HİJYENİK İKLİMLENDİRME İÇİN DESİSİF SİSTEMLER

Ertaç HÜRDOĞAN, Çukurova Üni. Makina Müh. Böl., 01330-Adana, ertach@cu.edu.tr
Orhan BÜYÜKALACA, Çukurova Üni. Makina Müh. Böl., 01330-Adana, orhan1@cu.edu.tr
Tuncay YILMAZ, Çukurova Üni. Makina Müh. Böl., 01330-Adana, tunyil@cu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, hijyen açısından uygun bir iklimlendirme sistemi olan nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemlerinin özellikle hastane uygulamaları için uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla bir sistem tasarlanmış ve Türkiye'nin kıyı bölgelerindeki illeri için uygunluğu araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmayla, desisif sistemlerin hastaneler gibi hijyenin önemli olduğu uygulamalar için, Türkiye'nin kıyı bölgelerindeki illerinde kullanılabileceği gösterilmiştir.
Anahtar Kelimeler: İklimlendirme, nem alma, hijyen, sağlık kuruluşları

DESICCANT AIR-CONDITIONING SYSTEMS FOR HYGIENIC AIR-CONDITIONING

Abstract

In this study, a desiccant based air-conditioning system, which is very suitable for hygienic applications, is designed to investigate the applicability of these systems in health care facilities located in the coastal areas of Turkey. It was found that the desiccant based air-conditioning system considered in this study can be used for the health care facilities, in which hygiene is crucially important, in Turkey's coastal areas.
Key words: Air-conditioning, dehumidification, hygiene, health care facilities

1. Giriş

Bazı endüstriyel uygulamalarda ve özellikle hastane ve benzeri sağlık kuruluşlarında hava yoluyla yayılan enfeksiyonlar neme doğrudan bağlı olduğundan, nem kontrolü çok önemlidir [1]. Yaz iklimlendirmesi 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 (Escherichia coli, Enterococcus, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Coagulase negative Staphylococcus (epidermidis), Mycobacterium fortuitum, Candida albicans) %35-70 oranında uzaklaştırmaktadır [2]. Ancak bakterileri uzaklaştırma mekanizması tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır.

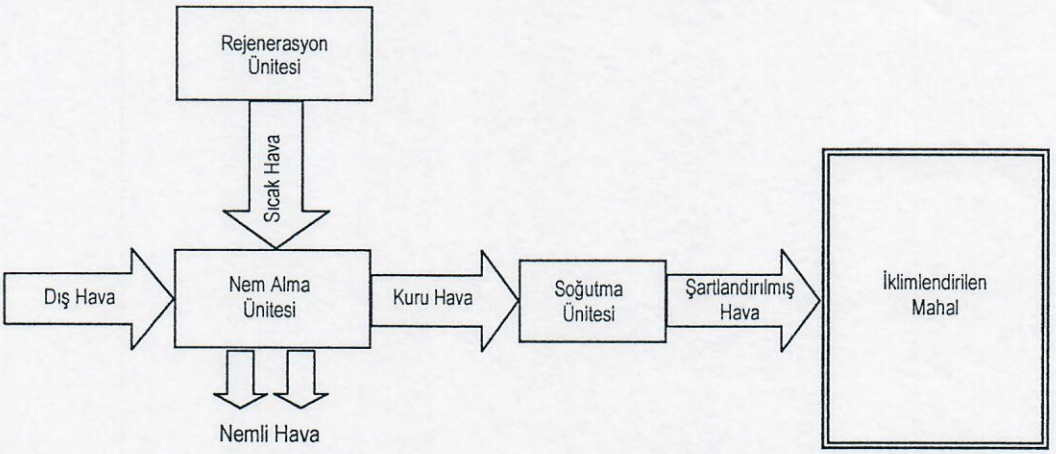
Hava yoluyla yayılan hastalıkların başında tüberküloz, şarbon ve Lejyoner hastalığı gelmektedir [3]. Günümüzde hastanelerde görülen enfeksiyonların kaynaklarını ortaya çıkarmak ve gerekli tedbirleri almak amacıyla yoğun çalışmalar yapılmakla birlikte, hastane enfeksiyonlarının görülme sıklığı ortalama %8.4 olarak bildirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre, hastane enfeksiyonları ölüm sebepleri sıralamasında kalp hastalıkları, kanser ve beyin kanamalarından sonra dördüncü sırada yer almaktadır [4]. Hastane enfeksiyonları ülkemiz için de büyük bir problemdir. Son zamanlarda bazı hastanelerde art arda bebek ölümleri yaşanmış ve ameliyatlardan sonra bazı hastalarda ölümcül olabilen enfeksiyonlar görülmüştür. Ayrıca ülkemizdeki hastaların hastanede yatış süresi gelişmiş ülkelere göre oldukça uzundur. Ülkemizde yapılan çeşitli çalışmalarda hastane enfeksiyonlarının, yaşanan ölümlerin yanında hasta yatış süresini ortalama iki hafta uzattığı ve hasta başına yaklaşık 1500 $ ek maliyete neden olduğu saptanmıştır [5]. Yine diğer bazı araştırmalara göre [6] ameliyat sonrası bir hastanın hastanede ortalama kalma süresi ABD'de 2 gün, AB ülkelerinde 3 gün ülkemizde ise 13-14 gün civarındadır. Bu sebeple de Türkiye'de antibiyotik kullanma süresi AB

ülkelerinin 7 katı, ABD'nin 8 katıdır. Bunun sebeplerinden birisi de hava yoluyla yayılan bakterilerdir. Hava yoluyla yayılan bu tür enfeksiyon problemlerini en aza indirmek için desisif sistemlerin hastane uygulamalarında kullanılması önerilmektedir [3].

Hastane uygulamalarında desisif iklimlendirme sistemlerinin tercih edilmesinin asıl amacı, iklimlendirme sisteminin ilk yatırım maliyetini düşürmek veya enerji tasarrufu etmek olmayıp, sağlık ve ekonomik açıdan çok önemli olan hijyen ve iç hava kalitesini arzu edilen düzeye getirebilmektir. Bununla birlikte, rejenerasyon için ucuz bir enerji kaynağının (güneş enerjisi, atık ısı v.b.) kullanılması durumunda desisif sistemlerin enerji tüketimi konvansiyonel sistemlerden daha düşük olabilmektedir.

2. Desisif İklimlendirme Sistemleri

Yaz iklimlendirmesi dikkate alındığında, desisif iklimlendirme sistemleri üç ana üniteden oluşmaktadır. Bunlar nem alma ünitesi, rejenerasyon ünitesi ve soğutma ünitesidir (Şekil 1). Desisif iklimlendirme sistemlerinde kullanılan hava, sıvı veya katı bir nem alıcı (kurutucu) madde üzerinden geçirilerek nemi düşürülmekte ve daha sonra istenilen sıcaklığa kadar soğutularak iklimlendirilecek mahale verilmektedir. Rejenerasyon ünitesinde, kurutucu madde içerisindeki nemin buharlaştırılarak uzaklaştırılması için nem alma ünitesinden yüksek sıcaklıkta hava geçirilmektedir. Böylece nem alıcının kuru kalması sağlanmaktadır. Kış iklimlendirmesinde ise nem almaya ihtiyaç duyulmadığından, nem alma ünitesi devrede olmamaktadır.



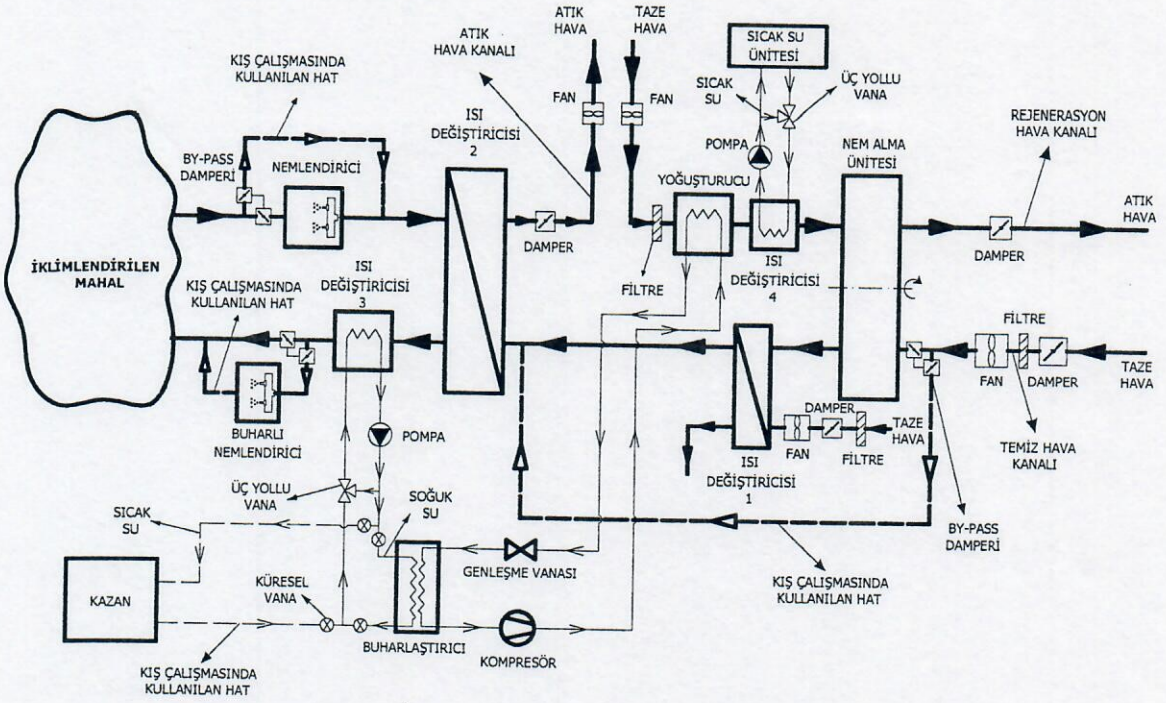
Şekil 1. Desisif iklimlendirme sisteminin, yaz iklimlendirmesindeki çalışma prensibi

3. Sistemin Tanıtımı

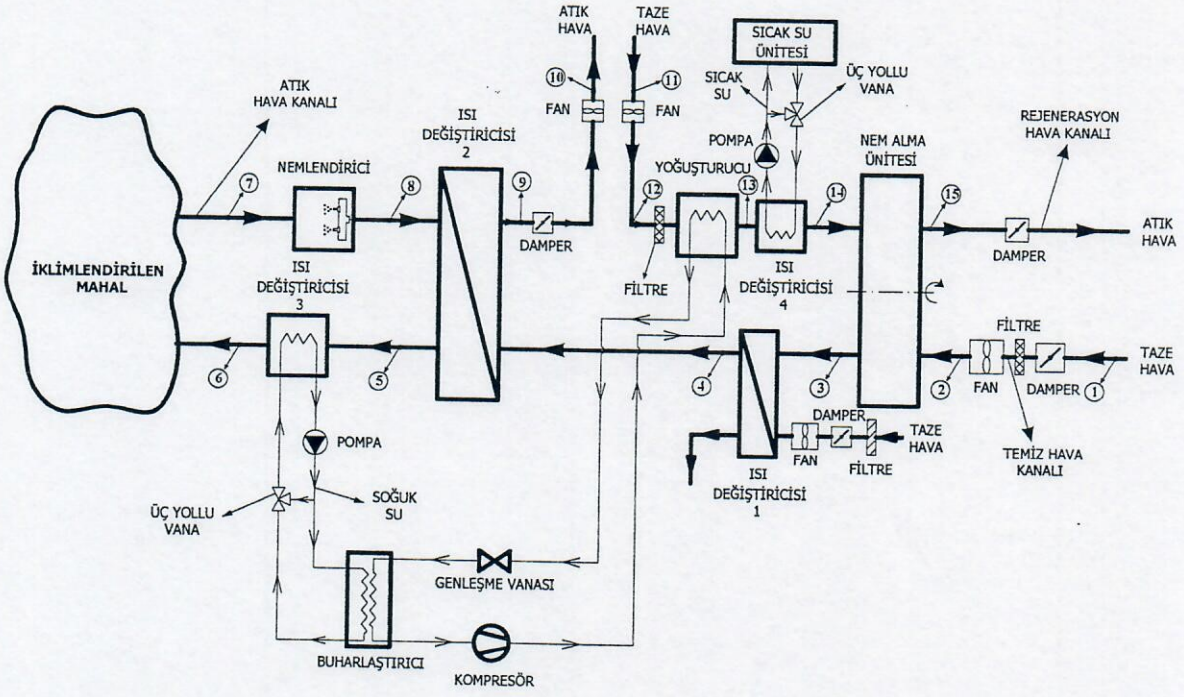
Nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemleri son yıllarda Avrupa'da ve ABD'de yaygınlaşmasına rağmen, Türkiye'de bu sistemler tam olarak bilinmemekte ve çok fazla uygulaması bulunmamaktadır. Bu çalışmada, hızla gelişen bu iklimlendirme sistemlerinin özellikle hastane uygulamaları için ülkemiz koşullarında uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla bir sistem düşünülmüş ve ön tasarımı yapılmıştır. Nem alma işlemine sadece yaz iklimlendirmesinde ihtiyaç duyulduğundan, desisif sistemler yaz iklimlendirmesi için ele alınmıştır. Ancak, bir iklimlendirme sisteminin yaz iklimlendirmesinin yanında kış iklimlendirmesini de yerine getirmesi beklendiğinden, tasarlanan sistemin kış şartlarında da çalışabilir olmasına dikkat edilmiştir. Şekil 2'de gösterilen sistem hem yaz hem de kış iklimlendirmesi için uygundur. Bu çalışmada, ağırlıklı olarak sistemin yaz iklimlendirmesinde kullanılması durumu incelenmiştir.

Şekil 3'de yaz iklimlendirmesinde kullanılacak sistemin genel görünüşü verilmiştir. Sistem Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarındaki bir mahalin yaz şartlarında olası maksimum soğutma yükünü (11 kW) karşılayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Sistemde, hastane iklimlendirmesi düşünülerek %100 temiz hava kullanılacaktır. Şekil 3'den de görüldüğü gibi, sistemde 4 hava kanalı (temiz, ön soğutma, 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

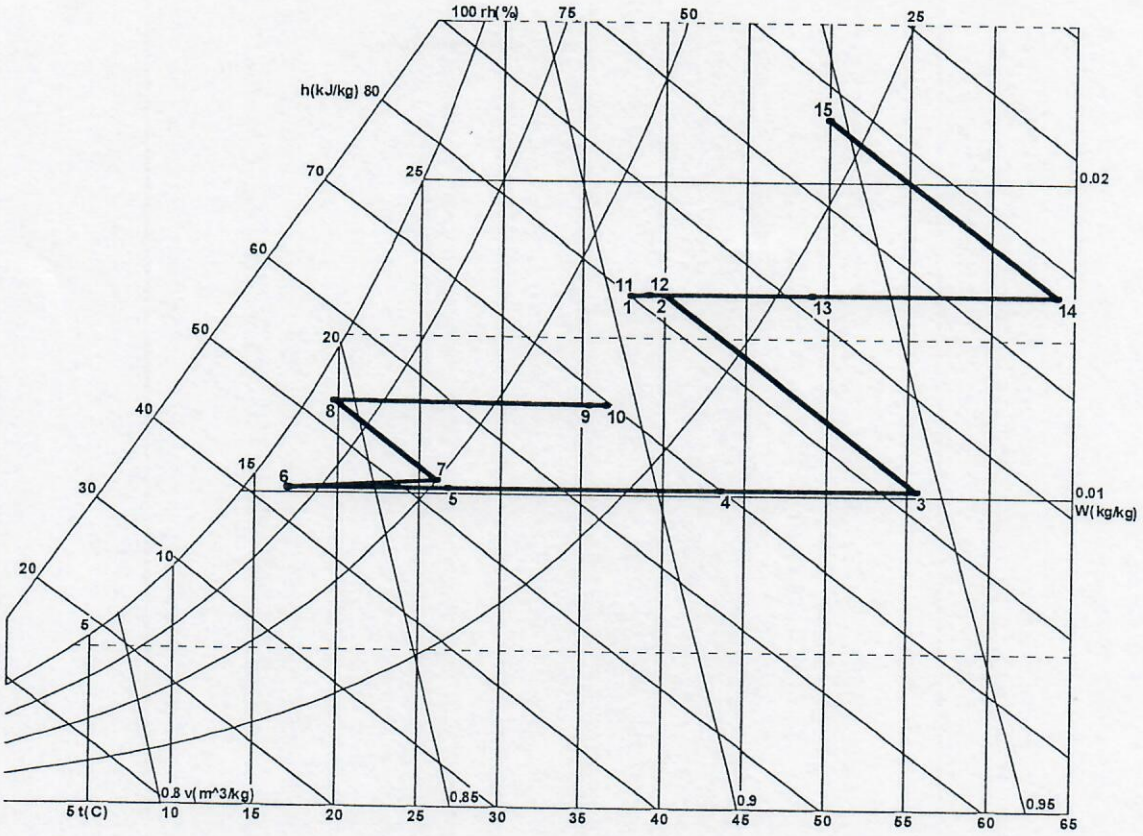
elemanlar yerleştirilmiştir. Şekil 4'de, tasarlanan sistemin Adana ili için, yaz iklimlendirmesi dikkate alındığında, tasarım günündeki çalışması psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2. Ön tasarımı yapılan sistemin genel görünüşü



Şekil 3. Yaz iklimlendirmesi için sistemin çalışma prensibi



Şekil 4. Tasarlanan sistemin, Adana şartlarında yaz iklimlendirmesi için psikrometrik diyagram üzerinde görünüşü

Temiz hava kanalına 1 noktasında alınan hava, önce hava debisini ayarlamak için yerleştirilmiş bir damperden ve sonra filtreden geçirilerek nem alma ünitesine gönderilmektedir. Fan içerisinden geçerken hava sıcaklığında belirli bir miktar artış olmaktadır (2). Tasarlanan sistemde döner bir nem alma ünitesinin kullanılması düşünülmüştür. Nem alıcıya 2 noktasında giren temiz havanın nemi, sabit entalpide emilerek, kuru ancak daha yüksek sıcaklıkta bir hava elde edilmektedir (3). Aynı anda bir miktar sıcak hava (rejenerasyon havası) ters yönden nem alıcıya gönderilmekte (14), böylece taze havadan çekilen nem, nem alma ünitesinden uzaklaştırılmaktadır (15). Nem alma ünitesinden sonra, temiz hava 1 numaralı reküperatif tip ısı değiştiricisinden geçirilerek (3→4), daha düşük bir sıcaklığa sahip olan dış ortam havası ile bir ön soğutma işlemine tabi tutulmakta ve sıcaklığı T_4'e düşürülmektedir. Bir sonraki aşamada ise temiz hava, yine bir reküperatif tip ısı değiştiricisinden (2 numaralı) geçirilerek (4→5) sıcaklığı bir miktar daha düşürülmektedir. Bu ısı değiştiricisinde temiz havayı soğutmak için, mahalden çekilip, nemlendirilerek soğutulan (7→8) havadan yararlanılmaktadır (8→9). Mahalden çekilen hava içerisinde hastalıklara sebep olabilecek bakteriler bulunabileceğinden, mahale verilecek temiz hava ile mahal havasının karışmasını engellemek amacıyla 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 T_5 sıcaklığında çıkan havanın sıcaklığı, son olarak buhar sıkıştırmalı bir soğutma grubu tarafından soğutulan su yardımıyla kuru soğutucu serpantinde (3 numaralı ısı değiştiricisi) üfleme sıcaklığına (T_6) 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 sağlanmalıdır. Bunun için sisteme gerekli otomatik kontrol elemanları ve sensörler yerleştirilmelidir. 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.

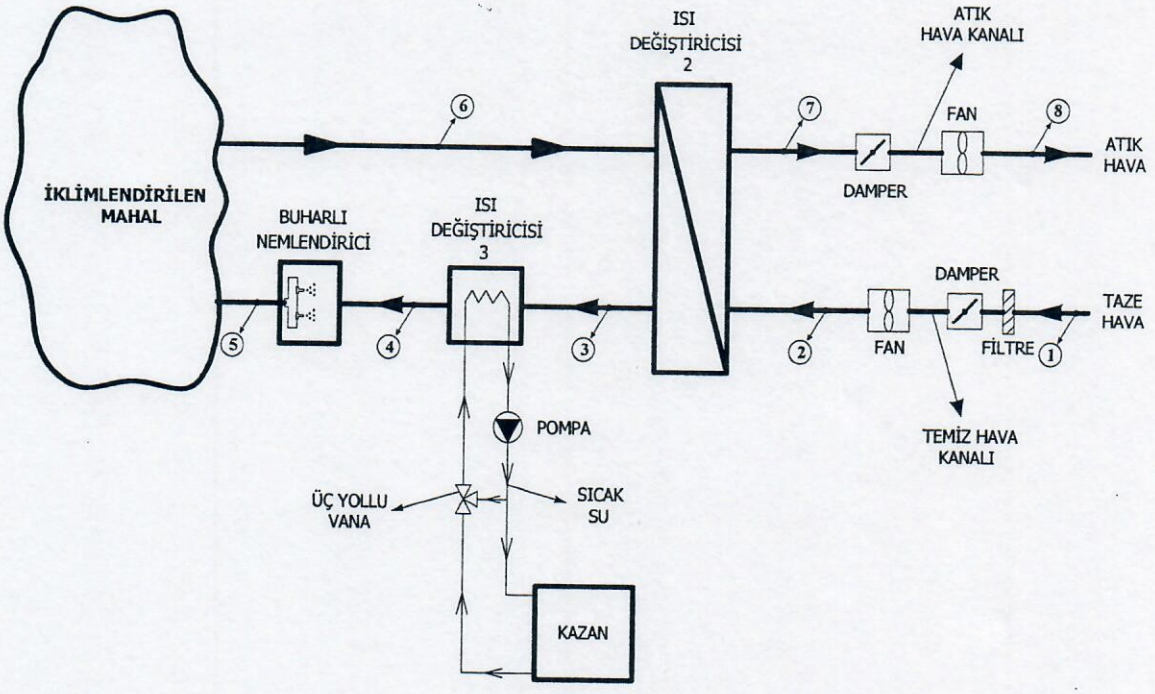
İklimlendirilen mahalden (7) atık hava kanalına emilen hava, soğu geri kazanımı amacıyla kullanılan 2 numaralı ısı değiştiricisine gelmeden önce, bir nemlendirme ünitesinde sabit entalpide nemlendirilerek T_8 sıcaklığına kadar soğutulmaktadır. Bu işlemin amacı soğu geri kazanımını artırmaktır. Doyma eğrisine yakın bir

noktaya kadar nemlendirilerek soğutulan atık hava (8), mahale gönderilen temiz havadan (4) 2 numaralı ısı değiştiricisinde ısı çekerek bu havayı soğutmakta (5), bu esnada kendi sıcaklığı da artmaktadır (9). Atık hava daha sonra fan üzerinden geçerken biraz daha ısınmakta ve dışarı atılmaktadır (10).

Döner nem alıcıda temiz havadan çekilen nemin (2→3) uzaklaştırılması için sıcak rejenerasyon havası kullanılmaktadır. Rejenerasyon kanalına 11 noktasında emilen dış hava filtre edildikten ve fanda sıcaklığı biraz arttıktan sonra (12), önce buhar sıkıştırmalı soğutma sisteminin yoğuşturucusu üzerinden geçirilerek (12→13) ön ısıtmaya tabii tutulmaktadır. Daha sonra ise, nemi uzaklaştırmak için gerekli olan sıcaklığı sağlamak amacıyla ek bir ısıtıcı tarafından ısıtılmaktadır (13→14). Rejenerasyon havasını ısıtılması için elektrikli ısıtıcı yerine güneş enerjisi veya doğal gaz gibi ısıl enerji kaynakları da kullanılabilmektedir. Bu işlem 4 numaralı bakır boru-alüminyum kanatlı tip ısı değiştiricisi yardımıyla yapılmaktadır. Burada kullanılan ısı değiştiricisinde dolaşan sıcak suyun sıcaklığının ayarlanması için su hattında yine bir üç yollu karıştırıcı vana kullanılmıştır. 14 noktasında nem alma ünitesine giren rejenerasyon havası, nem alıcıdaki nemi sabit entalpide içine alarak, soğumakta (15) ve dışarı atılmaktadır.

Günümüzde elektrik çok değerli ve pahalı bir enerji türüdür. Rejenerasyon için elektrikli ısıtıcı yerine doğal gaz, güneş enerjisi veya herhangi bir atık ısı kaynağının kullanılması durumunda, sistemin enerji maliyetinde ciddi tasarrufların sağlanması mümkündür. Tasarruf özellikle alternatif bir enerji kaynağı tarafından sağlanıyorsa daha da artacaktır. Ancak bu durumda enerji kaynağının sıcaklığına dikkat edilmesi gereklidir. Nem alma ünitesinden nemin istenildiği gibi uzaklaştırılabilmesi için rejenerasyon havasının belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılması gereklidir. Rejenerasyon havasını ısıtacak olan enerji kaynağının sıcaklığı da bu işleme uygun olmalıdır. Örneğin güneş enerjisi ile ısıtma durumunda, iklim şartlarına bağlı olarak, düzlem levhalı güneş kolektörleri yerine daha yüksek sıcaklıkta ısıl enerji üretebilen vakum tüplü güneş kolektörlerinin tercih edilmesi gerekli olabilir. Güneş enerjisi veya atık ısı kullanılması durumunda, rejenerasyon havasını her durumda istenilen sıcaklığa ulaştırabilmek için yedek bir elektrikli ısıtıcının da sisteme ilave edilmesi gereklidir.

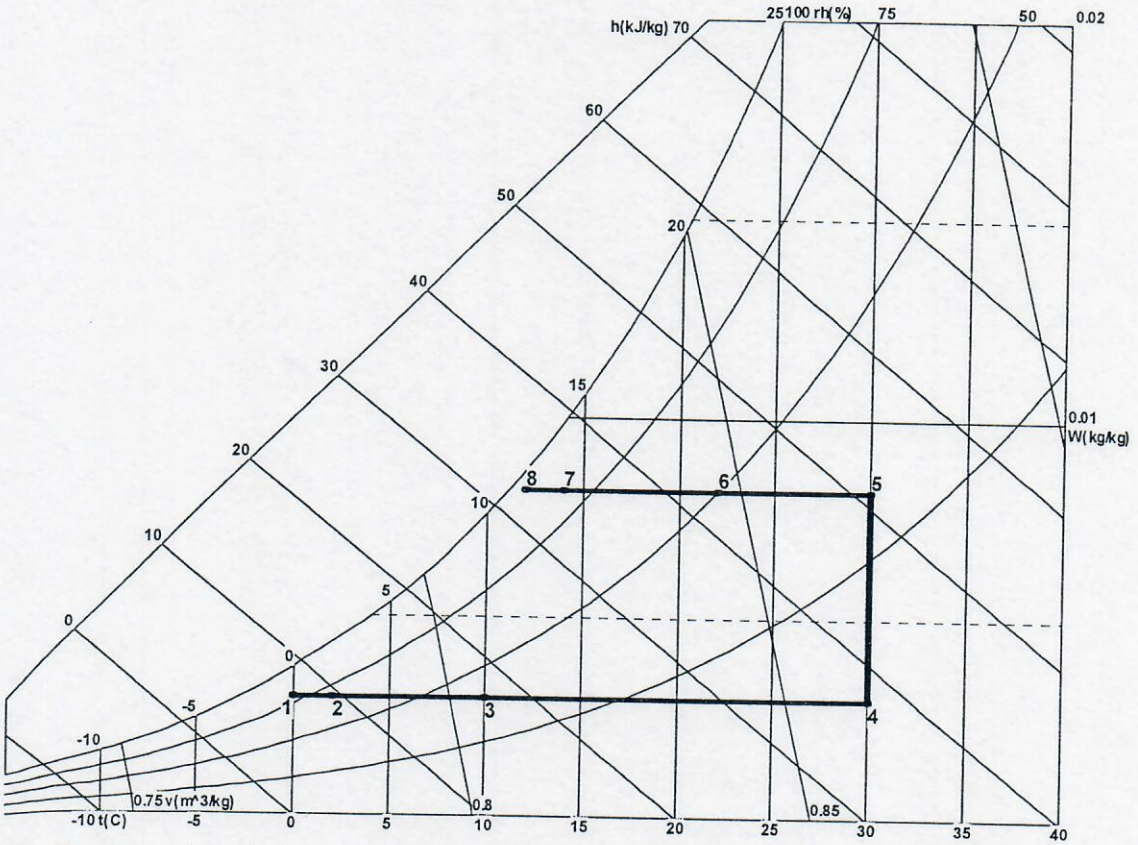
Şekil 5'de kış iklimlendirmesinde kullanılacak olan desisif iklimlendirme sisteminin genel görünüşü, Şekil 6'da ise Adana ili için, tasarım günündeki çalışması psikrometrik diyagram üzerinde verilmiştir. Sistemde, yine hastane iklimlendirmesi düşünülerek %100 temiz hava kullanılmaktadır. Şekil 5'den de görüldüğü gibi, sistemde 2 hava kanalı (temiz ve atık) bulunmaktadır. Temiz hava kanalı, tamamı dışardan alınan taze havayı iklimlendirerek mahale iletmek için kullanılır. Atık hava kanalı yardımıyla, mahal içerisinden emilen hava dışarı atılmaktadır.



Şekil 5. Kış iklimlendirmesi için sistemin çalışma prensibi

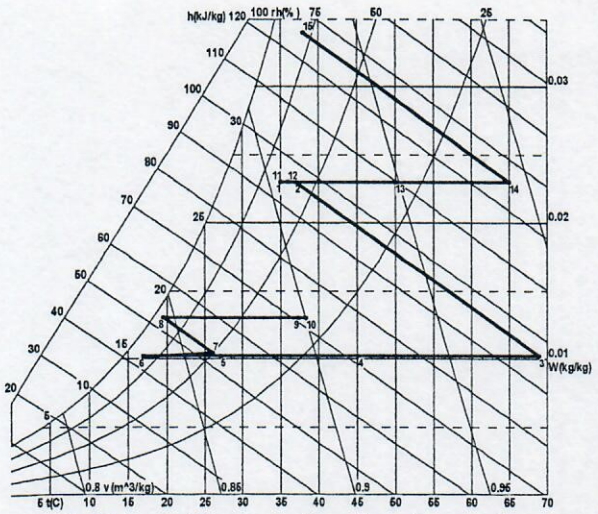
Temiz hava kanalına 1 noktasında alınan hava, filtreden ve damperden geçirilerek, ön ısıtma yapmak amacıyla reküperatif tip ısı değiştiricisine gönderilmektedir (2→3). Fan içerisinden geçerken hava sıcaklığında belirli bir miktar artış olmaktadır (2). 2 numaralı ısı değiştiricisinde temiz havayı ısıtmak için, mahalden çekilen (6) havadan yararlanılmaktadır. 2 numaralı ısı değiştiricisinden T_3 sıcaklığında çıkan havanın sıcaklığı, bir kazan tarafından ısıtılan su yardımıyla ısıtma serpantininde (3 numaralı ısı değiştiricisi) T_4 sıcaklığına kadar yükseltilmektedir. Isı değiştiricisinde dolaşan ısıtılmış suyun sıcaklığının ayarlanması için, su hattında bir üç yollu karıştırıcı vana kullanılmıştır. 4 noktasına kadar ısıtılan hava, daha sonra bir buharlı nemlendirici kullanılarak nemlendirilmekte (5) ve iklimlendirilen mahale (6) gönderilmektedir.

İklimlendirilen mahalden (6) atık hava kanalına emilen hava, ısı geri kazanımı amacıyla kullanılan 2 numaralı ısı değiştiricisinden geçirilmektedir (6→7). Böylece, mahale gönderilen temiz havayı ısıtırken kendi sıcaklığı da düşmektedir. Atık hava daha sonra fan üzerinden geçerken biraz daha ısınmakta ve dışarı atılmaktadır (8).

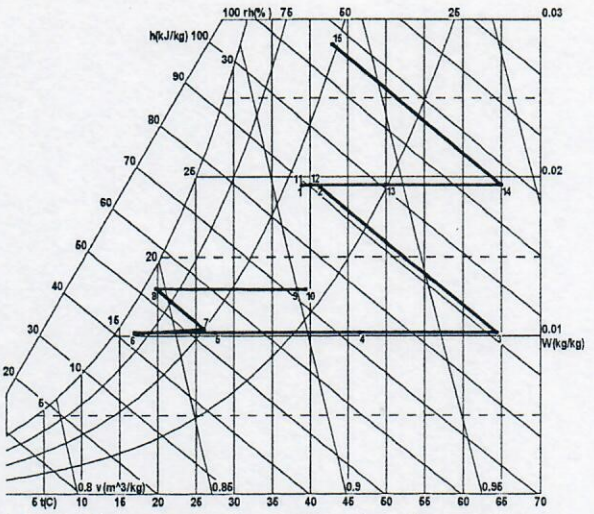


Şekil 6. Tasarlanan sistemin, Adana şartlarında kış iklimlendirmesi için psikrometrik diyagram üzerinde görünüşü

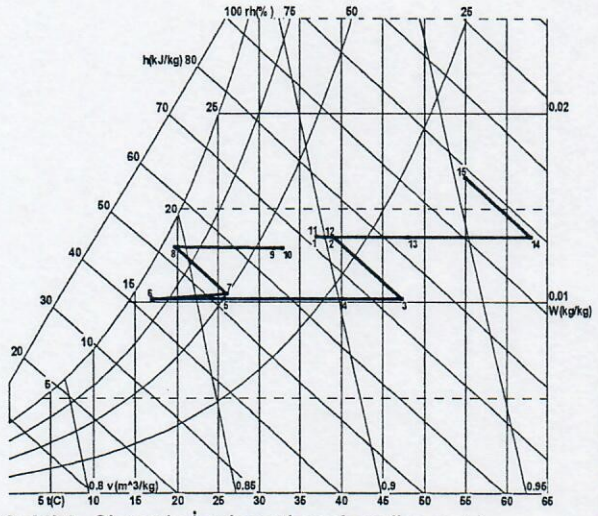
Bu çalışmada tasarımı yapılan desisif iklimlendirme sisteminin yaz şartlarında Türkiye'nin kıyı bölgelerindeki diğer bazı illeri için uygulanabilirliği de araştırılmıştır. Şekil 7-12'de, tasarlanan sistemin, farklı iklim şartlarına sahip Mersin, Antalya, İzmir, İstanbul, Samsun ve Trabzon gibi illerindeki durumu psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir. Şekillerden, iklimlendirilen mahaldeki konfor şartının [8] sağlanabilmesi için (7 noktası) bu illerde de Adana'da olduğu gibi dış havanın neminin alınması gerektiği görülmektedir. Bu da desisif iklimlendirme sistemlerinin Türkiye'nin kıyı bölgeleri için uygunluğunu göstermektedir.



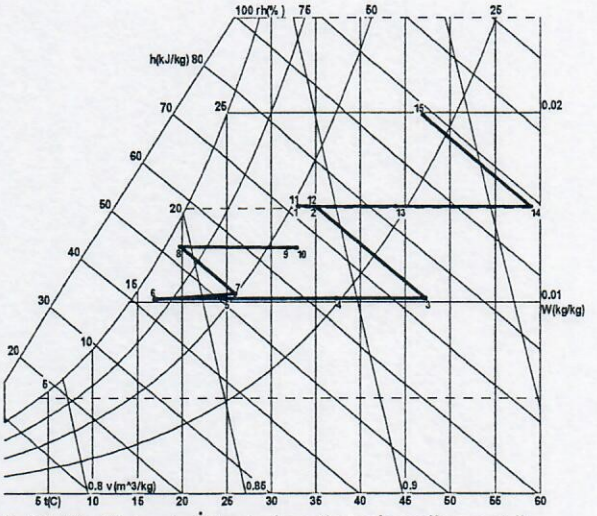
Şekil 7. Sistemin Mersin şartlarında psikrometrik diyagram üzerinde görünüşü



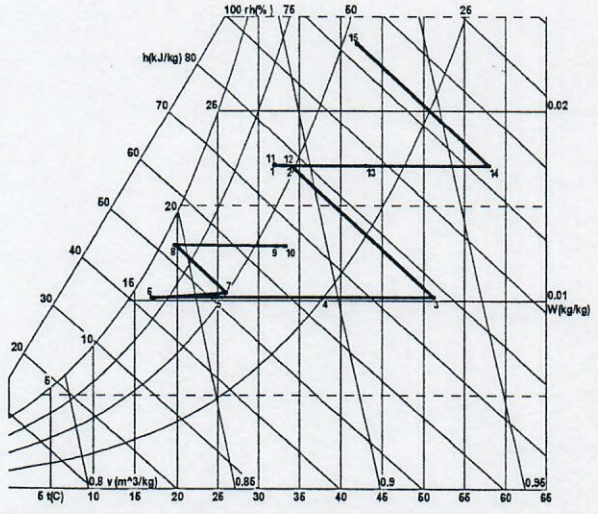
Şekil 8. Sistemin Antalya şartlarında psikrometrik diyagram üzerinde görünüşü



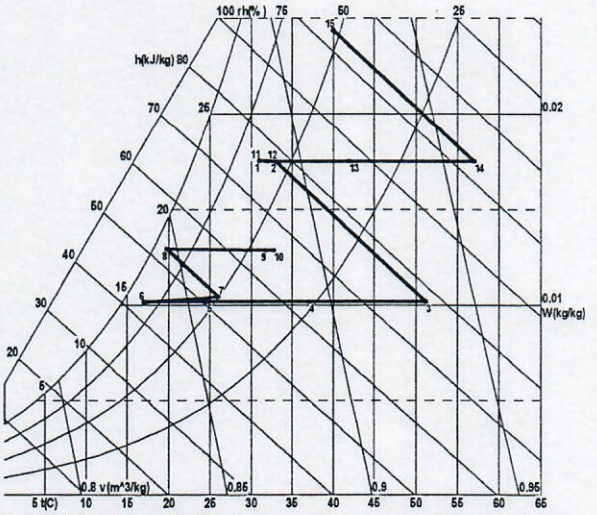
Şekil 9. Sistemin İzmir şartlarında psikrometrik diyagram üzerinde görünüşü



Şekil 10. Sistemin İstanbul şartlarında psikrometrik diyagram üzerinde görünüşü



Şekil 11. Sistemin Samsun şartlarında psikrometrik diyagram üzerinde görünüşü



Şekil 12. Sistemin Trabzon şartlarında psikrometrik diyagram üzerinde görünüşü

4. Sonuç

Bu çalışmada, hastane türü sağlık kuruluşları için hijyenik bir iklimlendirme sistemi olan nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemi ele alınmıştır. Bu amaçla nem almalı bir sistemin ön tasarımı yapılmış ve Türkiye'nin kıyı bölgelerindeki illeri için uygunluğu araştırılmıştır. Tasarımı yapılan iklimlendirme sisteminin hayata geçirilmesindeki esas amaç, sisteminin kuruluş maliyetinin düşürülmesi veya enerji tasarruf edilmesinden öte, hijyenin çok önemli olduğu uygulamalarda sağlıklı bir iklimlendirme yapabilmektir. Bu tür sistemler, son yıllarda Avrupa'da ve ABD'de yaygınlaşmaya başlamasına rağmen, Türkiye'de tam olarak bilinmemekte ve fazla uygulaması bulunmamaktadır.

Bu çalışmada önerilen nem almalı iklimlendirme sisteminin hastane türü sağlık kuruluşlarında kullanılmasıyla, hastane enfeksiyonlarında ciddi azalmalar beklenmektedir. Bunun sonucu olarak da; hastane enfeksiyonu kaynaklı ölümlerde (özellikle bebek) azalma, hastaların ameliyat sonrası hastanede kalış sürelerinde kısalma ve ameliyat sonrası görülen enfeksiyonların tedavisi için harcanan ilaç, hastane v.b. giderlerde azalmalar beklenmektedir.

Kaynaklar

[1] ARUNDEL, A.V., STERLING, E.M., BIGGIN, J. H. and STERLING, T. D., 1986. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments, Env. Health Perspectives, Vol. 65, pp. 351–61.

[2] KOVAK, B. and HEIMANN, P.R., 1997. The sanitizing effects of desiccant-based cooling, ASHRAE Journal, Vol. 39, pp. 60-64.

[3] ORNL, 2000. Report on active desiccant-based preconditioning market analysis and product development, ORNL/SUB/94-SV044/2.

[4] Tr.Net İnternet Sitesi, Sağlık Bölümü, 2005. Hastane Enfeksiyonları ve Mrsa, www.saglik.tr.net/genel_saglik_mrsa.shtml

[5] Türk İnfeksiyon İnternet Sitesi, 2005. Hastane İnfeksiyonları, http://www.infeksiyon.org/detail.Asp?Ctg=25&Article=390.

[6] MMO İstanbul Söyleşileri, 2003 . Hijyen için alınacak önlemler, http://www.mmoistanbul.org/yayin/cumartesisoylesileri/18/index.html.

[7] U.S. Department Of Energy (Doe), 2005. Advanced desiccant cooling and dehumidifcation program, Desiccant Cooling and Dehumidification Bibliography, http://mfnl.xjtu.edu.cn/gov-doe-nrel/desiccantcool/bibliography2. html.

[8] ASHRAE Handbook, 2001-Fundamentals, Ch. 8, Thermal Comfort.

[9] PHILLIPS, J.A. and WAGNER, M.B., 1994. Antiseptic effects of desiccant based HVAC systems, Lehigh University, Bioprocessing Institute.

[10] DAOU, K., WANG. R.Z., and XIA, Z.Z., 2004. Desiccant cooling air conditioning: a review, Renewable &Sustainable Energy Reviews, Vol. 10, pp. 1-23.

[11] MAZZEI, P., MINICHIELLO, F. and PALMA, D., 2004. HVAC dehumidification systems for thermal comfort: a critical review, Applied Thermal Engineering, Vol. 25, pp. 677-707.

[12] CEJUDO, J.M., MORENO, R. and CARRILLO, A., 2002. Physical and neural network models of a silica-gel desiccant wheel, Energy and Building, Vol. 34, pp. 837-844.

[13] HALLIDAY, S. P., BEGGS, C. B. and SLEIGH, P. A., 2002. The use of solar desiccant cooling in the UK: a feasibility study, Applied Thermal Engineering, Vol. 22, pp. 1327-1338.

[14] DAI, Y.J., WANG, R.Z., ZHANG, H.F. and YU, J.D., 2002. Use of liquid desiccant cooling to improve the performance of vapor compression air conditioning, Applied Thermal Engineering, Vol. 21, pp. 1185-1202.

[15] OLIVEIRA, A.C., AFONSO, C.F., RIFFAT, S.B. and DOHERTY, P.S., 2000. Thermal performance of a novel air conditioning system using a liquid desiccant, Applied Thermal Engineering, Vol. 20, pp. 1213-1223.

[16] NIU, J.L., ZHANG, L.Z. and ZUO, H.G., 2002. Energy savings potential of chilled-ceiling combined with desiccant cooling in hot and humid climates, Energy and Buildings, Vol. 24, pp. 487-495.