
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/saufenbilder		
	<u>Geliş/Received</u> 27.03.2017 <u>Kabul/Accepted</u> 20.04.2017	<u>Doi:</u> 10.16984/saufenbilder.300751	

Yatılı okul yatakhanelerinde iç hava kalitesi probleminin araştırılması ve yeni bir sistem geliştirilmesi

Mustafa Ertürk ^{*1}

ÖZ

Bu çalışmada 2016 yılı aralık ayın da dokuz odalı ve altmış öğrenci kapasiteli yatılı bir mesleki ve teknik eğitim merkezi pansiyonu yatakhanelerindeki iç hava kalitesi problemleri araştırılmıştır. İki dış hava, dokuz mahal içerisinde olmak üzere Testo 535 CO₂ ölçüm cihazı ölçümler yapılmıştır. Dış hava CO₂ ölçümleri bina bahçesinde ve 2.katta koridorda bulunan pencere açılarak yapılmıştır. Diğer 9 ölçüm her mahalin insanlı bölgedeki farklı beş noktadan ortalamaları manuel olarak kayıt altına alınmıştır. Bu ölçümler aralık ayının dört farklı gününde ve yedi farklı saatte (15⁰⁰, 16⁰⁰, 18⁰⁰, 20⁰⁰, 22⁰⁰, 00⁰⁰, 03⁰⁰, 06³⁰) yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre Saat 15'te tüm odalarda CO₂ müsaade edilen CO₂ miktarının (1100 ppm) altında olduğu görülmektedir. Öğrencilerin yatakhanelere girmeye başlama saati 18'den itibaren 20' ye kadar stabil olarak CO₂ miktarının arttığı, Saat 9³⁰ dan 22⁰⁰'a kadar serbest zaman olması öğrenci aktivasyonunu artırdığından CO₂ miktarını artırmakta, bu artış sabah 06⁰⁰'a kadar devam etmektedir. Bu pansiyondaki iç hava kalitesi problemini çözmek için geliştirilen yeni bir sistemle, iç hava kalitesini sürekli kontrol ederek ortamdaki iç hava kalitesini stabil durumda tutması hedeflenmiştir. Sistem yatakhane içerisindeki CO₂ sensörünün ABB marka sürücüsüne bilgi aktarması ile taze hava ve egzoz havası fanlarını değişken hava debili sistem haline getirerek ortam içerisindeki havanın CO₂ miktarını sürekli olarak 1100 ppm olarak tutması, dış hava sıcaklığı 20°C indiğinde içeriye üflenecek taze havayı da kanal içerisinde bulunan elektrikli rezistansları da yüke göre devreye alarak içeriye üflenen hava sıcaklığının sürekli olarak 25 °C tutulması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: iç hava kalitesi, havalandırma, değişken hava debili sistem, yatılı okul, CO₂

Investigating the problems associated with interior air quality of bedrooms in boarding schools and developing a new system

ABSTRACT

The problems associated with interior air quality in the dormitory of a vocational and technical training center that consist of six bedrooms with a capacity of sixty students are studied for December of 2016. Measurements are carried out with 11 Testo 535 CO₂ measuring instruments, two and nine of which are used for exterior and interior air, respectively. The outdoor CO₂ measurements are made in the garden and in front of open window situated at the second floor of the building. The data received from other nine measuring instruments placed at five different locations where the students are mostly present are recorded continuously and averaged manually. These measurements are conducted for seven different hours of four different days on December (15⁰⁰, 16⁰⁰, 18⁰⁰, 20⁰⁰, 22⁰⁰, 00⁰⁰, 03⁰⁰, 06³⁰). According to results obtained at 15⁰⁰, it is found that the amount of CO₂ level in rooms is measured to 1100 ppm, which is under the permitted amount of level. Students begin to enter the bedrooms from 18⁰⁰, the amount of CO₂ increase staidly to up to 20⁰⁰. The free time of students from 9³⁰ to 22⁰⁰ increases the amount of CO₂ and continues until 06⁰⁰ in the morning due to their increased activities in this period of times. To solve the problem associated with interior air quality of this dormitory, a novel system which controls the interior air quality continuously and keeps it stabile is developed. In this newly developed system, it is aimed to keep the amount of CO₂ at 1100 ppm level by transferring the data collected from CO₂ sensors in bedrooms to ABB brand driver, and designing a variable air flow system that controls the fresh air and exhaust fans. This system is also expected to constantly stabilize the blown air

¹ Yazar 1 bilgileri Balıkesir, Balıkesir Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Balıkesir- mustafaerturk65@gmail.com

temperature at 25 °C by activating the electric resistances present in the air channel according to the load, when the outside air temperature drops below 20 °C.

Keywords: Indoor air quality, ventilation, variable air flow rate, boarding school, CO₂

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tüm canlıların hayatlarını sürdürebilmesi için atmosfer havasındaki oksijene ihtiyacı vardır. İnsanlar 1 m³ oksijen için 4,76 m³ atmosfer havası teneffüs etmek zorundadır. Kapalı hacimlerde ısı kaybını azaltmak için infiltrasyon sızıntılarının önemli oranda düşürülmesi, binalarda estetik amaçlı kullanılan silikon, kurşun, vernik vb. esaslı malzemeler kapalı hacimlerin havalandırılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Kapalı mekanlarda bazı bileşenler veya faaliyetlerden oluşabilen toksit kimyasallar bir çok kanser çeşidinden başka, baş ağrısı, öksürük, gözlerde yanma, baş dönmesi gibi rahatsızlıklara neden olabilmektedir.[1] Çocuklarda bağışıklık, solunum, sindirim, sinir ve üreme sistemleri gelişimlerini tamamlamamıştır. Dolayısıyla, henüz tam oluşmamış bazı anatomik bariyerler, organlarını ve gelişimlerini etkileyebilecek toksik maddelerin girişine izin verebilir; solunum yoluyla maruz kalınan Partikül Madde (PM)'nin ciğerlere ulaşma oranı yetişkinlere göre daha yüksek olabilir. Alerji ve alerjik astım ülkemiz de dahil olmak üzere gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerde yaygınlığı artan bir hastalıktır. Okullarda iç havada ölçülen kirleticilerin neredeyse tamamı astım ile ilişkilendirilmektedir [2].

2. KAPALI HACİMLERDE HAVA TÜKETİMİ (AIR CONSUMPTION IN CLOSED VOLUMES)

Kapalı hacimlerde iç hava kalitesi, iç ortamdaki hava temizliği ile ilgilidir. Bu hacimlerde iç hava kalitesi yönünden insanların farklı beklentileri ve farklı algılamalarından dolayı, iç hava kalitesi için kesin sınırlar belirlemek gerçekçi bir yaklaşım olmaz. Bu duruma açıklık getirmek için ASHRAE 62-1989, 2001 ve 2004 kabul edilebilir iç hava kalitesi standardı getirmiştir. Bu standart; içinde bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya üzerindeki oranlarda havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır olarak

açıklamaktadır [3,4,5]. İç hava kalitesi ile bağlantılı olarak Kapalı Bina Sendromu, Hasta Bina Sendromu ve Bina Bağlantılı Hastalıklar olarak adlandırılan sağlık problemleri tanımlanmaktadır [6,7]. İç hava kalitesi ile ilgili yapılan araştırmaların çoğunda iç ortamdaki kirleticilerin seviyesi, dış ortama göre daha yüksek olduğu görülmüştür [8]. İç hava kalitesi değerlendirmelerinde İç ortamdaki sıcaklığı, bağıl nem, hava hızı, karbondioksit, solunabilir asıllı partikül madde, uçucu organik bileşikler, azot oksitler, karbonmonoksit, ozon, kükürtdioksit, radon, formaldehitler gibi parametreler ölçülerek iç hava kalitesinin durumu ve değerlendirilmesi yapılmaktadır [9-10]. İç hava kalitesini bozan kirleticiler iç ortam ve dış ortam kaynaklıdır. İç ortam kirlilik kaynaklarının başında insan gelmektedir. Bunun yanında iç ortamda bulunan halılar, mobilyalar, temizlik için kullanılan maddeler, sigara dumanı, soba dumanı ve çeşitli amaçlar için kullanılan alet ve cihazlar diğer iç kirleticilerdir. Dış ortam kirleticileri ise atmosfer havasındaki tozlar, polenler, araba egzozları ve endüstriyel kaynaklı havaya atılan kirleticiler olabilir. Dış ortam havasında bulunan kirleticiler, içeri verilen dış hava veya içeri sızan dış hava ile iç hava kalitesini olumsuz etkilerler. Sonuçta iç hava kalitesi düşük olan ortamlarda kirleticilere maruz kalan kişiler, alerji, enfeksiyon, zehirlenme ve yorgunluk gibi çeşitli sağlık problemleri ve rahatsızlıklar yaşarlar[11].

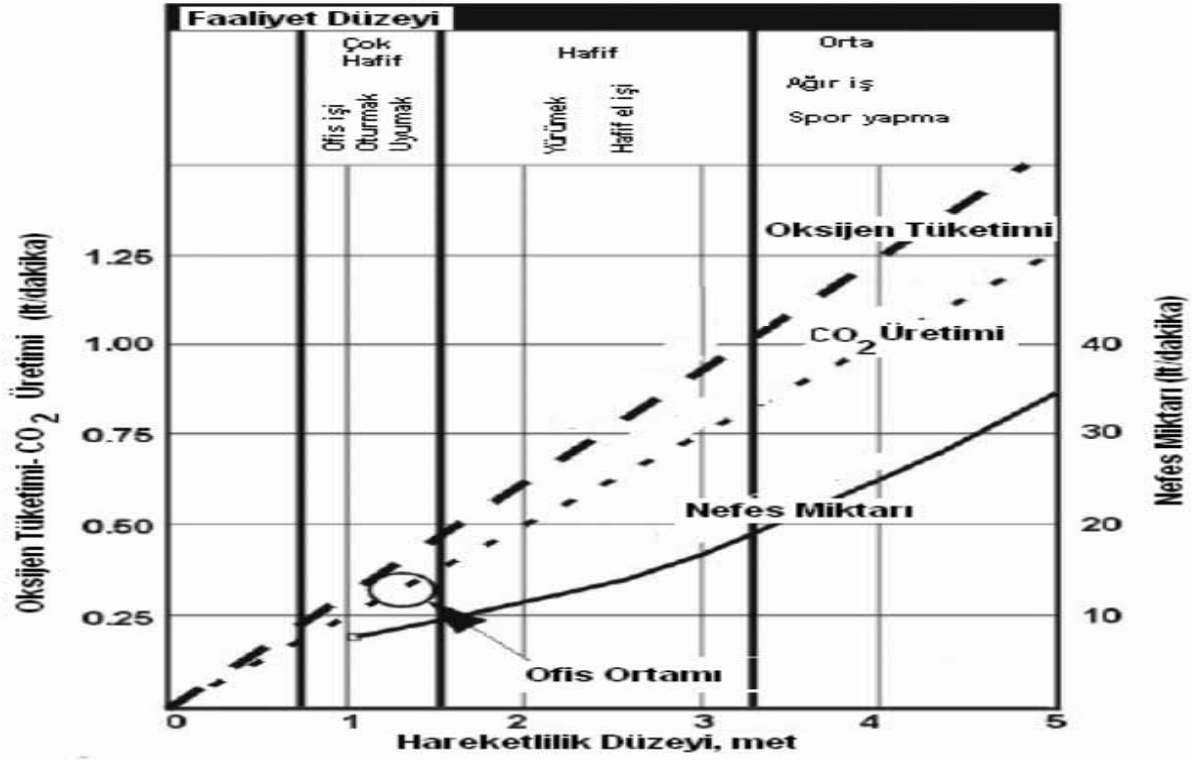
2.1 İnsan Faaliyet Türüne Göre Hava Tüketimi (Air Consumption By Human Activity Type)

Kapalı hacimlerde oksijen miktarı en az %11, karbondioksit oranı %3 olabilir. İnsanların çalışma aktivitelerinde oksijen alt sınırı %17~%18 civarında olmalıdır. 68 kg ağırlığındaki bir insan 24 saat boyunca 12m³ (14,4 kg) hava solmaktadır [12]. Kapalı hacimlerde, insan faaliyet türüne göre iç havaya aktarılan CO₂ miktarı Tablo 1'de verilmiştir [13].

Tablo1. İnsan faaliyet türüne göre iç havaya aktarılan CO₂ miktarı (The amount of CO₂ transferred to internal air by human activity type)

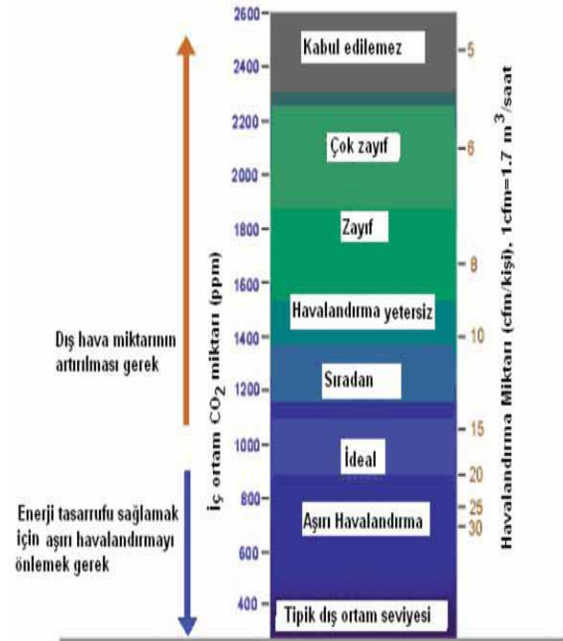
Durum	Faaliyet derecesi	CO ₂ verişi miktarı (litre/saat)
Oturan	I	15
Elle hafif iş yapma	II	23
Elle iş yapma veya yavaş yürüme	III	30
Ağır iş yapma veya hızlı yürüme	IV	30

Faaliyet türüne göre nefes alma miktarı, oksijen tüketimi ve CO₂ üretim miktarı değişimi Şekil 1'de verilmiştir [14]. Şekilden CO₂ üretiminin ve nefes alma miktarının metabolik aktiviteye bağlı olduğu görülmektedir [10].



Şekil 1. Faaliyet türüne göre nefes alma miktarı, oksijen tüketimi ve CO₂ üretim miktarının değişimi (Variation of amount of breathing, oxygen consumption and CO₂ production according to human activity type)

Kapalı hacimlerde CO₂ miktarı, 900- 1100 ppm'e kadar ideal olduğu bu miktarın arttıkça iç hava kalitesinde oksijen fakirliği CO₂ zenginliği olduğu Şekil 2'de gösterilmiştir [6].



Şekil 2. Karbondioksit seviyesi ile havalandırma arasındaki ilişki (Relationship between carbon dioxide level and ventilation)

3. HAVALANDIRMA YÖNTEMLERİ (VENTILATION METHODS)

Havalandırma kapalı bir hacimde insanlar ve çeşitli maddeler tarafından çıkarılan gazların tabii veya cebri olarak egzoz edilip yerine cebri veya tabii olarak taze hava gönderme işlemidir. Günümüzde binaların yapımında estetik ve yalıtım amaçlı kullanılan malzemelerin dış duvarlardaki hava akışını kısıtlaması, enerji ekonomisi nedeniyle pencerelerden infiltrasyon sızıntısının %10'lara inmesi, iç mekanlarda silikon esaslı üst yüzey malzemeleri kullanılması, eşya veya yapı malzemelerinden yayılan gazlar, sigara kokusu, çiğlenmeden dolayı dış duvarlara bakan iç duvar yüzeylerinde küf oluşumu iç hava kalitesinin düşmesine, üst solunum yolu enfeksiyonu ve romatizmal hastalıklar gibi sağlık problemlerine neden olmaktadır. Havalandırma yöntemlerini doğal ve mekanik olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür[16].

3.1 Doğal Havalandırma (Natural Ventilation)

Doğal havalandırma baca ve rüzgar etkisi ile gerçekleşir. Kapalı ortamların üst kısımlarına konulan menfezler baca ile irtibatlandırıldığı da rüzgar baca içerisinde bir vakum oluşturarak pencere ve kapılardan sızan taze hava kadar havayı egzoz eden sistemdir. Kirlilik seviyesinin düşük olduğu sistemlerde tercih edilir.

3.2 Mekanik(cebri)Havalandırma (Mechanical Ventilation)

Taze ve egzoz havalarının vantilatör ve/veya aspiratör olarak çalışan bir fan tarafından zoraki gerçekleştirilmesidir. Üç değişik yöntemle mekanik havalandırma yapılabilir.

3.2.1 Mekanik giriş doğal çıkış (Mechanical input natural output)

Mahal içerisine vantilatörle taze hava gönderilip kirli havanın da pozitif basınç etkisiyle baca, kapı ve pencerelerden egzoz edilme işlemidir.

3.2.2 Doğal giriş mekanik çıkış (Natural input mechanical output)

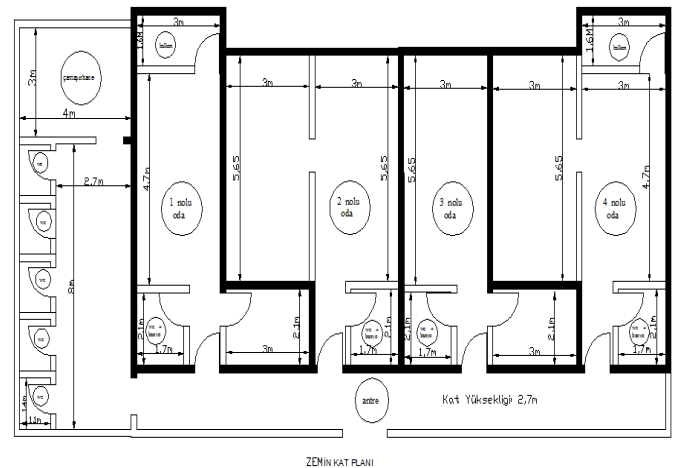
Bacaya takılan bir aspiratör vasıtasıyla mahalde meydana gelen negatif basınç nedeniyle kapı ve pencere aralıklarından giren taze hava ile gerçekleştirilen sistemdir.

3.2.3 Mekanik giriş ve çıkış (Mechanical input and output)

İnsanların kalabalık olarak uzun süre yaşamak zorunda oldukları hacimlerin havalandırılmasında kullanılan bu sistemde vantilatör tarafından ortama taze hava üflenerek kirli havanın aspiratör tarafından egzoz edilme işlemidir.

4. YATILI MESLEKİ VE TEKNİK EĞİTİM MERKEZİ PANSİYONUNDA İÇ HAVA KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI (INVESTIGATION OF INTERIOR AIR QUALITY IN BOARDING VOCATIONAL AND TECHNICAL EDUCATION CENTER)

Bu çalışmada, 2016 yılı aralık ayında Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi yatılı öğrenci yurdu iç hava kalitesi problemleri araştırılmıştır. Bu yurt binası toplam 3 katlı olup zemin kattta 1,2,3,4 numaralı yatakhane, 1 katta 5,6,7,8 numaralı yatakhane, 2 katta 12 numaralı yatakhaneler bulunmaktadır. Bu pansiyonun plan görünüşleri Şekil 1,2,3'te verilmiştir. Yatakhanelerde ikişerli ranzalarda toplam 6 veya 8 Öğrenci bulunmaktadır.

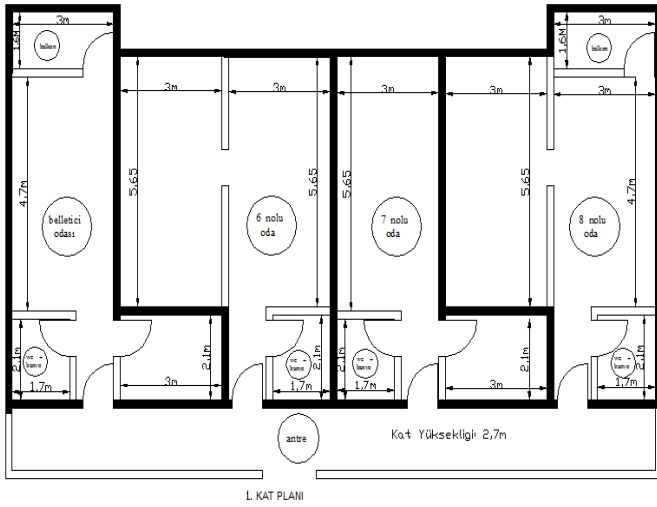


Şekil 3. Zemin kat planı (Ground floor plan)

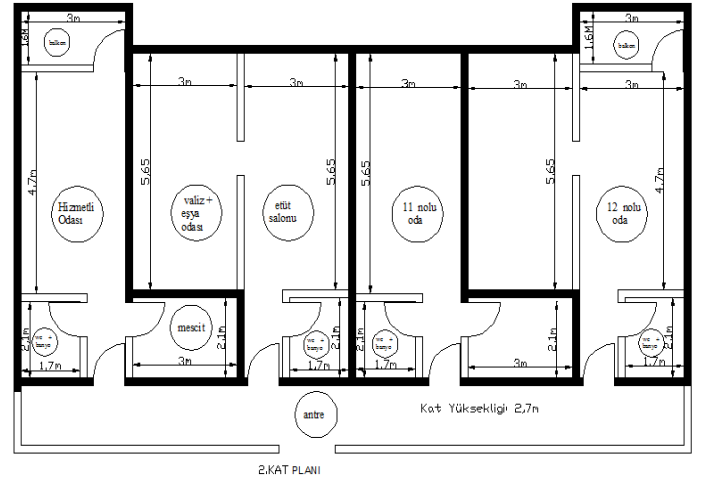
4.1 Ölçüm sonuçlarının açıklanması (The interpretation of results)

Çalışma da ikisi dış hava, dokuz mahal içerisinde olmak üzere on bir farklı yerde CO₂

miktarları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Tablo 2.6'da verilmiştir.



Şekil 4. Birinci kat planı (1st floor plan)



Şekil 5. İkinci kat planı (2nd floor plan)

Tablo 2. Birinci ölçüm sonuçları (1st Measurement results)

ÖLÇÜM YAPILAN MAHALLER	01-12- 2016'DA ÖLÇÜM YAPILAN SAATLER							KİŞİ SAYISI
	15 ⁰⁰	18 ⁰⁰	20 ⁰⁰	22 ⁰⁰	00 ⁰⁰	03 ⁰⁰	06 ³⁰	
1 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	596	1012	1325	2855	2265	2996	3025	6
2 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	785	1325	1714	2221	2565	3048	3125	8
3 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	601	1125	1612	2101	2458	3012	3099	6
4 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	525	1096	1458	2965	2356	3725	3998	8
5 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	488	992	1181	1489	1771	1996	2002	2
6 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	588	1101	1313	1819	2077	2725	2985	8
7 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	613	1255	1841	2713	2993	3255	3885	6
8 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	598	999	1555	2120	2855	3125	3332	8
12 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	674	1610	2365	2912	3222	4077	4412	8
Zemin kat dış hava CO ₂ miktarı(ppm)	389	441	488	493	512	529	529	-
2. kat dış hava CO ₂ miktarı (ppm)	395	449	501	513	540	557	552	-

Tablo 3. İkinci ölçüm sonuçları (2nd Measurement results)

ÖLÇÜM YAPILAN MAHALLER	07-12- 2016'DA ÖLÇÜM YAPILAN SAATLER							KİŞİ SAYISI
	15 ⁰⁰	18 ⁰⁰	20 ⁰⁰	22 ⁰⁰	00 ⁰⁰	03 ⁰⁰	06 ³⁰	
1 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	621	1042	1610	2255	2813	2990	3211	6
2 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	701	1316	1825	2396	2801	3212	3499	8
3 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	669	1601	1992	2625	3002	3622	3992	6
4 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	525	1196	1628	3212	2992	3722	4012	8
5 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	493	988	1091	1322	1591	1802	1995	2
6 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	557	1411	1622	2158	2488	3112	3523	8
7 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	597	1052	1783	2666	3520	4100	4652	6
8 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	512	1118	1855	2541	3001	3255	3962	8
12 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	611	1519	2210	2689	3521	4001	4322	8
Zemin kat dış hava CO ₂ miktarı (ppm)	396	423	457	478	499	525	527	-
2. kat dış hava CO ₂ miktarı (ppm)	412	428	469	492	514	533	558	-

Tablo 4. Üçüncü ölçüm sonuçları (3rd Measurement results)

ÖLÇÜM YAPILAN MAHALLER	15-12- 2016'DA ÖLÇÜM YAPILAN SAATLER							KİŞİ SAYISI
	15 ⁰⁰	18 ⁰⁰	20 ⁰⁰	22 ⁰⁰	00 ⁰⁰	03 ⁰⁰	06 ³⁰	
1 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	617	1137	2034	2013	2223	2802	2896	6
2 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	805	1210	2065	5002	2467	3370	2910	8
3 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	580	1181	1461	2325	2764	3585	3601	6
4 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	576	1665	2562	1369	2560	2022	2052	8
5 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	480	980	1173	1730	1560	1147	1660	2
6 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	532	1147	1844	1628	3072	5157	5210	8
7 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	489	1380	1340	1593	2355	3140	3491	6
8 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	497	1013	1516	1704	2470	2767	2896	8
12 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	786	1160	2220	2530	3485	6183	6380	8
Zemin kat dış hava CO ₂ miktarı (ppm)	389	451	412	529	552	528	430	-
2. kat dış hava CO ₂ miktarı (ppm)	406	466	425	563	573	596	552	-

Tablo 5. Dördüncü ölçüm sonuçları (4th Measurement results)

ÖLÇÜM YAPILAN MAHALLER	22-12- 2016'DA ÖLÇÜM YAPILAN SAATLER							KİŞİ SAYISI
	15 ⁰⁰	18 ⁰⁰	20 ⁰⁰	22 ⁰⁰	00 ⁰⁰	03 ⁰⁰	06 ³⁰	
1 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	596	1042	1215	1640	1764	2640	2890	6
2 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	725	1305	1370	1435	2170	3125	3565	8
3 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	596	1078	1113	1276	1890	2125	2525	6
4 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	641	953	1099	1350	1918	2320	2465	8
5 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	495	795	1201	1571	1741	1910	1988	2
6 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	556	1056	1752	2185	2483	2885	3214	8
7 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	572	1101	1215	1325	1790	3125	3325	6
8 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	512	998	1552	1791	2185	2910	3001	8
12 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	695	1320	1756	1993	2850	3585	3622	8
Zemin kat dış hava CO ₂ miktarı (ppm)	412	423	443	477	493	508	515	-
2. kat dış hava CO ₂ miktarı (ppm)	429	455	473	504	532	539	548	-

Tablo 6. Beşinci ölçüm sonuçları (5th Measurement results)

ÖLÇÜM YAPILAN MAHALLER	29-12- 2016'DA ÖLÇÜM YAPILAN SAATLER							KİŞİ SAYISI
	15 ⁰⁰	18 ⁰⁰	20 ⁰⁰	22 ⁰⁰	00 ⁰⁰	03 ⁰⁰	06 ³⁰	
1 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	628	1011	1147	1894	1536	2888	2912	6
2 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	697	1023	1179	1426	1783	2458	2696	8
3 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	593	1018	1140	1765	1354	2152	2229	6
4 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	546	1085	1120	2795	2012	2963	3025	8
5 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	499	989	1127	1292	1502	2001	2055	2
6 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	563	1002	1384	1276	2063	2857	2996	8
7 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	512	1096	1254	2049	2262	3012	3123	6
8 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	536	1185	1710	2600	2276	2984	3099	8
12 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	693	1258	1722	2857	2559	3212	3585	8
Zemin kat dış hava CO ₂ miktarı (ppm)	425	456	472	485	487	529	496	-

2. kat dış hava CO ₂ miktarı (ppm)	432	475	508	531	537	541	499	-
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

Aralık ayının beş farklı gününde yedi farklı saatte (15⁰⁰, 16⁰⁰, 18⁰⁰, 20⁰⁰, 22⁰⁰, 00⁰⁰, 03⁰⁰, 06³⁰) alınan ölçüm sonuçları ortalamaları Tablo 7’de verilmiştir

Tablo.7 Ortalama ölçüm sonuçları (Average measurement results)

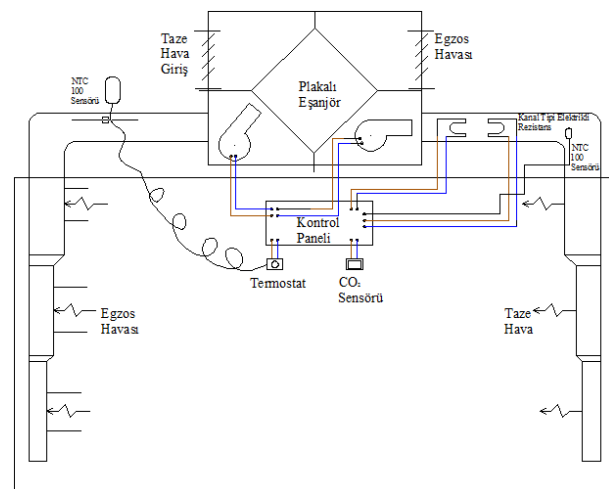
ÖLÇÜM YAPILAN MAHALLER	DÖRT ÖLÇÜME GÖRE ORTALAMA SONUÇLAR							KİŞİ SAYISI
	15 ⁰⁰	18 ⁰⁰	20 ⁰⁰	22 ⁰⁰	00 ⁰⁰	03 ⁰⁰	06 ³⁰	
1 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	641,0	1049	1466	2131	2120	2863	1925	6
2 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	742,6	1236	1631	2496	2357	3043	2153	8
3 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	607,8	1201	1464	2019	2294	2899	1975	6
4 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	562,6	1199	1574	2338	2368	2951	2086	8
5 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	491	948,8	1155	1481	1633	1771	1398	2
6 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	559,2	1145	1583	1813	2437	3347	2065	8
7 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	556,6	1177	1487	2069	2584	3327	2129	6
8 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	531	1063	1638	2151	2557	3008	2083	8
12 Numaralı oda CO ₂ miktarı (ppm)	691,8	1374	2055	2596	3127	4212	2673	8
Zemin kat dış hava CO ₂ miktarı (ppm)	402,2	438,8	454,4	492,4	508,6	523,8	483,6	-
2. kat dış hava CO ₂ miktarı (ppm)	414,8	454,6	475,2	520,6	539,2	553,2	508,5	-

Tablo 7’de görüleceği üzere zemin kattaki dış hava CO₂ miktarının ve 2 kattaki dış hava CO₂ miktarı yedi ölçüm sonucuna göre de düşük çıktığı görülmektedir. Yaklaşık 6 m yükseklikte dış hava CO₂ miktarının yüksek çıkması dikkat çekmektedir. Bu okulumuzun bulunduğu yerde 7 ölçüm sonucuna göre de dış hava CO₂ miktarının düşük çıkması sevindirici bir gelişmedir.

Bu bina öğrencilerin sabah yatakhanelerden ayrılmasıyla düzenli olarak pencereler açılarak öğleden sonra havalandırılmaktadır. Tablodan görüleceği üzere Saat 15’te tüm odalarda CO₂ müsaade edilen CO₂ miktarının altında olduğu (1100 ppm) görülmektedir. Öğrencilerin yatakhanelere girmeye başlama saati 18’den itibaren 20’ye kadar stabil olarak CO₂ miktarının arttığı, Saat 9³⁰ dan 22⁰⁰’a kadar serbest zaman olması öğrenci aktivasyonunu artırdığından CO₂ miktarını artırmakta, bu artış sabah 06⁰⁰’a kadar devam etmektedir. 06⁰⁰’da kahvaltı hazırlıkları başladığı için odadaki öğrenci sayısı azalması CO₂ miktarını düşürmektedir.

5. YÜKE GÖRE SICAKLIK VE CO₂ KONTROLLU HAVALANDIRMA SİSTEMİ (TEMPERATURE AND AMOUNT OF CO₂ CONTROLLED SMART VENTILATION SYSTEM BY LOAD)

Bu pansiyondaki iç hava kalitesi problemini çözmek için geliştirilen sistem Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Yüke göre sıcaklık ve CO₂ kontrollü havalandırma sistemi (Temperature and amount of CO₂ Controlled Smart Ventilation System By Load)

Bu sistemin iç hava kalitesini sürekli kontrol ederek ortamdaki iç hava kalitesini stabil durumda tutması hedeflenmiştir. Sistem yatakhane içerisindeki CO₂ sensörünün ABB marka sürücüsüne bilgi aktarması ile taze hava ve egzoz havası fanlarını değişken hava debili sistem haline getirerek ortam içerisindeki havanın CO₂ miktarını sürekli olarak 1100 ppm olarak tutması, dış hava sıcaklığını sürekli olarak izleyen sıcaklık hissedici ve termostat dış hava sıcaklığı 20°C indiğinde içeriye üflenecek taze havayı kanal içerisinde bulunan iki adet (2000 W ve 3000W) elektrikli rezistanslar yüke göre devreye alarak içeriye üflenen hava sıcaklığının sürekli olarak 25 °C tutulması hedeflenmektedir.

Saat 22' den sonra tüm odalarda CO₂ miktarının müsaade edilen seviyenin üzerinde olması ortam havalandırılmasını kaçınılmaz hale getirecektir. Sistemde egzoz edilen havanın ısını, dış havadan alınan taze havaya transfer etmek için plakalı ısı eşanjörü mevcuttur. Plakalı eşanjör yardımıyla en az %50 oranında enerji tasarrufu hedeflenmektedir.

Bu çalışmada makale metninin uzamaması için havalandırma kanalı projesine girilmemiştir.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Havalandırma sistemi bulunmayan bu okulumuzda ASHRAE standartlarının üzerinde CO₂ miktarı çıkmıştır. Yatakhanelerde, geliştirilen bu sistemle ASHRAE standartlarına göre CO₂ miktarı ve konfor sıcaklığının \pm % 5 hata payıyla tutulabileceği düşünülmektedir. Sistemin dış hava sıcaklığı sensörü (NTC100) ile kanal çıkışındaki sensörüyle (NTC100) haberleşmesi kanal içerisinde bulunan rezistansları değişken kapasiteli olarak devreye almaktadır. Mahal içerisindeki CO₂ miktarında karbondioksit sensörü - kontrol ünitesinin haberleşmesi ile üfleme ve egzoz fan devir sayılarını kontrol edip sistemi yüke göre çalışan değişken hava debili sistem haline getirmektedir. Ayrıca plakalı ısı geri kazanımla %50 oranında elektrikli rezistansların tüketeceği enerji miktarının azaltılabileceği hedeflenmektedir.

Yatakhanelerde iç hava kalitesi ölçümlerine göre, CO₂ miktarının havalandırma için yeterli bir parametre olduğu görülmüştür. Mahal içerisindeki CO₂ miktarı ölçüm yapılan tüm saatlere göre değişkenlik göstermektedir. Geliştirilen bu sistemle günün her saatinde iç hava kalitesinin stabil olması öğrencilerin gün boyunca öğrenme kabiliyetlerini artıracak, sistemin çalışma ve durma sayıları sınırlı olacağı için enerji tasarrufu da sağlanmış olacaktır.

Yatılı okullarda eğitim kalitesinin artması için mutlaka değişken kapasiteli havalandırma sistemleri bina yapımından önce tasarlanmalıdır. Klasik havalandırma sistemleri öğrenciler üzerinde ters etki oluşturabileceği gibi enerji israfına da neden olabilir.

Milli Eğitim Bakanlığımızın yeni yaptırmış olduğu okulların depreme dayanıklılığı, tek tip okul sistemi yerine iklimsel ve coğrafik şartları dikkate alarak yeni modern binalar yapması takdire şayan bir gelişmedir. Bakanlığımızın yeni yapılacak eğitim binalarında (ana okullarından üniversiteye kadar) akıllı havalandırma sistemlerine uygun projeler üretmesi öğrenim kalitesini artıracaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Öztürk. M., Güvensan, A., Yücel, E, "İç Mekanlardaki Kirlilik Sorunu ve Bitkilerin Rolü," Yanma ve Hava Kirliliği İkinci Ulusal Sempozyumu, Anadolu Üniversitesi 1994, s.287-295.
- [2] A. Maeseno, "Indoor Air Quality and Sources in Schools and Related Health Effects," Journal of Toxicology and Environmental Health-Part B-Critical Reviews, 16, 491-550, 2013.
- [3] ASHRAE, "Standard 62- 1989- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality," American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1989.
- [4] ASHRAE, "Standard 62- 2001- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality," American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2001.

- [5] ASHRAE, “Standard 62.1-2007 user's manual,” Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2007.
- [6] Bas. E, “Indoor Air Quality-A Guide for Facility Managers,” The Fairmont Pres, 2004.
- [7] Schramek. E, “Recknagel-Sprenger Schramek - Isıtma ve Klima Tekniđi El Kitabı,” TTMD, Ankara. 1999.
- [8] Montgomery. D.D, Kalman. D.A, “Indoor/Outdoor Air Quality”: Reference Pollutant Concentrations in Complaint-Free Residences, Applied Industrial Hygiene, 4 ,17-20, 1988.
- [9] Kreider. J.F, Rabl. A, “Heating and Cooling of Buildings-Design for Efficiency,” McGraw-Hill Inc., 1994.
- [10] Bulut. H, “Isıtma Sezonunda Ofislerde İç Hava Kalitesinin Araştırılması,” İklim 2007- II. Ulusal İklimlendirme Kongresi Bildiriler Kitabı, 285-295, Antalya, 2007.
- [11] Bulut. H, “Konutlarda İç Hava Kalitesi İle İlgili Ölçüm Sonuçlarının Analizi,” Teskon 2007 VIII. Ulusal Tesisat Muhendisliđi Kongresi Bildiriler Kitabı, 415-427, İzmir, 2007.
- [12] Bulut. H, “ Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO₂ Miktarının Analiz,” Teskon 2011 X. Ulusal Tesisat Muhendisliđi Kongresi Bildiriler Kitabı, 1679-1889, İzmir, 2011.
- [13] W. Tan and B. Khoshnevis, “Integration of process planning and schedulin: a review,” *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 11, no. 1, pp. 51–63, 2000.
- [14] Borat. O, Balcı. M, Sürmen. A.S, “Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniđi,” Teknik Eğitim Vakfı Yayınları, Ankara, 1992, s.1-4.
- [15] Dođan. H, “Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Tekniđi,” Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2002.
- [16] Schell. M. B, Turner. C, Omar. S, “Application of CO₂ -Based Demand-Controlled Ventilation Using”ASHRAE Standard 62: Optimizing Energy Use and Ventilation, ASHRAE Transactions, 104(2), 1213-1225, 1998.
- [17] Ertürk. Mustafa, “Havalandırma Sistem Tasarımı,” III.Uygulamalı İklimlendirme ve Sođutma Semineri Balıkesir Üniversitesi, 6 -10.