

# İKLİMLENDİRMEDE ENERJİ TASARRUFU TEDBİRLERİ

Bekir YELMEN  
Serdar ÖZTEKİN  
M.Tarık ÇAKIR

## ÖZET

İklimlendirilme sistemlerinde tüketilen enerjinin toplam enerji tüketimindeki payı, yaklaşık olarak %20'yi bulmaktadır. Bu bakımdan enerjinin etkin ve verimli kullanımı, büyük önem taşımaktadır. İklimlendirilme sistemlerinin performansının değerlendirilmesinde, termodinamiğin birinci yasasını, başka bir deyişle, enerji denkliliğini uygulama alışkanlığı içindeyiz. Oysa, bu sistemlerin işletilmesini sağlamak için gerek duyduğumuz enerji, kullanılabilir enerjidir. Ekserji analizinin teorisi, büyük ölçüde kullanılabilir enerji analizi gibidir. Bu konudaki terminolojinin pek standartlaştırılmadığı görülmektedir. Bu çalışmada, iklimlendirilmesi yapılacak tesisin cihaz seçimi, projelendirilmesi, tasarımı ve sistemin işletilmesi aşamalarında enerji tasarrufu tedbirleri açıklanmıştır. Bir iklimlendirme tesisinde ısı geri kazanım cihazının kullanılması sonucu elde edilecek kazançlar göz önünde bulundurularak, tesis için en uygun egzoz havası çıkış sıcaklık değerlerinin tesbitinin, termodinamik ve termoeconomik denklemler kullanılarak nasıl yapılacağı açıklanmıştır. Ekserji analizi, bu çalışmada ele alınan İklimlendirilme sistemlerinin analizinde önemli bir araçtır. Çünkü bu analiz, mevcut sistemlerdeki verimsizlikleri azaltarak, daha verimli enerji sistemleri tasarlanmasının mümkün olup olmayacağını açığa kavuşturacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekserji, İklimlendirme, Enerji.

## 1. GİRİŞ

Enerji ekonomisi geniş bir alandır. Birçok çalışma, enerji ve ekonomiyle birlikte yapılmıştır. Bu nedenle, günümüzde enerji maliyetleri ile enerji fiyatları terimleri yaygın olarak benzer kabul edilmektedir. Fakat maliyetler gerçekte ilişkili değildir. Genelde enerji maliyeti, bir hammadde maliyeti içerir. Bunun nedeni, enerjinin genellikle değerinin olmayışındır. Oysa, ekserji ekonominin esasıdır, miktarlar gibi ücret ve maliyetleri hassasiyetle kapsar.

İş, ekserji ve ekonomiyle bağlantılıdır, entropiden ekonomiye olan bağlantı 20-30 yıl önce araştırmalarla başarıyla ortaya konulmuştur. Bu alandaki araştırmalardan önemli biri Nicholas Georgescu Roegen' a aittir. "Entropi Yasası ve Ekonomik Proses" isimli 1971 yılında yayımlanan kitabı sürekli olarak birçok araştırmacıya ve projelerine referans kaynak olmuştur. Birçok araştırmacı ekserji ve ekonomi arasındaki ilişkiye dikkat çekmektedir. Rosen, bu gibi çabaların yalnız endüstriye tasarım aktivitelerinde değil, aynı zamanda topluma da yardımcı olabileceğine dikkat çekmektedir [1].

İklimlendirme yapılacak tesislerde, ısıtma ve soğutma işleminin gerçekleştirilmesinde enerji taşıyıcı akışkan olarak havanın kullanılması ve iç ortamın ihtiyacı kadar taze havanın, iç ortama sürekli ilave edilmesinden dolayı, ortamdaki konfor şartlarındaki bir miktar havayla birlikte dış ortama sürekli enerji atılmaktadır. Bu atılan enerjiden dolayı, klasik ısıtma ve soğutma sistemlerine göre klima sistemlerinde daha fazla işletme ve yatırım maliyetleriyle karşılaşmaktadır. Yaz iklimlendirmesi yapılan tesislerde soğutmayı temin etmek için elektrik enerjisi kullanılmakta, kış iklimlendirme tesislerinde ise alışılmış

yakıtlar kullanılmaktadır. Bu tür sistemler de alınabilecek enerji tasarrufu tedbirleri sayesinde, önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlanabilir.

İklimlendirilmesi düşünülen binanın mimari tasarımı aşamasında, dış yüklerini azaltacak şekilde, binanın geometrisi, pencere yönleri ve boyutları, dış yüzey kaplama ve boyasının renginin seçilmesi konularında uygun tercihler yapılabilir. Ayrıca yaz uygulamalarında gündüz ve gece arasındaki sıcaklık farkı kullanılarak, gündüz binanın iç ortam havasında ve yapı bileşenlerinde depolanan enerji, gece çekilerek sistemin normal çalışma saatlerindeki yükleri azaltılabilir [2].

Ayrıca binanın dış duvar yüzeyi ve pencerelerine, güneş radyasyonu etkisini azaltacak tedbirler ile beraber binanın dış yapı kabuğunun ısı yalıtımı yapılması sonucu, daha küçük kapasiteli cihazlar ile daha az işletme maliyeti temin edilebilir[3].

Günümüzde, İklimlendirilme sistemlerinde tüketilen enerjinin toplam enerji tüketimindeki payı, yaklaşık olarak % 20'yi bulmaktadır. Bu bağlamda, enerjinin ve hatta boşa giden enerjinin etkin ve verimli kullanımını, özellikle büyük önem taşımaktadır. İklimlendirme sistemlerinde, buharlaştırmalı soğutma serbest enerji veya enerji kazanımı için kullanılır. Buharlaştırmalı soğutmanın performansının verimli değerlendirilmesi kullanılan enerji ve iç hava kalitesinin geliştirilmesi için çok önemlidir. İklimlendirilme sistemlerinin performansının değerlendirilmesinde, termodinamiğin birinci yasasını, başka bir deyişle enerji balansını uygulamaya alışılmış olunabilir. Oysa bu sistemlerin işletilmesini sağlamak için gerek duyulan enerji, kullanılabilir (yararlı) enerjidir. Kullanılabilir enerji bu sistemlerin çalıştırılması için gereken enerjidir. Bu teori Gibbs tarafından oluşturulduktan sonra bir çok mühendislik dalında gelişerek hızla yayılmıştır [4-5].

Termodinamikte ekserjinin bir diğer adı kullanılabilir iştir. İklimlendirme sistemlerin ekserji analizi üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Fakat halen ekserji analizlerinde bazı hatalar mevcuttur. Bunun nedeni, fonksiyonel sistemlerin ve enerji akışının eksik sınıflandırılmasındandır, bu da gerçek ekserji verimliliğinin değerinin altında veya üstünde bir değer bulunmasına neden olacaktır. Ayrıca, atmosferik dengenin ölü hal dengesi olarak seçilmesi de hatalı sonuç bulunmasına yol açar. Az miktarda yoğunlaşan suyun etkisi büyük ekserji kaybı çıkarsa bile, gerçek kullanılabilir enerjinin kullanılmasında önemsenmez. Böylece ekserji verimliliği gerçek değer altında bulunur [4].

İklimlendirme sistemlerinde kullanılan otomatik kontrol teknikleri sayesinde; konfor için yapılan sistemlerde, daha rahat ve sağlıklı bir ortam elde edilmektedir. Endüstriyel sistemlerde, üretilen mamülün kalitesi artırılmakta ve kullanım maliyeti açısından da işgücü ve enerjiden tasarruf sağlanmaktadır [6]. İnsanların iklimlendirme sistemlerinden talepleri arttığı için, kontrol sistemleri de karmaşık bir hal almıştır. Elle kontrolde, konfor şartlarındaki sürekliliğin sağlanamaması gibi mahzurları elektro-mekanik sistemlerle giderilmiştir. Fakat günümüzde gelişen teknolojiyle beraber mikroişlemcili veya bilgisayar destekli sistemler kullanılmaktadır. Bilgisayar ve mikroişlemci destekli sistemlerle hassas bir kontrol yapılabilmeyle birlikte, sistem programlanabilmekte, iyileştirme amacıyla daha sonra kullanılmak üzere veriler saklanabilmektedir [7].

### **1.1.Projelendirme Aşamasında Göz Önünde Bulundurulması Gerekli Hususlar**

- ✓ Şehir dışında bulunan otel, alışveriş merkezleri veya binaların soğutma yükünün önemli bir kısmı, eğer fazla derin olmayan su kuyuları açma imkanı varsa, yer altı suyu kullanılarak karşılanabilir.
- ✓ Isı kazançlarının soğutma ve ısıtma yüklerine dönüşümleri doğru tespit edilmeli.
- ✓ Isı kazancı ve kaybı yükleri doğru hesap edilmeli.
- ✓ İklimlendirme tesislerinde gerçek iklim verileri kullanılmalıdır.
- ✓ Lüzumsuz yere büyük kapasiteli cihaz seçimi önlenmelidir [8].
- ✓ Absorbsiyonlu soğutma sistemleri kullanılarak soğutma için sarf edilen elektrik enerjisi çok düşük seviyelere çekilebilir.

- ✓ Kış klimasında da ısı pompalarının bu tür sistemlerde kullanılmaları değerlendirilmelidir.
- ✓ Kanal tasarımında da optimum kanal tasarım yöntemleri ve hesaplan kullanılarak hem işletme hem de yatırım maliyetleri uygun seviyelerde olan kanal sistemleri elde edilebilir.
- ✓ İklimlendirme tesislerinde kurulacak, egzoz havası ile çalışacak ön ısıtma ve ön soğutma yapabilen enerji geri kazanım cihazlarının kullanımı çok büyük boyutlarda enerji tasarrufu sağlayabilmektedir.
- ✓ Tesisin işletilmesinde değişik yükler için sistemi ayarlayarak, maksimum kapasitesinde çalıştırılmasını önleyecek otomatik kontrol sistemleriyle donatılması sonucu da önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

## **1.2.Klimalı Kullanılan Binaların ve Kanalların Yalıtılmasının Kazançları**

İklimlendirme yapılacak binanın yükleri değerlendirilirken, iç ve dış yükler olarak iki grup altında değerlendirilmektedir. Dış yükler binanın dış yapı kabuğundan geçerek binanın içine gelen yükler olup bu yükler duvar, çatı, pencere ve kapıdan iletimle gelen ayrıca şeffaf yüzeylerden güneş ışınımı ile gelen ve sızıntı veya havalandırma havası ile gelen yükler olarak tanımlanabilir, insan ve cihaz yoğun olmayan binalarda dış yüklerin payı daha büyük değerlere ulaşabilir. Dış yükler içinde iletimle ortama ulaşan yüklerin payını, binanın dış yapı kabuğuna yalıtım yaparak azaltma potansiyeli mevcuttur. Bu potansiyel de yalıtım kalınlığına bağlı olarak değişmektedir. Binanın tasarımı aşamasında yalıtım kalınlığı sorgulanmalıdır [9]. Yalıtım veya diğer tedbirlerden dolayı yükün azaltılması oranına bağlı olarak, kullanılan klima cihazlarının boyutları ve kapasiteleri ile beraber kanal boyutları ve işletme maliyetleri de azalmaktadır [9].

Kanallı tip cihazlarda ve klima santrallerinde yüksek maliyette hazırlanan havanın özelliklerinin bozulmadan iklimlendirme yapılacak ortama ulaştırılması gerekmektedir. Eğer kanalların ısı kaybına karşı yalıtımı yetersizse bunun işletme maliyeti, kanaldaki hava dolaştırma maliyetinden daha büyük değerlerde çıkabilir ve yalıtım kalınlığı kanal içi ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak tespit edilmelidir. En iyi çözüm ise kanal tasarımı aşamasında optimum kanal kesitiyle beraber optimum yalıtım kalınlığının da elde edilmesidir [10].

## **1.3.İklimlendirme Yapılacak Tesislerde Enerji Geri Kazanımı**

İklimlendirme sisteminden atılan egzoz havası ile yaz veya kış iklimlendirilmesi durumlarında sisteme ilave edilecek bir enerji geri kazanım ünitesi ile dış havanın ön soğutulması veya ön ısıtılması yapılabilir. Bu sayede ısıtıcı ünite soğutucu ünite ile birlikte diğer ısıtma ve soğutma grubunun kapasiteleri azaltılarak, hem bu cihazların yatırım maliyetleri hem de işletme maliyetleri azaltılabilmektedir. İklimlendirme tesislerinde aşağıda belirtilen dört değişik tip enerji geri kazanım sistemi kullanılmaktadır [11], [12], [8].

- ✓ Isı borulu ısı geri kazanım cihazının kullanılması
- ✓ Sıcak ve soğuk (gidiş ve dönüş) hava kanallarına yerleştirilmiş, kanatlı borulu serpantinler arasında pompa yardımı ile suyun dolaştırılması
- ✓ Plakalı tip ısı değiştirgeci kullanılması
- ✓ Dönel tip ısı değiştirgeci kullanılması

Sisteme ilave edilecek bir enerji geri kazanım cihazının ek bir basınç kaybı yükü getireceği unutulmamalıdır. Bununla birlikte yukarıda açıklanan her bir enerji geri kazanım cihazının avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır [12], [11]. Örneğin suyun iki hat arasında sirkülasyonu ile enerji geri kazanımında (bataryalı tip EGK) enerji geri kazanma miktarı çok fazla olamamaktadır (yaklaşık %40). Dönel tip enerji geri kazanımı cihazında, ısı tekerleğinin sürekli döndürülmesinden dolayı ilave elektrik enerjisi ve dönel elemanların bulunmasından dolayı bakımının ve kontrolünün sık sık yapılması gerekmektedir. Bu tip EGK sistemlerinde temiz havaya kirli hava karışma riski vardır. Bununla birlikte

duyulur ve gizli ısı kazanımını da birlikte gerçekleştirebilmektedir. Isı borulu geri kazanım sistemlerinin yatırım maliyetlerinin büyük olduğu söylenebilir.

Plakalı tip enerji geri kazanım cihazları, genellikle alüminyum veya paslanmaz çelik özel plaka profillerinden imal edilirler. Gizli ısı kazanım arzu edilirse selüloz esaslı malzeme (nem geçişine müsaade edebilir) kullanılabilir. Plakalı ısı değiştirgecinin, ısı borulu ya da dönel tip EGK sistemlerinde olduğu gibi, yağlanma, ayar ve parça değişimi, ısı taşıma gazı özel kaplama v.b. gibi ihtiyaçları yoktur. Montajı kolaydır ve basınç kaybının dışında ilave bir işletme maliyeti yoktur. Plakalı enerji geri kazanım cihazında enerji geri kazanım miktarı %65 ila %75 oranındadır [11].

#### **1.4.Enerji Geri Kazanımı Cihazının Seçimi**

Enerji geri kazanım cihazının seçiminde iki durum söz konusudur. Birincisi iklimlendirme tesisi mevcuttur ve bu tesis için enerji geri kazanım cihazı seçimi yapılacaktır. Bu durumda böyle bir enerji geri kazanımı cihazının yatırım maliyeti ile cihazın çalışması için gerekli ilave masraflar ile birlikte yine ömrü boyunca sistemin ısıtma veya soğutma yükünde yapacağı tasarruf miktarı da dikkate alınarak, toplam işletme maliyetleri elde edilerek, sistemin toplam (yatırım+işletme) maliyetinin en düşük düzeyde olacağı cihaz seçilmelidir [12]. İkinci durum ise iklimlendirme sistemi için kullanılacak cihazların henüz seçim aşamasında bulunduğu durumdur. Seçilecek bir enerji geri kazanım cihazı, kapasitesine bağlı olarak, iklimlendirme santralinde kullanılacak ısıtıcı ünite, soğutucu ünite, ısıtma grubu ve soğutma grubunun hem yatırım hem de işletme maliyetlerini azaltacaktır.

Sisteme ilave edilen uygulanabilir bir ısı geri kazanım cihazının seçiminde takip edilecek en uygun yol, değişik kapasitelerde yapılabilecek böyle bir ilavenin sisteme sağlayacağı avantaj ve dezavantajların ortaya konularak, ekonomik olarak değerlendirilmesidir [13], [14].

#### **Örnek Sistemle İlgili İşletme Maliyetleri**

Örnek sistemle ilgili değişen işletme maliyetleri kapasitesindeki değişme sonucu, kompresörün işletilme maliyeti azalacaktır, buna karşın ön soğutucunun hem egzoz havası tarafında hem de taze hava tarafında oluşturduğu ek basınç kayıplarından dolayı vantilatörlerin işletme maliyetleri artacaktır. İşletme maliyetlerinin yıllık miktarı ise elde edilen elektrik sarfiyatı gücünün yıllık çalışma süresi ve elektriğin birim fiyatıyla çarpılması sonucu elde edilir.

#### **1.5.Ekonomik Değerlendirme ve Örnek Sistemle İlgili Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması**

Ekonomik analizlerde paranın zaman değerini göz önünde bulunduran metotlar kullanılarak aynı zaman düzeyine getirilmiş maliyetler üzerinden yapılan değerlendirmeler gerçek anlamda bir yatırım için fikir verebilmektedir. Optimizasyon çalışmalarında aynı zaman düzeyine getirilmiş yatırım ve işletme maliyetlerinin toplamından oluşan bir amaç fonksiyonu oluşturulur ve bu amaç fonksiyonunu minimum yapacak değişken değerleri aranmaktadır. Optimum çözümler için amaç fonksiyonunun ilgili değişkenlere göre türevi alınarak sıfıra eşitlenip değişken sayısı kadar denklem elde edilmekte ve bu denklem sistemi ortak çözülmektedir [13],[14].

#### **1.6.İşletmede Enerji Tasarrufu Açısından Alınması Gereken Tedbirler**

İklimlendirme sistemlerinde, santral ve kanal içinde oluşan kirliliklerden dolayı ve mekanik aksanlardaki aşınmalardan dolayı zamanla ortaya çıkan enerji kayıpları da iyi bir bakım ve temizlik programı ile ortadan kaldırılabilir. Kanalların temizliği işleminde uzaktan kumandalı robotlar kullanılarak etkin temizlik yapılabilmektedir. Hava filtreleri sık sık kontrol edilerek, gerekli değişimler ve temizlikler öngörüldüğü şekilde yapılmalıdır.

## 2. ENERJİ VE EKSERJİ

Geniş kapsamlı olarak ele alındığı gibi, ekserji; enerji, çevre ve sürdürülebilir gelişmenin bir karışımı olarak karşımıza çıkar [15]. Enerji, genellikle iş yada iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır. Bunun yerine, hareket ya da hareket üretme yeteneği olarak tanımlanmalıdır. Ekserji ise, iş (düzenli hareket) yada iş üretebilme kabiliyetidir. Hareket, sık sık belirli bir yönü olmayan, yani anlamsız iştir [16,17]. Başka bir bakış açısından, yani enerji verimliliği bakış açısından enerji; yaşamı konforlu kılan paradır [18]. Özetle, enerjinin para, hatta peşin para olarak tanımlanmasını önerebiliriz [19,20].

Termodinamik bakış açısından ekserji; bir referans çevreyle denge haline gelirken, bir sistem ya da madde veya enerji akışıyla üretilebilecek maksimum miktarda iş olarak tanımlanır. Ekserji, referans çevreye göre tamamen kararlı dengede olmamanın sonucu olarak, değişime neden olan akış ya da sistemin potansiyelinin bir ölçüsüdür. Enerjiden farklı olarak, ekserji; korunum yasasına uğramaz (ideal veya tersinir prosesler hariç olmak üzere). Ekserji daha çok, gerçek proseslerdeki tersinmezlikler nedeniyle, tüketilir ya da yok edilir. Bir proses boyunca ekserji tüketimi, prosesle ilişkili tersinmezlikler nedeniyle ortaya çıkan entropiyle orantılıdır. Enerji ve ekserji kavramları, Tablo 1' de açık olarak kıyaslanmaktadır [21].

Enerji ile ekserji kıyaslandıktan sonra, ekserji analizi yapmanın önemini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz [21]:

- ✓ Enerji kaynakları kullanımının çevreye olan etkilerinin en iyi şekilde belirlenmesinde ana bir araçtır.
- ✓ Enerji sistemlerinin tasarımı ve analizi için termodinamiğin ikinci yasasıyla birlikte kütle ve enerjinin korunumu prensiplerini kullanan etkin bir yöntemdir.
- ✓ Daha fazla verimli kaynak kullanılma amacını destekleyen uygun bir tekniktir. Belirlenmesi gereken atık ve kayıpların yerleri, tipleri ve gerçek büyüklükleri ortaya çıkarılır.
- ✓ Mevcut sistemlerdeki verimsizlikleri azaltarak, daha verimli enerji sistemlerini tasarlanmanın nasıl mümkün olup- olamayacağını gösteren etkin bir tekniktir.
- ✓ Sürdürülebilir gelişmenin elde edilmesinde anahtar bir bileşendir.
- ✓ Enerji politikaların oluşturulmasında kullanılacak önemli bir araçtır.

**Tablo 1.** Enerji Ve Ekserji Kavramlarının Karşılaştırılması [21]

Enerji	Ekserji
Sadece madde yada enerji akış parametrelerine bağlıdır ve çevresel parametrelere bağlı değildir.	Madde veya enerji akışı ve çevresel parametrelerin her ikisine bağlıdır.
Sıfırdan farklı değerleri vardır (Einstein'ın bağıntısına göre, $mc^2$ ye eşittir).	Sıfıra eşittir (Çevreyle dengede olarak ölü durumda)
Tüm prosesler için termodinamiğin 1. yasasıyla gösterilir.	Sadece tersinir prosesler için termodinamiğin birinci yasasıyla gösterilir (Tersinmez proseslerde, kısmen yada tamamen yok olur).
Tüm prosesler için termodinamiğin ikinci yasasıyla sınırlıdır (tersinir olanlar da dahil).	Termodinamiğin ikinci yasası nedeniyle tersinir prosesler için sınırlı değildir.
Hareket yada hareketi üretme kabiliyetidir.	İş yada iş üretme kabiliyetidir.
Bir proseste her zaman korunur; ne vardan yok olur, ne de yoktan var edilir.	Tersinir proseslerde her zaman korunur, ama tersinmez proseslerde her zaman tüketilir.
Miktarın (niceliğin) bir ölçüsüdür.	Niceliğin ve entropi nedeniyle niteliğin (kalitenin) bir ölçüsüdür.

### 3. EKSERJİ VE EKONOMİNİN BİRLİKTE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Ekonomik analizlerin performansları için bir çok YÖNTEM, ekserji esas alınarak geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Bu yöntemler, aşağıdaki isimler altında tanımlanır:

- Termoekonomik analiz,
- II. yasa maliyet analizi,
- Ekserjik-ekonomik analiz.

Sonuç olarak, bu teknikler bir sistemin, işletilmesi ve tasarımının optimize edilmesine (en iyilendirilmesine) ve ekonomik kaynakların doğru tahsisinde yardımcı olur. Bir sistemin karlılığı, ekonomik fizibilitesinin en yüksek düzeyde doğruluğunun sağlanmasıyla mümkündür.

Ekserji-ekonomi araştırmacısı Tsatsaronis [22], ekserji-ekonomi yöntemlerini (oldukça zor ve karmaşık), dört ana grupta toplar. Bunlar:

- ✓ Ekserji-ekonomi maliyet hesabı,
- ✓ Ekserji-ekonomi hesap analizi,
- ✓ Ekserji-ekonomi benzerlik sayısı ve
- ✓ Üretim / maliyet verimlilik diyagramlarıdır.

### 4. EKSERJİ ANALİZİ

Enerji kaynaklarının doğru ve verimli kullanımları termodinamiğin I. ve II. yasalarıyla belirlenir. Enerji ısı bir sisteme yakıtla girer ve maliyeti ürün içinde hesaplanır. Termodinamiğin I. yasası gereği enerji yok edilemez. Bu kavram bazen, kullanışlı bir tasarımla ve ısı analizle bozulabilir. Bu fikir enerjide uygulanmasa da ekserji kavramında termodinamiğin II. yasası kapsamında kullanılır. Soğutma ünitesinden elde edilen 1 kJ enerji ile, 1 kJ elektrik enerjisi veren bir güç tesisinin verdikleri enerjilerin kullanışlılığı, ekonomikliliği ve kalitesi aynı değildir. Ekserji, enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlar. Aynı zamanda Termodinamiğin I. yasasının da anlaşılmasına yardımcı olur.

#### 4.1. Bir Ofisin İklimlendirilmesi

İklimlendirme sistemiyle yapılan 30 m<sup>2</sup> büyüklüğünde bir ofisi ele alalım. Dış hava sıcaklığı ısıtma modunda -3 °C, iç hava sıcaklığı 20 °C, dış havanın bağıl nemi % 81 ve iç havanın bağıl nemi % 45' dir. Soğutma modunda ise, dış hava sıcaklığı 35.8 °C, iç hava sıcaklığı 25.5 °C, dış hava bağıl nemi % 52.8 ve iç hava bağıl nemi % 57.5' dir. Odada 10 kişinin saatlik taze hava ihtiyacının karşılandığı kabul edilsin. Buna göre, daha önceki bölümlerde verilen bağıntıların kullanılmasıyla, Tablo 1' de verilen sonuçlara ulaşılır.

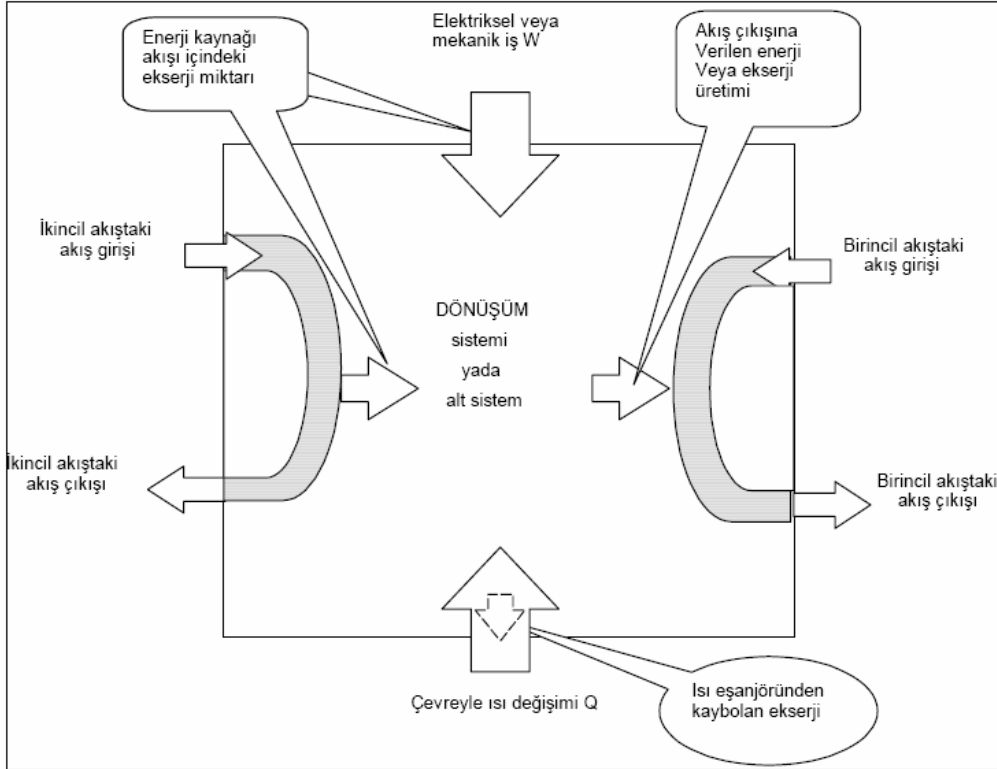
**Tablo 2.** Isıtma Ve Soğutma Modunda Çalıştırılan HVAC Sisteminin Enerji Ve Ekserji Bilgileri[4]

	Isıtma modunda enerji ihtiyacı ve ekserji bilgileri			
	Isıtılan mahal koşulları			Tüm iklimlendirme ünitesi
	Oda ısı yükü	Oda nemliliği	Taze hava	
Enerji ihtiyacı (kW)	3.82	-0.7	3.87	6.99
Ekserji ihtiyacı (kW)	0.2997	-0.02794	0.1194	0.4467
Ekserji ihtiyacı (kW)		0.4467		2.3
Ekserji verimi $\eta_{ex}$		87.6%		19.42%
Enerji verimi		100%		304%

	Soğutma modunda enerji ihtiyacı ve ekserji bilgileri			
	Isıtılan mahal koşulları			Tüm iklimlendirme ünitesi
	Oda ısı yükü	Oda nemliliği	Taze hava	
Enerji ihtiyacı (kJ/h)	-3.9	-0.7	-3	-7.6
Ekserji ihtiyacı (kJ/h)	0.1345	-0.04772	0.1194	0.356
Ekserji ihtiyacı (kJ/h)		0.356		2.97
Ekserji verimi $\eta_{ex}$		84.7%		12%
Enerji verimi		100%		-256%

Tablo 2'deki sonuçlar incelendiğinde, ekserji verimleri veya verimliliğin çok küçük olduğu görülür. Bu da sistem performansının geliştirilebileceğini gösterir. Şekil 1' de İklimlendirme sistemlerin enerji akış şeması sistem performansını etkileyen unsurlar sınıflandırılarak gösterilmiştir.



**Şekil 1.** İklimlendirme sistemlerin enerji akış şeması [4]

## SONUÇ

Bu çalışmada iklimlendirilmesi yapılacak mekanın yapı proje tasarımı, iklimlendirme projesi tasarımı, klima santrali ve elemanlarının seçimi ve sistemin işletilmesi aşamalarında, enerji tasarrufu açısından göz önünde bulundurulması gerekli hususlar açıklanmaya çalışılmıştır. Enerji tasarrufu açısından binanın geometrisinin, yalıtımının, atık enerji geri kazanımı sisteminin ve otomatik kontrol sistemin bulunmasının önemli olduğu vurgulanmaya çalışılmıştır. Ayrıca tam klima yani yaz + kış klimasını uygulayan sistemlerde kullanılan atık ısı geri kazanımı sisteminin kullanma faktörü büyük olduğu için sağlanan kazançta daha da büyümektedir. Klima sistemlerinde, binaların yalıtım kalınlığı, ısıtıcı ve soğutucu grubu sıcaklık fark seviyeleri, soğutma performans katsayısı gibi parametrelerde göz önünde bulundurularak daha kapsamlı optimizasyon çalışması yapılabilir. Enerji (birinci yasa) analizi, ısı sistemlerinin analizinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Termodinamiğin birinci yasası, sadece enerjinin korunumu ile ilişkilidir ve sistemin performansının nasıl, nerede ve ne kadar azaltıldığı hakkında hiçbir bilgi vermez. Buna karşın ekserji analizi, enerji sistemlerinin tasarımı, optimizasyonu (en iyileştirilmesi) ve performansının değerlendirilmesinde, yararlı bir araçtır. Ekserji analizi genellikle, sistemin maksimum performansını belirlemek ve ekserji kaybı yerlerini saptamak amacıyla yapılır [23]. Ülkemizde, iklimlendirme sistemlerde, maalesef, enerji analizinin bile tam olarak yapılmadığı bir süreçte, burada ele alınan ekserji analizi, çok karmaşık, belki de farklı (lüks olarak) algılanabilir. Ancak, enerji, çevre ve sürdürülebilir gelişmenin mükemmel bir karışımı olan ekserjinin, gerek tasarım gerekse de işletme aşamasında ele alınması, enerji verimliliği sağlamada ve hatta ülkelerin enerji politikalarının oluşturulmasında [21] anahtar bir rol oynadığı göz ardı edilmemelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] ROSEN, M.A., "Exergy and Economics: Is Exergy Profitable", Exergy-An International Journal, Sayfa: 1-3, 2002.
- [2] ARISOY, A , CETEGEN, E., 29-30 Nisan/1 Mayıs, 2002, Gece Soğutmasında Binaların Isıl Performansı, TTMD V. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, İstanbul.
- [3] OZTURK, I., 2001, Klima ve Yalıtım, Yalıtım Kongresi, MMO Eskişehir Şubesi, Eskişehir.
- [4] CHENGQIN, R., NIANPING, L. ve GUANGFA, T., "Principles of Exergy Analysis in HVAC and Evaluation of Evaporative Cooling Schemes", Building and Environment, Cilt No: 37, Sayfa: 1045-1055, 2002.
- [5] CHENGQIN,R., GUANGFA, T, NIANPING, L. ve JING, Y., "Discussion regarding the Principles of Exergy Analysis Applied to HVAC Systems", Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Cilt 1 (1), Sayfa: 137-141, 2002.
- [6] Atik, K., "İklimlendirme Sistemlerinde Otomatik Kontrolün Konfor Şartlarının Sağlanması ve Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkisi", G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, s 1, Ankara, (2002).
- [7] Bach, H., Baumgarth, S., "Regelungstechnik in der Versorgungstechnik", Verlag C.F.Müller GmbH, s 458, Karlsruhe, (1983).
- [8] MC QUISTON, FC. and PARKER, D J. and SPITLER, D.J.. 2000, Heating Ventilating And Air Conditioning, Analysis and Design, John Wiley & Sons Inc
- [9] OZTURK, I ve KARABAY H, 29-30 Nisan/1 Mayıs, 2002 İklimlendirme Tesislerinde Kullanılan Hava Kanallarının Optimum Boyutlandırılması ve Yalıtım Kalınlığının Elde Edilmesi, TTMD V Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, İstanbul
- [10] DEMIREL, O , Kasım- Aralık 2001, Klima Sistemlerinde Isı Gen Kazanımı, , Sh- 30-32, TTMD Dergisi.
- [11] BESANT, R., W. And SIMONSON, C., J., Kasım- Aralık 2001, Havadan Havaya Isı Gen Kazanımı, Sh: 37-42, TTMD Dergisi.
- [12] BEJ AN, A., TSATSARONIS, G., and MORAN, M., 1997, Thermal Design And Optimization, , John Wiley & Sons, Inc.
- [13] CAMARATA, G., FICHERA, A., MAMMINO, L And MARLETTA, L., 1997, Exergonomic Optimization OfAn Air Conditioning System, Vol. 119, Transactions of the ASME.
- [14] ROSEN, M.A. ve DINCER, I., "Exergy as the Confluence of Energy, Environment, and Sustainable Development", Exergy- An International Journal, Cilt No: 1(1), Sayfa: 3-13, 2001.
- [15] WALL, G., "Exergy Conversion in the Japanese Society", Energy, Cilt No: 15(5), Sayfa: 435-444, 1990.



- [16] WALL, G., "Exergy, Society and Morals", Journal of Human Values", Cilt No: 3(2), Sayfa: 193-206, 1997.
- [17] SHINKAWA, N., "An Outlook for Energy in Energy Conservation Point of View", Kyushu International Center, JICA ve KITA, Kitakyushu, Japan, 1998.
- [18] ENERGY EFFICIENCY OFFICE, EEO., Energy, Environment and Profits, Making a Corporate Commitment, Department of the Environment, England, 1993.
- [19] HEPBASLI, A. ve OZALP, N. "Development of Energy Efficiency and Management Implementation in the Turkish Industrial Sector", Energy Conversion and Management, Cilt No: 44 (2), Sayfa: 231-249, 2003.
- [20] DINCER, I., "The Role of Exergy in Energy Policy Making", Energy Policy, Cilt No: 30, Sayfa: 137-149, 2002.
- [21] ROSEN, M.A., "Exergy and Economics: Is Exergy Profitable", Exergy-An International Journal, Sayfa: 1-3, 2002.
- [22] YUMRUTAS, R., KUNDUZ, M. ve KANOGLU, M., "Exergy Analysis of Vapor Compression Refrigeration Systems", Exergy- An International Journal, 2003.

## ÖZGEÇMİŞ

### Bekir YELMEN

1968 yılında Adana'da doğdu. 1991 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü'nden mezun oldu. 1997 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı'ndan "**Uçakla Granül Gübre Uygulama Makinası**" üzerine yüksek lisans aldı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı'nda "**Polietilen Yüksek Tünel Sera Tipi Kurutucuda Baharatlık Kırmızıbiberin Kurutulması**" üzere doktora çalışmasını tamamladı. 1997-2000 yılları arasında Niğde Üniversitesi Çamardı Meslek Yüksekokulunda, 2000-2006 yılları arasında Niğde Üniversitesi Ortaköy Meslek Yüksekokulunda ve 2006 yılından beri Aksaray Üniversitesi Ortaköy Meslek Yüksekokulunda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli iki çocuk sahibi.

### Serdar ÖZTEKİN

1960 yılında Adana'da doğan Serdar ÖZTEKİN ilk ve orta öğrenimini Adana'da tamamladı. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümünden mezun oldu. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümünde yüksek lisans yaptı. Hohenheim Üniversitesinde (Almanya) doktorasını tamamladı. Prof.Dr.Serdar ÖZTEKİN halen Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları Anabilim Dalında görev yapmakta. Ulusal ve uluslararası birçok yayına ve kitab ile projeye sahip olan Dr. Öztekin'in çalışma konuları arasında Ürün İşleme Tekniği, Tarım Ürünlerinin Kurutulması ve Depolanması, Tarımda Enerji Kullanımı gelmektedir. Prof.Dr. Serdar ÖZTEKİN evli ve iki çocuk sahibidir.

### M.Tarık ÇAKIR

1974 tarihinde Ankara'da doğan M. Tarık Çakır ilk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1998 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1999 yılında Niğde Üniversitesinin açmış olduğu sınavı kazanarak Ortaköy Meslek Yüksekokulu Makine bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. Aynı yıl Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans çalışmalarına başladı. 2002 yılında yüksek lisansını tamamladı. 2003 yılında başladığı Gazi üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina bölümündeki doktora çalışmalarını 2008 yılında tamamladı. Ulusal ve uluslararası birçok yayına sahip olan Dr. Çakır'ın çalışma konuları arasında yenilenebilir enerji, ekserji analizi, ısıtma, soğutma, havalandırma, medikal gaz tesisatı gelmektedir. Halen bir kamu kurumunda kontrol mühendisi olarak görev yapan Dr. Çakır evli ve bir çocuk babasıdır.