

**BİNALARDA İÇ HAVA KALİTESİ
TOZ PARTİKÜLLERİNİN İÇ MEKÂN HAVA KALİTESİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Orkun ALPTEKİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2007
ANKARA**

Orkun ALPTEKİN tarafından hazırlanan “Binalarda İç Hava Kalitesi ve Toz Partiküllerinin İç Mekân Hava Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ
Tez Yöneticisi

Bu çalışma jürimiz tarafından oy birliği ile Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Suat KIYAK

Üye: : Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

Üye: : Doç. Dr. Soofia ÖZKAN

Üye: : Yrd. Doç. Dr. Bülent YILMAZ

Üye: : Öğr. Gör. Dr. Göktürk GÜLTEK

Tarih: : 02 / 02 / 2007

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki tüm bilgilerin etik kurallar ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Orkun ALPTEKİN

**BİNALARDA İÇ HAVA KALİTESİ VE TOZ PARTİKÜLLERİNİN İÇ MEKÂN
HAVA KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Orkun ALPTEKİN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Şubat 2007

ÖZET

Yaşamlarını sağlıklı ve konforlu bir ortamda sürdürebilmek, insanoğlu için en temel gereksinimdir. Günümüzde insanlar zamanlarının büyük bir bölümünü iç ortamlarda geçirmektedirler. Bu nedenle iç ortam hava kalitesi önem kazanmaktadır. İç ortam hava kalitesini, çevre, kullanıcılar ve yapı malzemeleri etkilemektedir. Bu kaynaklardan farklı yapılarda ve türlerde kirleticiler yayılmaktadır. Havaya yayılan kirleticilere maruz kalan insanlarda çeşitli sağlık sorunları görülmektedir. Bu nedenle iç ortam havasında bulunan partikül ve gaz kaynaklarını incelemek önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada, iç hava kalitesi, iç hava kalitesini bozan kirleticiler ve iç hava kalitesinin sağlık ve verimlilik üzerine etkileri üzerinde durulmuştur. Dumlupınar Üniversitesi Sarı Konak, Rektörlük, İ.İ.B.F. ve Merkezi Kafeterya binalarında yapılan deneylerle iç ortam havasında bulunan ince toz partiküllerin konsantrasyonları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarının analizi sonucunda iç ortam hava kalitesini; yapı malzemelerinin, kullanıcı sayısının ve yapının kullanım şeklinin etkilediği görülmüştür.

Bilim Kodu : 804.1.102
Anahtar Kelimeler : İç ortam hava kalitesi, partiküller, yapı malzemeleri
Sayfa Adedi : 60
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

**INDOOR AIR QUALITY AND CONSIDERATION OF THE EFFECTS OF
DUST PARTICULATES ON INDOOR AIR QUALITY**

(M. Sc. Thesis)

Orkun ALPTEKİN

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

February 2007

ABSTRACT

Leading a healthy and comfortable life is the most basic requirement of the human beings. Nowadays human spend most of their time indoors so indoor air quality becomes important. Indoor air quality is affected by environment, users and construction materials. In different structures and varieties pollutants are spread from these sources. People that exposed to pollutants spread to air have been suffering from variety health problems. For this reason, inspecting resources of particulates and gases in indoor air has become an important issue. In this thesis, indoor air quality, factors of indoor air pollutants, indoor air pollutants and effects of indoor air quality on health and productivity are discussed. With experiments made at Dumlupınar University, Sari Konak, Rectorate, İ.İ.B.F. and Cafeteria buildings are measured concentration of respirable particulates in indoor air. On the consequence of measurement results analysis, it is seen that construction materials, users' numbers and using types of construction affect the indoor air quality.

Science Code : 804.1.102

Key Words : Indoor air quality, particulates, construction materials

Page Number : 60

Adviser : Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ' ye, eğitimim boyunca her türlü kolaylığı sağlayan Dumlupınar Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Güner ÖNCE ve Yapı İşleri Teknik Daire Başkanı Ömer KÖSE' ye, manevi desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan değerli eőim Yrd. Doç. Dr. Nesrin ALPTEKİN' e ve aileme teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. İÇ HAVA KALİTESİ	3
2.1. Konfor Şartlarının Sağlanmasında Etkili Olan Parametreler.....	4
2.2. İç Ortam Hava Kalitesini Etkileyen Kirletici Kaynakları ve Türleri.....	7
2.2.1. Ortam dışındaki çevresel kirletici kaynakları ve türleri.....	7
2.2.2. Ortam içerisindeki çevresel kirletici kaynakları ve türleri.....	9
2.3. İç Hava Kalitesini Etkileyen Kirletici Türleri ve Sağlık / Verimlilik Üzerine Etkileri	11
2.3.1. Kimyasal kirleticiler.....	13
2.3.2. Biyolojik kirleticiler.....	20
2.3.3. Parçacık ve lifler.....	22
3. DENEY VE YÖNTEM	26
3.1. Deney Prosedürü.....	27
3.2. Deney Sonuçları	34

	Sayfa
3.3. Toz Ölçüm Değerlerinin İstatistiksel Analizi	37
3.4. Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	46
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	60

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. İç hava kalitesini etkileyen kirletici türleri.....	13
Çizelge 3.1. Binalarda malzeme kullanımı, işlev ve kullanıcı sayıları.....	33
Çizelge 3.2. Sarı Konak'ta yapılan ölçüm sonuçları.....	34
Çizelge 3.3. Rektörlük binasında yapılan ölçüm sonuçları.....	35
Çizelge 3.4. İ.İ.B.F.binasında yapılan ölçüm sonuçları.....	36
Çizelge 3.5. Merkezi kafeterya binasında yapılan ölçüm sonuçları.....	37
Çizelge 3.6. Sarı Konak, Rektörlük, İ.İ.B.F. ve kafeterya binalarında toz ölçümlerinin betimleyici istatistikleri.....	38
Çizelge 3.7. Tek yönlü varyans analizi	38
Çizelge 3.8. Sarı Konak, Rektörlük, İ.İ.B.F. ve kafeterya binalarının toz ölçümlerinin ikili karşılaştırılması.....	39
Çizelge 3.9. Sarı Konak, Rektörlük, İ.İ.B.F. ve kafeterya binalarının, bina içi ve dışı toz ölçüm ortalamalarına ait betimleyici istatistikler.....	39
Çizelge 3.10. Sarı Konak binasının her bir katındaki ve bina dışındaki toz ölçüm değerlerine ait betimleyici istatistikler.....	40
Çizelge 3.11. Sarı Konak tek yönlü varyans analizi.....	40
Çizelge 3.12. Sarı Konak'ta toz ölçümlerinin ikili karşılaştırılması.....	41
Çizelge 3.13. Rektörlük binası betimleyici istatistikleri.....	41
Çizelge 3.14. Rektörlük binası tek yönlü varyans analizi.....	42
Çizelge 3.15. Rektörlük binası toz ölçümlerinin ikili karşılaştırılması.....	42
Çizelge 3.16. İ.İ.B.F. binasının betimleyici istatistikleri.....	43
Çizelge 3.17. İ.İ.B.F. binasının tek yönlü varyans analizi.....	43
Çizelge 3.18. İ.İ.B.F. binasının toz ölçümlerinin ikili karşılaştırılması.....	44

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.19. Kafeterya binasının betimleyici istatistikleri.....	45
Çizelge 3.20. Kafeterya binasının tek yönlü varyans analizi.....	45
Çizelge 3.21. Kafeterya binasının toz ölçümlerinin ikili karşılaştırılması.....	45

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Sarı Konak kat planları.....	28
Şekil 3.2. Rektörlük binası kat planları.....	29
Şekil 3.3. İ.İ.B.F. binası kat planları.....	31
Şekil 3.4. Merkezi kafeterya binası kat planları.....	32

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. MIE Personel Data Ram toz konsantrasyonu ölçüm cihazı.....	27
Resim 3.2. Sarı Konak ön cephesi.....	28
Resim 3.3. Rektörlük binasına ait dış ve iç mekan fotoğrafları	30
Resim 3.4. İ.İ.B.F. binasına ait dış ve iç mekan fotoğrafları	31
Resim 3.5. Merkezi kafeterya binasına ait dış ve iç mekan fotoğrafları.....	32

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

O₂

Oksijen

CO₂

Karbondioksit

ppm

Milyonda bir kısım 10⁻⁶

μ

Mikro 10⁻⁶

NO₂

Azotdioksit

Kısaltmalar

Açıklama

DPÜ

Dumlupınar Üniversitesi

EPA

Environmental Protection Agency

İ.İ.B.F.

İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

SBS

Sick Building Syndrome

YTÜ

Yıldız Teknik Üniversitesi

MIN.

Minimum

MAKS.

Maksimum

1. GİRİŞ

İnsanoğlu, çevresel etmenlere ve çevredeki diğer canlılara karşı kendini koruyabilmesi için yapılara gereksinim duymaktadır. Yapılar sayesinde dış mekânla iç mekân arasında, kontrollü bir denetim kurarak, barınma, güvenlik, sağlık ve konfor şartlarını sağlama çabası vardır. Yapılar, insanı doğal biyolojik çevresinden koparıp, insanın yaşamsal gereksinimlerine yapay bir çevrede yanıt vermeye çalışmaktadır. Çevreye uyumlu ve insana yönelik olması gereken yapılar, insanla ve çevreyle birebir ilişki içerisindedir.

Yapının temel amacı; insanın gereksinimlerini yanıtlamak, insanoğlunun temel gereksinimi ise, yaşamını sağlıklı ve konforlu bir ortamda sürdürebilmesidir. Bu gereksinimi yapılar; fiziksel ve sosyal çevrelerinin özellikleri ile karşılar. Fiziksel iç çevredeki atmosferik özelliklerden en önemlisi “yapı içi hava niteliği”dir [1, 2]. Günümüzde insanoğlunun doğal çevreyle doğrudan bağlantısı azalmıştır. Yaşamlarının büyük bir bölümünü iç mekânlarda geçirmektedir. Bunun sonucunda da kapalı ortamlarda solunan havada bulunan kirleticilere maruz kalmıştır. Yapı içerisinde insanların barınma ve korunma gereksinimleri sağlanırken, ruh ve beden sağlıkları için uygun koşullar da oluşturulmalıdır. Bu koşullar sağlanmadığında “Binayla İlişkili Hastalıklar”, “Hasta Bina Sendromu”, “Kawasaki Sendromu” ve “Kakosmi Sendromu” adı verilen rahatsızlıklar ortaya çıkabilmektedir.

İç hava kalitesinde, çevresel etmenlerle birlikte, kullanılan yapı malzemelerinin de büyük önemi vardır. Özellikle teknolojinin gelişmesi sonucu elde edilen yapay malzemeler bünyelerinden yaydıkları gazlar ve tozlar sayesinde kirlilikte büyük pay sahibidirler. Dış ve iç kirleticiler nedeniyle yapı içindeki sağlıklı hava özelliğini kaybetmekte ve kullanıcılarda sağlık sorunları kısa veya uzun vadede ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, ortamdaki kirleticilerin türüne, özelliğine ve yoğunluğuna bağlı olduğu gibi, kullanıcıların bünyelerine göre de değişiklik gösterebilmektedir. Kirleticiler bazı bünyelerde büyük sorunlar ortaya çıkarırken, bazı bünyelerde ise etkisi hiç

görülmemektedir. İnsan sağlığına doğrudan ya da dolaylı etkilerinin yanı sıra çalışma verimini de etkilemesi açısından önemli olmaktadır. İç hava kalitesinin sağlık üzerindeki etkileri incelenirse ve havadaki kirleticilerin kaynakları bulunursa, önceden önlemler alınabilecektir.

Bu nedenle; bu çalışmada, geleneksel konuta örnek teşkil eden ahşap konstrüksiyona sahip bir yapı ile betonarme konstrüksiyona sahip binalarda iç ve dış ortam havasındaki ince toz partiküllerin konsantrasyonlarının ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı; deneysel yöntemle iç hava kalitesinde yapı malzemelerinin, donanımların ve işlevin etkilerini, çalışmanın sonuç bölümünde ölçümlerle ilgili yorumlarda dikkate alınarak ortaya çıkarmaktır.

Birinci bölümde, çalışmanın içeriğini oluşturan problem, amaç ve yöntem ortaya konarak, sonuca ulaşmayı sağlayacak basamaklar oluşturulmuştur.

İkinci bölümde, konuyla ilgili literatür çalışması yapılmış ve insan, çevre, yapı ilişkileri anlatılmıştır. İç hava kalitesi, konfor şartlarının sağlanması etkili olan parametreler, iç hava kalitesini etkileyen kirleticilerin varlığına neden olan etkenler, iç hava kalitesini etkileyen kirletici türleri ve sağlık üzerine etkileri üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde ise deneyin yapılmasıyla ilgili süreç anlatılarak, deney yapılacak ortamlar ve partikül ölçüm cihazı hakkında bilgi verilmiştir. Geleneksel konut yapı mimarisine bir örnek teşkil eden Sarı Konak ve Dumlupınar Üniversitesi Rektörlük, Merkezi Kafeterya ve İşletme ve İktisadi İdari Bilimler Fakültesi binalarında ölçümler yapılmıştır. Bu binaların seçilmesindeki amaç farklı yapı malzemelerini bir arada barındırmaları ve farklı işlevlerle kullanılmalarıdır. Bu ölçümler sonucunda iç ve dış ortam havasındaki ince toz partiküllerin konsantrasyonlarının tayini ve kıyaslanması çalışması yapılmıştır.

Çalışmanın son bölümü ise sonuç ve öneriler kısmından oluşmaktadır.

2. İÇ HAVA KALİTESİ

İnsan, zamanının %90'ını iç ortamlarda geçirmektedir. Çoğu zaman iç ortamdaki kirlilik düzeyi dış ortamdakinden fazla olmaktadır. Bu nedenle, insan sağlığı üzerinde iç ortamın büyük bir etkisi vardır [3]. Yaşanılan ortamlarda sağlıklı bir iç hava kalitesi sağlanmadığında, iç ortamdaki kirlilik nedeniyle insanlarda fiziksel ve psikolojik çeşitli rahatsızlıklar görülmektedir. Sağlıklı bir iç hava kalitesi; içinde, bilinen kirleticilerin, zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların en az %80'inin, havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği hava olarak tanımlanmaktadır [4].

Günümüzde doğal çevreden uzaklaşan insanlar, kentlerde, yapılardan ve iç mekân donanımlarından oluşan yapay çevrede hayatlarını sürdürmeye başlamışlardır. Zamanla insanlarda, yapay çevrede yaşamaktan dolayı sağlık sorunları oluşmaya başlamıştır. Bunun sonucunda, insan ve doğayı esas alarak yapılaşmış çevreyi ve bu çevrenin insan sağlığına olan etkilerini araştıran ve bu bilgileri uygulamada yapıya aktaran ve denetleyen "yapı biyolojisi" bir bilim dalı olarak önem kazanmaya başlamıştır [2]. Yapı biyolojisinde amaç; sağlıklı yaşam ve çalışma alanları oluşturma çabalarının önündeki engelleri ortadan kaldırmanın veya azaltmanın yollarını bulmaktır. Bunu sağlamak için de, yapı, yapı malzemeleri, iç mekân donanımları ve iç çevre, insanın ruhsal ve bedensel sağlığı ön planda tutularak incelenmektedir. Artık kullanıcılar, tasarımcılar ve üreticiler yapı biyolojisinin ortaya koyduğu ilkeleri de tasarım ve yapım ölçütü olarak kabul etmektedirler.

İnsan, yapı ve çevre karşılıklı etkileşim içerisinde. Doğada ve bütün canlılarda her şey birbirine bağımlı ve uyum içerisinde olmak zorundadır. Bu uyum bozulduğu zaman çevrede, canlılarda ve yapılarda olumsuz etkiler görülmektedir. Bu etkileşimlerin sonucunda, insan sağlığını doğrudan veya dolaylı şekilde bozan hastalıklar ortaya çıkmakta, çalışma verimliliği azalmakta ve konfor gereksinimleri karşılanamamaktadır [5].

Çevre, canlı ve cansız bütün varlıkların eylemlerini etkileyen ya da etkileyebilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toplumsal nitelikteki tüm etkenlerdir [4]. Çevrede, doğal bir denge bulunmaktadır. Çevrenin bozulması ve çevre sorunlarının ortaya çıkması, genellikle insanların doğal dengeleri bozmasından kaynaklanmaktadır. Nüfusun artması, kentleşme, sanayi ve teknolojinin hızlı gelişimi çevredeki kirlenme ve bozulmaların temelini oluşturan etkenlerdir [6]. Çevre, her geçen gün artan oranlarda kirlenmekte ve önemli bir kısmı kullanılamaz hale gelmektedir. Ozon tabakasının delinmesi, yer kürenin giderek ısınması, kanser ve türevi hastalıkların artması ve doğal kaynakların hızla tüketilmesi başlıca çevre sorunlarıdır [7].

Çevre sorunlarının oluşmasında yapıların da büyük etkisi bulunmaktadır. Yapı, kullanıcıların gereksinimlerini karşılamak için tasarlanan ve üretilen yapma çevredir. Yapıyı oluşturan yapı malzemeleri ise projeyi şekillendirerek yapının geleceğe kendi özellikleri oranında iletilmesini sağlayan, üretim teknolojisi, yapı ekonomisi, yapı fiziği ve insan konforuyla yakından ilişkili bir elemandır [8]. Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü; ürünü oluşturan hammaddelerin edinimiyle başlayan, üretim, uygulama, bakım, onarım, geri dönüşümü ve ürünün kullanılmasının sona ermesi sonucu yok edilmesi ile biten birbirini izleyen ve birbiri ile ilişkili süreçler bütünüdür. Yapı ürünleri yaşam döngüsü süreçleri boyunca çevre ve insan ile doğrudan ya da dolaylı etkileşim içerisindedir [9]. Bu nedenle; yapı malzemelerinin seçimi, insanoğlunun sağlık ve konfor şartlarını karşılayacak biçimde olmalıdır.

2.1.Konfor Şartlarının Sağlanmasında Etkili Olan Parametreler

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte üretilen yapay malzemelerle ve yapı donatım olanaklarıyla yapılan yapılar, insanların gereksinimlerine yapay bir çevrede yanıt vermeye çalışmaktadır. Bu yapay çevre, zamanla insanlarda sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu olumsuz etkilerin ortaya çıkmasında, sıcaklık, nem, akustik, radyoaktivite, elektriksel alanlar, manyetik alanlar, ışık, gaz ve partikül gibi parametreler etkili olmaktadır [10].

Bu parametrelerden birincisi, ortamda ısı konforun sağlanmasıdır. Günümüzde merkezi ısıtmanın sonucunda yapılarda sıcaklık tüm odalara eşit yayıldığından ısı bir monotonluk oluşur. İnsanlarda, termik monotonluk yorgunluğa, depresyona, tansiyon rahatsızlıklarına, terleme düzensizliğine ve çeşitli alerjilere neden olmaktadır. Ayrıca, iç ortam sıcaklıkları ve yüzey sıcaklıkları da konfor şartlarının oluşmasında önemli bir role sahiptir. Hatalı malzeme seçimi, konstrüksiyonda hatalı yalıtım ve yanlış ısıtma sistemlerinin kullanımı sonucu yapılarda iç duvar yüzeyleri soğuk kalmaktadır. Bu nedenle, konforlu bir sıcaklık algılayabilmek için iç hava daha fazla ısıtılmaktadır. Bunun sonucunda da, solunum zorlaşmakta, havadaki nem oranı ve hava akımı azalmakta ve iç ortamda daha fazla toz ve bakteri toplanmaktadır [10].

Konfor şartlarını sağlaması açısından iç mekânlardaki rölatif nem oranı da %40 ile %70 aralığında olmalıdır. Bünyesinde nemi barındırmayan, geçirmeyen yapı malzemelerinin, buhar tutucuların kullanılması ve havadaki nemi alan radyatörler ile mekânların ısıtılması sonucunda iç ortamlardaki nem oranı düşük kalmaktadır [11]. Ortamdaki nem oranı %40'ın altında olması durumunda, havada toz ve mikrop daha fazla barınır ve bakteriler oluşur. Çok nemli ortamlar da mantar ve küf oluşumuna neden olurlar. Havadaki nem yetersizliği sonucunda solunum güçleşir, vücutta enfeksiyon hastalıkları, stres ve yorgunluk görülebilir. Nem oranının yüksek olduğu durumlarda da eklem romatizması ve astım hastalığı etkili olmaktadır [10].

Şenkal tarafından yapılan çalışmada; havadaki nem miktarı ile orantılı olarak üreyen küf mantarlarının insan sağlığına zararlı etkileri incelenmektedir. Havayla taşınan mikroorganizmalar, %80 – %90 gibi yüksek neme maruz kaldıklarında, yorgunluk, üst solunum yolları enfeksiyonları ve astım gibi rahatsızlıklara neden olmaktadır. Çalışmada verilen örnekler, yapılarda nemin etkilerine karşı önlemler alınması gerektiğinin bir göstergesidir [11].

Gürültü kirliliği, çeşitli kaynaklardan yapılan, hoş gitmeyen, istenmeyen ve insanlar üzerinde olumsuz sayılabilecek fizyolojik, psikolojik etki yaratan

seslerdir [12]. Gürültü kirliliği sonucunda insanlarda, depresyon, mide ve bağırsak ülseri, kalp ve tansiyon rahatsızlığı gibi hastalıklar görülmektedir. Salt sessizlik durumlarında da insanların sınırları bozulabilmektedir [8].

Radyoaktivite, çevresine alfa, beta, gama gibi çeşitli ışınlar yaymak suretiyle maddenin parçalanmasıdır. Yapılarda ve yapı malzemelerinde radyoaktivite değerleri mümkün olduğu kadar düşük olmalıdır. Genel olarak radyasyona maruz kalınması halinde ömürde bir kısalma beklenir. Maruz kalınan süre veya dozajın artması ömürde kısalmanın miktarını artırır [13].

Günümüzde elektrik enerjisinin kullanımı ve telekomünikasyon etkileşimi sonucunda, çevremizde elektriksel ve manyetik alanlar her geçen gün artmaktadır. Bu artış doğadaki dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Atmosferdeki elektro iklim fizyolojisinin bozulması, yüksek gerilim hatları ve yapılardaki elektrik tesisatları, insan sağlığına psikolojik açıdan zarar vermektedir. Manyetik alanların kansere de yol açtığı bilinmektedir [14].

Yapay ışık kaynaklarının artması sonucunda, aydınlatma da insan ve çevre üzerinde olumsuz etkilerin ortaya çıkmasında önemli bir parametre olarak görülmektedir. Kentler büyüdükçe neon ışınlarıyla aydınlatılan caddeler ve binalar yoğun bir ışık kirliliğine neden olmaktadır. Bu yoğun ışık kirliliği sonucunda insanlarda gözle ilgili hastalıkların ve psikolojik rahatsızlıkların ortaya çıktığı bilinmektedir [12].

Hava, gaz ve buhar halinde bulunan çeşitli elementlerden oluşur. Bunlar; azot, oksijen, karbondioksit, su buharı, ozon ve asil gazlardır. Bu gazların bir kısmının ortam içerisinde ve çevrede az ya da çok olmaları durumunda çeşitli rahatsızlıklar ve sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır.

Havada bu gazların dışında uçuşan partiküller de bulunmaktadır. Bu partiküllerin küçük boyutta olanları akciğerlerde ve solunum yollarında hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır [10, 15].

2.2. İç Ortam Hava Kalitesini Etkileyen Kirletici Kaynakları ve Türleri

Konfor seviyesinin düşük olduğu ortamlarda insanların çalışma verimliliğinin düştüğü ve konsantrasyon bozukluğunun görüldüğü durumlar olduğundan iç hava kalitesinin konfor şartlarına uygun olmasını sağlayabilmek gerekmektedir. Bunun için, öncelikli olarak havada kirlilik yaratan kaynakların bilinmesi gerekir. Bu sayede bu kirleticilerle ilgili olarak önlem alınabilir. İç hava kalitesini etkileyen kirleticiler ortam içinde ve dışında olmak üzere farklı kaynaklardan oluşurlar.

2.2.1. Ortam dışındaki çevresel kirletici kaynakları ve türleri

İç ortam hava kalitesini yapının içinde yer aldığı yapay çevredeki havanın kalitesi etkilemektedir. Yapının çevresindeki hava kirliyse, yapı kabuğundaki boşluklardan ve havalandırma kanallarından sızan hava iç ortam havasını kirletebilmektedir. Dış ortam havasının kirlenmesinde, motorlu taşıtlar, yakıt kullanımı, kentsel katı atıklar, çevredeki endüstri ve sanayi kuruluşları, yer gazları, tarımsal alanlar ve hayvan barınakları gibi kaynaklardan yayılan kirleticiler etkili olmaktadır [16–19].

Şehir içerisindeki en büyük hava kirleticisi motorlu araçlardır. Egzoz gazları, tam nefes alma bölgesinde dışarı verilmektedir. Motorlu taşıtlarda, yakıt deposundan, karbüratörden, karterden ve egzozdan, 100'ü aşkın hava kirleticinin çıktığı saptanmıştır. Motorlu taşıtlar çevreye yaydıkları egzoz gazı, yakıt, yağ buharı ve asbest tozlarıyla çevreyi kirletmektedirler. Bu kirleticiler arasında en yoğun ve en zararlı olanları, egzoz gazları ile çevreye atılan karbon monoksit, hidrokarbonlar, azot oksitler ve kükürttür. Çevredeki deniz taşıtları, trenler ve hava araçları da birer kirletici kaynağıdır [16].

Günümüzde birçok yerleşim yerinde önemli sağlık sorunları ile ortaya çıkan hava kirliliğinin en önemli kaynağını yakıt kullanımı oluşturmaktadır. Konutlarda ısınma amacıyla yakılan yakıtlar kalitesiz olduğunda ve baca

çekişinin yüksek olmadığı durumlarda, yanma olayı düzgün gerçekleşmez ve enerji kaybına, ısı veriminde düşüşe ve hava kirliliğine neden olur [17, 18].

Isıtma veya buhar üretimi amacıyla kullanılan yakıtların yanması sonucu, atmosfere kükürt dioksit, azot oksitler ve karbon oksitler gibi gazlarla birlikte, yanmamış yakıt dumanı, is ve kurum yayılmaktadır. Ayrıca, konutlardan çıkan katı atıkların toplanması, taşınması ve yakılarak yok edilmesi aşamalarında da hava kirliliği meydana gelmektedir [18].

Sanayi tesislerinin neden olduğu kirlilikler, kullanılan yakıt tipine ve üretilen malzemelere göre değişik atıklar oluşması nedeniyle farklılık göstermektedir. Genel olarak endüstriyel faaliyetlerden tozlar, asidik oksitler, çeşitli gazlar ve buharlar atmosfere karışabilmektedir. Nükleer santrallerin bulunduğu yerlerde radyoaktif kirlilik de meydana gelmektedir [19]. Günümüzde sanayi kuruluşları zamanla kentlerin büyümesi sonucunda kent içinde kalmıştır. Bu nedenle, yerleşim alanlarındaki hava kirliliğine daha çok etkileri vardır.

Toprakta bulunan kirleticiler, binaya temellerden ve zemine oturan döşemelerden girip havalandırma yoluyla yayılırlar. Bunlar toprakta bulunan radon gibi radyoaktif gazlar ve metan gazı olabilirler. Binaya yakın yeraltı yakıt depolarından kaynaklanan kirlilik, rutubet ve mikrobik gelişmeye neden olan sızıntılar da kirliliğe neden olabilmektedir [20–22].

Tarımda verimi arttırmak için kullanılan gübreler ve ilaçlar havaya karışarak çevreye yayılmaktadır. Tarımda kullanılan bu kimyasal gübreler ve ilaçlar, iç ortam havasına besinler aracılığıyla da karışabilmektedir. Bitki polenleri, toz ve sporlar havaya karışarak etrafa yayılır ve kirlilik yaratırlar.

Kent içerisindeki hayvan barınakları ve hayvansal atıklarda çevreye koku yayılmasında ve kirletici maddelerin havaya karışmasında bir etken olabilmektedir. Böceklerden ve haşerelerden korunmak için kullanılan ilaçlarda hava kalitesini bozabilmektedir [18].

2.2.2. Ortam içerisindeki çevresel kirletici kaynakları ve türleri

Kapalı yerlerdeki hava, bir müddet sonra içerisinde bulundurduğu kirletici kaynakları vasıtasıyla kirlenir. İçinde yaşayan insanların bulunma süreleri, yapıyı oluşturan yapı malzemeleri ve mobilyalar içerisindeki havayı kirleterek hava kalitesinin bozulmasına neden olurlar [23, 24]. Ortam içerisindeki başlıca kirletici kaynakları, insan aktiviteleri, yapı malzemeleri, iç mekân donanımları, tesisatlar ve havalandırma sistemidir.

İnsanlar, kendi yaşadıkları çevreyi ve soludukları havayı, çıkardıkları atıklarla ve yaptıkları aktivitelerle kirleterek bir kirletici kaynağı olabilmektedir. Özellikle insanların kapalı bir ortamda uzun bir süre toplu halde bulunmaları sonucunda ortamdaki hava kirleneceğinden konfor şartları yetersiz olur. İnsanlar buldukları ortamdaki havayı kimyasal kirlenme, biyolojik kirlenme ve fiziksel kirlenme olmak üzere üç şekilde kirletirler [25].

Solunum, terleme ve aktiviteler sonucunda oluşan kirlenme kimyasal kirlenmedir. Bir insan solunum yoluyla oksijen alırken, karbondioksit çıkarır. Çalışma ve hareket halinde ise çıkartılan karbondioksit miktarı artmaktadır. Bunun sonucunda da kapalı ortamlarda oksijen oranı azalırken, karbondioksit oranı artmaktadır [25].

Terleme ile buharlaşan havayla fena kokulu uçucu yağ asitleri ve diğer kokulu gazlar çıkarılır. Bu da zamanla ortamda rahatsız edici bir kokunun oluşmasına neden olur. Ter ve insan teni kirliliği, gerek ter şeklinde çıkan su buharı, gerekse terle birlikte vücuda dışardan gelen toz, biyolojik ve kimyasal maddelerin husule getirdiği kirlilik şeklinde tanımlanabilir.

İnsan yaptığı aktivitelerle de ortam için kirletici bir unsurdur. İçilen sigaralar, kullandıkları deodorant ve kozmetikler, besin maddeleri, temizlik malzemeleri, giysiler, depolanan erzak ve çöpler ile tuvaletlerden, mutfaklardan gelen rahatsız edici kokular da birer kirlilik kaynağıdır.

Kimyasal kirletici etkenlerin yoğun olduğu hava ortamı mikroplar içinde iyi bir kültür oluşturur. Dolayısıyla insan vücudunun yol açtığı hava kirliliğinde önemli bir faktör de insanların soluk havası, öksürük, aksırık ve tükürme gibi dışarı attıkları mikropları hava yoluyla bulaştırmalarıdır [25].

Fiziksel etkenler de havayı kirleten önemli bir faktördür. İnsan vücudunun yaydığı ısı sonucunda, kapalı bir yerde ısı yükselmiş, kimyasal yapısı bozulmuş, mikrop sayısı artmış bir hava ortamı meydana gelir. Fizik şartların bozulmasıyla meydana gelen kronik belirtiler, solukluk, kansızlık, takatsızlık, baş ağrısı, iştahsızlık, mide bulantısı, nefes alma isteksizliği, konsantrasyon bozukluğu, iş veriminin azalması ve vücut mukavemetinin düşmesi şeklinde görülür [25].

Yapı malzemeleri ve iç mekân donanımlarından yayılan kimyasallar ve uçucu organik bileşenler iç hava kalitesini etkileyerek kirlilik yaratmaktadırlar. Toz, tel ve kıl üreten, toplayan halı, perde ve tekstil ürünleri, açık raflar, eski ve yıpranmış mobilyalar uçucu organik bileşenleri üzerlerinde toplar ve havaya yayılmasına neden olurlar. Kirlenmiş, eskimiş veya sudan zarar görmüş iç mekân donanımlarında oluşan mikro organizmalar, yoğuşma görülen yüzeylerdeki mikrobiyolojik gelişmeler de ortam havasını bozan etkenlerdir.

Ayrıca, yenileme, bakım ve onarım sırasında iç mekân donanımlarından ve yapı malzemelerinden yayılan emisyonlar, mikrobiyolojik varlıklar, tozlar, böcek ilaçlarından çıkan pestisitler, kullanılan boyadan, ziftten, tutkaldan ve temizlik malzemelerinden çıkan koku ve uçucu organik bileşenler iç ortamdaki havanın kirlenmesine neden olmaktadır [12, 26, 27].

Yetersiz, uygun olmayan ve düzenli bakımı yapılmayan havalandırma tesisatı bina içi hava kalitesini olumsuz etkiler. Borularda ve mekanik kısımlarda mikrobiyolojik büyümeler, tozlar ve kirler havalandırma esnasında iç ortam havasına karışarak kirliliğe neden olurlar.

2.3. İç Hava Kalitesini Etkileyen Kirletici Türleri ve Sağlık / Verimlilik Üzerine Etkileri

Fiziksel dış çevre, yapı ürünleri, kullanıcının kendisi ve eylemlerinden kaynaklanan bazı maddeler havadaki dengeyi bozarak yapı içi ortam havasında kirlilik oluşturabilirler İç hava kalitesini bozan kirleticilerin etkileri, kirleticinin iç havadaki yoğunluğuna, kullanıcının kirleticiden etkilenme süresine ve kullanıcının biyolojik yapısına göre farklılık gösterir [28, 29].

Yeni yapılan binalarda doğal havalandırma yerine, yapay havalandırma sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Doğal havalandırma kullanılmadığı içinde bina içerisinde aynı hava sürekli dolaştırılmaktadır. Bu tür binaların havaları fazla değişmemekte ve kirleticiler yapı içi havasını etkilemektedir. Bu yüzden bu binalara giren birçok kişide çok çeşitli şikâyetler ortaya çıkmaktadır.

İç hava kalitesini etkileyen kirletici türlerine maruz kalındığında insanlarda çeşitli rahatsızlıklar ve semptomlar görülmektedir. Bu kirleticilere maruz kalındığında ortaya çıkan Hasta Bina Sendromu, Bina İlişkili Hastalıklar, Kawasaki Sendromu ve Kötü Koku Sendromu insanlarda verim düşüklüğüne, ağır hastalıklara hatta ölümlere neden olmaktadır [30–32].

Kişilerin içerisinde buldukları, iş ya da yaşam alanlarına ait kapalı ortam atmosferine bağlı solunan havanın kalitesinin bozukluğu, kişiler üzerinde anlaşılması ve tanımlanması zor ve karmaşık bir takım rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bunun sonucu ortaya çıkan sendromlara “Hasta Bina Sendromu” denilmektedir [31–34]. Hasta Bina Sendromunda kullanıcılar bina içerisinde buldukları süre içerisinde sağlık problemleri yaşarken, binayı terk ettiklerinde bu rahatsızlıklar geçmektedir. Hasta Bina Sendromu belirtisi olan başlıca rahatsızlıklar; baş ağrısı, baş dönmesi, burunda oluşan akıntılar, mide bulantısı, konsantrasyon ve solunum bozukluğu, gözlerde, yüzde ve ciltte meydana gelen kaşıntı ve yanma olarak sıralanmaktadır [31, 33–35].

Kapalı ortamlarda uzun süre bulunan insanlarda, iç ortam havasında bulunan kirleticilerin etkisi sonucunda, kişilerin hastalanmaları sonucu, “Bina ile İlişkili Hastalıklar” olarak tanımlanan rahatsızlıklar ortaya çıkmıştır [33, 36].

Bina ilişkili hastalıkları hasta bina sendromundan ayıran en önemli fark, belirtilerinin klinik olarak tanımlanabilmesi ve nedenlerinin açıkça belli olmasıdır. Bu gruba giren şikâyetler, hasta bina sendromu rahatsızlıklarının tersine, kullanıcının yapıyı terk etmesinden sonra da sürmektedir. Teşhisi konmuş ve belirtileri tanımlanmış rahatsızlıkları kapsayan bina ilişkili hastalıklar, insan sağlığı için daha tehlikeli bir durum ortaya çıkarmaktadır. Bina ilişkili hastalıklarda insanlarda görülen başlıca rahatsızlıklar; alerji, öksürük, nefes darlığı, yüksek ateş, üşüme ve kaslarda meydana gelen ağrılardır [36].

Kawasaki Sendromu ilk olarak, 1967’de bir Japon çocuk hastalıkları uzmanı olan Tomisaku Kawasaki tarafından tanımlanmıştır. Günümüzde Kawasaki Hastalığının tam olarak neden ortaya çıktığı bilinmemektedir, ancak bakteriler, havadaki alerjiye neden olan tozlar ve bazı kimyasallar potansiyel sebep olarak gösterilmektedir. [32, 37, 38]. Genellikle bebekler ve çocuklarda uzun süreli ateş, kırmızı deri lekeleri, gözde iltihaplanma, çapak oluşumu, kızarma, ağız içinde şişme ve boyunda bezeler ile ortaya çıkan bir sendromdur. Hastalık ilerledikçe kalbi etkilemekte ve ölümlere neden olmaktadır [32, 37, 38].

İstenilmeyen, reddedilen kötü koku olarak tanımlanan Kakosmi sendromunun belirtileri baş ağrısı, kısmi migren, mide bulantısı, kusma, burunda, gözde akıntı, ciltte kızarıklıklar, isteksizlik ve devamlı yorgunluk hali ile karakterizedir [39].

Bu rahatsızlıkların çıkmasına neden olan, iç ortam hava kalitesini bozan kirleticiler, kimyasal kirleticiler, biyolojik kirleticiler, parçacık ve lifler olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Çizelge 2.1. İç hava kalitesini etkileyen kirletici türleri [40–54]

Kimyasal Kirletici Türleri	Biyolojik Kirletici Türleri	Parçacık ve Lifler
Uçucu Organik Bileşenler	Bakteriler	Asbest
Formaldehit	Virüsler	Kurşun
Radon	Polenler	Lif
Karbondioksit		Tozlar ve Partiküller
Karbon monoksit		
Azot dioksit		
Kükürt dioksit		
Ozon		
Pestisitler		

2.3.1. Kimyasal kirleticiler

Uçucu organik bileşenler, formaldehit, radon, azot dioksit, karbondioksit, karbon monoksit, ozon, pestisitler, kükürt dioksit ve sigara dumanı iç hava kalitesini bozan kimyasal kirleticilerdir.

Uçucu Organik Bileşenler

Yapı malzemelerinin büyük bir kısmı organik kimyasallar içermektedir. İçerisinde bir karbon ve bir hidrojen atomu içeren bileşenler uçucu organik bileşen olarak adlandırılmaktadır. Ahşap, tuğla, kerpiç gibi malzemelere uygulanan koruyucular, sprey ve deodorantlar, kömür katranı içeren yalıtım malzemeleri, PVC reçinesinden yapılmış malzemeler uçucu organik bileşenlerin ortama yayılmasına neden olmaktadır [40, 41].

Uçucu organik bileşenler değişik kanser türlerine, karaciğerde büyümeye, akciğer ve beyinde tümörlerin oluşmasına, kadın ve erkek üretkenliğinde bozulmalara, halsizliğe, depresyona, alerjilere, sinir hastalıklarına ve doğuştan gelen anormalliklere neden olmaktadır [40, 41]. Bu rahatsızlıklar, ilk olarak 1940 yılında Theron G. Randolph tarafından keşfedilmiştir. “Çeşitli Kimyasal Duyarlılık” semptomlarına uçucu organik bileşenlerin neden olduğu bilinmektedir. Bu bileşenler aynı mekânı kullanan insanlarda farklı türlerde

rahatsızlıklar ortaya çıkarabilmektedir. Çeşitli kimyasal duyarlılıklar semptomları binadan ayrıldıktan sonra da görülmekte ve zaman içerisinde hastalığın tekrar edebildiği de bilinmektedir.

Uçucu organik bileşenlerin etkilerinden korunmak için, bu tür malzemelerin kullanıldığı ortamlar iyice havalandırılmalıdır. Sağlığa zararsız, bunlara alternatif olarak kullanılacak ürünlerin kullanımı tercih edilmelidir.

Formaldehit

Formaldehit, kimya sektöründe ve yapı malzemelerinde çok kullanılan, karbon, oksijen ve hidrojen atomundan oluşan renksiz, keskin kokulu, uçucu kimyasal bir maddedir. Boyalardan, solvent içerikli vernik ve cilalardan, döşeme kaplamalarından, yonga levha ve kontrplak yapımında kullanılan tutkaldan, köpük şeklindeki yalıtım malzemelerinden, gaz yakıt kullanan aletlerden ve sigara dumanından ortama formaldehit yayılabilmektedir. [4].

Güler ve arkadaşları, Ankara ili merkez ilçelerinde 46 kahvehanede Formaldemetre 400 ölçüm cihazını kullanarak iç ortam havasındaki formaldehit düzeylerini ölçmüşlerdir. Ölçümler sonucunda elde edilen Formaldehit düzeylerinin ortalaması 0,20 ppm'dir. Sonuç olarak formaldehit düzeyi, kahvehanelerin %91,3'ünde kapalı ortamlarda izin verilen düzey olan 0.03 ppm'in üzerinde, % 82,6'sında semptomların çıktığı düzey olan 0,1 ppm'in üzerinde bulunmuştur [42].

Formaldehit, solunum sisteminin tahrişine, uyuşukluğa, göz iltihaplarına ve alerjik durumlara neden olmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda ve uzun süreli maruz kalmalarda zehirlenmeler görülmektedir. Formaldehit kanser riskini de arttırmaktadır [4, 42].

Formaldehitin yapı malzemelerinde kullanımı azaltılmalıdır. Kapalı ortamlarda sigara içilmesi engellenmeli, doğal veya yapay havalandırma sağlanmalıdır.

Radon

Radon kokusuz, tatsız ve renksiz bir gaz olduğu için duyu organlarıyla onun varlığını anlamak imkânsızdır. Yaşadığımız ortamda radon gazının varlığını detektörlerle, havada, suda, toprakta ve yapı malzemelerinde ölçümler almak koşuluyla teşhis edebiliriz [20–22]. Başlıca radon kaynakları toprak ve kaya yataklarıdır. Yapıların toprakla temas ettikleri kısımlardaki çatlaklardan, kanalizasyondan, tesisat şaftlarından ve havalandırma bacalarından ortam havasına sızmaktadır.

Yapı içindeki radon kaynaklarından bir diğeri de yapı malzemeleridir. Özellikle kalay ve bakır diğeri yapı malzemelerine oranla daha yüksek radon içermektedir. Kâğıt, deri, düşük yoğunluklu plastikler, boyalar, beton bloklar, pişmiş topraktan üretilen malzemeler, alçı ve ahşap kaplamalar gibi yapı malzemeleri başlıca radon kaynaklarıdır [43, 44].

Akdağ'ın çalışmasında İstanbul'da eski ahşap evlerde ve civarındaki betonarme binalarda; hava, toprak ve yapı malzemelerinde radon ve radyum konsantrasyonları ölçümleri yapılmıştır. Eski ahşap evlerin radon konsantrasyonu, betonarme binaların radon konsantrasyonunun yaklaşık 1,5 katı çıkmıştır. Ahşap evlerin radon konsantrasyonunun yüksek çıkmasının nedeni, bu evlerde yangın duvarı yapımında kullanılan tuğlanın, gelişi güzel betonlaşmaların ve kötü kullanımdan dolayı zemindeki ahşap kaplamaların zarar görerek zeminin toprağa açılması olduğu tespit edilmiştir. Üst katlara çıkıldıkça radon konsantrasyonunda azalmalar görülmüştür [43].

Vaupotic' in çalışmasında ise on adet anaokulu binasında iç ortam havasında radon konsantrasyonunun artmasına bünyesinde radon bulunduran betonarme döşemenin ve yapıda zeminle temas eden kısımlarda meydana gelen çatlak ve boşlukların neden olduğu tespit edilmiştir. Binada zeminle temas eden bölümlerde iyi bir havalandırma sağlanırsa yapıda bulunan radon emisyonlarının düşeceği belirlenmiştir [20].

Radon, toz ve diğ er parç acıklara tutunarak radyoaktif aerosoller oluşturur. Bu nedenle, taşınarak solunum yoluyla vücuda giren radon gazı akciğ erler tarafından tutulabilecek parç acıklara dönü şür. Bu parç acıklar zamanla akciğ er dokusunda hasara ve kansere sebep olmaktadır [44].

Radonun etkilerinden korunmak için; yapılarda kullanılacak yapı malzemelerinin radyoaktivite analizleri yapılarak, tavsiye edilen radyoaktivite düzeylerinin üzerinde olan malzemeler bina yapımında kullanılmamalıdır. Toprak ile temas eden yüzeyler sızıntıya imkân vermeyecek şekilde izole edilmelidir. Yerden ve duvarlardan bina içine sızan radon gazı bina dışına çıkamazsa bina içindeki konsantrasyon artacaktır. Bu nedenle kapalı ortamların havalandırılmasına özen gösterilmelidir.

Karbondioksit

Karbondioksit kokusuz ve renksiz bir gazdır. Oksijenin kullanılması ve bazı karbon içeren malzemelerin yanması sonucunda karbondioksit oluşmaktadır. Teknolojinin ilerlemesi, endüstrinin gelişmesi, nüfusun hızlı artışı, fosil yakacakların çok miktarda endüstride ve evlerimizde yakılması sonucunda havadaki karbondioksit oranı hızla artmakta ve doğanın dengesi bozulmaktadır. Havadaki karbondioksitin bir kısmı bitkiler ve okyanuslar tarafından kullanılırken, geri kalanı atmosferde birikmektedir [45].

İç ortamda ise karbondioksit insanlar tarafından metabolizmalarına göre solunum yoluyla üretilmektedir. Solunum sırasında ortamdaki oksijen oranı azalırken, karbondioksit oranı artar. Yapılan işin ağırlığına ve insanların hareketliliğine göre ürettikleri karbondioksit oranı da artmaktadır. Ortamdaki insan sayısı arttıkça, kullanılan oksijen ve üretilen karbondioksit artacağından iç hava kalitesi düşecektir. Özellikle topluca kullanılan mekânlarda karbondioksit oranının artması ve karbondioksit artışının neden olduğu ortamdaki sıcaklık artışı, rahatsız bir ortam oluşmasına neden olmaktadır.

İç ortamda karbondioksitin oranının fazla olması solunumu zorlaştırmaktadır. Solunum zorlaştıkça da hücrelerin çalışması bozulmakta ve insanların hareketlerini etkilemektedir. Karbondioksit konsantrasyonu arttıkça baş dönmesi, baş ağrısı, mide bulantısı gibi rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır [46].

Karbondioksit gazının iç ortamda oluşumunu engellemek için; özellikle şömine, ocak gibi yanıcı işlemlerin olduğu odalarda yüksek oranda karbondioksit çıkacağından doğal veya yapay havalandırma kullanılmalıdır.

Karbonmonoksit

Karbonmonoksit zehirli, kokusuz, renksiz ve havadan hafif bir gazdır. Karbonmonoksit karbon içeren yakıtların yetersiz yanması sonucu ortaya çıkmaktadır. Yapı içindeki şömineler, havalandırması yetersiz kerosen ısıtıcılar, gaz sobaları, fosil yakıt yakılan sobalar, ocaklar ve şöbenler başlıca karbon monoksit kaynaklarıdır. Çevredeki ve kapalı garajlarda çalıştırılan araçlardan çıkan egzoz dumanlarının bina içine girmesi de iç ortamda karbon monoksit gazının artmasına neden olmaktadır. İçilen tütün ve sigaralardan çıkan dumanda da karbon monoksit gazı bulunmaktadır [45].

Karbonmonoksit gazı, solunum yoluyla vücuda girerek akciğerler yoluyla kana karışmaktadır. Karbonmonoksit kandaki hemoglobinle bağlanarak karboksihemoglobini oluşturur. Bu durum da kandaki oksijen miktarının azalmasına neden olur. Kandaki oksijen yetersizliği nedeniyle kan damarlarının çeperlerinde, beyin kalp gibi hassas organ ve dokularda fonksiyon bozuklukları meydana gelir[46].

Karbonmonoksit gazının iç ortamda oluşumunu engellemek için, gazla çalışan cihazlar ve sobalar kontrollü kullanılmalıdır. Sobalarda, şöminede, bacalarda içeriye duman sızıntısı varsa engellenmelidir. Havalandırma bacaları ve tesisatları düzenli olarak temizlenerek açık olup olmadığı kontrol edilmelidir. Araçların motoru garaj içerisinde beklerken çalıştırılmamalıdır.

Azotdioksit

Atmosfere yayılan azotmonoksit gazı oksijenle reaksiyona girerek azotdioksit gazını oluşturur. Taşıtlardan çıkan egzoz dumanı, endüstriyel işlemler, fosil yakıtlar, elektrik üretimi, çıkışı olmayan ya da yetersiz olan gaz sobaları, sigara dumanı ve kerosen ısıtıcılar başlıca azotdioksit kaynaklarıdır [5].

Özden' in çalışmasında, havadaki NO₂ ve ozon konsantrasyonları Eskişehir' de altı yerde ölçüm yapılarak bulunmuştur. Ölçümler değerlendirildiğinde, Hava Kalitesi Korunma Yönetmeliğinde NO₂ için verilen 100 mg/m³lük sınır değerinin çalışma süresince sadece bir örnekleme periyodunda aşıldığı, saatlik ozon analizörü sonuçları dikkate alındığında ise, ozon için verilen 240 mg/m³ saatlik sınır değerini çalışma süresince aşılmadığı görülmüştür [47].

Azotdioksit insan vücuduna solunum yoluyla girmektedir. Astım hastalığı olan kişileri düşük konsantrasyonlarda etkilemektedir. Göz, burun ve boğazda tahrişlere, bronşit hastalığına, baş ağrısına, akciğer ve kulak enfeksiyonlarına neden olmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda ise akciğer kanserine kadar varan ciddi rahatsızlıklar görülmektedir [5].

İç ortamda azotdioksitin oluşmasını engellemek için, fosil yakıt yakılan ısıtıcılar ve gaz sobalarının bulunduğu ortamlarda iyi bir havalandırma sistemi kurulmalı, düzenli bakımları yapılmalı ve bacaları düzenli temizlenmelidir. Araçlar kapalı garajlarda gereksiz yere çalıştırılmamalıdır.

Kükürtdioksit

Kükürt atmosferde normalde bulunmayan renksiz ve kokusuz bir gazdır. Termik santrallerin ve endüstriyel bölgelerin bulunduğu alanlarda ve kükürt içeren yakıtların kullanılması sonucunda havaya kükürt dioksit yayılmaktadır. Hava akımının bulunup bulunmayışına, nem oranına ve yakılan yakıtın cins ve miktarına bağlı olarak havadaki kükürt konsantrasyonu değişmektedir [48].

Kükürt konsantrasyonunun arttığı ortamlarda, nefes alma güçleşir ve solunum yolları daralır. Çok uzun süre maruz kalma durumunda kalpte ve akciğerde hastalıklar görülür [48].

Kükürt dioksitin zararlı etkilerinden korunabilmek için, yapı içinde iyi bir havalandırma sağlanmalıdır. Endüstriyel bölgeler, yerleşim alanlarından uzakta planlanmalıdır. Mümkün olduğunca merkezi ısıtma teşvik edilmelidir. Araçlarda kullanılan yakıtların kurşunsuz olması sağlanmalıdır.

Ozon

Ozon, üç adet oksijen atomundan oluşan, renksiz ve kokusuz, atmosferin üst seviyelerinde ve yeryüzüne yakın kısımlarda bulunan bir gazdır. Ozon gazının, güneşin zararlı ultraviyole ışınlarını süzme ve absorblama özelliği vardır [12]. Atmosferdeki ozon tabakasının incelmeye başlaması insan sağlığı ve tabiat için zararlı olurken, yeryüzüne yakın seviyede ise ozon miktarının fazla olması canlılara zarar vermektedir.

Ozon gazı, çevreye motorlu taşıtlardan, termik santrallerden, rafinerilerden, kimyasal fabrikalardan, parfüm ve deodorantlardan yayılmaktadır. Havada bulunan ozon, atmosferde kirleticiler arasında meydana gelen reaksiyonlar sonucunda oluşur. Havadaki ozon konsantrasyonu, yaz aylarında, güneşli günlerde ve yüksek sıcaklıklarda artmaktadır [9].

Ozon konsantrasyonunun atmosferde azalması, yeryüzüne ulaşan ultraviyole ışınlarının artmasına neden olduğundan, insanlarda cilt kanserlerine ve göz hastalıklarına neden olmaktadır. Ozon konsantrasyonunun yeryüzüne yakın kısımlarda artması sonucunda da, ozon solunum yoluyla vücuda girerek akciğerlere zarar verebilmektedir [35].

Atmosferdeki ozon tabakasının korunması için araç egzozlarından, konutlardan ve endüstriyel bölgelerden çıkan gazlar kontrol altına alınmalıdır.

Pestisitler

Pestisitler, canlılara ya da çevreye zarar veren zararlıları öldürmek için kullanılan malzemelerdir. Tarlalarda, bahçelerde ve iç ortamda haşereleri öldürmek için kullanılan maddeler, havada taşınması yoluyla iç ortam havasına nüfuz etmektedirler.

Pestisitler, deri yoluyla, solunum yoluyla veya pestisit bulaşmış gıda maddelerinin kullanılması sonucunda vücuda girerler. Göz, burun ve boğaz tahrişlerine, zehirlenmelere, merkezi sinir sisteminin zarar görmesine, kansere ve yüksek dozlarda ölümlere neden olmaktadır [5, 49].

Pestisitlerin üretimiyle ilgili standartlar olmalı ve üretimleri denetlenmelidir. Özellikle kapalı ortamlarda kullanılması durumunda, etkisi azalana kadar, ortam iyice havalandırılmalı ve ortamda bulunulmamalıdır.

2.3.2. Biyolojik kirleticiler

Bakteriler, virüsler ve polenler iç hava kalitesini bozan biyolojik kirleticiler sınıfına girerler. Biyolojik kirleticiler, kendiliğinden üreyen hava yoluyla bulaşan organik yaşayan organizmalardır. Bu organizmalar yaygın, tehlikeli ve en az anlaşılan kirleticilerdir. Yüksek nem ve sıcaklıklarda ortaya çıkarlar [50]. Başlıca organik kökenli maddeler; bakteriler, virüsler, küf mantarları, bitki polenleri, böcekler, ev hayvanlarının tüyleri ve insanların derisidir [11].

Bakteriler

Atmosfere küf, mantar ve bakteriler, organik malzemelerden ve topraktan karışmaktadır. Yapılarda, nemlenmiş ve küflenmiş yapı malzemeleri, mutfak ve banyo gibi ıslak hacimler mantar ve bakterilerin görüldüğü mekânlardır. Özellikle ortamdaki nem miktarının % 80 dolayında olması, küf, bakteri ve mantarların oluşması için uygun ortamların oluşmasına neden olur [11, 51].

Schillinger ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada 1994 ve 1998 yılları arasında 100 adet ofis binasında iç ve dış ortam havasında bakteri ve mantar ölçümleri yapılmıştır. Bakteri konsantrasyonları iklimsel ve mevsimsel koşullara göre kıyaslanmaktadır. Dış ortamda değerler kış aylarında yükselirken, iç ortamlarda ise yaz aylarında arttığı tespit edilmiştir [51]. Bunun nedeninin kış aylarında ısıtmadan dolayı iç ortamda nem azalırken dış ortamda artması; yaz aylarında da tam tersinin olmasıdır.

Havadaki mantar sporları çeşitli alerjilerin oluşmasına neden olurken, bazı türleri de kronik akciğer hastalıklarına neden olmaktadır. Ayrıca solunum yolu hastalıklarından olan astım bu tür maddelere karşı bir alerji tepkisidir [11, 51].

Bakteriler ile ilişkili hastalıklarından en yaygın bilineni Lejyoner Hastalığıdır. Bu hastalık ilk olarak 1976 yılında ortaya çıkmış, çeşitli hastalıklara ve çok sayıda insan ölümüne neden olmuştur. Bu bakterinin yayılmasında yapay havalandırma önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla bu tip hastalıkların olması riski durumunda doğal havalandırma daha da önem kazanmaktadır [52].

Bakterilere karşı korunmak için, binalarda, özellikle toprakla temas eden kısımlarında rutubete karşı yalıtım yapılmalıdır. Ortamdaki nem miktarı ölçülmeli ve konfor şartlarını karşılamadığı durumlarda önlem alınmalıdır. Havalandırma cihaz ve tesisatlarının düzenli bakımı yapılmalıdır.

Virüsler

Virüsler; insanlar, hayvanlar ve yapı malzemeleri aracılığıyla iç ortam havasına karışırlar. Başlıca virüs kaynakları, hayvan salyaları, ev tozları, küçük canlılar ve bakımı yapılmayan yapı malzemeleri ve mobilyalardır. Ev hayvanları salyaları ve tüyleriyle ortama virüs yayarken, fare ve sıçan gibi hayvanlarda idrar ve dışkılarının kuruması sonucunda havada virüs oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca bakımı yapılmayan havalandırma kanalları da virüslerin iç ortama taşınmasına neden olurlar [48, 53].

Virüsler sonucunda insanlarda, ateş, hapşırma, göz sulanması, öksürük, nefes darlığı ve sindirim sistemiyle ilgili hastalıklar görülmektedir [48].

Virüslere karşı korunmak için kapalı ortamlarda hayvan beslenmemelidir. Havalandırma tesisatının, yapı malzemelerinin ve donanımlarının, bakımı ve temizliği düzenli yapılmalıdır.

Polenler

Polenler bitkiler yoluyla havaya karışmaktadır. Kapalı ortamlarda bakılan bitkilerden yayılabildiği gibi dış ortamdan havalandırma veya çeşitli açıklıklar aracılığıyla da iç ortam havasına karışabilirler. Özellikle bahar aylarında havadaki polen konsantrasyonu artmaktadır.

Polenler solunum yoluyla, sindirim kanalıyla, cilt ve mukozalar yoluyla vücuda girer. Hapşırma, kaşıntı, öksürük, burun akıntısı, gözlerde yaşarma, kızarıklıklar ve nefes darlığı gibi yakınmalara neden olurlar. Bütün bunlar alerjik bir hastalığın belirtileridir [48].

İç ortam havasını polenlerden korumak için, iç ortamlardaki bitkiler dış ortama çıkarılmalı ve kapalı mekânların havalandırması sağlanırken dışardan iç ortama polen girişleri engellenmelidir.

2.3.3. Parçacık ve lifler

Asbest lifleri, çeşitli malzemelerin lifleri, kurşun, toz ve partiküller iç hava kalitesini bozan parçacık ve lifler sınıfına girerler.

Asbest Lifleri

Asbest, lif olarak meydana çıkan bir grup silisli mineralin adıdır. Günümüzde asbest, ateşe karşı dayanıklılığı ve ısıyı az iletmesi nedeniyle birçok alanda

kullanılmaktadır. Binalarda, tesisatlarda kullanılan yalıtım malzemelerinde, ısıya dayanıklı malzemelerin yapımında, bazı boya türlerinde, döşeme kaplamalarında ve kırsal kesimlerde sıva olarak kullanılmaktadır [24, 28]. Asbest bünyesinde bulunduğu malzemenin zarar görmesi, eskimesi, bozulması gibi durumlarda ve doğrudan bina içinde sıva malzemesi olarak kullanılması sonucunda ortam havasına yayılmaktadır.

Asbest lifleri solunum yoluyla akciğerlere nüfuz eder. Burada birikerek akciğer hastalıklarına ve akciğer kanserine neden olur. Yemek borusu kanalıyla da bulaşabilen asbest lifleri mide ve bağırsak kanserine de neden olabilmektedir. Ayrıca göz ve ciltte de tahriş edici bir etkide bulunabilirler. Asbest içeren malzemelerin insan sağlığına olan zararlı etkileri ortaya çıktıktan sonra birçok ülke tarafından yapılarda kullanımı yasaklanmıştır [24].

Asbestin etkilerinden korunabilmek için, özellikle kırsal kesimde asbestin sıva malzemesi olarak kullanılması engellenmelidir. Asbest kullanılarak üretilen malzemelerin bakımı iyi yapılmalı ve zarar görenler mutlaka tamir edilmeli veya yenisiyle değiştirilmelidir.

Kurşun

Atmosferde kurşun parçacıkları, yakıtların içinde bulunan kurşunların yanması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Mavimsi veya gümüş grisi renginde yumuşak bir metal türüdür. Yapılarda kullanılan kurşun bazlı boyalar, eskimiş su boruları, lehim yapma, cam boyama gibi aktiviteler, araçlarda kullanılan benzin, içme suları, yiyecekler, toprak ve tozlarda ortamdaki kurşun konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır [49].

Kurşun vücuda solunum ve sindirim sistemi ile vücuda girer. Kan enzimlerinde değişikliklere, fiziksel ve zihinsel gelişimde bozulmalara, davranış bozukluklarına, koma ve ölümlere neden olabilmektedir [46].

Kurşunun sağlığa zararlı etkilerinden kurtulabilmek için kurşun içeren malzemelerin bulunduğu kapalı ortamlar iyi havalandırılmalıdır. Kurşun bazlı yapı malzemelerinin yerine alternatifi olan zararsız malzemelerin kullanımı tercih edilmelidir. Kapalı garajlarda çalıştırılan araçlardan çıkan egzoz gazı kurşun içerdiğinden, garaj içerisinde araçlar çalıştırılmamalıdır.

Lif

Yapılarda kullanılan cam yünü, taş yünü ve yüksek sıcaklıkların yalıtımında kullanılan seramik iğneciklerinden yapılan seramik yünleri gibi yapay ve doğal lifli malzemeler zamanla ortam içerisine lif parçacıkları bırakarak ortamın hava kalitesinin düşmesine neden olurlar [54]. Özellikle üretim, kullanım ve yıkım aşamalarında; kesme, zımparalama veya başka nedenlerle dağılarak iç hava kalitesini bozmaktadırlar. Bu nedenle, bu tarz malzemeler yapı içi havayla doğrudan ilişkisi olmayacak şekilde kullanılmalıdır. Havada uçuşan bu lifler solunum yoluyla insan vücuduna girerek üst solunum yollarında ve akciğerlerde birikir ve insan sağlığı için tehlike oluştururlar [54].

Tozlar / Partiküller

Toz, partikül büyüklüğü 100 mikrondan daha az olan havada asılı parçacıkların genel adıdır. Solunum yoluyla havada bulunan tozlar vücuda girerek akciğerlere kadar iletilirler. Toz partiküllere uzun süre maruz kalındığında, akciğer hastalıkları ve solunum yolları hastalıkları meydana gelir. Akciğerlerde toz depolanması ile seyreden hastalığa genel olarak pnömokonyoz adı verilmiştir. Bazı tozlar temas sonucu alerjik sorunlar ve cilt hastalıklarının oluşmasına da neden olabilirler. Bu sorunlarda, tozların aerodinamik karakteristikleri ve kişiye ait bazı özellikler önem taşır [23,50]. Solunum yollarında toz veya başka yabancı cisimlerin akciğerlere girmesini önleyen koruyucu mekanizmalar bulunmaktadır. Bu sistem tarafından tutularak akciğerlere ulaşması engellenen çapı 10 mikrondan büyük olan tozlara "toplam toz" adı verilir. Akciğerlere kadar ulaşabilen 10 mikronun

altındaki tozlara da "solunabilir toz" adı verilir. Solunabilir tozlar arasında da büyüklüğü 0,5 – 5 mikron arasında olan tozlar en büyük tehlikeyi oluştururlar. Çapı 0,5 mikrondan daha küçük olan tozlar ise alveol içinde havada asılı olarak kalırlar ve solunumla geri atılırlar [50].

Assimakopoulos ve Helmis tarafından, Atina Hava Trafik Kontrol Kulesinde, farklı odalarda, koridorlarda ve dış ortamda yapılan ölçümlerde elde edilen partikül emisyonları Avrupa birliğinde sınır değer olan $0,2 \text{ mg/m}^3$ değerinin altında çıkmıştır. Koridorlardaki değerler dış ortam havasındaki değerlerden yüksek, iç ortam havasındaki değerlerden de düşük çıkmaktadır [26].

Guo ve arkadaşları yeni inşa edilmiş bir yapıda düşük emisyonlara sahip malzemeler ve mobilyalar kullanarak farklı mekânlarda oluşturmuşlardır. İç ortam havasındaki toplam partikül konsantrasyon değerleri ortalama $0,043 \text{ mg/m}^3$ çıkmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerler İskandinav ülkelerinde verilen sınır değerlerin çok altında çıkmaktadır [55].

Gönüllü ve arkadaşları YTÜ Şevket Sabancı Kütüphane Binasında iç ortam havasındaki toplam ve ince partikül konsantrasyonlarını ve toplam bakteri ve mantar sayılarını ölçmektedirler. Kütüphanedeki partikül düzeyleri standartların altında kalmaktadır. Partikül düzeyinin katlardaki insan sayısına ve kat yüksekliğine bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir. Kütüphanedeki birimlerde partikül ve bakteri düzeylerinin düşürülmesi için gerekli iç mekân zemin düzenleme çalışmalarının yapılması gerektiği tespit edilmiştir [50].

3. DENEY VE YÖNTEM

Çalışmanın önceki bölümünde de söz edildiği gibi iç ortam havasında bulunan solunabilir tozlar insanlarda bazı bünyelerde önemli hastalıkların ve rahatsızlıkların oluşmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle yapılarda iç ortam havasındaki toz partiküllerin ölçümleri önemli olmaktadır. Genellikle yapılan araştırmalarda fabrika gibi üretim merkezlerinde işçi sağlığı üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yapılan pek çok çalışma olmasına karşın, ofis, ikametgâh açısından kullanılan mekânlar göz ardı edilmektedir.

Bu bölümde, Kütahya Dumlupınar Üniversitesine ait yapılarda iç ortam havasındaki solunabilir toz partiküllerin konsantrasyonlarının tespiti yapılmıştır. Çalışmada kullanılmak üzere geleneksel konuta örnek olan ahşap iskeletli Sarı Konak ve betonarme iskeletli yapılar olan, Rektörlük, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi ve Merkezi Kafeterya binaları seçilmiştir. Bu çalışmanın amacı; iç hava kalitesinde yapı malzemelerinin, donanımların ve işlevin etkilerinin deneysel metotla incelenmesidir. Seçilen yapılarda, farklı bir bitirme malzemesi kullanıldığında ortamdaki solunabilir toz partikül emisyonunun nasıl bir değişim gösterdiği ve malzemenin yapı içi hava kalitesinde nasıl bir etkisi olduğu tespit edilmek istenmektedir.

Sarı Konak binasının seçilmesindeki amaç, ölçüm yapılan diğer binalardan kullanılan yapı malzemeleri açısından farklı özelliklere sahip olmasıdır. Sarı Konak, Rektörlük, İ.İ.B.F. ve Merkezi Kafeterya binalarında ölçümler katlar arasında değerlendirilmektedir. Ölçüm yapılan binalarda işlev ve malzeme açısından benzerlik gösteren yapılar olan Rektörlük ve İ.İ.B.F. binaları birbirleri arasında da kıyaslanmaktadır.

İç hava kalitesinde, iç mekân donanımları da etkili olmakla birlikte bu tezin kapsamı dışında tutulmuştur. Büro mekânlarında kullanıcıların kişisel özelliklerinin ve bireysel aktivitelerinin farklılıkları nedeniyle, ölçümler yapılarda sirkülasyon alanlarında gerçekleştirilmiştir.

3.1. Deney Prosedürü

Partikül konsantrasyonunun ölçümü için, bilgilerin elektronik kayıtla direkt ve sürekli eldesini sağlayan, havadan taşınan partiküllerin konsantrasyonunu ölçmek için geliştirilmiş olan PDR – 1000 AN modeli MIE Personel Data Ram toz konsantrasyonu ölçüm cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz pasif hava numuneleri ile çalışmaktadır. Ölçüm cihazı 0,001 – 400 mg/m³ konsantrasyon ölçme aralığında çalışan optik ve elektronik bir alettir. Partikül boyutlandırma aralığı 1 – 10 µm' dir.

Ölçümler, yapıların sirkülasyon alanlarında kişi ağız seviyesinden yapılarak partikül miktarları belirlenmiştir. Boyutları 10 µm' den daha küçük olan, akciğerlere ulaşması ve yerleşmesi daha kolay olan solunabilir toz partikül ölçümleri iki saatlik zaman dilimlerinde gerçekleştirilmiştir. Her ölçüm öncesinde cihazda kalibrasyon ayarları yapılmıştır. Ölçümler her yapı için üç kez tekrarlanmıştır.

Deneylerde kullanılan ölçüm cihazı Dumlupınar Üniversitesi Maden Bölümünden, yapılar hakkındaki bilgiler de Dumlupınar Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığından alınmıştır.



Resim 3.1. MIE Personel Data Ram toz konsantrasyonu ölçüm cihazı [56]

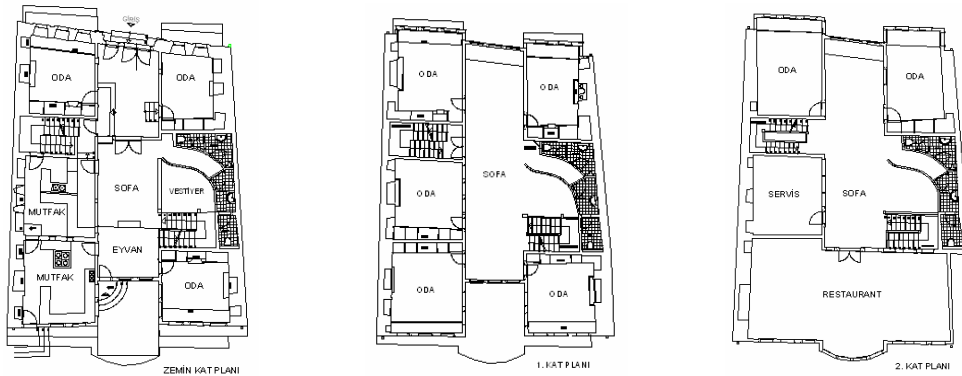
Sarı Konak

Sarı Konak'ın seçilmesindeki amaç geleneksel konutlara bir örnek teşkil etmesidir. Dumlupınar Üniversitesi tarafından koruma altına alınmış olan yapı 1903 yılında inşa edilmiş, restorasyonu 2006 yılında sona ermiştir. Yapı misafirhane olarak düzenlenmiş olup, eski kullanım biçimine sadık kalınarak banyolar dolapların içindeki nişlere yerleştirilmiştir.



Resim 3.2. Sarı Konak ön cephesi [56]

Ahşap konstrüksiyonlu üç katlı bir yapıdır. Toplam kapalı alanı 635 m² ve oturduğu alan 165 m²'dir. İnşaat malzemesi olarak ahşap ve harman tuğlası kullanılmıştır. Binanın içinde zemin ve tavan kaplamaları aslına uygun olarak ahşap parke bırakılmıştır. Sadece girişteki sofada ve mutfaklarda zemin taş kaplamadır. Duvarlar alçı sıva üzeri boya, tavanlar ise ahşaptır. Zemin katta mutfak bölümleri, ikinci katta da bir adet restoran yer almaktadır. Diğer tüm odalar yatak odaları olarak tasarlanmıştır.

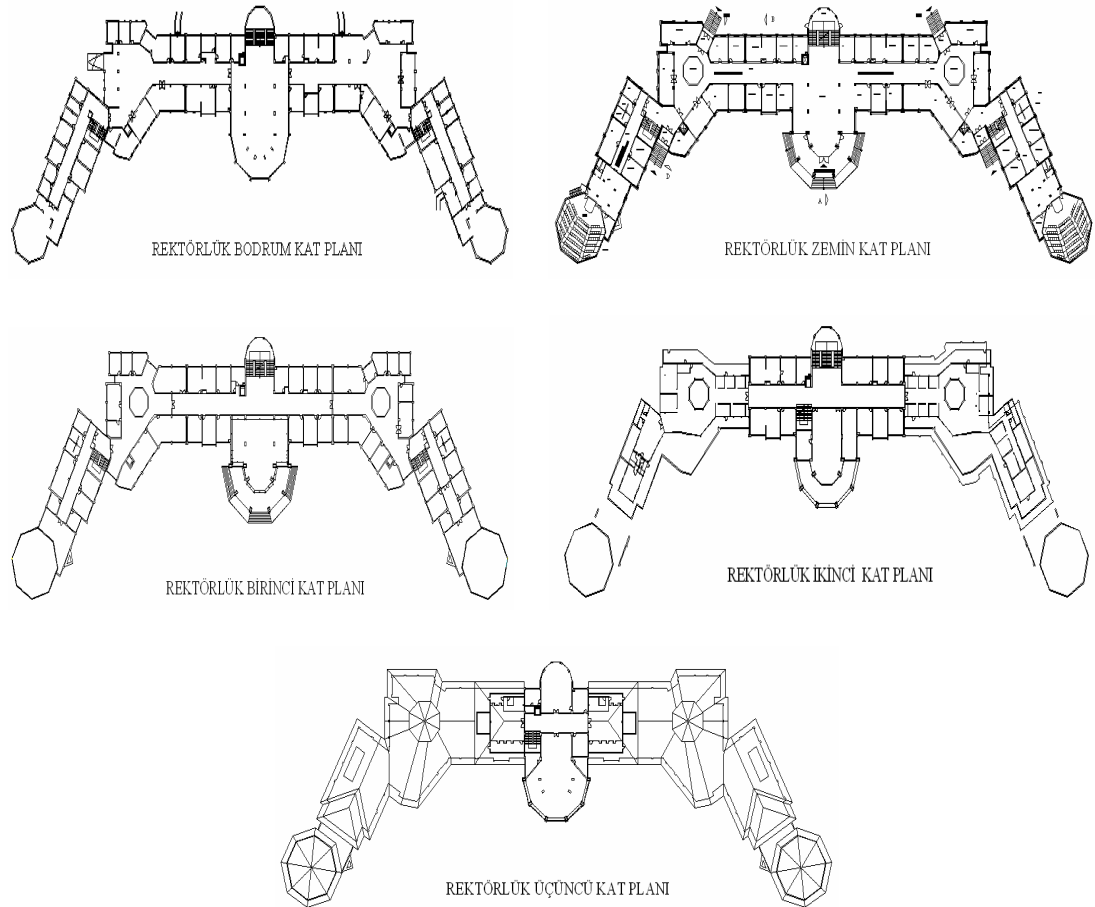


Şekil 3.1. Sarı Konak kat planları

Rektörlük Binası

Rektörlük binasının seçilmesindeki amaç; İ.İ.B.F. binasıyla benzerlik göstermesi ve iki bina arasındaki ve farklı malzemelerin kullanıldığı katlardaki, iç ortam havasındaki solunabilir toz partikül konsantrasyon farklılıklarını ortaya çıkarmaktır.

Dumlupınar Üniversitesi Rektörlük binası beş katlı betonarme iskelete sahip, 2002 yılında inşa edilmiş bir yapıdır. Toplam kapalı alanı 12 886m² ve oturduğu alan 3 528m²'dir. Kat yüksekliği ise 4.50m'dir. İnşaat malzemesi olarak betonarme ve tuğla kullanılmıştır. Binada her katta aynı malzemeler kullanılırken bodrum katta farklı zemin kaplaması kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. Rektörlük binası kat planları

Bodrum katta depolar, arşiv, teknik servis bölümleri bulunmaktadır. Çok kullanılacak bir mekân olmadığı için yerlerde beton kaplama, duvarlarda ise alçı sıva üzeri boya kullanılmıştır. Yapının zemin, birinci, ikinci ve üçüncü katlarında zeminde bitirme malzemesi olarak sirkülasyon alanları granit seramik, odalar ise laminant kaplamadır.



Resim 3.3. Rektörlük binasına ait dış ve iç mekan fotoğrafları [56]

İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

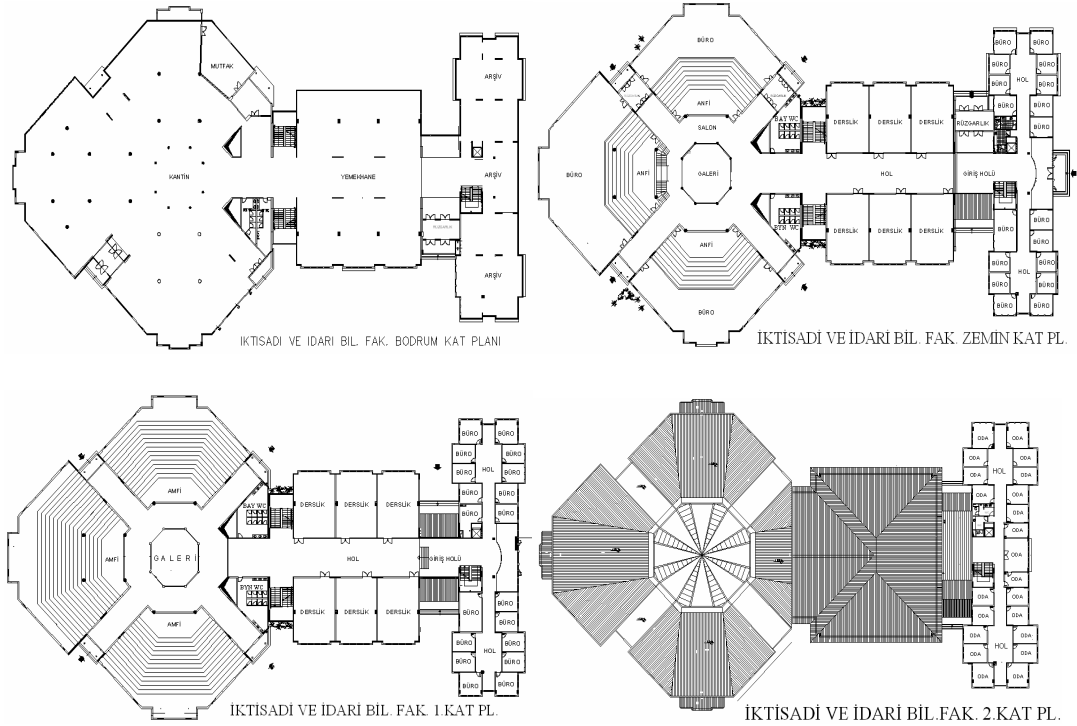
İktisadi ve İdari Bilimler Fakülte binasının seçilmesindeki amaç; Rektörlük binasıyla benzerlik göstermesi ve iki bina arasındaki ve farklı malzemelerin kullanıldığı katlardaki, iç ortam havasındaki solunabilir toz partikül konsantrasyon farklılıklarını ortaya çıkarmaktır.

Dumlupınar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakülte binası 2000 yılında hizmete açılmıştır. Betonarme konstrüksiyonlu dört katlı bir yapıdır. Toplam kapalı alanı $10\,745\text{m}^2$ ve oturduğu alan $3\,006\text{m}^2$ 'dir. Kat yüksekliği ise 3.50m 'dir. Bodrum katı öğrencileri için kantin olarak hizmet verirken üst katlarda sınıflar ve bürolar yer almaktadır.

İnşaat malzemesi olarak betonarme ve tuğla kullanılmıştır. Binada zemin mermer tavan ve duvarlar ise alçı üzeri boyadır. Binada ölçüm yapılan katlarda kullanılan yapı malzemeleri aynı, işlevler ise farklıdır. Böylece işlevin ve kullanıcıların eylemlerinin yapı içi hava kalitesine etkileri incelenebilecektir.



Resim 3.4. İ.İ.B.F. binasına ait dış ve iç mekan fotoğrafları [56]



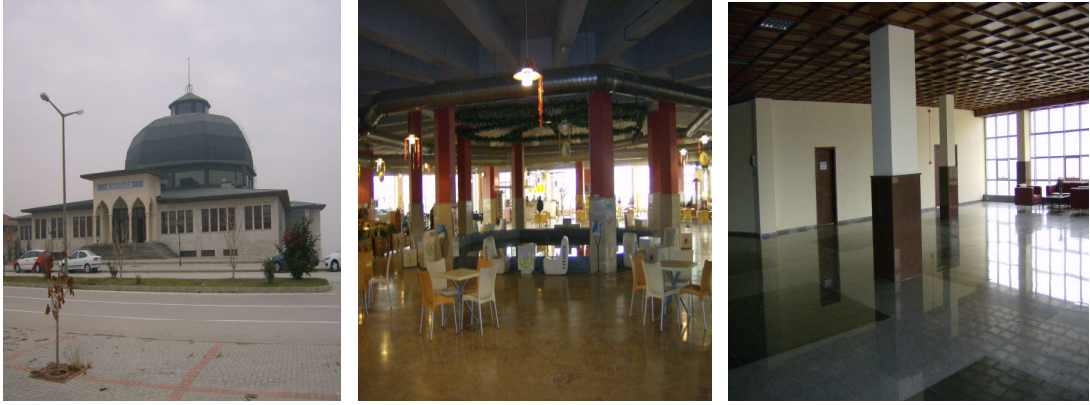
Şekil 3.3. İ.İ.B.F. binası kat planları

Merkezi Kafeterya Binası

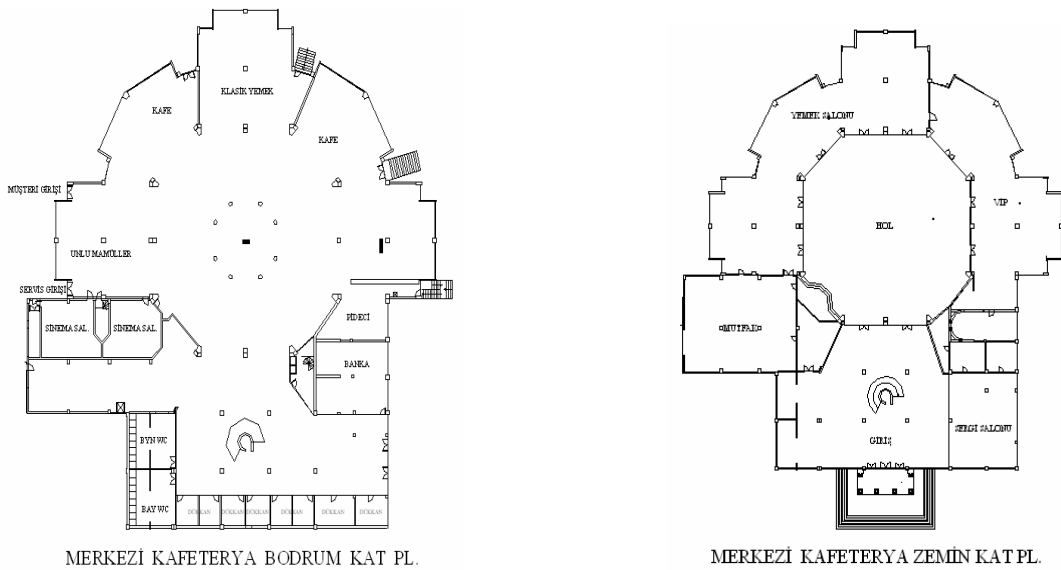
Merkezi Kafeterya binasının seçilmesindeki amaç; ortamda bulunan insan sayısının ve eylemlerinin iç hava kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya çıkarabilmektir. Yapının iki katında da kullanılan bitirme malzemeleri benzerlik göstermektedir. Bu sayede iç hava kalitesini kullanıcı sayısının ve işlevin nasıl etkilediği görülebilecektir.

Dumlupınar Üniversitesi Merkezi Kafeterya binası iki katlı bir yapıdır. Toplam kapalı alanı 7 468 m² ve oturduğu alan 3 521 m²'dir. Kat yükseklikleri bodrum katta 4.50 m, zemin katta ise 5.20 m'dir. Bodrum katı öğrencileri için kafeterya olarak hizmet verirken üst kat öğretim üyeleri yemekhanesi ve özel günlerde kokteyl ve düğün salonu olarak kullanılmaktadır.

İnşaat malzemesi olarak strüktürel elemanlar betonarme, dolgu duvarlar da tuğladır. Binada zemin döşemesi mermer, tavan kaba sıva üzeri boya, duvarlar ise sıva üzeri boya kaplamadır. Binanın her iki katı da aynı işlevle kullanılmakta ve aynı malzemelerle inşa edilmiştir.



Resim 3.5. Merkezi Kafeterya binasına ait dış ve iç mekan fotoğrafları [56]



Şekil 3.4. Merkezi Kafeterya binası kat planları

Çizelge 3.1. Binalarda malzeme kullanımı, işlev ve kullanıcı sayıları [56]

Binalar	Katlar	Kaplama Malzemeleri			İşlev	Kullanıcı Sayısı (2 saat süreli)
		Döşeme	Tavan	Duvar		
Sarı Konak	Zemin Kat	Ahşap Parke	Ahşap	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Konuk Evi	4-5-6
	1. Kat	Ahşap Parke	Ahşap	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Konuk Evi	3-5-4
	2. Kat	Ahşap Parke	Ahşap	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Konuk Evi	2-3-2
Rektörlük	Zemin Kat	Granit	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Büro	24-36-38
	1. Kat	Granit	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Büro	18-30-34
	2. Kat	Granit	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Büro	10-16-14
	3. Kat	Granit	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Büro	10-10-11
	Bodrum Kat	Beton Şap	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Atölye	11-16-15
İ.İ.B.F.	Zemin Kat	Mermer	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Amfi	49-52-52
	1. Kat	Mermer	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Amfi	42-34-40
	2. Kat	Mermer	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Büro	18-21-24
	Bodrum Kat	Mermer	Beton Üzeri Boya	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Kantin	58-64-70
Merkezi Kafeterya	Zemin Kat	Mermer	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Kantin	34-28-32
	Bodrum Kat	Mermer	Beton Üzeri Boya	Alçı Siva Üzeri Plastik Boya	Kantin	96-92-98

3.2. Deney Sonuçları

Sarı Konak'ta yapılan ve iç ortam hava kalitesine ait ölçüm sonuçları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.2. Sarı Konak'ta yapılan ölçüm sonuçları [56]

Ölçüm Yeri	Ölçüm Tarihi	Ölçüm Saati	Ortam Sıcaklığı (C)	Ortalama Kişi Sayısı	Toplam Toz (mg/m ³)	Nem (%)	Hava Durumu
Zemin Kat	23.10.06	08.00 – 10.00	19	4	0,635	44	Güneşli sıcak
	13.11.06	08.00 – 10.00	17	5	0,695	47	Yağışlı
	27.11.06	08.00 – 10.00	20	6	0,728	43	Parçalı bulutlu
1. Kat	23.10.06	10.30 -12.30	20	3	0,626	44	Güneşli sıcak
	13.11.06	10.30 -12.30	18	5	0,648	47	Yağışlı
	27.11.06	10.30 -12.30	20	4	0,690	43	Parçalı bulutlu
2. Kat	23.10.06	13.00 -15.00	20	2	0,572	44	Güneşli sıcak
	13.11.06	13.00 – 15.00	18	3	0,619	46	Parçalı bulutlu
	27.11.06	13.00 – 15.00	21	2	0,650	43	Parçalı bulutlu
Bina Dışı	23.10.06	15.30 -17.30	20	10	0,084	44	Güneşli sıcak
	13.11.06	15.30 – 17.30	12	11	0,096	46	Parçalı bulutlu
	27.11.06	15.30 – 17.30	7	7	0,124	43	Parçalı bulutlu

Rektörlük Binası'nda yapılan iç havadaki solunabilir toz partiküllerine ait ölçüm sonuçları aşağıdaki çizelgelerde gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. Rektörlük binasında yapılan ölçüm sonuçları [56]

Ölçüm Yeri	Ölçüm Tarihi	Ölçüm Saati	Ortam Sıc. (C)	Ort. Kişi Sayısı	Toplam Toz (mg/m ³)	Nem (%)	Hava Durumu
Zemin Kat	24.10.06	08.00 – 10.00	22	24	0,049	44	Güneşli Sıcak
	14.11.06	08.00 – 10.00	20	36	0,104	39	Güneşli Sıcak
	28.11.06	08.00 – 10.00	22	38	0,098	37	Sisli
1. Kat	24.10.06	10.30 -12.30	21	18	0,048	44	Güneşli Sıcak
	14.11.06	10.30 -12.30	21	30	0,078	39	Güneşli Sıcak
	28.11.06	10.30 -12.30	21	34	0,080	37	Sisli
2. Kat	24.10.06	13.00 – 15.00	21	10	0,042	44	Güneşli Sıcak
	14.11.06	15.00 – 17.00	21	16	0,062	39	Güneşli Sıcak
	28.11.06	13.00 – 15.00	21	14	0,073	37	Güneşli Sıcak
3. Kat	24.10.06	15.30 – 17.30	22	10	0,040	44	Güneşli Sıcak
	15.11.06	8.30 – 10.30	21	10	0,061	41	Parçalı Bulutlu
	28.11.06	15.30 – 17.30	22	11	0,065	37	Güneşli Sıcak
Bodrum Kat	25.10.06	10.30 – 12.30	20	11	0,245	47	Güneşli Sıcak
	15.11.06	10.45 – 12.45	18	16	0,475	41	Parçalı Bulutlu
	29.11.06	10.00 – 12.00	15	15	0,482	37	Sisli
Bina Dışı	25.10.06	15.30 – 17.30	20	22	0,068	45	Güneşli Sıcak
	15.11.06	15.15 – 17.15	11	14	0,079	41	Parçalı Bulutlu
	29.11.06	15.10 – 17.10	6	21	0,085	37	Güneşli Sıcak

İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Binası'nda yapılan iç havadaki solunabilir toz partiküllerine ait ölçüm sonuçları aşağıdaki çizelgelerde gösterilmektedir.

Çizelge 3.4. İ.İ.B.F. binasında yapılan ölçüm sonuçları [56]

Ölçüm Yeri	Ölçüm Tarihi	Ölçüm Saati	Ortam Sıc. (C)	Ort. Kişi Sayısı	Toplam Toz (mg/m ³)	Nem (%)	Hava Durumu
Zemin Kat	27.10.06	08.00 – 10.00	22	49	0,206	44	Güneşli Sıcak
	17.11.06	08.00 – 10.00	22	52	0,218	44	Güneşli Sıcak
	01.12.06	08.00 – 10.00	22	52	0,222	44	Güneşli sıcak
1. Kat	27.10.06	10.30 -12.30	21	42	0,187	44	Güneşli Sıcak
	17.11.06	10.30 -12.30	21	34	0,198	44	Güneşli Sıcak
	01.12.06	10.30 -12.30	21	40	0,210	44	Güneşli Sıcak
2. Kat	27.10.06	13.00 – 15.00	21	18	0,085	44	Güneşli Sıcak
	17.11.06	13.00 – 15.00	21	21	0,084	44	Güneşli Sıcak
	01.12.06	13.00 – 15.00	21	24	0,092	44	Güneşli Sıcak
Bodrum Kat	28.10.06	10.30 – 12.30	20	58	0,545	47	Parçalı Bulutlu
	20.11.06	10.30 – 12.30	20	64	0,715	47	Güneşli Sıcak
	04.12.06	10.30 – 12.30	20	70	0,634	47	Güneşli Sıcak
Bina Dışı	28.10.06	15.30 – 17.30	19	7	0,068	45	Parçalı Bulutlu
	20.11.06	15.30 – 17.30	10	7	0,087	45	Güneşli Sıcak
	04.12.06	15.30 – 17.30	6	7	0,104	45	Güneşli Sıcak

Merkezi Kafeterya Binası'nda yapılan ve iç ortam hava kalitesine ait ölçüm sonuçları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 3.5. Merkezi Kafeterya binasında yapılan ölçüm sonuçları [56]

Ölçüm Yeri	Ölçüm Tarihi	Ölçüm Saati	Ortam Sıc. (C)	Ortalama Kişi Sayısı	Toplam Toz (mg/m ³)	Nem (%)	Hava Durumu
Zemin Kat	26.10.06	12.00 – 13.00	22	24	0,134	35	Güneşli Sıcak
	16.11.06	12.00 – 13.00	22	28	0,130	39	Parçalı Bulutlu
	30.11.06	12.00 – 13.00	22	32	0,156	37	Parçalı Bulutlu
Bodrum Kat	26.10.06	13.15 -15.15	21	96	0,241	35	Güneşli Sıcak
	16.11.06	13.15 -15.15	21	92	0,245	39	Parçalı Bulutlu
	30.11.06	13.15 -15.15	21	98	0,252	37	Parçalı Bulutlu
Bina Dışı	26.10.06	15.30.-17.30	18	121	0,082	35	Güneşli Sıcak
	16.11.06	15.30.-17.30	10	108	0,084	39	Parçalı Bulutlu
	30.11.06	15.30.-17.30	6	86	0,096	37	Güneşli Sıcak

3.3. Toz Ölçüm Değerlerinin İstatistiksel Analizi

Burada binalarda yapılan toz ölçümü deney sonuçlarının istatistiksel analizi SPSS paket programında yapılmıştır. Öncelikli olarak binalar arasındaki karşılaştırmalar yapılmıştır. Ardından binalar, katlar arası ve dış ortam ölçümleriyle değerlendirilmiştir. Her bir binaya ait toz ölçüm miktarlarının ortalaması, standart sapması ve %95 güven aralığında ortalama toz değerlerinin alt ve üst sınırları vb. betimleyici istatistikleri aşağıdaki çizelgelerde gösterilmektedir.

Çizelge 3.6. Sarı Konak, Rektörlük, İ.İ.B.F. ve kafeterya binalarında toz ölçümlerinin betimleyici istatistikleri [56]

Değerler	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Ortalamanın 95% Güven Aralığı		Min.	Maks.
					Alt Sınır	Üst Sınır		
Sarı Konak	12	,513917	,2521332	,0727846	,353719	,674114	,0840	,7280
Rektörlük	18	,124111	,1365309	,0321806	,056216	,192006	,0400	,4820
İ.İ.B.F.	9	,157778	,0704925	,0234975	,103592	,211963	,0820	,2520
Kafeterya	15	,243667	,2109291	,0544617	,126858	,360475	,0680	,7150
Toplam	54	,249556	,2329883	,0317057	,185962	,313149	,0400	,7280

Yapılan deney içerisinde tekrarlayan ölçümler bulunduğu için dolayı Anova testi kullanılmıştır. Anova testine göre $p < 0,01$ olduğundan binalarda yapılan deney ölçümlerinde anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Çizelge 3.7. Tek yönlü varyans analizi [56]

ANOVA	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Sig.
Gruplar Arası	1,198	3	,399	11,896	,000
Gruplar İçi	1,679	50	,034		
Toplam	2,877	53			

İkili karşılaştırmalar Tukey Post Hoc testi ile yapılmıştır. Yapılan tek yönlü varyans analizine göre geleneksel bir yapı olan Sarı Konak toz ölçüm ortalaması ile Rektörlük, Kafeterya ve İ.İ.B.F. binalarındaki toz ölçüm ortalamaları arasında anlamlı bir fark vardır.

Sarı konak ile diğer binalar arasında yapılan ikili karşılaştırmalarda $p < 0,05$ olduğundan Sarı Konak'ın diğer binalarla olan toz ölçüm ortalamaları farkının %95 güven aralığında anlamlı olduğu görülmüştür. Rektörlük, İ.İ.B.F. ve Kafeterya binalarında kendi aralarındaki karşılaştırmalarda toz ölçüm ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık görülmemektedir.

Çizelge 3.8. Sarı Konak, Rektörlük, İ.İ.B.F. ve kafeterya binalarının toz ölçümlerinin ikili karşılaştırılması [56]

Çoklu Karşılaştırmalar						
(I) Bina	(J) Bina	Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata	Anlamlılık Düzeyi	95% Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Sarı Konak	Rektörlük	,3898056*	,0682887	,000	,208322	,571289
	Kafeterya	,3561389*	,0808003	,000	,141405	,570873
	İ.İ.B.F.	,2702500*	,0709677	,002	,081647	,458853
Rektörlük	Sarı Konak	-,3898056*	,0682887	,000	-,571289	-,208322
	Kafeterya	-,0336667	,0748065	,969	-,232471	,165138
	İ.İ.B.F.	-,1195556	,0640605	,256	-,289802	,050691
Kafeterya	Sarı Konak	-,3561389*	,0808003	,000	-,570873	-,141405
	Rektörlük	,0336667	,0748065	,969	-,165138	,232471
	İ.İ.B.F.	-,0858889	,0772598	,684	-,291214	,119436
İ.İ.B.F.	Sarı Konak	-,2702500*	,0709677	,002	-,458853	-,081647
	Rektörlük	,1195556	,0640605	,256	-,050691	,289802
	Kafeterya	,0858889	,0772598	,684	-,119436	,291214

*. Ortalama farkı %5 düzeyinde anlamlıdır. Bağımlı Değişken: değerler Tukey HSD

Çizelge 3.9. Sarı Konak, Rektörlük, İ.İ.B.F. ve kafeterya binalarının, bina içi ve dışı toz ölçüm ortalamalarına ait betimleyici istatistikler [56]

Yer	Bina	Ortalama	Standart Sapma	N (Gözlem Değeri)
Bina dışı	Sarı Konak	,101333	,0205264	3
	Rektörlük	,077333	,0086217	3
	Kafeterya	,087333	,0075719	3
	İ.İ.B.F.	,086333	,0180093	3
	Total	,088083	,0154888	12
Bina içi	Sarı Konak	,651444	,0468244	9
	Rektörlük	,133467	,1485323	15
	Kafeterya	,193000	,0588354	6
	İ.İ.B.F.	,283000	,2193793	12
	Total	,295690	,2455514	42
Toplam	Sarı Konak	,513917	,2521332	12
	Rektörlük	,124111	,1365309	18
	Kafeterya	,157778	,0704925	9
	İ.İ.B.F.	,243667	,2109291	15
	Total	,249556	,2329883	54

Sarı Konak

Sarı Konak binasının her bir katı ve bina dışına ait toz ölçüm ortalamalarının betimleyici istatistikleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.10. Sarı Konak binasının her katındaki ve bina dışındaki toz ölçüm değerlerine ait betimleyici istatistikler [56]

Sarı Konak	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Ortalamanın 95% Güven Aralığı		Min.	Maks.
					Alt Sınır	Üst Sınır		
Zemin Kat	3	,686000	,0471487	,0272213	,568876	,803124	,6350	,7280
1. Kat	3	,654667	,0325167	,0187735	,573891	,735443	,6260	,6900
2. Kat	3	,613667	,0392726	,0226740	,516108	,711225	,5720	,6500
Bina Dışı	3	,101333	,0205264	,0118509	,050343	,152324	,0840	,1240
Toplam	12	,513917	,2521332	,0727846	,353719	,674114	,0840	,7280

Çizelge 3.11. Sarı Konak tek yönlü varyans analizi [56]

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama kare	F	Anlamlılık
Gruplar Arası	,689	3	,230	175,132	,000
Gruplar İçi	,010	8	,001		
Toplam	,699	11			

Çizelge 3.12'de görüldüğü gibi Sarı Konak binasındaki katlar ile bina dışı toz ölçüm ortalamalarının ikili karşılaştırılması sonucunda bina içerisindeki katların toz ölçüm ortalamaları arasında anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır. Bina dışı toz ölçüm ortalaması ile katlar arasındaki toz ölçüm ortalamaları arasında anlamlı farklılıklar bulunmaktadır.

Çizelge 3.12. Sarı Konak'ta toz ölçümlerinin ikili karşılaştırılması [56]

Çoklu Karşılaştırmalar						
(I) Katlar	(J) Katlar	Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata	Anlamlılık Düzeyi	95% Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Zemin Kat	1. Kat	,0313333	,0295635	,722	-,0633339	,126006
	2. Kat	,0723333	,0295635	,145	-,022339	,167006
	Bina Dışı	,5846667*	,0295635	,000	,489994	,679339
1. Kat	Zemin Kat	-,0313333	,0295635	,722	-,126006	,063339
	2. Kat	,0410000	,0295635	,540	-,053673	,135673
	Bina Dışı	,5533333*	,0295635	,000	,458661	,648006
2. Kat	Zemin Kat	-,0723333	,0295635	,145	-,167006	,022339
	1. Kat	-,0410000	,0295635	,540	-,135673	,053673
	Bina Dışı	,5123333*	,0295635	,000	,417661	,607006
Bina Dışı	Zemin Kat	-,5846667*	,0295635	,000	-,679339	-,489994
	1. Kat	-,5533333*	,0295635	,000	-,648006	-,458661
	2. Kat	-,5123333*	,0295635	,000	-,607006	-,417661

*. Ortalama farkı %5 düzeyinde anlamlıdır.

Rektörlük Binası

Rektörlük binasının her bir katı ve bina dışına ait toz ölçüm ortalamalarının betimleyici istatistikleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 3.13. Rektörlük binası betimleyici istatistikleri [56]

Rektörlük	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Ortalamanın 95% Güven Aralığı		Min.	Maks.
					Alt Sınır	Üst Sınır		
Zemin Kat	3	,083667	,0301717	,0174197	,008716	,158617	,0490	,1040
1. Kat	3	,068667	,0179258	,0103494	,024137	,113197	,0480	,0800
2. Kat	3	,059000	,0157162	,0090738	,019959	,098041	,0420	,0730
3. Kat	3	,055333	,0134288	,0077531	,021974	,088692	,0400	,0650
Bodrum Kat	3	,400667	,1348567	,0778596	,065664	,735669	,2450	,4820
Bina Dışı	3	,077333	,0086217	,0049777	,055916	,098751	,0680	,0850
Toplam	18	,124111	,1365309	,0321806	,056216	,192006	,0400	,4820

Çizelge 3.14. Rektörlük binası tek yönlü varyans analizi [56]

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama kare	F	Anlamlılık
Gruplar Arası	,277	5	,055	16,690	,000
Gruplar İçi	,040	12	,003		
Toplam	,317	17			

Çizelge 3.15. Rektörlük binası toz ölçümlerinin ikili karşılaştırılması [56]

Çoklu Karşılaştırmalar						
(I) Katlar	(J) Katlar	Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata	Anlamlılık Düzeyi	95% Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Zemin Kat	1. Kat	,0150000	,0470457	,999	-,143023	,173023
	2. Kat	,0246667	,0470457	,994	-,133356	,182689
	3. Kat	,0283333	,0470457	,989	-,129689	,186356
	Bodrum Kat	-,3170000*	,0470457	,000	-,475023	-,158977
	Bina Dışı	,0063333	,0470457	1,000	-,151689	,164356
1. Kat	Zemin Kat	-,0150000	,0470457	,999	-,173023	,143023
	2. Kat	,0096667	,0470457	1,000	-,148356	,167689
	3. Kat	,0133333	,0470457	1,000	-,144689	,171356
	Bodrum Kat	-,3320000*	,0470457	,000	-,490023	-,173977
	Bina Dışı	-,0086667	,0470457	1,000	-,166689	,149356
2. Kat	Zemin Kat	-,0246667	,0470457	,994	-,182689	,133356
	1. Kat	-,0096667	,0470457	1,000	-,167689	,148356
	3. Kat	,0036667	,0470457	1,000	-,154356	,161689
	Bodrum Kat	-,3416667*	,0470457	,000	-,499689	-,183644
	Bina Dışı	-,0183333	,0470457	,999	-,176356	,139689
3. Kat	Zemin Kat	-,0283333	,0470457	,989	-,186356	,129689
	1. Kat	-,0133333	,0470457	1,000	-,171356	,144689
	2. Kat	-,0036667	,0470457	1,000	-,161689	,154356
	Bodrum Kat	-,3453333*	,0470457	,000	-,503356	-,187311
	Bina Dışı	-,0220000	,0470457	,996	-,180023	,136023
Bodrum Kat	Zemin Kat	,3170000*	,0470457	,000	,158977	-,475023
	1. Kat	,3320000*	,0470457	,000	,173977	-,490023
	2. Kat	,3416667*	,0470457	,000	,183644	-,499689
	3. Kat	,3453333*	,0470457	,000	,187311	-,503356
	Bina Dışı	,3233333*	,0470457	,000	,165311	-,481356
Bina Dışı	Zemin Kat	-,0063333	,0470457	1,000	-,164356	,151689
	1. Kat	,0086667	,0470457	1,000	-,149356	,166689
	2. Kat	,0183333	,0470457	,999	-,139689	,176356
	3. Kat	,0220000	,0470457	,996	-,136023	,180023
	Bodrum Kat	-,3233333*	,0470457	,000	-,481356	-,165311

*. Ortalama farkı %5 düzeyinde anlamlıdır.

Tukey Post Hoc testine göre Rektörlük binasındaki katlar ve bina dışı toz ölçüm ortalamalarının ikili karşılaştırmaları sonucunda bodrum kat ile diğer katlar ve bina dışı toz ölçüm ortalamaları arasında anlamlı farklılıklar görülmektedir. Bodrum kat dışındaki diğer katların toz ölçüm ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır.

İ.İ.B.F. Binası

İ.İ.B.F. binasının her bir katı ve bina dışına ait toz ölçüm ortalamalarının betimleyici istatistikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 3.16. İ.İ.B.F. binasının betimleyici istatistikleri [56]

İ.İ.B.F.	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Ortalamanın 95% Güven Aralığı		Min.	Maks.
					Alt Sınır	Üst Sınır		
Zemin Kat	3	,215333	,0083267	,0048074	,194649	,236018	,2060	,2220
1. Kat	3	,198333	,0115036	,0066416	,169757	,226910	,1870	,2100
2. Kat	3	,087000	,0043589	,0025166	,076172	,097828	,0840	,0920
Bodrum Kat	3	,631333	,0850314	,0490929	,420104	,842563	,5450	,7150
Bina Dışı	3	,086333	,0180093	0103976	,041596	,131071	,0680	,1040
Toplam	15	,243667	,2109291	,0544617	,126858	,360475	,0680	,7150

Çizelge 3.17. İ.İ.B.F. binasının tek yönlü varyans analizi [56]

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama kare	F	Anlamlılık
Gruplar Arası	,607	4	,152	97,636	,000
Gruplar İçi	,016	10	,002		
Toplam	,623	14			

Zemin katın toz ölçüm ortalaması ile ikinci katın, bodrum katın ve bina dışının toz ölçüm ortalamaları arasında %5 anlamlılık düzeyinde farklılıklar bulunmuştur. Zemin kat ve birinci kat ölçüm ortalamaları arasında anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır.

Çizelge 3.18. İ.İ.B.F. binasının toz ölçümlerinin ikili karşılaştırılması [56]

Çoklu Karşılaştırmalar						
(I) Katlar	(J) Katlar	Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata	Anlamlılık Düzeyi	95% Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Zemin Kat	1. Kat	,0170000	,0321980	,982	-,088966	,122966
	2. Kat	,1283333*	,0321980	,017	,022367	,234300
	Bodrum Kat	-,4160000*	,0321980	,000	-,521966	-,310034
	Bina Dışı	,1290000*	,0321980	,017	,023034	,234966
1. Kat	Zemin Kat	-,0170000	,0321980	,982	-,122966	,088966
	2. Kat	,1113333*	,0321980	,039	,005367	,217300
	Bodrum Kat	-,4330000*	,0321980	,000	-,538966	-,327034
	Bina Dışı	,1120000*	,0321980	,037	,006034	,217966
2. Kat	Zemin Kat	-,1283333*	,0321980	,017	-,234300	-,022367
	1. Kat	-,1113333*	,0321980	,039	-,217300	-,005367
	Bodrum Kat	-,5443333*	,0321980	,000	-,650300	-,438367
	Bina Dışı	,0006667	,0321980	1,000	-,105300	,106633
Bodrum Kat	Zemin Kat	,4160000*	,0321980	,000	,310034	,521966
	1. Kat	,4330000*	,0321980	,000	,327034	,538966
	2. Kat	,5443333*	,0321980	,000	,438367	,650300
	Bina Dışı	,5450000*	,0321980	,000	,439034	,650966
Bina Dışı	Zemin Kat	-,1290000*	,0321980	,017	-,234966	-,023034
	1. Kat	-,1120000*	,0321980	,037	-,217966	-,006034
	2. Kat	-,0006667	,0321980	1,000	-,106633	,105300
	Bodrum Kat	-,5450000*	,0321980	,000	-,650966	-,439034

*. Ortalama farkı %5 düzeyinde anlamlıdır.

Merkezi Kafeterya Binası

Merkezi kafeterya binasının her bir katı ve bina dışına ait toz ölçüm ortalamalarının betimleyici istatistikleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.19. Kafeterya binasının betimleyici istatistikleri [56]

	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Ortalamanın 95% Güven Aralığı		Min.	Maks.
					Alt Sınır	Üst Sınır		
Zemin kat	3	,140000	,0140000	,0080829	,105222	,174778	,1300	,1560
Bodrum kat	3	,246000	,0055678	,0032146	,232169	,259831	,2410	,2520
Bina dışı	3	,087333	,0075719	,0043716	,068524	,106143	,0820	,0960
Toplam	9	,157778	,0704925	,0234975	,103592	,211963	,0820	,2520

Çizelge 3.20. Kafeterya binasının tek yönlü varyans analizi [56]

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama kare	F	Anlamlılık
Gruplar Arası	,039	2	,020	206,720	,000
Gruplar İçi	,001	6	,000		
Toplam	,040	8			

Çizelge 3.21. Kafeterya binasının toz ölçümlerinin ikili karşılaştırılması [56]

Çoklu Karşılaştırmalar						
(I) Katlar	(J) Katlar	Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata	Anlamlılık Düzeyi	95% Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Zemin Kat	Bodrum Kat	-,1060000*	,0079489	,000	-,130389	-,081611
	Bina Dışı	,0526667*	,0079489	,001	,028272	,077056
Bodrum Kat	Zemin Kat	,1060000*	,0079489	,000	,081611	,130389
	Bina Dışı	,1586667*	,0079489	,000	,134272	,183056
Bina Dışı	Zemin Kat	-,0526667*	,0079489	,001	-,077056	-,028277
	Bodrum Kat	-,1586667*	,0079489	,000	-,183056	-,134277

*. Ortalama farkı %5 düzeyinde anlamlıdır.

Kafeteryanın her bir katı (zemin kat, bodrum kat) ve bina dışı toz ölçüm ortalamalarının ikili karşılaştırmalarında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

3.4. Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada ölçülen iç ortam havasındaki partiküller ile ilgili olarak ülkemizde herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır. Sadece Hava Korunması Yönetmeliğinde dış ortamda 10 mikrondan küçük partiküller için uzun vadeli ve kısa vadeli partikül limit değerleri verilmiştir. Uzun vadeli sınır değeri 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kısa vadeli sınır değeri ise 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ verilmiştir [57]. EPA tarafından verilen iç ortamlar için öngörülen değerlerde ise 10 mikrondan küçük partiküller için 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ altındaki değerler kabul edilmektedir [58].

Sarı Konak

Sarı Konak binasında yapılan ölçüm sonuçları Çizelge 3.2' de gösterilmiştir. Deney verilerinin Çizelge 3.12' deki istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre; Sarı Konak binasında, katlar ile bina dışı toz ölçüm ortalamalarının ikili karşılaştırılması sonucunda, bina içerisindeki katların toz ölçüm ortalamaları arasında anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır. Bina dışı toz ölçüm ortalaması ile katlar arasındaki toz ölçüm ortalamaları arasında anlamlı farklılıklar bulunmaktadır.

Üç dönemde yapılan ölçümleri incelediğimizde, her birinde iç ortam havasındaki partikül konsantrasyonuyla, dış ortam havasındaki partikül konsantrasyonları arasında büyük farklılık ortaya çıkmıştır. İç ortam havasındaki kirlilik oranı dış ortam havasındaki kirliliğe göre daha yüksek değerlerde çıkmıştır. Ölçümler sırasında hava sıcaklığı her ölçümde azalmaktadır. Havalar soğudukça, konutlarda ve bürolarda ısınmak için yakıt kullanımı artmakta ve iç ortamda ısı kaybına neden olmamak için doğal havalandırma süreleri azalmaktadır. Bunun sonucunda da; dış ortam havasında yakıt kullanımına bağlı olarak, iç ortam havasında da, doğal havalandırma sürelerinin azalmasına bağlı olarak solunabilir toz partikül konsantrasyonlarının her ölçümde arttığı görülmektedir.

Katlarda kullanılan yapı malzemeleri ve iç mekân donanımları farklılık göstermemektedir. Yapıda en çok toz bulunan kısımların sıralaması sırasıyla zemin kat, 1. kat ve 2. kat olduğu tespit edilmiştir. Üst katlara çıkıldıkça havadaki partikül konsantrasyonu da azalmaktadır. Ancak istatistiksel analiz sonuçlarında katlar arasında anlamlı bir fark görülmemektedir. Aynı koşullara sahip olmasına rağmen zemin katın, birinci ve ikinci katlara göre daha fazla partikül konsantrasyon değerine sahip olmasına sirkülasyon yoğunluğunun neden olduğu görülmektedir.

Sarı Konakta partikül düzeylerinin konfor şartlarını sağlamadıkları belirlenmiştir. Kullanıcılarda sağlık sorunlarının, rahatsızlıkların görülmemesi için havalandırma düzeyleri ile ilgili düzenlemeler yapılabilir. Ahşap parkenin birleşim yerlerindeki açıklıklar nedeniyle çok fazla toz tuttuğu ve kullanımı sırasında aşınarak ortama solunabilir toz partiküllerin yayılmasına neden olduğu görülmektedir.

Rektörlük Binası

Rektörlük binasında yapılan deneyin sonuçları Çizelge 3.3' de gösterilmiştir. Çizelge 3.15' deki istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre; Rektörlük binasındaki katlar ve bina dışı toz ölçüm ortalamalarının ikili karşılaştırmaları sonucunda bodrum kat ile diğer katlar ve bodrum kat ile bina dışı toz ölçüm ortalamaları arasında anlamlı farklılıklar görülmektedir. Bodrum kat dışındaki diğer katların toz ölçüm ortalamaları arasında anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır.

Yapılan üç ölçümü de incelediğimizde, iç ortam havasındaki partikül konsantrasyonu, dış ortam havasındaki partikül konsantrasyonlarının birbirleriyle çok yakın değerler çıktıkları görülmektedir. Bina dışındaki partikül konsantrasyonu, yönetmelikte ve standartta verilen kısa vadeli sınır değeri olan $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altındadır. Bina içinde ise sadece bodrum kattaki ölçümde havadaki değerlerin sınır değerleri aştığı görülmektedir.

Yapıda en çok toz bulunan kısımların sıralaması bodrum kat, zemin kat, 1. kat, 2. kat ve 3. kat olduğu tespit edilmiştir. Üst katlara çıkıldıkça Sarı Konak binasında olduğu gibi havadaki partikül konsantrasyonu azalmaktadır. Bunun nedeninin ortamdaki kullanıcı sayısına bağlı olarak sirkülasyon yoğunluğunun artmasıyla ilgili olduğu görülmektedir. Aralarındaki atrium bağlantısı nedeniyle zemin kat ve birinci kat partikül konsantrasyon değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Katlar arasında kullanılan malzeme olarak tek farklılık zemin kaplamasıdır. Rektörlük binasında zemin katta, 1. katta ve 2. katta zemin kaplaması olarak granit kullanılırken, bodrum katta zemin döşemesi olarak beton şap bırakılmıştır. İstatistiksel analizde bodrum kat ile diğer katlar arasında anlamlı farklılık çıkmıştır. Bu farklılığın nedeni beton kaplama malzemesinin kullanım sürecinde aşınarak parçacıklara ayrılması ve bünyesinde meydana gelen çatlaklarda solunabilir toz partiküllerin birikmesidir. Granit kaplama malzemesi, beton kaplamaya göre daha düzgün ve cilalanmış bir yüzeye ve derzlere sahip olduğu için daha sağlıklı bir ortam oluşmasını sağlamaktadır.

İktisadi ve İdari Bilimler Fakülte Binası

İ.İ.B.F. binasında yapılan deneyin sonuçları Çizelge 3.4' de gösterilmiştir. Deney verilerinin Çizelge 3.18' deki istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre; zemin katın ve ikinci katın toz ölçüm ortalaması ile bodrum katın ve bina dışının toz ölçüm ortalamaları arasında %5 anlamlılık düzeyinde farklılıklar bulunmuştur. Birbirleri arasında atrium bağlantısı olan zemin kat ile birinci kat ölçüm ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Bina dışındaki partikül konsantrasyonu, yönetmelikte ve standartta verilen kısa vadeli sınır değeri olan $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altındadır. Bina içinde ise sadece ikinci katta iç ortam hava kalitesinin sağlandığı görülmektedir.

Yapıda en çok toz bulunan kısımların sıralaması bodrum kat, zemin kat, 1. kat ve 2. kat olduğu tespit edilmiştir. Üst katlara çıkıldıkça havadaki partikül konsantrasyonu kullanıcı sayısı ile orantılı olarak azalmaktadır. Aynı malzemelerin kullanılmasına rağmen, bodrum kattaki ölçüm sonucunun çok yüksek çıkmasının nedeni kullanıcı sayısının fazla olması ve kantin olarak kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Zemin katta ve birinci katta amfiler bulunduğundan öğrenci yoğunluğu ve sirkülasyonu diğer katlara göre daha fazla olmaktadır. Bu da iç ortamdaki partikül konsantrasyonunu etkilemektedir. İkinci katta ise öğretim elemanlarının odaları bulunduğundan sirkülasyon yoğunluğu fazla olmamaktadır. Bu nedenle sağlıklı bir iç ortam kalitesi elde edilmektedir.

Yapılan üç ölçümü de incelediğimizde, kantin olarak kullanılan bodrum katta ve amfilerin bulunduğu zemin ve birinci katta iç ortam havasındaki partikül konsantrasyonlarının yüksek olduğu görülmektedir. İç ortam havasında kullanıcı sayısı ve eylemlere göre havadaki kirlilik oranının değiştiği tespit edilmiştir. Binanın düzenli olarak havalandırılması gerekmektedir.

Kullanıcılarda sağlık sorunlarının ve rahatsızlıkların görülmemesi için yapıda sigara içilmesinin yasaklanması, yapıya toz girişinin engellenmesi ve havalandırma düzeyiyle ilgili düzenleme yapılması gerekmektedir.

Merkezi Kafeterya Binası

Merkezi Kafeterya binasında yapılan deneyin sonuçları Çizelge 3.5' de gösterilmiştir. Deney verilerinin Çizelge 3.21' deki istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre; kafeteryanın katların kendi aralarında ve bina dışı toz ölçüm ortalamalarının ikili karşılaştırmalarında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Bina dışındaki partikül konsantrasyonu, yönetmelikte ve standartta verilen kısa vadeli sınır değeri olan $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altındadır. Bina içinde

bodrum katta sınır değeri aşılmıştır. Zemin kattaki partikül konsantrasyonu da sınır değere yakın çıkmıştır. Yapıda her iki katta da aynı malzemeler kullanılmıştır. Öğrencilere hizmet veren bodrum katta kullanıcı sayısı fazla olmakla birlikte pişirme ve sigara içme eylemleri gerçekleşmektedir. Bu nedenle iç ortamdaki kirlilik zemin kata göre daha fazladır.

Kafeterya Binasında iç ortam havasında partikül düzeylerinin konfor şartlarını yeterince sağlamamaktadır. Sınır değerine yakın değerler çıkmaktadır. Kullanıcılarda sağlık sorunlarının ve rahatsızlıkların görülmemesi için havalandırma düzeyleri ile ilgili düzenlemeler yapılabilir. Özellikle sigara ve tütün gibi maddelerin içilmesi sonucunda ortama zararlı partiküller yayılmaktadır. Bu yüzden yapıda sigara içilmesinin yasaklanması gerekmektedir.

Ayrıca aynı benzer işlev ve özelliklere sahip olan merkezi kafeteryada ölçülen değerler ile İ.İ.B.F. binasında bodrum katta yer alan kafeteryada ölçülen değerler arasında anlamlı bir farklılık görülmektedir. İ.İ.B.F. kantininde ölçümlerin yapıldığı dönemde havalandırma tesisatının bozuk olması nedeniyle ortamdaki toz konsantrasyonları Merkezi Kafeteryadaki değerlerden daha yüksek çıkmaktadır.

Ölçüm sonuçlarını incelediğimizde, ölçümlerin tamamında iç ortam havasındaki partikül konsantrasyonu, dış ortam havasındaki partikül konsantrasyonları arasında büyük farklılıklar görülmektedir. İç ortam havasındaki kirlilik oranları, dış ortam havasındaki kirlilik oranlarına göre daha yüksek değerlerde çıkmıştır. İç mekânlarda kullanılan malzemelerin, iç mekân donanımlarının, kullanıcı sayılarının ve eylemlerin, ortamda biriken toz miktarının artmasına neden olduğu görülmektedir. Ölçüm yapılan binalarda aynı temizlik malzemeleri ve aynı temizleme metodu kullanılmaktadır. Temizlik zamanları da her binada sabah ve öğlen mesai saatlerinden önce gerçekleşmektedir. Bu çalışmada, ölçümlerin analizinde temizlik faktörü göz ardı edilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaşamlarını sağlıklı ve konforlu bir ortamda sürdürebilmek ve dış çevrenin olumsuz koşullarından kendisini koruyabilmek için insanlar yapılarda yaşamlarını sürdürmektedirler. İnsanlar yaşamlarının büyük bir bölümünü kapalı mekânlarda geçirmektedirler. Bu nedenle yapı içi hava niteliği sağlıklı bir ortam oluşturmak açısından önemli olmaktadır. İnsanların barınma ve korunma gereksinimleri sağlanırken, aynı zamanda yapı içerisinde sağlıkları için uygun koşullar da oluşturulmalıdır. Bu koşullar sağlanmadığında rahatsızlıklar, hastalıklar ortaya çıkmakta ve çalışma verimliliği azalmaktadır.

Eskiden yapılar, dış hava kirliliğinden korunma aracı olarak düşünülürken, günümüzde iç ortam hava kalitesinin, çoğu zaman dış ortam havasından daha sağlıklı olduğu bu çalışmayla da saptanmıştır. Elde edilen ölçümler ve istatistiksel analizler sonucunda yapı malzemelerinin kullanıcıların ve eylemlerin iç ortam hava kalitesini etkilediği görülmektedir.

Bu çalışmada 'Binalarda İç Hava Kalitesi ve Toz Partiküllerinin İç Mekân Hava Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi' adlı bir araştırma yapılmıştır. Geleneksel konut yapı mimarisine bir örnek teşkil eden Sarı Konak ve Dumlupınar Üniversitesi Rektörlük, İşletme ve İktisadi İdari Bilimler Fakültesi ve Merkezi Kafeterya binalarında iç ortam havasında bulunan ince toz partiküllerin konsantrasyonları ölçülmüştür. Bu çalışmanın amacı; deneysel yöntemle iç hava kalitesinde yapı malzemelerinin, donanımların ve işlevin etkilerini, ortaya çıkarmaktır.

Dumlupınar Üniversitesi binalarında yapılan iç ortam hava partikül ölçümlerini incelediğimizde, en sağlıklı ortam havasına Sarı Konak binasının sahip olduğu görülmektedir. Sarı Konak içinde yapılan ölçümlerde partikül konsantrasyon oranının yüksek olmasının nedeni kullanılan yapı malzemelerinin ve iç mekân donanımlarının toz tutucu ve yayıcı özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ahşap yapının iç ortam

havasının daha sağlıklı olması beklenirken, kullanılan ahşap parkenin üzerinde ve birleşim yerlerinde tozu biriktirmesi, kötü kullanım sonucunda üzerindeki kaplamaların aşınması yapı içi hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Konakta yapılan üç ölçümün sonucunda da yönetmelikte ve standartta belirtilen sınır değerini aştığı görülmektedir. Yapının sağlık sorunlarına neden olmaması için düzenli havalandırılması gerekmektedir.

Yapılan ölçümler sonucunda en sağlıklı iç ortam havası, Rektörlük binasında tespit edilmiştir. Kullanılan malzemelerin toz tutmaması ve yapıda düzenli olarak doğal ve yapay havalandırmanın yapılması iç ortamdaki partikül konsantrasyon değerlerinin düşük kalmasına neden olmaktadır. Sadece bodrum katta zeminde beton şap olarak bırakılan bitirme malzemesinin kullanım sürecinde aşınarak parçacıklara ayrılması ve bünyesinde meydana gelen çatlaklarda solunabilir toz partikülleri barındırması nedeniyle iç ortam havasında kirlilik tespit edilmiştir. Sadece bodrum katta zemin kaplama malzemesi değiştirilerek ve havalandırma artırılarak yapının bütününde sağlıklı bir ortam sağlanabilecektir.

İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Binasında yapılan ölçümlerde, kantin olarak kullanılan bodrum katta ve amfilerin bulunduğu zemin ve birinci katta iç ortam havasındaki partikül konsantrasyonlarının yüksek olduğu görülmektedir. İki kat arasında galeri boşluğundan dolayı hava geçişi bulunmaktadır. Bu nedenle değerler de birbirine yakın çıkmaktadır. Sadece öğretim elemanlarının odalarının ve büroların yer aldığı ikinci katta partikül düzeyleri konfor şartlarını sağlamaktadır. İç ortamda, aynı yapı malzemeleri kullanılmasına rağmen, kullanıcı sayısı ve eylemlere göre havadaki kirlilik oranının değiştiği görülmektedir. Kantin olarak kullanılan bodrum katta sirkülasyon yoğunluğuna ve kullanıcı eylemlerine bağlı olarak kirlilik oranının sınır değerini aştığı görülmektedir. Binada üst katlara çıkıldıkça kirlilik oranı da azalmaktadır.

Rektörlük binasıyla kıyasladığımızda, yapı malzemeleri açısından benzer yapılar olmasına rağmen kullanıcı sayısı ve işleve bağlı olarak İ.İ.B.F.'de partikül konsantrasyonu daha yüksek değerlerde çıkmaktadır. Sadece büro katları benzerlik göstermektedir.

Merkezi Kafeterya Binasında yapılan ölçümleri incelediğimizde, her iki katta da aynı yapı malzemeleri kullanılmasına rağmen bodrum ve zemin kat arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Bunun nedeninin; bodrum katta ortamda bulunan kişi sayısının daha fazla olmasıyla ilgili olduğu görülmektedir. Ortamdaki kullanıcı sayısı ve onların gerçekleştirdikleri eylemler iç ortam havasındaki toz konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır.

Kafeterya Binasında iç ortam havasındaki partikül düzeyleri konfor şartlarını yeterince sağlamamaktadır. Kullanıcılarda sağlık sorunlarının ve rahatsızlıkların görülmemesi için havalandırma düzeyleri ile ilgili düzenlemeler yapılabilir. Özellikle sigara ve tütün gibi maddelerin içilmesi sonucunda ortama zararlı partiküller yayılmaktadır. Bu yüzden yapıda sigara içilmesinin yasaklanması gerekmektedir. Ayrıca yemek pişirme ve hazırlama faaliyetlerinin ayrı bir bölümde daha iyi havalandırılmış ortamda yapılması gerekmektedir.

Yapılan tüm dış ortam havası ince partikül konsantrasyon değerlendirmeleri Hava Kalitesi Korunma Yönetmeliğinde belirlenen, kısa vadeli ve uzun vadeli sınır değerlerin altında kalmaktadır. Hava sıcaklığının havadaki partikül oranını etkilediği görülmektedir. Sıcaklıkların düştüğü günlerde partikül konsantrasyon değerlerinde yükseliş görülmektedir. Bunun nedeni soğuk günlerde konutlarda ve iş yerlerinde ısınma amacıyla yakıt kullanılmasıdır. İç ortam havasındaki partikül konsantrasyonlarıyla, dış ortam havasındaki partikül konsantrasyonları arasında büyük farklılık ortaya çıkmıştır. İç ortam havasındaki kirlilik oranı dış ortam havasındaki kirliliğe göre daha yüksek değerlerde çıkmıştır. Sadece Rektörlük binasındaki değerler dış ortam

havasındaki değerlerle benzeşmektedir. Dış ortam havasının iç ortam havasından daha sağlıklı olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak; yapıların çevresel faktörlere karşı bir koruyucu olmasına rağmen, aynı zamanda bir kirlilik kaynağı olarak davrandıkları görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen değerler incelendiğinde yapı malzemelerine, insan trafiğine ve kullanıcı eylemlerine bağlı olarak iç ortam havasındaki partikül düzeyleri değişiklik göstermektedir. Havalandırmanın iç ortam hava kalitesinde ne kadar önemli olduğu da ölçümler sonucunda anlaşılmaktadır.

Bu partiküllerin solunum yoluyla akciğerlere yerleşerek kalıcı rahatsızlıklara neden oldukları bilinmektedir. Bu nedenle konunun önemi iyi anlaşılmalı ve malzeme seçiminde daha dikkatli davranılmalıdır. İç hava kirliliğinin azaltılması için bu konuyla ilgili çalışmalar arttırılmalıdır.

Ölçüm sonuçlarını kıyasladığımızda görülmektedir ki; iç ortam hava kalitesini etkileyen en önemli faktör kullanılan yapı malzemeleridir. Ardından kullanıcı sayısı ve eylemleri gelmektedir. Yapılan ölçümlerin hepsinde en düşük değerlerin, dış ortam havasındaki değerler olduğu görülmektedir. Bunun sonucunda da dış ortam havasının iç hava kalitesinde toplam partikül ölçümleri açısından kirlilikte payının olmadığı ve iç ortam hava kalitesinin dış çevreye göre daha kirli olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada yapı malzemeleri, kullanıcı ve işlev parametreleri ele alınarak deneysel bir çalışma yapılmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda başka parametrelerin de iç ortam hava kalitesi üzerindeki etkileri incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Kotzias D., "Indoor air and human exposure assesment - needs and approaches", *Experimental and Toxicologic Pathology*, 57:5 – 7 (2005).
2. Akman A., "İnsan Sağlığı, Sağlıklı Yapı ve Yapı Biyolojisi", *Yapı Dergisi*, 279: 89 – 92 (2005).
3. U.S. Environmental Protection Agency, "Healthy Buildings Healthy People A Vision for the 21st Century", *EPA*, USA, 1 – 8 (2001).
4. U.S. Environmental Protection Agency, "An Office Building Occupant's Guide to Indoor Air Quality", *EPA*, USA, 1 – 5 (1997).
5. Jones A.P., "Indoor Air Quality and Health", *Athmospheric Environment*, 33: 4533 – 4564 (1999).
6. Özer U., "Çevre Bilimlerine Giriş", *Uludağ Üniversitesi Basımevi*, Bursa, 25 – 32 (1995).
7. Gökdayı İ., "Çevrenin Geleceği – Yaklaşımlar ve Politikalar", *Türkiye Çevre Vakfı Yayinevi*, Isparta, 20 -25 (1997).
8. Eriş M. "Yapı Fiziği ve Malzemesi", *Literatür Yayıncılık*, İstanbul, 173 (1994).
9. Taygun G. T., Balanlı A., "Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Yapı Ürünü – Çevre Etkileşimi", *Megaron, YTÜ Mimarlık Fakültesi e – dergisi*, 1: 40 – 51 (2005).
10. Balanlı A., Öztürk A., Karabiber Z., Ünver R., Gedik G., Yavuz G., Vural M., "An Examination And Evaluation Of YTU Library And Documentation Building In Terms Of Building Biology", *Building and Environment*, 41: 1079 – 1098 (2006).
11. Şenkal F. "Yapıda Oluşan Nem ve Küfün İnsan Sağlığına Etkileri", *Yapı Dergisi*, 233: 89 -90 (2001).
12. Akman Y., Ketenoğlu O., Evren H., Kurt L., Düzenli S., "Çevre Kirliliği Çevre Biyolojisi", *Palme Yayın Dağıtım Yayinevi*, Ankara, 80 – 85, 96 99, 255 - 256 (2000).
13. Karayılıanoğlu T., Yaren H., "Radyasyon ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri", *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 4: 199 – 207 (2005).

14. Bold A., Toros H., "Manyetik Alanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi", **III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu**, İstanbul, 62 – 68 (2003)
15. Nevers N., "Air Pollution Control Engineering", **Mc Graw – Hill**, USA, 201 – 203 (1995).
16. Erkan E., " Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirliliği ve Önlenmesi" Çevre Kirliliği ve Kirleticilerin İnsan Bedenine Etkisi, **TMMOB Kimya Mühendisleri Odası**, İstanbul, 91 – 104, (1986).
17. Varol A., "Hava Kirliliğinin Kontrolü ", Yerleşim Yerlerinde Hava Kirliliği ve Çevresel Etkisi Paneli, **Fırat Üniversitesi**, Elazığ, 25 – 29 (1994).
18. Kırımhan S., "Yerleşim Yerlerinde Hava Kirliliği ve Alınması Gereken Önlemler", Yerleşim Yerlerinde Hava Kirliliği ve Çevresel Etkisi Paneli, **Fırat Üniversitesi**, Elazığ, 1 – 4 (1994).
19. Boybay M., " Hava Kirliliği Kaynakları ve Kirleticiler ", Yerleşim Yerlerinde Hava Kirliliği ve Çevresel Etkisi Paneli, 38, **Fırat Üniversitesi**, Elazığ, 14 – 20 (1994).
20. Vaupotic J., "Search for Radon Sources in Buildings", **Journal of Environmental Radioactivity**, 61: 365 – 372 (2002).
21. Ginevan M. E. , " Radon As An Indoor Air Pollutant", **Statistical Science**, 3: 371 – 373 (1988).
22. Durand M., " Indoor air pollution caused by geothermal gases", **Building and Environment**, 41: 1607 – 1610 (2006).
23. Vural S., Balanlı A., "Yapı Ürünü Kaynaklı İç Hava Kirliliği Ve Risk Değerlendirmede Ön Araştırma", **Megaron Y.T.Ü. Mimarlık Fakültesi e-dergisi**, 28 -39 (2005).
24. Niu J.L., Burnett J., " Setting Up The Criteria and Credit–Awarding Scheme for Building Interior Material Selection to Achieve Better Indoor Air Quality", **Environment International**, 26: 573 – 580 (2001).
25. Kurtuluş F. , " İnsan Vücudu Kirliliği", **Hava, Su, Toprak Kirliliği ve Atık, İlaç ve Kimyasalların İnsan Vücuduna Etkileri Sempozyumu**, İstanbul, 62 – 71 (1986).
26. Assimakopoulos V. D., Helmis C. G., "On The Study of a Sick Building: The Case of Athens Air Traffic Control Tower", **Energy and Buildings**, 36: 15 – 22 (2004).

27. Muhic S., Butala V., "The influence of indoor environment in Office buildings on their occupants: expected - unexpected", ***Building and Environment***, 39: 289 – 296 (2004).
28. Balanlı A., Taygun T., "Yapı biyolojisi ve asbest", ***Mimar.ist***, 16: 107 - 110 (2005).
29. Kosonen R., Tan F., "The effect of perceived indoor air quality on productivity loss", ***Energy and Buildings***, 36: 981 – 986 (2004).
30. U.S. Environmental Protection Agency, "Indoor Air Pollution: An Introduction for Health Professionals", ***EPA***, USA, 1 – 8 (1994).
31. Burge P.S., "Sick building syndrome", ***Occupational and Environmental Medicine***, 61: 185 -190 (2004).
32. Rowley A.H., Shulman S.T., 'Kawasaki Syndrome', ***Clinical Microbiology Reviews***, 11: 405 – 414 (1998).
33. Keskin Y., Özyaral O.,Başkaya R.,Lüleci N.E.,Avcı S.,Susur M. "Bir Kamu Binası İç Alan Atmosferinin Mikrobiyolojik Kalitesi Ve İş Ortamı Algısının Hasta Bina Sendromu Açısından Sorgulanması" ***Astım Allerji İmmünoloji*** , 3: 56 - 67 (2005).
34. Thorn A., "The Sick Building Syndrome: A Diagnostic Dillema", ***Social Science and Medicine***, 47: 1307 -1312 (1998).
35. Tuncer A., Soyer Ö.U., "Hasta Bina Sendromu", ***Astım Allerji İmmünoloji***, Ankara, 3: 97–102 (2005).
36. Quagraine V., Boschi N., "Behavioral changes can help prevent indoor air – related illness in Ghana", ***Building and Environment***, 10: 1 – 54 (2006).
37. Dannecker G., "Kawasaki Syndrome", ***Monatsschrift Kinderheilkunde***, 154: 872 – 873 (2006).
38. Tezer H., Seçmeer G, " Kawasaki Hastalığında Yenilikler", ***Hacettepe Tıp Dergisi***, 36: 105 – 110 (2005).
39. Özyaral O., Keskin Y., "Kapalı Alan Atmosferinin Sağlık Üzerine Etkileri : Kakosmi (Kötü Koku) Sendromu", ***Astım Allerji İmmünoloji***, 3: 86 – 96 (2005).
40. U.S. Environmental Protection Agency, "Indoor Air Pollution: An Introduction for Health Professionals", ***EPA***, USA, 8 – 10 (1994).

41. Wolkoff P., "How to measure and evaluate volatile organic compound emissions from building products. A perspective", *The Science of the Total Environment*, 227: 197 – 213 (1999).
42. Güler Ç., Aycan S., Özdemir M., Vaizoğlu S., Evcı D., "Ankara'da 46 Kahvehanede Formaldehit Düzeylerinin Belirlenmesi", *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 4: 129 – 135 (2005).
43. Akdağ G., "İstanbul'un Eski Ahşap Evleri ve Civarındaki Betonarme Binaların; Hava, Toprak ve Yapı Malzemelerindeki Radon, Radyum Konsantrasyonlarının Tayini ve Kıyaslaması", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 14 - 15 (2002).
44. Teichman K. Y., " A Little Exposure to Radon", *Statistical Science*, 3: 374 – 376 (1988).
45. U.S. Environmental Protection Agency, "Protect Your Family and Yourself from Carbon Monoxide Poisoning", *EPA*, USA, 1 - 5 (1996).
46. Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, "Hava Kirliliğine Genel Bakış", *Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi*, Ankara, 16 – 40 (2006).
47. Özden, "Hava Kalitesinin Monitorlanmasında Pasif Örnekleycilerin Kullanılması", Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 12 - 55 (2005).
48. Kosa K.H., "Indoor Air Quality Sampling Methodologies", *Lewis Publishers*, Washington, 41 – 59, 113 (2001).
49. U.S. Environmental Protection Agency, "The Inside Story: A guide to Indoor Air Quality", *EPA*, USA, 1 – 7 (1995).
50. Gönüllü T., Bayhan H., Avşar Y., Arslankaya E., "YTÜ Şevket Sabancı Kütüphane Binası İç Ortam Havaındaki Partiküllerin İncelenmesi", *4. GAP Mühendislik Kongresi*, Şanlıurfa, 20 - 25 (2002).
51. Schillinger J. E., Vu T., Bellin P., "Airborne Fungi and Bacteria Background Levels in Office Buildings", *Journal of Environmental Health*, 62: 2 - 9 (1999).
52. Kayhan S. , 'Sürdürülebilir Mimarlık / Enerji Etkin Bina Tasarımı Bağlamında İç Ortam Hava Kalitesi Ve Havalandırma', Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 50 – 52 (2004).

53. Hays S. M. , Gobbell R. V. , Ganick N. R., “Indoor Air Quality Solutions and Strategies”, **Mc Graw – Hill**, Amerika, 317 – 322 (1995).
54. Esin T. ” İnsan Sağlığını Etkileyen İç Hava Kalitesinin Oluşumunda Yapı Malzemelerinin Rolü”, **Yapı Dergisi**, 275: 99 – 103 (2004).
55. Guo H., Murray F., Lee S.C., “The Development of Low Volatile Organic Compound Emission House – A Case Study”, **Building and Environment**, 38: 1413 – 1422 (2003).
56. Orkun Alptekin Arşivinden, (2006).
57. “Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği”, **Resmi Gazete**, 02.11.1986 tarih ve 19269 sayı.
58. Environmental Protection Agency, “National Ambient Air Quality Standards”, **EPA**, Amerika, 1 – 8 (2006).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ALPTEKİN, Orkun
Uyruğu : T. C.
Doğum Yeri ve Tarihi : 22.05.1978 Mersin
Medeni Hali : Evli
Telefon : 0 544 454 26 76
E – mail : orkunproje@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	İ. T. Ü. / Mimarlık Bölümü	1999
Lise	Muğla Anadolu Lisesi	1995

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004 – 2006	Dumlupınar Üniversitesi	Mimar
2002 – 2004	Zer Prekast Ltd. Şti.	Mimar
1999 – 2001	MK Casa Ltd. Şti.	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce

Yarışmalar

İkincilik Ödülü Uskon Uzay Sistem Tasarım Yarışması

Hobiler

Seyahat etmek, Yüzmek, Bilgisayar Teknolojileri