

# DOĞAL HAVALANDIRMA YAPABİLEN ÖRNEK BİR OFİS BİNASINDA KLİMA SİSTEM TASARIMI

Ahmet ARISOY  
Görkem ÇİLEK

## ÖZET

Bu çalışmada İstanbul'da bir örnek ofis binasında doğal ve mekanik sistemin birlikte uygulandığı hybrid bir klima tesisatının tasarımı yapılmıştır. Binaya kontrol edilebilen hava besleme ve atış açıklıkları yerleştirilerek doğal havalandırma imkanı getirilmiştir. Sistemin entegrasyonu için bir otomasyon senaryosu oluşturulmuştur. Hem sistemin tasarımında yardımcı olması ve hem de sistemin performansının incelenebilmesi amacıyla bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Açıklıkların boyutları bu program yardımıyla belirlenmiştir. Yapılan simülasyon çalışmaları bu binada doğal havalandırma yoluyla, sadece tüketilen soğutma enerjisinden yıllık %39 mertebelerinde tasarruf yapabile olanağının bulunduğunu göstermiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Doğal havalandırma, bilgisayar modellemesi, HVAC sistem tasarımı.

## ABSTRACT

In this study a hybrid system for an office building is designed. Air supply and return grills have been located so as to operate with both mechanical and natural systems. Required equipment has been determined and placed. An automation scenario has been created for the integration of systems. A computer program has been developed to predict the performance of and to make design calculations for the system. Grills and the openings have been sized utilizing this program. Simulation results show that 39% cooling energy savings can be achieved annually by making use of natural ventilation for this office building.

**Keywords :** Natural ventilation, computer modeling, HVAC system design.

## 1. GİRİŞ

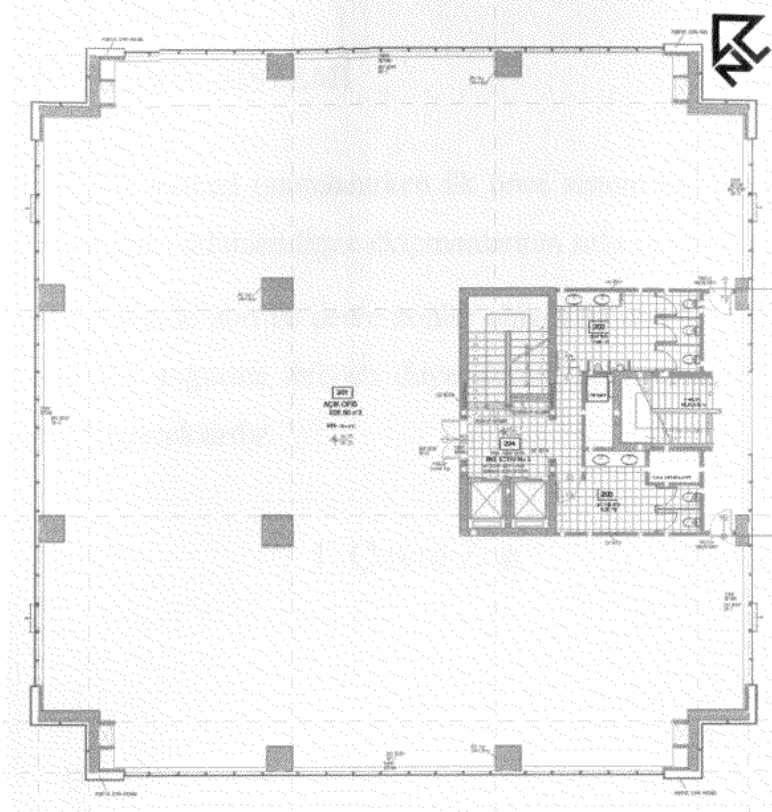
Günümüzde fosil yakıt kaynaklarının kullanımının minimize edilmesi için yenilenebilir kaynaklardan mümkün olduğu ölçüde daha fazla yararlanılmaya çalışılmaktadır. Bu çerçevede konutlarda havalandırma ve soğutma amacıyla enerji tüketimini azaltmanın en uygun yollarından biri, doğal havalandırma olarak görülmektedir. Doğal havalandırmada mekanik sistemlerdeki fan gücüne karşılık rüzgar gücü ve ısı güç gibi doğal güçlerden yararlanılmaktadır. Doğal havalandırma yazın ve ara mevsimlerde aynı zamanda doğal soğutma da yapmak mümkündür. Dış ortam havası iç ortam havasına göre daha düşük entalpiye sahip olduğu dönemlerde doğal havalandırma yoluyla yapıdan ısı çekilerek iç ortam soğutulabilir. Dış ortam entalpisi öğlen saatlerinde artınca doğal havalandırmanın durdurulması gerekir. Bu noktadan sonra mekanik soğutma devreye girecektir. Böylece konforun sürekliliği açısından doğal sistemleri mekanik sistemlerle birlikte tasarlamak gerekmektedir.

Bu çalışmada, mimari yapısı doğal havalandırmaya müsait bir binaya doğal ve mekanik sistemlerin birlikte yer aldığı hybrid bir tasarımı yapılmıştır. Önce binanın mimarisi incelenmiş, hava veriş ve emiş menfezleri hem doğal sistemden hem de mekanik sistemden faydalanacak şekilde yerleştirilmiştir. Gerekli teçhizatlar belirlenmiş ve konumlandırılmıştır. Doğal ve mekanik sistem arasında koordinasyonu sağlayacak bir otomasyon senaryosu yazılmıştır.

Sistem boyutlandırması için her tür binaya adapte edilebilecek bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bilgisayara girilen saatlik dış ortam sıcaklıkları, rüzgâr yönleri, rüzgâr hızları verisiyle yılın belirli bir bölümünde sistemin çalışması simüle edilebilmektedir. Bu program yardımıyla doğal sistemi oluşturan menfez ve kanal boyutlandırması yapılmıştır. Bu program aynı zamanda saatlik bazda iç ortam sıcaklıkları ve soğutma ve havalandırma yüklerini hesaplayabilmektedir. Doğal havalandırmanın ne kadar etkili olduğu, mekanik sistemin devreye girme saatleri girilen datalar doğrultusunda ve yapılan hesaplamalar sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu şekilde binanın haftalık, aylık ve mevsimlik enerji sarfiyatı hesaplanarak elde edilecek kazanç ortaya konmuştur. Bu bilgilerden hareketle sistemin fizibilitesi incelenebilir. Bu çalışmada fizibilite hesapları yapılmamıştır.

Örneğin Nisan ayı için simülasyon sonuçları mekanik havalandırma sisteminin bu ay boyunca sadece 228 saat ve mekanik soğutma sisteminin sadece 69 saat çalıştığını vermektedir. Habuki doğal havalandırma olmadığı zaman aynı koşullarda mekanik havalandırma 360 saat ve mekanik soğutmanın 160 saat çalışması gerekmektedir. Mekanik sistemin tek başına çalışması durumunda yıllık soğutma amaçlı enerji tüketimi 125812 kWh olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık doğal havalandırma destekli hibrit sistem kullanılması halinde yıllık soğutma enerjisi tüketimi 76625 kWh olmaktadır. Bu sonuçlar bize doğal havalandırma sistemiyle örnek bir ofis binasında yıllık %39 enerji tasarrufu yapmanın mümkün olduğunu göstermektedir.

## 2. ÖRNEK BİNA



Şekil 1. Katın plan görünüşü.

Göz önüne alınan örnek bina İstanbul'da kurulu 5 katlı bir ofis binasıdır. Bu ofis binasının 2. katındaki açık ofis katı önerilen HVAC sisteminin kurulması için seçilmiştir. Binanın 2. katının yerden yüksekliği 10 m'dir. Kat yüksekliği ise 3 m'dir. Katın plan görünüşü Şekil 1'de verilmiştir.

Kare biçimindeki katın alanı  $635 \text{ m}^2$  ve hacmi  $1905 \text{ m}^3$  değerindedir. Dış duvar beton ve izolasyon olmak üzere 2 tabakadan oluşmaktadır. Pencereler çift camlıdır. Döşeme alanı çevre zonu ve çekirdek zonu olmak üzere 2 zona ayrılabilir. Çekirdek zonu bütün bir yıl soğutmaya çalışmaktadır. Buna karşılık çevre zonu yaz ve kış mevsimine göre soğutulmak veya ısıtılmak ihtiyacındadır. Havalandırmaysa bütün bir yıl çalışmak zorundadır. Ofis katında 79 kişi çalışmaktadır. Aydınlatma gücü  $6350 \text{ W}$  değerindedir ve gerekli havalandırma miktarı  $7620 \text{ m}^3/\text{h}$  olarak hesaplanmıştır. İç ısı kazançları bu uygulamada ana yükü oluşturmaktadır ve HVAC sisteminin ağırlıklı görevi soğutmadır.

### 3. HVAC SİSTEMİ

Ana mekanik sistem sulu bir sistem olarak tanımlanabilir. Katın soğutulup ısıtılması için tavan tipi fan-coil üniteleri seçilmiştir. Bu cihazlar asma tavan içine yerleştirilmişlerdir ve dönüş havasını bu hacimden almaktadırlar. Roof-top tipi sabit debili bir havalandırma santrali taze hava beslemesi için kullanılmaktadır. Taze hava santralinden odaya taze hava besleme sıcaklığı yazın  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  ve kışın  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  değerindedir. Bu taze hava kanallarla taşınmakta ve asma tavan içine verilmektedir. Egzoz havası kanalla toplanarak yine çatıdan dışarı atılmaktadır. Doğal havalandırma sistemi geliştirilen bilgisayar programı kullanılarak tasarlanmıştır. Katın hem kuzey-Doğu hem de Güney-Batı duvarlarına 3'er adet damper kontrollü her biri  $4150 \times 345 \text{ mm}$  boyutunda açıklıklar oluşturulmuştur. Her iki karşılıklı duvardaki bu açıklıklardan ikişer tanesi havalandırma amacıyla ve geri kalan birer tanesi soğutma amacıyla kullanılmaktadır. Rüzgar üflediğinde rüzgar yönündeki açıklıklardan giren hava karşı yöndeki açıklıklardan dışarı çıkmaktadır. Her iki dış duvardaki açıklıklar da asma tavan içine açılmaktadır. Açıklıklardan asma tavan içine giren hava yalancı tavan menfezlerinden odaya beslenmektedir. Asma tavan iki bölmeye ayrılmıştır. Her bir bölme karşılıklı duvarlardaki açıklık gruplarından biriyle ilişkilidir. Egzoz havası ters bir yol izleyerek diğer duvardan dışarı çıkar. Her biri bölmede odayla asma tavan arasında  $60 \times 60 \text{ cm}$  boyutunda olan 12 yalancı menfez kullanılmıştır.

### 4. HVAC SİSTEM OTOMASYONU

HVAC sistemi için bir bina otomasyon sistemi dizayn edilmiştir. Salonda iki tür sensör kullanılmıştır. Bunlar iç hava sıcaklığını ve iç havadaki  $\text{CO}_2$  oranını hisseden sensörlerdir. Çatıda dış hava sıcaklığını, rüzgarın yönünü ve hızını ölçen bir istasyon yer almaktadır. Bütün sensörler merkezi otomasyon sistemine bağlıdır. Dış duvarlardaki bütün damperler motorlu damperdir ve on/off modunda çalışmaktadırlar. Bunlar da otomasyon sistemine bağlıdır. Havalandırma ve soğutma sistemleri bağımsız olarak çalışabilmektedirler.

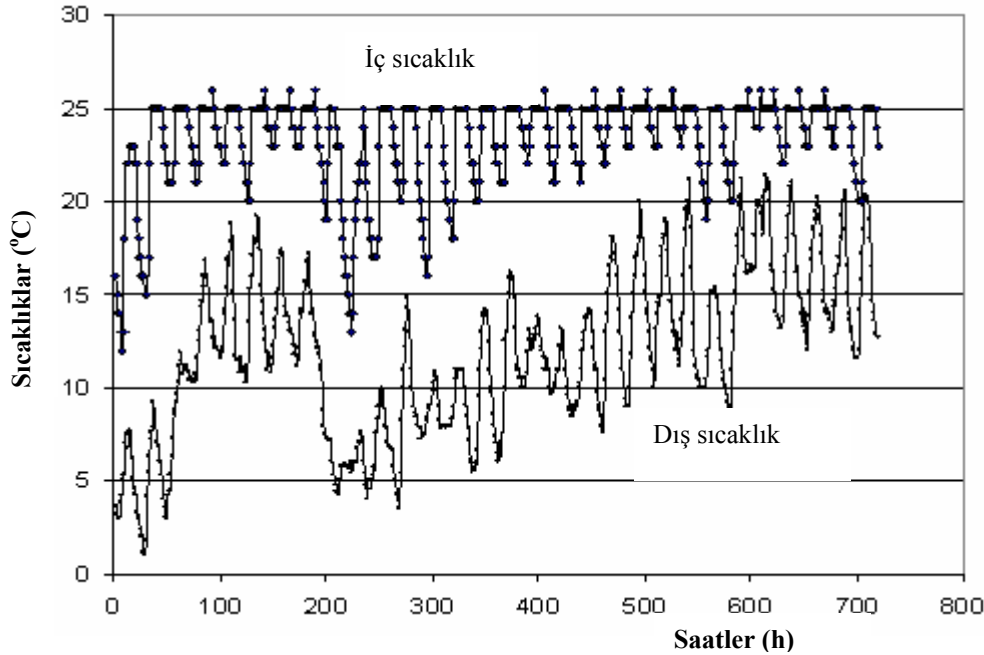
Havalandırma senaryosu saat 8.00 ile 20.00 arasını gündüz olarak algılamaktadır. Gündüz  $\text{CO}_2$  sensörü damperleri kontrol etmektedir. Eğer  $\text{CO}_2$  seviyesi 1000 ppm değerinden büyükse, damperler kapanır ve mekanik havalandırma başlar. Eğer  $\text{CO}_2$  seviyesi 1000 ppm değerinden küçükse sistem rüzgar hızını ve açısını kontrol eder. Eğer rüzgar hızı  $2.5 \text{ m/s}$ 'den büyükse ve rüzgar açısı  $\pm 30^\circ$  arasındaysa damperler açılır. Aksi halde tekrar kapanırlar. Geceleyin havalandırma açıklıkları normal olarak açıktır. Gece döneminde iç hava limit sıcaklıkları damperleri kumanda eder.

Soğutma senaryosunda ilk öncelik dış hava sıcaklığındadır. Eğer dış sıcaklık iç sıcaklıktan yüksekse doğal soğutma damperi kapalıdır. Eğer dış sıcaklık iç sıcaklıktan daha düşük olmasına rağmen eğer iç sıcaklık gece döneminde  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ 'den daha düşükse doğal soğutma damperi yine kapalıdır. Aksi halde açılır. Gündüz döneminde mekanik sistem iç hava sıcaklığı ile kontrol edilerek bir çalışma gerçekleştirilir. Ara mevsimlerde gündüz iç sıcaklık değeri sadece doğal soğutmayla  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altına düşebilir. Bu durumda da soğutma damperleri kapanmalıdır.

## 5. HESAPLAR VE DEĞERLENDİRMELER

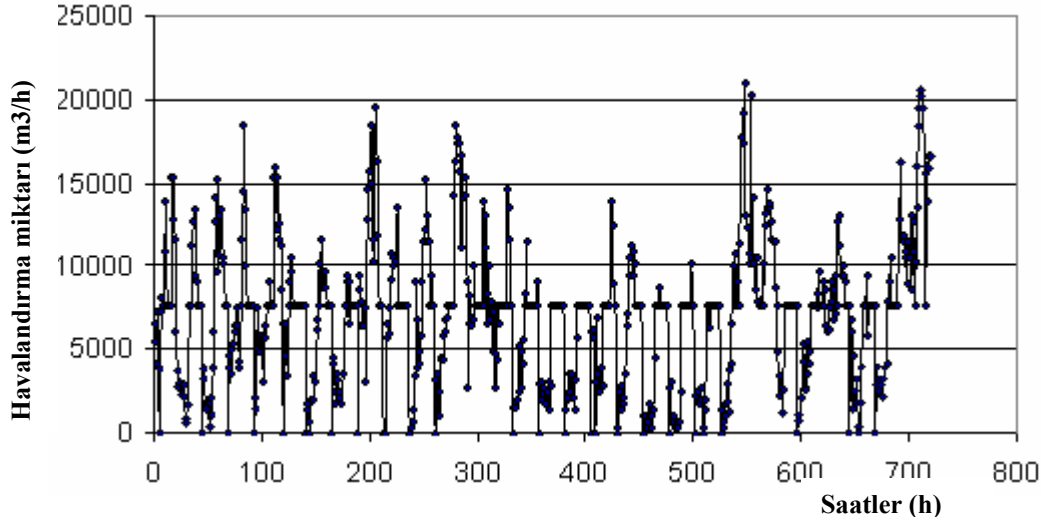
Saatlik iklim verileri TTMD [1]'den alınmıştır. Göztepe istasyonu tipik yıl 1995 iklim verileri kullanılmıştır. Binanın dinamik ısı kayıp ve kazançları "Heat Balance" yöntemiyle hesaplanmıştır. Bu yöntem ASHRAE [2] ve [3] de detaylı olarak tanımlanmıştır. Asma tavan ile çevresi arasındaki ısı transfer olayları özel olarak hazırlanarak algoritmaya dahil edilmiştir. Ayrıca rüzgar hızı ve yönüne bağlı olarak kata giren hava miktarları da algoritmaya yerleştirilmiştir. Bu hususlar orijinal yöntemimize bizim katkılarımızdır. Bu algoritmaya dayanılarak özel bir bilgisayar programı tarafımızca hazırlanmıştır. Bu programla zamana bağlı olarak iç sıcaklık değişimini, kullanılan ısıtma ve soğutma enerjilerini, kata giren havalandırma havası miktarlarını, doğal havalandırmanın etkinliğini ve mekanik sistemin tek başına çalışma saatlerini hesaplamak mümkündür. Bu program bütün katı tek bir zon olarak ele almaktadır.

Şekil 2'de örnek ofis katı için tasarlanan hibrid sistem devredeyken bilgisayar programı yardımıyla hesaplanan iç sıcaklıklar, saatlik dış sıcaklık değerleriyle birlikte verilmiştir. Bu şekilden görülebileceği gibi dış sıcaklıklar bütün ay boyunca hesaplanan iç sıcaklıkların altında kalmıştır. Bunun anlamı Nisan ayı boyunca dış sıcaklıkların doğal soğutma için uygun olduğudur. Program yardımıyla, doğal havalandırma katkısı olmadan konvansiyonel bir fan coil sisteminin 160 saat çalışması gerektiği hesaplanmıştır. Halbuki doğal soğutma destekli hibrid sistem fan-coiller bu ay boyunca sadece 62 saat çalışmaktadırlar. Doğal soğutma yardımıyla 98 saat fan-coil çalışmasından tasarruf edilmektedir.



Şekil 2. Nisan ayı boyunca iç ve dış sıcaklıkların değişimi

Şekil 3'te yine Nisan ayı boyunca saatlik olarak hibrid sistem tarafından beslenen toplam taze hava miktarları verilmiştir. Toplam havalandırma miktarına doğal havalandırmanın önemli ölçüde katkısı görülmektedir. Mekanik havalandırmanın hızı gündüz 7600 m<sup>3</sup>/h değerindedir ve gece çalışmamaktadır. Şekilde görülen mekanik havalandırmanın üzerine katkılar tamamen doğal havalandırmaya bağlıdır. Hibrid sistemde mekanik havalandırma Nisan ayında 228 saat çalışmaktadır. Halbuki konvansiyonel bir mekanik havalandırma sistemi benzer koşullarda 360 saat çalışmak zorundadır. Böylece mekanik havalandırma sisteminin çalışmasından bu ay boyunca 132 saat tasarruf edilmektedir. Buna ilave olarak hibrid havalandırma sisteminde içeri gerekenden çok daha fazla taze hava beslenmektedir.



**Şekil 3.** Nisan ayında hibrid havalandırma sistemiyle beslenen toplam taze hava miktarları

Salondaki CO<sub>2</sub> seviyesi ofis katındaki iç hava kalitesinin bir göstergesi olarak düşünülebilir. İç hava kalitesi ve CO<sub>2</sub> seviyesi havalandırma sistemiyle control edilebilir. CO<sub>2</sub> seviyesi için limit değer 1000 ppm olarak alınmıştır. Nisan ayı boyunca iç ortamın hesaplanan CO<sub>2</sub> seviyeleri limit değerinin çok altında kalmaktadır. Bu doğal havalandırmanın sağladığı yeterli düzeydeki havalandırma sayesinde mümkün olabilmektedir. Nisan ayı için hesaplanan ortalama CO<sub>2</sub> seviyesi 443 ppm değerindedir. Halbuki konvansiyonel bir mekanik havalandırma sistemi kullanılmış olsaydı düşülebilecek ortalama CO<sub>2</sub> seviyesi ancak 538 ppm olacaktır. Bunun anlamı doğal havalandırma sayesinde daha yüksek bir iç hava kalitesine ulaşılmıştır.

Mekanik havalandırma (taze hava santrali) ve mekanik soğutma (fan-coiller) çalışma saatleri aylık bazda Tablo 1'de verilmiştir. Hibrid ve konvansiyonel olmak üzere iki sistemin performansının karşılaştırılması bu tabloda görülmektedir. Bu ofis binasında insanlara, aydınlatmaya ve ofis cihazlarına bağlı iç yükler çok yüksektir. Hatta kışın bile soğutma gerekebilmektedir. Bu nedenle her iki sistem arasındaki farkla ortaya konan tasarruflar özellikle kış aylarında ve ara mevsimlerde yüksektir. Hesap sonuçlarına göre fan coil sisteminden yılda toplam 715 çalışma saati tasarruf edilebilmektedir. Bu yıllık çalışma süresinin %38'ine karşı gelmektedir.

**Tablo 1.** Doğal havalandırma mekanik sistemlerin çalışma saatlerini azaltmaktadır.

Aylar	Hibrid HVAC Sistemi				Konvansiyonel HVAC sistemi			
	Mekanik havalan. çalışma saatleri	Fan-coil soğutma çalışma saatleri	Isıtma enerjisi tüketimi (kWh)	Soğutma enerjisi tüketimi (kWh)	Mekanik havalan. çalışma saatleri	Fan-coil soğutma çalışma saatleri	Isıtma enerjisi tüketimi (kWh)	Soğutma enerjisi tüketimi (kWh)
Ocak	159	7	10828	420	372	89	13142	4673
Şubat	183	18	8006	998	336	99	10432	5198
Mart	198	30	7773	1680	372	135	10272	7088
Nisan	228	62	4339	3639	360	160	6418	8433
Mayıs	149	91	0	6553	372	200	0	12388
Haziran	178	212	0	14980	360	222	0	18352
Temmuz	118	258	0	16078	372	231	0	19644
Agustos	156	236	0	15609	372	220	0	18935
Eylül	223	143	0	10894	360	184	0	13725
Ekim	220	48	3022	2940	372	142	4668	7455
Kasım	273	37	9233	2100	360	99	10251	5198
Aralık	216	14	10349	735	372	90	12000	4725
<b>TOPLAM</b>	<b>2301</b>	<b>1156</b>	<b>53550</b>	<b>76626</b>	<b>4380</b>	<b>1871</b>	<b>67183</b>	<b>125814</b>

Havalandırma sisteminden olan tasarruf miktarı soğutmaya göre çok daha fazladır. Mekanik havalandırma sisteminin çalışmasından yıllık toplam 2079 saat tasarruf etmenin mümkün olduğu görülmektedir. Bu, havalandırma sisteminin çalışma süresinin yaklaşık %47'sine karşı gelmektedir.

Tablo 1'de aylık olarak sistemin toplam ısıtma ve soğutma enerjisi tüketim değerleri de verilmiştir. Isıtma ve soğutma enerjisi hem taze hava santralinde ve hem de fancoillerde tüketilmektedir. Yazın ısıtma enerjisine gereksinim yoktur. Ancak soğutma ihtiyacı yıl boyu sürmektedir. Konvansiyonel mekanik HVAC sistemi yıllık soğutma enerjisi tüketimi 125814 kWh olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık doğal havalandırma destekli hibrid sistem soğutma enerjisi 76626 kWh ile sınırlı kalmaktadır. Bu fark, doğal havalandırmanın kullanılmasıyla örnek ofis katında yıllık mekanik soğutma enerjisi kullanımında %39 oranında bir tasarrufa karşılık gelmektedir.

## 6. SONUÇ

Bu çalışma göstermektedir ki binaların doğal havalandırması ve soğutması konvansiyonel mekanik HVAC sistemlerine entegre edilebilir. Böyle bir hibrid sistem enerji tasarrufuna imkan verdiği gibi iç hava kalitesini de artırmaktadır.

İstanbul'da gözönüne alınan bir ofis binasında sözü edilen hibrid HVAC sistemi dizayn edilmiştir. Bu sistemin performansını simüle etmek üzere de bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu program kullanılmak suretiyle tipik bir yıl için hibrid sistemin performansı hesaplanmıştır. Hesap sonuçları göstermektedir ki böyle bir sistemle konfor düzeyi bütün bir yıl istenilen düzeyde tutulabilir ve aynı zamanda iç hava kalitesi artırılabilir.

Böyle bir hibrid sistemde mekanik havalandırma ve soğutma cihazları, konvansiyonel tam mekanik sistemlere göre daha az süreler çalışacaklardır. Mekanik havalandırma cihazları çalışma sürelerinden %38 tasarruf etmek mümkündür.

Mekanik soğutma cihazları çalışma sürelerindeki tasarruf oranı %47 değerlerine ulaşmaktadır.

Soğutma enerjisinden ise miktar olarak yıllık tasarruf oranı yıllık %39 mertebelerindedir.

## KAYNAKLAR

- [1] TTMD 1999, Proje Raporu, Türkiye İklim Verileri.
- [2] ASHRAE 1997, ASHRAE Handbook Fundamentals, Ch.15
- [3] ASHRAE 1998, Cooling and Heating Load Calculations Principles.

## ÖZGEÇMİŞLER

### Ahmet ARISOY

1972 yılında İ.T.Ü. Makina Fakültesi'nden Y.Müh unvanıyla mezun olmuştur. 1979 yılında Makina Mühendisliğinde Doktora derecesi, 1992 yılında Isı Tekniği Bilim Dalında Profesörlük unvanı almıştır. 1972 yılından bugüne kadar İTÜ Makina Fakültesinde görev yapmıştır. 1980- 1982 arasında A.B.D. Michigan Üniversitesi Makina Mühendisliği ve Uçak-Uzay Mühendisliği bölümlerinde misafir araştırmacı olarak bulunmuştur. Lisans ve yüksek lisans seviyesinde; Buhar Kazanları, Isıtma Havalandırma, Soğutma, İklimlendirme, Bina Tesisatı, Yanma, Isı ve Kütle Transferi derslerini vermiştir.

### Görkem ÇİLEK

1978 yılında İstanbul'da doğdu. 2000 yılında İTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı üniversiteden 2004 yılında Yüksek Mühendis unvanını almıştır. 2000 yılından itibaren çeşitli mühendislik firmalarında çalışmıştır. Halen Samko firmasında mekanik proje bölüm sorumlusu olarak görev yapmaktadır.