

PİLOT BİR DESİSİF İKLİMLENDİRME SİSTEMİNDE İLK ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Ertaç HÜRDOĞAN
Orhan BÜYÜKALACA
Tuncay YILMAZ
İrfan UÇKAN

ÖZET

Bu çalışmada, nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemlerinin özellikle hastane uygulamaları için ülkemiz koşullarında uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bir sistem kurulmuş ve deneysel olarak araştırılmıştır. Kurulan desisif iklimlendirme sisteminin detaylı analizlerini yapabilmek, performansını belirleyebilmek ve sistemde yer alan birçok üniteyi bağımsız olarak irdeleyebilmek amacıyla sistem üzerinde sıcaklık, nem, debi, elektrik tüketimi gibi çeşitli parametreler ölçülerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Yazın yapılan deneylerde, iklimlendirilen ortamın sıcaklığı 26°C'ye ve rölatif nemi %50'ye ayarlanmış olup, deneyler süresince hava debisi sabit tutulmuştur. Bu durumda, gerekli üfleme sıcaklığı ve rölatif nemi sağlamak için nem alma ünitesine giren rejenerasyon havasının sıcaklığı ve diğer bazı parametreler sistem tarafından otomatik olarak kontrol edilmektedir. Bu bildiriye, deney düzeneğinden elde edilen ilk deneysel veriler sunulmuş ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklimlendirme, desisif soğutma, nem alma, hijyen

ABSTRACT

In this study, a desiccant based air-conditioning system, which is constructed in the laboratories of Mechanical Engineering Department of Çukurova University, is investigated experimentally to study the suitability of the system for the health care facilities in which hygiene is crucially important. In this system, temperature, relative humidity, flow rate and power consumption are measured to carry out an energy analysis, to determine the performance of the system and to investigate the components in the system separately. In the experiments, temperature and relative humidity of air conditioned room are fixed at 26°C and %50 respectively. Flow rate of the air is kept constant during the experiments. Desired blowing temperature, regeneration temperature and some other parameters are controlled automatically to obtain the comfort conditions in a room. In this paper, first experimental datas at the desiccant based air-conditioning system is presented and evaluated.

Key Words: Air-conditioning, desiccant cooling, dehumidification, hygiene

1. GİRİŞ

İnsanlar, içerisinde yaşadıkları binaların kendilerine en iyi ısı konforu sağlamasını isterler. Bu ısı konfor da iklimlendirme ve ısıtma-soğutma sistemleri yardımıyla sağlanır. Fakat enerji gereksiniminin artması, bazı ekonomik problemler ve konvansiyonel iklimlendirme sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanların çevreye verdikleri zararlı etkiler sonucunda, son yıllarda alternatif iklimlendirme sistemlerine ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır.

Bu arayış içerisinde düşünülen sistemlerden birisi de nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemleridir. Desisif sistemlerde, iklimlendirilecek mahale gönderilen hava, nem alıcı (kurutucu) madde (katı veya sıvı) üzerinden geçirilerek nemi düşürülmekte ve daha sonra istenilen konfor sıcaklığına kadar buharlaştırılmalı soğutma veya konvansiyonel buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi tarafından soğutulmaktadır. Nem alıcı üzerindeki nem ise rejenerasyon havası olarak bilinen ikincil bir sıcak hava akımı tarafından uzaklaştırılmaktadır [1]. Daou ve ark. [2], mevcut desisif iklimlendirme teknolojilerini derleyerek, bu tür sistemlerin değişik uygulamalarını tartışmışlardır. Enerjinin gittikçe daha çok önem kazanmaya başladığı dünyamızda, desisif sistemlerin, enerji tasarrufu, düşük yatırım maliyeti, daha iyi iç hava kalitesi ve çevre koruması gibi avantajlarından dolayı kullanım potansiyeli olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle ucuz bir enerji kaynağı (atık ısı veya güneş enerjisi) tarafından rejenerasyon edilmeleri durumunda enerji tasarrufunun çok ciddi düzeylere çıkabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar desisif soğutmanın nemlendirmeli soğutma, tavandan soğutma gibi diğer teknolojiler ile birleştirilerek daha verimli hale getirilebileceğini belirtmişlerdir. İklimlendirme sistemlerinde uygulanan değişik nem alma sistemleri Mazzei ve ark. [3] tarafından da derlenmiş ve bir tiyatro salonu ile bir süper market için yapılan analizler neticesinde, desisif sistemlerin işletme maliyetlerinde büyük tasarruflar ve daha iyi nem kontrolü sağladığı, ancak ilk yatırım maliyetlerinde artışların olduğu belirtilmiştir. Desisif iklimlendirme sistemlerinin en önemli özelliklerinden birisi hijyen açısından uygun bir iklimlendirme sistemi olmasıdır [4]. Kovak ve Heimann [5], nem almalı soğutma teknolojisinin, sağlık kuruluşlarında ve kritik araştırma laboratuvarlarında ciddi sağlık problemlerine ve salgınlara yol açan hava yoluyla yayılabilen bakteri, virüs, mantar, toz bitleri ve mantar sporeleri gibi biyolojik kirleticileri (biyoaerosol) azaltmada etkin olup olmayacağını araştırmışlardır. Araştırmacılar üç ayrı sağlık kuruluşunda çalışan desisif soğutma sisteminde ölçüm yapmışlar ve ayrıca laboratuvarında bazı deneyler gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, desisif sistemlerin hava yoluyla gelen bakteri ve mantarlarda %93 seviyesinde azalma sağladığını tespit etmişlerdir. Bu azalmanın esas olarak nem alma tekerinde gerçekleştiği ancak azalmaya yol açan mekanizmanın tam olarak anlaşılamadığı bulunmuştur. Yazarlar biyoaerosollerin ciddi problem olduğu sağlık kuruluşları ve temiz oda uygulamalarında, desisif soğutma sistemlerinin kullanımını önermişlerdir. Bu sistemlerin alışılabilirliği sistemlere göre sağlık açısından daha uygun olduğu Phillips ve Wagner [6] tarafından da saptanmıştır.

Bu çalışmada, nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemlerinin özellikle hastane uygulamaları için ülkemiz koşullarında uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bir sistem kurulmuş ve deneysel olarak araştırılmıştır. Kurulan desisif iklimlendirme sisteminin detaylı analizlerini yapabilmek, performansını belirleyebilmek ve sistemde yer alan birçok üniteyi bağımsız olarak irdeleyebilmek amacıyla sistem üzerinde sıcaklık, nem, debi, elektrik tüketimi gibi çeşitli parametreler ölçülerek deneyler gerçekleştirilmiştir.

2. SİSTEM TANITIMI

2.1. Deney Düzenegi ve çalışma prensibi

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, v.b.) yerleştirilmiştir.

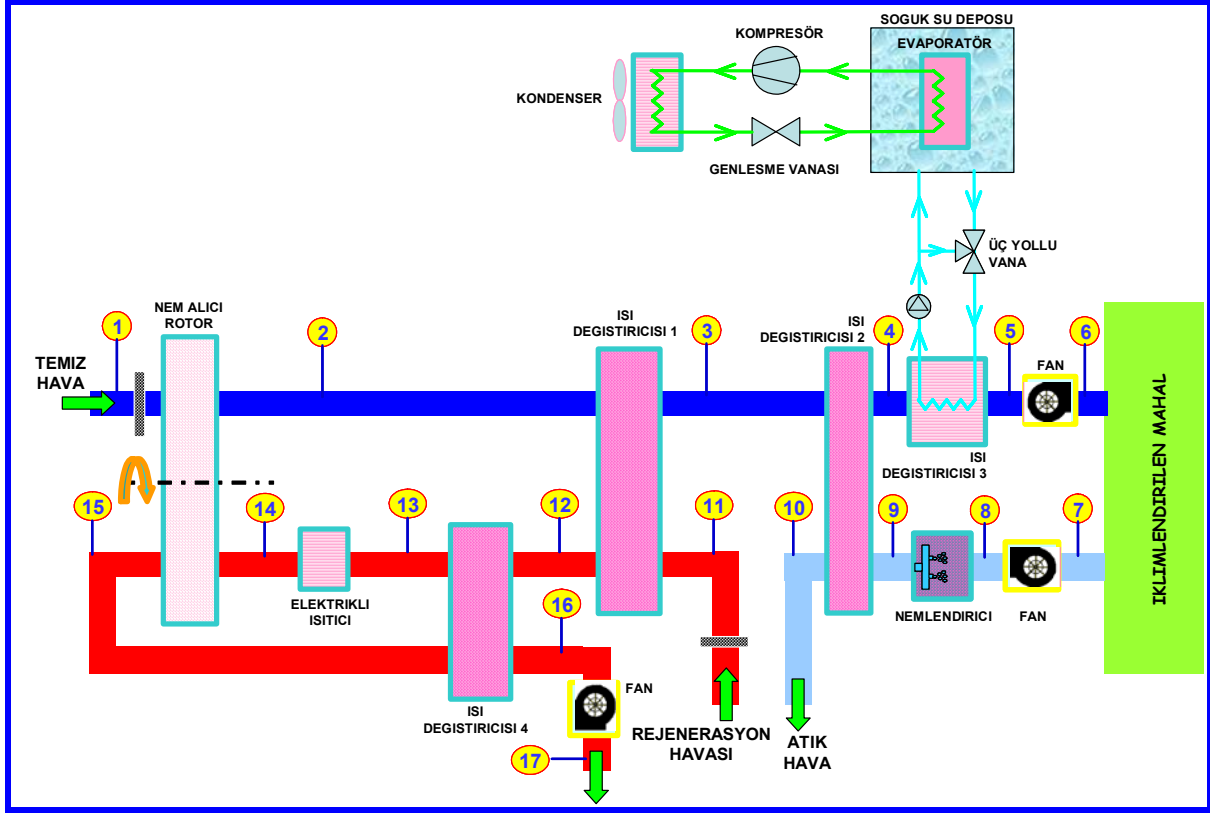
Temiz hava kanalına 1 noktasında alınan havanın nemi, nem alma ünitesinde (döner tip) düşürülmekte (1→2) ve kuru, ancak daha yüksek sıcaklıkta bir hava elde edilmektedir (2). Aynı anda bir miktar sıcak hava (rejenerasyon havası) ters yönden nem alıcıya gönderilerek (14) taze havadan çekilen nem, nem alma ünitesinden uzaklaştırılmaktadır (14→15). 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 rekuperatif 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 yoğunlaşmaması için, serpantine gönderilen soğuk su sıcaklığının, soğutulan havanın çığ 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 üniteye (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 4 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 (15) kullanılarak ısıtılmaktadır. 4 numaralı ısı değiştiricisinden çıkan hava (13), daha sonra, nem alma ünitesindeki nemi uzaklaştırmak için gerekli olan sıcaklığa (rejenerasyon sıcaklığı) kadar elektrikli ısıtıcılar kullanılarak ısıtılmaktadır (13→14). Bu çalışmada, gerekli rejenerasyon sıcaklığı son olarak elektrikli ısıtıcılar kullanılarak elde edilmektedir. Desisif sistemlerde, elektrikli ısıtıcılar yerine, işletme maliyetinin de düşürülebilmesi için yaygın olarak güneş enerjisi, atık ısı, doğal gaz, vb. ucuz enerji kaynakları kullanılabilir. 14 noktasında nem alma ünitesine giren rejenerasyon havası, nem alıcıdaki nemi içine alarak soğutmakta (15) ve 4 numaralı ısı değiştiricisinden geçirilerek (15→16) dışarı atılmaktadır (17).



Şekil 1. Tasarlanıp Kurulan Nem Almalı İklimlendirme Sisteminin Genel Görünüşü

2.2. Ölçüm Sistemi

Kurulan desisif iklimlendirme sisteminin detaylı analizlerini yapabilmek, performansını belirleyebilmek ve sistemde yer alan birçok üniteyi bağımsız olarak irdeleyebilmek amacıyla sistem üzerinde sıcaklık, nem, debi, elektrik tüketimi gibi çeşitli parametreler ölçülmektedir. Tablo 1’de sistemin farklı noktalarında (şekil 1) ölçülen parametreler verilmiştir. Burada verilen parametrelerin dışında, sistemde elektrikle çalışan her bir ekipmanın güç tüketimi, akım ve voltajlarının ayrı ayrı ölçülmesiyle belirlenmektedir.

Sistemde kuru termometre sıcaklık ölçümleri K tip ısı eleman çiftleri (hassasiyet 0.1°C) kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Isıl eleman çiftlerinin çıktıları, referans sıcaklığı olarak kullanılan buz banyosundan geçirildikten sonra, veri toplama ünitesine gönderilmektedir. Sistemde, 4 noktada yapılan çığ noktası sıcaklık ölçümü, 0.2°C hassasiyete sahip bir sensör kullanılarak yapılmaktadır. Sistemin 6 farklı noktasında yapılan nem ölçümleri, rölatif nem sensörü (hassasiyet $\pm\%2$) kullanılarak yapılmaktadır. Sistemde bulunan üç farklı hava kanalı (taze, atık ve rejenerasyon) için debi ölçümü, pitot tüp ve fark basınç sensörü (hassasiyet $\pm\%1$) kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Debi ölçümü yapılan kanal kesitinin farklı noktalarındaki (şekil 1’de 2, 7 ve 15 noktası) fark basınçları ölçülerek, kesitteki ortalama hız hesaplanmakta ve debi belirlenmektedir. Sistemde elektrikle çalışan ekipmanların güç tüketimleri, $\pm\%1.5$ hassasiyete sahip modüller kullanılarak yapılan akım ve voltaj ölçümleriyle belirlenmektedir. Ölçülen tüm parametreler bir veri toplama ünitesine gönderilmekte ve anlık olarak kaydedilmektedir.

Tablo 1. Sistem Üzerinde Farklı Noktalarda Ölçülen Parametreler

Ölçüm Noktası	Ölçülen Fiziksel Büyüklük			
	Sıcaklık	Çiğ Noktası Sıcaklığı	Rölatif Nem	Debi (Basınç Farkı)
1	X		X	
2	X			X
3	X		X	
4	X	X		
5	X			
6	X		X	
7	X		X	X
8	X			
9	X		X	
10	X			
11	X		X	
12	X			
13	X			
14	X			
15	X			X
16	X		X	
17	X			

2.3. Sistemdeki Kontroller

Sistemde yer alan birçok elemanın kontrolü için PLC (Programmable Logic Controller) kontrollü bir otomatik kontrol sistemi tasarlanmıştır. Tükettikleri güç, diğer ünitelere göre çok yüksek olan elektrikli ısıtıcıların elektrik beslemesi ve kontrolü için bir kontrol ünitesi, diğerleri için ise ayrı bir kontrol ünitesi tasarlanmıştır. Sistemde yer alan kontroller aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

2.3.1. Elektrikli Isıtıcıların Kontrolü

Elektrikli ısıtıcılar, hücrenin yerleştirildiği rejenerasyon hattında hava akışı olmadığı veya hava akışının durması durumunda devreden çıkacak şekilde tasarlanmıştır. Böylelikle elektrikli ısıtıcıların yüksek sıcaklıktan dolayı zarar görmeleri engellenmiştir. Nem alıcı rotorun korunması için de bu panoda yine bir kontrol yapılmıştır. Bu kontrolde, nem alıcı rotorun çalışmaması veya durması durumunda elektrikli ısıtıcılar devre dışı kalmaktadır.

2.3.1.1. İklimlendirilen Mahalin Nem Kontrolü

Temiz havadan uzaklaştırılan nemin, diğer bir deyişle iklimlendirilen mahale gönderilen havanın neminin, dolayısıyla da mahal içerisindeki havanın neminin kontrolü için rejenerasyon havasının sıcaklığı kullanılmaktadır. Rejenerasyon havası da son olarak elektrikli ısıtıcılar tarafından ısıtıldığından, mahal içerisindeki havanın nem kontrolü elektrikli ısıtıcılar tarafından sağlanmaktadır. Mahal içerisindeki nem (pano üzerinden ayarlanabilmekte), nem sensörü kullanılarak anlık olarak ölçülmekte ve panodaki kontrol sistemine gönderilmektedir. Kontrol sistemi odadan ölçülen nem değerine göre elektrikli ısıtıcılara enerji vermekte veya kesmektedir.

2.3.1.2. Nem Alma Ünitesine Giren Havanın Üst Limit Değerinin Kontrolü

Yukarıda (Bölüm 2.3.1.1) açıklanan mahalin neminin kontrolü amacıyla ısıtıcı kontrolüne ilave olarak, sistemde ayrıca nem alma ünitesine gönderilen sıcak havanın üst limit değeri de kontrol edilmektedir. Bu hem nem alma ünitesini korumak hem de değişik rejenerasyon havası sıcaklıklarında deneyler gerçekleştirebilmek için tasarlanmıştır.

2.3.2. Sistemde Kullanılan Diğer Elemanların Kontrolü

Kurulan nem almalı iklimlendirme sisteminde, aşağıda maddeler halinde verilen kontroller için ayrı bir PLC kontrollü pano tasarlanmıştır. PLC'nin giriş değerleri dokunmatik bir ekran üzerinden yapılabilmekte, ayrıca çıktılar da ekrandan görülebilmektedir.

2.3.2.1. İklimlendirilen Mahal Sıcaklığının Kontrolü

İklimlendirilen mahalın sıcaklığının kontrolü, soğuk su ısı değiştiricisine (soğutma serpantinine) gönderilen suyun sıcaklığının ayarlanması ile sağlanmaktadır. Su sıcaklığı ise su hattında kullanılan bir üç yollu karıştırıcı vana tarafından ayarlanmaktadır. Karıştırıcı vana ısı değiştiricisine giren suyun sıcaklığını, soğuk su deposundan alınan soğuk suyu, ısı değiştiricisinden çıkan ılık su ile karıştırarak ayarlamaktadır. Mahal içerisindeki hava sıcaklığı pano üzerindeki ekrandan set edilmektedir. Bu sıcaklık bir PT-100 sensörü tarafından hissedilmekte ve panodaki kontrol sistemine sinyal göndermektedir. Kontrol sistemi bu sinyali değerlendirerek karıştırıcı vanayı yönlendirmektedir.

2.3.2.2. Soğuk Su Isı Değiştiricisinde Yoğuşma Kontrolü

3 numaralı ısı değiştiricisi üzerinde yoğuşma olmaması için soğutma serpantinine giren suyun sıcaklığının, ısı değiştiricisi üzerinden geçen havanın çığ noktası sıcaklığından büyük olması gereklidir. Kontrolün gerçekleştirilebilmesi için, soğutma serpantinine giren havanın çığ noktası sıcaklığı ile suyun sıcaklığı anlık olarak bilinmelidir. Bu amaçla, serpantin hava tarafı girişine bir çığ noktası sıcaklık sensörü ve su hattı girişine de bir sıcaklık sensörü yerleştirilmiştir. Kontrol sistemi sensörlerden gelen sinyalleri anlık olarak değerlendirmekte ve üç yollu karıştırıcı vanayı yönlendirmektedir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, soğuk su hattında kullanılan üç yollu vana hem mahal havasının sıcaklığının ayarlanmasında hem de yoğuşmanın engellenmesinde kullanılmaktadır. Üç yollu karıştırıcı vana, öncelikli olarak mahal sıcaklığına göre çalışmaktadır. Fakat soğutma serpantinine giren suyun sıcaklığı, serpantin üzerinden geçen havanın çığ noktası sıcaklığına önceden belirlenen bir ayar değeri kadar (pano üzerindeki ekrandan girilebilmektedir) yaklaşmasıyla, karıştırıcı vana mahal sıcaklık kontrolünü bırakıp, yoğuşmayı engelleyecek şekilde serpantine gönderilen su sıcaklığını belirli bir miktar artırmaktadır.

2.3.2.3. Hava Debisi Kontrolü

Sistemde üç adet hava hattı (taze, atık ve rejenerasyon) ve her bir hatta da bir adet fan yer almaktadır. Bu hatlardaki hava debisinin kontrolü, kullanılan fan motorlarının frekanslarının kontrolü (devir kontrolü) ile sağlanmaktadır.

2.3.2.4. Döner Rejeneratörün Kontrolü

İklimlendirme sisteminde ısı geri kazanımı için kullanılan elemanlardan biri de döner rejeneratördür. Bu rejeneratörün kullanılmasının sebebi nem alma ünitesinden geçip atmosfere atılacak olan havanın ısı enerjisinden faydalanmaktır. Ancak bunun gerçekleşebilmesi için nem alma ünitesinden gelen havanın sıcaklığı, ön ısıtmaya tabii tutulacak olan havanın sıcaklığından daha büyük olmalıdır. Bu sebeple bir kontrol mekanizmasına ihtiyaç duyulmuştur. Kurulan kontrol sisteminde, nem alma ünitesinden gelen havanın (şekil 1'de 15 noktası) ve ön ısıtmaya tabii tutulacak havanın (şekil 1'de 12 noktası) sıcaklıkları PT-100 sıcaklık sensörleri yardımıyla ölçülmektedir. Eğer nem alma ünitesinden gelen havanın sıcaklığı, ön ısıtmaya tabii tutulacak havanın sıcaklığından belirli bir sıcaklık farkı (panodan ayarlanabilmekte) kadar büyük değilse döner rejeneratör motoru durdurulmaktadır.

2.3.2.5. Su Soğutma Grubunun Kontrolü

Su soğutma grubunun yük kontrolü de otomatik kontrol panosu tarafından yapılmaktadır. Soğuk su tankı içerisinde soğuk su çıkış kanalına yakın bir noktaya yerleştirilen sıcaklık sensörü tank içerisindeki sıcaklığı ölçmekte ve kontrol paneline göndermektedir. Kontrol paneli üzerinde istenilen su sıcaklığı ayarlanabilmektedir. Tank içerisindeki su sıcaklığı ayar değerine ulaştığında kompresör

durmaktadır. Belirli bir diferansiyel (yaklaşık 1-2 °C) değeri ile su sıcaklığı arttığında kompresör tekrar devreye girmektedir.

2.3.2.6. Nem Alma Ünitesi, Soğuk ve Sıcak Su Sirkülasyon Pompalarının Enerji Beslemesi

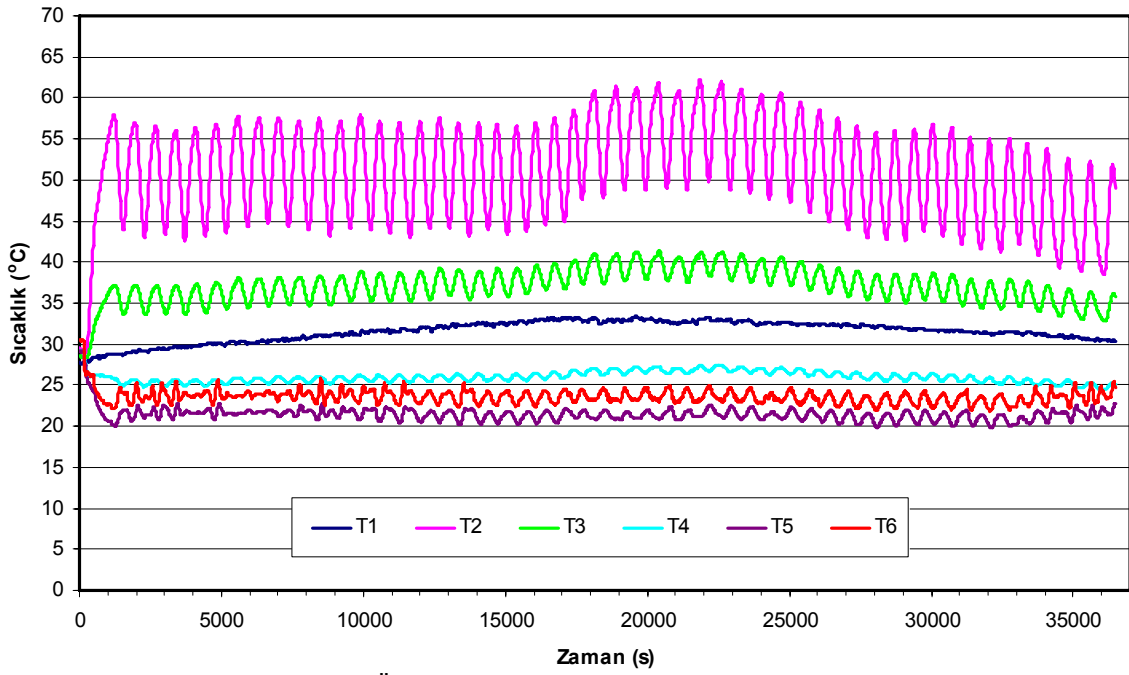
Sistemde kullanılan nem alma ünitesi, soğuk su sirkülasyon pompası sürekli çalışmakta olup, herhangi bir kontrole ihtiyaç duymamaktadırlar. Ancak bütünlük açısından bu cihazların enerji beslemesi de pano üzerinden yapılmış olup, cihazların çalışıp çalışmadığını pano üzerinden görmek mümkündür.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

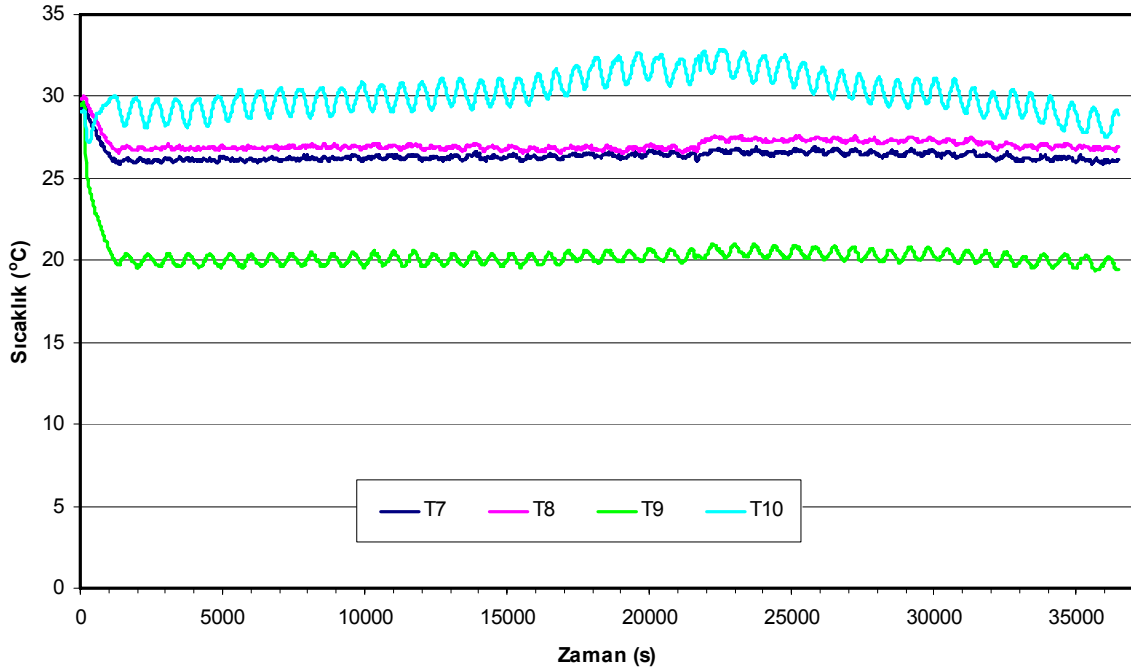
Kurulan nem almalı iklimlendirme sisteminde, bölüm 2.3'te açıklanan otomatik kontroller sayesinde farklı parametrelerin sistem üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılabilmektedir. Bu bildiride, 120 °C rejenerasyon sıcaklığında yapılan örnek bir deney incelenecektir. 29 Temmuz 2008 tarihinde 08:00 ile 19:00 saatleri arasında (yaklaşık 40000 saniye) gerçekleştirilen bu deneyde, oda sıcaklığı ve rölatif nemi, ASHRAE tarafından verilen konfor bölgesi sınırlarına uygun olarak, sırasıyla 26 °C ve %50'ye ayarlanmıştır. Sistemde bulunan her üç hava kanalındaki debiler, eşit ve 4000 m³/saat olacak şekilde ayarlanmıştır.

120 °C rejenerasyon sıcaklığında gerçekleştirilen deneyde elde edilen veriler Şekil 2-6'da gösterilmiştir. Şekil 2-4'de sırasıyla taze, atık ve rejenerasyon hava kanalı üzerinde farklı noktalardaki sıcaklıkların zamanla değişimi görülmektedir. Bu şekillerde, dış hava sıcaklıkları (T_1 , T_{11}) dışındaki sıcaklıklarda deney süresince salınımların olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, mahal içerisinde set edilen nem değerini (%50) yakalayabilmek için elektrikli ısıtıcıların devreye girip çıkmasıdır.

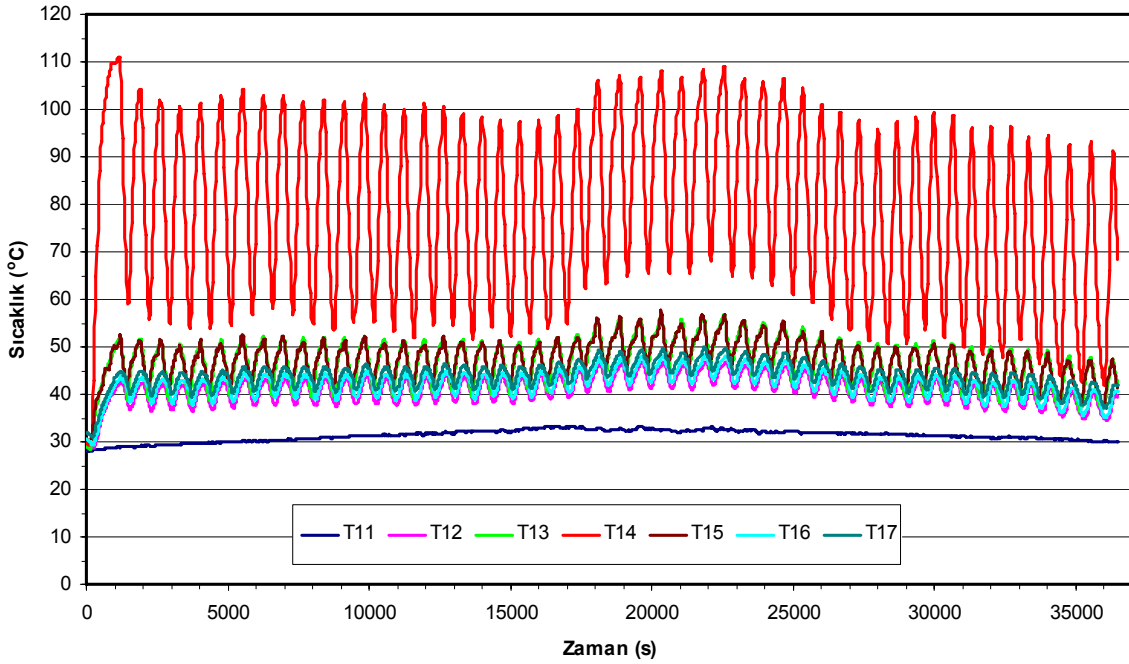
Şekil 2'de taze hava kanalına yaklaşık 30 °C'de giren havanın (T_1) sıcaklığının, neminin alınmasıyla 50–60 °C'ye kadar ısındığı (T_2) ve daha sonra ısı değiştiricilerinden geçirilerek ($T_2 \rightarrow T_6$) üfleme sıcaklığına kadar (yaklaşık 22 °C) soğutulduğu görülmektedir. Şekil 3'de iklimlendirilen mahal sıcaklığının (T_7) deneyin başlamasından kısa bir süre sonra (1500. s) set edilen 26 °C'de sabit kaldığı, dolayısıyla sistemin mahal içerisinde istenilen sıcaklık şartını sağladığı görülmektedir. Bu grafikte ayrıca soğu geri kazanımını arttırmak amacıyla nemlendirilen atık havanın, nemlendirici çıkışındaki sıcaklığı da (T_9) görülmektedir. Deney süresince yaklaşık 26 °C'de mahali terk eden atık hava nemlendirilerek 20 °C'ye kadar soğutulabilmektedir. Şekil 4'de deney boyunca ölçülen rejenerasyon havası sıcaklığının (T_{15}) zamanla değişimi görülmektedir. Bu deneyde rejenerasyon havası sıcaklığı 120 °C'ye set edilmiş olmasına rağmen, sıcaklık 100 °C civarında kalmaktadır. Bunun sebebi mahal içerisinde nemin, set edilen nem değerini (%50) yakalamasıyla elektrikli ısıtıcıların devre dışı kalmasıdır. Dolayısıyla bu deney boyunca sıcaklığın 120 °C'ye ulaşılmasına gerek kalmadan mahal içerisinde istenen nem değeri sağlanmıştır.



Şekil 2. Taze Hava Kanalı Üzerinde Farklı Noktalardaki Sıcaklıkların Zamanla Değişimi



Şekil 3. Atık Hava Kanalı Üzerinde Farklı Noktalardaki Sıcaklıkların Zamanla Değişimi

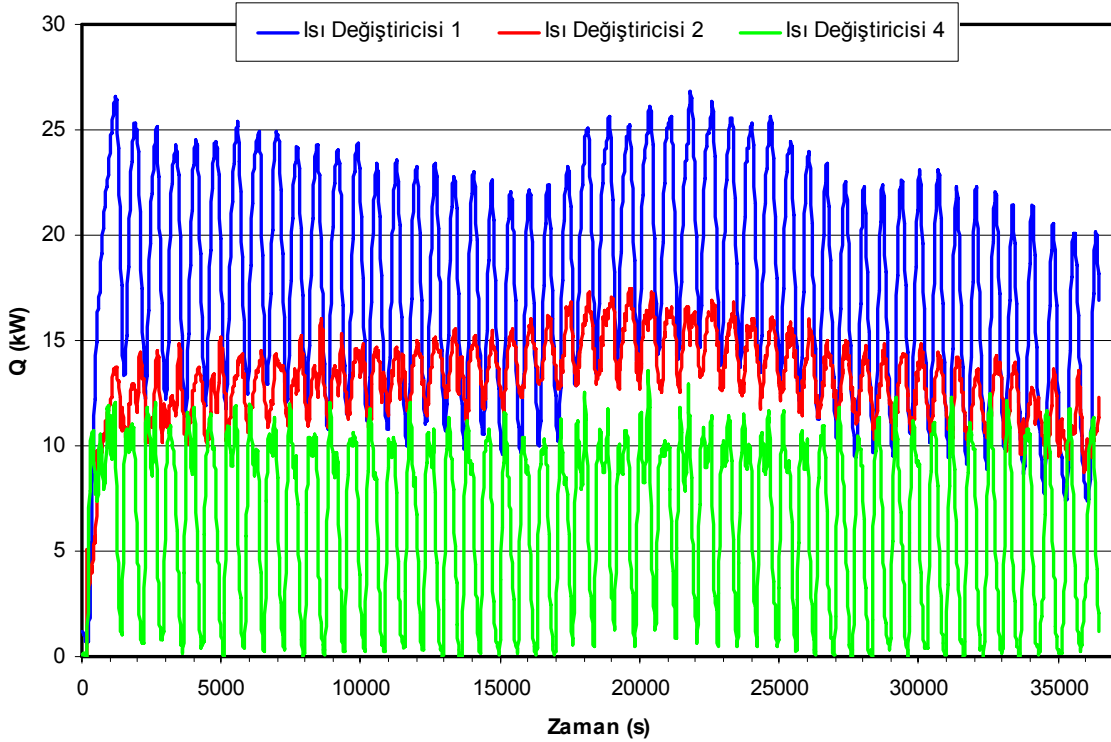
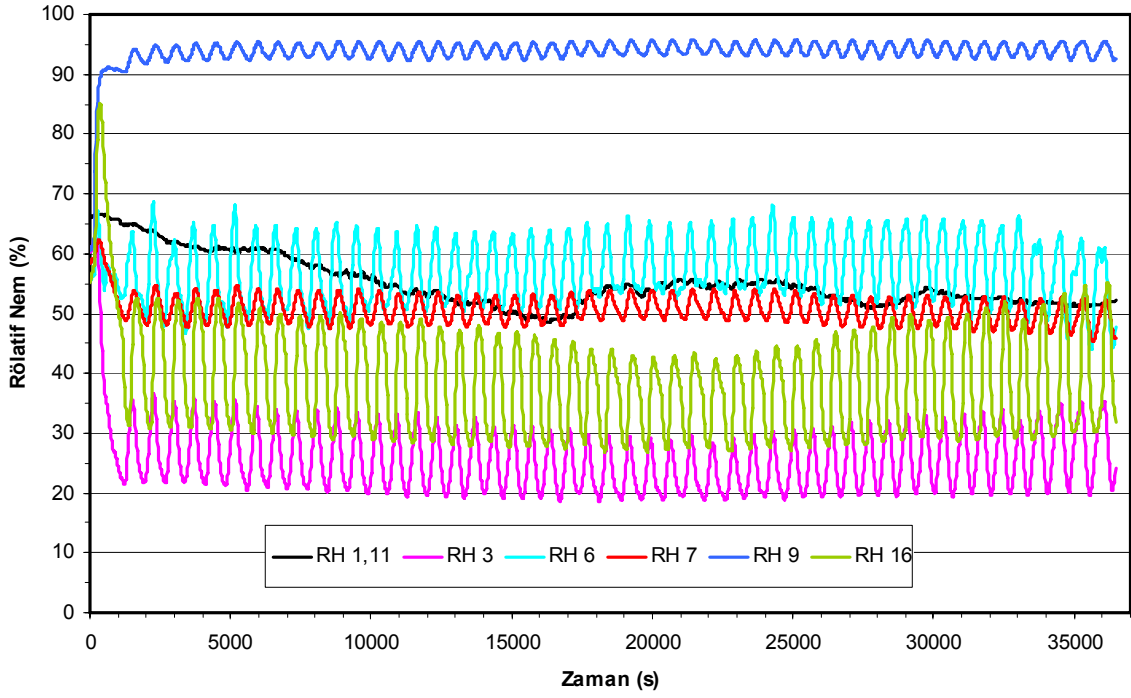


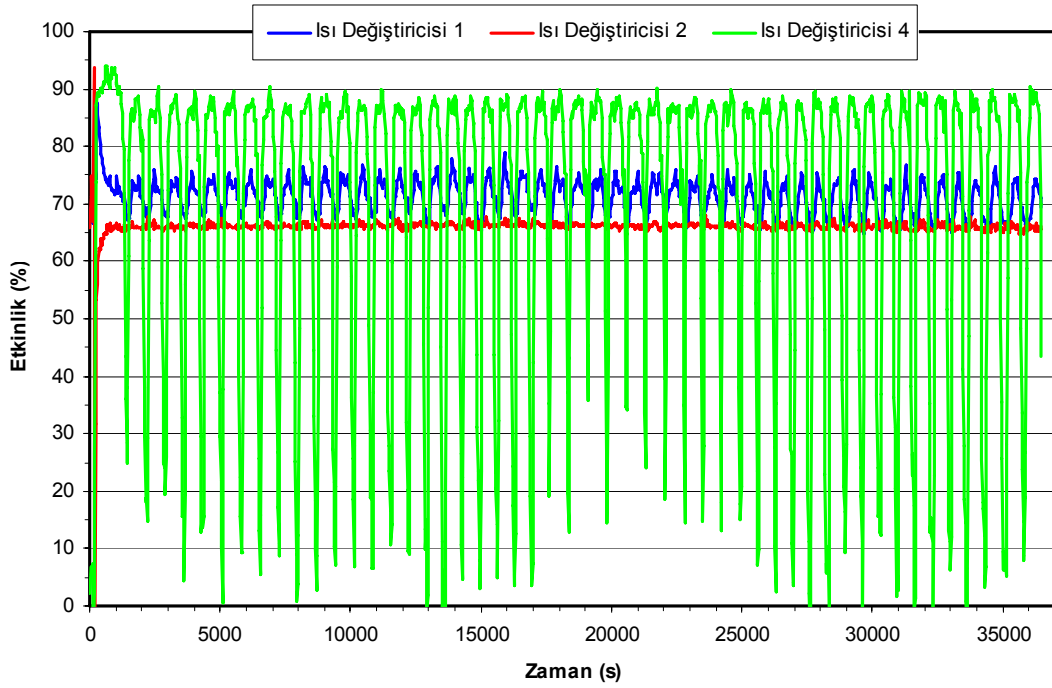
Şekil 4. Rejenerasyon Hava Kanalı Üzerinde Farklı Noktalardaki Sıcaklıkların Zamanla Değişimi

Şekil 5'de deney boyunca sistem üzerinde farklı noktalarda ölçülen rölatif nemlerin zamanla değişimi verilmiştir. Elektrikli ısıtıcıların devreye girip çıkmasından kaynaklanan salınımlar bu ölçümlerde de görülmektedir. Mahal içerisindeki nem değeri (RH 7), set edilen %50 değeri civarında değişmektedir. Bunun sebebi, elektrikli ısıtıcıların mahal içerisinde set edilen nem değerine ulaşmaya kadar çalışmaları ve set değerine ulaşılmasıyla birlikte devre dışı kalmalarıdır. Bu andan itibaren ısıtıcılar devrede olmamasına rağmen ısıtıcıların soğumasına kadar geçen zamanda kanal içerisindeki sıcak havadan dolayı mahaldeki nem bir miktar daha düşmektedir. Isıtıcıların devre dışı kalmasıyla mahal içerisindeki nem yükselmeye başlamakta ve set edilen değer üzerine çıktığı zaman ısıtıcılar devreye girmektedir. Isıtıcıların havayı ısıtmaya kadar geçen sürede de nem miktarı yine bir miktar artmaktadır.

Şekil 6'da 1, 2 ve 4 numaralı ısı değiştiricilerinde, deney boyunca transfer edilen ısının (sıcaklık ve debi kullanılarak hesaplanmıştır) zamanla değişimi verilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi en fazla ısı transferi dış havanın kullanıldığı 1 numaralı ısı değiştiricisinde gerçekleşmektedir.

Şekil 7'de 1, 2 ve 4 numaralı ısı değiştiricilerinin hesaplanan etkinliklerinin zamanla değişimi verilmiştir. 1 ve 2 numaralı ısı değiştiricileri için etkinlik değerinin % 65-75 arasında, 4 numaralı ısı değiştiricisi için ise %90 civarında olduğu görülmektedir. Elektrikli ısıtıcıların devreye girip çıkmasıyla sıcaklıklarda oluşan salınımlar ısı değiştiricilerinin etkinliklerini de etkilemektedir. Sistem tasarımı yapılırken, 1 ve 2 numaralı ısı değiştiricilerinin etkinliklerinin reküperatif tip olmalarından dolayı %60, 4 numaralı ısı değiştiricisinin etkinliğinin ise rejeneratif tip olmasından dolayı %85 mertebesinde olacağı öngörülmüştü. Deneylerden elde edilen etkinlik değerleri ile öngörülen değerler arasında iyi bir uyum olduğu görülmektedir.





Şekil 7. 1, 2 ve 4 Numaralı Isı Değiştiricilerinin Etkinliklerinin Zamanla Değişimi

4. SONUÇ

Bu çalışmada, nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemlerinin özellikle hastane uygulamaları için ülkemiz koşullarında uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bir sistem tasarlanıp, kurulmuş ve başarıyla denenmiştir. Gerçekleştirilen ilk deneylerden, sistem içerisindeki otomatik kontrollerin hassas ve düzenli bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Deneylerden elde edilen sonuçlar ile tasarım sırasında öngörülen değerler arasında iyi bir uyum olduğu belirlenmiştir. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarla, farklı parametrelerin sistem üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılacak ve sunulacaktır.

5. TEŞEKKÜR

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

6. KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE, "Systems and Equipment Handbook, Desiccant Dehumidification and Pressure Drying Equipment", 2000.
- [2] DAOU, K., WANG, R.Z. ve XIA, Z.Z., "Desiccant cooling air conditioning: a review", Renewable & Sustainable Energy Reviews, Vol. 10, pp. 1-23, 2004.
- [3] MAZZEI, P., MINICHIELLO, F. ve PALMA, D., "HVAC dehumidification systems for thermal comfort: a critical review", Applied Thermal Engineering, Vol. 25, pp. 677-707, 2004.
- [4] ORNL, "Report on active desiccant-based preconditioning market analysis and product development", ORNL/SUB/94-SV044/2, 2000.
- [5] KOVAK, B. ve HEIMANN, P.R., "The sanitizing effects of desiccant-based cooling", ASHRAE Journal, Vol. 39, pp. 60-64, 1997.
- [6] Phillips, J.A. and Wagner, M.B., "Antiseptic effects of desiccant based HVAC systems", Lehigh University, Bioprocessing Institute, 1994.

ÖZGEÇMİŞLER

Ertaç HÜRDOĞAN

1979 yılında Kıbrıs'da doğdu. 2000 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu ve aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansını tamamladı ve aynı bölümde Doktora eğitimine başladı. Halen Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği bölümünde Doktora eğitimini sürdürmektedir.

Orhan BÜYÜKALACA

1964'te Kaş-Antalya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Antalya'da tamamladı. 1984 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu ve aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 1987 yılında Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansını tamamladı. 1993 yılında Manchester Üniversitesinde Doktorasını tamamladı ve aynı yıl Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümüne Yardımcı Doçent olarak atandı. 1998 yılında Makine Mühendisliğinde Isı Tekniği Bilim Dalında Doçent oldu. 1993 ve 1996 yıllarında School of Engineering, University of Manchester, UK'de Visiting Researcher olarak bulundu. 1993 yılından itibaren Çukurova Üniversitesi, Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Uygulama ve Araştırma Merkezi (SİMER) müdür yardımcılığı görevini yürüttü. 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalına Profesör olarak atandı. 2002-2006 yılları arasında Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölüm Başkan yardımcılığı yaptı. 2006-2008 yılları arasında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanlığı görevini yürüttü. 2008 yılından beri Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Rektörlüğü görevini yürütmektedir. Çalışma alanları, ısıtma ve soğutma sistemleri, iklim verilerinin analizi, enerji analizi, ısı pompaları ve türbülanslı akışta konveksiyonla ısı transferidir. TTMD ve MMO üyesidir.

Tuncay YILMAZ

1945 yılında Tarsus'ta doğdu. 1968 yılında Berlin Teknik Üniversitesi Makine Fakültesini bitirdi. 1972 yılında aynı Üniversitede doktorasını tamamladı. 1973-1983 yıllarında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde göreve başladı. 1977 yılında Makine Mühendisliği Bölümünde Isı ve Kütle Transferi Bilim Dalında doçent oldu. 1983 yılında Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalına Profesör olarak atandı. Almanya dışında İngiltere'de Cambridge ve Liverpool Üniversitelerinde, ABD'de Massachusetts Institute of Technology'de misafir öğretim üyesi olarak bulundu. 1982-1983 yılları arası Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı görevi yaptı. 1986-1989 ve 2002-2007 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanlığını ve 1983-2002 yılları arasında da Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığını yürüttü. 1991 yılında kurulduğundan 2002 yılına kadar da Çukurova Üniversitesi, Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Uygulama ve Araştırma Merkezi (SİMER) Müdürlüğü görevlerini sürdürdü. Isı transferi, ısıtma ve soğutma sistemleri ve uygulamaları, iklim verileri ve çok fazlı akışlar üzerine çalışmaktadır. TTMD ve MMO üyesidir.

İrfan UÇKAN

1976 yılında Van'da doğdu. 2000 yılında Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2000-2004 yılları arasında özel sektörde mühendis olarak çalıştı. 2005 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2006 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansını tamamladı. 2007 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Doktora eğitimine başladı. Halen Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği bölümünde Doktora eğitimini sürdürmektedir.