

# OFİS VE DERSLİKLERDE İÇ HAVA KALİTESİ ÖLÇÜMLERİ VE ANALİZLERİ: TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ

## Anıl Sözen\*

Anka Proje & Danışmanlık, İstanbul  
anlsozen@gmail.com

## Erdem Işık

Yrd. Doç. Dr.,  
Tunceli Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi,  
Makina Mühendisliği Bölümü,  
Termodinamik Ana Bilim Dalı, Tunceli  
erdem023@gmail.com

## ÖZ

Günümüzde iç hava kalitesi kavramının önemi geçmiş yıllara kıyasla daha çok anlaşılmaktadır. İç hava kalitesi insan hayatının sağlık ve çalışma performansı üzerinde etkilidir. Kavramın iklimlendirme sistemleri ile doğrudan ilişkili olması, mekanik sistem çözümlenmeleri konusunda göz önüne alınması gereken önemli bir parametre olmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Bu çalışmada, Tunceli ilindeki yüksek öğretim kurumu derslikleri ve öğretim üyesi ofislerinde hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. İç hava kalitesi parametreleri olarak CO<sub>2</sub>, bağıl nem ve sıcaklık değerleri göz önüne alınmıştır. Ölçümler Tunceli Üniversitesi Aktuluk yerleşkesinde iç ortamlar için yapılmıştır. Ölçüm sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiş ve standartlara göre değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İç hava kalitesi, sıcaklık, karbondioksit, nem, Tunceli Üniversitesi

# INDOOR AIR QUALITY IN THE CLASSROOM AND OFFICE AND RELATED MEASUREMENTS AND ANALYSIS OF RESULTS: TUNCELİ UNIVERSITY EXAMPLE

## ABSTRACT

Today, the importance of the Indoor Air Quality concept is understood more as compared to the past years. The Indoor Air Quality affects human life positively or negatively in terms of health and working performance. The concept is directly related to the air conditioning systems, so it's inevitable that it affects mechanical system analysis. In this study, measurements have been made in the classrooms of the higher education institution in the province of Tunceli, and in the faculty offices. CO<sub>2</sub>, relative humidity and temperature values have been taken as indoor air quality parameters. The measurements have been taken for indoor places in the Aktuluk Campus of Tunceli University. The measurement results have been analyzed statistically and evaluated according to the standards.

**Keywords:** Indoor air quality, temperature, carbon dioxide, moisture, Tunceli University

\* İletişim Yazarı

Geliş tarihi : 12.12.2015

Kabul tarihi : 16.05.2016

Sözen, A., Işık, E. 2016. "Ofis ve Dersliklerde İç Hava Kalitesi Ölçümleri ve Analizleri: Tunceli Üniversitesi Örneği," Mühendis ve Makina, cilt 57, sayı 677, s. 53-67.

## 1. GİRİŞ

Yaşadığımız dünyada atmosferden soluduğumuz hava temiz değildir. İçinde polenler, bakteriler, çeşitli canlı ve ölü mikroorganizmalar, tozlar, buharlaşma sonucu oluşan su zerrecikleri, endüstriden kaynaklı kimyasal reaksiyonlar neticesi oluşan veya üretim işlemleri neticesi ortaya çıkan tanecikler bulunmaktadır. Bunların tamamı soluduğumuz havayı kirletici özelliktedir.

Aynı şekilde, kapalı mahallerde de solunan hava temiz değildir. Yukarıda belirtilen kirleticilerin bir bölümü sızma sonucu içeriye girmektedir. Ayrıca, içeride bulunan insanlardan ve eşyalardan da dışarıya kirleticiler yayılmaktadır. İnsanlar üzerinden, deri ve giysilerinden, kullanılan parfümden kalan tanecikler, nefes alıp vermekte ortaya çıkan emisyonlar büyük boyutlardadır. Örneğin normal hareket eden bir insan dakikada 1.000.000'un üzerinde (0.3 µm'den büyük) tanecik yaymaktadır (Tablo 1). Bunun en az 1000 adedi çoğalabilen bakteriler ve mikroorganizmalardır. Temizlik kurallarına uyularak ve özel elbiseler giyilerek bu tanecikleri ve emisyonları azaltmak mümkündür, ancak hiçbir zaman tamamen yok edilemez [1].

Tablo 1. İnsanlardan Kaynaklı Tanecik Emisyonu [1]

İnsanın Yaptığı Hareket Türü	Tanecik Emisyonu/ Dakika d>0.3µm
Ayakta veya oturarak hareketsiz durma	100 000
Oturarak baş, el ve kolu hafifçe oynatma	500 000
Oturarak vücudu, kolu ve ayakları oynatma	1 000 000
Ayakta ve vücut tam hareketli	2 000 000
Saatte 3.5 km hızla yürüme	5 000 000
Saatte 6 km hızla yürüme	7 500 000
Saatte 9 km hızla yürüme	10 000 000
Spor veya jimnastik yapma	15 ila 30 000 000

Temiz hava konusunda, odanın kullanım amacına göre istenmeyen zararlı taneciklerin boyutları ve cinsi farklıdır. Örneğin sağlık açısından önemli olan bir ortamda, hastanelerde, ameliyathanelerde, ilaç fabrikalarında, biyokimya laboratuvarlarında öncelikle, havada bulunan bakteri ve virüslerin temizlenmesi, mahaller arasında mikrop taşınmasının engellenmesi sağlanmalıdır.

Elektronik endüstrisinde ise durum farklıdır. Burada taneciklerin biyolojik etkisi değil, fiziksel etkisi önemlidir. Teknolojinin ilerlemesiyle entegre devrelerde hat genişlikleri her gün biraz daha küçülmektedir. Genel kural olarak hat genişliğinin onda biri veya daha büyük çaptaki tanecikler devre için öldü-

rücü olmaktadır. Entegre devreler için 1970'li yıllarda 0.5 µm tanecikler zararlı olurken, 1990'lı yıllarda 0.02 µm çapındaki tanecikler devreler için zararlı olmaya başlamıştır [1]. Eğitim kurumlarında ise derslikler kullanımı yoğun alanlardır ve içerisinde bulunan insanların yaptığı hareket türü bakımından yaydığı tanecik emisyonu dakikada ortalama 1.000.000 kadardır. Bu değer derslikteki kişi sayısı arttıkça yoğunlaşacak ve derslikteki eğitim-öğretim verimsiz olmaya başlayacaktır. Bu gibi durumları önlemek amacıyla, doğal havalandırmanın yerine eğitim kurumlarına mekanik havalandırma yapılması önerilmektedir.

## 2. TEMİZ ODA TASARIMINDA DİKKATE ALINACAK PARAMETRELER

Temiz oda tasarımında dikkate alınacak parametrelerin başında ortamda bulunan maksimum tanecik konsantrasyonu ve çapı gelir. Bunun dışında sıcaklık, nem, basınç, ses şiddeti ve benzeri parametreleri kontrol altında tutmak gerekir [1].

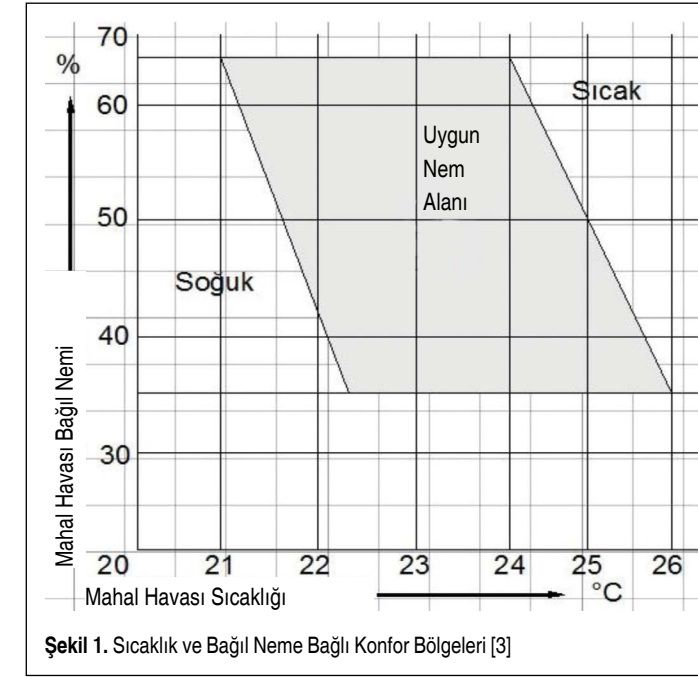
İnsanlardan ve diğer kirleticilerden kaynaklanan CO<sub>2</sub> miktarları iç hava kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. ASHRAE 55'e göre [3] mahaldeki kirlilik dış havadan 400 ppm kadar fazla olabilir. Sağlığa uygun kabul edilebilir dış hava kirlilik değerleri ise 600 ppm'e kadardır. Buna göre, iç mahallerdeki CO<sub>2</sub> değerleri en fazla 900-1000 ppm civarında olmalıdır.

### 2.1 Sıcaklık

Sıcaklığı kontrol etmekte iki amaç vardır. Birincisi, içeride çalışan insanların konforunu korumak, yani üşümelerini veya terlemelerini sağlamaktır. İkincisi ise ameliyathane ve laboratuvarlarda, elektronik sanayide birçok işlem sıcaklığa aşırı duyarlıdır. Örneğin ameliyathanelerde kan pıhtılaşması, biyokimya laboratuvarlarında bakteriler ile yapılan testler belirli sıcaklıklarda yapılabilmektedir. Hayvan laboratuvarlarında hayvanları yaşatma ve üretme için belli sıcaklıklar gerekmektedir. Elektronik sanayide metallerin sıcaklık farklılıklarından dolayı ortaya çıkan genleşme, metal ölçüm ve kalibrasyon laboratuvarlarında metallerin genleşmesinden dolayı oluşabilecek ölçüm hataları sıcaklığın kontrol altına alınmasını gerektirmektedir [1].

### 2.2 Bağıl Nem

Bağıl nemi kontrol etmede iki amaç vardır. Birincisi, gerekli konfor şartlarını sağlamaktır. İkincisi ise proses gereğidir. Düşük bağıl nemli ortamlarda insanların ağır ve boğazları kurur. ABD ASHRAE standartlarına göre, ideal şartlar için sıcaklığın 20-25,5 °C, nemin ise %30-60 arasında olması gerekmektedir. Bu değerlerin dışındaki ortam havası çalışanların iş üzerindeki konsantrasyonunu azaltabilmektedir. Yüksek



Şekil 1. Sıcaklık ve Bağıl Neme Bağlı Konfor Bölgeleri [3]

bağıl nemli ortamlarda ise metabolik dengeyi sağlamak için deriden olan terleme azalacağından yine çalışma düzeni etkilenecektir [1].

Yine ortamdaki bağıl nemin etkilediği diğer bir fiziksel özellik de statik elektriktir. Bu da elektronik cihazların çalışması üzerinde etkili olur. Ayrıca "microchip" imalatına da etkisi olabilmektedir. Bu nedenle, bağıl nem belirli seviyelerde tutulması istenir [1].

Eğer özel bir kriter yoksa, temiz odada seçilen sıcaklık değerleri 22°C (20-24°C) ve bağıl nem %45 (%40-55) olmalıdır (Şekil 1). Genel amaçla kullanılan odalarda sıcaklığın ±1°C, nemin ise ±%5 toleransla tutulmasına çalışılır. Eğer odalarda herhangi bir nedenle hassasiyet gerektiriyorsa bu toleranslar ±0.3°C ve ±%2 ye kadar düşürülebilir [1].

### 2.3 Hava Hızı ve Basınçlandırma

Temiz odalarda oda basıncı ve oda içindeki hava hızının da kontrol altında tutulması istenir. Oda pozitif basınç altında tutularak sızma yoluyla pencere veya kapı gibi yerlerden mahal içerisine kirli veya tozlu havanın girmesi engellenir. Bu işlemi üfleme ve dönüş havası arasında debi farkları yaratarak gerçekleştirmek mümkündür. Bu sayede, odadan emilen hava debisi üflenenden daha düşük olacağı için o hacimde pozitif bir basınç yaratılmış olacaktır. Hassas sistemlerde bu özellik bir fark basınç presostatı ile kontrol

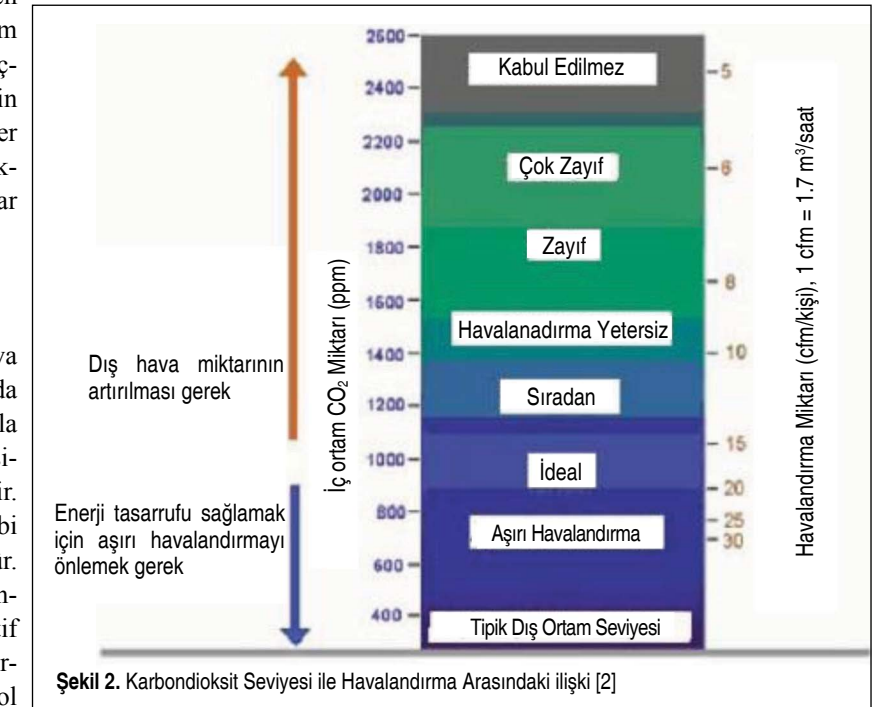
edilebilir. Mahalde, örneğin bir kapı açılması nedeniyle pozitif basınç farkının azalması ve buna bağlı olarak infiltrasyon tehlikesi durumunda presostat bunu algılayacak ve üfleme basıncını artırıcı sistemleri devreye sokacaktır. Bu uygulama için kullanılan presostatlar genelde oransal karakteristiktir. Presostat mahaldeki basınç düşümünü algılayarak gerekli işlemlerin yapılmasını sağlar. Bu işlem, kanal üzerinde bulunabilecek bir damperin daha fazla açılarak, özel bir basınçlandırma fanını devreye sokması suretiyle gerçekleştirilir. Bu sistem, değişken hava debili (VAV) olup, pozitif basınç farkı değişen hava debisi ile sağlanır. Hava debisinin değişmesi fan girişindeki hareketli kanatçıklara (inlet guide vanes), oransal kontrollü frekans değiştiriciler aracılığıyla fanın elektrik motoruna kumanda ederek veya fanla birlikte değişken hava debisi kutularının kontrolü ile sağlanır [1].

Bu nedenle, oda içerisine üflenen ve emilen havanın mümkün olduğu kadar az değiştirilmesini sağlamak gerekir. Sistemde bulunan filtrelerin kirlenmesi ile odaya daha az hava üflenmesi pozitif basınçlandırmayı engellemeye çalışacağı için filtrelerin ömürleri ve kirlilikleri belirli aralıklarla kontrol edilmelidir [1].

### 2.4 CO<sub>2</sub> Miktarı

CO<sub>2</sub> iç hava kalitesini kontrol etmek için önemli bir iç hava kirleticisidir. Normalde atmosfer havasının hacimsel olarak %0.03'ü CO<sub>2</sub>'dir. Dış ortam havasında bulunan CO<sub>2</sub>, çevre özelliklerine göre 330 ile 500 ppm arasındadır. Dolayısıyla, iç ortamda CO<sub>2</sub>'in olmaması mümkün değildir.

İnsanlar nefes alıp vererek iç ortama CO<sub>2</sub> verirler. Normal bir



Şekil 2. Karbondioksit Seviyesi ile Havalandırma Arasındaki İlişki [2]

iş ile uğraşan bir insan saatte 20 litre (0.02 m<sup>3</sup>/h ) CO<sub>2</sub> üretir [2]. Bu yüzden, iç ortamda havalandırma yapılmazsa, insan sayısı arttıkça CO<sub>2</sub> derişimi artar. 1000 ppm CO<sub>2</sub> konsantrasyonu iç hava kalitesi için standart değer olarak kabul edilmektedir [2, 3]. Eğer CO<sub>2</sub> miktarı bu seviyeden düşük ise iç ortamdaki hava, kabul edilebilir iç hava kalitesindedir. 1000 ppm CO<sub>2</sub> miktarı, Pettenkofer sayısı olarak da bilinmektedir [2]. Kabul edilebilir iç hava kalitesi oluşturmak için CO<sub>2</sub> algılayıcıları havalandırma sistemleri ile kullanılarak, gerekli olan temiz dış hava iç ortama sevk edilmektedir.

CO<sub>2</sub> zehirli bir gaz değildir; fakat oksijensizlikten dolayı boğulma tehlikesi ortaya çıkarabilir. Konsantrasyon değeri 35000 ppm'i geçtiğinde, merkezi nefes sinir alıcıları tetiklenir ve nefes alma noksanlığına sebep olur. Daha yüksek konsantrasyonlarda oksijen azlığından dolayı merkezi sinir sistemi görevini yapamamaya başlar. Ofis binaları ve okullar gibi endüstriyel olmayan çevrelerde CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun insan yoğunluğu, havanın dağıtılma şekline ve oturulan ortama dışarıdan sağlanan dış hava miktarına bağlı olarak 400 ile 1500 ppm arasında olması beklenir [4]. Şekil 2'de, kapalı mahallerde CO<sub>2</sub> ile havalandırma arasındaki ilişki görülmektedir.

### 3. HAVA KİRLİTİCİLERİN SAĞLIK ÜZERİNDE OLUMSUZ ETKİLERİ

Dünyada hava kirliliğinden her yıl yaklaşık 3 milyon insan ölmektedir. Bu değer, dünyadaki toplam ölüm vakalarının (ortalama 55 milyon) %5'ni oluşturmaktadır.

Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki olumsuz etkileri şunlardır:

- Akciğer kanseri
- Kronik astım krizi
- Öksürük/balgam/göğüs daralması şikayetleri
- Göz/burun/boğaz tahribatı
- Soluk alma kapasitesinde azalma

Uçucu organik bileşiklerden (VOC) benzen, toluen, formaldehit ve kloroform USEPA tarafından kanserojen olarak tanımlanmıştır [USEPA, 2011]. Bunun dışındaki diğer gazlar toksin etkiye sahiptir. Uçucu organik bileşiklerden benzen, başta Amerikan İnsan Sağlığı Servisi (DHHS) ve diğer Çevre ve İnsan Sağlığı Araştırma Merkezleri tarafından birinci sınıf kanserojen olarak nitelendirilmiştir. 1µg/m<sup>3</sup> benzen sürekli maruz kalma durumunda kan kanseri riski 2.2 x 10<sup>-6</sup>-7.8 x 10<sup>-6</sup> civarında seyretmektedir [EPA, 2002]. Bu durum da 1.3-4.5 µg/m<sup>3</sup> dozundaki benzen sürekli soluyan bir insanın yüz binde bir olasılıkla kansere yakalanması anlamına gelmektedir. Kısa süreli yüksek dozdaki benzen maruziyeti ölüme neden olurken; düşük seviyeli maruziyet ise uyuşukluk, baş dönmesi, kalp ritminde bozukluğa sebep olabilmektedir. Kanserojen etkisinden dolayı benzen, endüstride kullanımı yasaklı bir kimyasaldır. Benzen üretiminde toluenin kaynak olabileceği ve her ikisi de laboratuvar araştırmalarında solvent olarak kullanıldığı için son zamanlarda toluen solvent olarak benzen ikame etmektedir. Diğer bir uçucu organik bileşik olan formaldehitin sağlık üzerindeki olumsuz etkileri; göz, burun ve boğaz tahrişleri, öksürük, bitkinlik, isilik, alerjik hastalıklar gibi sayılabilirken, formaldehitin kanser oluşumuna da yol açtığı gözlenmektedir. Diğer bir etkisi de

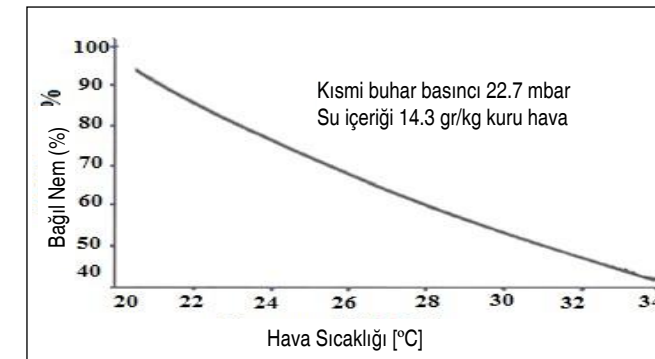
merkezi sinir sistemi üzerinedir. Kısa süreli bellek kayıpları ve anksiyeteye (kaygı, korku, gerilim, sıkıntı hali) neden olabilir. Sağlık üzerine olumsuz etkileri 0,1 ppm - 1,1 ppm düzeylerinde ortaya çıkan formaldehit, olası mesleki kanser nedenleri arasında sayılmaktadır [11].

### 3.1 İç Hava Kalitesi ile İlgili Standartlarda Önerilen Sınır Değerler

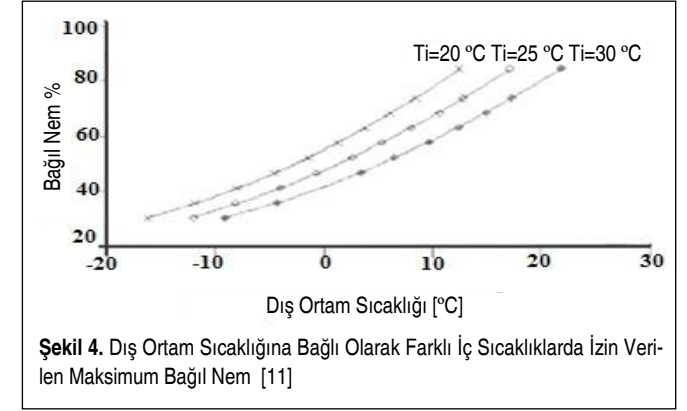
Dünyanın birçok ülkesinde, iç hava kalitesi ile ilgili kirleticilerin maksimum sınırlarını belirleyen standartlar mevcuttur. Bu standartlar sürekli güncellenmektedir. Tablo 2'de, iç ortam ile ilgili değişik ülkelerin standartlarında iç hava kalitesi parametrelerine ait sınır değerler verilmiştir [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Tablodan görüldüğü gibi, iç hava kalitesi parametrelerinde önerilen sınır değerler ülkeden ülkeye farklılıklar gösterebilmektedir.

### 4. KAPALI MAHALERDE TEKNİK OLARAK KONFORUN SAĞLANMASI

ASHRAE'nin 1999 yılında çıkardığı "kabul edilebilir iç hava kalitesi için havalandırma sistemi" adlı en son standardında iç hava kalitesi tanımı şu şekilde yapılmaktadır. Mevcut yasalara göre içinde zararlı madde oranı azami değerleri aşmamış kirletici maddeleri ihtiva eden ve bu havayı soluyan insanların en az %80'inin memnuniyetsizlik hissetmedikleri hava kalitesidir. Hijyen ve sağlık açısından, içinde insan bulunan odaların hangi sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde olması gerektiği standartlarda verilmiştir. Düşük hava sıcaklıkları insanlarda rahatsızlığa neden olmaktadır. Ofisler ve çalışma salonlarındaki bağıl nem miktarı maksimum %53, minimum %42 dolayındadır. Kapalı ortamlardaki metal ve ahşap yapı bileşenlerinin herhangi bir zarara uğramaması için bağıl nem %40 ile %60 arasında bir bölgede bulunmalıdır. Şekil 3 ve Şekil 4'te, dış ve iç ortam sıcaklığına bağlı olarak izin verilen maksimum bağıl nem değerleri verilmektedir [11].



Şekil 3. VDI 2089 Sayfa 1'e Göre Çıplak İnsan İçin Bunaltıcı Sınır [11]



Şekil 4. Dış Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak Farklı İç Sıcaklıklarda İzin Verilen Maksimum Bağıl Nem [11]

## 5. MATERYAL VE YÖNTEM

### 5.1 Materyaller

Bu çalışmada, Tunceli ilinde bulunan Tunceli Üniversitesi'nin öğretim üyeleri ofislerinde ve dersliklerde iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sonucunda CO<sub>2</sub>, nem ve sıcaklık parametreleri ile ilgili veriler elde edilmiştir.

#### 5.1.1 Ölçümde Kullanılan Cihazlar

#### CO<sub>2</sub>, Sıcaklık ve Bağıl Nem İçin Kullanılan Cihazlar (El Tipi Testo 435 Cihazı)

Yapılan çalışmada, ölçümler için sıcaklık, bağıl nem ve CO<sub>2</sub> ölçüm cihazları kullanılmıştır. Veri kaydedici özelliği olan el tipi, sıcaklık, bağıl nem ve CO<sub>2</sub> cihazı Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu ölçümlerde el tipi testo 435 cihazı kullanılmıştır. Cihaz, mahalin merkez noktası baz alınarak konuşlandırılmış ve ölçümlerdeki konum değişimi bu referansa göre göz önüne alınmıştır.



Şekil 5. Testo 435 Tipi El Cihazı

Tablo 2. İç Hava Kalitesi ile İlgili Standartlarda Önerilen Sınır Değerler [5, 6, 7, 8, 9, 10]

	CO	Partikül Madde	Bağıl Nem	Sıcaklık
ABD ASHRAE	1000 ppm	PM10<75 µg/m <sup>3</sup> (Yıllık Ortalama)	%30-60	20-25,5 °C
Almanya	5000 ppm 9000 ppm (15 Dakika)		%30-70	20-26 °C
Kanada	3500 ppm	PM10<40 µg/m <sup>3</sup> (8 Saat) PM10<100 µg/m <sup>3</sup> (1 Saat)	%30-80 (Yaz) %30-55 (Kış)	
Çin		PM10<150 µg/m <sup>3</sup>		
WHO		PM10<20 µg/m <sup>3</sup> (Yıllık Ortalama) PM10<50 µg/m <sup>3</sup> (24 Saat)		
İngiltere		PM10<50 µg/m <sup>3</sup>		
Norveç		PM2.5<20 µg/m <sup>3</sup>		
Avrupa Birliği		PM2.5<35 µg/m <sup>3</sup>		
Hong Kong	800 ppm (1. Düzey) 1000 ppm (2. Düzey)	PM10<20 µg/m <sup>3</sup> (1. Düzey) PM10<180 µg/m <sup>3</sup> (2. Düzey) (8 Saat Ortalama)	%40-70	20-25,5 °C

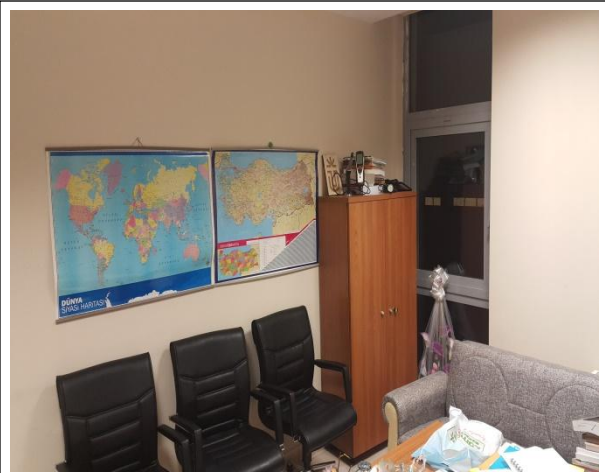
Tablo 3. Ofislerin Yapısal Özellikleri

OFİS	En (cm)	Boy (cm)
<b>Penceresiz Yan Duvar</b> (Saten Boya-1.5 cm Sıva-12'lik Tuğla-1.5 cm Sıva-Saten Boya)	467,1	261
<b>Penceresiz Yan Duvar-Karşı</b> (Saten Boya-1.5 cm Sıva-12'lik Tuğla-1.5 cm Sıva-Saten Boya)	467,1	261
<b>Pencereli Duvar</b> <b>Pencere</b> (Profiller Dahil)	331,4 99	261 201
<b>Penceresiz Duvar-Giriş</b> (Saten Boya-1.5 cm Sıva-12'lik Tuğla-1.5 cm Sıva-Saten Boya)	331,4	261
<b>Döşeme</b> (20 cm Döşeme Beton-1,5 cm Yapıştırıcı Harç-8 mm-Seramik-Zemin Kaplama)	467,1	331,4
<b>Tavan</b> (20 cm Döşeme Beton-1,5 cm Yapıştırıcı Harç-8 mm-Seramik-Zemin Kaplama)	467,1	331,4
<b>Kapı</b> (Amerikan Kapı)	90	210

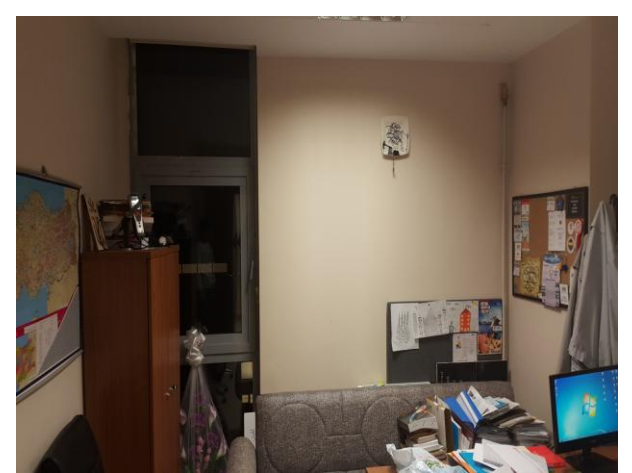
## Ofislerin Kullanım Yoğunlukları ve Resimleri

- Kullanılan Ekipmanlar: 2 adet bilgisayar (1 adet laptop – 1 adet masaüstü olmak üzere)

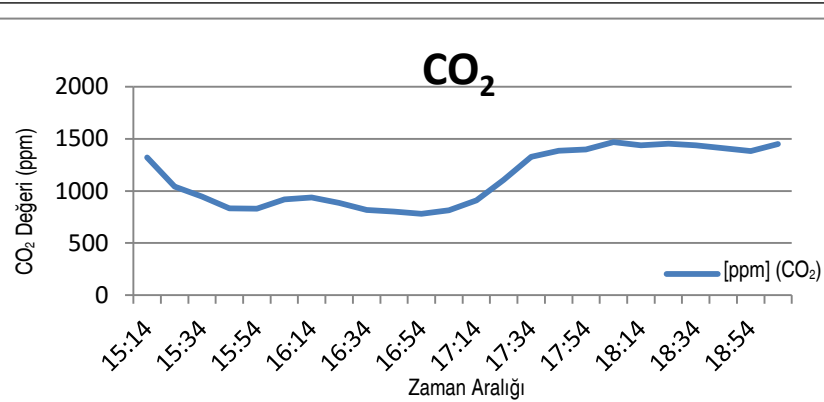
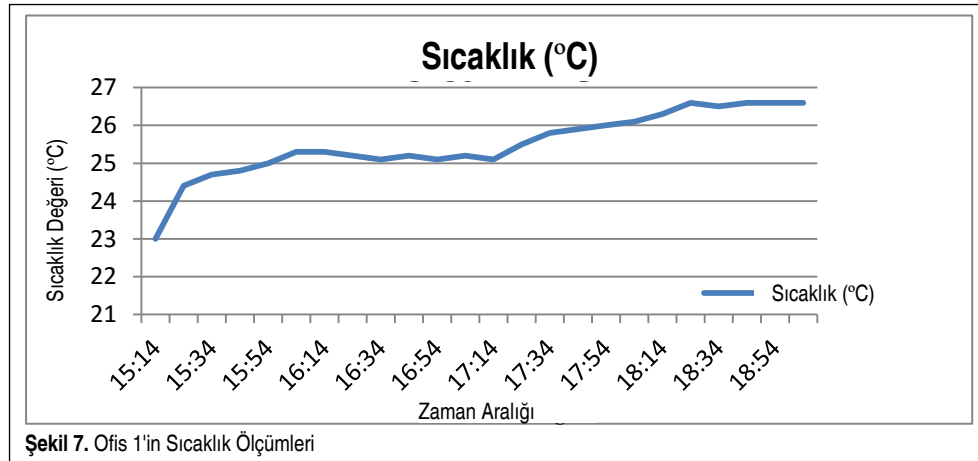
- Ofisteki Kişi Sayısı: Maksimum 5 kişi (Hoca ve ziyaret eden öğrenciler); ancak ölçüm sırasında maksimum 3 kişi
- Şekil 6-8'deki grafiklerde de görüldüğü gibi, CO<sub>2</sub> oranı mini-



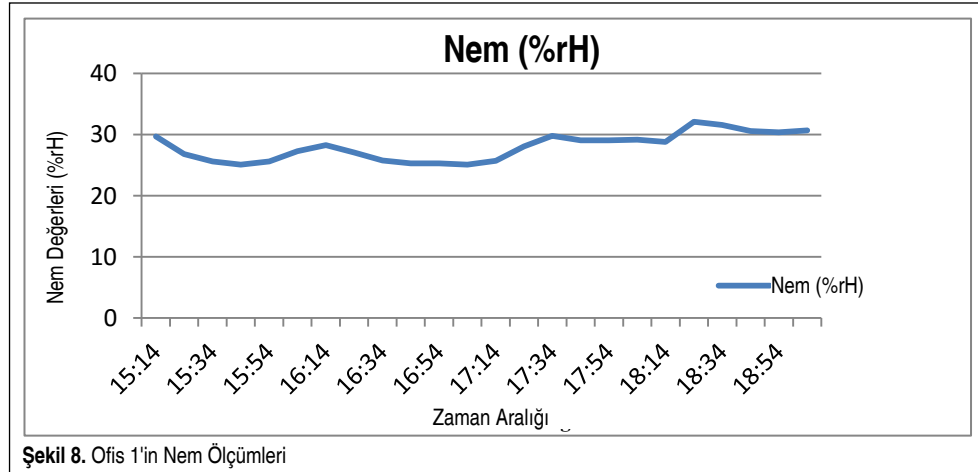
Resim 1. Ofisin Görünümü



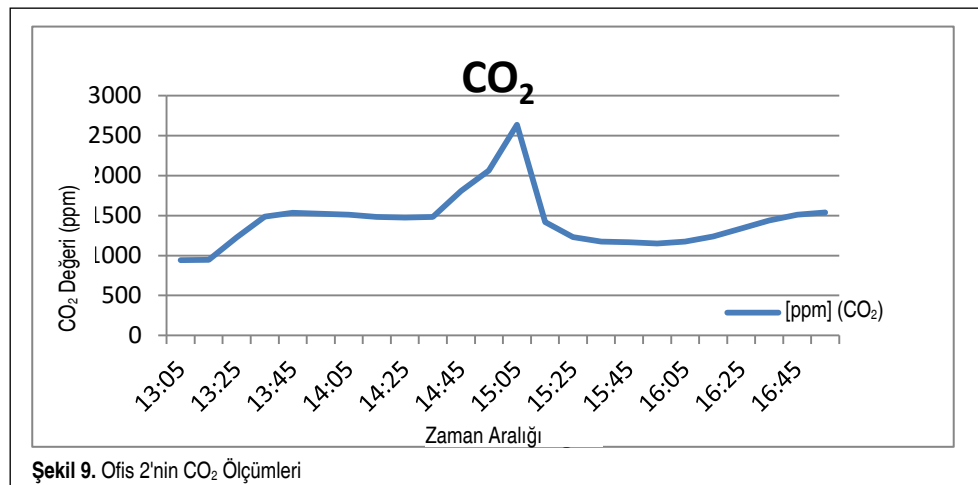
Resim 2. Ofisin Görünümü

Şekil 6. Ofis 1'in CO<sub>2</sub> Ölçümleri

Şekil 7. Ofis 1'in Sıcaklık Ölçümleri

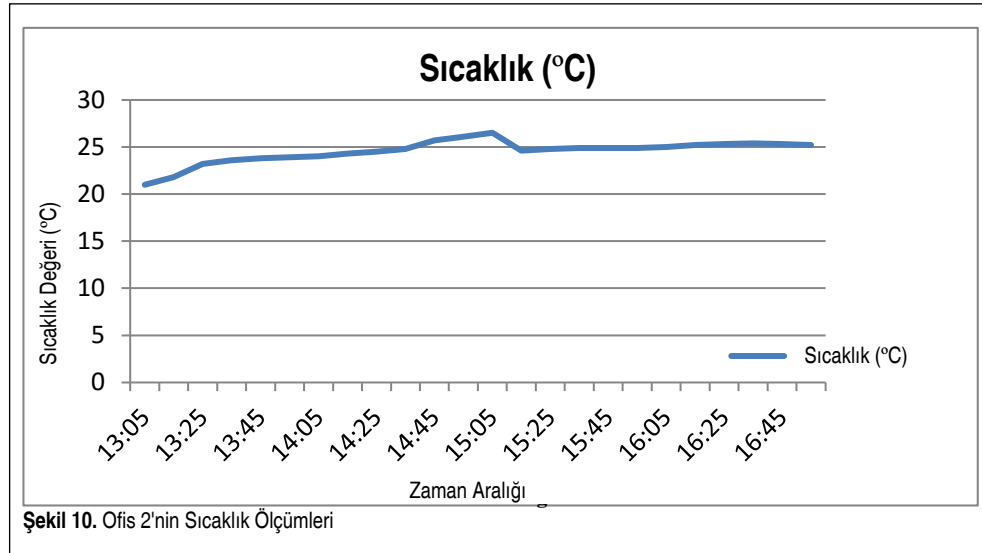


Şekil 8. Ofis 1'in Nem Ölçümleri

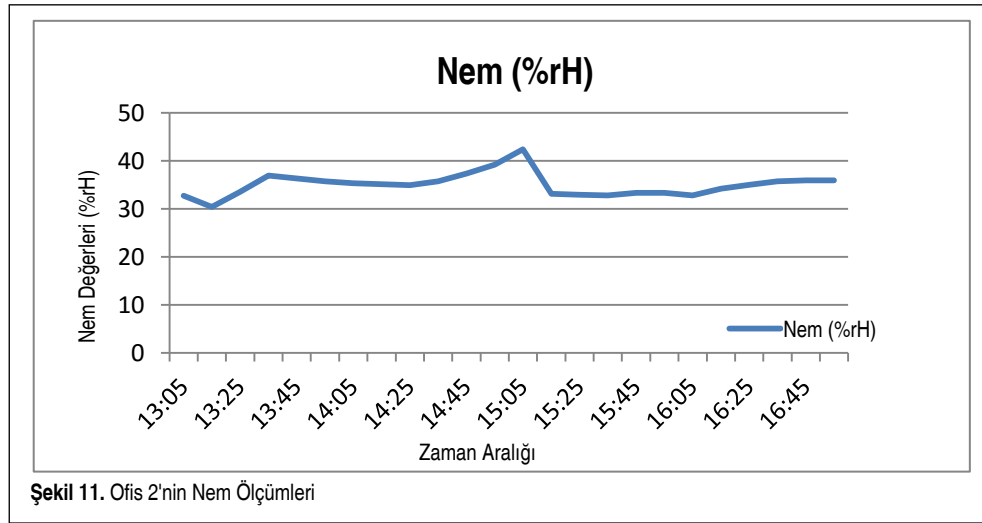
Şekil 9. Ofis 2'nin CO<sub>2</sub> Ölçümleri

mum ve maksimum değerleri 780 - 1468 ppm, ortalama değeri ise 1129.16 ppm olarak görülmektedir. Standart değerlere göre CO<sub>2</sub> oranı ideal havaya sahip olmakla birlikte, ASHRAE standartlarına uygundur.

Nem oranı olarak görülen minimum ve maksimum değerler 23 - 26.6 %rH, ortalama değeri ise 25.49 %rH olarak okunmaktadır. Bu değerler Şekil 2 göz önüne alınarak değerlendirildiğinde, uygun nem alanından daha düşük nem oranına sahiptir. Ayrıca Şekil 7'de görüldüğü gibi, sıcaklık değerleri



Şekil 10. Ofis 2'nin Sıcaklık Ölçümleri



Şekil 11. Ofis 2'nin Nem Ölçümleri

23 ila 26.6 °C arasında değişmekte olup, ortalama 25.49 °C standartlar arasında yer almaktadır.

Grafiklerde görüldüğü gibi, CO<sub>2</sub> oranı minimum ve maksimum değerleri 943 - 2638 ppm, ortalama değeri ise 1437.33 ppm olarak görülmektedir. Bu sonuç, CO<sub>2</sub> oranının standart değerlerin üzerinde olduğunu ve temiz dış hava miktarının artırılması gerektiğini göstermektedir.

Nem oranı olarak görülen minimum ve maksimum değerler 30.4 – 42.4 %rH, ortalama değeri ise 35.01 %rH olarak okunmaktadır. Bu değerler Şekil 2 göz önüne alınarak değerlendirildiğinde, uygun nem alanına sahip ortam olarak değerlendirilebilir. Ayrıca Şekil 13'te görüldüğü gibi, sıcaklık değerleri 21 ila 26.5 °C arasında değişmekte olup, ortalama 24.52 °C standartlar arasında yer almaktadır.

#### Dersliklerin Kullanım Yoğunlukları ve Resimleri

- Kullanılan ekipmanlar: Hocanın bilgisayarı ve projeksiyon cihazıyla birlikte 2 adettir.

- Derslikteki Kişi Sayısı: 66 kişilik kapasiteye sahip sınıflarda, ölçüm yapılan sıradaki kişi yoğunluğu derse giren çıkan kişiler dahilinde 26 kişi

Grafiklerde görüldüğü gibi, CO<sub>2</sub> oranı minimum ve maksimum değerleri 454 - 1094 ppm, ortalama değeri ise 674.08 ppm olarak görülmektedir. Standart değerlere göre, CO<sub>2</sub> oranı aşırı havalandırma seviyesi olmakla birlikte, yeterli miktarda havalandırma yapıldığı görülmektedir. Enerji tasarrufu açısından havalandırma azaltılabilir.

Nem oranı olarak görülen minimum ve maksimum değerler %22.5-29.8 rH, ortalama değeri ise %25.47 rH olarak okunmaktadır. Bu değerler Şekil 2 göz önüne alınarak değerlendirildiğinde, uygun nem alanından daha düşük nem oranına sahiptir. Ayrıca Şekil 14'te görüldüğü gibi, sıcaklık değerleri 22.4 ila 27 °C arasında değişmekte olup, ortalama 26.24°C ile standartların üstünde bir sıcaklığa sahiptir.

Grafiklerde görüldüğü gibi, CO<sub>2</sub> oranı minimum ve maksimum

Tablo 4. Dersliklerin Yapısal Özellikleri

Derslikler	En (cm)	Boy (cm)
Penceresiz Yan Duvar-Giriş (Saten Boya-1.5cm Sıva-12'lik Tuğla-1.5cm sıva-Saten Boya)	1366	261
<b>Pencere Duvar</b>		
1. Cam	1366	261
2. Cam	193	201
3. Cam	193	201
4. Cam	193	201
5. Cam	193	201
6. Cam	193	201
Penceresi Olmayan Bölmeler (Saten Boya-1.5cm Sıva-12'lik Tuğla-1.5 cm Sıva-Saten Boya)		
Tahtanın Bulunduğu Duvar (Saten Boya-1.5 cm Sıva-12'lik Tuğla-1.5 cm Sıva-Saten Boya)	669,5	261
Tahtanın Karşısı (Saten Boya-1.5 cm Sıva-12'lik Tuğla-1.5 cm Sıva-Saten Boya)	669,5	261
Döşeme (20 cm Döşeme Beton-1,5 cm Yapıştırıcı Harç-8 mm-Seramik-Zemin Kaplama)	669,5	261
Tavan: H= (20 cm Döşeme-15 cm Tesizat Boşluğu-1,5 cm Karolaj)	669,5	261
En= (192,3 cm Alçıpan-437,9 Kompozit Malzeme-39,3 cm)		
Kapı (Amerikan Kapı)	90	210



Resim 3. Dersliklerin Görünümü

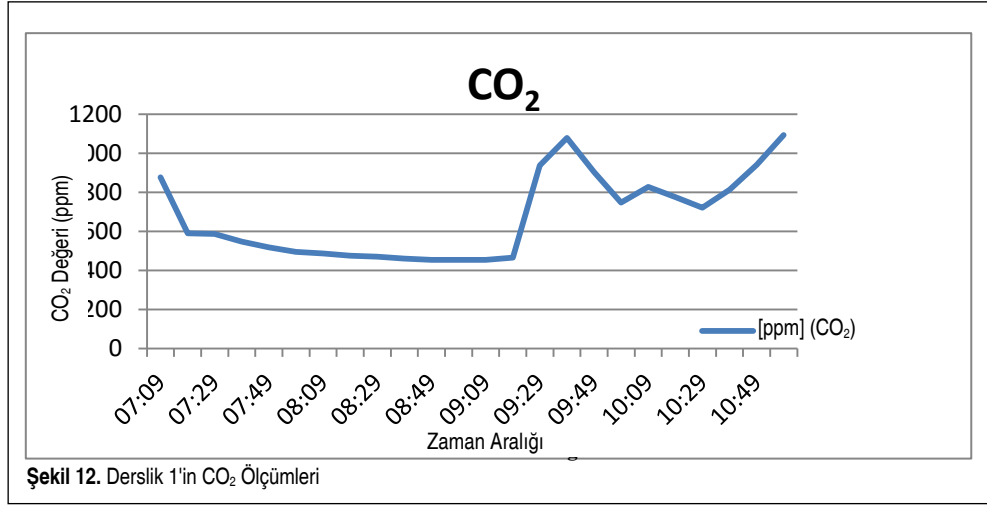
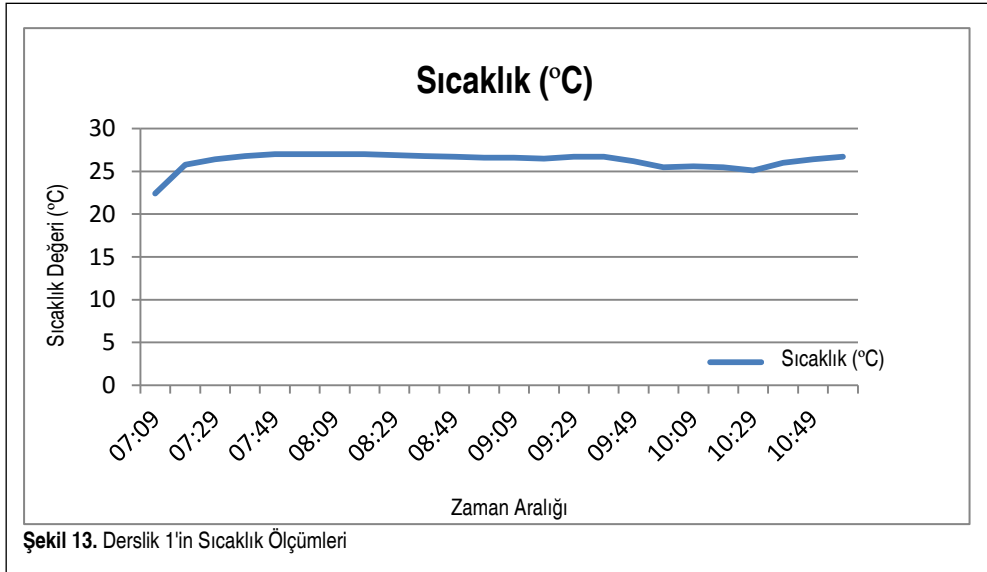


Resim 4. Dersliklerin Görünümü

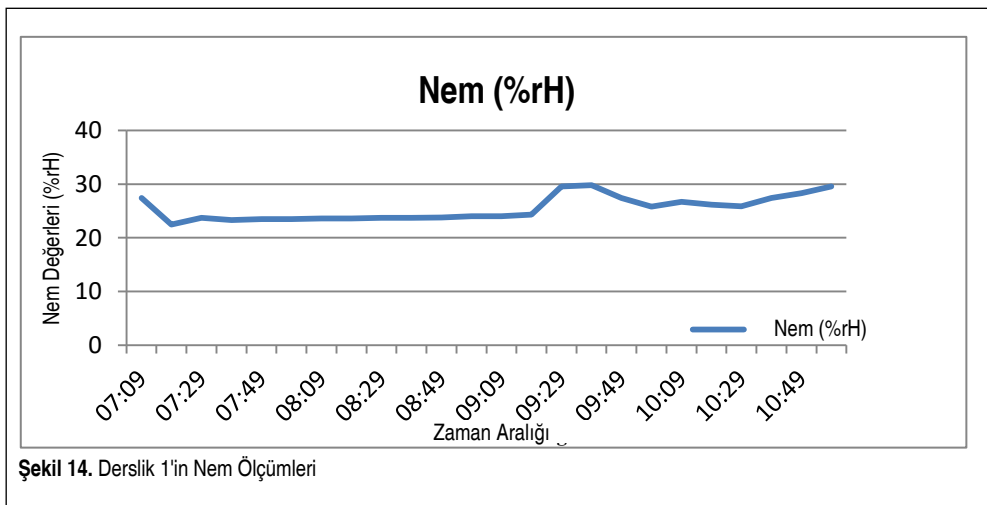
mum değerleri 744 - 2247 ppm, ortalama değeri ise 1223.958 ppm olarak görülmektedir. Standart değerlere göre, CO<sub>2</sub> oranının normalin üstünde olduğu ve dış hava miktarının artırılması gerektiği görülmektedir.

Nem oranı olarak görülen minimum ve maksimum değerler %43-54.7 rH, ortalama değeri ise %50.43 rH olarak okunmaktadır. Bu değerler Şekil 2 göz önüne alınarak değerlendirildiğinde, uygun nem alanına sahip ortam olarak değerlendirilebilir. Ayrıca Şekil 16'da görüldüğü gibi, sıcaklık değerleri 20.6 ila 23 °C arasında değişmekte olup, ortalama 21.59 °C standartlar arasında yer almaktadır.

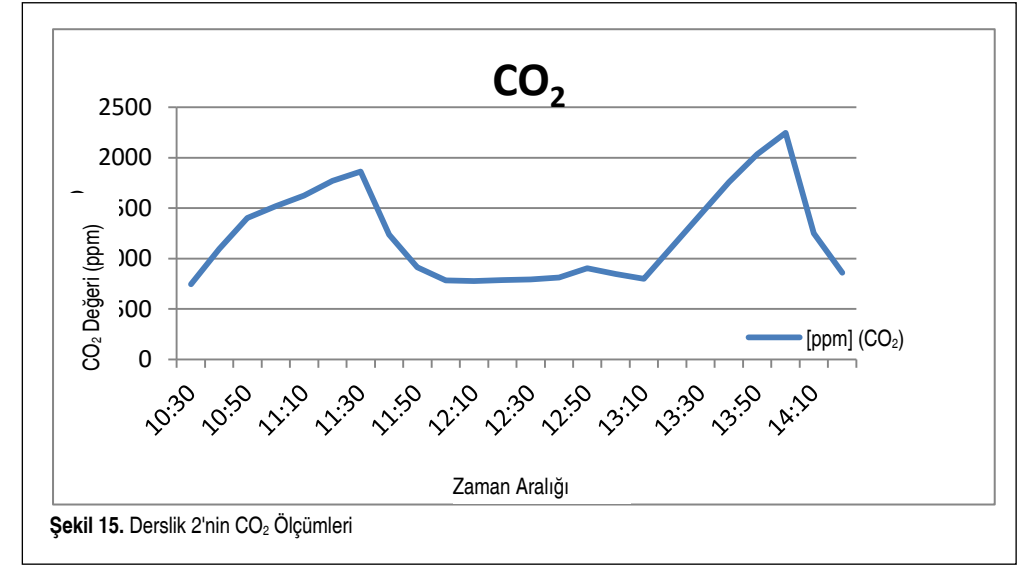
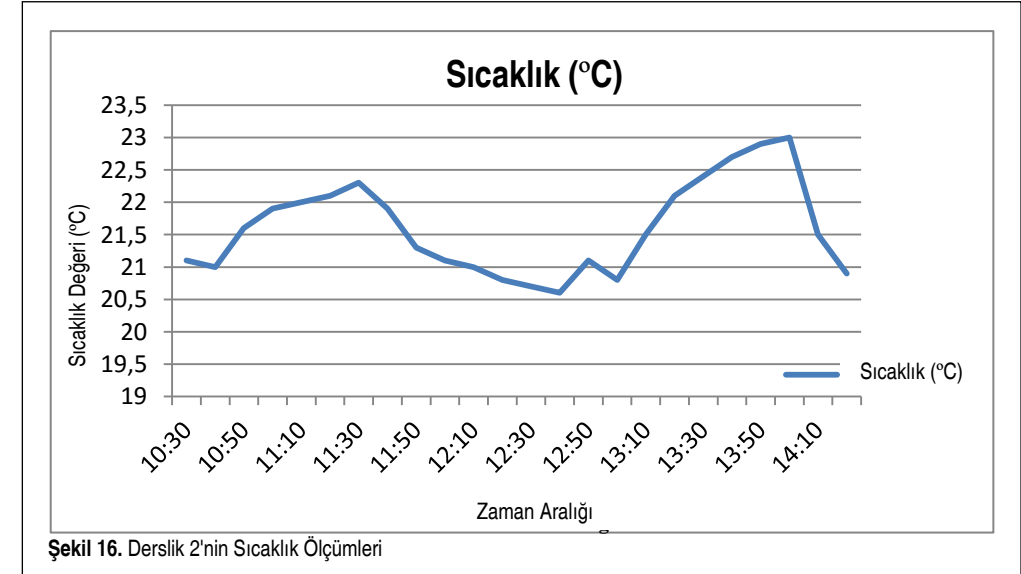
**Not:** Ölçümler ofis ve dersliklerin kullanıldığı zamanlar doğrultusunda yapılmıştır. Grafiklerdeki saat farklılıklar bundan kaynaklanmaktadır.

Şekil 12. Derslik 1'in CO<sub>2</sub> Ölçümleri

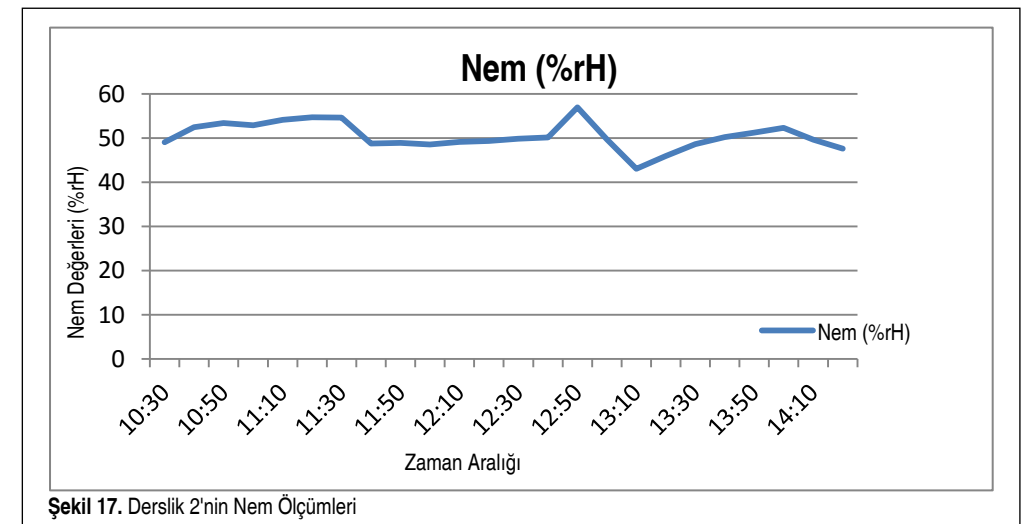
Şekil 13. Derslik 1'in Sıcaklık Ölçümleri



Şekil 14. Derslik 1'in Nem Ölçümleri

Şekil 15. Derslik 2'nin CO<sub>2</sub> Ölçümleri

Şekil 16. Derslik 2'nin Sıcaklık Ölçümleri



Şekil 17. Derslik 2'nin Nem Ölçümleri

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal havalandırılmalı ve merkezi kaloriferli bir eğitim-öğretim yapısında iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. İç hava kalitesi parametreleri olarak, sıcaklık, bağıl nem ve CO<sub>2</sub> miktarları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları grafikler üzerinde gösterilmiştir. İç hava kalitesinin iklimlendirme sistemleri ile doğrudan ilişkili olması, mekanik sistem çözümlmelerine etki etmesini kaçınılmaz kılmaktadır. Diğer bir deyişle; ülkemizde mekanik sistem çözümlmelerinde rol oynayan makina mühendislerinin konu ile ilgili hassasiyet göstermesi gerekmektedir.

Grafiklerde görüldüğü üzere, “iç hava kalitesi” kapsamında belirli parametrelerin zaman zaman değiştiği görülmektedir. İnsan sağlığı açısından doğal havalandırmanın belirli periyotlarla yetersiz kaldığı ve bu problem için önlem alınması gerektiği açıktır. Ancak bir çok devlet üniversitesinde mekanik havalandırmanın bulunmadığı düşünülürse, ülkemizde genel olarak iç hava kalitesi kavramının önemi ve bu kavramın eğitim-öğretimde ne gibi olumsuzluklara yol açabileceği görülmemektedir. Bu bağlamda, üniversitelerin proje aşamalarında dersliklerdeki kişi sayılarını belirlemede tefrişlerin dışına çıkılmamalı ve hava debileri belirlenirken ASHRAE standartlarına göre mahale entegre sistemleri oluşturulmalıdır.

Merkezi kalorifer sistemi ile ısıtılan ofislerde standartlara uygun bir iç hava kalitesi oluşturmak için havalandırma sisteminin de tesis edilmesi gerekmektedir. Havalandırma sisteminde filtrasyonun, yani hava temizliğinin titizlikle yapılmasına özen göstermek gerekmektedir.

Enerji tasarrufu ve sağlıklı ortamlar için çalışanların iç hava kalitesi ile ilgili bilgilendirilmesi ve eğitimi 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 gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye’de farklı amaçlar için kullanılan kapalı ortamlar için iç hava kalitesi ile ilgili yeni standartların geliştirilmesi ve uygulanması büyük önem arz etmektedir.

## KAYNAKÇA

1. İMEKSAN. <http://www.imeksan.com/>, son erişim tarihi: 14.11.2014
2. Schramek, E. 1999. Recknagel-Sprenger Schramek- Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı, TTMD, Ankara.
3. ASHRAE. 1989. Standard 62- 1989- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.
4. ASHRAE. 2003. ASHRAE Handbook CD, 2001 Fundamentals, Chapter 9: Indoor Environmental Health, Atlanta.
5. Guo, H., Lee, S. C., Chan, L. Y. 2004. “Indoor Air Quality in Ice Skating Rinks in Hong Kong,” Environmental Research, vol. 94, p. 327-335.
6. Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S. S., Van Grieken, R. 2007. “Comparative Overview of Indoor Air Quality in Antwerp, Belgium,” Environment International, vol. 33, p. 789-797.
7. 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, vol. 324, p. 41-53.
8. 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, vol. 33, p. 831-840.
9. ASHRAE. 2003. ASHRAE Handbook CD, 2001 Fundamentals, Chapter 9: Indoor Environmental Health, Atlanta.
10. HKGCC. 2006. The Clean Air Charter-A Business Guidebook, Hong Kong General Chamber of Commerce, [www.cleanair.hk](http://www.cleanair.hk), son erişim tarihi: 12.09.2014.
11. Edwards, R. D., Schweizer, C., Llacqua, V., Lai, H. K., M., Bayer-Oglesby, L., Künzli, N. 2006. “Time- Activity Relationships to VOC Personal Exposure Factors,” Elsevier Atmospheric Environment, vol. 40, no. 29, p. 5685-5700.
12. Arıcı, M., Seçilmiş, M. 2005. “Kapalı Yüzme Havuzlarının Nem Kontrolü ve Ekonomik Olarak İklimlendirmesi,” VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası İzmir, 8-11 Ekim 2003, Bildiri Kitabı, s. 477-492.