



tmmob
makina mühendisleri odası

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ

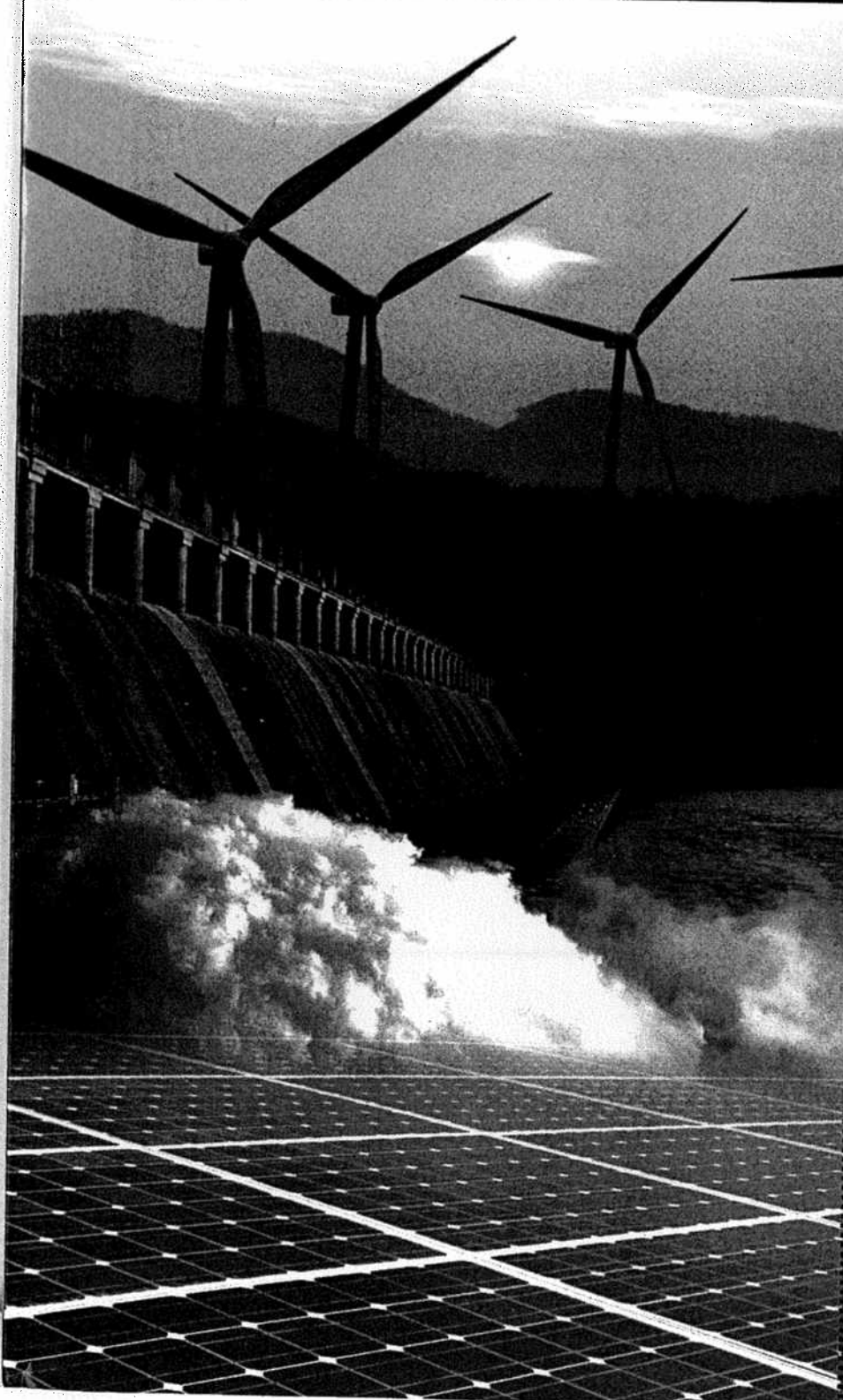
ISSN 1300 - 339

Mayıs - Haziran 2008

YIL:15

SAYI:105

www.tmmoistanbul.org



**KAPALI YÜZME
HAVUZLARINDA NEM VE
SICAKLIK KONTROLÜ**

**ALTERNATİF SOĞUTUCU
AKISKANLARIN BİLGİSAYAR
PROGRAMI YARDIMIYLA
PERFORMANS ANALİZİ**

**ISITMA SEZONUNDA OFİSLERDE
İÇ HAVA KALİTESİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ISIL
KONFOR ÇALIŞMALARI**

**SAĞLIKLI VE YAŞANABİLİR
ÇEVRELER İÇİN
AKUSTİĞİN ÖNEMİ**

**GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ,
İTÜ'DE YAPILAN ÇALIŞMALAR
VE BİNALARDA
UYGULAMALARI**

**DOĞALGAZ YAKAN BUHAR
KAZANLARININ
VERİMLİLİKLERİNİN
HESAPLANMASINDA DİKKAT
EDİLECEK NOKTALAR**

İÇİNDEKİLER

5	Kapalı Yüzme Havuzlarında Nem ve Sıcaklık Kontrolü	Dünyada ve Türkiye'de Isıl Konfor Çalışmaları	38
	Dr. Mustafa BİLGE Mak. Yük. Müh. Elif ÇİÇEK	Prof. Dr. Abdulvahap YİĞİT Yrd. Doç. Dr. İbrahim ATMACA	
13	Alternatif Soğutucu Akışkanların Bilgisayar Programı Yardımıyla Performans Analizi	Sağlıklı ve Yaşanabilir Çevreler İçin Akustiğin Önemi	50
	Prof. Dr. A. Kemal YAKUT Yrd. Doç. Dr. Reşat SELBAŞ Yrd. Doç. Dr. Arzu ŞENCAN Arş. Gör. Önder KIZILKAN Bayram KILIÇ	Yrd. Doç. Dr. Nurgün Tamer BAYAZIT Araş. Gör. Mine AŞÇIGİL	
28	Isıtma Sezonunda Ofislerde İç Hava Kalitesinin Araştırılması	Güneş Enerjisi Teknolojileri, İTÜ'de Yapılan Çalışmalar ve Binalarda Uygulamaları	59
	Doç. Dr. Hüsamettin BULUT	Prof. Dr. Figen KADIRGAN	
		Doğalgaz Yakan Buhar Kazanlarının Verimliliklerinin Hesaplanmasında Dikkat Edilecek Noktalar	64
		Öğr. Gör. Barbaros BATUR	

 **TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ**
ISSN 1300 - 3399

Yerel - Süreli - Teknik Yayın

Mayıs-Haziran 2008
Yıl: 14 Sayı: 105

MMO Adına Sahibi
Emin Koramaz

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Erol Alkım Erdönmez

Editör
Galip Temir

Yayın Kurulu
Zeki Aksu
Metin Duruk
Cafer Ünlü
Üzeyir Uludağ
Meftun Gürdallar

Yayın Koordinatörü
Nihat Uçukoğlu

Reklam
Nuray Erhan
Aysel Yalçınkaya

Dizgi ve Mizanpaj
Günay Polat

Baskı
Yapım Tanıtım Ltd. Şti.
Tel: 0212 216 51 49 - 50

Baskı Tarihi
09.05.2008

Yönetim Merkezi
Katip Mustafa Çelebi M. İpek Sok.
No:9 80050 Beyoğlu - İstanbul
Tel: 0212 444 8 666

Baskı Sayısı
5.000 adet

Fiyat
4 YTL

Yıllık abone Ücreti
18 YTL

Tesisat Mühendisliği Dergisi'nde
yayınlanan yazı ve çizimlerin her hakkı
saklıdır. İzin almadan yayınlanamaz.

www.mmoistanbul.org

Hakemler Kurulu

AKARYILDIZ Eyüp, Doç. Dr.
ARIKOL Mahir, Prof. Dr.
ARISOY Ahmet, Prof. Dr.
BİLGE Mustafa, Dr. Mak. Müh.
CAN Ahmet, Prof. Dr.
DEĞİRMENCİ Mustafa, Elkt. Y. Müh.
DERBENTLİ Taner, Prof. Dr.
DURUK A. Metin, Mak. Y. Müh.
EKİNCİ Ekrem, Prof. Dr.
GİRAY Serper, Mak. Müh.
GÜNGÖR Ali, Prof. Dr.
HEPERKAN Hasan, Prof. Dr.
KARADOĞAN Haluk, Prof. Dr.
KILIÇ Abdurrahman, Prof. Dr.
KINCA Y. Olcay, Prof. Dr.
KORUN Tunç, Mak. Müh.
OSKAY Rüknettin, Prof. Dr.
ÖZGÜR Doğan, Prof. Dr.
ÖZKAYNAK Taner, Prof. Dr.
ÖZTÜRK Recep, Prof. Dr.
SUNAÇ Baycan, Mak. Y. Müh.
TEMİR Galip, Prof. Dr.
TOKSOY Macit, Prof. Dr.
ULUDAĞ Üzeyir, Mak. Müh.
ÜNLÜ Cafer, Mak. Müh.
YAMANKARADENİZ Recep, Prof. Dr.
YILMAZ Tuncay, Prof. Dr.

Bu dergide belirtilen görüşler yazarların kendine ait olup, hiçbir şekilde MMO'nın aynı konudaki görüşlerini yansıtmaz.

Tesisat Mühendisliği Dergisi Makale Yazım Kuralları

GENEL KURALLAR

- Makaleler MMO Ağ Evi'nde Internet ortamında da yayınlanmaktadır.
- Makale metinleri ve özetleri üzerinde yer alan her türlü görüş ve düşünce ve yazım hatası açısından sorumluluk tamamen yazarlara aittir.
- Hakemler tarafından gerekli görüldüğünde yazarlara iletmek üzere metinler ve özetler üzerinde bazı düzeltme, öneri ve katkılar getirebilirler.
- Makalelerde, bölümler (giriş, tanımlamalar, incelemeler, araştırmalar, gelişmeler, sonuçlar, şekiller ve değerlendirmeler vb.) bir bütünlük içinde olmalıdır.
- Makale dili Türkçe'dir. Makalelerde kullanılan dilin anlaşılabilir bir Türkçe olmasına dikkat edilmeli, yabancı dillerdeki sözcükler ve tümceler mümkün olduğu kadarıyla kullanılmamalıdır.
- Makalelerde kullanılan bütün birimler SI birim sisteminde olmalıdır. Gerekli görüldüğü takdirde farklı birim sistemindeki değerleri parantez içinde verilmelidir.
- Makalenin üslubu, formatı ve dili etkinlik yapısına ve mühendislik etiğine uygun olmalıdır.
- Makalelerde belirli bir grup, sınıf veya toplumu oluşturan tabakalardan herhangi birinin, firma veya kuruluşların menfaati ön plana çıkartılmamalı, bu konuda reklam ve propaganda yapılmamalıdır. Makalelerde herhangi bir firmanın, ürünün (veya sistemin), cihazın veya markanın reklamı yapılmamalıdır. Şekil, resim ve tablolarda ticari bir kuruluşun adı, logosu yer almamalıdır.

ÖZETLER VE MAKALE YAZIM KURALLARI

- Makaleler, Microsoft Word belgesi şeklinde Windows ortamında kullanılacak şekilde hazırlanacaktır.
- Makaleler solda 3,5 cm, üstte, altta ve sağda 2,5 cm boşluk bırakılmak suretiyle yazılacaktır.
- Makale metinleri, kaynaklar ve şekiller dahil en fazla 10 sayfadan oluşmalıdır.
- Makale başlığı en fazla 15 sözcük veya iki satırı geçmeyecek şekilde oluşturulacaktır. Başlıklar 14 punto Times New Roman yazı tipi kullanılarak, soldan itibaren kelimeler büyük harfle başlayacak ve küçük harfle yazılacaktır.
- Başlığı takiben iki satır aradan sonra yazar isimleri, ad ve soyad şeklinde küçük harfle verilecek, yazarların çalıştığı kurumlar ve varsa e-posta adresleri yazar listesinin hemen altında açıklanacaktır.
- Yazar isimlerini takiben iki satır atlanarak Türkçe ve İngilizce özet verilecektir. Makale özetlerinde özet metni 9 punto italik Times New Roman yazı tipi ile yazılacaktır. Özet metni en fazla 200 sözcükten oluşacaktır.
- Makale özetini takiben bir satır boş bırakılacak ve 5 anahtar sözcük Türkçe ve İngilizce yazılacaktır.
- Makale metinlerinin tamamı 9 punto Times New Roman yazı tipi kullanılarak yazılacaktır ve iki sütunda verilecektir. Makale metinleri satır aralığı 1 olacaktır. Paragraflar başlatılırken sola taraftan herhangi bir girinti boşluğu bırakılmayacak, paragraflar arasında yarım satır boş bırakılacaktır. Paragraflar iki yana hizalı (justified) biçimde yazılacaktır.
- Makalelerde yer alan tüm resimler, çizimler ve program ekran görüntüleri metin içinde gömülü olacaktır. Şekil, tablo, grafik, resim ve formüllerin yerleşimi metin akışına uygun olacaktır. Metin içinde olmalı ve referans verilmelidir.
- Tablo içermeyen bütün görüntüler (fotoğraf, çizim, diyagram, grafik, harita v.s.) şekil olarak isimlendirilmelidir.
- Makalelerde ana konu başlıkları 1., 2., 2.1., 2.1.1. vb. şeklinde numaralanacak, örneğin bölüm altında yer alan başlıklar 1.1., 1.2. vb. şekilde yapılacaktır.
- Kullanılan semboller ve indisler kaynaklardan önce yer alacak, 8 punto ve italik olacaktır.
- Makalede geçen kaynaklar veya alıntılar [1], [2] vb. parantezler arasında yapılacak, makale sonunda "Kaynaklar" başlığı altında 1., 2. şeklinde verilecektir. Makaleler: [1] yazar (lar) s. yadı, adının baş harfi, makalenin açık adı, derginin açık adı, cilt numarası, sayfa aralığı, basım yılı. Kitap: [2] yazar (editör) soyadı, adının baş harfi., kitabın açık adı, basım evi, basım yılı. Tez: [3] yazar soyadı, adının baş harfi, tezin açık adı, tezin yapıldığı üniversite, tez basıldığı yer/ülke, basım yılı düzeninde yazılacaktır.
- Makale metinlerinin elektronik kopyaları e-posta (yayin-istanbul@mmo.org.tr) ile veya kâğıt (Katip Mustafa Çelebi Mahallesi, İpek sok, No:9, 34433 Beyoğlu-İstanbul) gönderilmelidir.

Doç.Dr. Hüsamettin BULUT

Abstract:

Today, the importance of indoor air quality is ever increasing due to its direct relationship to the health and productivity of humans. Within this context, it is essential to maintain quality of indoor air of office spaces where employees spend at least 8 hours of the day. This study explores the indoor air quality in office spaces in Şanlıurfa, which are heated by central heating systems and which have natural ventilation. To this end, the temperature, relative humidity, CO₂ and particle matter content (PM₁, PM_{2.5}, PM₇, PM₁₀ and Total PM) of the indoor and outdoor air have been measured throughout the winter on an isochronal basis. An attempt has been made to determine the condition of indoor air quality, as a function of outdoor air and indoor pollutants. Statistical analysis has been performed on the measurement results. The indoor air quality measurements obtained have been compared to values cited in various standards. Suggestions regarding increase of indoor air quality have been presented.

Keywords:

Indoor air quality, office space, CO₂, particle matter, thermal comfort.

Isıtma Sezonunda Ofislerde İç Hava Kalitesinin Araştırılması

ÖZET

İç hava kalitesinin insanların sağlığı ve verimi ile doğrudan ilişkisi nedeniyle günümüzde önemi artmaktadır. Bu bakımdan çalışanların günün en az 8 saatini geçirdiği ofislerdeki iç hava kalitesinin sağlanması son derece önemlidir. Bu çalışmada, Şanlıurfa'da merkezi kalorifer sistemi ile ısıtması yapılan ve doğal havalandırmalı ofislerde iç hava kalitesi araştırılmıştır. Bu amaçla, iç ve dış ortamın sıcaklık, bağıl nem, CO₂ miktarı ve partikül madde (PM₁, PM_{2.5}, PM₇, PM₁₀ ve Toplam PM) miktarları eş zamanlı olarak kış boyunca ölçülmüştür. İç hava kalitesinin durumu, dış ortam havası ve iç kirlleticilere göre belirlenmeye çalışılmıştır. Ölçüm sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Ölçülen iç hava kalitesi parametreleri, çeşitli standartlarda verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. İç hava kalitesinin artırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İç hava kalitesi, ofis, CO₂, partikül madde, ısı konfor.

1. GİRİŞ

Günümüzde insanlar zamanlarının büyük çoğunluğunu kapalı iç ortamlarda geçirmektedirler. Bu durum beraberinde çeşitli problemler meydana getirmektedir. Bu noktada iç hava kalitesi kavramı öne çıkmaktadır. İç hava kalitesi, iç ortam havasının temizliği ile ilgili olup karmaşık bir yapıya sahiptir. İç hava kalitesi havadaki, insanın rahatlık ve sağlığını etkileyen ısı olmayan tüm noktaları kapsar [1]. İnsanların içinde bulunduğu havadan farklı beklentileri olduğu ve farklı algılamalarından dolayı, iç hava kalitesi için kesin sınırlar çizmek veya tanımlamak zordur. Bundan dolayı, "kabul edilebilir iç hava kalitesi" terimi ortaya çıkmıştır. ASHRAE 62-1989 ve 2001 Standardında kabul edilebilir iç hava kalitesi "İçinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki oranının havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır" olarak açıklanmaktadır [2, 3]. İç hava kalitesi ile bağlantılı olarak Tight Building Syndrom - TBS (Kapalı Bina Sendromu), Sick Building Syndrom-SBS (Hasta Bina Sendromu) ve Building Related illness-BRI (Bina Bağlantılı Hastalıklar) olarak adlandırılan sağlık problemleri tanımlanmaktadır

[1, 4]. Yapılan birçok araştırmada iç ortamdaki kirleticilerin seviyesinin, dış ortama göre daha yüksek olduğu görülmüştür [5]. İnsanların zamanlarının %90'ı gibi büyük bir kısmını iç hacimlerde geçirdiği ve bu hacimlerdeki kirleticilerin ortamdaki uzaklaştırmadığı dikkate alınırsa, iç hava kalitesinin neden önemli ve dikkat edilmesi gereken bir konu olduğu ortaya çıkar.

İnsanlar, içinde bulunduğu ortamın ısı özellikleri açısından konforlu olmasını isterler. Aslında sadece ısı konfor, sağlıklı ortamlar için yeterli değildir. Isı konfor, hastalıklara sebep olan bakteri ve kirleticilerin varlığını da dikkate alan iç hava kalitesinin bir parçasıdır. Yüksek değerlerdeki hastalık vakaları ve artan devamsızlık (görev yerinde olamamak) ortam iç hava kalitesi açısından binanın tümü hasta olarak kabul edilebilir. Daha geniş bir kapsamda, ergonomi, aydınlatma ve akustik gibi parametreler de hava kalitesi algılamasına etki edebilmektedir. İyi bir hava kalitesi, sadece konfor için değil sağlık ve verimlilik için de gereklidir. Son zamanlarda yapılan bağımsız birçok çalışma iç hava kalitesinin ofis çalışanlarının verimi üzerine önemli ve olumlu bir etkisi olduğunu göstermiştir [6]. Dolayısıyla ofislerde iç hava kalitesinin durumu tespit edilip sağlıklı bir iç hava ortamı oluşturulmalıdır.

İç hava kalitesi ile ilgili yurt dışı çalışmaları çok sayıda olmasına rağmen, Türkiye'de yapılan çalışmalar sınırlıdır. Yurtdışındaki çalışmalarda konu farklı boyutları ile ele alınmış ve farklı ortamlarda iç hava kalitesi ölçümleri yapılarak konu analiz edilmiştir [7-27]. Fakat yurtiçinde birkaç iç hava kalitesi ölçüm araştırmasının dışında, yapılan çalışmalar genelde iç hava kalitesinin önemi ve genel konuları ile ilgilidir [28-47].

Bu çalışmanın temel amacı, ısıtma sezonunda ofis amaçlı kullanılan ortamlarda iç hava kalitesinin durumunu ortaya çıkarmak için iç hava kalitesine ait ölçümler almak ve sonuçları analiz etmektir.

2. YÖNTEM

İç hava kalitesinin durumu ve değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalarda genellikle, sıcaklık, bağıl nem, hava hızı, karbondioksit (CO_2), solunabilir asılı par-

tikül madde (PM), uçucu organik bileşikler (VOC), azot oksitler (NO_x), karbonmonoksit (CO), ozon (O_3), kükürdioksit (SO_2), radon, formaldehitler (HCHO), bakteri sayımı gibi parametrelerin ölçümleri yapılmaktadır [7-12]. Bu çalışmada, iç hava kalitesi parametreleri olarak, sıcaklık, bağıl nem, CO_2 ve partikül madde (PM1, PM2.5, PM7, PM10 ve Toplam asılı PM-TSP) miktarları ölçülmüştür. Dış ortam havası için de aynı parametreler eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada el tipi lazer Partikül Madde Ölçer (Met One Aerocet 531), CO_2 Ölçer (Testo 535) ve Sıcaklık-Nem Ölçer (Impac Tastoterm-Hum RP 2) cihazları kullanılmıştır. İç hava kalitesi parametrelerine ait ölçümler Ocak-Mart 2007 tarihleri arası hafta içi mesai saatlerinde Harran Üniversitesi Osmanbey Yerleşkesi Mühendislik Fakültesi binasında bulunan 11 farklı ofiste alınmıştır. Ofisler, öğretim elemanlarına ve yazı işlerine aittirler. Odaların temel özellikleri şunlardır; çift camlı PVC pencere, eşsiz tek iç kapı, yerler suni mermer, duvarlar yağlı boya, klasik büro donanımı (Bilgisayar, masa, sandalye gibi). Ölçüm alınan bina şehir dışında olup trafik yoğunluğu yok denecek düzeyde azdır.

Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi için, verilerin istatistiksel parametreleri hesaplanmıştır. Bu amaç için MINITAB istatistik programı [48] kullanılmıştır. Ayrıca ölçüm sonuçları çeşitli ülkelere ait standartlarda verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. İç hava kalitesi parametreleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için parametreler arasındaki ilişkiyi ifade eden korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Korelasyon katsayısı iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi gösterir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer alır. Bir değişken artarken diğeri azalıyorsa korelasyon katsayısı negatif, her ikisi de artıyorsa korelasyon katsayısı pozitif değer alır. İlişkinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı seçilen önem seviyesi (genellikle $\alpha=0,05$ seçilir) ile hesaplanan önem seviyesi (p değeri) karşılaştırılarak belirlenir. Eğer p değeri, $\alpha=0,05$ değerinden küçükse ilişki istatistiksel olarak önemlidir [48].

İç ve dış ortam partikül madde konsantrasyonları arasındaki ilişki, iç ve dış ortam konsantrasyon oranı

(iç /dış PM) olarak da ifade edilir [10, 19, 20]. Bu çalışmada, iç/dış PM oranları hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

2.1. İç Hava Kalitesi Parametreleri

2.1. 1. İç Sıcaklık ve Bağıl Nem

İç ortam sıcaklığı, ısı konfor şartlarından en önemli parametredir. Kış ve yaz durumuna göre insanların kendilerini rahat hissedebilecekleri bir düzeyde olmalıdır. Sıcaklık (T)'ne çok düşük ne de çok yüksek değerlerde olmalıdır. Yaz şartlarında iç hava sıcaklığı daha çok dış sıcaklığa göre seçilmesine rağmen, kış aylarında iç ortam tasarım sıcaklığı ortamın kullanım amacı ve tipine göre belirlenmektedir. Isıtma sistemleri projelerinde mahal tipine göre bu sıcaklık değeri değişmektedir. Örneğin merkezi ısıtma tesisat projelerinde, konutlarda oturma odası için iç hava sıcaklığı 22 °C ve banyolar için 26 °C alınmaktadır. Büro hacimleri için iç hava sıcaklığı 20 °C olacağı kabul edilmektedir [49]. İç ortamdaki nem miktarı ısı konforu belirleyen diğer faktördür. Normalin üzerindeki nemli ve sıcak hava, sıkıntı veren havadır. Düşük nemde ise burun ve ağızda kuruluk olur ve vücut hızla su kaybettiğinden, sık sık su içme ihtiyacı hissedilir. İç ortamın nemi, genelde bağıl nem (BN) ile ifade edilir. İç ortam sıcaklığı değişik ortamlar için 15-26 °C ve iç ortam bağıl nemi ise %30 ile %70 arasında önerilmektedir [1, 50-52]. Esasen iç ortamın sıcaklık ve bağıl nem değerleri birlikte düşünülmesi gerekir. Bundan dolayı, sıcaklık ve bağıl neme göre konfor bölgeleri, yaz ve kış durumu için belirlenir [50].

2. 1. 2. CO₂ Miktarı

CO₂ iç hava kalitesini kontrol etmek için önerilen önemli bir iç hava kirleticisidir. Normalde atmosfer havasının hacimsel olarak %0,03'ü CO₂'dir. Dış ortam havasında bulunan CO₂, çevre özelliklerine göre 330 ile 500 ppm arasındadır. Dolayısıyla iç ortamda CO₂'in olmaması mümkün değildir. CO₂ zehirli bir gaz değildir; fakat oksijensizlikten boğulma tehlikesi ortaya çıkarabilir. Konsantrasyon değeri 35000 ppm'i geçtiğinde, merkezi nefes sinir alıcıları tetiklenir ve nefes alma noksanlığına sebep olur. Da-

ha yüksek konsantrasyonlarda oksijen azlığından dolayı merkezi sinir sistemi görevini yapamamaya başlar [53].

İnsanlar nefes alıp vermeleri ile iç ortama CO₂ verirler. Normal bir iş ile uğraşan bir insan saatte 20 litre (0,02 m³) CO₂ üretir [1]. Bu yüzden iç ortamda havalandırma yapılmazsa insan sayısı arttıkça, CO₂ derişimi artar. 1000 ppm CO₂ konsantrasyonu iç hava kalitesi için temel kabul edilmektedir [1, 2]. Eğer CO₂ miktarı bu seviyeden düşük ise iç ortamdaki hava, kabul edilebilir iç hava kalitesindedir. 1000 ppm CO₂ miktarı, Pettenkofer sayısı olarak da bilinmektedir [1]. Kabul edilebilir iç hava kalitesi oluşturmak için CO₂ hissedicileri havalandırma sistemleri ile kullanılarak, gerekli temiz dış hava iç ortama sevk edilmektedir.

2.1. 3. Partikül Madde

Partikül madde, insanların nefes almakla içine alabileceği kadar küçük olan geniş bir aralıkta havada bulunan maddeciklerin genel adıdır. Partikül maddeler gözle görülebilecek kadar büyük tozlardan birçok filtreden geçebilecek mikroskobik partiküle kadar çok geniş aralıkta partikül boyutlarını kapsar. Partiküller katı veya sıvı olabilirler. Partikül madde PM olarak kısaltılarak ifade edilir. İnsan sağlığı ile ilgili partiküllerden çapı 10 µm (PM10)'den daha küçük, özellikle 2,5 µm (PM2.5)'den küçük olanlar "solunabilir partiküller" olarak bilinirler.

Partiküller, tozlar, dumanlar, sis, dumanlı sis, virüs, bakteri, mantar sporları ve polenleri içeren bioaerosoller, kaba, ince, görünebilir veya görünemez, teneffüs edilebilir ve solunabilir olarak sınıflandırılırlar [54]. Tozların çapı 0,1 µm ile 25 µm arasında, duman parçacıkları tipik olarak 0,25 µm dolaylarındadırlar, duman ise genellikle 0.1 µm den daha küçüktürler. Bioaerosollar ise genellikle 1 µm'den daha küçüktürler. Partikül madde miktarı genellikle birim hacimdeki kütle veya parçacık adedi olarak verilir. Partikül madde miktarı endüstriyel ortamlarda µg/m³ veya mg/m³ olarak, ofis binalarında ve endüstriyel temiz odalarda ise adet/m³ olarak ifade edilir [53].

Solunan hava tam bir partikül madde denizidir. Partiküllerin çoğu gözle görülmez. Normal bir insan saatte 0,5 m³ havayı teneffüs eder, çalışan bir insan ise saatte 8-9 m³ havayı solur. Solunan bu hava virüslerle, bakterilere ve zararlı kirleticilere taşıyıcılık yapmaktadır [55]. Dolayısıyla, iç ortam havasında bulunan partikül maddelere maruz kalmak sağlık problemlerine sebep olabilir. İnce partiküller, akciğerin iç kısımlarına kadar ilerleyebildiklerinden, insan sağlığına büyük tehdit oluştururlar.

Solunan partiküler madde, solunum yolları yüzeyleri ile temasa geçerek burada birikir. Partiküllerin vücuda giriş ve vücuttaki birikimleri aerodinamik çaplarına ve vücuda giriş özelliğine göre değişim gösterir. 10 µm'den büyük partiküller extrathoracic bölümde, 5-10 µm dan küçük partiküller ise burun solunumu ile vücuda girmişlerse bronşlarda, ağız solunumu ile vücuda girmişlerse akciğerlerde birikim gösterirler. Üst solunum sisteminde biriken partiküller, solunum sisteminin kendi temizleme mekanizması aracılığı ile vücuttan atılır [56].

İç ortam partikül madde konsantrasyonları, iç ortam kirletici kaynakları, bina malzemeleri, insan davranışları ve aktiviteleri, havalandırma ve partikül bo-

yut dağılımı gibi birçok faktörden meydana gelen kompleks bir kombinasyondur [19]. İç ortam partikül konsantrasyonları iç ve dış kirlilik kaynaklardan ortaya çıktığı kabul edilir. Bununla birlikte her iki kaynak, hava değişim oranı, dış hava kirliliği, iç ortamdaki aktivite tipi ve partikülün çapı gibi birçok değişkene bağlıdır [20].

Bu çalışmada, iç havadaki partikül madde olarak çapları, 1µm (PM1), 2,5 µm (PM2.5), 7 µm (PM7), 10 µm (PM10)'den küçük olanlar ve toplam asılı partikül miktarı (TSP), el tipi lazer partikül ölçer ile ölçülmüştür. Ölçümler odanın birkaç noktasından soluma yüksekliğinde alınmıştır.

2.2. İç Hava Kalitesi İle İlgili Standartlarda Önerilen Sınır Değerler

Dünya'nın birçok ülkesinde, iç hava kalitesi ile ilgili kirleticiler için izin verilebilen maksimum sınırları belirleyen standartlar mevcuttur. Bu standartlar sürekli güncellenmektedir. Çizelge 1'de iç ortam ile ilgili değişik ülkelerin standartlarında iç hava kalitesi parametrelerine ait sınır değerler verilmiştir [9,10, 21, 22, 53, 57]. Çizelgeden görüldüğü gibi iç hava kalitesi parametrelerinde önerilen sınır değerler ülkelerde farklılık gösterebilmektedir.

Tablo 1. İç hava kalitesi ile ilgili standartlarda önerilen sınır değerler

	CO ₂	Partikül Madde	Bağıl nem	Sıcaklık
ABD ASHRAE	1000 ppm	PM10 < 75 µg/m ³ (yıllık ortalama)	%30-60	20-25,5 °C
Almanya	5000ppm 9000ppm (15 dakika)		%30-70	20-26 °C
Kanada	3500 ppm	PM2.5 < 40 µg/m ³ (8 saat) PM2.5 < 100 µg/m ³ (1 saat)	%30-80 (yaz) %30-55 (kış)	
Çin		PM10 < 150 µg/m ³		
WHO		PM10 < 20 µg/m ³ (yıllık ortalama) PM10 < 50 µg/m ³ (24 saat)		
İngiltere		PM10 < 50 µg/m ³		
Norveç		PM2.5 < 20 µg/m ³		
Avrupa Birliği		PM2.5 < 35 µg/m ³		
Hong Kong	800 ppm (1. düzey) 1000 ppm (2. düzey)	PM10 < 20 µg/m ³ (1. düzey) PM10 < 180 µg/m ³ (2. düzey) (8 saat ortalama)	%40-70	20-25,5 °C

3. TARTIŞMA ve DEĞERLENDİRME

Çizelge 2’de ölçüm parametrelerinin istatistiksel değerleri (ortalama, minimum, maksimum, standart sapma) verilmiştir. Çizelgeden iç ortam için ortalama sıcaklık 20,9 °C, ortalama bağıl nem %46.1, ortalama CO₂ 938,6 ppm olduğu görülmektedir. Sigara içilen ofislerde ortalama PM10=148,6 µg/m³ iken, diğer sigara içilmeyen ofislerde PM10=22,8 µg/m³’dir. Bu beklenen sonuç, sigara içilen odaların daha kirli havaya sahip olduklarını göstermektedir. PM miktarları açısından dış ortamın, iç ortama göre daha temiz olduğu görülmektedir. Bu durum, ölçüm alınan yerin şehir dışında olması ve trafik yoğunluğunun olamasından kaynaklanıyor olabilir.

Çizelge 3’te iç ve dış ortamda alınan ölçüm parametreleri arasındaki ilişkiyi veren korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri verilmiştir. Çizelgede üstteki birinci hücrede korelasyon katsayısı, alttaki hücrede ise önem seviyesi verilmiştir. Çizelgede p=0,05

önem seviyesine göre anlamlı olan sonuçlar koyu olarak işaretlenmiştir. Örneğin kişi sayısı ve CO₂ miktarı için korelasyon katsayısı 0,529, önem seviyesi p=0’dır. Bu durum parametreler arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermekte ve p=0 seçilen p=0,05’den küçük olduğundan sonuç istatistiksel olarak anlamlıdır. Çizelgeden görüleceği gibi iç ortam için sıcaklık hariç diğer parametrelerle ile kişi sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki mevcuttur. Kişi sayısı arttıkça iç ortamdaki bağıl nem, CO₂ ve PM değerlerinde de artış meydana gelmektedir. İç ortamdaki bağıl nem, CO₂ ve PM değerleri arasında da anlamlı bir ilişki görülmektedir. İç ortam CO₂ ve bağıl nem değerleri ile dış ortam CO₂ ve bağıl nem değerleri arasındaki ilişki de istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. PM açısından iç PM’ler ve dış PM1 arasında önemli bir ilişki görülmektedir. Bu durumdan, pencere ve dış kapılardan sızan hava ile birlikte küçük çaptaki PM1’in daha fazla içeri girmesinden kaynaklandığı sonucu çıkarı-

Tablo 2. Ölçüm alınan ofislerde iç hava kalitesi parametrelerinin istatistiksel değerleri

Ortam	Değişken	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
İç Hava	Sıcaklık [°C]	20,9	17,8	23,5	1,4
	Bağıl Nem [%]	46,1	34,5	57,5	5,4
	CO ₂ [ppm]	938,6	344,0	1685,0	350,0
	PM1 [µg/m ³]	2,4	0,0	37,0	6,2
	PM2.5 [µg/m ³]	11,3	2,0	74,0	12,3
	PM7[µg/m ³]	19,1	3,0	88,0	15,4
	PM10 [µg/m ³]	22,8	3,0	99,0	17,6
	TSP [µg/m ³]	32,0	4,0	126,0	23,2
İç Hava (Sigara içilen ofisler)	PM1 [µg/m ³]	41,0	8,0	136,0	45,7
	PM2.5 [µg/m ³]	120,6	30,0	485,0	155,2
	PM7[µg/m ³]	138,5	38,0	514,0	160,4
	PM10 [µg/m ³]	148,6	46,0	525,0	161,5
	TSP [µg/m ³]	167,4	66,0	541,5	161,4
Dış Hava	Sıcaklık [°C]	14,5	6,8	19,5	3,0
	Bağıl Nem [%]	53,4	27,9	94,2	17,2
	CO ₂ [ppm]	357,0	321,0	456,0	30,9
	PM1 [µg/m ³]	1,6	0,0	6,0	1,3
	PM2.5 [µg/m ³]	10,4	0,0	21,0	5,6
	PM7[µg/m ³]	19,1	4,0	46,0	10,3
	PM10 [µg/m ³]	22,9	6,0	58,0	12,8
	TSP [µg/m ³]	31,4	11,0	90,0	19,0

Tablo 3. İç ve dış ortamda alınan ölçüm parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri

Ortam	Değişken	Kişi Sayısı	İç ortam						
			T	BN	CO ₂	PM1	PM2.5	PM7	PM10
İç Hava	T	0.012							
		0.941							
	BN	0,373	-0,04						
		0,014	0,801						
	CO ₂	0,529	0,009	0,308					
		0	0,954	0,044					
	PM1	0,429	-0,168	0,472	0,422				
		0,004	0,28	0,001	0,005				
	PM2.5	0,357	-0,118	0,426	0,384	0,972			
		0,019	0,451	0,004	0,011	0			
	PM7	0,397	-0,109	0,442	0,399	0,973	0,998		
		0,008	0,486	0,003	0,008	0	0		
	PM10	0,422	-0,108	0,452	0,406	0,975	0,995	0,999	
		0,005	0,49	0,002	0,007	0	0	0	
	TSP	0,474	-0,111	0,46	0,418	0,973	0,985	0,993	0,996
		0,001	0,478	0,002	0,005	0	0	0	0
Dış hava	T	0,028	0,397	-0,312	0,233	-0,201	-0,215	-0,208	-0,206
		0,857	0,008	0,041	0,132	0,196	0,166	0,181	0,186
	BN	-0,184	-0,367	0,438	-0,309	0,242	0,257	0,239	0,232
		0,238	0,015	0,003	0,044	0,119	0,097	0,122	0,135
	CO ₂	0,374	-0,38	-0,028	0,534	0,081	0,059	0,075	0,08
		0,013	0,012	0,858	0	0,606	0,709	0,635	0,61
	PM1	0,256	-0,079	0,242	0,18	0,539	0,463	0,461	0,466
		0,097	0,615	0,118	0,249	0	0,002	0,002	0,002
	PM2.5	-0,253	-0,224	0,104	-0,294	0,163	0,154	0,135	0,128
		0,102	0,15	0,508	0,055	0,297	0,324	0,387	0,415
	PM7	-0,422	-0,257	-0,119	-0,196	0,004	0,005	-0,026	-0,042
		0,005	0,096	0,446	0,209	0,982	0,973	0,87	0,791
	PM10	-0,399	-0,258	-0,163	-0,119	-0,009	-0,013	-0,043	-0,058
		0,008	0,095	0,296	0,448	0,956	0,934	0,786	0,713
	TSP	-0,265	0,01	-0,249	0,082	-0,099	-0,103	-0,123	-0,135
		0,086	0,95	0,108	0,602	0,528	0,512	0,434	0,387

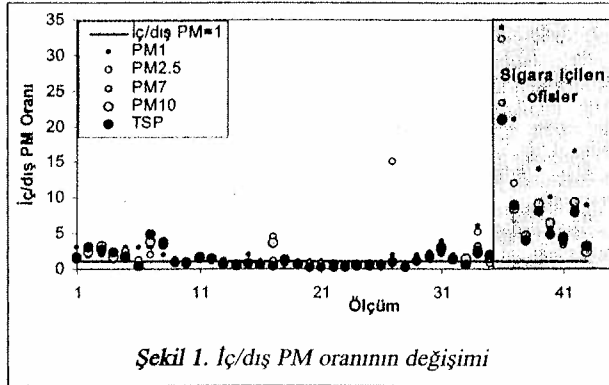
labilir.

Tablo 4'te iç/dış PM oranlarına ait istatistiksel değerler verilmiştir. Çizelgeden iç/dış PM oranının sigara içilmeyen ofislerde ortalama 1,4 iken, sigara içilen ofislerde bu oran 10 olmaktadır. İç/dış PM oranının 1'den büyük olması, iç kirletici kaynaklarının etkisi-

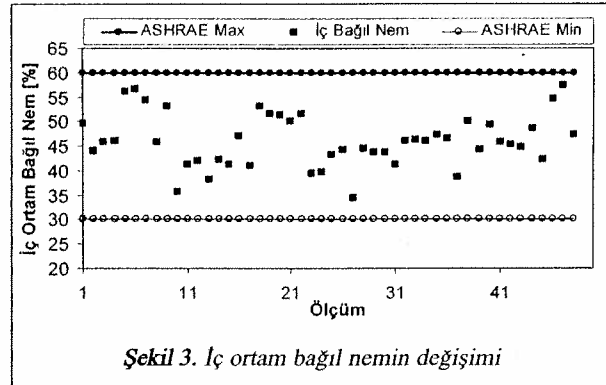
ni göstermektedir. Şekil 1'de ölçüm değerlerine göre iç/dış PM oranının değişimi verilmiştir. Şekildeki son ölçümler sigara içilen ofislerde alındığından, oranın çok yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Ölçümlerin önemli bir kısmında oranın 1'den küçük çıktığı görülmektedir.

Tablo 4. İç/dış PM oranlarının istatistiksel değerleri

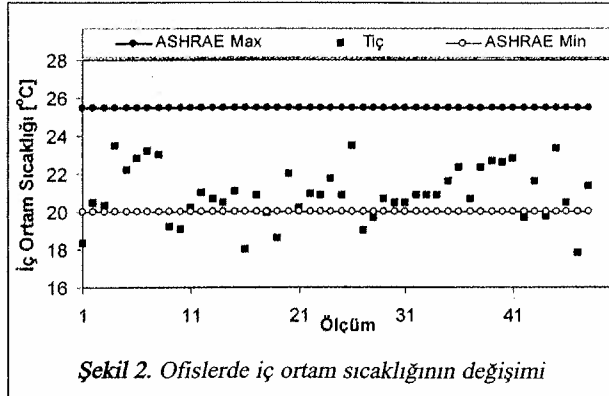
İç /Dış PM	Sigara İçilmeyen Ofisler			Sigara İçilen Ofisler		
	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum
PM1	1,4	0,0	6,2	14,2	4,0	34,0
PM2.5	1,6	0,1	15,0	9,6	2,7	32,3
PM7	1,3	0,1	4,5	8,4	2,2	23,4
PM10	1,3	0,1	3,8	8,2	2,4	21,0
TSP	1,3	0,1	4,8	7,8	3,1	20,8



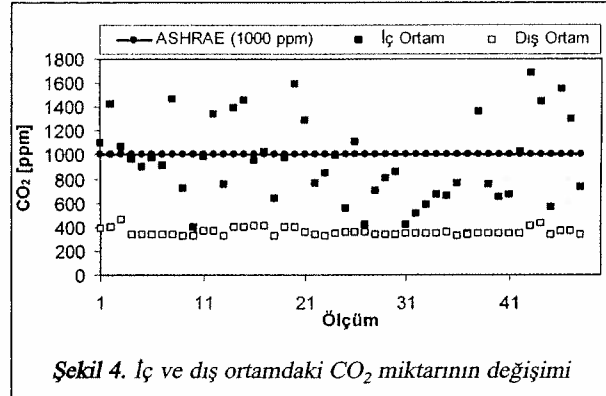
Şekil 1. İç/dış PM oranının değişimi



Şekil 3. İç ortam bağıl nemin değişimi

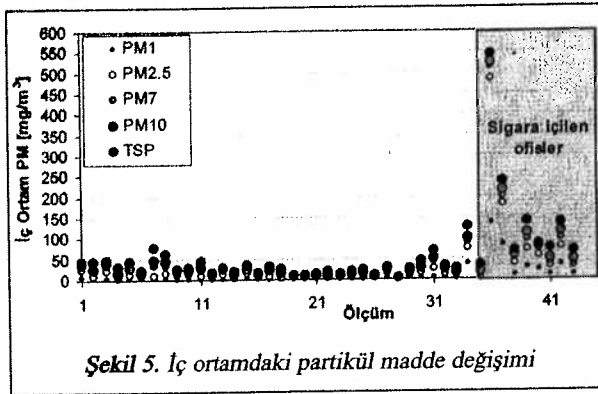


Şekil 2. Ofislerde iç ortam sıcaklığının değişimi

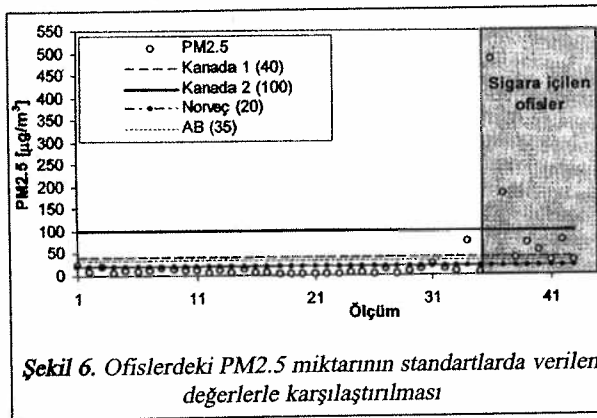
Şekil 4. İç ve dış ortamdaki CO₂ miktarının değişimi

İç ortam sıcaklığının ölçümlere göre değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Şekilden iç sıcaklığın genelde kabul edilebilir konfor şartlarında olduğu görülmüştür. Şekil 3'te ise iç bağıl nemin değişimi görülmektedir. Şekilden iç bağıl nemin ASHRAE tarafından önerilen sınırlar arasında kaldığı görülmektedir. Şekil 4'te CO₂ miktarının değişimi gösterilmiştir. CO₂ miktarının ASHRAE'nin önerdiği 1000 ppm'in üzerine çıktığı durumlar gözlenmesine rağmen Kanada standardı tarafından önerilen 3500 ppm değerine yaklaşmadığı tespit edilmiştir.

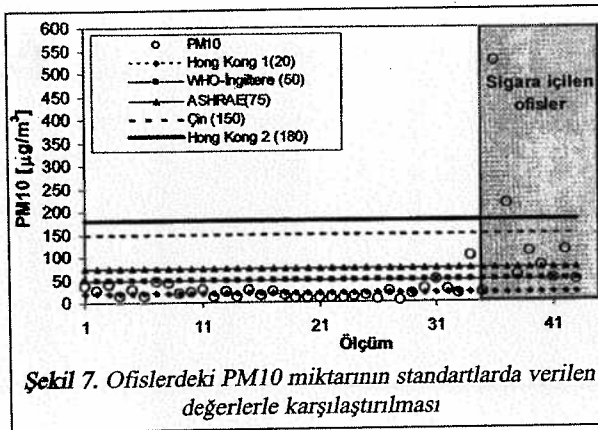
Şekil 5'te değişik çaplardaki PM'lerin değişimi sigara içilen ve içilmeyen ofisler için verilmiştir. Şekilden sigara içilen ofislerde tüm PM miktarlarının yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Şekil 6'da ölçülen PM2.5 miktarının, değişik ülkelere ait standartlarda önerilen sınır değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. Şekilden sigara içilmeyen ofislerde PM2.5 miktarının standartlarda önerilen değerlerin altında kaldığı tespit edilmiştir. Ölçülen PM10 miktarının standartlarda verilen sınır değerleri ile karşılaştırılması ise Şekil 7'de verilmiştir. Sigara içilmeyen ortamlarda PM10 miktarının Hong Kong 1. düzey sınır değeri hariç diğer standartlarda önerilen sı-



Şekil 5. İç ortamdaki partikül madde değişimi



Şekil 6. Ofislerdeki PM2.5 miktarının standartlarda verilen değerlerle karşılaştırılması



Şekil 7. Ofislerdeki PM10 miktarının standartlarda verilen değerlerle karşılaştırılması

nır değerlerinin altında kalmıştır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Doğal havalandırmalı ve merkezi kaloriferli ofislerde ısıtma sezonu boyunca iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit ve partikül madde (PM1, PM2.5, PM7, PM10 ve TSP) miktarları, iç hava kalitesi parametreleri olarak ölçülmüştür. Aynı parametreler dış ortam havasında da ölçülmüştür. İç ortamda bağıl nem değerleri kabul edilebilir ısıl konfor sınırları içinde kaldığı tespit

edilmiştir. İç hava sıcaklığının da genelde kabul edilebilir düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Ölçülen CO₂ miktarının ise kabul edilebilir iç hava kalitesi için ASHRAE tarafından önerilen 1000 ppm değerini zaman zaman aşmasına rağmen Kanada standartlarında belirtilen 3500 ppm değerini geçmediği tespit edilmiştir.

Partikül madde kirleticilerinin genelde iç kaynaklı olduğu görülmüştür. Sigara içilen ofislerde PM miktarının, sigara içilmeyen ofislerdeki değerlerden ve standartlarda belirtilen sınırlardan çok büyük değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Sigara içilmeyen ofislerdeki kirletici miktarların standartlarda belirtilen sınır değerlerin altında kaldığı gözlenmiştir. Sigara içildikten sonraki zamanlarda ölçüm alınmasına rağmen değerlerin çok yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum kışın pencere ve kapıların kapalı olması nedeniyle içerideki kirleticilerin iç ortamın havasında uzun süre kaldıklarını göstermektedir.

Merkezi kalorifer sistemi ile ısıtılması yapılan ofislerde iyi bir iç hava kalitesi oluşturmak için havalandırma sisteminin yapılması gerekir. Havalandırma sisteminde filtrasyonun yani hava temizliğinin iyi yapılması gerekir.

Enerji tasarrufu ve sağlıklı ortamlar için çalışanların iç hava kalitesi ile ilgili bilgilendirilmesi gerekir. Ofis binalarında sigara içme odaları tesis edilmelidir. Fotokopi ve yazıcı gibi özel amaçlı makine veya cihazlar için ayrı ortamlar olmalıdır. İç ortam havası için kirletici kaynağı olabilecek halı ve mobilyadan kaçınılmalıdır.

Sonuç olarak, sağlıklı ve verimli bir yaşam için soluduğumuz havanın temiz olması yani iyi bir iç hava kalitesinin sağlanması gerekir. Bu amaç doğrultusunda Türkiye için farklı amaçlar için kullanılan kapalı ortamlar için iç hava kalitesi ile ilgili standartların ortaya konulması ve uygulanması gerekir.

KAYNAKLAR

- [1] Schramek, E., 1999, Recknagel-Sprenger Schramek-Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı, TTMD, Ankara.
- [2] ASHRAE, 1989, Standard 62- 1989- Ventilation for

- Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.
- [3] ASHRAE, 2001, Standard 62- 2001- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.
- [4] Bas, E., 2004, Indoor Air Quality-A Guide for Facility Managers, The Fairmont Pres, Lilburn, Georgia.
- [5] Montgomery, D.D., Kalman, D.A., 1988, Indoor/outdoor air quality: reference pollutant concentrations in complaint-free residences, *Applied Industrial Hygiene*, 4, 17-20.
- [6] Fanger, P. O., 2004, How to make indoor air quality one hundred times beter while saving energy, VI. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 1- 10, TTMD Derneği, İstanbul.
- [7] Lee, S.C., Li, W., Ao, C., 2002, Investigation of indoor air quality at residential homes in Hong Kong: a case study, *Atmospheric Environment*, 36, 225-237.
- [8] Lee, S.C., Chang, M., 2000, Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong, *Chemosphere*, 41, 109-113.
- [9] Guo, H., Lee, S.C., Chan, L.Y., 2004, Indoor air quality in ice skating rinks in Hong Kong, *Environmental Research*, 94, 327-335.
- [10] Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S.S., Van Grieken, R., 2007, Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium, *Environment International*, 33, 789-797.
- [11] Shaw, C.Y., Salares, V., Magee, R.J., Kanabus-Kaminska, M., 1999, Improvement of indoor air quality in four problem homes, *Building and environment*, 34, 57-69.
- [12] Chaloulakou, A., Mavroidis, I., 2002, Comparison of indoor and outdoor concentrations of CO at a public school. Evaluation of an indoor air quality model, *Atmospheric Environment*, 36, 1769-1781.
- [13] Mui, K.W., Chan, W.T., 2006, Building calibration for IAQ management, *Building and Environment*, 41(7), 877-886.
- [14] Kalokotroni, M., Ge, Y.T., Katsoulas, D., 2002, Monitoring and modelling indoor air quality and ventilation in classrooms within a purpose-designed naturally ventilated school, *Indoor and Built Environment*, 11(6), 316-326.
- [15] Zhang, G., Spickett, J., Rumchev, K., Lee, A.H., Stick, S., 2006, Indoor environmental quality in a low alerjen school and three standard primary schools in western Australia, *Indoor and Built Environment*, 16(1), 74-80.
- [16] Noh, K., Jang, J., Oh, M., 2007, Thermal comfort and indoor air quality in the lecture room with 4-way cassette air-conditioner and mixing ventilation system, *Building and Environment*, 42, 689-698.
- [17] Hui, P., Wong, L., Mui, K., 2007, Evaluation of professional choice of sampling locations for indoor air quality assessment, *Building and Environment*, 42, 2900-2907.
- [18] Becker, R., Goldberger, I., Pacuik, M., 2007, Improving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation, *Building and Environment*, 42, 3261-3276.
- [19] Li, Y., Chen, Z., 2003, A balance-point method for assessing the effect of natural ventilation on indoor particle concentrations, *Atmospheric Environment*, 37, 4277-4285.
- [20] Branis, M., Rezacova, P., Domasova, M., 2005, The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM10, PM2.5, and PM1 in a classroom, *Environmental Research*, 99, 143-149.
- [21] Berube K.A., Sextona, K.J., Jonesb, T.P., Morenoa, T., Andersona, S., Richards, R.J., 2004, The spatial and temporal variations in PM10 mass from six UK homes, *Science of the Total Environment*, 324, 41-53.
- [22] Mestl, H.E.S., Aunan, K., Seip, H.M., 2007, Health benefits from reducing indoor air pollution from household solid fuel use in China-Three abatement scenarios, *Environment International*, 33, 831-840.
- [23] Kukadia, V., Palmer, J., 1998, The effect of external atmospheric pollution on indoor air quality: a pilot study, *Energy and Buildings*, 27, 223-230.
- [24] Wang, X., Bi, X., Sheng, G., Fu, J., 2006, Hospital indoor PM10/PM2.5 and associated trace elements in Guangzhou, China, *Science of the Total Environment*, 366, 124-135.
- [25] Zhang, Q., Zhang, G., 2007, Study on TVOCs concentration distribution and evaluation of inhaled air quality under a re-circulated ventilation system, *Building and Environment*, 42, 1110-1118.
- [26] Haliou, C.H., Helmis, C.G., 2007, On the estimation of characteristic indoor air quality parameters using analytical and numerical methods, *Science of the Total Environment*, 381, 222-232.
- [27] Jones, A.P., 1999, Indoor air quality and health, *Atmospheric Environment*, 33, 4535-4564.
- [28] Esin, T., 2004, İnsan sağlığını etkileyen iç hava kalitesinin oluşumunda yapı malzemelerinin rolü, *Yapı*, 275, 99-103.
- [29] İltan, N., Bulgurcu, H., 2002, Evlerde iç hava kalitesi ile ilgili bir araştırma, 4. Balıkesir Mühendislik

- Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Balıkesir.
- [30] Kaya, M., 2003, Sağlıklı ve verimli çalışma ortamı için iç hava kalitesi, Termodinamik, 125.
- [31] Aslan, D.E., 1997, İç hava kalitesi ve kontrolü, III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Teskon 97, İzmir.
- [32] Dönmez, O., 2003, İç Hava Kalitesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [33] Gurdallar, M., 2003, Hijyen ve iç hava kalitesi bakımından HVAC sistemlerinin temizliği, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 1-13, İstanbul.
- [34] Vural, S.M., Balanlı, A., 2005, Yapı ürünü kaynaklı iç hava kirliliği ve risk değerlendirmede ön araştırma, YTÜ Mim. Fak. E-dergi, 1(1), 28-39.
- [35] Kapkın, Ş., Uzal, E., 2005, Kapalı ortamlardaki hava kalitesini etkileyen parametreler ve toplu taşımacılıkta iç hava kalitesinin bilgisayar destekli analizi, İklim 2005-Ulusal İklimlendirme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Antalya MMO Yayın No: E/2005/387, 171-178, Antalya.
- [36] Alyüz, B., Veli, S., 2006, İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve sağlık üzerine etkileri, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(2), 109-116.
- [37] Köksal, Y., 2001, Kapalı mahallerde hava kalitesinin iyileştirilmesi, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 625-645, İzmir.
- [38] Sofuoğlu, S.C., 2006, Predicting prevalence of building related symptoms in office buildings using artificial neural Networks, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, VII. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, İstanbul.
- [39] Vaizoğlu, S. A., 1997, Ankara'da Evlerde Kış Dönemi Radon Konsantrasyonunun Belirlenmesi, Halk Sağlığı (Çevre Hekimliği) Bilim Uzmanlığı Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [40] Karakoç, H., Işıklı, B., Atmaca, F., Toka, S., Kaba, Ş., 2005, Uçaklarda iç hava kalitesi ve neden olabileceği problemler, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 431-441, İzmir.
- [41] Gönüllü, M.T., Bayhan, H., Avşar, Y., Arslankaya, E., 2002, YTÜ Şevket Sabancı Kütüphane binası iç ortam havasındaki partiküllerin incelenmesi, Harran Üniversitesi 4.GAP Mühendislik Kongresi (Uluslararası Katılımlı) Bildiriler Kitabı, 1384- 1389, Şanlıurfa.
- [42] Bulgurcu, H., İltan, N., Coşgun, A., 2005, Okullarda iç hava kalitesi problemleri ve çözümler, VII. Ulusal Tesisat Kongresi Bildiriler Kitabı, 601-615, İzmir.
- [43] Evci, D., Vaizoğlu, S., Özdemir, M., Aycan, S., Güler, Ç., 2005, Ankara'da 46 kahvehanede formaldehit düzeylerinin belirlenmesi, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 4(3), 129-135.
- [44] Coşgun, A., Mutlu, İ.B., Yüçetürk, G., 2005, Okullarında iç hava kalitesinin incelenmesi, İklim 2005-Ulusal İklimlendirme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Antalya MMO Yayın No: E/2005/387, 244-251, Antalya.
- [45] Keskin, Y., Özyaral, O., Başkaya, R., Lüleci, N.E., Avcı, S., Acar, M.S., Aslan, H., Hayran, O., 2005, Bir lise binası kapalı alan atmosferine ait mikrobiyolojik içeriğin hasta bina sendromu açısından öğretmen ve öğrenciler üzerindeki etkileri, Astım Allerji İmmünoloji, 3(3), 116-130.
- [46] Okutan, C., 1999, Klima ve havalandırma sistemlerinde iç hava kalitesi, Tesisat Dergisi, 37, 91-95..
- [47] Çobanoğlu, N., Kiper, N., 2006, Bina içi solunan havada tehlikeler, Çocuk sağlığı ve hastalıkları dergisi, 49, 71-75.
- [48] MINITAB, 2000, Minitab Statistical Software, Help Document, 13.2 Version.
- [49] Karakoç, H., 2006, Kalorifer Tesisatı Hesabı, Demir-Döküm Teknik yayınları, No:9.
- [50] ASHRAE, 2003, ASHRAE HandbookCD, 2001 Fundamentals, Chapter 8: Thermal Comfort, Atlanta, USA.
- [51] Doğan, H., 2002, Havalandırma ve İklimlendirme Esasları, Seçkin Yayınevi, Ankara.
- [52] Önen, E., 1985, Havalandırma ve Klima Tesisatı, Bayındırlık ve İskan bakanlığı, Teknik El kitabı No: 9, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- [53] ASHRAE, 2003, ASHRAE HandbookCD, 2001 Fundamentals, Chapter 9: Indoor Environmental Health, Atlanta, USA.
- [54] ASHRAE, 2003, ASHRAE HandbookCD, 2001 Fundamentals, Chapter 12: Air Contaminants, Atlanta, USA.
- [55] Korkmaz, A., 2007, Hastane iklimlendirme sistemlerinde filtre seçimi ve filtrenin önemi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 98, 27-30.
- [56] Yeşilyurt, C., Akcan, N., 2007, Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri, T.C. Sağlık Bakanlığı, Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, http://www.shm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava_metot.pdf.
- [57] HKGCC, 2006, The Clean Air Charter-A Business Guidebook, Hong Kong General Chamber of Commerce, www.cleanair.hk.