

AMELİYAT ODALARINDA KLİMA VE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ İÇİN TÜKETİLEN ENERJİNİN ANALİZİ

Gamze ÖZYOĞURTÇU
Moghtada MOBEDİ
M. Barış ÖZERDEM

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, farklı iklim koşullarına sahip ve dört farklı klima ve havalandırma sistemi ile çalışan ameliyat odalarının standartlara uygun olarak iklimlendirilmesi ve havalandırılması için gerekli olan enerji miktarlarının ayrı ayrı yıl bazında hesaplanması ve birbiri ile mukayese edilmesidir. Çalışma Ankara, İstanbul, İzmir, Antalya, Erzurum şehirlerine ve 2006 yılına ait iklim verilerine göre yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, %50 karışım havalı, dinlenme durumunda yarım debi ile çalışan ısı geri kazanımlı sistemin, %100 sabit taze hava debisi ile çalışan sisteme göre Ankara için %65, İstanbul için %52, İzmir ve Antalya için %47 ve Erzurum için %74 enerji tasarrufu sağladığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ameliyat odası, Isıtma klima ve havalandırma sistemleri, enerji tüketimi

ABSTRACT

The aim of this study is to determine and compare the annual energy consumptions of different heating ventilating and air conditioning systems (HVAC) serving operating rooms in different cities in Turkey. The energy analysis was performed for five cities as Ankara, Istanbul, Izmir, Antalya and Erzurum located in different climate regions of Turkey based on the 2006 climate data. The obtained results show that the annual energy consumption of a HVAC system with a heat recovery unit, operating with half flow rate at the rest period and permitting 50% mixing of return and supply air is 74%, 65%, 52% and 47% less than a system without a heat recovery, operating with 100% fresh air for 24 hours a day in Erzurum, Ankara, Istanbul, Izmir and Antalya, respectively.

Key Words: Operating room, HVAC system, Energy consumption

1. GİRİŞ

Günümüzdeki birçok çevresel problem, enerji tüketimi konusunda bilinçlenmek zorunda olduğumuzu göstermektedir. Bugüne kadar çevreye verilen zararların birikimiyle kendini gösteren ve yanlış enerji tüketiminin yol açtığı küresel ısınma günümüzün en önemli çevresel sorunlardan biridir. Enerji tüketimindeki bilinçsizlik aynı zamanda ekonomik olarak da büyük kayıplara sebep olmaktadır. Günümüz ekonomik koşulları göz önünde bulundurulduğunda, ekonomik kayıpları ve çevresel zararları azaltmak için enerji tüketiminde tasarruf sağlayacak yeni yöntemleri değerlendirmek kaçınılmaz hale gelmiştir.

Farklı amaçlar için kullanılan binaların enerji tüketimleri farklıdır. Örneğin okullar ve resmi kuruluşlar günün belirli zaman aralığında enerji tüketirken, hastane gibi ortamlar 24 saat hizmet vermekte ve

dolayısı ile enerji tüketimleri diğer binalara nazaran daha fazla olmaktadır. Alman standardı olan DIN 1946/4'e göre, klima ve havalandırma sistemleri açısından, hastane ortamları Sınıf I ve Sınıf II olarak iki gruba ayrılmaktadır. Sınıf I ortamlar, yüksek veya çok yüksek hijyenik gereksinim duyulan ortamlar olarak tanımlanırken, Sınıf II ortamlar ise daha az hijyenik gereksinim duyulan ortamlar olarak kabul edilmektedir. Sınıfları farklı olan ortamların klima ve havalandırma sistemlerinin tasarım parametreleri, kullanılan cihaz ve ekipmanlarının özellikleri, kabul testleri ve işletme prosedürleri farklıdır. Sınıf I ortamlarda enfeksiyon riski yüksek olup, klima ve havalandırma sistemlerinin tasarımı karmaşıktır. Çeşitli ulusal ve uluslararası standartlara göre [1-3], Sınıf I ortamlarının klima ve havalandırma sistemleri 24 saat durmaksızın çalışmalıdır. Dolayısıyla, Sınıf I ortamlarının klima ve havalandırma sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri ve birim alana düşen işletim giderleri hastanede bulunan diğer ortamlara göre oldukça yüksektir. Bu noktada, insan sağlığı için alınması gereken önlemler, çevresel ve ekonomik önlemlerle çakışmaktadır. Bu nedenle, insan sağlığından ödün vermeden, Sınıf I ortamları için tüketilen enerjiyi azaltacak sistemlerin tasarımı üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

Bu makalede, ameliyat odalarının standartlara uygun olarak iklimlendirilmesi ve havalandırılması için tüketilen enerji beş farklı kent; Ankara, İstanbul, İzmir, Erzurum ve Antalya için yıl bazında analiz edilmiştir. Enerji tüketim analizi, DIN 1946/4 standardına göre izin verilen minimum değer olan 2400 m³/h hava beslemesi ile çalışan bir sistem için yapılmıştır. Ameliyat odasının sıcaklığı yıl boyunca 20°C, bağıl nemi ise %50 kabul edilmiştir. Dış ortam sıcaklığına ve nem oranına bağlı olarak, taze havanın ısıtılması veya soğutulması için duyulur ısı gereksinimi, özgül nemin ilave edilmesi veya azaltılması için gereken gizli ısı miktarı, saat bazında ayrı ayrı hesaplanmış ve yıl boyunca tüketilen enerjinin değişimi diyagramlar ile sunulmuştur.

Pratikte uygulanan farklı sistemler göz önüne alınarak, aşağıda sıralanan dört sistem için yıllık enerji analizi yapılmıştır:

Sistem 1: %100 taze havalı ve sabit debi ile çalışan sistem.

Sistem 2: %100 taze havalı ve dinlenme durumunda yarım debi ile çalışan sistem.

Sistem 3: %100 taze havalı, dinlenme durumunda yarım debi ile çalışan ve ısı geri kazanımlı sistem.

Sistem 4: %50 karışım havalı, dinlenme durumunda yarım debi ile çalışan ve ısı geri kazanımlı Sistem.

Enerji analizi hesaplamalarında, sistemde kullanılan fanların enerji tüketimleri, hava debisi değişimi ve ısı geri kazanım ünitesinden dolayı oluşan cihaz içi basınç değişimleri ihmal edilmiştir.

2. AMELİYAT ODALARDA İSTENİLEN SICAKLIK VE NEM ORANI

Hastanelerde bulunan steril ortamların klima ve havalandırma sistemlerinin tasarım parametreleri konfor uygulamalarından daha fazladır. Sıcaklık, bağıl nem oranı ve taze hava debisine ek olarak parçacık ve mikro-organizma sayısı, basınçlandırma, hava hızı ve hava dağılımı tasarım safhasında göz önüne bulundurulması gereken parametrelerdir [4]. Farklı standartlar, ameliyat odaları için farklı sıcaklık ve nem aralıkları önermektedir. Bazı standartların ameliyat odaları için önerdiği tasarım parametreleri araştırılmış ve birbirleri ile mukayese edilmiştir [4, 5]. Tablo 1 farklı standartların önerdiği sıcaklık ve nem aralıklarını göstermektedir. Görüldüğü gibi, ameliyat odaları için önerilen sıcaklık 18°C ila 26°C, bağıl nem oranı ise %30 ila %60 arasında değişmektedir. Bu çalışmada enerji analizi yapılan ameliyat odasının sıcaklığı ve bağıl nem oranı yıl boyunca sırasıyla 20°C ve %50 olarak sabit alınmıştır.

Tablo 1. Standart ve Kılavuzlarda Verilen Tasarım Değerlerinin Karşılaştırılması [5].

Standart	Ameliyat/ Ameliyat Odası Tipi	Sıcaklık	Bağıl Nem
A	-	20-24°C	%30-60
B	-	20-23°C	%30-60
C	Sınıf 1 Sınıf 2	19-26°C	%30-60
D	-	18-24°C	-
E	-	18-24°C	%30-50
F	Sınıf I Sınıf II	19-24°C	%45-60
	Sezaryen	22-26°C	

A: HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, B: Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities, C: DIN 1946/4:1999, D: Operatieafdeling, College bouw ziekenhuisvoorzieningen, E: VDI 2657, F: NBR 7256

3. ENERJİ ANALİZİ YAPILAN HİJYENİK KLİMA VE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ

Şekil 1, bu çalışmada enerji analizi yapılan dört farklı sistemi şematik olarak göstermektedir. Şekil 1(a) enerji analizi yapılan birinci ve ikinci sistemleri temsil etmektedir. Görüldüğü gibi ameliyat odasının klima ve havalandırması bir klima santral ve bir aspiratör tarafından yapılmaktadır. Birinci sistemde, klima santral ve aspiratör sabit debi ile çalışmaktadır. Ortamdaki pozitif basınç, besleme ve egzost hava debilerinin farkı ile sağlanmaktadır. Ameliyat odasına 2400m³/h hava beslenirken, ortamdaki 2200m³/h hava egzost edilmektedir. Sistem yıl boyunca 24 saat sabit hava debisi ile sabit sıcaklık ve nem oranında iç ortama şartlandırılmış hava üfleme yapmaktadır. Enerji analizi yapılan ikinci sistem ise birinci sistem ile aynı prensipte çalışmaktadır. Fakat dinlenme periyodu olarak adlandırılan 20:00 ila 08:00 saatleri arasında üfleme ve egzost hava debileri yarıya düşmektedir. Dinlenme periyodundaki hava debi değişimi, fan hızını değiştiren frekans konvertör veya çift kademeli elektrik motor vasıtasıyla yapılabilmektedir.

Şekil 1(b) ise üçüncü havalandırma sistemini temsil etmektedir. Bu sistemin birinci ve ikinci sistemlerden farkı, klima santralında kullanılan ısı geri kazanım ünitesidir. Görüldüğü gibi, ameliyat odasından egzost edilen hava ile taze hava arasındaki ısı transferi, ısı geri kazanım ünitesi ile sağlanmaktadır. Böylece, klima santralına giren taze havaya, ısı geri kazanım ünitesi ile kışın ön ısıtma yazın ise ön soğutma işlemi uygulanmış olur.

Şekil 1(c)'de ise dördüncü sistemin çalışma prensibi şematik olarak gösterilmiştir. Bu sistemde ısı geri kazanım ünitesine ek olarak bir karışım hücresi ile dış ortamdan alınan taze hava ve ameliyat odasından çekilen egzost havası karıştırılmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, ameliyat odası uygulamalarında, yalnızca bire bir sistemler için havanın karışmasına izin verilmesi ve karışım oranının maksimum %50 olmasıdır. Bire bir sistem; bir klima santralının tek bir ameliyat odasına servis verdiği sistem olarak tanımlanmaktadır [4]. Dördüncü sistemde 2400m³/h hava debisinin yarısı taze havadan diğer yarısı ise ortamdaki egzost havası ile oluşturulmaktadır. Bu sebeple, üçüncü sistemde ısı geri kazanım ünitesinden geçen egzost havası 2200 m³/s iken dördüncü sistem için 1000 m³/h'dir. Bu debi değerleri dinlenme periyodunda yarıya düşürülmektedir. Üçüncü ve dördüncü sistemlerde, birinci ve ikinci sistemlere benzer şekilde ameliyat odasının saat 08:00 ila 20:00 arasında çalıştığını ve geri kalan saatlerde ise dinlenme durumunda olduğu varsayılmıştır.

4. AMELİYAT ODASI HAVALANDIRMASI İÇİN KULLANILAN ENERJİ ANALİZİ

Yukarıda bahsedilen dört farklı sistemdeki enerji analizi için yıl boyunca ameliyat odasına üflenen havanın sıcaklığı 15,8°C, bağıl nem ise %55 olarak kabul edilmiştir. Ameliyat odasına beslenen havanın koşulları, oda sıcaklığını 20°C ve bağıl nemini %50 sabit tutacak şekilde hesaplanmıştır. Yıl boyunca ameliyat odasına üflenen havanın sıcaklık ve bağıl nemi sabit olarak düşünülmüştür.

Ameliyat odasına hizmet veren klima ve havalandırma sisteminin tükettiği enerjinin bir bölümü ameliyat odası sıcaklığının istenilen seviyede tutulması için harcanırken, enerjinin diğer kısmı da ortamdaki nem oranının ayarlanması için kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada ortam şartlarını istenilen değerlere getirebilmek için tüketilen duyulur ve gizli ısı miktarları ayrı ayrı hesaplanmış ve diyagramlar ile sunulmuştur.

Beş kentin 2006 yılına ait dış ortam sıcaklıkları ve bağıl nem oranları Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan sıcaklık değerleri saatlik ölçümler olup, enerji analizinde doğrudan kullanılmıştır. Ancak bağıl nem değerleri, gün içinde sadece 07:00, 14:00 ve 21:00 saatleri için verilmiştir. Bu nedenle, saatlik bağıl nem değerlerini bulabilmek için doğrusal interpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Bağıl nem oranları aşağıdaki bağıntı ile özgül nem değerlerine dönüştürülmüştür.

$$w = \frac{0.622 \cdot \phi \cdot P_{sat}(T)}{P_{atm} - \phi \cdot P_{sat}(T)} \quad (1)$$

Burada, w , ϕ , P_{sat} ve P_{atm} sembolleri sırası ile özgül nemi (kg su buharı/kg kuru hava), bağıl nem oranını, T sıcaklığındaki doyma basıncını ve atmosferik basıncı temsil eder. T sıcaklığındaki doyma basıncına ise termodinamik bağıntılar kullanılarak ulaşılmıştır [6].

Duyulur ve gizli ısı toplamları tüketilen toplam enerji miktarını vermektedir. Gerek duyulur gerekse gizli ısı diyagramlarında pozitif ve negatif değerler görülecektir. Duyulur ısı diyagramlarındaki pozitif değerler, dış ortam sıcaklığının üfleme havası sıcaklığından daha düşük olduğunu ve sistemin ısıtma modunda çalıştığını göstermektedir. Negatif duyulur ısı değerleri ise bu durumun tam tersini ifade eder. Aynı şekilde gizli ısı diyagramlarındaki pozitif değerler, dış ortam özgül neminin iç ortam özgül neminden düşük olduğunu ve proseste nemlendirme işlemi yapıldığını gösterirken, negatif değerler ise beslenen havadan nem alındığını ifade etmektedir. Toplam enerji diyagramlarında ise, duyulur ve gizli ısı yüklerinin mutlak değerlerinin toplamı alınarak gösterilmiştir. Enerji analizi yapılırken; duyulur, gizli ve toplam ısı miktarları aşağıdaki bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır [7].

$$\dot{Q}_{duyulur} = \dot{m} C_p (T_{du} - T_{üfleme}) \quad (2)$$

$$\dot{Q}_{gizli} = \dot{m} (w_{du} - w_{üfleme}) \quad (3)$$

$$\dot{Q}_{toplam} = |\dot{Q}_{duyulur}| + |\dot{Q}_{gizli}| \quad (4)$$

Burada \dot{m} ve C_p sırası ile kütleli hava debisi (kg/s) ve özgül ısı katsayısını (kJ/kg.K) göstermektedir

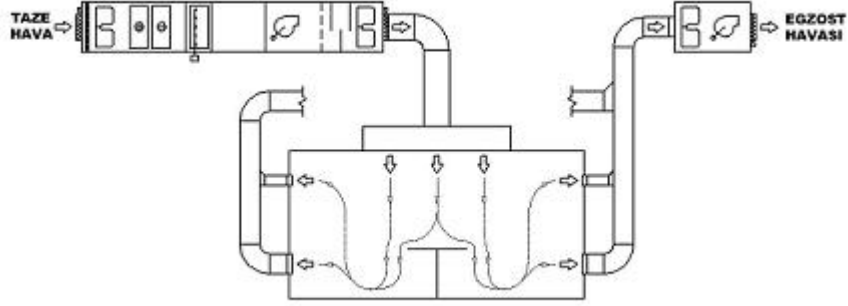
Çapraz akışlı ısı geri kazanım sisteminin verimi aşağıdaki denklem ile tanımlanmaktadır:

$$\eta = \frac{\dot{C}_h (T_{hi} - T_{ho})}{\dot{C}_{min} (T_{hi} - T_{ci})} = \frac{\dot{C}_c (T_{ci} - T_{co})}{\dot{C}_{min} (T_{hi} - T_{ci})} \quad (5)$$

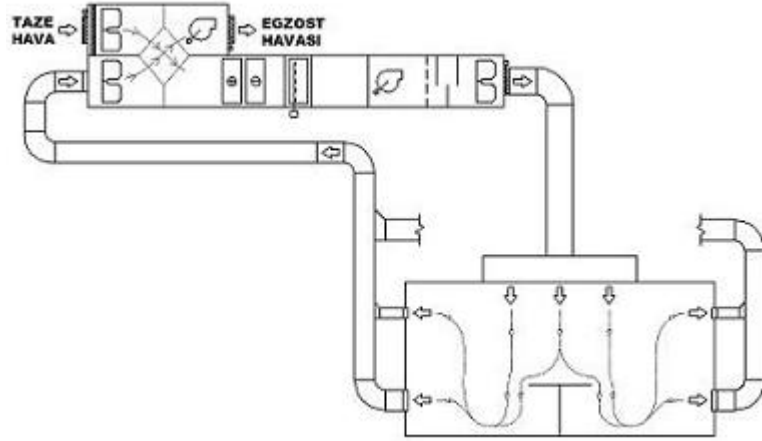
Denklemden de görüldüğü gibi, ısı değiştirgecinin verimi egzost ve taze havanın sıcaklığına bağlıdır. Isı geri kazanım miktarı, ısı transfer yüzey alanının artması ile artmakta, ancak ısı transfer yüzey alanının artması, klima santralindeki basınç düşümünü ve ilk yatırım maliyetini arttırmaktadır. Kullanılan ısı geri kazanım cihazlarının ortalama verimi %40 ila %70 arasında olmalıdır. Bu çalışmada ısı geri

kazanım ünitesinin verimi yıl boyunca ortalama olarak %50 kabul edilmiştir. Başka bir deyişle, dış ortama egzost edilen ve atılan enerjinin %50'sinin ısı geri kazanım ünitesi vasıtasıyla taze havaya aktarıldığı varsayılmıştır.

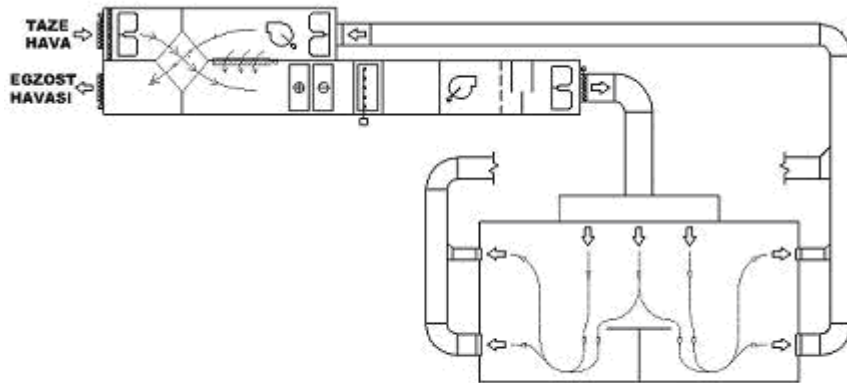
Sistem 4'te egzost havası ile taze havanın karıştırıldığı durumda ise, karışım hava sıcaklığı ve özgül nemi klasik termodinamik bağıntılarından giderek bulunmuştur [6].



(a)



(b)



(c)

Şekil 1. Enerji Analizi Yapılan Klima ve Havalandırma İstemlerinin Şematik Gösterimi
a) Sistem 1 ve 2, b) Sistem 3, c) Sistem 4

5. SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Daha önce de bahsettiğimiz gibi bu çalışmada enerji analizi ameliyat odalarında kullanılan dört farklı sistem için yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda her sistem için ayrı ayrı sunulmuştur. Çalışmada, beş farklı şehir ve dört ayrı sistem için yıl boyunca duyulur, gizli ve toplam enerji tüketiminin dağılımları gösterilmiş ve analizi yapılmıştır. Ancak, bu makalede oldukça farklı iklim koşullarına sahip olan Antalya ve Erzurum şehirlerinin, yıl boyunca enerji dağılım diyagramları birinci sistem için sunulmuştur. Diğer sistemler ve şehirlerarasındaki tüketim farklılıkları ise yıllık toplam enerji tüketimleri kullanılarak diyagramlar halinde verilmiş ve yorumlanmıştır.

5.1. %100 Taze Havalı ve Sabit Debi ile Çalışan Sistem

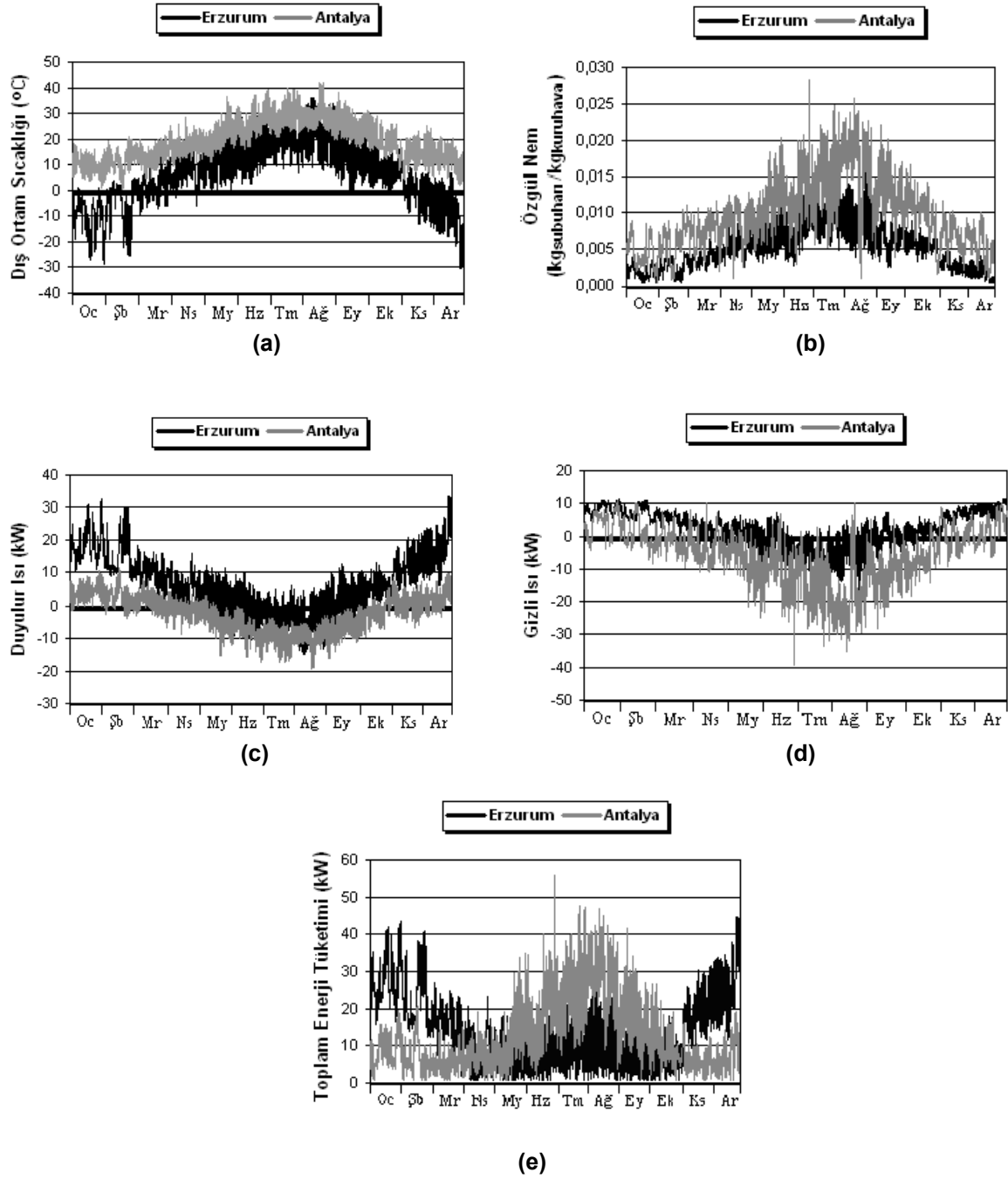
Şekil 2(a) Erzurum ve Antalya'nın dış ortam sıcaklıklarının yıl boyunca değişimini göstermektedir. Diyagramda görülen ani dalgalanmalar gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Antalya'nın dış ortam sıcaklığı kış aylarında bile 0°C'ın altına düşmezken, Erzurum'da -30°C'a vardığı görülmektedir. Yaz aylarında ise, Antalya'nın hava sıcaklığı Erzurum'dan belirgin şekilde yüksektir. Şekil 2(b)'de, Antalya ve Erzurum'a ait özgül nem değerlerinin dağılımı gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, Antalya'nın özgül nem değerleri hemen hemen yıl boyunca Erzurum'dan daha yüksek seyretmektedir.

Ameliyat odasının duyulur ısı tüketiminin dağılımı her iki şehir için Şekil 2(c)'de karşılaştırılmıştır. Kış aylarında Erzurum'un duyulur ısı tüketimi fazla iken, yaz aylarında Antalya'ya ait tüketim daha yüksektir. Daha önce belirtildiği gibi, pozitif değerler sistemin ısıtma modunda çalıştığını, negatif değerler ise sistemin soğutma modunda çalıştığını göstermektedir.

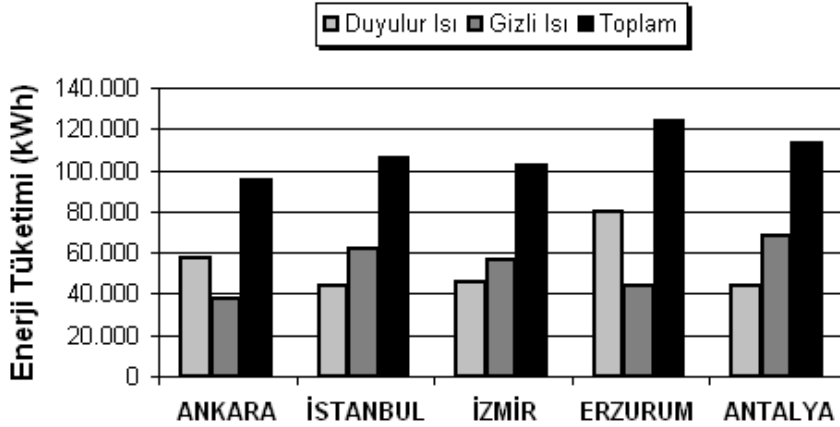
Şekil 2(d)'de yıl boyunca her iki şehir için gizli ısı tüketiminin değişimi verilmiştir. Her iki şehir için kış aylarında nemlendirme işlemi gerekirken, yaz aylarında taze hava neminin azaltılması gerekir. Ancak, Antalya'nın yaz aylarında dış ortam özgül nem değerleri Erzurum'a nazaran yüksek olduğundan, nem alma prosesi için tüketilen gizli ısı miktarı daha fazladır.

Ameliyat odasının klima ve havalandırması için yıl boyunca toplam enerji tüketiminin değişimi Şekil 2(e)'de gösterilmiştir. Burada gösterilen enerji tüketimi, duyulur ve gizli ısı tüketimlerinin mutlak değerlerinin toplamıdır. Erzurum'un kış aylarında toplam enerji tüketimi Antalya'dan fazla iken, yaz aylarında durumun tam tersi gözlenmektedir.

Bahsettiğimiz beş şehir için yıllık duyulur, gizli ve toplam enerji tüketimleri Şekil 3'te karşılaştırılmıştır. Erzurum 80,2 MWh ile maksimum duyulur ısı tüketimine sahip iken, minimum duyulur ısı tüketimi 44,0 MWh ile İstanbul'a aittir. Toplam gizli ısı tüketiminde ise Antalya 68,6 MWh ile en yüksek tüketime sahip iken, Ankara 37,8 MWh ile en düşük tüketime sahiptir. Toplam enerji tüketiminde, Erzurum 123,8 MWh ve Ankara 95,5 MWh ile maksimum ve minimum enerji tüketimine sahiptir.



Şekil 2. Erzurum ve Antalya Şehirlerine Ait Diyagramlar a) Dış Ortam Sıcaklıkları, b) Özgül Nem Değerleri, c) Duyulur Isı Tüketimi, d) Gizli Isı Tüketimi, e) Toplam Isı Tüketimi

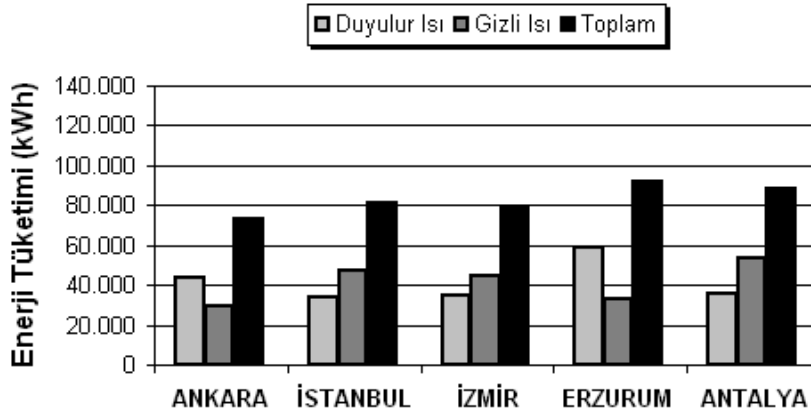


Şekil 3. Sistem 1'e Ait Yıllık Enerji Tüketim Değerleri

5.2. %100 Taze Havalı ve Dinlenme Durumunda Yarım Debi ile Çalışan Sistem

Şekil 4'te %100 taze hava beslemeli, dinlenme periyodunda yarım debi kapasitede çalışan sistemin Ankara, İstanbul, İzmir, Erzurum ve Antalya şehirleri için yıllık duyulur, gizli ve toplam enerji tüketim miktarları karşılaştırılmıştır. Beklenildiği gibi, maksimum ve minimum enerji tüketen şehirlerin sıralaması sistem 1'deki (Şekil 3) sıralamayla aynıdır. Burada incelememiz gereken, tüketim değerlerinin düşüşüdür. Erzurum 58,8 MWh ile maksimum duyulur ısı tüketimine sahip iken, minimum duyulur ısı tüketimi 34,2 MWh ile İstanbul'a aittir. Toplam gizli ısı tüketiminde Antalya 53,3 MWh ile en yüksek tüketime sahip iken, Ankara 29,1 MWh ile en düşük tüketime sahiptir. Toplam enerji tüketiminde ise, Erzurum 91,8 MWh ve Ankara 72,8 MWh ile maksimum ve minimum değerleri göstermektedir.

Bu değerlerden yola çıkılarak; dinlenme periyodunda sistemi yarım debi ile çalıştırdığımızda, toplam enerji tüketiminin Ankara için %24, İstanbul için %23, İzmir için %22, Erzurum için %26 ve son olarak Antalya için %22 oranında azaldığı sonucuna varılmıştır.

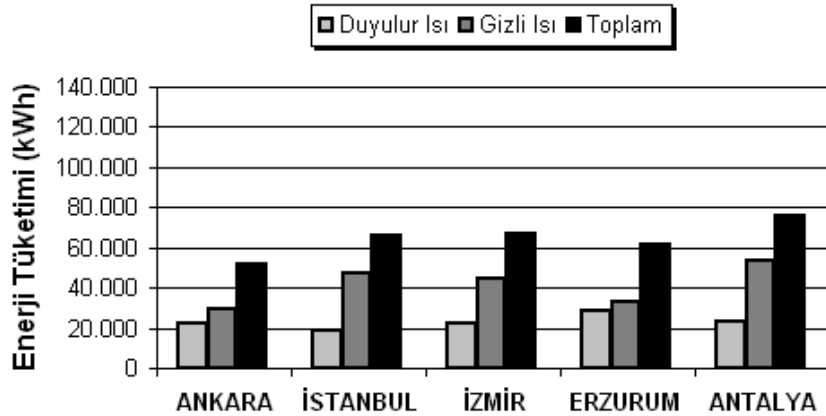


Şekil 4. Sistem 2'ye Ait Yıllık Enerji Tüketim Değerleri

5.3.%100 Taze Havalı, Dinlenme Durumunda Yarım Debi ile Çalışan ve Isı Geri Kazanımlı Sistem

Şekil 5'te beş şehir için üçüncü sistemin yıllık enerji tüketimleri görülmektedir. Şekil 5 (ısı geri kazanımsız sistem) ve Şekil 4 (ısı geri kazanımlı sistem) karşılaştırıldığında, duyulur ısı tüketiminde düşüş görülmektedir. Isı geri kazanım ünitesinde hava karışımı söz konusu olmadığından ikinci ve üçüncü sistemlerin özgül nem miktarlarında bir değişiklik olmamıştır ve gizli ısı tüketim değerleri sabit

kalmıştır. Duyulur ısı tüketimindeki azalma toplam tüketime de yansımıştır. Bunun sonucunda elde edilen enerji tüketim değerleri şu şekilde sıralanmaktadır; Erzurum 28,3 MWh ile maksimum duyulur ısı tüketimine sahip iken, minimum duyulur ısı yükü 18,7 MWh ile İstanbul'a aittir. Daha önce de belirtildiği gibi bu sistemin gizli ısı tüketim değerleri ikinci sistemle aynıdır. Toplam ısı tüketiminde birinci ve ikinci sistemden farklı olarak, Antalya 76,1 MWh ve Ankara 51,8 MWh ile maksimum ve minimum enerji tüketim değerlerini göstermektedir. Toplam enerji tüketiminde Erzurum yerine Antalya'nın en yüksek değere sahip olması dikkat çekicidir. Bu durum Antalya'nın yüksek nem değerlerinden kaynaklanmaktadır. Isı geri kazanım sistemi, Erzurum'a ait duyulur ısı tüketimini diğer şehirlere göre önemli ölçüde azaltırken, Antalya'da ılıman iklimden dolayı düşüş daha az olmuştur. Üçüncü sistemin duyulur ısı miktarındaki düşüşü ikinci sistemle karşılaştırdığımızda, Ankara için %48, İstanbul için %45, İzmir için %37, Erzurum için %52 ve son olarak Antalya için %35 azaldığı görülmektedir. Toplam enerji tüketimindeki azalma ise Ankara'da %29, İstanbul'da %19, İzmir'de %16, Erzurum'da %33 ve Antalya'da %14 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5. Sistem 3'e Ait Yıllık Enerji Tüketim Değerleri

5.4. %50 Karışım Havalı, Dinlenme Durumunda Yarım Debi ile Çalışan ve Isı Geri Kazanımlı Sistem

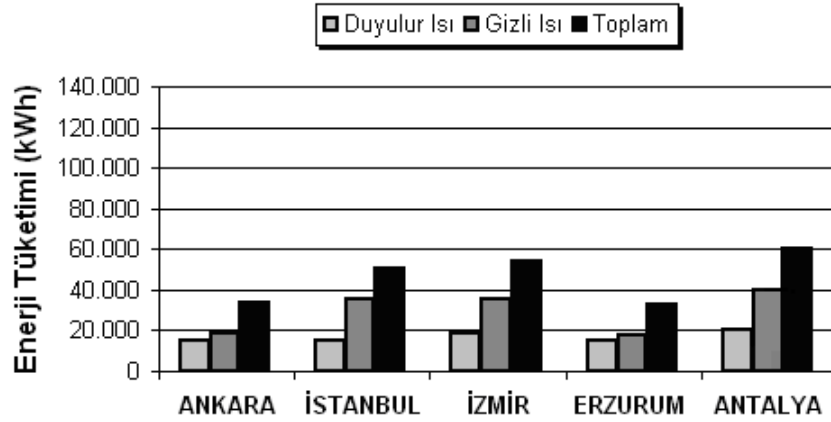
Bu sistemin üçüncü sistemden farkı ameliyat odasından egzost edilen havanın taze hava ile karıştırılarak mahale beslenmesidir. Daha önce de belirtildiği gibi, hava karışımli sistemler ancak bir klima santralının bir ameliyat odasına servis vermesi durumunda ve en çok %50 karışım oranıyla kullanılabilir.

Şekil 6'da dördüncü sisteme ait ve şehirlere göre düzenlenmiş yıllık enerji tüketimleri görülmektedir. Fark edildiği gibi, taze hava ve egzost havasının karışımı özgül nem değerlerinin dolayısıyla da gizli ısı değerlerinin değişmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, bu sistemde duyulur ısı tüketiminin yanında gizli ısı tüketiminde de enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Hesaplanan değerler incelendiğinde, Antalya 20,5 MWh ile maksimum duyulur ısı tüketimine sahip iken, minimum duyulur ısı tüketimi 14,9 MWh ile Erzurum'a ait olduğu görülmektedir. Gizli ısı tüketiminde ise Antalya 39,7 MWh ile en yüksek tüketime sahip iken, Erzurum 17,6 MWh ile en düşük tüketime sahiptir. Toplam ısı tüketiminde ise, Antalya 60,3 MWh ve Erzurum 32,5 MWh ile maksimum ve minimum değerleri göstermektedir.

Şekil 6'daki dikkat çekici husus, daha önceki sistemlere göre en yüksek ve en düşük tüketime sahip şehirlerin yer değiştirmiş olmasıdır. Özellikle Erzurum, en çok toplam enerji tüketen şehir durumunda iken dördüncü sistemin kullanılması ile en düşük enerji tüketen şehir konumuna geçmiştir. Bunun sebebi, daha ılıman iklim koşullarına sahip olan Antalya, İzmir gibi şehirlerde, ısı geri kazanım ve karışım sistemleri bir arada kullanıldığında, karışım ünitesinde özgül nemin ve dolayısı ile gizli ısı tüketiminin artmasıdır.

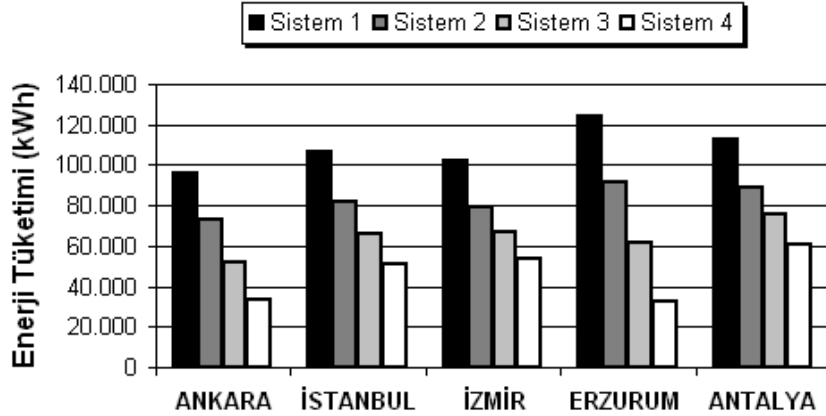
Dördüncü sisteme ait toplam enerji tüketimini üçüncü sistemle karşılaştırınca, Ankara'da %35, İstanbul'da %23, İzmir'de %19, Erzurum'da %47 ve Antalya'da %21 enerji tasarrufu sağlandığı görülmektedir.



Şekil 6. Sistem 4'e Ait Yıllık Enerji Tüketim Değerleri

5.5. Dört Sistemin Yıllık Toplam Enerji Tüketimlerinin Karşılaştırılması

Farklı şehirlerde farklı sistemlerin uygulanması ile tüketilen toplam enerjiyi daha iyi görebilmek için Şekil 7 verilmiştir. Her şehir için en yüksek enerji tüketimi, hiçbir enerji tasarruf önlemi alınmayan birinci sisteme aittir. Enerji tasarrufu için alınan önlemler arttıkça enerji tüketiminin azaldığı açıkça görülmektedir.



Şekil 7. Sistemlerin Enerji Tüketimlerinin Karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında, enerji tüketimini en aza indirmek için tasarlanmış dördüncü sistem ile birinci sistem değerleri karşılaştırıldığında, dördüncü sistemin birinci sisteme göre Ankara için %65, İstanbul için %52, İzmir için %47, Erzurum için %74 ve son olarak Antalya için %47 enerji tasarrufu sağlandığı görülmektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada beş farklı şehirde bulunan, bire bir klima ve havalandırma sistemi ile çalışan bir ameliyat odasının yıllık duyulur, gizli ve toplam enerji tüketimleri dört farklı sistem için analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, enerji tüketiminde iklim özelliklerinin önemli ölçüde rol oynamakta olduğunu ve dış ortamın bağıl nem değerlerinin de en az sıcaklık değerleri kadar etkin olduğunu göstermiştir. Enerji tasarruf amaçlı sistemlerin kullanılması ile yıllık enerji tüketiminin önemli oranda azaldığı görülmüştür. Ancak enerji tüketim düşüşü iklim bölgesine göre değişmektedir. Erzurum gibi soğuk bölgelerde karışım hücresi ve ısı geri kazanım ünitesinin kullanılması toplam enerji tüketimini oldukça düşürmektedir. Antalya gibi, nem oranı yüksek olan bölgelerde ise bu sistemin uygulanması ile gerek duyulur gerekse gizi ısı tüketimlerinde azalma görülmekte, ancak azalma oranı Erzurum kadar yüksek olmamaktadır. Bu nedenle, nem oranı yüksek bölgelerde enerji tüketimini daha da azaltmak için farklı sistemler geliştirilebilir.

Şüphesiz, klima ve havalandırma sistemlerinde enerji tasarruf önlemlerinin artması ile enerji tüketiminde azalma görülecek, ancak alınan önlemler sistemin ilk yatırım maliyetini de arttıracaktır. Bu nedenle, sunulan çalışmaya ilave olarak sistemlerin ilk yatırım ve işletim maliyet analizi de yapılmalıdır.

TEŞEKKÜRLER

Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı'na, beş şehrin, 2006 yılına ait saatlik sıcaklık ve bağıl nem değerlerini sağladığı için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. "HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics". 2003.
- [2] American Institute of Architects. "Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities". 2006.
- [3] Deutsches Institut für Normung. "DIN 1946/4 Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems in Hospitals" 1999.
- [4] ANIL, O. B., MOBEDİ, M., ÖZERDEM, B., "Hastane Hijyenik Ortamları için Klima ve Havalandırma Sistemleri Tasarım Parametreleri".VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, Ekim 2007, Say. 497-509
- [5] MELHADO MA, HENSEN JLM, LOOMANS M, FOREJT L. "Review of Operating Room Ventilation Standards". 17th Int. Air-conditioning and Ventilation Conference. 17-19 May 2006.
- [6] ÇENGEL, Y. A., BOLES, M. A., "Thermodynamics: An Engineering Approach", McGraw-Hill, 1998
- [7] INCROPERA, F. P., DEWITT, D. P., BERGMAN, T. L., LAVINE, A. S., "Fundamentals of Heat and Mass Transfer, John Wiley & Sons, 2001

ÖZGEÇMİŞ

Gamze ÖZYOĞURTÇU

1984 yılında İzmir’de doğdu. 2007 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nden mezun olmuştur. Şu anda İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans öğrencisi olarak öğrenimine devam etmekte, Eke İnşaat ve Tesisat Ticaret A.Ş.’de yarı zamanlı çalışmaktadır.

Moghtada MOBEDİ

1985 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimini, aynı bölümde yüksek lisans eğitimini ve 1994 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde doktora eğitimini tamamlamıştır. 1995–1998 yılları arasında İran’ın Orumiye Üniversitesi’nde öğretim üyesi ve 1998–2003 yılları arasında TEBA Şirketler Grubu’nda proje yöneticisi olarak çalışmıştır. Halen İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü’nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

M. Barış ÖZERDEM

1982 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. Yüksek lisan ve doktora eğitimini DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü’nde tamamladı. Doktora sonrası çalışmaları için 1992–1994 yılları arasında ABD’ye gitti ve Amerika Katolik Üniversitesi’nde araştırmacı olarak çalıştı. Halen İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Dekanı ve Makine Mühendisliği Bölümü’nde öğretim üyesi olarak görevini sürdürmektedir.