alıcı Konumları

4. BÖLÜM

ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

4.1. Tez Kapsamında Modellenen Açık Plan Ofisler İçin Değerlendirmeye Kapsamına Alınan Konuşma Anlaşılabilirliği Parametreleri

Modellen açık plan ofisler için tez kapsamında değerlendirmeye alınan konuşma anlaşılabilirliği parametreleri ve olması gereken referans değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Hongisto, Valtteri; Virjonen, Petra; Keränen, Jukka 2009).

Tablo 9. Konuşma Anlaşılabilirliği Parametreleri ve Referans Değerleri

Class	D _{2,S} [dB]	DL2 (dBA)	L _{p,A,S,4m} [dB]	r _D
A	≥ 11 dB	11 or more	≤ 46 dB	≤ 5 m
B	≥ 9 dB	8 to 11	≤ 49 dB	≤ 8 m
C	≥ 7 dB	5 to 8	≤ 52 dB	≤ 11 m
D	< 7 dB	5 or less	> 52 dB	> 11 m

4.1.1. DL2 Parametresi Analiz Sonuçları Değerlendirmesi

Tablo 10, Odeon Simülasyon testlerinde elde edilen üç model arasındaki DL2 ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Model 1’te tavan ve yan yüzeyler beton olarak tanımlanmış, Model 4’te ise bu yüzeyler 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme ile kaplanmıştır. Ayrıca model 1’te zemin doğal taş tanımlanmış, Model 4’te ise beton üzerine 5mm halı tanımlanmıştır. Model 4’te uygulanan diğer değişiklik ise; zeminden 3 metre yükseklikte asılmış 16 adet 50mm 70kg/m³ yoğunluğunda taş yünü uçan paneller bulunmaktadır. Model 6’da ise model 4’ten farklı olarak çalışma istasyonlarını ayıran ekranlar eklenmiştir. Model 4’te uygulanan emici yüzeyler ve emici uçan panel DL2 parametresi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. İş istasyonları arasındaki ekranların DL2 üzerinde etkili olduğu ise model 6’da görülmektedir. Virjonen ve arkadaşlarına göre Model 6, DL2 parametresi dikkate alındığında B sınıfında iyi olarak değerlendirilir. Model 4 ‘te çalışma istasyonlarını ayıran ekranlar kaldırıldığında ise, DL2 sonuçları C sınıfında olduğu görülmüştür.

Tablo 10. DL2 Parametresi Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Model	DL2 (dB)
Model 1 Tavan ve Yüzey Beton, Yan Yüzey Cam, Zemin doğal taş	2,73
Model 4 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel	5,89
Model 6 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel ve Screen	8,99

4.1.2. D2,S Parametresi Analiz Sonuçları Değerlendirmesi

Tablo 11, Odeon simülasyon testlerinde elde edilen altı modelin D2,S parametresinin ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Modellerde tanımlanan materyaller incelendiğinde 2,3,4,5 ve 6 numaralı modelde kullanılan ortak materyal özellikleri; tavanlarının 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme, zeminin beton üzerine 5 mm halı kapladığı görülmektedir. Model 1’de D2,S ölçüm değeri 2,58 dB iken, model 2’de tavan yüzeyine uygulanan 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme ile değerin 4,30 dB’ye çıktığı görülmüştür. Model 3’te tanımlanan uçan paneller model 2’ye göre D2,S değerinin az da olsa düşmesine neden olduğu görülmektedir. Model 4 ‘te önceki modellerden farklı olarak yan yüzeyler 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme ve yüksek yoğunluklu dokuma perde tanımlanmıştır ve D2,S parametresi değerinin 5,65 dB’ye yükseldiği görülmektedir. Model 5 ve 6 ‘da diğer modellerden farklı olarak iş istasyonlarını birbirinden ayıran emici ekranlar yerleştirilmiştir. Bu ekranların D2,S parametresi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Model 6 ‘ta emici yan yüzeyler ve iş istasyonlarını ayıran ekranların etkisiyle D2,S değeri 8,00 dB’ye yükseldiği ve C sınıfında olduğu görülmüştür. Model 5’te ise yan yüzeyler yansıtıcı beton ve cam malzeme ile tanımlandığında D2,S değerinin 4.81 dB’ye kadar düştüğü ve D sınıfında olduğu görülmüştür.

Tablo 11. D2,S Parametresi Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Model	D2,S (dB)
Model 1 Tavan ve Yüzey Beton, Yan Yüzey Cam, Zemin doğal taş	2,58
Model 2 Tavan Spray, Yan Yüzeyler Beton ve Cam, Zemin Halı	4,30
Model 3 Tavan Spray, Yan Yüzey Beton ve Cam, Zemin Halı, Uçan Panel	4,24
Model 4 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel	5,65
Model 5 Tavan Spray, Yan Yüzeyler Beton ve Cam, Zemin Halı, Panel ve Screen	4,81
Model 6 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel ve Screen	8,00

4.1.3. rD Parametresi Analiz Sonuçları Değerlendirmesi

Tablo 12, Odeon simülasyon testlerinde elde edilen altı modelin rD parametresinin ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Modellerde tanımlanan materyaller incelendiğinde 2,3,4,5 ve 6 numaralı modelde kullanılan ortak materyal özellikleri; tavanlarının 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme, zeminin beton üzerine 5mm halı olduğu görülmektedir. Dikkat dağıtma mesafesi; model 1’de 4,38 metre iken model 2’de tavana uygulanan 75mm Sonaspray ST (k-13) spray ile mesafenin 9,47 metre olduğu görülmüştür. Model 2’nin dikkat dağıtma mesafesine göre model 3’te tanımlanan uçan paneller ile dikkat dağıtma mesafesinin 8,45 metre olduğu görülmüştür. Model 4 ‘te önceki modellerden farklı olarak yan yüzeyler 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme ve yüksek yoğunluklu dokuma perde tanımlanmıştır ve rD parametresi değerinin 7,73 olduğu görülmektedir. Model 5’te ise yan yüzeyler beton ve cam tanımlanmış, is istasyonlarını birbirinden ayıran emici ekranlar eklenmiştir. Bunun sonucu olarak model 5’in rD parametresi değeri 11,75 olduğu görülmektedir. Model 6’da model 5’ten farklı olarak yan yüzeylerinin emici tanımlandığı bir versiyonudur. ISO 3382-3’teki rD parametresinin akustik sınıflandırmasına göre; model 4’ün rD parametresi değeri B sınıfında, model 2,3 ve 6 c sınıfında, model 5 ise D sınıfında olduğu görülmüştür.

Tablo 12. rD Parametresi Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Model	rD (mt)
Model 1 Tavan ve Yüzey Beton, Yan Yüzey Cam, Zemin doğal taş	4,38
Model 2 Tavan Spray, Yan Yüzeyler Beton ve Cam, Zemin Halı	9,47
Model 3 Tavan Spray, Yan Yüzey Beton ve Cam, Zemin Halı, Uçan Panel	8,45
Model 4 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel	7,73
Model 5 Tavan Spray, Yan Yüzeyler Beton ve Cam, Zemin Halı, Panel ve Screen	11,75
Model 6 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel ve Screen	8,02

4.1.4. Lp,A,S,4m (dB) Parametresi Analiz Sonuçları Değerlendirmesi

Tablo 13, Odeon simülasyon testlerinde elde edilen beş modelin Lp,A,S,4m parametresinin ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Model 2 ile Model 4'te tanımlanan materyaller incelendiğinde; iki modelin tavan yüzeylerinin 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme, zeminlerinin ise beton üzerine 5mm halı olduğu görülmektedir. Model 2'de yan yüzeyler beton tanımlanmış ancak model 4'te yan yüzeyler 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme kaplanmıştır. Ayrıca model 2'den farklı olarak Model 4'te zeminden 3 metre yükseklikte asılmış 16 adet 50mm 70kg/m³ yoğunluğunda taş yünü uçan paneller bulunmaktadır. Model 5 ve 6'da tanımlanan materyallere bakıldığında ise; iki modelde de tavan yüzeyinin 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme, zeminden 3 metre yükseklikte asılmış 16 adet 50mm 70kg/m³ yoğunluğunda taş yünü uçan panel, çalışma istasyonlarını birbirinden ayıran ve zeminden 1,75 mt yüksekliğinde 50mm 70kg/m³ yoğunluğunda taş yünü ekran tanımlandığı görülür. Model 5'te yan yüzeyler beton tanımlanmışken model 6 'da yan yüzeyler 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme kaplanmıştır. Model 5'te ofisin dışarıya bakan yüzeyi cam tanımlanmış ancak model 6'da bu cam yüzey yoğun dokuma perde tanımlanmıştır. Model 1'de ise; tavan ve yan yüzeyler beton, dışarı bakan yüzey cam, zemin doğal taş tanımlanmıştır. Model 1'de diğer modellerde bulunan çalışma istasyonlarını ayıran ekran, uçan panel ve perde bulunmamaktadır. Model 2 ile birlikte emici yüzeyler artırıldığında, Lp,A,S,4m

değerlerinin azaldığı görülmektedir. Model 4'te yan yüzeyler emici ve emici uçan panel tanımlanmış ve $L_{p,A,S,4m}$ değerlerinin nispeten azaldığı görülmüştür. Yapılan bir çalışmada $L_{p,A,S,4m}$ parametresinin yakındaki yansıtıcı yüzeylerden kaynağın düzeyinin ne kadar etkilendiği ortaya koymuştur (Wenmaekers, R. H. C., & Hak, C. C. J. M. 2015). Bu bağlamda Model 5'te yan yüzeyler yansıtıcı tanımlanmış ve buna ek olarak panel ve ekran eklenmiştir. Bunun sonucu olarak $L_{p,A,S,4m}$ değerlerinin azaldığı görülmüştür. Model 6'da ise model 5'ten farklı olarak yan yüzeylerinin etkisi $L_{p,A,S,4m}$ değerlerinin 36,28 dB'ye kadar gerilediği görülmüştür. ISO 3382-3'te belirlenen $L_{p,A,S,4m}$ sınıflandırmasına göre ise Model 1 D sınıfında, Model 2 ve 4 B sınıfında, Model 5 ve 6 ise A sınıfı içinde yer aldığı görülmüştür.

Tablo 13. $L_{p,A,S,4m}$ Parametresi Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Model	$L_{p,A,S,4m}$ (dB)
Model 1 Tavan ve Yan Yüzey Beton, Yan Yüzey Cam, Zemin doğal taş	52,74
Model 2 Tavan Spray, Yan Yüzey Beton ve Cam, Zemin Halı	48,82
Model 4 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel	47,98
Model 5 Tavan Spray, Yan Yüzey Beton ve Cam, Zemin Halı, Panel ve Screen	41,28
Model 6 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel ve Screen	36,28

4.1.5. STI Parametresi Analiz Sonuçları Değerlendirmesi

Tablo 14, Odeon simülasyon testlerinde elde edilen beş modelin STI parametresinin ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Model 3 ve 4'teki materyaller incelendiğinde; iki modelinde tavan yüzeyi 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme tanımlanmıştır. Model 4'te yan yüzeyler 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme ve ofisin dışarıya bakan yüzeyi yoğun dokuma perde tanımlanmıştır. Yine model 3 ve 4'ün zemini beton üzeri 5mm halı, Model 3'te ise dışarı bakan yüzey cam olarak tanımlanmıştır. Model 3 ve 4'ün; zeminlerinin beton üzerine 5mm halı, zeminden

3 metre yükseklikte asılmış 16 adet 50mm 70kg/m³ yoğunluğunda taş yünü uçan panel olduğu görülmektedir. Model 1’de ise; tavan ve yan yüzeyler beton, dışarı bakan yüzey cam, zemin doğal taş tanımlanmıştır. Model 1’de diğer modellerde olan uçan panel ve perde bulunmamaktadır. Model 3’te tanımlanan emici tavan ve emici uçan panel ile STI değerlerinin 0,74’e kadar yükseldiği görülmüştür. Model 4’te ise emici tavan ve emici yan yüzeyler eklenmiş ve STI değerinin 0,78’e yükseldiği görülmüştür. Model 6 ‘da ise emici yüzeyler ile birlikte iş istasyonlarını birbirinden ayıran ekranlar eklenmiş, bunun sonucu olarak STI değerlerinin 0,81’e yükseldiği gözlemlenmiştir.

Tablo 14. STI Parametresi Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Model	STI
Model 1 Tavan ve Yüzey Beton, Yan Yüzey Cam, Zemin doğal taş	0,61
Model 3 Tavan Spray, Yan Yüzey Beton ve Cam, Zemin Halı, Uçan Panel	0,74
Model 4 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel	0,78
Model 6 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel ve Screen	0,81

4.1.6. EDT ve T30 Analiz Sonuçları Değerlendirmesi

Tablo 15, Odeon simülasyon testlerinde elde edilen 6 model için EDT ve T30 parametrelerinin ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Simüle edilen örnek ofisin altı versiyonunda, en yüksek yankılanma süresi Model 1’de olduğu görülmüştür. Çünkü bu modelde diğer versiyonlardan farklı olarak tavan, yan yüzeyler ve zemin yüksek oranda yansıtıcı beton yüzey olarak tanımlanmıştır. Model 2’de ise tavan yüzeyi 75mm Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme, zeminin beton üzerine 5mm halı ile emici yüzey olarak tanımlanmış ve yankılanma süresinin belirgin bir şekilde azalmaya başladığı görülmektedir. Model 2’ye göre Model 3’teki yankılanma süresindeki fark ise çalışma istasyonlarının üzerine konumlandırılmış zeminden 3 metre yükseklikteki 50mm 70kg/m³ yoğunluğunda taş yünü panellerin etkisi olarak görülmektedir. Model 5 ‘te ise yan yüzeyler beton, dışarı bakan yan yüzey ise cam olarak tanımlanmış ve beklendiği üzere yankılanma süresinde artış görülmüştür. Model 6’da ise yan yüzeler 75mm

Sonaspray ST (k-13) spray püskürtme, dışarı bakan cam yüzeye ise yoğun dokuma perde olarak tanımlandığı için yankılanma süresi model 5'e göre azaldığı görülür. Çalışma istasyonlarını birbirinden ayıran ekranların, model 5 ve 6 versiyonunda alıcıların bu ekranların içinde olması sebebiyle yansıtma paterni değişmesi dolayısıyla yankılanma süresindeki artış bu şekilde açıklanabilir.

Tablo 15. EDT ve T30 Parametreleri Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Model	EDT	T30
Model 1 Tavan ve Yüzey Beton, Yan Yüzey Cam, Zemin doğal taş	1,4 / 2,6 2,3	2,1 / 2,3 2,2
Model 2 Tavan Spray, Yan Yüzeyler Beton ve Cam, Zemin Halı	0,3 / 0,9 0,8	0,8 / 1,3 1,0
Model 3 Tavan Spray, Yan Yüzey Beton ve Cam, Zemin Halı, Uçan Panel	0,2 / 0,8 0,6	0,8 / 1,1 0,9
Model 4 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel	0,1 / 0,9 0,5	0,3 / 0,8 0,5
Model 5 Tavan Spray, Yan Yüzeyler Beton ve Cam, Zemin Halı, Panel ve Screen	0,4 / 1,5 0,8	0,6 / 3,5 1,4
Model 6 Tavan ve Yan Yüzey Spray ve Perde, Zemin Halı, Uçan Panel ve Screen	0,2 / 1,7 0,7	0,1 / 0,4 0,3

4.2. Sonuç

Sonuç değerlendirmelerinin daha sağlıklı yapılması amacıyla analiz edilen parametrelerin uluslararası olması gereken değerleri ve modellerden elde edilen sonuç tabloları aşağıda tekrar verilmiştir

Tablo 16. Konuşma Anlaşılabilirliği Parametreleri Referans Değerleri

Class	D _{2,S} [dB]	DL2 (dBA)	L _{p,A,S,4m} [dB]	rD
A	≥ 11 dB	11 or more	≤ 46 dB	≤ 5 m
B	≥ 9 dB	8 to 11	≤ 49 dB	≤ 8 m
C	≥ 7 dB	5 to 8	≤ 52 dB	≤ 11 m
D	< 7 dB	5 or less	> 52 dB	> 11 m

Tablo 17. Anlaşılabilirlik Parametreleri Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Model	STI (nearest)	rD mt	D _{2,S} dB	L _{p,A,S,4m} dB	DL2 dB 1kHz
1. Model	0,61	4,38	2,58	52,74	2,73
2. Model	0,77	9,47	4,30	48,82	4,40
3. Model	0,74	8,45	4,24	49,59	4,63
4. Model	0,78	7,73	5,65	47,98	5,89
5. Model	0,72	11,75	4,81	53,28	4,93
6. Model	0,81	8,02	8,00	48,28	8,99

Tablo 18. Ofis Modellerinin STI, EDT, T30 Parametreleri Ölçüm Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

Model	STI	EDT	T30
1. Model	0,23 / 0,61 0,33	1,4 / 2,6 2,3	2,1 / 2,3 2,2
2. Model	0,22 / 0,77 0,38	0,3 / 0,9 0,8	0,8 / 1,3 1,0
3. Model	0,17 / 0,74 0,35	0,2 / 0,8 0,6	0,8 / 1,1 0,9
4. Model	0,10 / 0,78 0,29	0,1 / 0,9 0,5	0,3 / 0,8 0,5
5. Model	0,03 / 0,51 0,17	0,4 / 1,5 0,8	0,6 / 3,5 1,4
6. Model	0,00 / 0,52 0,08	0,2 / 1,7 0,7	0,1 / 0,4 0,3

Model 4'te gerçekleştirilen tasarımda emiciliğin arttırılmasıyla DL2 parametresinin D kategorisinden C kategorisine yükselmesi sağlanmıştır. Model 6'da konulan ekranlar ise sonuçları bir kategori daha yükselterek B kategorisine getirmiştir. Bu sonuçlar mekan emiciliğinin arttırılması ve ekran yerleşiminin DL2 parametresi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. DL2 parametresi Model 2,3,5 ve model 4 karşılaştırıldığında, model 4'ün farkı yan yüzeylere emici malzeme yerleştirilmesidir. Bu yerleşim parametre değerini 4,60'lar seviyesinden 5,89 seviyesine çıkarmıştır. Küçük bir değişim olsa da yan yüzey emiciliğinin arttırılması modeli D kategorisinden C kategorisine çıkarmıştır.

LpAS parametresi A ağırlıklı ses basınç seviyesiyle ilişkili olduğundan emicilik artışıyla paralel bir düşüş göstermektedir. .Bu parametre üzerinde en etkili tasarımın ekranları bulunduğu Model 6 tasarımı olduğu gözlemlenmiştir. Kaynağa yakın konuma yerleştirilen ekranları bu parametreyi A kategorisine yükselttiği belirlenmiştir. Ekranlı ve ekransız aynı tasarımlarda parametre değerlerinin yaklaşık olarak 36 dB'den 47 dB'ye çıkması bunu ispatlamaktadır.

STI, EDT, T30 parametreleri açısından değerlendirildiğinde STI parametresinin EDT ve T30 değerlerinin düşmesiyle arttığı belirlenmiştir ki bu zaten beklenen bir sonuçtur.

Sonuç olarak yansışım süresinin düşürülmesi DL2, STI, LpAS değerlerini A ve B kategorisine taşırken, D parametresini C kategorisine çıkarmıştır.

Bu noktada belirtilmesi gereken rD parametresinin en iyi değere sahip olduğu tasarımın mekanın müdahale edilmemiş modeli olanıdır. Bu model de EDT 2,3 ve T30 2,2 sn aralığındadır. Bu yansışım süresinin yüksek olduğu alanlarda bu parametrenin daha iyi sonuçlar verdiğini gösterir. Yan yüzey emiciliğinin düşük olduğu 5. modelde rD parametresinin çok kötü değerler alması yan yüzeylerde emici malzeme kullanımının arttırılmasının doğru olacağını göstermiştir. Ayrıca oda emiciliğindeki artışının rD parametresi üzerinde olumsuz bir etki yarattığı açık bir şekilde görülmektedir. rD parametresi üzerindeki bir diğer etkili elemanda ekranlardır. Model 4 ve 6 karşılaştırıldığında modeller arasındaki tek fark model 6 'da ekran bulunmasıdır. Çok

küçük bir değişim gösterse de tasarımlar arasında bir kategori fark oluşur. Bu da ekranları azda olsa bu parametre üzerinde etkili olduğunu açıklar.

D2,S parametresi en iyi değerinin 8,00'la C kategorisinde olduğu gözlemlenmiştir. Model 2,3,5'te yan yüzeylerde beton ve cam bulunurken model 4'de yan yüzeyler emici malzemeyle kaplanmıştır. Bu parametrenin değerleri de 4,60'lar seviyesinden 5,65 seviyesine çıkmıştır. Bu da yan yüzey emiciliğinin bu parametre üzerinde az da olsa etkili olduğunu göstermektedir. Model 4 ve 6 arasındaki tek fark model 6'da ekran bulunmasıdır. Bu iki model karşılaştırıldığında değerler 5,65'den 8,00'a yükselmiştir. Bu durum, ekranların bu parametre üzerinde yüksek etkiye sahip olduğunu gösterir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Cavanaugh, W. J., Tocci, G. C., Wilkes, J. A., (2009). Architectural Acoustics: Principles and Practice. New York: John Wiley & Sons.

Duffy F., (1980), Oficinas, H. Blume Ediciones, Madrid.

Duffy, F., Cave, C., & Worthington, J., (1988). The principles of office design. Planning office space. Great Britain: The Architectural Press.

Everest, F. A., Pohlmann, K. C., (2009). Master handbook of acoustics (Fifth edition). New York: McGraw-Hill.

Egan, D., (1972). Concepts in architectural acoustics. Clemson: McGraw-Hill Book Company.

Farrel W.R., (1958). Acoustical Materials for Use in Monumental Spaces.

Lawrence, A., (1970). Architectural acoustics. Amsterdam: Elsevier.

Long, M., (2006). Architectural acoustics. Oxford: Elsevier

Mehta, M. Jonson, J. Rocafort, J., (1999) Architectural Acoustics: Principles and Design, Simon & Schuster, New Jersey, USA.

Peters R.J., Smith B.J., Hollins M., (2011). Acoustic And Noise Control Third Edition.

Rosenberg, C J., (2007). Acoustics desing in office work spaces and open-plan offices. In M. J. Crocker (Eds.), Handbook of noise and vibration control. New York: John Wiley & Sons.

Makaleler

Bradley J.S., (2004). The Acoustical Design of Conventional Open Plan Offices.

Hilge, C., Nocke, C., (2010). Office acoustics: how to effectively design the room acoustics of offices. An Information Brochure Of Buero Forum, Oldenburg, Germany.

Hongisto, V., (2005). A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance.

Nilson, E., Hellström, B., (2010). Room acoustic design in open-plan offices.

Nilsson, E., Hellström, B., (2010). Acoustic design of open-plan offices. NT Technical Report.

Özgüven, H. N. (2007). Gürültü kontrolü - Endüstriyel ve Çevresel Gürültü. İstanbul: Türk Akustik Derneği Teknik Yayınları.

Passero, C. R. M., Zannin, P. H. T. (2012). Study of the Acoustic Suitability of An Open Plan Office Based on STI and DL2 Simulations.

Rindel, J. H., Christensen, C. L. (2012). Acoustical simulation of open-plan offices according to ISO 3382-3. Euronoise, Prague, Prag.

Rindel, J. H. (2012). Prediction of acoustical parameters for open plan offices according to ISO 3382-3. Acoustical Society of America, Hongkong, China.

Rindel, J. H. (2012). Odeon Application Note – ISO 3382-3 open plan offices. Application note – Open plan offices.

Pop, C.B., Rindel, J.H. (2005). Perceived Speech Privacy in Computer Simulated Open-plan Offices. Proceedings of Inter-noise 2005.

Sarwono J, Larasati A.E., Novianto W.N.I., Sihar I., Utami S.S., (2014). Simulation of Several Open Plan Office Design to Improve Speech Privacy Condition without Additional Acoustic Treatment.

Tunç Kurt, T. (2016). Açık planlı ofislerde akustik konfor parametrelerinin analizi ve bir örnek çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Utami S.S., Sarwono J., (2013). Characterizing the Acoustics of 'Green' Open-Plan Office.

Wang, C., Bradley, J. S. (2002). Prediction of The Speech Intelligibility Index Behind a Single Screen in An Open-Plan Office.

Wenmaekers, R., Hak, C. (2015). Spatial decay rate of speech in open plan offices: the use of D2,S and LP,A,S,4m as building requirements.

Virjonen, P., Keranen J., and Hongisto, V. (2009). Determination of acoustical conditions in open-plan offices: Proposal for new measurement method and target values.

Warnock, A.C.C., (1978). Studies of Acoustical Parameters in Open Plan Offices.

Yüce M.Y., (2009). An Acoustical Evaluation Model For Open Plan Offices.

Kılavuzlar ve Standartlar

ANSI S3.5 (1997). American national standard: Methods for calculation of the speech intelligibility index. Acoustical Society of America.

DLf & DL2 Application Notes CATTv9- 2017

ISO 3382-3:2012 Acoustics Measurement of Room Acoustic Parameters Pat 3: Open plan offices

ISO 11690-1:2020. Acoustics - Recommended Practice for The Design of
Low-Noise Workplaces Containing Machinery - Part 1: Noise Control Strategies



ÖZGEÇMİŞ

Ad, Soyad: Ufuk SİNKİL

Eğitim

Yüksek Lisans: 2021, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Müzik Teknolojisi Bilim Dalı.

Lisans: 2016, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Müzik Bilimleri Bölümü Müzik Teknolojisi Anabilim Dalı.

Lise: 1999, Denizli Lisesi

İş Tecrübesi

2020 – 2021, SNKL Akustik, Ses Tasarımı ve Post Prodüksiyon (Yönetici/Tasarımcı)

2017 – 2017, ABD Ankara Büyük Elçiliği İzmir Canlı Albüm Kayıt (Ses Kayıt Teknisyeni)

2012 – 2014, Alpha Ses Işık (Ses Teknisyeni)

2005 – 2010, maNga Müzik Grubu Prodüksiyon Menajeri

2002 – 2004, Hi-Jazz Müzik Studio, (Yönetici/Tasarımcı).

2001 – 2002, OR-SE Ekspertiz Ltd. Şti, Sigorta Eksperti