DESİSİF BİR İKLİMLENDİRME SİSTEMİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMININ ADANA KOŞULLARINDA ARAŞTIRILMASI

Ertaç HÜRDOĞAN[1], Orhan BÜYÜKALACA[2], Tuncay YILMAZ[3]
Çukurova Üniversitesi, Müh. - Mim. Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Balcalı, Adana
Telefon : (322) 3386084/2722, Fax : (322) 3386126,
e-posta : [1]ertach@cu.edu.tr, [2]orhan1@cu.edu.tr, [3]tunyil@cu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarında kurulmuş olan nem almalı (desisif) bir iklimlendirme sistemi ele alınmıştır. Tasarlanan sistemde bulunan bütün noktaların psikrometrik özelliklerinin analitik olarak hesaplanabildiği bir model oluşturulmuştur. Bu modelle, Adana için Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) tarafından ölçülen iklim verileri kullanılarak güneş enerjisinin kurulan desisif iklimlendirme sisteminde kullanımının avantaj-dezavantajı araştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nem almalı soğutma, İklimlendirme, Güneş enerjisi, İklim verileri

ABSTRACT

In this study, a desiccant based air-conditioning system that is located in the Laboratory of Mechanical Engineering Department of Çukurova University is considered. A model of system is formed to investigate the advantages-disadvantages of using solar energy in this system. Meteorological data for ADANA measured by State Meteorological Affairs (DMİ), is used in calculations and results are evaluated.

Keywords: Desiccant cooling; Air-conditioning; Solar energy; Meteorological data

1. GİRİŞ

Bazı endüstriyel uygulamalarda ve özellikle hastane ve benzeri sağlık kuruluşlarında hava yoluyla yayılan enfeksiyonlar neme doğrudan bağlı olduğundan, nem kontrolü çok önemlidir (Arundel vd., 1986). İklimlendirme için yaygın olarak kullanılan konvansiyonel sistemlerde, iklimlendirilen mahale gönderilen hava bir soğutma grubu (genellikle buhar sıkıştırmalı çevrim) tarafından soğutulan serpantinlerden geçirilir. Serpantinlerden geçerken havanın hem sıcaklığı (duyulur ısı) hem de nemi (gizli ısı) düşürülür. Havadan nem uzaklaştırılması, soğuk serpantin yüzeylere temas eden havanın içerisindeki su buharının yoğuşması ile gerçekleşir. Bu işlem, mahale gönderilen hava içerisinde enfeksiyonlara sebep olabilecek bakterilerin üremesi için uygun bir ortamı oluşturur. Desisif iklimlendirme sistemlerinde ise nem alma işlemi, yoğuşma yoluyla gerçekleştirilmemektedir. Ayrıca hava içerisindeki nem miktarı daha az olduğundan hastalıklara sebep olabilecek bakterilerin üreme olasılığı en aza inmektedir. Bu sistemlerde kullanılan nem alıcı maddeler, iklimlendirilen mahale gönderilen hava içerisinde hastalıklara ve çeşitli enfeksiyonlara sebep olabilecek bakterileri %35-70 oranında uzaklaştırmaktadır (Kovak ve Heimann, 1997). Hava yoluyla yayılan bu tür enfeksiyon problemlerini en aza indirmek için desisif sistemlerin hijyenin önemli olduğu hastane uygulamalarında kullanılması önerilmektedir (ORNL, 2000).

Bu çalışmada, son yıllarda kullanımı yaygınlaşmaya başlayan ve konvansiyonel iklimlendirme sistemlerine göre bazı avantajlara sahip olan nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemlerinin özellikle hastane uygulamaları için ülkemiz koşullarında uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla bir sistem tasarlanmış ve Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarında kurulmuştur. Tasarlanan sistemde bulunan bütün noktaların psikrometrik özelliklerinin analitik olarak hesaplanabildiği bir model oluşturulmuştur. Bu modelle, Adana için Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) tarafından ölçülen iklim verileri kullanılarak güneş enerjisinin kurulan desisif iklimlendirme sisteminde kullanımının avantaj-dezavantajı araştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. SİSTEMİN TANITIMI

Sistem, Adana için tasarım değerleri olan 38 °C kuru ve 26 °C yaş termometre sıcaklığına göre, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarı içerisinde yer alan 11.5x5.1x3.8 m boyutlarındaki bir mahalin yaz şartlarında olası maksimum soğutma yükünü (temiz hava yükü hariç 11 kW) karşılayabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Şekil 1'de tasarlanıp, kurulan nem almalı iklimlendirme sisteminin genel görünüşü verilmiştir. Sistemde, hastane iklimlendirmesi düşünülerek %100 temiz hava kullanılmakta ve üç adet hava kanalı (temiz, atık ve rejenerasyon) bulunmaktadır. Temiz hava kanalı, tamamı dışardan alınan taze havayı iklimlendirerek mahale iletmek için kullanılır. Atık hava kanalı yardımıyla, mahal içerisinden emilen hava dışarı atılmaktadır. Rejenerasyon hava kanalı ise nem alma ünitesinde emilen nemi uzaklaştırmak için kullanılır. Bu kanallara, kullanılan havayı sistemin amacına uygun olarak şartlandırmak ve kontrol etmek amacıyla çeşitli elemanlar (nem alma ünitesi, ısı değiştiricisi, fan, soğutma grubu, ısıtıcı ünitesi, vs.) yerleştirilmiştir.

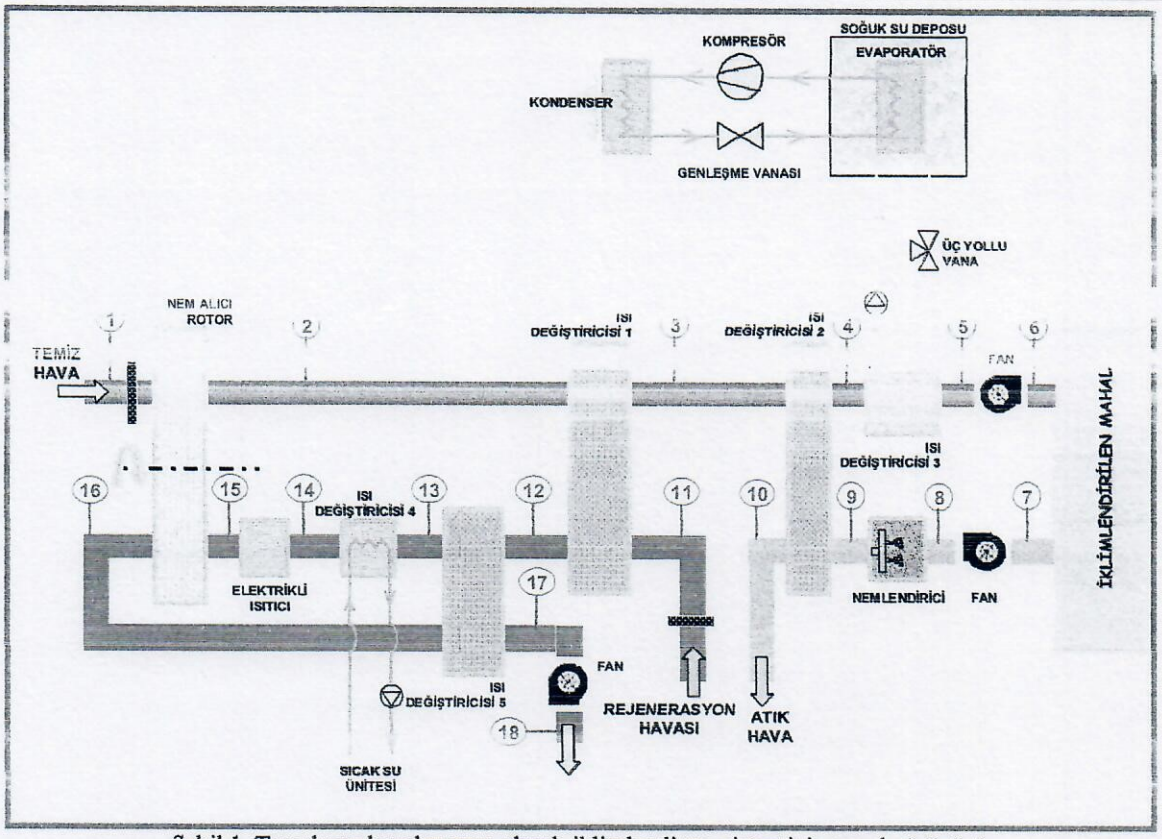
Temiz hava kanalına 1 noktasında alınan havanın nemi, nem alma ünitesinde (döner tip) düşürülmekte (1→2) ve kuru ancak daha yüksek sıcaklıkta bir hava elde edilmektedir (2). Aynı anda bir miktar sıcak hava (rejenerasyon havası) ters yönden nem alıcıya gönderilerek (15) taze havadan çekilen nem, nem alma ünitesinden uzaklaştırılmaktadır (15→16). Nem alma ünitesinden sonra, temiz hava 1 numaralı ısı değiştiricisinden geçirilerek (2→3), daha düşük bir sıcaklığa sahip olan dış ortam havası ile (11) bir ön soğutma işlemine tabi tutulmakta ve sıcaklığı düşürülmektedir. Bir sonraki aşamada ise temiz hava, yine bir ısı değiştiricisinden (2 numaralı) geçirilerek (3→4) sıcaklığı bir miktar daha düşürülmektedir. Bu ısı değiştiricisinde temiz havayı soğutmak için, mahalden çekilip, nemlendirilerek soğutulan (8→9) havadan yararlanılmaktadır (9→10). Mahalden çekilen hava içerisinde hastalıklara sebep olabilecek bakteriler bulunabileceğinden, mahale verilecek temiz hava ile mahal havasının karışmasını engellemek amacıyla 1 ve 2 numaralı ısı değiştiricisinin reküperatif tip olması gerekmektedir. 1 ve 2 numaralı ısı değiştiricilerinde temiz havadan sadece duyulur ısı çekilmekte, havanın mutlak neminde bir değişiklik olmamaktadır.

2 numaralı ısı değiştiricisinden çıkan havanın sıcaklığı, son olarak buhar sıkıştırmalı bir soğutma grubu tarafından soğutulan su yardımıyla kuru soğutucu serpantinde (3 numaralı ısı değiştiricisi) üfleme sıcaklığına kadar düşürülmektedir. Burada temiz havanın içerisindeki su buharının yoğuşmaması için, serpantine gönderilen soğuk su sıcaklığının, soğutulan havanın çiğ noktası sıcaklığından en az 1 °C daha yüksek olması sağlanmaktadır. Bunun için sisteme gerekli otomatik kontrol elemanları ve sensörler yerleştirilmiştir. Serpantinde dolaşan soğutulmuş suyun sıcaklığının ayarlanması için, su hattında bir üç yollu karıştırıcı vana kullanılmıştır.

Tasarlanan bu sistemde mahale gönderilen temiz havadan nem alma işlemi sadece döner nem alıcıda gerçekleşmekte, diğer hiç bir ünitede (3 numaralı serpantin dahil) nem alma işlemi gerçekleşmemektedir.

İklimlendirilen mahalden (7) atık hava kanalına emilen hava, soğu geri kazanımı amacıyla kullanılan 2 numaralı ısı değiştiricisine gelmeden önce, bir nemlendirme ünitesinde nemlendirilmekte ve sıcaklığı düşürülmektedir. Bu işlemin amacı soğu geri kazanımını artırmaktır. Doyma eğrisine yakın bir noktaya kadar nemlendirilerek soğutulan atık hava (9), mahale gönderilen temiz havadan (3) 2 numaralı ısı değiştiricisinde ısı çekerek bu havayı soğutmakta (4), bu esnada kendi sıcaklığı da artmaktadır (10). Atık hava daha sonra dışarı atılmaktadır.

Döner nem alıcıda temiz havadan çekilen nemin (1→2) uzaklaştırılması için sıcak rejenerasyon havası kullanılmaktadır. Rejenerasyon kanalına 11 noktasında emilen dış hava, mahale nemi alınarak gönderilen temiz havadan (2) 1 numaralı ısı değiştiricisinde ısı çekerek bu havayı soğutmakta (3), bu esnada kendi sıcaklığı da artmaktadır (12). Rejenerasyon havası daha sonra 5 numaralı ısı değiştiricisinde (rejeneratif tip) yine bir ön ısıtma işlemine tabi tutulmaktadır (12→13). Bu ısı değiştiricisinde hava, nem alma ünitesinden çıkan ve hala yeterince yüksek bir sıcaklığa sahip olan rejenerasyon havası (16) kullanılarak ısıtılmaktadır. 5 numaralı ısı değiştiricisinden çıkan havanın (13) sıcaklığı, güneş enerjisi, atık ısı veya doğal gaz gibi ucuz ısıl enerji kaynakları kullanılarak ısıtılan su yardımıyla 4 numaralı ısı değiştiricisinde yükseltilmektedir (13→14). Rejenerasyon havası daha sonra, nem alma ünitesindeki nemi uzaklaştırmak için gerekli olan sıcaklığa (rejenerasyon sıcaklığı) kadar elektrikli ısıtıcılar kullanılarak ısıtılmaktadır (14→15). 15 noktasında nem alma ünitesine giren rejenerasyon havası, nem alıcıdaki nemi içine alarak soğumakta (16) ve 5 numaralı ısı değiştiricisinden geçirilerek (16→17) dışarı atılmaktadır (18).



Şekil 1. Tasarlanıp kurulan nem almalı iklimlendirme sisteminin genel görünüşü

3. SİSTEMİN DETAYLI ANALİZİ

Ön çalışmalarda Adana için yaz koşullarında dış ortam tasarım değerleri olarak alınan 38 °C kuru ve 26 °C yaş termometre sıcaklıkları esas alınarak iklimlendirme sisteminin psikrometrik analizleri yapılmış ve buna göre sistemin çalışma prensibi oluşturulmuştur.

Ancak, bilindiği gibi bir iklimlendirme sistemi, o iklimlendirme sezonu boyunca sadece birkaç gün hatta birkaç saatte dış ortam tasarım değerlerinde çalışır (Bulut vd., 2002). Bu sebeple, sistemin en kötü durum olan dış ortam tasarım şartlarında, iklimlendirilen mahalde öngörülen iç ortam tasarım değerlerini sağlamasının yanında, sezonun diğer gün ve günün değişik saatlerindeki davranışının bilinmesi de çok önemlidir. Sezon içerisinde yer alan her bir saatteki dış hava kuru ve yaş termometre sıcaklığı farklı olabileceğinden, öngörülen nem almalı iklimlendirme sisteminin sezon boyunca performansını belirleyebilmek için psikrometrik analizinin saatlik bazda yapılması gereklidir.

Tasarlanan sistemin analizini saatlik olarak da yapabilmek için bir model oluşturulmuş ve Fortran programlama dili kullanılarak sistemde bulunan tüm noktaların psikrometrik özelliklerinin analitik olarak hesaplanabildiği bir program yazılmıştır. Programa girdi olarak iklimlendirilecek mahale gönderilecek taze, atık ve rejenerasyon hattı hava debileri, anlık dış hava kuru termometre sıcaklığı ve mutlak nemi, iklimlendirilecek mahalin konfor şartları (sıcaklık ve rölatif nem), iklimlendirilecek mahalin duyulur ısı oranı ve toplam soğutma yükü, ısı değiştiricilerinin etkinlikleri, nemlendirici etkinliği, fanların etkinlikleri, fan motorlarının güçleri gibi parametreler verilmektedir.

Bu girdiler kullanılarak, sistemde yer alan her bir nokta için (toplam 18 nokta) kuru ve yaş termometre sıcaklığı, entalpi, mutlak nem, rölatif nem, çiğ noktası sıcaklığı ve yoğunluk gibi psikrometrik özellikler ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu psikrometrik değerlerin hesaplanmasında ASHRAE tarafından önerilen eşitlikler kullanılmıştır (ASHRAE Fundamentals Handbook, 2001).

Nem almalı iklimlendirme sisteminin en önemli elemanı, döner nem alma rejeneratörüdür. Nem alma rejeneratörleriyle ilgili bazı yayın ve tanıtım broşüründe nem alma ve uzaklaştırma işlemlerinin yaklaşık olarak sabit entalpide (yaklaşık sabit yaş termometre sıcaklığında) (Jia vd., 2006, Yılmaz vd. 1998, Yılmaz vd., 1999) gerçekleştiği belirtilmektedir. Ancak, üretici firmalardan temin edilen verilerin incelenmesinden; döner nem alma rejeneratöründe nem alma işleminin, sabit yaş

termometre eğrisi boyunca gerçekleşmediği görülmüştür. Bunun sebebi ise, proses havasından nemin soğurulması esnasında açığa çıkan kimyasal ısıl enerji ve daha sıcak olan rejenerasyon havasından, döner nem alma rejeneratörünün matrisi aracılığıyla taşınan enerjidir (ASHRAE Systems and Equipment Handbook, 2000). Bu ilave enerjiden dolayı proses havasının sıcaklığında fazladan bir artış meydana gelmektedir. Benzer bir durum nem alma rejeneratöründeki nemin uzaklaştırma işlemi sırasında da söz konusudur. Bu işlem de sabit yaş termometre eğrisi boyunca gerçekleşmeyip, ilave bir miktar soğuma meydana gelmektedir.

Nem alma esnasında meydana gelen ek sıcaklık artışının, toplam sıcaklık artışına oranı (F_{na}) ve nem uzaklaştırma işlemi esnasında meydana gelen ek sıcaklık düşüşünün, toplam sıcaklık azalmasına oranının (F_{nu}), doğru bir şekilde bilinmesi önemlidir. Bu değerlerin tespiti için üretici firmaların verdiği performans verileri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, F_{na} ve F_{nu} değerlerinin, nemi alınmak istenen havanın (proses) mutlak nemine (W) ve nemi uzaklaştıran havanın (rejenerasyon) kuru termometre sıcaklığına ($T_{rej.}$) bağlı olduğu görülmüş ve aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$F_{na}=F_{nu}=5.82*W^{-0.507*}T_{rej.}^{0.652} \quad (1)$$

Sistemde rejenerasyon sıcaklığı ($T_{rej.}$), üretici firmalardan temin edilen performans verilerinin değerlendirilmesiyle elde edilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$T_{rej.}=114.78*W_g^{0.654*W_ç^{-0.01}}-149.77*\ln(W_g) \quad (2)$$

Eşitlik 2'de $T_{rej.}$ rejenerasyon sıcaklığını (°C), W_g nemi alınacak havanın mutlak nemini (kg/kg), $W_ç$ ise nem alıcıdan nemi alınarak çıkan havanın mutlak nemini (kg/kg) ifade etmektedir.

Modeli oluşturulan iklimlendirme sisteminin 3, 4, 10, 12, 13, 14 ve 17 numaralı noktalarındaki sıcaklıklar, ısı değiştiricilerinin etkinliği (ε) için verilen aşağıdaki eşitlikler (Kreider ve Rabl, 1994) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\varepsilon=\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{max}} \quad (3)$$

$$\dot{Q}_{max}=C_{min}*(T_{hg}-T_{cg}) \quad (4)$$

$$C_h=\dot{m}_h*c_{ph} \quad (5)$$

$$C_c=\dot{m}_c*c_{pc} \quad (6)$$

Bu eşitliklerde (3-6) $\dot{Q}$ transfer edilen gerçek ısıyı (kW), $\dot{Q}_{max}$ da transfer edilebilecek en yüksek ısıyı (kW), T_{hg} ve T_{cg} sıcak ve soğuk akışkanların giriş sıcaklıklarını (°C), C_{min} sıcak ve soğuk akışkan ısı kapasitelerinin (C_h , C_c) en küçük olanını (kW/K), $\dot{m}_h$ ve $\dot{m}_c$ sıcak ve soğuk akışkanların kütle debilerini (kg/s), c_{ph} ve c_{pc} ise sıcak ve soğuk akışkanların özgül ısısını (kJ/kgK) ifade etmektedir.

Modeli oluşturulan iklimlendirme sisteminde üfleme noktasındaki (6 noktası) sıcaklık, önerilen psikrometrik eşitliklere ek olarak aşağıda verilen eşitlikler (Aktacir, 2005) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$DIO=\frac{\dot{Q}_{duyulur}}{\dot{Q}_{toplam}} \quad (7)$$

$$\dot{Q}_{toplam}=\dot{Q}_{duyulur}+\dot{Q}_{gizli} \quad (8)$$

$$\dot{Q}_{gizli}=\dot{m}_{hava}*h_{gl}*(W_o-W_ü) \quad (9)$$

$$\dot{Q}_{duyulur}=\dot{m}_{hava}*c_p*(T_o-T_ü) \quad (10)$$

$$\frac{W_o-W_ü}{T_o-T_ü}=\frac{c_p}{h_{gl}}*\left(\frac{1}{DIO}-1\right) \quad (11)$$

Eşitlik (7-11)'de, DIO mahal duyulur ısı oranı, $\dot{Q}_{toplam}$ mahal toplam soğutma yükü (kW), $\dot{Q}_{duyulur}$ mahal duyulur soğutma yükü (kW), $\dot{Q}_{gizli}$ mahal gizli soğutma yükü (kW), $\dot{m}_{hava}$ temiz havanın (proses havası) kütle debisi (kg/s), h_{gl} buharlaşma gizli ısısı (J/kg), W_o mahal havasının mutlak nemi (kg/kg, kuru hava), $W_ü$ üfleme noktasındaki havanın mutlak nemi (kg/kg, kuru hava), c_p proses havasının özgül ısısı (kJ/kgK), T_o mahal havasının kuru termometre sıcaklığı (°C), $T_ü$ üfleme noktasındaki havanın kuru termometre sıcaklığı (°C)'nı ifade etmektedir.

Sistemde kullanılan fanlarda, fan motorları da hava kanalı içerisinde bulunduğundan, meydana gelen kuru termometre sıcaklığı artışı ($T_{çıkış}$-$T_{giriş}$) aşağıda verilen eşitlikler (ASHRAE Fundamentals Handbook, 2001) kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\dot{Q}_{kazanç} = \left(1 - \frac{\eta_{fan}}{100}\right) * W_{fan} \quad (12)$$

$$T_{çıkı} - T_{giriş} = \left(\frac{\dot{Q}_{kazanç}}{c_p * \dot{m}_{hava}}\right) \quad (13)$$

Eşitlik (12-13)'de, $\dot{Q}_{kazanç}$ fandan havaya geçen ısı (kW), W_{fan} fan motorunun gücü (kW), η_{fan} fan verimi (%), $T_{giriş}$ ve $T_{çıkış}$ fana giren ve çıkan havanın kuru termometre sıcaklığı (°C), c_p fan girişindeki havanın özgül ısısı (kJ/kgK), $\dot{m}_{hava}$ havanın kütle debisi (kg/s)'ni ifade etmektedir.

Modeli oluşturulan sistemde soğu geri kazanımı için kullanılan nemlendirme ünitesi çıkışındaki sıcaklık (9), nemlendiricilerin etkinliği (ε_{nem}) için verilen aşağıdaki eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır (Kreider ve Rabl, 1994).

$$\varepsilon_{nem} = \frac{T_g - T_ç}{T_g - T_{wg}} \quad (14)$$

Bu eşitlikte T_g ve $T_ç$ nemlendirme ünitesine giren ve çıkan havanın kuru termometre sıcaklığını (°C), T_{wg} ise nemlendiriciye giren havanın yaş termometre sıcaklığını (°C) ifade etmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kurulan iklimlendirme sisteminde nem alıcı üzerindeki nemi uzaklaştırmak için kullanılan sıcak hava (rejenerasyon havası) elektrikli ısıtıcılarla elde edilmektedir. Desisif iklimlendirme sistemlerinde sıcak hava, genelde elektrikli ısıtıcılar veya ucuz enerji kaynakları (güneş enerjisi, atık hava, doğal gaz, vb.) kullanılarak elde edilmektedir (Dai vd., 2001, Kabeel, 2007, Yutong ve Hongxing, 2008). Bu sistemlerde, güneş enerjisinden kolektörler kullanılarak yararlanılmaktadır. Kolektörlerde elde edilen sıcak su bir ısı değiştiricisine gönderilerek havanın ısınması sağlanmaktadır.

Bu çalışmada, güneş enerjisinin kurulan desisif iklimlendirme sisteminde kullanımının avantaj-dezavantajı oluşturulan model kullanılarak araştırılmıştır. Kurulan sistemde güneş enerjisinin avantajlı olabilmesi için, rejenerasyon havasında meydana getireceği ısıtmanın kabul edilebilir bir seviyede olması gereklidir. Güneş enerjisiyle ısıtılan suyun kullanıldığı ısı değiştiricisinden havaya olan ısı transferi, ısı değiştiricisi etkinliğinin yanında, büyük oranda dış hava şartlarına (kuru ve yaş termometre sıcaklığı) bağlıdır. Bu sebeple, güneş enerjisinin faydasını değerlendirebilmek için sadece tasarım değerlerindeki (38 °C kuru ve 26 °C yaş termometre sıcaklığı) durum yerine, bütün bir soğutma sezonundaki davranışına bakmak gereklidir. Bu amaçla Adana için Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) tarafından 1983-2006 yılları arasında ölçülen iklim verileri (kuru termometre sıcaklığı ve rölatif nem) kullanılarak, güneş enerjisinin rejenerasyon havasında meydana getireceği ısıtma 23 yıl boyunca hesaplanmıştır. Sistemin yaz koşullarındaki çalışma durumu analiz edileceğinden, hesaplamalarda, mayıs ile ekim ayları arasında 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerinde (DMİ tarafından rölatif nem günde üç kez ölçülmektedir) ölçülen iklim verileri kullanılmıştır.

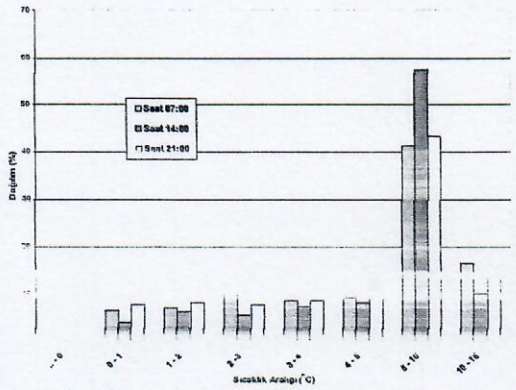
Sistemde bulunan noktaların psikrometrik özellikleri, ASHRAE tarafından önerilen eşitlikler ile yukarıda verilen eşitliklere (1-14) ek olarak Tablo 1'de verilen varsayımlar kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Hesaplamalarda kullanılan varsayımlar

Parametre	Değer
Mahal soğutma yükü (kW)	10
Mahal konfor şartı (sıcaklık (°C) - rölatif nem (%))	26 - 50
Mahal duyulur ısı oranı	0.93
Taze, atık ve rejenerasyon hattı hava debileri (m^3\h)	4000
Rekûperatör etkinliği (%)	65
Rejeneratör etkinliği (%)	85
Nemlendirici etkinliği (%)	90
Isı değiştiricisi etkinliği (%)	60
Fan verimi (%)	60
Güneş kolektörü verimi (%)	60
Fan motor güçleri (kW) (atık-taze-rejenerasyon)	1-3-4

Hesaplamalar sırasında yapılan bir diğer varsayım *da, mutlak nemin, sadece nem alma* (1→2), nem uzaklaştırma (15→16), odaya üfleme (6→7) ve nemlendirme (9→10) proseslerinde değiştiği diğer hiç bir proseste değişmediğidir. Ayrıca hesaplamalarda, dış hava mutlak neminin iklimlendirilen mahalde istenen mutlak nemden düşük olduğu iklim dataları ve rejeneratörün soğuk tarafından çıkan hava (13 noktası) sıcaklığının sıcak su ünitesinden gelen su sıcaklığından (hesaplamalarda sabit 60 °C olarak alındı) yüksek olduğu iklim dataları dikkate alınmamıştır.

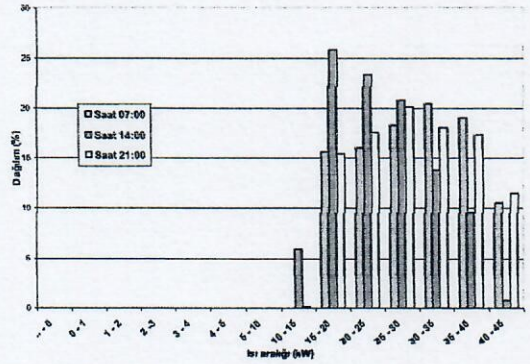
Şekil 2'de güneş kolektörleriyle elde edilen sıcak suyun kullanılmasıyla rejenerasyon havasında elde edilen sıcaklık artışının (T_{14}-T_{13}) 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerindeki yüzde dağılımı gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi soğutma sezonu içerisinde 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerinin büyük bir bölümünde elde edilebilecek sıcaklık artışı 5 °C'nin üzerindedir.



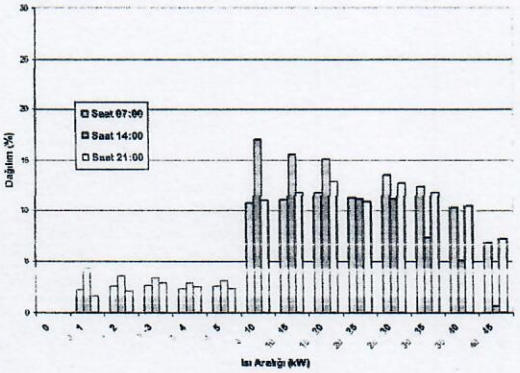
Şekil 2. Güneş enerjisiyle rejenerasyon havasında elde edilecek sıcaklık artışının 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerindeki yüzde dağılımı

Şekil 3'te güneş enerjisinden yararlanılmaması durumunda rejeneratör çıkışındaki (13 noktası) hava sıcaklığını rejenerasyon sıcaklığına ısıtmak için sadece elektrikli ısıtıcılar kullanılarak verilmesi gereken ısının ($Q_{13\text{-}15}$), 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerindeki yüzde dağılımı verilmiştir.

Şekil 4'te ise güneş enerjisiyle ısıtılan suyun kullanılması durumunda rejenerasyon sıcaklığının elde edilmesi için elektrikli ısıtıcılarla havaya verilmesi gereken ısının ($Q_{14\text{-}15}$), 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerindeki yüzde dağılımı verilmiştir. Şekil 3 ve 4'ten de görüldüğü gibi güneş enerjisinin kullanılmasıyla elektrikli ısıtıcı kullanımı büyük oranda düşmektedir. Bu da tasarlanan sistemde güneş enerjisi kullanımının avantajlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. Güneş enerjisinden yararlanılmaması durumunda elektrikli ısıtıcılar kullanılarak verilmesi gereken ısının, 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerindeki yüzde dağılımı



Şekil 4. Güneş enerjisinden yararlanılması durumunda elektrikli ısıtıcılar kullanılarak verilmesi gereken ısının, 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerindeki yüzde dağılımı

5. SONUÇ

Bu çalışmada, son yıllarda kullanımı yaygınlaşmaya başlayan ve konvansiyonel iklimlendirme sistemlerine göre bazı avantajlara sahip olan nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemlerinin özellikle hastane uygulamaları için ülkemiz koşullarında uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla bir sistem tasarlanmış ve Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarında kurulmuştur. Tasarlanan sistemin bir modeli oluşturularak, kurulan desisif iklimlendirme sisteminde güneş enerjisi kullanımının avantaj-dezavantajı araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonunda kurulan sistemde güneş enerjisi kullanımının çok avantajlı olduğu görülmüştür.

6.TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından "106M094" nolu proje kapsamında desteklenmektedir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

7. KAYNAKLAR

Aktacir, M. A., Influence of outdoor air conditions on operating capacity of air conditioning systems, Doktora Tezi, Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği A.B.D, 2005.

Arundel, A.V., Sterling, E.M., Biggin, J. H. ve Sterling, T. D., "Indirect health effects of relative humidity in indoor environments", Env. Health Perspectives, Vol. 65, pp. 351–61, 1986.

ASHRAE Fundamentals Handbook, Psychrometrics, 2001.

ASHRAE Fundamentals Handbook, Nonresidential