

NEM ALMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Alper YILMAZ, Hüsamettin BULUT

Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 01330-ADANA

ÖZET

Son yıllarda iklimlendirme teknolojisinde hızlı gelişmeler yaşanmaktadır. Ozon tabakasına zarar verecek gazları ihtiva etmeyen yeni soğutma sistemlerinin geliştirilmesi, iç hava kalitesinin yükseltilmesi ve işletme maliyetinin düşürülmesi gibi zorunluluklar ortaya çıkmıştır. Nem almalı soğutma sistemleri, endüstri ve konfor iklimlendirme uygulamalarında yararlanılabilecek alternatif soğutma sistemleri olarak önerilmektedir. Bu sistemler çevre dostudur ve çeşitli atık ısılardan

faýdalanarak rejenerasyon sağladığı için yüksek işletme maliyetini de oldukça azaltır. Nem almalı soğutma sistemlerinde esas gaye, ilk yatırım maliyetinin düşürülmesi veya enerjinin tasarruf edilmesi olmasından öte, bunların özel sistem ihtiyaçlarında uygulamaya konulmasıdır.

Bu bildiriye, nem almalı soğutma sistemlerinin özellikleri, türleri, nerelerde ve hangi koşullar altında verimli uygulanabilecekleri, konvansiyonel sistemlerle karşılaştırılarak verilmiştir.

DESICCANT-BASED COOLING SYSTEMS

ABSTRACT

The air-conditioning industry has been battling to meet new economic, environmental and regulatory challenges such as improved ventilation rate standards, upgraded indoor air quality, reduced levels of gaseous emissions, phase-out of chlorofluorocarbon (CFC) refrigerants, and peak electric demand. Desiccant technology has become a valuable tool in the industry's arsenal of space-conditioning options. In certain cooling applications, desiccant cooling units provide advantages over the more common vapor-compression and absorption units. For example, desiccant units do not require ozone-depleting

refrigerants, and they can use natural gas, solar thermal energy, or waste heat, thus lowering peak electric demand. Such desiccant cooling and dehumidification systems could replace many of today's CFC and HCFC vapor compression systems, saving energy, improving indoor air quality, and reducing the threat to the Earth's ozone layer.

In this study, desiccant systems' specifications, types; where and under what circumstances can they be utilized efficiently; are tried to express comparing with the conventional systems.

GİRİŞ

Endüstriyel ve konfor iklimlendirme uygulamalarında bir çok farklı sistem kullanılmaktadır. Bu sistemlerin kullanımında çevresel etki, enerji tüketimi, iç ortam şartları ve ekonomiklik gibi faktörler göz önüne alınır. Doğal enerji kaynaklarının hızla tükenmekte olduğu günümüzde, konvansiyonel iklimlendirme sistemleri önemli miktarda enerji sarf etmektedir. Kloroflorokarbon (CFC)'ların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin farkına varılmasıyla çevre dostu yeni soğutucu akışkanlar üzerine yapılan çalışmalar artmıştır. Bu arada CFC kullanmayan yeni soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde bazı gelişmeler yaşanmış, bu gelişmelerle birlikte nem almalı soğutma sistemleri alternatif sistemler olarak ortaya çıkmıştır. Bu sistemler istenen iç hava kalitesini sağlayacak ve ozon tabakasına karşı artarak ilerleyen tehdidi azaltarak günümüz sorunu global ısınmaya karşı da katkıda bulunacak özelliklere sahiptir.

Nem almalı soğutma sistemlerinde ilk yatırım maliyetinin düşürülmesi ve enerjinin tasarruf edilmesiyle birlikte esas gaye, bunların özel uygulama alanlarında kullanılmasıdır. Nem almalı soğutma sistemlerinin başarıyla kullanılabileceği alanlar, süpermarketler, okullar, lokantalar, askeri depolar, kayak ve paten pistleri ve kapalı yüzme havuzlarıdır. Ayrıca nem alma kapasitesi yetersiz çoğu tesiste ek nem alıcı üniteler olarak nem almalı soğutma sistemlerinden yararlanabilir. Günümüzde gelişmiş ülkelerde, bu sistemler gerek endüstriyel gerekse konfor uygulamalarında iyi tanınan konvansiyonel buhar-sıkıştırılmalı sistemlerle rekabet edebilme durumundadır. Ülkemizde bu sistemlerin neredeyse hiç uygulanmaması, tanınmaması, performans ve verimliliği hakkında bilgi ve güven eksikliği uygulanmalarının önünde duran en büyük engellerdir. Bundan dolayı bu

çalışmada, nem almalı soğutma sistemlerinin özellikleri, türleri, nerelerde ve hangi koşullar altında verimli uygulanabilecekleri, konvansiyonel sistemlerle karşılaştırılarak verilmiştir.

NEM ALICI MADDELER

Nem alıcı madde, nemli hava ve yüzeyindeki buhar basıncı farkından dolayı nemi tutar veya bırakır. Yeterince nem miktarını yüzeyinde tuttuktan sonra doymuş hale gelen nem alıcı madde ısıtılarak nemi alınır ve tekrar nem alabilir duruma getirilir (rejenerasyon işlemi). Nem almalı soğutma sistemleri havayı nemden arındırmak için adsorpsiyon veya absorpsiyon işlemlerini kullanırlar. Adsorpsiyon işleminde kullanılan katı nem alıcı maddeler su moleküllerini yüzeylerindeki gözeneklerinde saklarlar ve bunlarda kimyasal değişme gözlenmez.

Absorpsiyon işleminde kullanılan sıvı nem alıcı maddeler genelde birim miktar katı nem alıcı maddeye göre daha fazla su tutabilirler, fakat tutulan su miktarı arttıkça sistemin işletme sıkıntıları da artış gösterir. Katı nem alıcı madde olarak en çok silikajel, aktif alumina, lityum klorür tuzu ve moleküler elekler kullanılır. Bunun yanında titanyum silikat ve sentetik polimerler soğutma uygulamalarının daha verimli olması için geliştirilmiş yeni nesil katı nem alıcı maddelerdir. Sıvı nem alıcı maddeler ise lityum klorit, lityum bromit, kalsiyum klorit ve trietilen glikol çözeltileridir.

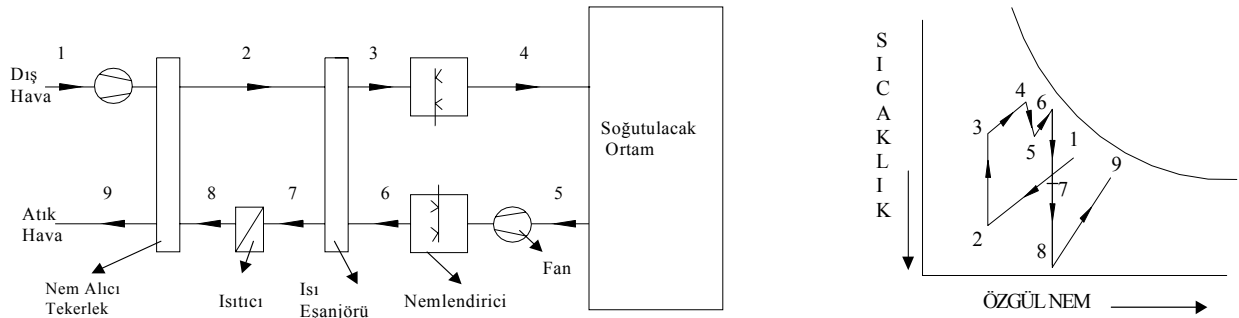
Konfor ve endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan katı nem alıcı maddelerin; yüksek adsorpsiyon kabiliyetinde, uygulanabilir buhar basıncında, kararlı kimyasal ve fiziksel yapıda, ısı uygulamasıyla rejenere edilebilir, yanmaz, dayanıklı, zehirsiz ve ucuz olması tavsiye edilir (Pesaran, 1989).

NEM ALMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Nem almalı soğutma sistemleri havadaki nemi adsorpsiyon veya absorpsiyon işlemleri yardımıyla alırlar. Bu işlemler sonucu havadaki gizli ısı yükü duyulur ısı yüküne çevrilir ve bundan dolayı sıcaklığı artar, fakat nem oranı düşer. Diğer taraftan, konvansiyonel buhar-sıkıştırırmalı soğutma grupları havanın içindeki nemi buharlaştırıcıda yoğuşturmak için çığ noktasına kadar soğutmak durumundadırlar. Bunun sonucu ise düşük soğutma etkinliği (COP)'dir. Bu durumda proses havası çok düşük sıcaklıktadır ve istenilen konfor şartlarını sağlamak için yeniden ısıtılması gerekmektedir. İki ana tip nem almalı soğutma sistemi vardır (Yılmaz, 1997):

1- Sade Nem Almalı Soğutma Sistemleri (Stand-Alone):

Bu sistemler CFC içermeyen oldukça ekonomik sistemlerdir. Özellikle nemli bölgelerde tüm ısıl konfor şartlarını sağlayacak şekilde başarıyla uygulanabilir. Şekil 1'de sade nem almalı soğutma sistemi şematik olarak ve psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir.



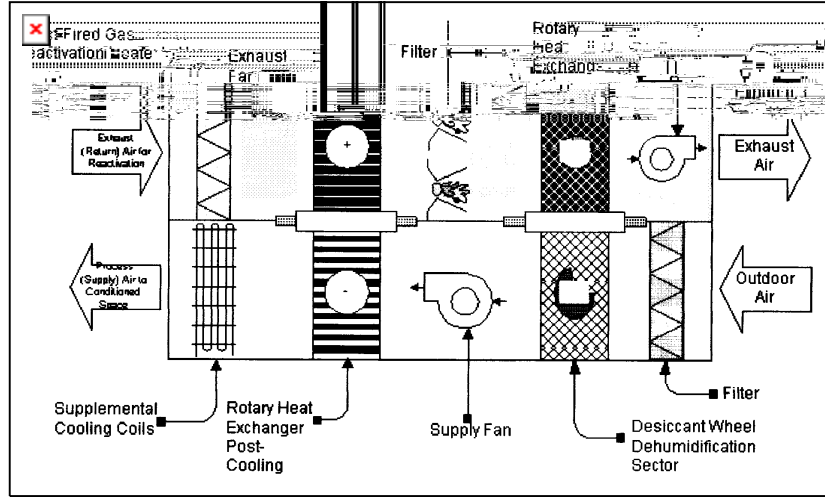
Şekil 1. Sade nem almalı soğutma sisteminin şematik olarak ve psikrometrik diyagramda gösterimi

Nemli dış hava nem alıcı tekerlekten geçirilerek nemi alınır (1-2) ve ısı eşanjörü yardımıyla soğutulur (2-3). Hava daha sonra doğrudan buharlaştırıcıdan geçirilir ve soğutulacak ortama verilir (3-4). İç ortamdan alınan dönüş havası doğrudan buharlaştırıcıdan geçirilerek soğuk hava elde edilir (5-6). Bu soğuk hava nemi alınan dış hava sıcaklığını düşürmekte kullanmak için ısı eşanjöründen geçilir (6-7). Daha sonra hava, nem alıcı maddenin rejenerasyonu için gerekli olan sıcaklığa getirilmek için ısıtıcıdan geçilir (7-8) ve nem alıcı maddeyi tekrar aktifleştirmek için nem alıcı tekerleğe iletilir ve atık hava olarak dış ortama bırakılır (8-9).

2- Konvansiyonel Soğutma Destekli Nem Almalı Soğutma Sistemleri (Latent-Load Reducer): Buhar-sıkıştırırmalı konvansiyonel soğutma sistemi ile nem almalı soğutma sistemi birleştirildiğinde genel olarak *hibrid*

sistem olarak tanımlanan sistemler ortaya çıkar (Burns ve ark., 1985). Şekil 2’de tipik bir hibrit nem almalı soğutma sistemi gösterilmiştir. Nem almalı sistem gizli ısı yükünü alırken, buhar-sıkıştırımlı konvansiyonel sistem duyulur ısı yükünü karşılar. Ek nem alma veya tekrar ısıtma gerekmediğinden hibrit sistemler enerji tasarrufu sağlarlar. Gizli ısı yükünü nem almalı soğutma sistemi karşıladığından buhar-sıkıştırımlı soğutma sisteminin kapasitesi daha düşük seçilir.

Etkinlik hesaplamaları konvansiyonel sistemlerinki kadar kolay değildir. Bunun başlıca sebebi sistemin gizli ısı yükünü duyulur ısı yüküne çevirmesi ve bu yükü de eşanjör ve/veya elektrik enerjisi kullanarak karşılamasından (hibrid sistem) kaynaklanmaktadır. Bunun yanı sıra sistemdeki fanların, tekerlek motorlarının harcadığı elektrik de performans hesaplamalarında göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 2. Hibrit nem almalı soğutma sistemi

Nem almalı sistemler, nem alıcı teker, döner ısı eşanjörü, besleme ve egzoz fanı, ek soğutucu serpantin ve rejenerasyon için gerekli ısı kaynağından müteşekkildir. Düşük buhar basıncındaki kurutucu madde havadaki nemi doyana kadar adsorbe eder. Neme doyan kısmın diğer taraftaki sıcak hava akıntısında nemini kaybetmesi sağlanır. Bu proses kendisini tekrar eder. Nem alıcı teker çok ince bölünmüş kurutucu matelyalden oluşmuştur. Teker, lif yataklı yapıya gömülmüş, oluklu mukavva görüntüsünde, hafif, petek dokulu, kolay yanmaz, kurutucu matelyalden imal edilmiştir. Döner ısı eşanjörü görünüşte ve dizaynda nem alıcı tekere benzer. Her türlü ısı enerjisi (>90°C), elektrikli ısıtıcılar, güneş enerjisi, sıcak su ve buhar, doğal gaz yakıcıları (en çok rastlanan) ve artık ısıdan, rejenerasyon için faydalanılabilir.

Nem alıcı matelyal yüksek bağıl nemli hava akımından belli bir miktar nemi alı koyar. İlk hava akımının nemi alınırken, ikinci hava akımı sadece nem alıcının rejenerasyonu için kullanılır. Dolayısıyla ilk hava akımının ihtiva ettiği su buharı azalırken, ikinci hava akımınınki artar. İkinci hava akımı nem alıcı matelyalde tutulan nemi alması için ısıtılarak bağıl nem oranı düşürülür.

ENERJİ TASARRUFU MEKANİZMASI

Bu sistemlerle yapılan enerji tasarrufu, en iyi şekilde soğutma ve nem alma proseslerinin konvansiyonel sistemlerle karşılaştırılmasıyla görülür. Konvansiyonel sistemler de, bu sistemler de çeşitli şekillerde çalışabilirler (sirkülasyon, tam havalandırma ve karışık). Enerji tasarrufu niteliğini tam olarak göstermek için iki sistemin de %100 temiz hava ile çalıştığı öngörülmektedir. Nem almalı hibrid soğutma sisteminin psikrometrik diagram üzerinde gösterimi aşağıda açıklanmıştır (şekil 3 ve 4’deki harfler psikrometrik diagram üstündeki durumları göstermektedir).

Nem Alma

A: Sıcak ve nemli dış hava nem alıcı tekerleğe psikrometrik diagram üzerindeki A noktasında girer.

A-B: Dış havanın neminin tutulması ile ortaya çıkan ısı (yoğuşmadan dolayı) hava akımına aktarılır ve duyulur soğutma yükünün artmasına sebebiyet verir. B durumunda hava sıcak ve kurudur. Dolayısıyla iklimlendirilecek mahale direkt olarak verilemez.

Soğutma

B-C: Nemi alınan dış hava döner tip tekerleğe girer ve iklimlendirilen mahalden dönen (egzoz) hava akımı ile ısı değişerek soğur.

C-D: Isı tekerleğini terkeden hava nem alıcı tekerlekten çıkan havadan daha soğuktur, buna rağmen, çoğu zaman iklimlendirilecek mahale verilmeden önce biraz daha soğutulması istenir. Bunun için ek konvansiyonel direkt-genleşmeli buhar-sıkıştırılmalı soğutma sistemine ihtiyaç duyulur.

D-E: İklimlendirilen mahali terkeden hava E noktasındadır.

Rejenerasyon

E-H: Isı geri kazanımı. Sıcak ve kuru olarak nem alıcı tekerleği terk eden hava dönen ısı tekerleğine giren egzoz havası ile ısı değişir. B-C adımında geri kazanılmayan bir kısım enerji de tekrar kazanılmış olur (şekil 4).

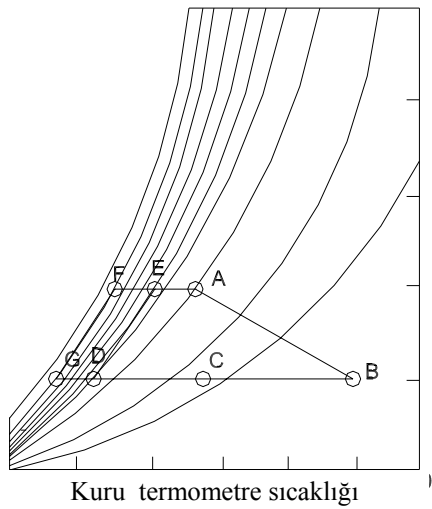
H-I: Nem alıcı maddedeki nemi almak için sıcak egzoz havası biraz daha ısıtılır.

I-J: Tekrar aktifleştirme. Sıcak egzoz hava akımı doymuş olan nem alıcı maddeyi kurutur ve tekrar aktif olarak kullanılacak duruma getirir.

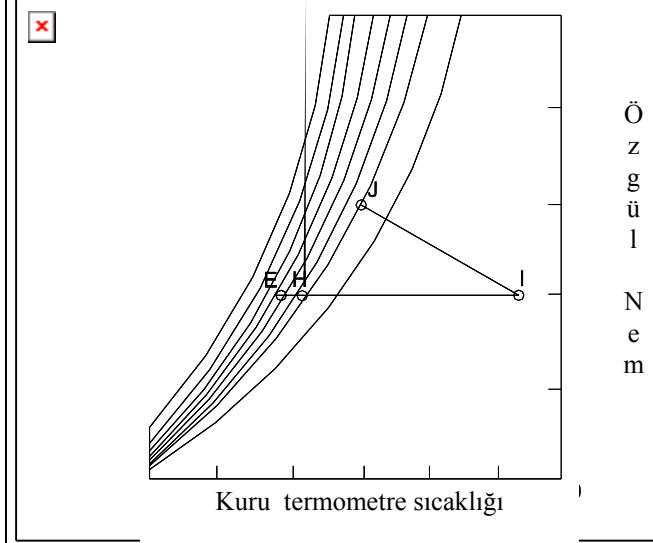
Duyulur Soğutma

A: Sıcak ve nemli dış hava psikrometrik diagramda A noktasında konvansiyonel buhar sıkıştırılmalı sistemin buharlaştırıcısının serpantinine girer.

A-F: Sıcak ve nemli dış hava doyma noktasının yakınına kadar soğutulur. Bu noktadaki hava iklimlendirilecek mahale verilecek kadar soğuktur, fakat nemi çok yüksek olduğundan tekrar kullanılamaz.



Şekil 3. Nem almalı hibrid soğutma prosesi ile konvansiyonel nem alma ve soğutma prosesinin karşılaştırılması



Şekil 4. Nem alıcıların tekrar aktifleştirme prosesi

Gizli Soğutma (Nem Alma) Ve Tekrar Isıtma

F-G: Nem alma. Buharlaştırıcı doymuş hava akımını soğutmaya devam eder ve nemi yoğunlaştırarak kuru termometre sıcaklığını düşürür (şekil 3). Hava, bu noktada, iklimlendirilecek mahale verilemeyecek kadar soğuktur.

G-D: Tekrar ısıtma. Elde edilen bu soğuk ve kuru havanın, bir sıcak hava akımıyla karıştırılmak veya tekrar ısıtılmak suretiyle, istenilen konfor şartlarını sağlaması sağlanır (D noktası).

D-E: Soğutma yükü. Egzoz havası iklimlendirilen mahali terk eder (E noktası).

Açıklanan psikrometrik prosesler, ayrı iki sistemle gerçekleştirilen nem alma işlemleri arasındaki farkları göstermektedir. Tasarruf edilen enerji miktarı, hibrid sistemin soğutma yükünün bir kısmını düşük dereceli bir ısı kaynağına kaydırması ve tekrar ısıtmayı ortadan kaldırmasına bağlıdır (G-D). Nem alıcı tekerlekten kaynaklanan basınç düşüşünden dolayı fan gücü biraz artacaktır. Tasarruf edilen enerji ve elektrik ihtiyacındaki azalma çeşitli faktörlere dayanır. Performansı etkileyen ana faktörler ileride tartışılacaktır.

SİSTEM TASARIMLARI

Nem almalı soğutma sistemleri rejenere edilme durumlarına göre ikiye ayrılır (Meckler ve ark., 1995). Nemi alınacak hava akımının geçtiği kesit alanına yerleştirilen nem alıcılar belirli bir çalışma süresinden sonra tekrar

kullanılmak üzere rejenere edilirler. Bu tip sirkülasyonlu sistemlerin, nem alıcıda tutulan nemin artmasına bağlı olarak, nem tutma kabiliyetlerinde bir azalma gözlenir.

Sirkülasyonlu olmayan tipte ise nem alıcılar dönen bir yatakta veya tekerlekte bulunurlar. Hem proses hem de rejenerasyon hava akımları bu yatak veya tekerleğin ayrı kesitlerinden geçerler. Nem alma ve rejenerasyon olayları aynı anda gerçekleşir. Bu tiplerde izolasyon enerji verimliliği açısından son derece önemlidir.

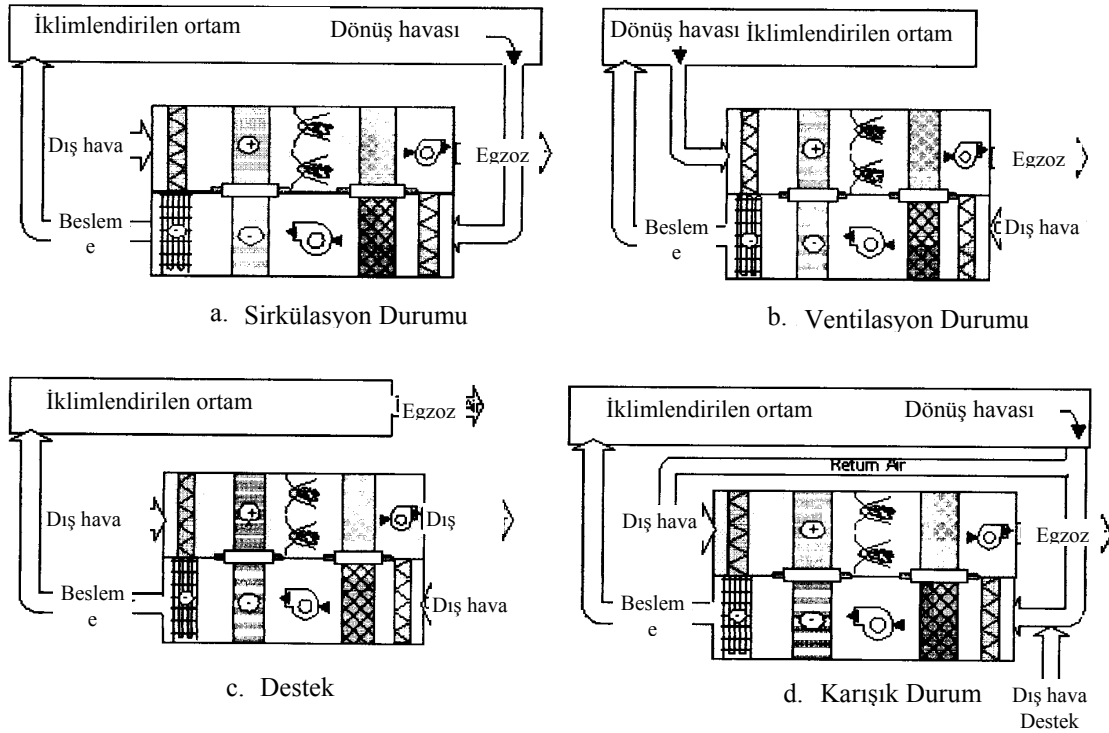
Hibrit sistemlerin bir çok değişik tasarım şekilleri ve çalışma tarzları mevcuttur. Sistem tasarımları, nem kontrolü için kullanılan nem alıcıya, sıcaklık kontrolü için kullanılan soğutma tipine, ön soğutma için kullanılan soğutma tipine ve nem alıcıyı tekrar aktif hale getirmek için kullanılan metoda göre değişir.

Nem almalı sistemlerdeki ısı tekerleği duyulur ısı yükünü karşılamaktadır. Fakat bir çok uygulamada soğutulacak ortamın duyulur ısı yükü yeterli bir şekilde karşılanamamakta ve ek soğutma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu soğutma ihtiyacı, konvansiyonel buhar sıkıştırma soğutma sistemlerinin evaporatöründen, doğrudan veya dolaylı buharlaştırma soğutma sistemlerinden karşılanır. Doğrudan buharlaştırma soğutma sistemi kullanıldığında hava içindeki nem miktarı biraz artmaktadır. Tüm ek soğutma üniteleri, havanın nem alıcıya girmeden evvel ön soğutulması için de kullanılabilirler.

Nem Alıcıyı Tekrar Aktifleştirme İçin Isı Kaynağı: En çok kullanılan ısı kaynakları doğrudan veya dolaylı doğal gaz yakıcı ısıtıcılardır (Cohen, 1988). Doğrudan doğal gaz yakıtlı ısıtıcılar, gazı tekrar aktifleştirme hava akımı içerisinde yakarlar. Bu yüzden ısı verimleri oldukça yüksektir(%90-95%). Doğal gaz, dolaylı doğal gaz yakıtlı ısıtıcısında, tekrar aktifleştirme akımı dışında yakılmakta ve bir ısı eşanjörü vasıtasıyla tekrar aktifleştirme hava akımına ısı transfer edilmektedir. Bu tiplerde ısı verim % 80 veya daha aşağıdır. Gaz yakıtlı ısıtıcılar sıcak suyu veya buharı ısıtma serpantinlerinin etrafından geçirerek hem tekrar aktifleştirme işleminde hem de ısıtma ihtiyacının karşılanmasında kullanılabilirler. Tekrar aktifleştirme işleminde kullanılan diğer ısı kaynakları elektrikli ısıtıcılar, güneş enerjili sıcak su serpantinleri ve sıcak su veya buharlı serpantinlerdir.

SİSTEM ÇALIŞMA ŞEKİLLERİ

Hibrit soğutma sistemlerinin sirkülasyon, ventilasyon, destek ve karışık durum olmak üzere dört çalışma şekli bulunmaktadır (Harriman, 1990)(Şekil 5).



Şekil 5. Hibrit nem almalı soğutma sistemleri

İşlem ve rejenerasyon havası iki kaynaktan gelebilir: Rejenerasyon havası için dış ortam havası ve/veya egzost havası ve işlem havası için dış hava ve/veya dönüş havası. İşlem ve rejenerasyon tarafında kullanılan hava akımları sade veya karışık olabilirler. Sirkülasyon durumunda, işlem havasının kaynağı şartlandırılan ortamdan alınan dönüş havasıdır ve dış ortam havası rejenerasyon için kullanılır (Şekil 5-a). Sade havalandırma durumunda ise işlem havasının kaynağı dış ortam havasıdır ve egzost havası rejenerasyon için kullanılır (Şekil

5-b). Destek çalışma durumunda ise işlem ve rejenerasyon havasının kaynağı dış ortam havasıdır (Şekil 5-c). Karışık çalışma durumunda ise işlem ve rejenerasyon havasının kaynağı diğer durumların birleşiminden biri olabilir (Şekil 5-d). Hibrit sistemin ekonomik uygulanabilirliği ile birlikte özel iç ortam koşulları veya uygulamalar için, yukarıda verilen çalışma durumlarının seçimi istenebilir.

SİSTEMİN PERFORMANSINI ETKİLEYEN DEĞİŞKENLER

Nem almalı sistemden en yüksek düzeyde yarar sağlanması ve uygun boyutlandırılması, performansını etkileyen değişkenlerin iyi bilinmesine bağlıdır. Bir nem almalı soğutma sisteminin veriminde ve boyutlandırılmasında etkili olan faktörler; işlem havasının nemi, sıcaklığı ve nem alıcıdan geçiş hızı, tekrar aktifleştirme havasının sıcaklığı, hızı ve nem alıcıdan geçen havanın nem yükü, nem alıcının miktarı ve özellikleridir. Herhangi bir sistemde bu değişkenler, iklim ve nem yükünden dolayı farklılık gösterebilirler. Sistem tasarımcıları için nem alıcının performansına etki eden bu değişkenlerin etkilerini bilmek son derece önemlidir (Yılmaz, 1997).

İşlem Havasının Nemi: Eğer diğer tüm değişkenler sabit tutulursa, nem alıcıya daha az nemli havanın girmesi, daha az nemli havanın nem alıcıyı terketmesi demektir. Tasarım açısından gelen hava beklenenden daha fazla nemli ise, işlem havasının sıcaklığı beklenenden daha yüksek olacaktır. Bundan dolayı, eğer iklimlendirecek ortam kritik bir yere ek soğutmaya ihtiyaç duyulacaktır. Eğer nem alıcıya giren hava beklenenden daha az nem içeriyorsa, daha az nemli hava sistemi terkecektir. Dolayısıyla belirli nem düzeyi istenirse, daha az miktarda hava işleme tabi tutulmalıdır.

İşlem Havasının Sıcaklığı: Eğer değişkenler sabit tutulursa, düşük sıcaklıktaki işlem havası, nem alıcıdan daha az nemli havanın çıkması demektir. Yüksek sıcaklıkta işlem havası, daha fazla nemli havanın sistemden ayrıldığı demektir.

İşlem Havasının Hızı: Düşük hızlı işlem hava akımı, nem alıcıda daha fazla nem bırakacağından daha kuru hava elde edilir. Bundan dolayı, düşük nemli ortamlar istendiğinde düşük hava hızı önemini artırmaktadır. Tasarımcıların hızdaki dalgalanmaları önlemek için sisteme hava akımını düzenleyici ve kontrol edici cihazlar eklemesi gerekir. Eğer düşük nem düzeyli ortamlar istenmiyorsa hava hızı artırılabilir ve pahalı cihazları da kullanmaya gerek yoktur.

Tekrar Aktifleştirme Havasının Sıcaklığı: Nem alıcı madde sıcak hava akımı ile tekrar aktif hale getirilir. Daha sıcak aktifleştirme havası, daha fazla nemin nem alıcıdan alınması demektir. Eğer iç ortam için kuru hava isteniyorsa, daha yüksek sıcaklıkta (120 °C) aktifleştirme havası, ekonomik bir seçim olabilir. Eğer düşük nem gerekli değilse, atık ısı veya soğutma grubunun kondenserinden atılan ısı gibi ucuz ve düşük derecedeki ısı kaynakları, nem alıcıyı tekrar aktifleştirmede kullanılabilir. Bu durumda aynı dış koşullarda işlem havası üretmek için nem alıcı tekerleğin yüksek sıcaklıktaki aktifleştirme sistemindeki gibi büyük olması gerekmez.

Tekrar Aktifleştirme Havasının Nemi: Genelde Aktifleştirme havasının nem düzeyi nem alıcı tekerleğin performansını çok az etkiler. Fakat Aktifleştirme havasından olan nemli hava sızıntısı işlem havasındaki nem miktarını artırır. Bundan dolayı hava sızıntısını en az düzeyde tutmak için tekrar aktifleştirme ve işlem havası arasında pozitif basınç farkının oluşturulması ve rotor etrafının iyi izolasyonun yapılması gerekir.

Tekrar Aktifleştirme Havasının Hızı: Nem alıcı tekerlikten alınan nem miktarı tekrar aktifleşme havasının akış miktarının ve aktifleştirme ve nem alıcı tekerlek arasındaki sıcaklık farkının fonksiyonudur. Daha hızlı tekrar aktifleştirme akımı, daha fazla miktarda nemin nem alıcıdan alınması demektir.

Nem Alıcı Madde Miktarı: Belirli bir zaman diliminde havayı kurutmak için kullanılan nem alıcı miktarındaki artış, nem alıcı tekerleğin nem alma kapasitesini ve tekrar aktifleştirme için kullanılan enerji miktarını artırır. Bu artış tekerlek genişliğinin ve dönme hızının artırılmasıyla elde edilebilir. Bu hava akımının basıncının artmasına ve tekerleği terk eden havanın sıcaklığının artmasına sebep olur. Dolayısıyla hava soğutmak için daha fazla enerji gerekir. Tekerleğin dönme hızının artırılması nem alma miktarını artırır.

Nem Alıcı Maddelerin Nem Alma Karakteristikleri: Sabit sıcaklıkta, her bir nem alıcı madde belirli kapasitede nem alır. Bundan dolayı üreticiler tasarımlarını, hava debisi ve tekerlek hızı gibi değişkenlerin belirli değerleri için nem alma kapasitesine göre yaparlar.

SİSTEMİN AVANTAJLARI

Sade nem almalı sistemler ve hibrit sistemler enerji tasarrufu yanında bir çok avantajlar sağlamaktadır (Yılmaz ve ark., 1998):

Nem almalı sistemler konvansiyonel soğutma sistemlerinin düşük kapasitede seçilmesine izin verirler. Çünkü, nem almalı sistemler soğutma yükünün önemli bir kısmı olan gizli ısı yükünü alırlar. Daha düşük kapasiteli sistem enerji tasarrufu sağlamakla birlikte ilk yatırım maliyetini de düşürür (Harriman, 1996).

- Bazı hibrit sistemlerde, buhar sıkıştırırmalı sistem yerine daha ucuz olan doğrudan veya dolaylı buharlaştırırmalı soğutma sistemleri kullanılabilir.
- Hibrit sistemler sıcaklığı ve nemi birbirinden bağımsız olarak kontrol ederler. Konvansiyonel soğutma sistemlerinde ise sadece sıcaklık doğrudan kontrol edilir, nem oranı ise değişebilir.
- Konvansiyonel soğutma sistemleri havanın nemini ancak 5 °C çığ noktasına kadar getirebilmelerine rağmen, nem almalı sistemler nem alma işlemini 5 °C çığ noktasının altında da yapabilirler.
- Nem almalı sistemler nemi belirli değerlerde kontrol ettiği için iç hava kalitesini artırabilir. Konvansiyonel sistemlerin kullanıldığı nemli bölgelerde, havadan yeterli miktarda nem alınmadığından hava kanallarında ve yoğuşma drenaj hatlarında bakteri ve mikroorganizmaların üreme potansiyeli yüksektir. Bu problem nem almalı sistemlerde mevcut değildir.
- Bu sistemlerde rejenerasyon işlemi için gerekli ısı kaynağı kışın mahalın ısıtılması için kullanılabilir ve böylelikle hibrit sistemler yıl boyunca konfor şartlarını sağlayabilir.
- Endüstride çevre bilincinin oluşmasıyla CFC'li soğutuculu akışkanlar R-134a, R-407c ve R-123 gibi yeni soğutucu akışkanlarla değiştirilmeye gidilmektedir. Halbuki, hibrit sistemler gerektiğinden çok daha az konvansiyonel soğutmaya ihtiyaç duyarlar.

SİSTEMLERİN KULLANIM YERLERİ

Hibrit sistem bir binada kullanılmadan evvel ekonomikliğini araştırılmalıdır. Hibrit sistemlerin ekonomik olduğunu söyleyerek bir genelleme yapmak zor olmakla birlikte bir çok uygulamada detaylı bir ekonomik analize gerek yoktur. Bunlar yazın ortamın nemi alınan ve kışın ısıtılan depolama alanları, yazın çalıştırılan buz alanları, nem kontrolü ve iç hava kalitesinin çok önemli olduğu ameliyat odaları ve süpermarketlerdir (Manley ve ark., 1985). Konvansiyonel sistemlerin gizli ısı yükünü karşılayamadığı yerlerde hibrit sistemler mevcut sisteme entegre edilerek bu sorun giderilebilir.

Maksimum nem alma miktarı, ortamın duyulur ısı oranı, ihtiyaç duyulan temiz hava miktarı, dış hava çığ noktası tasarım sıcaklığı, soğutmadan sonra dönüş havasının olup olmaması, yerel elektrik ve enerji fiyatları ve iç hava kalitesinin sağladığı yararlar gibi doğrudan maliyeti ve ekonomikliği etkileyen faktörler değişik uygulamalar için iyi değerlendirilmelidirler. Aşağıdaki kriterler uygulamalarda göz önüne alınmalıdır:

İç Ortam Hava Neminin Seviyesi: Nem almalı sistemler 5 °C çığ noktasının altında havanın nemini almada en ekonomik seçimdir. Çünkü konvansiyonel soğutma sistemlerinde 5 °C çığ noktasının altında yoğuşan su, serpantinler üzerinde donar ve serpantinin nem alma kapasitesini düşürür. Eğer çığ noktası sıcaklığı 5 °C ve 10 °C arasında ise nem almalı sistemlerin ekonomikliği istenilen iç ortam şartlarına bağlıdır. Eğer çığ noktası 10 °C'den büyük ise konvansiyonel soğutma sistemlerini kullanmak daha ekonomik olacaktır.

Yüksek Gizli Isı Yüğü (>%25): Nem almalı soğutma sistemleri gizli ısı yükünü karşılaması açısından konvansiyonel soğutma sistemlerine göre daha ekonomiktirler. Bundan dolayı eğer gizli ısı yükü toplam yük içinde oldukça yüksekse nem almalı sistemleri kullanmak daha caziptir. Bir çok ofis binalarında gizli ısı yükü oranı toplam yüğe göre oldukça azdır (maksimum %25). Fakat süpermarketlerde, sinema ve tiyatro salonlarında, okullar ve lokantalarda gizli ısı yükü oranı oldukça yüksektir.

Temiz Hava Miktarı: Okullar, hastaneler, lokantalar ve büyük mağazalar gibi binalarda büyük miktarlarda temiz hava miktarına gerek duyulur. Dolayısıyla nem alıcı sistemler bu tür uygulamalarda ekonomik olabilirler.

Soğutucu Sonrası Dönüş Havaasının Miktarı: Eğer dönüş havası soğutmadan sonra mevcutsa, duyulur soğutma ihtiyacı azalacaktır. Eğer temiz hava ihtiyacı fazla ise (toplam hava miktarının %20'den fazla ise), dönüş havası ve temiz havayı karıştırarak kullanan nem almalı sistemler konvansiyonel soğutma sistemlerine göre daha ekonomik olur.

Ucuz Veya Bedava Tekrar Aktifleştirme Enerji Kaynaklarının Mevcudiyeti: Ucuz veya bedava tekrar aktifleştirme kaynaklarının mevcudiyeti nem almalı sistemleri daha cazip hale getirir. Genelde 80-100 °C sıcaklıkları tekrar aktifleştirme işlemi için gereklidir. Atık ısı kaynakları olarak kondenser, motor ve gaz türbinlerinin egzost ısıları kullanılabilir kaynaklardır.

Enerji Fiyatları: Elektrik ve diğer enerji kaynaklarının fiyatları nem almalı sistemlerin ekonomik analizinde önemli faktörlerdir.

İç Hava Kalitesi: İç hava kalitesini ekonomik kıstaslarla ifade etmek oldukça güç olmasına rağmen hastaneler ve bakım evleri gibi bir çok binada gereklidir. Nem almalı sistemler iç hava kalitesini yükseltir. Çünkü bu sistemler nem seviyesini kesin olarak kontrol eder. Konvansiyonel sistemlerin kullanıldığı nemli bölgelerde hava kanallarında ve yoğuşma hatlarında bakteri ve mikropların türem ihtimali yüksektir. Bu nem almalı sistemler için problem oluşturmaz.

SONUÇ

Nem almalı soğutma sistemlerinin esas gayesi, ilk yatırım maliyetinin düşürülmesi veya enerjinin tasarruf edilmesi olmasından öte, özel sistem ihtiyaçlarının karşılanmasıdır. Bunun yanında, günümüzde gelişmiş ülkelerde, bu sistemler gerek endüstriyel gerekse de konfor uygulamalarında iyi tanınan konvansiyonel buhar-sıkıştırılmalı sistemlerle rekabet edebilme durumuna gelmiştir.

A.B.D'deki bir araştırmaya göre bu sistemler yılda 422 milyon GJ enerji tasarrufu ve 20 milyon tondan fazla karbondioksit emisyonunu önleme potansiyeline sahiptir. Amerika Otel ve Motel Birliğinin raporuna göre, yüksek nemin otel ve motellere verdiği zarar yılda 70 milyon doları bulmaktadır. Bu sistemler havadan istenmeyen kokuları ve partikülleri arındırır. Böylece daha sağlıklı ve konforlu ortamlar sağlarlar. Daha fazla havalandırmaya gereksinim duyulan yeni bina standartları (ASHRAE 52.89R) bu sistemlere olan taleplerin artmasına neden olabilecektir.

Ülkemizde bu sistemlerin neredeyse hiç uygulanmaması, tanınmaması, performans ve maliyet verimliliği hakkında bilgi ve güven eksikliği, uygulamalarının önünde duran en büyük engellerdir.

İlk yatırım maliyetlerinin düşürülmesine rehberlik edilmesi, performans dokümantasyonunun yapılması (devlet ve özel sektör kuruluşlarının yöneticileri, mimar ve mühendislerinin bu sistemlerden faydalanabilmeleri için), proje mühendislerinin teknik ve ekonomik açıdan kolay hesap yapabilmeleri için dizayn araçlarının geliştirilmesi (bilgisayar programları vb.), gerçek performans verilerinin oluşturulması, bu sistemlerden çok daha fazla yararlanılmasını teşvik edebilecektir.

KAYNAKLAR

- Burns, P.R., Mitchell, J.W., Beckman, W.A., 1985. Hybrid Desiccant Cooling Systems in Supermarket Applications, ASHRAE Transactions, 91(1B): 457-468.
- Cohen, B.M. and Slosberg, R.B., 1988. Application of Gas-Fired Desiccant Cooling Systems, ASHRAE Transactions, 94(1): 525-536.
- Harriman, L.G., 1990. The Dehumidification Handbook. 2nd Edition, published by Munters Cargocaire, Amesbury, Massachusetts.
- Harriman, L., 1996. Applications Engineering Manual for Desiccant Systems. American Gas Cooling Center, Arlington, Virginia.
- Manley, D.L., Bowlen, K.L., and Cohen, B.M., 1985. Evaluation of Gas-Fired Desiccant-Based Space-Conditioning for Supermarkets, ASHRAE Transactions 91(1B): 447-456.
- Meckler, M., Heimann, R., Fischer, J., and Mc-Gahey, K., 1995. Desiccant Technology Transfer Workshop Manual. American Gas Cooling Center, Arlington, Virginia.
- Pesaran, A. A., 1989. Testing of Novel Desiccant Materials and Dehumidifier Matrices for Desiccant Cooling Applications, ASHRAE Transactions 89 (21-3): 1109-1115.
- Yılmaz, A., 1997. Desiccant dehumidification systems, MSc. Project, Department of Mechanical Engineering, Ç.U., Adana.
- Yılmaz, A., Büyükalca, O., Yılmaz, T., 1998. Nem Almalı (Desisif) Soğutma Sistemleri, Uluslararası Enerji Teknolojileri ve Tesisat Dergisi , 34, 145-150.