



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

OKULLARDA İÇ HAVA KALİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİ: ÖRNEK UYGULAMA

**ORHAN EKREN
EGE ÜNİVERSİTESİ**

**MACİT TOKSOY
ENEKO**

**SAİT C. SOFUOĞLU
İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**

**ZİYA HAKTAN KARADENİZ
İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ**

**SİNAN AKTAKKA
ENEKO**

**GÜNİZ GACANER ERMİN
GG MÜHENDİSLİK**

**İBRAHİM ATMACA
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**

**NECMİ VARLIK
MMO İZMİR ŞUBE**

OKULLARDA İÇ HAVA KALİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİ: ÖRNEK UYGULAMA

Okullarda İç Çevre Kalitesi Geliştirme Çalışma Grubu¹

ÖZET

İç çevre hava kalitesi (İÇK) problemlerinin insan sağlığına önemli etkileri olduğu bilinmektedir. Konut ve işyerleri gibi okullarda da öğrenci ve öğretmenler zamanlarının çoğunu iç ortamlarda geçirdiğinden İHK'nin sağlık ve öğrenme başarısına etkileri oldukça önemlidir. Sınıflarda öğrencilerin uyuklama hali ve ilgi kaybının sebebi uygun bir havalandırmanın yapılmaması olabilmekte, bu durum aynı zamanda öğretmenlerin çalışmalarını da olumsuz etkilemektedir. Özellikle gelişmiş toplumlarda bu alanda çok sayıda araştırma yapılmakta ve okullardaki İHK'nin geliştirilmesi ile ilgili pek çok yasal zorunluluk bulunmaktadır. Ülkemizde okullara yönelik İHK çalışmalarının yapılması ve tasarım esaslarının belirlenmesi büyük bir eksiklik olup acilen yerine getirilmesi gerekmektedir.

Bu nedenlerle Makina Mühendisleri Odası, İzmir Milli Eğitim Müdürlüğü işbirliği ile "İlköğretim Okullarında İç Hava Kalitesi Eğitimi" çalışması başlatmıştır (Okullarda İç Hava Kalitesi Eğitimi: Pilot Çalışma. Macit Toksoy ve Okullarda İç Çevre Kalitesi Eğitimi Çalışma Grubu). Bu çalışma kapsamında yaklaşık 30.000 ortaokul öğrencisine, 12.500 öğretmene ve okul yöneticisine eğitim verilmesi planlanmıştır. Eğitim çalışmalarına ek olarak, Bornova'da bulunan Nihat Gündüz Ortaokulu'nda sınıfların iç hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik bir havalandırma uygulama projesi gerçekleştirilmiştir. Bu ortaokulda tüm okulu temsil edebilecek kirleticilerin en fazla olabileceği düşünülen örnek bir sınıf ele alınmış bu sınıfta iyileştirme öncesi ve sonrası İÇK ölçümleri yapılmıştır. Okulda havalandırma sistemi kurularak iyileştirme öncesi ve sonrası durum karşılaştırılarak iç hava kalitesi incelenmiştir. Buna göre, iç hava kalitesi kirleticilerinden olan sınıf içi CO₂ düzeyi iyileştirme öncesi ortalama derişimin standartta izin verilen değerleri aşarak 2658 ppm'e kadar çıktığı görülmüştür. İyileştirme sonrası bu değer 1170 ppm'e düşerek %29 azalmış ve sınıf içi hava kalitesi uluslararası standartlara uygun hale getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İç hava Kalitesi, sağlık, ilköğretim okulu, ısı geri kazanımı, enerji verimliliği.

ABSTRACT

It is known that Indoor Environmental Quality (IEQ) affects people health. Similar with houses and offices schools are also important for kids' health and success since they spent most of their time in that buildings. Low ventilation and bad IAQ directly affect attendance and success of the students and also teachers in the classroom. In developed country, there are many researches regarding the IEQ and its requirements in schools. Also they have IEQ regulations while in Turkey studies about IEQ are not enough and need to be increased.

For this reason, Chamber of Mechanical Engineers and Local Education Division of Izmir have started a project namely "IAQ Education in Elementary Schools" (IAQ Education in Elementary Schools: A Case Study. Macit Toksoy and Work Group of IEQ Education in Elementary Schools). In this study, about 30000 students and 12500 teachers and school directors have planned to be educated.

^[1]**Okullarda İç Çevre Kalitesi Geliştirme Çalışma Grubu:** Orhan Ekren, Macit Toksoy, Sait Sofuoğlu, Z. Haktan Karadeniz, Sinan Aktakka, Güniz Gacaner, İbrahim Atmaca, Necmi Varlık

In addition to the education activities, a case study has been realized. For the case study, a school has selected (Nihat Gündüz Middle School in Bornova) and a new ventilation system with heat recovery installed to improve IAQ in that school. The ventilation system has implemented in a sample classroom in which IAQ was not in a good level. In the classroom, IEQ measurements have started in October-2014 and ended March-2015. According to the measurements, after the ventilation system average CO₂ value in the classroom is 1170 ppm (authorized value in classroom is 1500 ppm) while it was 2658 ppm before the ventilation system. As a result, average CO₂ is decreased about %29 by the ventilation system with heat recovery.

Key Words: Indoor air quality, health, elementary school, heat recovery, energy efficiency.

1. GİRİŞ

İnsanların bulunduğu konutlar ve işyerleri gibi, sınıfların mekanik havalandırması öğrencilerin ve öğretmenlerin sağlığı, öğrenme ve öğretme performansına pozitif etkileri pek çok araştırma ile kanıtlanmıştır. İyi havalandırılan sınıflardaki öğrencilerin standart testlerdeki başarıları diğerlerine göre %14 -%18 oranında daha yüksektir[1]. Günümüzde kirli havayı solumaya bağlı olarak astım gibi solunum hastalıkları ile kirli ortamda bulunma durumunda ortaya çıkan gözlerde kızarma, sulanma, baş ağrısı, baş dönmesi, yorgunluk, kırgınlık, ve uyuşukluk gibi birçok sağlık sorunu görülmektedir. Özellikle sınıfların uygun miktarda havalandırılması, sınıf havası içindeki çeşitli kaynaklardan gelen, öğrencilerin sağlığını yetişkinlerden daha fazla etkileyen, kimyasal ve biyolojik uçucu bileşiklerin konsantrasyonu azaltılarak, öğrencilerin bu bileşiklerden olumsuz yönde etkilenme riskini azaltmaktadır. İç çevre kalitesinin (İÇK) farklı bileşenleri bulunmaktadır; iç hava kalitesi, ısı konfor, akustik konfor, titreşim, koku ve görsel konfor. Bu bileşenlerin tamamı iç çevre kalitesini ortaya koymaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İç Çevre Kalitesi bileşenleri

Bu çalışma, Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesi tarafından İzmir Milli Eğitim Müdürlüğü işbirliği ile yürütülen İlköğretim Okullarında İç Çevre Kalitesi Eğitimi[2] projesinin bir parçasıdır. Çalışmada, mekanik havalandırma sistemine sahip olmayan örnek bir sınıfta (Nihat Gündüz Ortaokulu) iç hava kalitesi ve ısı konfor ölçümleri yapılarak bu sınıfta ısı geri kazanım cihazı kullanılarak mekanik havalandırma sistemi kurulmuş ve sınıf hava kalitesinin değişimi gözlenmiştir. Ayrıca aynı sınıfta akustik ve aydınlatma konforu da ele alınarak sınıfta bu amaçlı ölçümler ve analizler yapılmıştır.

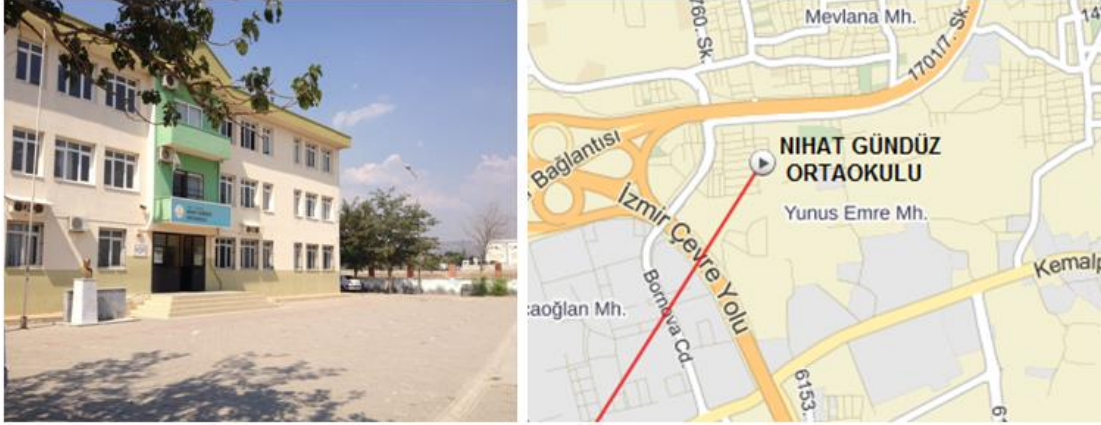
Bilindiği üzere iç hava kalitesi uygun havalandırma ile yerine getirilebilmektedir. Bu nedenle örnek uygulama projesi çerçevesinde Nihat Gündüz Ortaokulu'ndaki sınıfların havalandırılması için havalandırma debisinin belirlenmesi çalışmanın ilk adımını oluşturmaktadır. Sınıfta öğrencileri rahatsız etmeyecek düzeyde sınıf içi hava dağılımının analizi Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile gerçekleştirilmiş elde edilen sonuçlara göre IGK cihazına sahip bir havalandırma sistemi kurulmuştur.

Uygulama projesi, okul ve sınıf hakkında teknik detaylar, ölçümler, havalandırma debisinin belirlenmesi, HAD analizi, havalandırma projesi ve IGK cihazı, aydınlatma, akustik konfor analizlerinden oluşmaktadır.

2. ÖRNEK UYGULAMA OKULU

Nihat Gündüz Ortaokulu (NGO) İzmir Işıkkent bölgesinde yer almaktadır. Okulun dıştan görünüşü ve yeri Şekil 2'de verilmiştir. Okul ile ilgili bazı bilgiler şöyledir:

- Kat sayısı: zemin+ 2 kat
- Sınıf sayısı: 16+1 sınıf (1 tane 25 kişilik ana sınıfı)
- Öğrenci sayısı: ~350
- Öğretmen sayısı: 25
- Eğitim saatleri: Tam gün, 8:40 - 15:20
- Ders süresi: Sabah 40 dk. 4 ders ve 10 dk. teneffüs, Öğle tatili 1 saat, Öğleden sonra 40 dk. 2 ders ve 10 dk.teneffüs



Şekil 2. Nihat Gündüz Ortaokulu

Okul, altyapı işleri henüz tamamlanmamış ve göç almış bir bölgededir. Çevrede çimento, bira, yem vs. sanayi kuruluşları yer almaktadır. Şekil 2'de görüleceği üzere okul İzmir çevre yolunun otogar kavşağında Aydın ve Ankara yönlerine giden kollar arasında her iki kola 300 m mesafededir. Bu nedenle okul çevresinde hava kalitesinin iyi olduğu beklenemez. Okul içinde ve dışında hava kalitesini belirlemek için ölçümler yapılmıştır.

3. ÖLÇÜM SİSTEMİ VE ÖLÇÜMLER

Okulda yapılan ölçümlerle ilgili detaylı bilgiler bu bölümde verilmiştir. Yapılan ölçümleri iç ve dış olarak iki başlıkta inceleyebiliriz.

3.1 Sınıf İçi Ölçümler

Nihat Gündüz Ortaokulu'nda tüm okulu temsil edebilecek kirlenici derişimlerin yüksek olabileceği düşünülen zemin katta yer alan örnek bir sınıf ele alınmış, bu sınıfta iç hava kalitesinin iyileştirme öncesi ve sonrası

- Uçuşan toz derişimi
- CO₂ derişimi
- Toplam uçucu organik madde derişimi
- Sıcaklık ve bağıl nem

ölçümleri yapılmıştır. Sınıf içi ölçüm sistemi Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Sınıf içi ölçüm sistemi

Şekilde görüldüğü üzere sınıf ortasına yerleştirilen bir kabin içinde hava kalitesi, sıcaklık, bağıl nem ölçen ekipmanlar bulunmaktadır. Sıcaklık ve nem ölçümleri Hobo U12 cihazı ile gerçekleştirilmiş, hava kalitesi ölçümleri ise 3M EVM-7 çevresel izleme cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sınıf yazı tahtası üst noktasına yerleştirilern Hobo U12 cihazı ile aydınlatma şiddeti ölçümü de yapılmıştır. Hobo U12 cihazlarıyla ölçümler her 10 dakikada bir, iç hava kalitesi izleme cihazıyla ise her 30 saniyede bir yapılmış olup sınıfta iyileştirme öncesi mevcut durum ve iyileştirme sonrası (havalandırma cihazı kurulumu sonrası) ölçümler yapılmıştır. İyileştirmeye öncesi ölçümler Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak aylarını, iyileştirme sonrası ölçümler ise Şubat ve Mart aylarını kapsamaktadır.

Sınıf içi ölçümlerde CO₂ konsantrasyonunun mevcut durumu yansıtması ve sınıftaki öğrenci sayısına göre farklı durumların ortaya konulması amacıyla farklı senaryolar uygulanmıştır. Buna göre, dış havanın çok düşük sıcaklıkta olduğu, yağmurun yağdığı günler çocukların bahçeye çıkmadıkları belki sadece koridora çıktıkları durum kritik zaman dilimi olarak belirlenmiştir. Bu tür günler/zamanlar (çok soğuk – soğuk ve yağmurlu) için iki farklı senaryo uygulanmıştır.

Senaryo-1: Tenefüslerde öğrenci davranışına müdahale edilmediği, isteyen öğrencilerin sınıfta kaldığı ve pencerelerin açılmadığı durum

- Tenefüslerde sınıfta kaç kişinin kaldığı görevli öğrenciler ve sınıf öğretmeni tarafından kayıt altına alınmıştır.
- Eğer ders sırasında pencereler açılıyor ise sayısı ve süresi not edilmiştir.

Senaryo-2: Teneffüslerde tüm öğrencilerin sınıf dışına çıkarıldığı ve sınıf pencerelerinin açılarak havalandırıldığı (doğal havalandırma) durum

- Çocuklar zorunlu olarak sınıftan çıkarılmıştır.
- Eğer ders sırasında pencereler açılıyor ise sayısı ve süresi not edilmiştir.

Teneffüste sınıflarda pencere açarak havalandırma yapılırsa da yapılmazsa da, çocuklar yoğun olarak bulunacakları koridorlarda hem yüksek CO₂ konsantrasyonuna hem de bulaşıcı hastalıkların (sınıf içi ve sınıflar arası öğrenciler arasında) transferine uygun yüksek riskli bir ortamda bulunacaklardır. Bu durumun çocukların sağlığına belirgin bir etkisi olup olmadığı sağlık yönünden değerlendirmeleri içeren anketlerle gözlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, NGO sınıflarında konfor amaçlı anketler yapılarak sınıf içi konfor durumları belirlenmiştir.

3.2 Dış Hava Ölçümleri

Sınıf içi şartların dış hava ile de yakından ilgili olması nedeniyle dış havanın etkisinin tespit edilebilmesi amacıyla okul dışında ölçümler yapılmaya çalışılmıştır. Dış hava ölçümleri İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne ait bir ölçüm istasyonu ile yapıldığından zaman zaman veri kaybı vs. sorunlar nedeniyle ölçüm sonuçları planlandığı gibi sürekli olarak elde edilememiştir.



Şekil 4. Dış hava ölçüm sistemi

3.3 Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

3.3.1 Uygulama Öncesi ve Sonrası İç Hava Kalitesi

Uygulama sınıfında uygulanan senaryo tarihleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Senaryo uygulama tarihleri

Senaryo	İyileştirme Öncesi			İyileştirme Sonrası	
	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Senaryo-1	17-21 Kasım	22-26 Aralık	4-9 Ocak	9-20 Şubat	2-13 Mart
Senaryo-2	24-28 Kasım	15-19 Aralık	11-16 Ocak	X	X

Tablodan da görüldüğü üzere ölçümler sırasında doğal havalandırmanın ve sınıftaki öğrenci yoğunluğunun iç hava kalitesine etkisini gözlemleyebilmek için farklı senaryolar uygulanmıştır.

Senaryo-1'de sınıf normal işleyişine bırakıldığı durum, Senaryo-2 ise teneffüste pencerelerin tamamen açıldığı ve öğrencilerin dışarı çıkarıldığı durumdur. Bu iki senaryo sınıf içi hava kalitesi açısından büyük farklılıklar içerdiği gözlenmiştir. Mekanik havalandırma yapılma imkanı olmayan durumlarda doğal havalandırma yapılsa dahi sınıf içi hava kalitesini iyileştirmek için yetersiz kalabileceği görülmüştür.

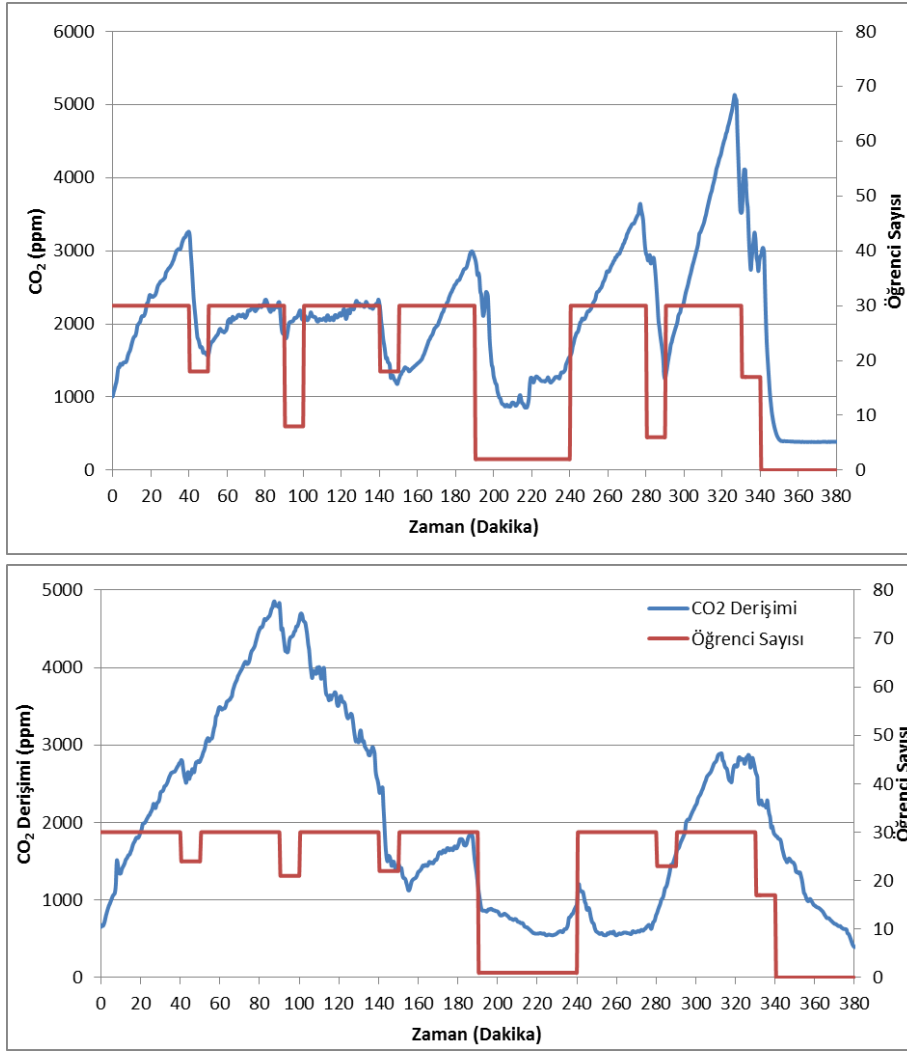
Okul saatlerinde yapılan ölçümler 8 saatlik olup, gece yapılan ölçümler ise 4 saatliktir. İç hava kalitesi ölçüm cihazı, sınıfın ortasında, yerden 1,1 m yüksekliğe ve çocukların müdahalesinden korumak üzere bir kabin içine yerleştirilmiş (Şekil 3) ve her 30 saniyede bir veri alınmıştır. Ölçümü yapılan kirlleticiler NO₂, Toplam Uçucu Organik Bileşikler (TUOB), aerodinamik çapı 2,5 µm'den küçük uçuşan toz (Partikül Madde, PM_{2.5}), CO₂'tir.

i- İyileştirme Öncesi:

Hafta içi gündüz saatlerinde 5 günlük ortalama TUOB derişimleri 100 ile 202 ppb arasındadır. Gece yapılan ölçümlerde ise TUOB derişimlerinin gündüz derişimlerine göre yaklaşık %8 düştüğü görülmüştür. Dolayısıyla, öğrenciler ve aktivitelerinin genel itibarla derişimlere pek katkısının olmadığı; derişimler için diğer iç ve dış kaynakların belirleyici olduğu yorumu yapılabilir.

PM_{2.5} içinse tam tersi bir durum söz konudur. Hafta içi gündüz saatlerinde 5 günlük ortalama PM_{2.5} derişimleri 190 ile 650 µg/m³ arasında olduğu belirlenirken gece bu aralık 120 ile 570 µg/m³ olarak belirlenmiştir. Derişimlerdeki düşüş %15 ile %44 arasındadır. Bu karşılaştırmalardan da görülmektedir ki, sınıfta öğrencilerin varlığı PM_{2.5} derişimleri için belirleyici bir rol oynamıştır. Okul günlerinde ölçülen yüksek derişimler muhtemelen çocukların hareketliliğiyle çökeldikleri yüzeylerden havalanan tozların etkisiyle oluşmakta; gece ve hafta sonu günlerdeki düşük derişimler ise havalanmış olan tozların geri çökmesi ile oluşmakta olduğuna işaret etmektedir.

Sınıflarda CO₂ için ana kaynağın öğrencilerin metabolik aktivitesi olduğu bilinmektedir. Ölçülen CO₂ derişimleri bu ön bilgiyi doğrulamaktadır. Genel itibarla öğrencilerin sabah derse gelmeleriyle konsantrasyonlar artışa geçmekte, ders aralarında bir miktar azalmakta, öğle tatilinde neredeyse sabah ders öncesi derişimlerine geri dönmekte, öğleden sonra dersleriyle tekrar artışa geçmektedir. Hafta içi gündüz saatlerinde 5 günlük ortalama CO₂ derişimleri 821 ile 1733 ppm arasında olduğu belirlenirken gece bu aralık 376 ile 500 ppm olarak belirlenmiştir. Derişimlerdeki bu eğilime örnek olarak Kasım ayındaki mevcut durum (Senaryo-1) iki ölçüm gününde teneffüste sınıfta bulunan öğrenci sayılarıyla beraber Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Mevcut durum iki örnek günün ortalama CO₂ derişimi ve teneffüste öğrenci sayıları

Bu projede kullanılmak üzere uygun bulunan British Department of Education tarafından belirlenen standarda (Building Bulletin 101) göre öğle yemeği gibi uzun bir ara vermeden yapılan eğitim süresince CO₂ derişimleri ortalama 1500 ppm ve maksimum 5000 ppm'i geçmemelidir. Ara vermeden yapılan eğitim süresi Nihat Gündüz Ortaokulu'nda sabahtan öğle arasına kadar olan periyottur.

Uygulama okulunda iyileştirme öncesi sonuçlara bakıldığında tekil günlerde sınırların aşıldığı durumlar görülebilmektedir. Örneğin, Kasım ayındaki iki haftada uygulanan iki senaryoda ölçülen derişimler karşılaştırıldığında teneffüslerde tüm çocukların dışarı çıkıp ve tüm pencerelerin açılıp sınıfın havalandırıldığı (Senaryo-2) durumda standart derişimler aşılmamış ancak bu uygulanmadığında (Senaryo-1) ortalama derişimin (2658 ppm) standatta izin verilen değerleri aştığı görülmüştür.

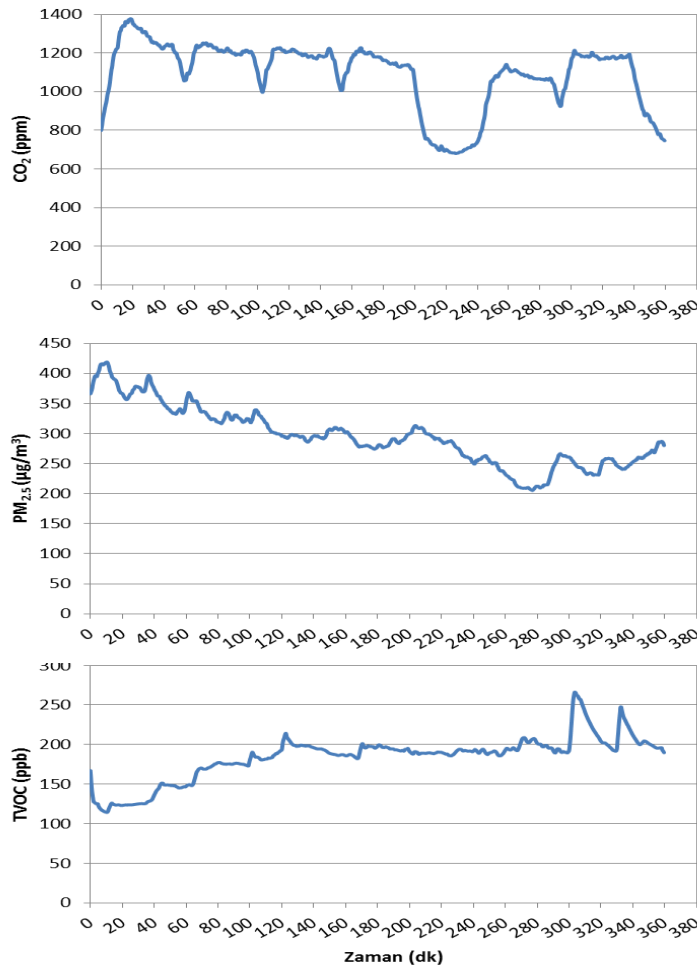
Bununla birlikte, Senaryo-2'de ölçülen PM_{2.5} derişimleri Senaryo-1 ile karşılaştırıldığında göreceli yüksek bulunmuştur. Bu durum CO₂'in aksine etkin havalandırma yapıldığında PM_{2.5} derişimlerinin yükselebildiğini, dolayısıyla dış havanın önemli bir PM_{2.5} kaynağı olabildiğine işaret etmektedir. Bu durum, Nihat Gündüz Ortaokulu'nun hem yoğun trafiği olan yolların hem de endüstriyel tesislerin bulunduğu bir kentsel alanda kurulu olmasından, etrafındaki arsaların bitki örtüsü olmayan boş toprak alanlar niteliğinde olması ve içinde bulunduğu mahalledeki evlerde ısınmak için kömür sobası kullanılıyor olmasıyla ilgili olabilir.

Sonuç olarak, CO₂ derişimlerinin gösterdiği doğal havalandırmanın yetersiz kalabilmesi ve PM_{2.5} derişimlerinin gösterdiği içeride öğrenci aktivitesinin ve dış havanın önemli birer kirlenici kaynağı olması, bu okulda çocuklara iç hava kalitesi açısından uygun bir iç çevre sağlayabilmek için PM kontrollü mekanik havalandırmanın iyi bir çözüm olacağına işaret etmektedir. Ölçümler ile ilgili detaylar Ugranlı vd.[3] İç Hava Kalitesi Sempozyumu bildirisinde bulunabilir.

ii- İyileştirme Sonrası:

Ek olarak Uygulama okulunda iyileştirme sonrası yapılan üç hafta süren ölçümlerde sadece Senaryo 1 uygulanmıştır. Yani teneffüste isteyen öğrenciler sınıfta kalmıştır ve ders sırasında hiç pencere açılmamış sınıf kapısı kapalı tutulmuştur. Ölçümler sırasında teneffüste ortalama 10-15 öğrencinin sınıfta kaldığı not edilmiştir. Buna rağmen iyileştirme sonrası veri elde edilmiş olan 13 günlük ortalamalara bakıldığında uzun bir ara vermeden yapılan sabahtan öğle yemeği arasında kadar süren periyotta ortalama ve maksimum CO₂ derişimlerinin sırasıyla 1170 ve 1680 ppm olduğu görülmektedir(Şekil 6).

Dolayısıyla esas alınan standardta verilen sınırlar aşılmamıştır. Altı saatlik tüm okul süresi esas alındığında iyileştirme öncesi ortalama derişimler (1542 ppm) ile iyileştirme sonrası ortalama CO₂ derişimi (1095) karşılaştırıldığında %29'luk bir göreceli azalma sağlanmıştır. PM_{2.5} derişimlerinde de (418 µg/m³'ten, 295 µg/m³'e) aynı oranda bir göreceli azalma elde edilmiş ancak TUOB derişimlerinde bir azalma görülmemiştir. Bu üç kirlenici için 13 günlük ortalama derişimler kullanılarak çizilen okul günü içindeki değişkenlik Şekil 6'da sunulmuştur.



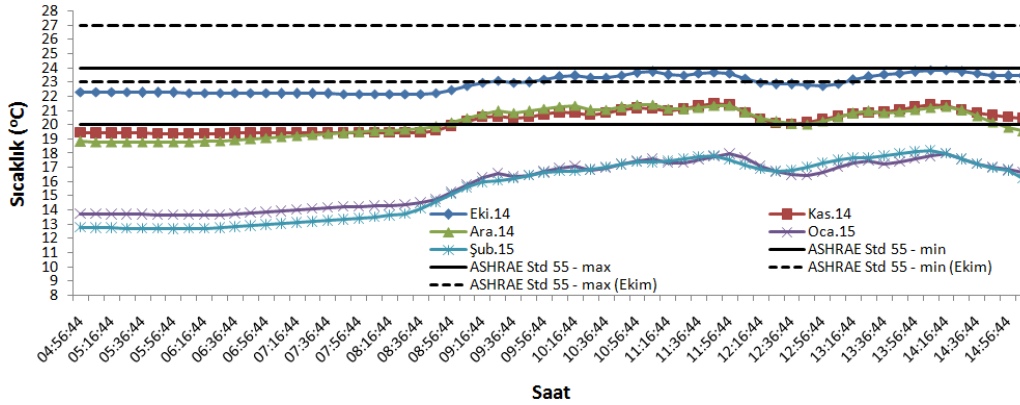
Şekil 6. İyileştirme sonrası sınıf içi kirlenici derişimlerinin değişimi

3.3.2 Uygulama Öncesi ve Sonrası Isıl Konfor Sonuçları

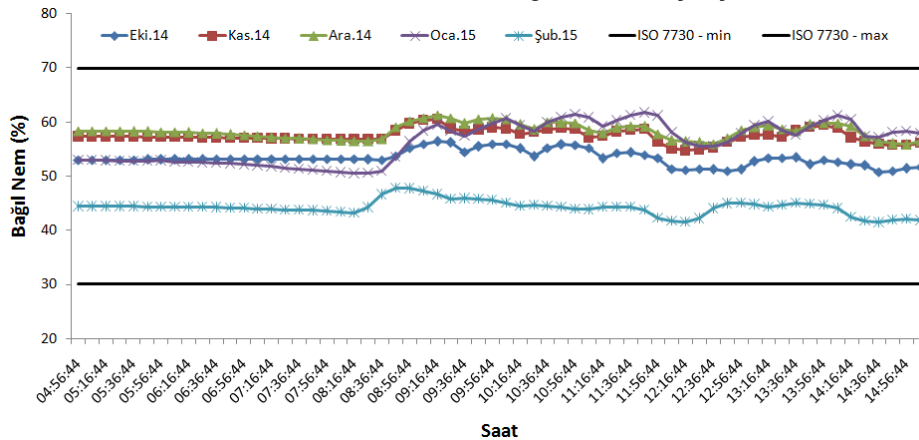
Bilindiği üzere ısı konforu insan boyutları, yaşı, cinsiyeti gibi birçok parametreye bağlı olsa bile en genel anlamda ısı konforu etkileyen parametreler kişisel ve çevresel parametreler olarak sınıflandırılabilir. Ortam sıcaklığı, ortam bağıl nemi, ortam hava hızı ve ortalama ışınım sıcaklığı çevresel parametreler olarak adlandırılırken, kişisel parametreleri ise kişinin metabolik aktivite düzeyi ve giyinme durumu oluşturmaktadır. Bu çalışmada uygulama okulu NGO'nda bir günün önemli bir zamanını geçiren öğrencilerin ısı konfor şartları hem objektif ölçümler hem de yapılan anketler ile subjektif sorgulamalar ile tespit edilmeyle çalışılmıştır.

Örnek sınıfta ASHRAE Standart 55 – 2004' de belirtildiği üzere oturan insan için bilek, bel ve baş seviyesine denk gelen sırasıyla yerden 0.1 m, 0.6 m ve 1.1 m yüksekliklerde sıcaklık ve bağıl nem ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra bir anket örnek NGO sınıflarına uygulanarak subjektif değerlendirme yapılmıştır. Yapılan ankette 7 noktalı ortalama tahmini oy (Predicted Mean Vote – PMV) indeksi kullanılmış sonuçlar istatistiksel olarak ele alınmıştır.

Örnek sınıfta ısı geri kazanım cihazı ile yapılan iyileştirmenin etkisini görebilmek için aylara bağlı ortalama sıcaklık ve nem değerleri sırasıyla Şekil 7 ve Şekil 8'de sunulmuştur. Benzer dış koşullara sahip ve normal işletme durumundaki Ocak ayı ile ısı geri kazanım cihazının çalıştığı Şubat ayları için alınan sıcaklık ölçümleri Şekil 7'den incelendiğinde belirgin bir fark gözlemlenmez iken sadece teneffüs aralıklarında ısı geri kazanım cihazları maksimum debi ile çalışırken sınıf içi sıcaklıkların düşmediği ve süreklilik arz ettiği görülmektedir. Belirgin fark ise bağıl nem değerlerinde gerçekleşmektedir. Şekil 8'de tüm aylar için bağıl nem konfor için önerilen aralıklarda gözükmese de, Ocak ayında sınıf içi maksimum bağıl nem sınır değeri olan %70' i aşmakta iken ısı geri kazanım cihazının devrede olduğu Şubat ayında önerilen sınırlar aşılmamaktadır.



Şekil 7. Kasım 2014 – Şubat 2015 için sınıf içi ortalama sıcaklık değerlerinin değişimi ve ASHRAE Standart 55 – 2004' de önerilen değerlerle karşılaştırılması.



Şekil 8. Kasım 2014 – Şubat 2015 için sınıf içi ortalama bağıl nem değerlerinin değişimi ve ISO 7730' da önerilen değerlerle karşılaştırılması.



İncelenen okul için mevcut analizden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- 1- Sınıf içi sıcaklık ve bağıl nem değerleri Ekim, Kasım ve Aralık ayları için uluslararası standartlarda önerilen aralıklarda iken, dış ortam sıcaklıklarının düşük olduğu Ocak ve Şubat aylarında iç ortam sıcaklıklarının ısı konfor limitlerinin altında kaldığı tespit edilmiştir.
- 2- Hem Ocak hem de Şubat ayları için ortalama bağıl nem değerleri limitler içerisinde iken, Ocak ayında öğrencilerin maruz kaldığı maksimum bağıl nem değerinin üst limit olan %70 değerini aştığı görülmüştür. Şubat ayında ise ısı geri kazanım cihazının çalışması ile nemin dengelendiği ve maruz kalınan bağıl nem değerlerinin limitler içerisinde kaldığı tespit edilmiştir.
- 3- Ocak ve Şubat aylarında sıcaklıklar ısı konfor için gerekli alt limitin altında kaldığından ısı geri kazanım cihazının ısı konforu etkileyip etkilemediği tam olarak tespit edilemese de ısı geri kazanım cihazının çalıştığı Şubat ayında teneffüs aralarında cihaz maksimum yükte çalışsa da sınıf iç ortam sıcaklıklarının düşmediği görülmüştür. Bu durum ısı geri kazanım cihazının ısı konforu bozmayacağını kısmen de olsa göstermektedir.
- 4- Anketlerden elde edilen sübjektif sonuçlar ile ölçümler ile elde edilen objektif sonuçlar birbirlerini doğrular niteliktedir. Öğrenciler 20 °C' yi aşan sınıf sıcaklıklarında ortamı kabul edilebilir bulurken bu sıcaklıkların altında oyları serin ve soğuk yönünde olmaktadır.
- 5- Anket sonuçları öğrencilerimizin uluslararası standartlarda verilen konfor limitleri ile uyumlu aralıkta (20°C-24°C) kendilerini konforlu hissettiklerini göstermektedir.

4. ÖRNEK UYGULAMA SINIFI HAVALANDIRMA İHTİYACININ BELİRLENMESİ

Bu projede sınıflardaki havalandırma debisinin belirlenmesi için İngiliz Building Bulletin 101 Standardı esas olarak geliştirilen yöntem ve program[4] kullanılmıştır. Bu standard havalandırma debisi için aşağıdaki şartları getirmektedir [4]:

1. *Okul binası içinde insanlar tarafından kullanılan her alan içinde olabilecek maksimum insan sayısına göre minimum 3 l/s hava debisi ile havalandırılacaktır.*
2. *Tüm eğitim alanları, tıbbi muayene ve tedavi müdahale alanları, hasta odaları izolasyon odaları, uyuma ve benzeri yaşam alanları içinde olacak insan sayısına bağlı olarak gerektiğinde kişi başına minimum 8 l/s debiyle havalandırılma olanağı olmalıdır.*
3. *Tüm tuvaletler ve banyolar minimum saatte 6 hacim değişimi ile havalandırılmalıdır.*
4. *Tüm öğretim ve öğrenme hacimlerinde karbondioksit konsantrasyonunu sınırlayacak şekilde havalandırma yapılmalıdır. Oturma pozisyonunda ve baş hizasında olmak üzere bir eğitim gününün başından sonuna kadar ölçülen karbondioksit konsantrasyonu ortalaması 1500 ppm değerini geçmemelidir.*
5. *Bir eğitim gününde maksimum karbondioksit konsantrasyonu 5000 ppm değerini aşmamalıdır.*
6. *Ders içinde de olmak üzere herhangi bir anda karbondioksit konsantrasyonu 1000 ppm değerinin altına indirilebilmelidir*
7. *Eğer bir mekanik havalandırma sistemi tanımlanması söz konusu ise bu sistem, kişi başına günlük ortalama olarak minimum 5 l/s hava debisi sağlamalıdır. Buna ilaveten de herhangi bir anda kişi başına 8 l/s havalandırma debisi sağlayacak kapasiteye sahip olmalıdır.*

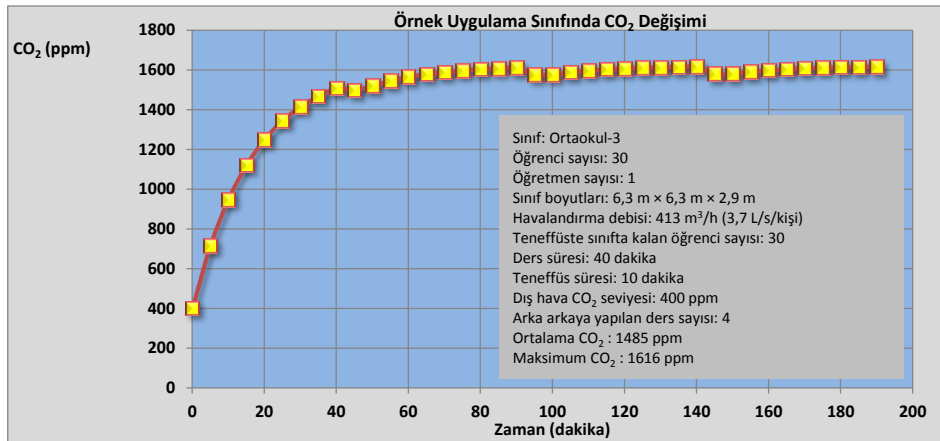
Bu şartları yerine getirecek mekanik havalandırma sistemi için havalandırma debileri, Tablo 2'de verilen sınıf parametrelerine göre, minimum 3,7 l/s/kişi (413 m³/h), maksimum 8 l/s/kişi (893 m³/h) olarak hesaplanmıştır. Minimum debi 413 m³/h, öğrencilerin tamamının teneffüste de sınıfta kalmaları halinde, arka arkaya yapılan 4 ders süresince ortalama CO₂ konsantrasyonun 1500 ppm'den az

olmasını sağlamaktadır (Şekil 7). Sınıfın içindeki maksimum CO₂ 5000 ppm den çok küçük (1616 ppm) olmaktadır. Standartta havalandırma sisteminin sağlaması öngörülen maksimum debi olan 893 m³/h (8 l/s) hava debisi aynı zamanda istenildiği anda CO₂ konsantrasyonunu 1000 ppm altına indirebilmektedir (Şekil 9).

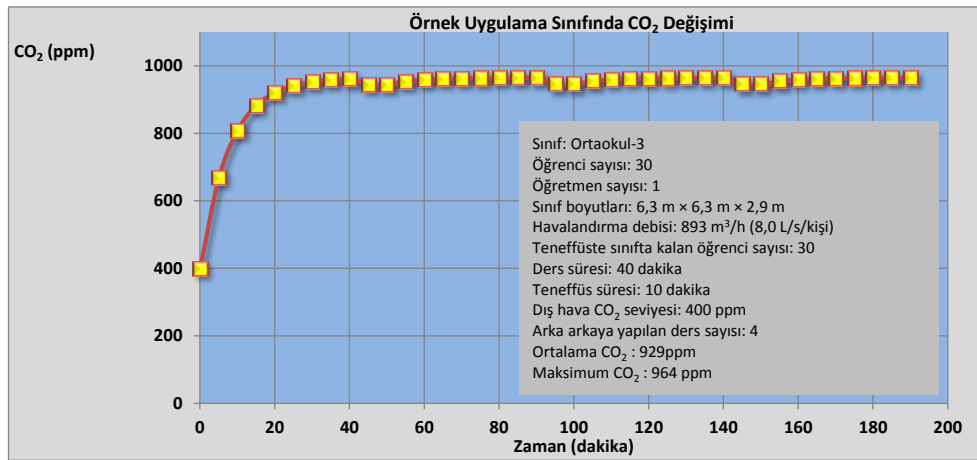
Tablo 2. Sınıf havalandırma parametreleri

Sınıf	Ortaokul 3
Öğrenci sayısı	30
Öğretmen sayısı	1
Sınıf boyutları	6.3 m x 6.3 m x 2.9 m
Teneffüste sınıfta kalan öğrenci sayısı	30
Ders süresi	40
Teneffüs süresi	10
Dış hava CO ₂ seviyesi	400 ppm
Arka arkaya yapılan ders sayısı	4

Teneffüste sınıfta kalan öğrenci sayısı, sınıf öğrenci sayısına (30) eşit alınmıştır ancak genellikle bundan az olacaktır. Bu durum sınıfta öğrencilerden kaynaklı CO₂ konsantrasyonunun en hızlı artımına karşılık gelen en riskli durumdur. Yapılan gözlemlere göre bazı teneffüslerde sınıfta kalan öğrenci sayısı 27'ye ulaşmıştır [4].



Şekil 9. Örnek uygulama sınıfında ortalama CO₂ konsantrasyonunu 1500 ppm altında tutan havalandırma debisindeki değişimi

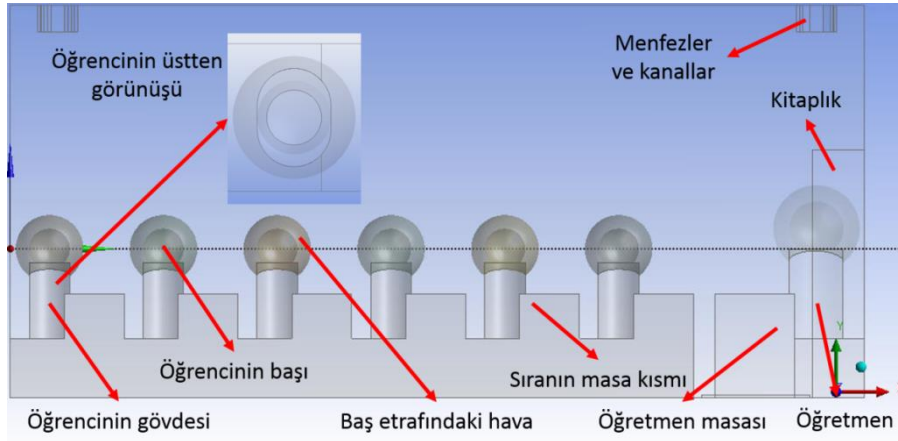


Şekil 10. Örnek uygulama sınıfında ortalama CO₂ konsantrasyonunun maksimum havalandırma debisindeki değişimi

Sonuç olarak 413 m³/h minimum hava debisi ile ortalama maksimum 1500 ppm olması gereken ortalama maksimum karbondioksit seviyesinin altında bir ortalama konsantrasyonu sağlanmaktadır. Söz konusu sınıfta mekanik havalandırma olmaması halinde infiltrasyonunda olmayacağı dış koşullar söz konusu olduğunda Tablo 2'deki parametrelere göre, karbondioksit konsantrasyonu 1 ders sonunda 3306 ppm, ekstrem koşullardaki 4 ders sonrasında ise 14207 ppm seviyesine yaklaşmaktadır.

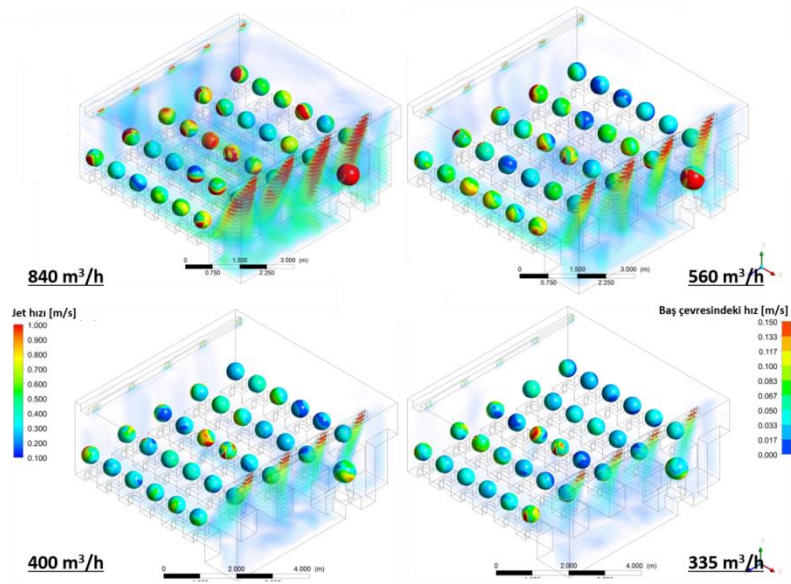
5. SINIF İÇİ HAVA DAĞILIMI İÇİN HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ ANALİZİ

İncelenen derslik 630x624x290(y) cm ölçülerindedir. Derslikte, toplam 30 öğrenci ayrı sıralarda (masa kısmı 60x44x77(y) cm, oturma kısmı 60x44x45(y) cm) tekli oturmaktadır (5 sütunda 6'şar sıra şeklinde). Bu öğrencilerin bacaklarının da sıra altındaki boşluğu hava akışını engelleyecek şekilde tamamen kapattığı düşünülmüştür. Öğrencilerin vücutları oval kesitli silindirlere olarak modellenerek başları ise bu silindirlere kısmen gömülü küreler olarak modele eklenmiştir. Öğrencilerin kol ve el ayrıntıları modelde gerekli görülmedi. Öğretmen masası (107x59x77(y) cm), kitaplık (86x38x183(y) cm) ve öğretmen de benzer şekilde modellenmiştir. İncelemelerde kullanılan modelin ayrıntıları Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Akış incelemelerinde kullanılan geometrik modelin ayrıntıları

Uygulanan tasarımda taze havanın tahta tarafındaki duvara yakın şekilde dersliğin tavanı boyunca döşenen kanal üzerindeki dört menfezden (25x15cm), sıralar arasında kalan koridorlar boyunca üflendiği düşünüldü. Emiş kanalı öğrencilerin arkasında kalan duvara yakın şekilde tavana yerleştirilerek, beş emiş menfezi (20x15cm) en arkada oturan öğrencilerin başı üstüne yerleştirildi. Belirlenen taze hava debisi üfleme menfezlerinden yatayda 22° ve düşeyde 60° olmasının en uygun durum olduğu bulundu. Bu tasarımda havalandırma hesaplarında, konforun sağlanabilmesi için kişilerin üzerlerine gelmesine izin verilen en yüksek hava hızı olan 0,15 m/s yi aşmadığı ve daha etkin bir havalandırma sağlayabileceği sonucuna varıldığından, bu tasarım üzerinde farklı üfleme koşulları için ayrıntılı inceleme yapılmıştır. Şekil 12'de bu tasarım için 60° üfleme açısında farklı debilerin derslik içi akışa etkisi verilmiştir. Tüm debiler için öğrencilerin ve öğretmenin başları çevresindeki hava hızları izin verilen değerlerin altındadır. Sadece en yüksek taze hava debisinde, yüksek hızlı hava akımına maruz kalan öğrenciler bulunmaktadır. Ancak yüksek debi ihtiyacını ders aralarında karşılayarak, günlük ortalama havalandırma debisini sağlamak yoluyla öğrencilerin bu etkiye en az ölçüde maruz kalması sağlanmıştır. Mevcut koşullar altında öğrencileri rahatsız etmeden ders sırasında sağlanabilecek en yüksek taze hava miktarının 560 m³/h olduğu görülmektedir.



Şekil 12. Uygulanan tasarım için 60° üfleme açısında farklı debilerin derslik içi akışa etkisi

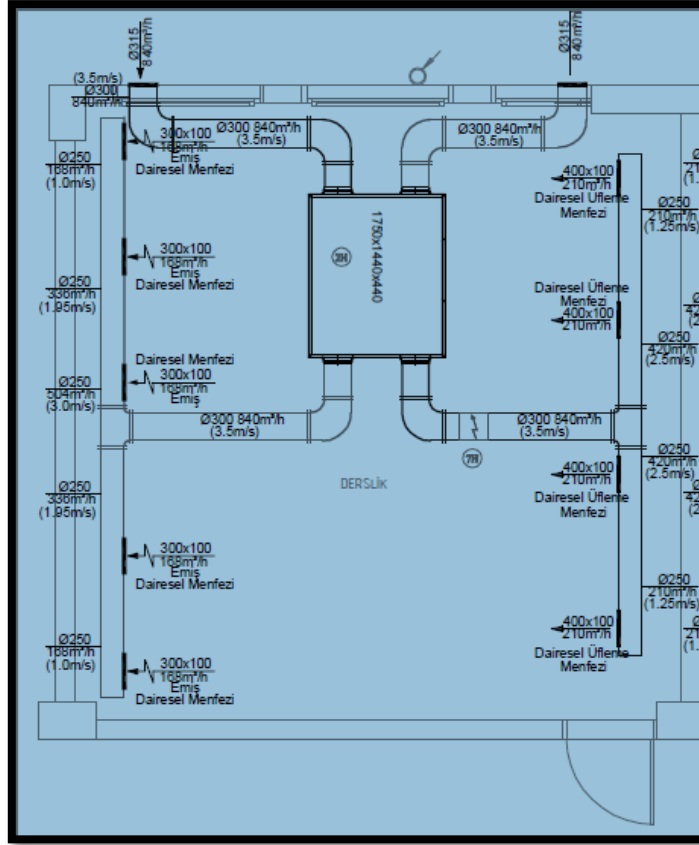
6. HAVALANDIRMA PROJESİ VE ISI GERİ KAZANIM CİHAZI (IGK)

Örnek sınıfta kullanılan üfleme ve emiş havalandırma kanalları dairesel tipte olup içten poliüretan esaslı yanmaz akustik köpük ile izole edilmiştir.



Şekil 13. IGK ve kanalın sınıftan görünümü

Örnek sınıfa ait havalandırma projesi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 14. Emme ve üfleme menfezleri

Çalışmada kullanılan IGK standart bir cihaz olup, üzerinde 1 adet ısı geri kazanım eşanjörü, taze hava vermek ve egzoz yapmak için 2 adet fan ve havayı temizlemek için filtrelerden oluşmaktadır. Bunlara ek olarak; cihaz içerisine by-pass sistemi eklenmiş ve üfleme kanalına elektrikli ısıtıcı bağlanmıştır. Cihaz mevcut kanal sisteminde minimum 400 m³/h ve maksimum 1.200m³/h hava debisi ile çalışabilmektedir. Bu da yapılan hesaplamalar sonucu istenilen minimum ve maksimum hava debisini sağlamaktadır.

Cihazda alüminyum plakalı ve karşıt akışlı tip ısı geri kazanım eşanjörü kullanılmıştır. Eşanjör Eurovent sertifikalı ve EN 308 standardına göre minimum %75 verimliliğe sahiptir. Fanlar; yüksek verimli, direkt akuple ve düşük ses seviyeli EC tiptir. Fan hızı dönüş havasına bağlanan CO₂ sensörü ile kontrol edilmektedir. Hem ortam havasını temizlemek, hem de cihazı korumak için 2 kademe filtre kullanılmıştır. G4 kaba ve M5 orta kalite filtre cihazın her 2 emişinde yer almaktadır. By-Pass; geçiş mevsimlerinde ve dış hava sıcaklığının uygun olduğu zamanlarda doğal havalandırmanın sağlanması için kullanılmaktadır.

Kış aylarında dış hava sıcaklığının çok düşük olduğu zamanlarda hem üfleme sıcaklığını arttırmak hem de ortamı ısıtmak amacı ile kanal tipi elektrikli ısıtıcı üfleme kanalı üzerine bulunmaktadır. Tüm bu ekipmanların yer aldığı ana gövde çift cidar galvaniz sacdan imal edilmiştir. Cidarlar arasındaki 30 mm taş yünü hem ısı izolasyonu sağlamakta hem de fan sesinin sönümlenmesini sağlamaktadır. IGK cihazı, üzerinde bulunan taze hava fanı, egzoz fanı, by-pass damperi ve elektrikli ısıtıcı gibi ekipmanları kontrol ve aşağıda listelenen gerekli tüm fonksiyonları yerine getirebilecek otomasyon paneline sahiptir. Otomasyon paneli görevleri

- Cihaz aç / kapa
- Fan hız kademe seçimi
- Filtre doluluk bilgisi
- Sıcaklık set değeri girişi

- By-pass damperinin sıcaklık ile otomatik kontrolü
- Elektrikli ısıtıcı kontrolü
 - ❖ Sıcaklığına bağlı kademe kontrolü
 - ❖ Cihaz çalışmadan elektrikli ısıtıcının çalışmasına izin vermeme
 - ❖ Cihaz kapatıldığında, eğer elektrikli ısıtıcı açık ise taze hava fanının gecikmeli kapanması
- CO₂ veya hava kalite sensörüne göre fan hızının otomatik ayarlanması
- Haftalık zaman ayarlama fonksiyonu
- Ders saatinde VOD modunda (CO₂ veya hava kalite sensörüne bağlı) çalışma, teneffüs sırasında maksimum kapasite çalışma

6. AYDINLATMA VE AKUSTİK KONFOR ANALİZİ

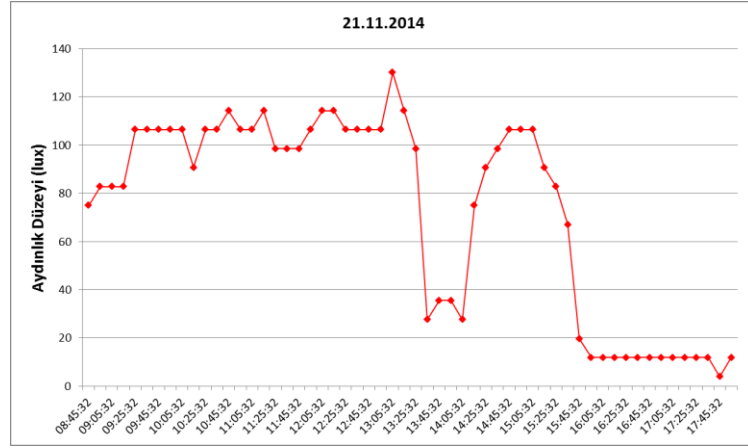
NGO'da aydınlatma ve akustik ölçümleri de yapılmıştır. Sınıf yüksekliği 2,90 m'dir. Sınıf tek yönden ışık almaktadır ve mevcuttaki 3 pencerenin toplam alanı 6,8m²'dir. Pencere alanının taban alanına oranı 0,17'dir. Bu oran genellikle 0,05 ile 0,30 arasında olması önerilir ve bu sınıf için orta bir değerdir. Sınıf kuzey yönüne yönlendiği için doğrudan güneş ışığı sınıf içine ulaşmamaktadır. Gün içerisinde elektrik aydınlatması kullanılmaktadır.

Sınıflarda görsel konfor açısından ders tahtası ve düşey düzlem aydınlık düzeyinin dağılımı önemli olmaktadır. Sınıfta, Hobo U12 cihazı ile 10 dk aralıklarla ortalama alınarak düşey düzlem üzerindeki aydınlatma düzeyi ölçülmüştür. Cihaz ders tahtasının olduğu duvar üzerinde tahtayı ortalayacak şekilde ve yerden yaklaşık 2 m yüksekliğe yerleştirilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Aydınlatma ve akustik ölçümü

Sınıflarda ders tahtası ve düşey düzlem üzerinde önerilen düzgün yayılmış ortalama aydınlatma şiddeti 500 lux'tür [5]. Ancak alınan ölçüm sonuçlarına göre en yüksek aydınlık düzeyi 260 lux civarında olmuştur. Gün içerisinde çalışma saatleri boyunca en düşük aydınlık düzeyi (E_{min}) yaklaşık 40 lux, en yüksek aydınlık düzeyi (E_{max}) ise 130 lux dolayındadır. Elektrik aydınlatması kullanılsa bile gün ışığının değişimine göre aydınlık düzeyi değişkenlik gösterir (Şekil 16). Aynı zamanda sınıfta yapılan incelemeye göre elektrik aydınlatma sistemi çalışırken bile ders tahtasının bulunduğu duvar üzerinde eş yayılmış bir aydınlık düzeyi görülmemiştir.



Şekil 16. Gün içerisinde(çalışma saatleri boyunca) aydınlık düzeyi değişimi.

Akustik analizlerde yansım süresi ve konuşmanın anlaşılabilirliği en önemli parametreler olup akustik konforda belirleyicidir[6]. NGO örnek sınıfında yapılan akustik ölçümlerde sınıf içerisinde bir kaynak ve iki alıcı noktası belirlenmiş ve sonuçlar bu doğrultuda elde edilmiştir. Ölçümler sınıf boş durumda iken yapılmıştır (Şekil 15). Akustik analizler sınıfın yansım süresi olan EDT(500kHz- 1kHz) değerinin 0,5-0,6 saniye arasında ölçülmüş ve bu değer sınıf akustik konforunun sağlanabilmesi için uygundur. Diğer yandan STI (speech transmission index) denilen konuşma anlaşılabilirliği parametresi 0,7 ve üstü değere sahip olduğu bunun da çok iyi kategorisinde değerlendirilebileceği görülmüştür.

7. SONUÇ

Makina Mühendisleri Odası, İzmir Milli Eğitim Müdürlüğü işbirliği ile "İlköğretim Okullarında İç Hava Kalitesi Eğitimi" çalışmasının bir parçası olan bu çalışma kapsamında Bornova'da bulunan Nihat Gündüz Ortaokulu'nda sınıfların iç hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik bir havalandırma uygulama projesi gerçekleştirilmiştir. Bu ortaokulda tüm okulu temsil edebilecek kirleticilerin en fazla olabileceği düşünülen örnek bir sınıf ele alınmış bu sınıfta iyileştirme öncesi Kasım, Aralık ve Ocak aylarında iyileştirme sonrası ise Şubat ve Mart aylarında İÇK ölçümleri yapılmıştır. Nihat Gündüz Ortaokulunda iyileştirme öncesi ölçüm sonuçlarına göre CO₂ derişiminin standartta izin verilen değerleri aşarak 2658 ppm'e kadar çıktığı görülmüştür. İyileştirme sonrası bu değer 1170 ppm'e düşerek %29 azalmış ve sınıf içi hava kalitesi uluslararası standartlara uygun hale getirilmiştir.

British Department of Education tarafından belirlenen standarda (Building Bulletin 101) göre belirlenen şartları yerine getirecek mekanik havalandırma sistemi için havalandırma debileri, sınıf parametrelerine göre, minimum 3,7 l/s/kişi (413 m³/h), maksimum 8 l/s/kişi (893 m³/h) olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizi ile belirlenen taze hava debisi üfleme menfezlerinden yatayda 22° ve düşeyde 60° olmasının en uygun durum olduğu ve hava hızının izin verilen en yüksek hava hızı olan 0,15 m/s yi aşmadığı böylece etkin bir havalandırma yapıldığı görülmüştür. Havalandırma için sınıf içine minimum 400 m³/h ve maksimum 1.200 m³/h hava debisi ile çalışabilen Eurovent sertifikalı ve EN 308 standardına göre minimum %75 verimliliğe sahip alüminyum plakalı ve karşıt akışlı tip eşanjörü kullanılan bir IGK cihazı kullanılmıştır. Havalandırma sistemi üfleme ve emiş kanalları dairesel tipte olup içten poliüretan esaslı yanmaz akustik köpük ile izole edilmiştir.

Sınıf içi ısı konfor durumunu belirlemek için yapılan anketlerin sonuçları sınıf içi sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin Kasım ve Aralık ayları için uluslararası standartlarda önerilen aralıklarda iken, dış ortam sıcaklıklarının düşük olduğu Ocak ve Şubat aylarında iç ortam sıcaklıklarının ısı konfor limitlerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Bu durum okul ısıtma sisteminin yetersiz olmasının bir sonucudur. Hem Ocak hem de Şubat ayları için ortalama bağıl nem değerleri limitler içerisinde iken, Ocak ayında öğrencilerin maruz kaldığı maksimum bağıl nem değerinin üst limit olan %70 değerini aştığı görülmüştür. Şubat ayında ise ısı geri kazanım cihazının çalışması ile nemin dengelendiği ve maruz

kalınan bağıl nem değerlerinin limitler içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Ocak ve Şubat aylarında sıcaklıklar ısı konfor için gerekli alt limitin altında kaldığından ısı geri kazanım cihazının ısı konforu etkileyip etkilemediği tam olarak tespit edilemese de ısı geri kazanım cihazının çalıştığı Şubat ayında teneffüs aralarında cihaz maksimum yükte çalışsa da sınıf iç ortam sıcaklıklarının düşmediği görülmüştür. Bu durum ısı geri kazanım cihazının ısı konforu bozmayacağını kısmen de olsa göstermektedir.

Ek olarak sınıf içi akustik ve aydınlatma şiddetleri ölçülmüştür. Akustik olarak yansıma süresinin 0,5-0,6 sn ve konuşma anlaşılabilirlik parametresinin 0,7 den büyük olduğu her iki parametrenin de akustik konfor şartlarına uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sınıf yazı tahtası düzleminde aydınlatma şiddetinin en yüksek değerinin Kasım ayında 260 lux civarında olduğu ancak sınıflarda ders tahtası ve düşey düzlem üzerinde önerilen düzgün yayılmış ortalama aydınlatma şiddetinin 500 lux olması gerektiği bu nedenle sınıfta aydınlatma konforunun iyi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] SHAUGHNESSY, R.J., vd. A Preliminary Study on the Association Between Ventilation Rates in Classrooms and Student Performance. *Indoor Air* 16(6): 465-468. 2006.
- [2] Okullarda İç Hava Kalitesi Eğitimi: Pilot Çalışma İzmir. 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Okullarda İç Çevre Kalitesi Semineri, 2015.
- [3] UGRANLI, T., SOFUOĞLU, S.C., EKREN, O., TOKSOY, M., AKTAKKA, S., İzmir İlköğretim Okullarında İç Hava Kalitesi Eğitimi Projesi Uygulama Okulunda İç Hava Kalitesi, İç Hava Kalitesi Sempozyumu, TESKON, 2015.
- [4] TOKSOY, M., SOFUOĞLU, S., EKREN, O., UFUKTEPE, E. VARLIK, N. "Sınıflarda Havalandırma Devisinin Belirlenmesi". Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON), 2015.
- [5] DIN EN 12464-1, "Lighting of work places-Part 1: Indoor work places.
- [6] Erdal Kara, Karakutu Akustik, Nihat Gündüz Ortaokulu Akustik Analiz Raporu, 2014

ÖZGEÇMİŞ

Orhan EKREN

1976 yılı İzmir doğumlu olan Orhan Ekren, lisans eğitimini Dokuz Eylül Üniversitesi(DEÜ) Makina Mühendisliği bölümünde 1999 yılında, yüksek lisans eğitimini İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) Enerji Mühendisliği'nde 2003 yılında, doktorasını ise DEÜ Makina Mühendisliği bölümü Termodinamik anabilim dalında 2009 yılında tamamlamıştır. 2000-2003 yılları arasında İYTE makina mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. 2005 yılından buyana Ege Üniversitesi'nde çalışan Dr. Ekren, 2008 ve 2011 yıllarında akademik çalışmalar için, Amerika Birleşik Devletleri'nde iki farklı üniversitede Makina Mühendisliği bölümünde ziyaretçi araştırmacı olarak bulunmuştur. 2014 yılından buyana Ege Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Doçent olarak çalışmalarını sürdürmektedir. Çalışma konuları arasında; Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Hibrid Enerji Sistemlerinin Optimum Boyutlandırılması, Soğutma Sistemlerinde Enerji Verimliliği, Isı Pompası Sistemleri, Alternatif Soğutma Yöntemleri yer almaktadır.

Macit TOKSOY

Macit TOKSOY 1949 doğumludur. İTÜ 1972 mezunudur. 1972 – 2013 seneleri arasında Ege Üniversitesi, North Carolina State Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi ve İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsünde ısı transferi, enerji depolama, enerji verimliliği, jeotermal bölge ısıtması ve jeotermal elektrik santralleri alanlarında akademik hayatını sürdürmüştür. 2013 Yılından bu yana Eneko Havalandırma ve Isı Ekonomisi Sistem Teknolojileri şirketinde ısı geri kazanımlı havalandırma



teknolojisi alanında çalışmaktadır. Akademik alanlarının yanında uluslararası spor etkinliklerinin planlanması ve lojistik yönetimi ilgi alanıdır. Üniversitede İzmir Yaz ve Erzurum Kış Oyunlarında, Mersin Akdeniz Oyunlarında üst düzey yöneticilik yapmıştır.

Sait C. SOFUOĞLU

DEÜ Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak iki yıl çalıştı. Öğrenimine ABD'de devam edip yüksek lisans ve doktorasını Illinois Institute of Technology'den aldı. 2002 yılından itibaren İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kimya Mühendisliği bölümünde öğretim üyesi olarak çalışan SC Sofuoğlu, halen İYTE'de Prof.Dr. ünvanı ile görevine devam etmektedir. Bina-içi hava kirliliği, hava kirliliği, maruziyet ve risk değerlendirmesi konularında araştırmalar yapmakta ve bu konularda dersler vermektedir.

Ziya Haktan KARADENİZ

1980 yılında İzmir'de doğan Ziya Haktan KARADENİZ; 2002 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden, 2005 ve 2011 yıllarında ise sırasıyla aynı Üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Yüksek Lisans ve Doktora Programlarından mezun olmuştur. 2002-2013 yılları arasında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. 2013 yılından beri İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır.

Sinan AKTAKKA

1972 yılında Kütahya / Tavşanlı'da doğmuştur. 1989 yılında Çınarlı Endüstri Meslek Lisesi Elektronik Bölümünde lise eğitimini, 1993 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini ve 1997 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Termodinamik Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 1995 yılından bu yana HVAC sektöründe çeşitli firmalarda Proje ve Tasarım Mühendisi olarak görev almıştır. 2011 yılından bu yana ENEKO A.Ş.'de Ar-Ge yöneticisi olarak görev yapmaktadır. 2004 yılından itibaren MMO'da MİEM ve PBK kapsamında Havalandırma Tesisatı ve Klima Tesisatı Eğitimlerini vermektedir. MMO, TTMD ve ASHRAE üyesidir.

Güniz GACANER

1988 yılında DEÜ Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünde lisans eğitimini, 1992 yılında da aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Termodinamik Enerji Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. 1988-2000 yılları arasında mekanik tesisat alanında; proje mühendisi, proje müdürü, teknik müdür olarak çalışmış, aynı zamanda TS-ISO 9001 Kalite Güvence Belgesi alma çalışmasında bulunmuş ve Ar-Ge müdürü, yönetim temsilciliği görevini yürütmüştür. 2000 yılında GG Mühendislik Mak. İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti. kurmuştur. Mekanik tesisat alanında tasarım, proje, danışmanlık, kontrollük hizmetleri vermeye devam etmektedir. MMO İzmir Şubesi Mekanik Tesisat, Kadın Mühendisler, Yapı Denetim, Hastane Hijyenik Klima ve Havalandırma Komisyonlarında çalışmalarda bulunmuştur. Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Yönetim Kurulu Üyeliği, VIII. IX. X. XI. ve XII TESKON Yürütme ve Düzenleme Kurulu Üyelikleri, Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesi 24.25.26. Dönem Yönetim Kurulu Üyeliği, 27. Dönem'de Yönetim Kurulu Başkanlığı görevini sürdürmektedir.

İbrahim ATMACA

1979 yılı Antalya doğumludur. 1999 yılında Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden Lisans, 2002 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalından yüksek lisans ve 2006 yılında aynı Enstitüden Doktora derecelerini aldı. 2007 yılında Akdeniz Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim dalına Yardımcı Doçent olarak atandı, 2014 yılında Doçent oldu. Güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma sistemleri, güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemleri, iklimlendirilen ortamlarda ısı konfor ve iç hava kalitesi, nanoakışkanların çeşitli ısı uygulama alanları, binalarda ısı yalıtımı ve enerji verimliliği, termoelektrik soğutuculu damıtma sistemleri, evaporatif soğutma ile iklimlendirme sistem verimlerinin iyileştirilmesi



konularında çalışmalarını sürdürmektedir. Halen Akdeniz Üniversitesinde bölüm başkan yardımcısı olarak görevini sürdüren İbrahim Atmaca, evli ve bir çocuk babasıdır.

Necmi VARLIK

1968 yılı Soma doğumludur. 1991 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 1993 yılında Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesinde Teknik Görevli olarak işe başlamıştır. 1993 yılında ilki düzenlenen Ulusal Tesisat Mühendisliği kongrelerinin ilk üçünde kongre sekreteryasında görev almıştır. 4. Kongreden itibaren 6 kongrenin Kongre Sekreterliğini yapmıştır. Son üç kongrenin yürütme kurulunda görev almıştır. Halen Makina Mühendisleri Odası Tepekule Kongre Merkezi Müdürlüğü görevini yürütmektedir.

