

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



KİMYASAL NEM ALMA YÖNTEMLERİ VE ENDÜSTRİDE KULLANIMLARI

TEZ 400 - LİSANS BİTİRME PROJESİ

Yasin CANBAZ

Bedirhan AKGÜN

Mert IŞIK

HAZİRAN 2021

TRABZON

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KİMYASAL NEM ALMA YÖNTEMLERİ VE ENDÜSTRİDE KULLANIMLARI

TEZ 400 - LİSANS BİTİRME PROJESİ

258465 - Yasin CANBAZ

258509 - Bedirhan AKGÜN

303884 - Mert IŞIK

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Cevdet DEMİRTAŞ

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

HAZİRAN 2021

TRABZON

ÖNSÖZ

Bitirme tezimiz kapsamında; canlıların devamlılığını sürdürebilmesi için mutlaka olması gereken havanın içerisinde bulunan nemi inceleyerek insan sağlığına, bina yapısına, endüstriyel alanlardaki sonuçlarına istinaden literatür araştırılmaları yapılarak nemin belli bir sınırdaki tutulması gereken durumlarda kullanılan nem alma sistemleri incelenmiştir. Nem alma sistemleri incelenirken sistemlerde kullanılması gereken malzemeler, uygulama alanlarına göre sistem türleri, yaygın kullanım alanları gibi bir çok konu üzerinde durulmuştur. Ayrıca yapılan literatür araştırmaları incelenerek özellikle kimyasal ve hibrit nem alma sistemlerindeki kullanım oranındaki artıştan bahsedilmiştir. Bitirme tezimizde belirli bir sistem tasarımı yapılmadığından nem alma sistemlerinin verimliliğinin ve maliyet analizlerinin incelenebilmesi amacıyla literatürden destek alınmıştır ve yapılan çalışmalar üzerinden verimlilik ve maliyet süreçleri yorumlanmıştır. Gün geçtikçe kullanımı yaygınlaşan ve birçok endüstriyel alanda kullanılması gereken ve ürünlerin kalitesinde ve en önemlisi insan sağlığındaki olumlu etkisine dikkat çekilmiştir.

Bitirme tezimiz süresince her türlü desteği sağlayan ve yol gösteren hocamız Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cevdet DEMİRTAŞ'a teşekkürlerimizi sunarız.

Son olarak her zaman yanımızda olan ve desteklerini esirgemeyen ailemize ve arkadaşlarımıza teşekkür ederiz.

Yasin CANBAZ

Bedirhan AKGÜN

Mert IŞIK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE SEMBOLLER	viii
1. GİRİŞ	- 1 -
1.1Nem Alma Yöntemleri.....	- 4 -
1.2Yoğuşma Tipleri	- 4 -
1.3Nemin Etkileri.....	- 5 -
1.2. Hava ve Havanın Özellikleri.....	- 8 -
1.2.1 Kuru Havanın Yapısı	- 8 -
1.2.2. Su Buharı	- 9 -
1.2.3. Nemli Hava	- 9 -
1.3. Psikometrik Diyagramlar	- 10 -
1.3.1. Psikometrik Diyagramlardaki Temel İşlemler.....	- 12 -
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	- 13 -
3. NEM ALICI SİSTEMLER / MALZEMELERİ.....	- 18 -
3.1.Nem Alıcı Sistem Çeşitleri	- 20 -
3.1.1.Sıvı Nem Alıcı Sistemler	- 20 -
3.1.2.Katı Nem Alıcı Sistemler.....	- 20 -
3.2.Nem Alıcı Sistem Dizaynı	- 22 -
4. NEM ALMA SİSTEMLERİ	- 24 -
4.1.Mekanik Nem Alma Sistemleri	- 25 -
4.2.Kimyasal Nem Alma Sistemleri	- 26 -
4.2.1.Sıvı Kimyasal Nem Alma Sistemleri.....	- 27 -
4.2.2.Katı Kimyasal Nem Alma Sistemleri	- 28 -
4.2.3.Hibrit Kimyasal Nem Alma Sistemleri.....	- 29 -
4.2.3.1.Hibrit Kimyasal Nem Alma Sistemlerinin Dizaynı	- 33 -
4.2.4.Kimyasal Nem Alma Sistemlerinin Kontrolü.....	- 34 -
4.2.5.Kimyasal Nem Alma Sistemleri Etkileyen Parametreler	- 35 -
4.2.6.Kimyasal Nem Alma Sistemlerinde Tasarruf.....	- 38 -

5. KİMYASAL NEM ALMA SİSTEM ÖRNEKLERİ	- 43 -
6. KİMYASAL NEM ALMA SİSTEMLERİ UYGULAMA ALANLARI	- 46 -
7. MALİYET ANALİZİ.....	- 57 -
8. SONUÇ	- 61 -
9. KAYNAKÇA	- 62 -

ÖZET

KİMYASAL NEM ALMA YÖNTEMLERİ VE ENDÜSTRİDE KULLANIMLARI

Bu çalışmada öncelikle nem teriminden bahsedilmiştir. Neme bağlı olarak ortaya çıkan problemlerden bahsedilmiştir. Özellikle insan sağlığına direk zarar veren bakteri ve virüs oluşumlarında nemin yeri incelenmiştir. Daha sonra neme bağlı olarak binalarda oluşan sorunlar dikkate alınmıştır. Yaşadığımız evler, sinema salonları, hastaneler vb. birçok insan hayatının içinde olan binalarda nemin oluşturduğu sorunlar değerlendirilmiştir. Nemin oluşma ve kurutulma süreçlerinin doğru şekilde açıklanabilmesi amacıyla hava kavramı açıklanmıştır. Hava kavramının açıklanmasının kolaylığı açısından psikometrik diyagramlar aktarılmış ve görseller ile desteklenmiştir.

Çalışmanın ilerleyen kısımlarında nem alma sistemleri ile kimyasal nem alıcı malzemeler değerlendirilmiştir. Ayrıca mekanik, kimyasal ve hibrit kimyasal nem alma sistemleri açıklanmıştır. Özellikle kimyasal ve hibrit nem alma sistemlerinin endüstriyel alanlardaki kullanımları açıklanmıştır. Endüstriyel alanlardaki kullanımlar detaylandırılarak kimyasal nem alma sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırıldığı alanlar belirtilmiştir.

Çalışmanın sonunda gelindiğinde daha önce tez çalışmalarına konu olmuş ve üzerine araştırmalar yapılmış nem alma sistemlerinin belirli bir uygulama alanındaki kullanımı incelenmiştir. Literatürdeki maliyet analizleri incelenerek, nem alma sistemlerindeki kazanımların maliyet boyutları çalışmada detaylıca belirtilmiştir. Kömür santralinde yapılan nem alma işleminde oluşacak kazanımlar, kömürün nem alma işlemine neden ihtiyaç duyacağı gibi parametreler açıklanmıştır.

Sonuç olarak; çalışmada nemin hayatımızdaki etkileri incelenmiştir. Nemin oluşturduğu olumsuz etkilerinden ortadan kaldırılması için kullanılan nem alma sistemleri açıklanmıştır ve uygulama alanlarından bahsedilmiştir.

Anahtar kelimeler; Nem, hava, nem alma, psikometrik diyagram, kimyasal nem alma, nem alıcı malzeme, maliyet analizi

SUMMARY

CHEMICAL DEHUMIDIFICATION METHODS AND USES IN THE INDUSTRY

In this study, first of all, the term moisture was mentioned. The problems that arise due to humidity are mentioned. In particular, the place of moisture in bacteria and virus formations that directly harm human health has been examined. Then, the problems that occur in the buildings due to humidity are taken into account. The houses we live in, movie theaters, hospitals, etc. The problems caused by humidity in buildings, which are in the lives of many people, were evaluated. In order to explain the formation and drying processes of moisture correctly, the concept of air is explained. For the ease of explaining the concept of weather, psychometric diagrams are included and supported by visuals.

In the following parts of the study, dehumidification systems and chemical dehumidifier materials were evaluated. In addition, mechanical, chemical and hybrid chemical dehumidification systems are explained. In particular, the use of chemical and hybrid dehumidification systems in industrial areas is explained. The uses in industrial areas are detailed and the areas where the use of chemical dehumidification systems are expanded are specified.

At the end of the study, the use of dehumidification systems in a specific application area, which has been the subject of thesis studies and researches on, has been examined. By examining the cost analyzes in the literature, the cost dimensions of the gains in dehumidification systems are detailed in the study. Parameters such as the gains to be made in the dehumidification process in the coal power plant and why the coal will need dehumidification are explained.

As a result; In this study, the effects of humidity in our lives were examined. The dehumidification systems used to eliminate the negative effects of humidity are explained and their application areas are mentioned.

Keywords; Moisture, air, dehumidification, psychometric diagram, chemical dehumidification, desiccant material, cost analysis

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Nem girişinin şematik gösterimi

Şekil 2. Yoğuşma oluşumunun gösterimi

Şekil 3. Korozyon örnekleri

Şekil 4. Nem seviyesine göre akar ilişkisi

Şekil 5. Virüslerin bağıl nem seviyesine göre etkileşimi

Şekil 6. Temiz kuru havanın yapısı

Şekil 7. Normal sıcaklık psikometrik diyagramı

Şekil 8. Düşük sıcaklık psikometrik diyagramı

Şekil 9. Yüksek sıcaklık psikometrik diyagramı

Şekil 10. Temel psikometrik diyagram

Şekil 11. Bazı malzemeler için nem tutma kapasiteleri

Şekil 12. Mekanik nem alma ve kimyasal nem alma sistemleri

Şekil 13. Nem alma sistemi

Şekil 14. Sıvı nem alıcı sistem şeması

Şekil 15. Kimyasal nem alıcı

Şekil 16. Kimyasal nem alıcı tekerlek

Şekil 17. Nem alıcı sistemin psikometrik diyagramda gösterimi (a-proses/ b-rejenerasyon)

Şekil 18. Hibrit kimyasal nem alma sistem şeması

Şekil 19. Rejenerasyon sıcaklığına bağlı nem alma işlemi

Şekil 20. Pasif kimyasal nem alıcı sistemin operasyon şeması

Şekil 21. Kimyasal nem alma sistemlerinde son soğutma görevindeki ısı boruları

Şekil 22. İndirekt evaporatif soğutucunun ısı çekme kapasitesi

Şekil 23. Enerji tekerleği soğutmalı tekrar ısıtmalı sistem

Şekil 24. Çift tekerlekli koruyucu sistem

Şekil 25. Kimyasal nem almalı toplam ısı korumalı sistem

Şekil 26. Çift tekerlek DBC toplam ısı korumalı sistem

Şekil 27. Nem alma-soğutma sistem örneği

Şekil 28 . Temiz oda uygulaması

Şekil 29. Çelik sanayisinde kurutma cihazı kullanım örneği

Şekil 30. Plastik endüstrisinde kullanılan sistemler

Şekil 31. Çay fabrikasında nem alma uygulaması

Şekil 32. Kömürün nem içeriği

Şekil 33. Kömür kurutma modeli sonucunda tasarruf edilen TL

SİMGELER VE SEMBOLLER

ΔH	Hava debisi
ΔF	Yakıt miktarı
$\Delta k\ddot{u}l$	Atılan k\ddot{u}l miktarı
Q	Yakıtla giren enerji miktarı
Q_0	Baca gazlarının toplam enerjisi
ΔP	K\ddot{o}m\dd{u}r fiyatı
ΔM_y	Yakıttan elde edilen kazanç
ΔND	Değirmen g\dd{u}c\dd{u}
ΔNDT	Değirmenin yıllık harcadığı enerji miktarı
ΔM_e	Elektriğinin fiyatı
ΔMD	Değirmenden elde edilen kazanç
ΔNFT	Fanların yıllık harcadığı enerji miktarı
ΔMF	Fanlardan elde edilen kazanç miktarı
ΔM	Toplam kazanç
ΔM_{20}	Toplam kazançların şimdiki değere çekilmesi

1. GİRİŞ

Artan yaşam standartlarıyla beraber mekanlarda insanların iç konfor ihtiyacı da artmaktadır. Bu sebeple gereken iç konforun sağlanmasında, yani ısıtma ve soğutma işleminde, gün geçtikçe daha fazla enerji harcanmakta ve harcanan bu enerji yakın gelecekte tükenmesi beklenen fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Isıtma ve soğutma işlemi günümüzde yaygın olarak konvansiyonel buhar sıkıştırımlı sistemlerle yapılmasına karşın, bu sistemlerin yüksek oranda elektrik enerjisine bağımlı olması, sınırlı nem kontrolü sağlaması ve iç havayı temizlemede yetersiz olması dikkat çekmektedir [1]. Bu durumlar dikkate alındığında sıvı desikant nem alma sistemleri önemi artmıştır ve buna bağlı olarak nem alma sistemleri ile ilgili araştırmalar hız kazanmıştır.

Yüksek bağıl neme sahip AVM, sinema, tiyatro, toplantı salonları vb. yerlerde kullanılan klima sistemlerinde harcanan elektrik enerjisinin büyük bir kısmı insanlardan kaynaklı ortam nemini dışarıya atmak amacıyla kullanılmaktadır [2]. Bu tür nem alma sistemlerinde kimyasal nem alma sistemlerinin kullanılması mekanik nem alma sistemleri ile kıyaslandığında daha az enerjiye ihtiyaç duyulduğu görülmüştür. Örneğin iklimlendirme santrallerinde kimyasal nem alma sistemlerinin kullanılması durumunda nem alma işleminin yani gizli ısıнын burada bertaraf edilmesi, mekanik sistemdeki soğutma yükünün ise sadece duyulu ısıyı çekmek için kullanmasına yol açacaktır. Evaporatör petekleri üzerinden kuru hava geçeceğinden serpantin peteklerinde enerji kaybına neden olan buzlanma ve defrost problemi de yaşanmayacaktır [3].

Nemden olumsuz etkilenen bir diğer süreç ise bina yapılarıdır. Nem belirli bir süreçte bina kullanılabilirliğini yok etmektedir. Bina tasarımı yapan kişilerin özellikle sanayi alanında nemin etkilerini göz ardı etmesi mümkün değildir. Nem;

- Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme (Hvac) ekipmanlarının, kanallarının, kuvvetlendirici barların, çelik konstrüksiyonun metal parçaların elektrokimyasal korozyonuna
- Alçı kaplamaların, tavan seramiklerin, tahta ürünlerin kimyasal bozulmasına; karbonatlama, alkali birleşme gibi kimyasal bozulma aşamalarına
- Beton, taş, duvarda donma çözülme bozulmasına
- Bina parçalarının neme bağlı renk değişimine
- Hacim değişimine bağlı görünüm, çatlama ve yapısal sorunlara

- Biyolojik formların büyümesine (bitki, küf) neden olmaktadır [4].

Nemle ilgili bir sorunun oluşması dört ana şartın aynı anda sağlanması gerekmektedir. Bunlar;

- Bir nem kaynağı olmalıdır.
- Bu nem bir şekilde bir yol kullanarak hareket etmelidir.
- Bu nemi hareket ettirecek bir kuvvet mekanizması olmalıdır.
- Kullanılan bina malzemesi nem hasarına karşı hassas olmalıdır [4].

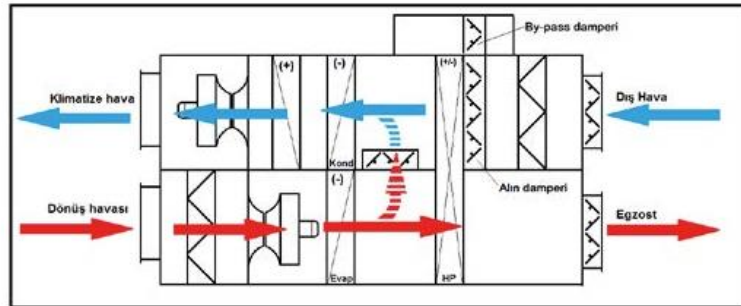
Nemden kaynaklanan problemleri ortadan kaldırmak amacıyla belirtilen maddelerden birini çözmek yeterli olacaktır. Neme dayanıklı bina yapıları maliyeti artıracığından dolayı kullanışlı görülmemektedir. Bu sebeple sayılan maddelerden birinin etkisini azaltmak süreci rahatlatacaktır. Eğer ıslanma ve kuruma arasında bir denge sağlanırsa, nem zamanla parça etrafında toplanmayacak ve sorun oluşmayacaktır.

Bir çok nem kontrol stratejisi, ıslanma miktarını azaltmayı hedeflemektedir. Örneğin; binanın sıklığını arttırmak, binanın çevresinin nem difüzyon direncini arttırmak, yağmur suyu girişini azaltmak ıslanma miktarını direkt etkilemektedir.

Yaklaşık olarak binalarda dört ana nem kaynağı vardır. Bunlar;

- Sıvı su; yağmur suyu veya bina tesisatından kaynaklanan kaçaklar.
- Su buharı; dışarıdan, bina içindeki aktivitelerden ve proseslerden kaynaklanan.
- Toprağa bitişik binalarda sıvı ve buhar şeklinde su girişi.
- İnsanlardan ve eşyalardan kaynaklı nem [4].

Binaların içinde oturan insanlar veya binaların kullanım amacına bağlı olarak su buharı oluşmaktadır. Aynı zamanda toprak neme sebep olan bir diğer husustur. Su seviyesi yüksek olan toprak çeşitlerinde su binanın çatlaklarından girmeye çalışır ve bu süreçte binalara zarar vermektedir.



Şekil 1. Nem girişinin şematik gösterimi

Nem değişik sistemler kullanarak bina içine girmektedir. Şekil 1 'de binaya nem girişi Şematik olarak gsterilmiŐtir. Nem taşıma sistemleri;

- Gzenekli yapılardan buhar difüzyonu
- Buhar konveksiyonu (hava hareketleri)
- Gzenekli yapılardan sıvı su kılcal hareketleri
- Yerçekimi yardımıyla sıvı su hareketleri (atlaklardan, açıklıklardan)

Buhar difüzyonunda su buharı yoğunluğun yüksek olduğu alandan dűşük yoğunluğa doğru akmaktadır. Difüzyonda buhar hava yoluyla gzenekli yapılardan geçmektedir. Ayrıca her malzemeden su buharı geçmemektedir örneğin elik, cam ve bazı plastik malzemelerden. Su buharı bina i ceperlerine ulaŐmasında etkin olmasına bağlı olarak su buharı bariyerleri kullanılmalıdır. Ayrıca bariyerlerin duvarın hangi kısmına koyulması gerektiğine binanın bulunacağı iklime göre karar verilmesi gerekmektedir [5].

Su buharı konveksiyonu, su buharını kanallarla taŐıyarak mekana vermesi bakımından önemli bir taşıma sistemidir. Difüzyona göre az hava akımıyla büyük oranda su buharı mekana taŐınabilmektedir.

Kılcal emme sırasında sıvı nem yavaşça ama sürekli olarak hareket etmektedir. Deliklerin küçük olması kılcal emmenin çok daha yüksek olmasına sebep olur. Ancak bu hareketler büyük delikli binalardaki nem geçiŐine göre oldukça yavaştır.

Yerçekimine bağlı olarak yaŐanan su buharı akıŐı en kuvvetli mekanizmadır. Yüksek miktarlardaki su açıklıklardan, çatlaklardan ve borulardan yerçekiminin etkisiyle geçebilmektedir. Yerçekimine bağlı akıŐta delikler büyük olmalıdır. Yerçekimi, yağmur suyunu yalıtımı dűşük olan duvarlardan, pencerelerden ve topraktaki suyu duvarlardaki çatlaklardan girmeye zorlamaktadır. Genel olarak bu durumun sonucunda hasar yüksek olmaktadır.

Süreç içerisinde nemin hareket mekanizmalarını engellemek çözüm değildir. Kaynağın gücünü azaltmak, nem mekanizmalarını kontrol etmek ve yönlendirmek en iyi yöntemlerdendir. En iyi yöntemlerden biri hava akımının akış yönünü deęiŐtirmektir. Pozitif veya negatif hava basıncı oluşturularak elde edilebilir. Soğuk iklimlerde nemli havanın i yüzeylere girmesini engellemek amacıyla pozitif veya nötr; sıcak iklimlerde ise nötr veya negatif hava basıncı oluŐturulması gerekmektedir [6].

Etkin bir kullanım alanı olmasa da bir diğere uygulanan yöntem de soğuk iklimlerde iç sıcak havanın soğuk dış hava ile yer değıştirmesidir. Dışarıdan gelen soğuk hava ısıtılarak bağıl nemi düşürülür [7].

1.1 Nem Alma Yöntemleri

Nem alma yöntemleri üçe ayrılmaktadır. Bunlar; basınçla, soğutma ve emme yöntemleri olarak ayrılmaktadır.

Havanın Basınçlandırılması: Havanın nem oranı azaltmak için yüksek basınç ile doymuşluk şartı sağlanacak. Böylece suyun yoğuşma sıcaklığı düşecek havadaki nem sıvı hale geçecektir. Sıvı haldeki nemin yakalanması su tuzakları ve soğutucular ile sağlanacaktır. Ancak yöntem kullanışlı değildir.

Sıvı Emiciler: Sıvı emici spreylere hava geçirilir. Nem alıcılar, nemi alınmaya çalışılan havadan daha az buhar basıncına sahiptirler. Oluşan basınç farkının etkisiyle nem hava akımından çekilir ve daha sonra ısı ile birlikte emici sıvı tekrardan eski haline döndürülür.

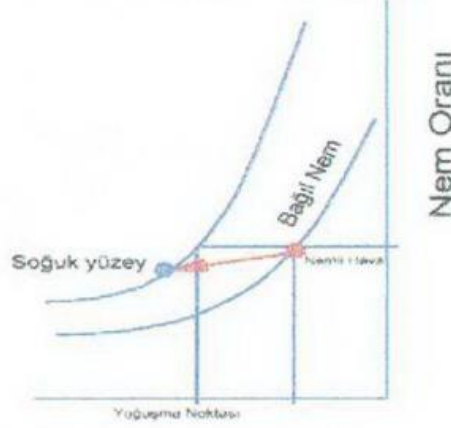
Katı Emiciler: Katı emme yönteminde granül yataklar veya sabit katı nem alıcı yapılardan faydalanılmaktadır. Otomatik makinalarda hava geçirilerek nem alınmaktadır. Sıvı emiciler ile benzer olarak bu yöntemde de ısı ile birlikte katı nem alıcı canlandırılır.

Yoğuşturma Esaslı Soğutma: Bu tip sistemlerde hava yoğuşma sıcaklığının altına kadar soğutulur. Böylece soğutucu panelin üzerine gelen su taneleri havadan atılmaktadır. Bu yöntemde, hava buharlaştırıcıdan geçerken soğutulur daha sonra yoğuşturucudan ayrıca gerekirse son ısıtıcıdan geçirilerek istenilen sıcaklığa getirilir. Havanın bağıl nemi bu şekilde düşürülmektedir. Bu sistem havanın ılımlı ve basıncın yüksek olduğu ortamlarda avantaj sağlamaktadır.

1.2 Yoğuşma Tipleri

Yüzey Yoğuşması: Nem atılabileceğinden fazla üretilirse yoğuşma olana kadar bağıl nem yükselmektedir. Yoğuşma sıcaklığı doyma sıcaklığının altına düştüğü durumda yüzeyde yoğuşma oluşmaktadır. Yüzeyde oluşan yoğuşma dış duvar ve iç duvarın sıcaklığına, iç duvar, dış duvar ve duvara ait termal dirence bağlıdır. Sıcaklık düştükçe havada tutunabilecek nem miktarı düşmektedir. Nem tutma kapasitesi kaybedildiğinde yoğuşma meydana gelmektedir.

Gizli Yoğuşma: Genellikle dış duvarların, taban kısmının ve çatının içinde görölmektedir. Ilık nemli hava, çatlaklardan malzemenin iç düzeyine girmektedir. Ve malzemenin soğuk yüzeyinde yoğuşmaktadır. Rutubete ve küf kokusuna sebep olmaktadır.

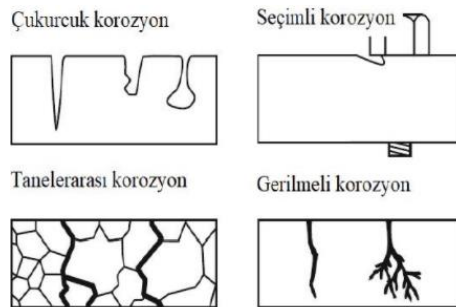


Şekil 2. Yoğuşma oluşumunun gösterimi

1.3 Nemin Etkileri

Korozyon

Açık bir havada yüksek voltajlı bir alandan düşük voltajlı bir alana akım aktığı durumda metal korozyona uğramaktadır. Eğer akımı taşıyan iletken bir katman bulunuyorsa korozyona daha hızlı ulaşmaktadır. Su iyi bir iletken maddedir. Tuz asidi gibi iyi bir iletkenler karıştığında elektrik direnci azalmaktadır. Bu sebeple akım daha yüksek korozyona sebep olmaktadır. Havadaki su molekülleri metal yüzeyin üzerinden akmaktadır ancak yüksek momentuma sahipse yüzeyden sıçrayabilir, soğuk yüzeye çarptığında ise yüzeye yapışmaktadır. Yüzeyin üzerinde hava doymuş noktaya ulaşınca daha fazla su molekülü yüzeye yapışmaktadır. Suyun yüzeyde artmasına bağlı olarak elektrolit tabaka oluşacaktır ve buna bağlı olarak korozyon artacaktır.



Şekil 3. Korozyon örnekleri

Elektrostatik

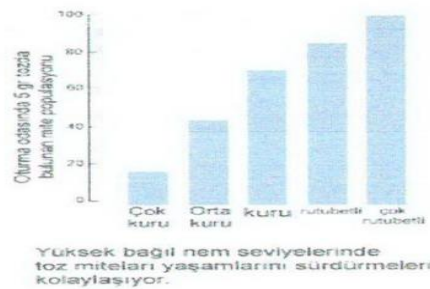
Fiber ile yüzeylerin elektrik direncinin bağıl nem oranı ile ciddi bir etkileşim içerisinde olduğu bilinmektedir. Yüzeyde su molekülleri toplanmaya başladıkça elektrik direnci düşük olan bir yol oluşmaktadır. Ayrıca bağıl nem yükseldikçe yüzeye daha çok nem bağlanmaktadır. Buna bağlı olarak elektrik direnci düşmektedir. Depolanan elektrik şarjı az olmasına rağmen voltaj yüksektir ve bu durum tehlike oluşturmaktadır. Özellikle hastane gibi oksijen bakımından zenginleştirilmiş gazların bulunduğu binalarda voltajı düşük tutmak önem arz etmektedir. Nemi %40'ın altında tutmak çoğu zaman bir çözüm yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Küf

Dünya üzerinde 64.000 türü olduğu bilinen mantarlar yaşam döngüsü içerisindeki en önemli canlılardan biridir. Mantarların büyümesi için uygun sıcaklık, besin ve nem gereklidir. Bu süreçteki en önemli gereksinim nemdir. Nemsiz mantarlar besinlerini yeterince kullanamamaktadırlar. Besin metabolize edildikçe nem açığa çıkmaktadır ve bu açığa çıkan nem diğer besinlerin metabolize edilmesinde kullanılmaktadır. Önemli olan besinin bulunduğu ortamdaki bağıl nemdir. Nem ve sıcaklığın yüksek derecelerde olmasına bağlı olarak mantar üremesi başladığında sıcaklık veya nem düşürülse de üreme süreci durmamaktadır. Uygun ortamlarda küf oluşma hızı oldukça yüksektir.

Akarlar

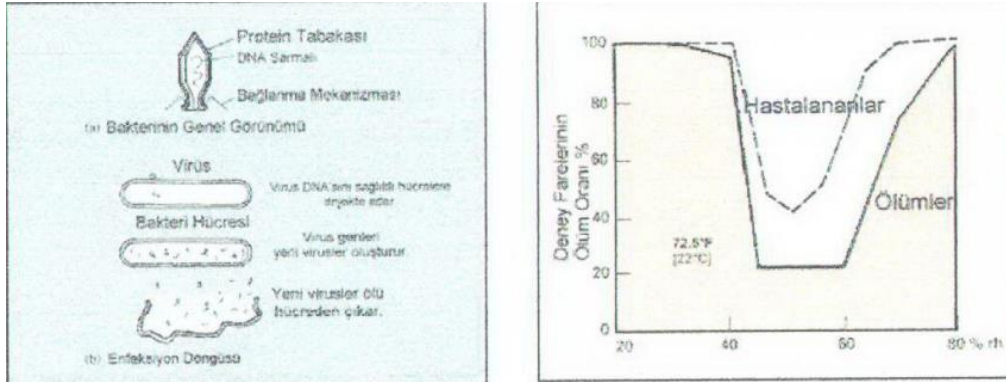
Alerjik reaksiyonlara sebep olan mantarın uygun yiyeceği bulunduğu bir diğer ortam akarlardır. Nemin azaltılmasıyla birlikte binalardaki akar sayıları da azaltılmaktadır. Genel olarak böceklerin %50'si sudur ve nemin azaltıldığı ortamlarda canlılar aktiflik özelliklerini kaybetmektedirler. Besin sentezleme süreci göz önüne alındığında ılıman ve nemli ortamlar bu böcekler için ideal ortamlardır.



Şekil 4. Nem seviyesine göre akar ilişkisi

Bakteriler ve Virüsler

Bakteri ve virüs yapılarının hayatta kalabilmeleri için en önemli unsurların bağıl nem, sıcaklık, ışık, dış ortamdaki gaz yapısı olduğu yapılan araştırmalar sonucunda kabul edilmiştir. Düşük nem oranı burundaki salgıları kurutarak çatlaklar oluşmasına sebep olur ve buna bağlı olarak organizmalar bu çatlaklardan vücuda giriş yaparak enfeksiyona sebep olmaktadır. Ancak yüksek nem daha önce bahsedildiği gibi küf gibi diğer organizmaların artmasına sebep olur ve bu durumda yine insan vücudunun bağışıklığını zayıflatmaktadır. Dolayısıyla en etkin yol bağıl nemin orta seviyelerde tutularak organizmaların yaşam döngülerini kısa tutmaktır. Aynı zamanda binaların bulunduğu yerlerdeki iklim koşulları göz önüne alınmalıdır. Örneğin kuru iklimlerde bazı bakterilerin etkinlikler artmaktadır bu nedenle bu iklimlerde nemin artırılması gerekmektedir. Küf ve yoğuşmanın olduğu yerlerde ise nemin azaltılması gerekmektedir.



Şekil 5. Virüslerin bağıl nem seviyesine göre etkileşimi

1.2. Hava ve Havanın Özellikleri

Nem süreçlerinin doğru şekilde irdelenmesi ve nemin oluşturduğu problemlerin doğru şekilde engellenebilmesi amacıyla havanın özelliklerinin doğru şekilde bilinmesi gerekmektedir. Öncelikle hava; Dünya'yı çevreleyen azot ve oksijen gibi gazlardan oluşan renksiz ve kokusuz gaz kütesidir. Ancak tüm canlılar yaşamlarını sürdürebilmek için havaya ihtiyaç duymaktadırlar.

Aynı zamanda atmosferde yer alan hava Dünyamızı aşırı soğumadan veya ısınmadan koruyan bir yalıtım katmanıdır. İçerisinde bulunan ozon gazı ile canlıları Güneş ışınlarının zararlı etkilerinden korumaktadır.

Hava normalde hafif bir madde gibi gözükmektedir. Havanın Dünya yüzeyine doğru çekilmesine hava basıncı denilmektedir. Deniz seviyesinde yüksek hava basıncı hissedilir çünkü tüm atmosferin ağırlığı etki etmektedir. Fakat yerden yükseklere çıkınca havanın size uyguladığı basınç düşecektir.

Atmosfer azot, oksijen, küçük miktarlarda başka gazlar, su buharı ve duman, polenler, ve havayı kirleten atık gazlardan oluşmaktadır. Bu karışım bazı kitaplarda "atmosferik hava" veya "nemli hava" olarak adlandırılmaktadır.

1.2.1 Kuru Havanın Yapısı

Birinci komponent olan kuru hava hacimsel olarak %78 Azot, %21 Oksijen, %1 Argon, küçük ve değişik oranlarda asgari sekiz ayrı gazın oluşumundan oluşmaktadır [8].

Gazın Adı	Kimyasal Formülü	Hacimsal yüzdesi (%)	Moleküler ağırlığı ⁽¹⁾
Azot	N ₂	78.084	28.0134
Oksijen	O ₂	20.9476	31.9988
Argon	Ar	0.934	39.934
Karbon Dioksit	CO ₂	0.0314	44.00995
Neon	Ne	0.001818	20.183
Helyum	He	0.000524	4.0026
Kripton	Kr	0.000114	83.80
Ksenon	Xe	0.000087	131.30
Hidrojen	H ₂	0.00005	2.01594
Metan	CH ₄	0.00015	16.04303
Nitrus Oksit	N ₂ O	0.00005	44.0128
Ozon ⁽²⁾	O ₃	0 ila 0.000007	47.9982
Kükürt Dioksit	SO ₂	0 ila 0.0001	64.0828
Azot Dioksit	NO ₂	0 ila 0.000002	46.0055
Amonyak	NH ₃	0 civarı	17.03061
Karbon Monoksit	CO	0 civarı	28.01055
İyot	I ₂	0 ila 0.000001	253.8088
Radon	Rn	6 x 10 ⁻¹³	

(1) : Karbon-12 izotop skalasına bağlı olarak (C12=12)
(2) : Deniz seviyesinden 30 ila 40 km yükseklikte

Ref. Psychrometrics-Theory and Practice, ASHRAE, 1996

Şekil 6. Temiz kuru havanın yapısı

Şekil 6'daki tabloda verilen gazların tamamı kendi kritik sıcaklıklarının çok üstündedirler. Bu gazların normal atmosferik şartlarda -100°C ortam sıcaklığının üstünde yoğunlaşmaları, havayı oluşturan karışımdan ayrılmaları , dolayısıyla havanın oluşumunda bir değişiklik olması söz konusu değildir. Bu nedenle kuru hava tek bir gaz gibi mütalaa edilebilir, psikrometrik proseslere ve psikrometrik tablonun oluşumuna yönelik hesaplara esas alınabilir.

1.2.2. Su Buharı

Psikrometriyi tam olarak anlayabilmek için H_2O olarak ifade edilen suyun katı, sıvı ve gaz halindeki özelliklerini bütünüyle bilmek gerekir. Birçok madde de olduğu gibi su da üç fazda bulunmaktadır: katı (buz), sıvı (su) ve gaz (buhar veya su buharı). Suyun en büyük özelliği bu her üç fazın da günlük yaşamımızda görülebilmesi ve izlenebilmesidir. Normal atmosferik şartlarda (STP, Deniz seviyesi, 101.325 Pa basınç) hava içinde bulunabilen maksimum su buharı kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak değişiklikler gösterir. Sıcaklık düştükçe hava içinde bulunabilecek su buharı miktarı azalmaktadır. Bunu da yukarıda bardak örneğinde gördüğümüz gibi satıh yoğunlaşması ile kendini belli etmektedir. Atmosferik olaylarda ise bu durum kendini yağmur ve kar yağışı olarak belli etmektedir [8].

1.2.3. Nemli Hava

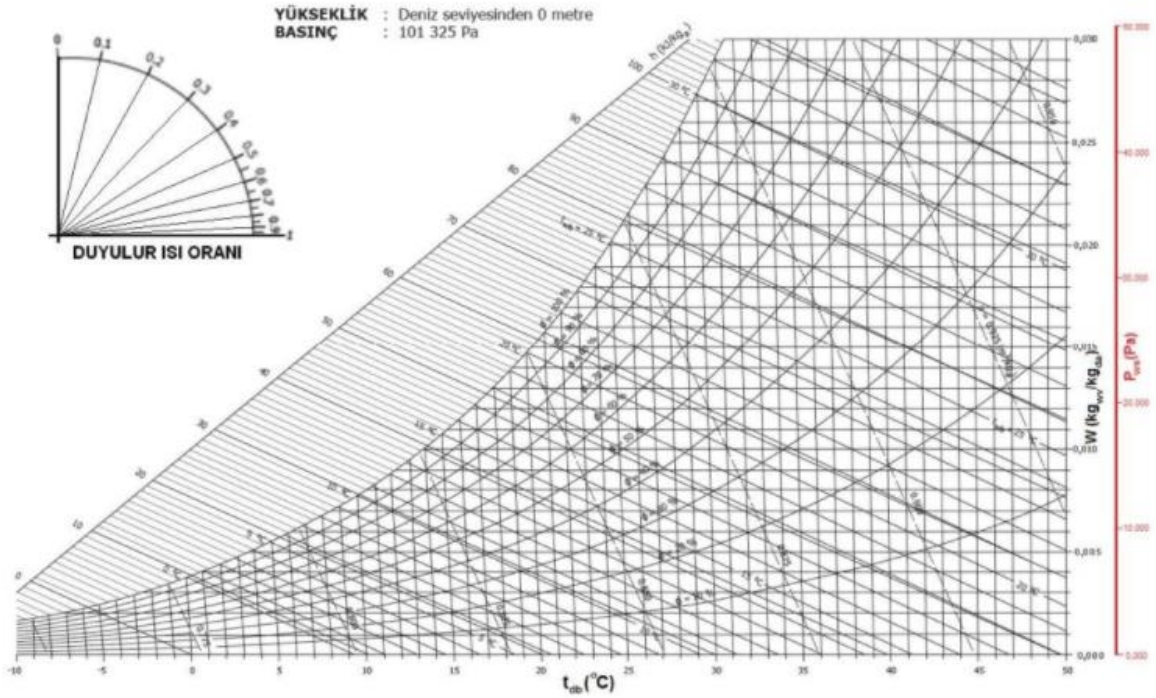
Nemli hava su buharı ile kuru havanın ikili karışımından oluşur. Kuru havanın homojene yakın karışımına karşılık su buharı ve kuru havanın karışımından oluşan hava homojen değildir. Sıcaklık ve irtifaya göre farklılıklar gösterir. Örnek olarak -40°C 'tan daha düşük sıcaklıklarda hava içindeki su buharı oranı sifıra yakındır. Sıcaklık ve basınca bağlı olarak çok yüksek değerlere ulaşabilir. Saturasyon veya doyma noktası gaz durumundaki su (buhar) ile yoğunlaşarak sıvıya dönüşmüş sıvı (su) arasındaki dengedir [8]. Su buharı ile kuru hava atmosferde aynı hacmi paylaşmaktadır. İkisinin kısmi basınçlarının toplamı da atmosferik basıncı oluşturmaktadır. Doyma noktası da belirli bir basınç ve sıcaklıkta birim atmosferik hacim içinde bulunabilecek maksimum su buharı molekülü miktarını ifade etmektedir. Bu tabir de " $\text{gr}_{\text{su buharı}}/\text{kg}_{\text{kuru hava}}$ " veya " $\text{kg}_{\text{su buharı}}/\text{kg}_{\text{kuru hava}}$ " olarak gösterilmektedir.

1.3. Psikometrik Diyagramlar

İlki 1904 yılında Willis Carrier tarafından yapılan ve günümüze kadar, araştırmalar neticesi devamlı gelişme gösteren Psikrometrik Diyagramlar nemli havanın termodinamik özelliklerinin yansıtıldığı tablolardır. Ancak bu tablolarda entropi ve buhar basıncı gösterilmez [8]. Kuru havanın özgül hacmi artmakta, kuru termometre sıcaklıklarının doyma noktalarındaki mutlak nem oranları da keza artmaktadır. Bunların yanı sıra özgül entalpilerde de farklılıklar meydana gelmektedir. Buradan da klima proseslerinin en doğru ve/veya irtifa açısından en yakın psikrometrik diyagramlara işlenmesi, örneğin ısıtma-soğutma yükleri, nemlendirme miktarı, nem alma işlemi için gereken soğutma yüklerinin bu diyagramlarda belirlenmesi şarttır. Aksi halde diyagram üzerinden yapılacak hesaplamalar belirli hata oranlarına sahip olacaktır [8].

a. Normal Sıcaklık Psikometrik Diyagramı

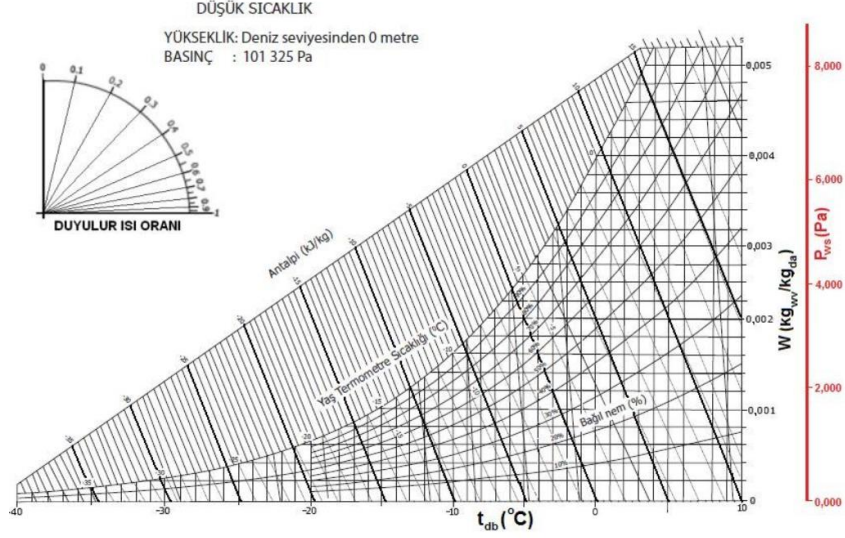
-10°C ila +50°C arasındaki sıcaklıklara hitap eden psikrometrik diyagramdır. Dış hava sıcaklığı 0°C'in altında olan yerlerde de ısıtma yüklerini diyagram üzerinde belirlemek mümkün olmaktadır. Ayrıca bu diyagramda buhar basınçları da kırmızı bir koordinat ile gösterilmektedir.



Şekil 7. Normal sıcaklık psikometrik diyagramı

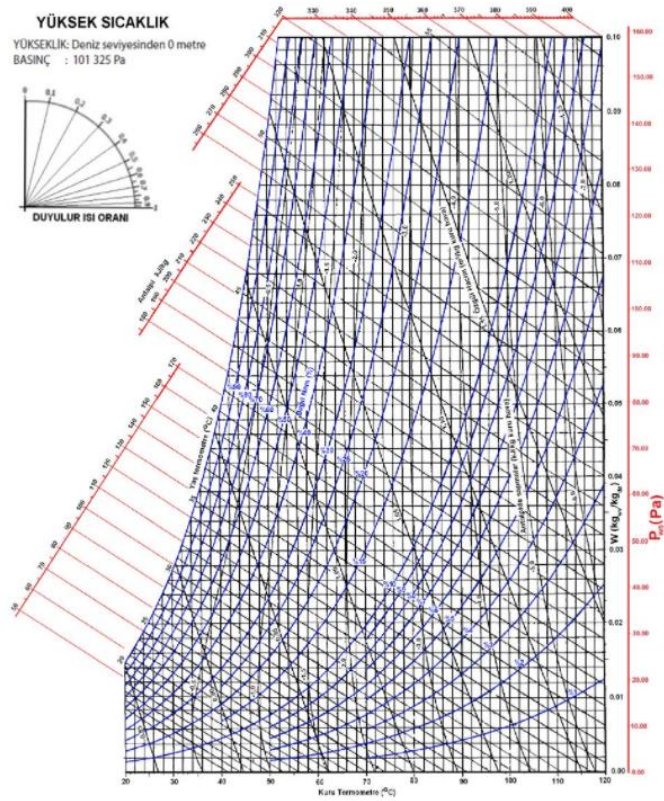
b. Düşük Sıcaklık Psikometrik Diyagramı

-40 ile +10 derece sıcaklıklara hitap eden psikometrik diyagramdır.



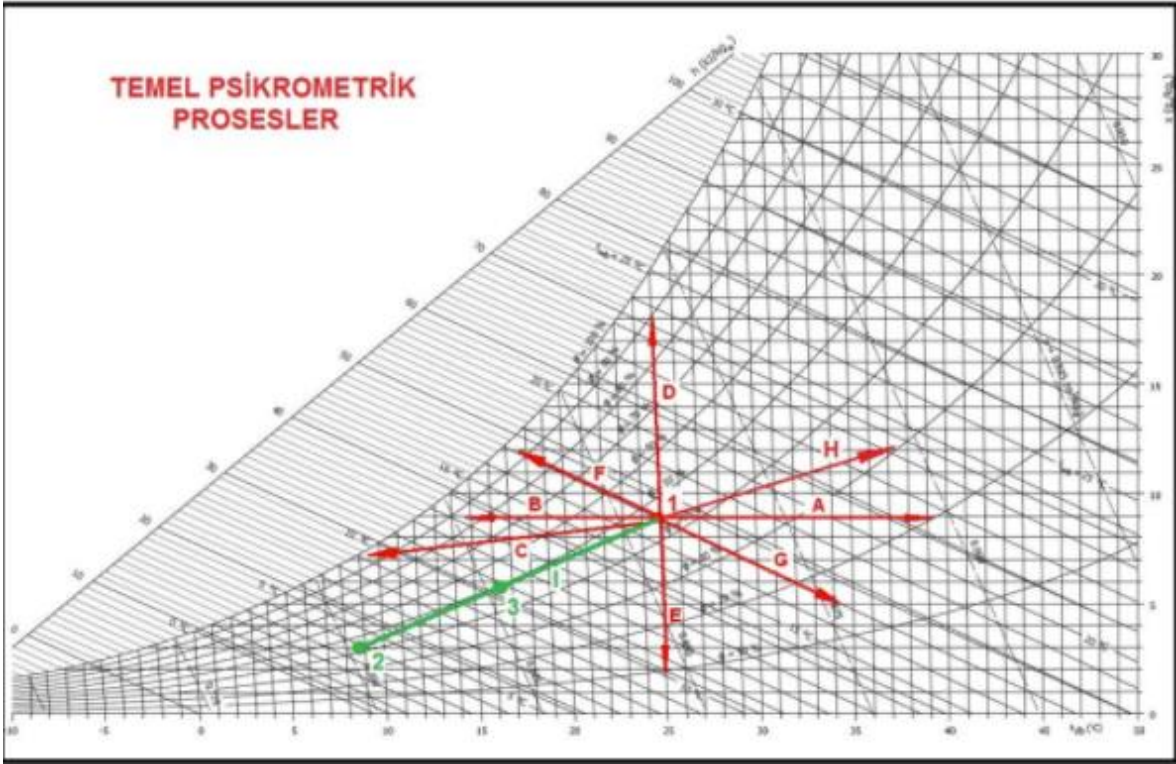
Şekil 8. Düşük sıcaklık psikometrik diyagramı

c. Yüksek Sıcaklık Psikometrik Diyagramı



Şekil 9. Yüksek sıcaklık psikometrik diyagramı

1.3.1. Psikometrik Diyagramlardaki Temel İşlemler



Şekil 10. Temel psikometrik diyagram

Temel psikrometrik prosesler yukarıdaki psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmektedir. Şekil 9 üzerinden açıklanması gerekirse [8];

- **Değişik şartlardaki iki hava kütleinin karışımı**
- **Havanın ısıtılması**
 - Havanın duyulur ısıtılması (A)
 - Havanın ısıtılması ve nemlendirilmesi (H)
- **Havanın soğutulması**
 - Havanın duyulur soğutulması (B)
 - Havanın soğutulması ve neminin azaltılması (C)
- **Havanın nemlendirilmesi veya neminin azaltılması**
 - Havanın izotermik olarak nemlendirilmesi (D)
 - Havanın neminin izotermik olarak azaltılması (E)
 - Havanın yıkanması (adyabatik soğutma) (F)
 - Havanın neminin adyabatik olarak azaltılması (G)

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, nem yapısı, nemin günümüz etkileri, bina yapılarında dikkat edilmesi gereken hususlar, nem alıcı sistemler, nem alma süreçleri, sanayi süreçlerinde nem faktörleri ile ilgili çalışmalar incelenmiştir.

Betül Saraç [9], çalışmasında Doğu Karadeniz’de (Rize) mevcut çay endüstrilerindeki atık ısıların veya değişik şekillerdeki enerjinin bu tip soğutma sistemlerinde kullanılmasıyla yaz aylarında ortam ve yaşam mahallerinin iklimlendirmesinde kullanılmasının, termodinamik kullanılabilirliğinin alt ve üst limitlerini belirleyerek çay fabrikalarından atılan atık havaların doğrudan rejenerasyon havası olarak kullanılması dış havanın neminin konfor şartlarına getirilmesine büyük katkı sağladığı görülmüştür.

Salih Çoşkun [10], çalışmasında basit nem alıcı ısı pompası destekli çapraz akımlı bir sürekli kurutma sistemini, ısı pompası ve sürekli kurutucu ünitesi olmak üzere iki kısımda incelemiştir. Her iki üniteyi oluşturan elamanların matematik modellerini oluşturduktan sonra elde edilen nonlinear denklemler, yine her iki ünite için ayrı ayrı tubı pascal programlama dili kullanılarak hazırlanan bir program vasıtasıyla çözmüştür. Sürekli kurutucu ünitesinin çıkış şartları, ısı pompası ünitesinin giriş şartları olarak kabul ederek, tüm sistemin simülasyonu gerçekleştirmiştir. Sistemin her noktasındaki değişkenler (sıcaklıklar, debiler, nem değerleri vs.) ve bu değişkenlere bağlı olarak sistemin performansını incelemiş, sonuçları literatürde mevcut deneysel ve sayısal sonuçlarla karşılaştırmıştır.

Kamil Neyfel Çerçi ve arkadaşları [11], çalışmalarında Jurinak’ın modelini baz alarak, düşük hava ihtiyacının olduğu uygulamalarda, farklı çalışma şartları altında kullanılacak katı nem alıcı bir rotor için bir model geliştirerek elde edilen sonuçlar ile üretici verileri kıyaslamışlardır ve modelin kullanılabilirliğini test etmişlerdir. Çalışma sonunda, geliştirilen model ile elde edilen sonuçların, üretici verileri ile iyi bir uyum içinde olduğu ve modelin farklı çalışma şartları için kullanımının uygun olduğunu görmüşlerdir.

Ahmet Kürklü ve arkadaşları [12], çalışmalarında seralarda kullanılan otomasyon sistemleri, iklim ve sulama-gübreleme sistemleri şeklinde genel olarak incelemiş, ülkemizdeki seraların teknolojik seviyelerinin ve üreticinin konfor seviyesinin yükseltilmesine katkı sağlayabilecek laboratuvar bazlı bir iklim kontrol çalışmasının sonuçlarını vermişlerdir. Sıcaklık, nem, ışık, rüzgâr, yağmur gibi bitki yetiştiriciliğinde önemli parametrelerin kontrolü ve tehlike sınırlarında uyarı amaçlı geri beslemeli bir otomasyon sistemi laboratuvar ortamında bir sera maketi üzerinde yaparak ve denemişlerdir. Sera maketi üzerine bağlı sıcaklık, nem, rüzgar, yağmur ve ışık algılayıcılarından alınan analog sinyaller bir ADC (analogue to digital convertor) katı kullanılarak sayısal sinyallere dönüştürülmesini sağlamışlardır. Bu sayısal sinyaller aynı zamanda bir gösterge vasıtasıyla görüntüleyebilmektedirler. Aynı zamanda seranın kontrolü daha önceden girilen ayar değerlerine göre otomatik olarak sağlanabildiği gibi bir bilgisayar tarafından da izlenebilmesini sağlamışlardır.

Ali Güngör ve arkadaşları [13], çalışmalarında nemli ve kurutulmuş malzemenin fiziksel özellikleri, kurutma işleminin başlangıcında içerdikleri nem yüzdesi, uzaklaştırılacak nem miktarı, nemin tipi (bağlı, bağısız veya her ikisi), kurutma sıcaklığını, saatte işlenecek malzeme miktarını, uygulanacak işlemin sürekli veya kesikli olması durumlarını, geri kazanım sorunları gibi özellikleri dikkate alarak değişik kurutucu tipleri geliştirmişlerdir.

E. Hürdoğan ve arkadaşları [14], çalışmalarında insanların buldukları binalar için en iyi ısı konforu isteği üzerinden yola çıkarak iklimlendirme ve ısıtma-soğutma sistemleri ile ilgili analiz çalışmaları yapmışlardır. Psikometrik özellikleri dikkate alınarak teorik bir model oluşturularak sistemin durumları için hesaplanmıştır.

Hürdoğan Ertaç ve arkadaşları [15], çalışmalarında gıda kurutma süreçlerini inceleyerek nem alma sistemleri kullanımına uygun sistem geliştirmişlerdir. Düşük sıcaklıkta gıda kurutması uygulamalarında uzun kurutma zamanlarını kısaltmak için kurutulacak ürün üzerine mümkün olduğunca kuru hava göndermek gerekmektedir. Düşük sıcaklıkta kuru halde hava elde etmek ise hava içerisindeki nemin kurutma havasından uzaklaştırılması ile mümkün olmaktadır. Kurutma havasından nem alınabilmesi için nemli hava çığ noktası sıcaklığı altına kadar soğutulmaktadır ve havanın taşıdığı nemin yoğuşması sağlanmaktadır. Hava kurutmanın diğer bir yolu ise havanın nemini almak için nem alıcı (desikant) kimyasallar kullanılmasıdır.

Barış Kavasogulları ve arkadaşları [16], çalışmalarında mekanik nem alma sistemlerinin yerine kullanılabilir, nem alma ve rejenerasyon kolonlarında, daha önce kullanılmamış, polikarbonat dolgu malzemesi kullanılan bir açık sıvı nem alma sistemi deneysel olarak incelemişlerdir. Sıvı kurutucu (nem alıcı) olarak kütlece %45'lik LiBr-su (lityum bromür-su) çözeltisi kullanılan sistemde dolgu malzemeleri, 10 mm kalınlıklarındaki polikarbonat levhaların 30°, 45° ve 60° kanal açısı oluşturacak şekilde kesilmesiyle oluşturmuşlardır. Kanal açılarının, hava hızının ve sıvı kurutucu debisinin sistemin nem alma verimine, elektriksel ve ısı performans katsayısına etkisi incelenmiştir.

İrfan Uçkan ve arkadaşları [17], çalışmalarında nem almalı bir soğutma sisteminin termodinamik analizini yapmışlardır. Bir soğutma makinesinin teorik olarak ulaşabileceği en yüksek etkinlik değeri Carnot COP değeri olarak bilinmektedir. Bu analizde Carnot COP değeri ve sistemin ikinci yasa verimini hesaplamışlardır. Dış hava sıcaklığı ve bağıl nem değerlerinin sistemin gerçek COP değeri, Carnot COP değeri, soğutma kapasitesi ve ikinci yasa verimlerine etkisini incelenmiştir. Carnot COP değerinin yapılan hesaplamalarda en düşük 4.56 olduğu ve dış hava sıcaklığının artmasına bağlı olarak azaldığı görülmüştür.

Sami Yılmaz ve arkadaşları [18], çalışmalarında bir ofis binası için değişken hava debili iklimlendirme sisteminin modellenmesi simülasyonunu ve kontrolünü yapmışlardır. Yapılan modelde göz önüne alınan ofis binasını oluşturan tüm zonlar, soğutucu ve nem alıcı serpantin, soğutma ünitesi, fan ve kanallar için bünye denklemleri çıkarılarak alt modeller oluşturulmuş ve değişken havalı iklimlendirme sisteminin tüm modelini elde etmişlerdir. Modellerin bilgisayar ortamına aktarılmasında, Matlab\Simulink programlama dili kullanılmıştır. Matlab\Simulink program dilinde modellere ve kontrol sistemine ait blok diyagramlar oluşturularak bir bilgisayar programı hazırlayarak, oluşturulan blok diyagramları birbirleri ile ilişkilendirilerek tüm sistem modelinin bilgisayara aktarımı gerçekleştirmişlerdir. Sistemin zamana bağlı anlık çözümleri, her zonun ve modelde göz önüne alınan her iklimlendirme sistemi cihazının giriş ve çıkış değerlerinin, belirlenen konfor şartlarına göre kontrolü göz önüne alınarak elde edilmiştir. Simülasyon sonucunda sistemde, her noktada ve her zaman adımında sıcaklık, nem değerleri, enerji miktarları, hava ve su debileri ve zonalardaki konfor şartlarının sağlanması için gerekli damper açıklık oranlarını bularak elde edilen sonuçları grafikler halinde sunmuşlardır.

Öner Atalay [19], çalışmasında ısı pompası, güneş enerjisi destekli sistem ve doğal kurutma yöntemleriyle domatesleri, kuruma zamanı, ürün geometrisi, enerji tüketimleri ve fiziksel görünüm bakımından deneysel olarak incelemiştir. Domatesleri kurutmadan önce dörtte bir ve yarım olmak üzere dilimlemiştir. Kurutma deneylerinde 2 m/s ortalama kurutma havası hızında ısı pompalı nem alma ve güneş enerjisi destekli sistem yanında ayrıca doğal olarak kurutma yapmıştır. Yapılan çalışmada aynı sıcaklıktaki kurutma havası ile yapılan kurutmada hava hızının artmasıyla kurutma performansının arttığını fark etmiştir. Ayrıca en yüksek Nem Alma Oranı (MER) 0,237 kgw/h ile dörtte bir domateslerin ısı pompalı sistemde kurutulmasında, en düşük 0,125 kgw/h ile dörtte bir domateslerin doğal olarak kurutulmasında elde edilmiştir. Ayrıca ısı transferi ile kütle transferi arasındaki deneysel ilişki incelenmiş, hava hızının artmasıyla hem teorik hem de deneysel olarak bulunan Sherwood boyutsuz sayısının arttığı görülmüştür. Isı pompalı sistem diğer kurutma yöntemlerine göre hızlı kurutma, çevresel etkilerden en az etkilenme (yağmur, toz, böcek) ve çevresel şartlara en az bağlı olması gibi yüksek avantajlara sahip olduğu bilgisini sunmuştur.

Ertuğrul Cihan [20], çalışmasında mekanik nem alma sistemlerinin yerine kullanılacak, nem alma ve rejenerasyon kolonlarında, daha önce kullanılmamış, polikarbonat dolgu malzemesi kullanılan bir açık sıvı nem alma sisteminin deneysel olarak araştırmıştır. Sıvı desikant olarak kütlece %45'lik LiBr-su (Lityum bromürsu) çözeltisi kullanılan sistemde dolgu malzemeleri, 6 mm kalınlıklarındaki polikarbonat levhaların 30°, 45° ve 60° kanal açısı oluşturacak şekilde kesilmesiyle oluşturmuştur. Sözü geçen kanal açılarının, hava hızının ve sıvı desikant debisinin sistemin nem alma verimine, elektriksel ve ısı performans katsayısına etkisini incelemiştir.

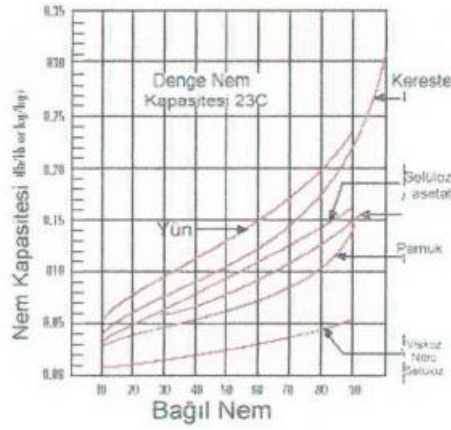
Hatice Tosun ve arkadaşları [21], çalışmalarında konvansiyonel Isı Geri Kazanım (IGK) cihazlarına alternatif, enerji tüketimini azaltan bir teknoloji, Isı Borulu Isı Geri Kazanım (IBIGK) ile Isı Borulu Isı Geri Kazanım ve Nem Alma (IBIGK-NA) sistemlerinin literatür taraması yapıldıktan sonra incelenen yayınlar ısı borulu sistemlerin performansını etkileyen tasarım parametreleri ve iklimlendirme sistemi uygulamalarında enerji tasarrufu açısından değerlendirmişlerdir. Ayrıca At Nalı tipi IBIGK-NA ünitesinin farklı hava giriş sıcaklıklarında performansı deneysel olarak incelemişlerdir. Hava hızının sıcaklığa göre performans üzerinde daha etkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ertuğrul Cihan ve arkadaşları [22], çalışmalarında mekanik nem alma sistemlerinin yerine kullanılabilir bir sıvı desikant nem alma sisteminin tasarımını yaparak termodinamik analizlerini yapmışlardır. Tasarlanan ve imal edilen açık sıvı nem alma sisteminin ana parçaları absorber, rejeneratör ve ısı değiştiriciler olmuştur. alışması yapılan açık sıvı nem alma sisteminde dolgu malzemesi daha önce kullanılmamış polikarbon levhalardan seçmişlerdir. Polikarbon dolgu malzemeleri kanal aları 30 derece olacak şekilde hazırlayarak kullanmışlardır. Sistemde sıvı desikant olarak LiBr-Su (Lityum bromür-su) özeltisi kullanılarak sistemin nem alma verimi, entalpi verimi ve duyulur ısı oranı parametreleri açısından performans incelemesini yapmışlardır. Yaptıkları analizleri sonucunda sıvı desikant nem alma sisteminin nem alma verimi yaklaşık olarak %15 olarak arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Hakan Tekbaş [23], çalışmasında nemin insan sağlığına ve bina yapılarına olan etkisi hakkında bilgi vermiştir. Özellikle nemin virüsler ve küf oluşumu üzerindeki etkileri üzerinde durmuştur. Daha sonrasında kimyasal nem alıcıları açıklayarak türlerinden bahsetmiştir. Nem alıcı sistemlerinin çalışma prensiplerini açıklayarak süreçlerde hangi nem alıcı sistemlerin kullanılması gerektiği ile ilgili açıklamalar yapmıştır. Kimyasal nem alıcıların yanında kullanılan sistemlerden bahsederek yüksek verim alınması amacıyla hibrit sistemin oluşturulması gerektiği ile ilgili çalışmaları paylaşmıştır. Nem alma süreçlerine etki eden faktörler açıklanmış ve kullanım alanları ile açıklamalar yapılmıştır. Daha sonra nem yükünün hesaplanması işlemleri yapılmıştır. Sistemlerin karşılaştırılması yapılarak kullanılacak alanlara göre seçim yapılması ile ilgili maliyet ve nem yükü hesaplamalarını yapmıştır. Sonuç olarak binalar için doğru cihazların seçimi ile ilgili araştırmalar yapmıştır.

3. NEM ALICI SİSTEMLER / MALZEMELERİ

Havada bulunan su buharına nem adı verilmektedir. Bir çok malzeme nem tutma özelliğine sahiptir. Tahta, lifler, kil ve bazı sentetik malzemeler nemi yapısına hapsederek kimyasal nem alıcı gibi davranmaktadır ancak kapasiteleri sınırlıdır. Ticari nem alıcılar tiplerine ve ortama bağlı olarak ağırlığının %100'üne kadar nem tutmaktadırlar. Ticari nem alıcılar; dış ortamla denge sağlanana kadar nem çekmektedirler daha sonra nem alıcıdan nem ısıtılarak çıkartılmaktadır. Nem alıcı madde kuruduktan sonra normal sıcaklığına ulaşması amacıyla soğutulmaktadır. Nem alma sırasında gizli ısı duyulur ısıya dönüştürülmektedir. Bu ısı nem alıcıya ve havaya transfer edilmektedir.



Şekil 11. Bazı malzemeler için nem tutma kapasiteleri

Nem alıcıların kullanım şartları;

- Gizli ısının duyulur ısıya oranı yüksek olmalıdır.
- Nem alıcıya yeniden canlandırma işlemi (regenerate) için gerekli enerji harcaması geleneksel yöntemlere göre yüksek olmamalıdır.
- Sıcaklık veya nem olarak geleneksel yöntemlerde havayı çok düşük sıcaklıklara soğutulmasının gerektiği durumlarda olmalıdır [24].

Geleneksel yöntemler ile soğutma işlemleri maliyeti yüksek işlemlerdir. Kimyasal nem alıcı sistemler ise ilk yatırım veya süreç içerisindeki maliyetleri göz önüne alındığında oldukça düşük maliyetli işlemlerdir. Nem alıcı sistemler nemi tutma süreçlerinde daha basit bir yol izlediğinden dolayı havadaki kirletici partikülleri havadan kolayca çekmektedirler. Ayrıca süreç sonunda havanın daha temiz bir hale gelmesini sağlamaktadırlar.

Bazı durumlarda nem alıcı sistemler sıkışmış durumdaki havayı düşük yoğuşma sıcaklıklarına çekmek için kullanılmaktadırlar. Bu şekilde fazladan bir ısıya ihtiyaç duyulmadan nem atılma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bazı durumlarda ise buzdolabı ve iklimlendirici araçların soğutucu akışlarının suyunu çekerek boruları korozyon tehlikesinden koruyarak boruların tıkanmasının önüne geçilmektedir.

Nem alıcı sistemlerin ortak özellikleri yüzey ve ortam arasındaki buhar basıncı farkını kullanarak nemi çekme işlemidir. Yüzeydeki buhar basıncının ortam havasından düşük olduğu durumlarda nem alıcı sistem nemi çekmektedir. Yüzeyin buhar basıncının yüksek olduğu durumda ise nem alıcı sistem çektiği nemi dışarı vermektedir. Nem miktarı yüzeyde yükseldikçe su buhar basıncı da yükselmektedir ve bir noktada buhar basıncı yüzeyde ve havada eşitlenmektedir. Bu durumda nem alıcı sistem artık nemi alamamaktadır. Artan sıcaklık ve artan nem miktarına bağlı olarak buhar basıncı sürekli artmaktadır. Yüzeydeki buhar basıncı havadaki buhar basıncının üzerine geçtiği durumda nem, nem alıcıdan çıkmaktadır ve bu işleme yeniden canlandırma (regeneration) denilmektedir [23]. Isı verilerek yapılan bu işlemde sonra buhar basıncının yüksek olması sebebiyle nem alıcı sistemin nem alma kapasitesi oldukça düşüktür ve soğutulması gerekmektedir. Sistem içerisinde en yüksek enerji yeniden canlandırma işleminde harcanmaktadır.

Yeniden canlandırma enerjisi üç değişkene bağlıdır;

1. Nem alıcının yüzey buhar basıncını dış havadan daha yüksek buhar basıncına getirecek olan ısı miktarı
2. Nemi buharlaştıracak ısı
3. Nem alıcıdan suyun atılmasını sırasında gereksinim duyulan enerji [25].

Soğutma enerjisi nem alıcının ağırlığına ve yeniden canlandırma işleminden sonraki sıcaklık değeri ile yeniden nem alabileceği sıcaklık farkına bağlıdır. Döngü sıkıştırılmış şekildeki havada basınçlı durumdayken doymuş halde olan nem alıcı valfin açılmasıyla dış ortam basıncına tabi tutulmaktadır. Doymuş nem alıcıların buhar basıncı dış ortamdan daha yüksektir ve nem dış havaya geçmektedir. Diğer bir yöntem ise az miktarda kuru hava nem alıcının üstüne gönderilmesidir. Her durumda sonuç olarak yüksek buhar basıncı farkı yüksek ise nem alıcıların aldığı nem yüksek olacaktır [23].

3.1. Nem Alıcı Sistem Çeşitleri

3.1.1. Sıvı Nem Alıcı Sistemler

Sıvı nem alıcı sistemler hava ile temas etmektedir. Aynı sıcaklıkta düşük buhar basıncına sahip olan sıvı nem alıcı sistemler, havanın buhar basıncına yaklaşıncaya kadar havadan nemi çekmektedir. Sıvı nem alıcıların buhar basıncı sıcaklık ile doğru ve konsantrasyon ile ters orantılıdır. Glikol konsantrasyonu arttıkça buhar basıncı azalmaktadır. Böylece süreç içerisinde daha çok nem emilmektedir ve daha düşük nem oranları oluşmaktadır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; sıvı nem alıcı sistemlerin istenen performansı verebilmesi, sıcaklık ve konsantrasyonu kontrol ederek sağlanabilmektedir. Sıvı nem alıcı sıcaklığı basit ısıtıcı ve soğutucu sistemlerle kontrol edilmektedir. Nem alıcı sistemlerin konsantrasyonu ise ısıtılarak nemin dışarı atılması ile kontrol edilmektedir[26]. Ticari sıvı nem alıcı sistemler yüksek su buharı çekme kapasitelerine sahiptir. Nem çekme işlemi yüzey alanına ve reaksiyon sırasındaki temasına bağlıdır. Yüzey alanı ve temas zamanının artırılması ile kapasiteye ulaşılması kolaylaştırılmaktadır.

3.1.2. Katı Nem Alıcı Sistemler

Katı nem alıcı sistemlerin en büyük avantajı iç yüzey alanlarının oldukça yüksek olmasıdır. Katı nem alıcı sistemler nemi elektrik alanından yardım alarak çekmektedirler. Zıt yüke sahip olan katı nem alıcı sistemler suyu kendilerine çekmektedirler. Bütün yüzeyleri dolduğunda dahi katı nem alıcı sistemler su çekmeye devam edebilmektedir çünkü ilk tabakadaki su buharı yoğunlaşmaktadır ve ve kılcal katmanları doldurmaktadır. Sıvı nem alıcı sistemlerde olduğu gibi katı nem alıcı sistemlerde de nem çekme kapasitesini etkileyen en önemli etken hava ile yüzey arasındaki basınç farkıdır.

Katı nem alıcı sistemler farklı toleranslarda üretilebilmektedir ve bu durumun avantajı belirli çaptaki moleküllerinde emilmesine kolaylık sağlamasıdır. Su 3,2 nm efektif çapa sahiptir buna bağlı olarak 4 nm çapa sahip olan bir katı nem alıcı sistem suyu geçirir ancak organik çözümleri geçirmemektedir. Bu emme karakteristiği özellikle hastane ve benzeri uygulamalarda önem arz etmektedir[23].

Katı nem alıcı sistemler değişik kapilerite çapları ile üretilmiş kimyasal nem alıcıları seri olarak dizerek havadan öncelikle suyu daha sonra da çeşitli kirleticileri filtrelemektedir[23].

Katı nem alıcı sistemlerin karakteristiklerini toplam alan, kılcalların toplam hacmi, kılcalların çapı olmak üzere üç değişkene bağlıdır. Alanın büyük olması katı nem alıcıya düşük bağıl nem ise yüksek kapasite sağlamaktadır. Düşük kılcal çapı nem alıcının seçici olmasını sağlamaktadır. Birim hacimde büyük kılcallara sahip olan katı nem alıcı daha düşük yüzey alanına sahip olmaktadır. Sonuç olarak düşük bağıl nemde yüksek kapasite yüksek bağıl nemde düşük kapasite sağlamaktadır[25].

Katı nem alıcı sistem çeşitleri;

- **Silika Jel:** Genel tercih edilen katı nem alıcılardır. Jel üretimi kolay ve maliyeti düşüktür.
- **Zeolit:** Doğada bulunmaktadır. Açık kristal kafesi su buharı taneciklerinin kafesin içine hapsedilmesini sağlamaktadır. Belirli atomları çekme özelliğini kafesteki açıklıkların boyutları belirlemektedir. Böylece seçici molekül filtrelemektedir.
- **Sentetik Zeolit:** Termal işlemlerle yapay olarak üretilmektedir. İşlem sıcaklığı ve ilave edilen malzemelerin oranları nem alıcının yüzey karakteristiklerinde etkilidir. Maliyeti yüksek olmasına rağmen zeolitten daha kullanışlıdır.
- **Aktive Edilmiş Alüminyum:** Karakteristiklerini üretim sırasında kullanılan gazlar, sıcaklık ve süre etkilemektedir.
- **Karbon:** Su molekülleri dışındaki diğer gazların emilmesinde kullanılmaktadır. Özellikle organik çözücülerin emilmesinde kullanılmaktadır.
- **Sentetik Polimer:** Birçok nem alıcıdan daha yüksek kapasitelidirler[23].

Katı nem alıcı sistemlerde emme karakteristiklerinde oluşan yüksek farklar oluşmasının sebebi, birçok üreticinin farklı metotlar kullanarak ürettikleri nem alıcıları optimize etmesidir. Bu nem emme karakteristikleri dar operasyon koşulları gerektiren uygulamalarda önem arz etmektedir. Nem alıcı sistemlerin ömürleri kurutulan havadaki kirleticilerin tipine ve miktarına bağlı olarak değişmektedir.

İki önemli kriter nem alıcı sistemlerin performansını zayıflatmaktadır. Birincisi kirleticilerin nem alıcıyla reaksiyonları; ikincisi nem alıcı yüzeylerde tıkanmanın oluşmasıdır [23].

3.2. Nem Alıcı Sistem Dizaynı

Nem alma işlemi ıslak havanın kurutulması ile gerçekleştirilmektedir. Ancak bazı durumlarda nem seviyesini kontrol ederken sorunlar yaşanmaktadır. Bu durumun sebeplerinden biri nem alıcı sistem cihazının kurulma maksadının nem almaktan ziyade sıcaklığı kontrol etmek amacıyla dizayn edilmesidir. Dolayısıyla nem alıcı sistemin dizayn edilmesi sürecinde nem alma işlemi ile soğutma işleminin ayrı değerlendirilmesi gerekmektedir.

Nem alıcı sistem dizayn edilirken[23];

1. İlk yapılması gereken havalandırma havasını kurutmaktır.

Binalarda yüksek oranda nem girişi havalandırma yoluyla gerçekleşmektedir. Dış havadaki nem oranının yüksek olmasına bağlı olarak havalandırma alanına nem alıcı sistem koyulması gerekmektedir. Ayrıca havalandırma havasının dönüş havasına göre miktar bazında az olması nem alıcı sistem cihazının küçük ebatlarda avantaj sağlaması anlamına gelmektedir. Küçük bir sistem cihazı kullanılması maliyetin düşük olmasını sağlamaktadır. Ancak bazı durumlarda iç hava neminin alınması mümkün olamamaktadır. Bu durumlar;

- Nem alıcı alet havalandırma havasını yeterince iyi kurutamamıştır.
- Havalandırma havasının toplam havaya oranı %10'un altında kalmıştır.
- Kullanılan alanlarda bağıl nem oranı düşüktür.
- İç nem yükü havalandırma yüküne göre yüksek kalmıştır.

2. Daha sonra yapılması gereken veriş havasının bir kısmını kurutmaktır.

Nem alıcı sistem cihazları soğutma sistemlerinden çok daha yüksek verimle havayı kurutmaktadırlar. Sürekli olarak havanın tamamını nem alıcıya sokmak gereksiz bir işlem oluşturmaktadır. Havanın belirli bir kısmını kurutmak maliyeti düşürerek kolaylık sağlamaktadır.

3. Binaların yoğuşma sıcaklığını düşürerek sıcaklığı arttırma işlemi yapılmalıdır.

Buradaki süreçte bağıl nem oranı ile sıcaklık derecesinin doğru şekilde ayarlanması gerekmektedir. Örneğin bağıl nemin %45'in altında ve sıcaklığın 25 derece civarında olması kişilerin konfor alanlarını arttırmaktadır.

4. Soğutma cihazlarının ebatlarının küçültülmesi gerekmektedir.

Ortamda nem alıcı sistem bulunduğu durumlarda gizli ısıyı almak için soğutma sistemine ihtiyaç duyulmamaktadır. Soğutma sistemlerinin amacı gizli ısının ortamdaki alınmasıdır. Gizli ısının devre dışı kalması ile soğutma işlemi gerçekleştirilen cihazlar küçültülerek maliyet düşürülmektedir ve verim arttırılmaktadır.

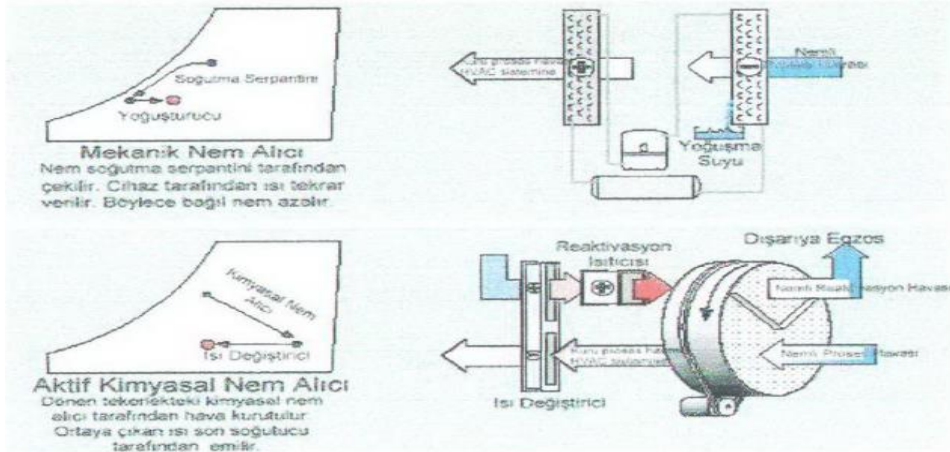
5. Nem alıcı sistem cihazının nem alma kapasitesi yüksek olmalıdır.

Nem alıcı cihazların nem alma kapasiteleri kg/h olarak tanımlanmaktadır. Nem alıcı sistemlerin kapasiteleri giriş koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Nem yükü hesabı yapılması sırasında yüksek nem koşulu olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

İki tip nem alma yöntemi vardır. Mekanik nem almada hava yoğuşma sıcaklığının altına getirilerek nemi alınmaktadır ve daha sonra ısıtılmaktadır. Bu süreçte kullanılan ısı soğutma işleminde çekilen ısıdır. Mekanik nem alma sistemlerinde elektrik enerjisi kullanılmaktadır.

Kimyasal nem alma sistemlerinde nem basınç farkına bağlı olarak alınmaktadır. Bu nem alma sırasında gizli ısı duyulur ısıya dönüştürülmektedir. Hava kimyasal nem alıcıdan sıcak olarak çıktığından dolayı soğutulması gerekmektedir.

Mekanik nem alıcılar nem seviyesinin ve soğutma yükünün yüksek olduğu durumlarda avantajlıdır ve daha tasarruflu bir sistemdir. Kimyasal nem alıcılar genellikle endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Marketler, buz paten alanları, havalandırması yüksek okullar, tiyatrolarda kullanılmaktadır. Daha çok enerji kullanmaktadırlar ve bu enerji genellikle ısıdan gelmektedir.

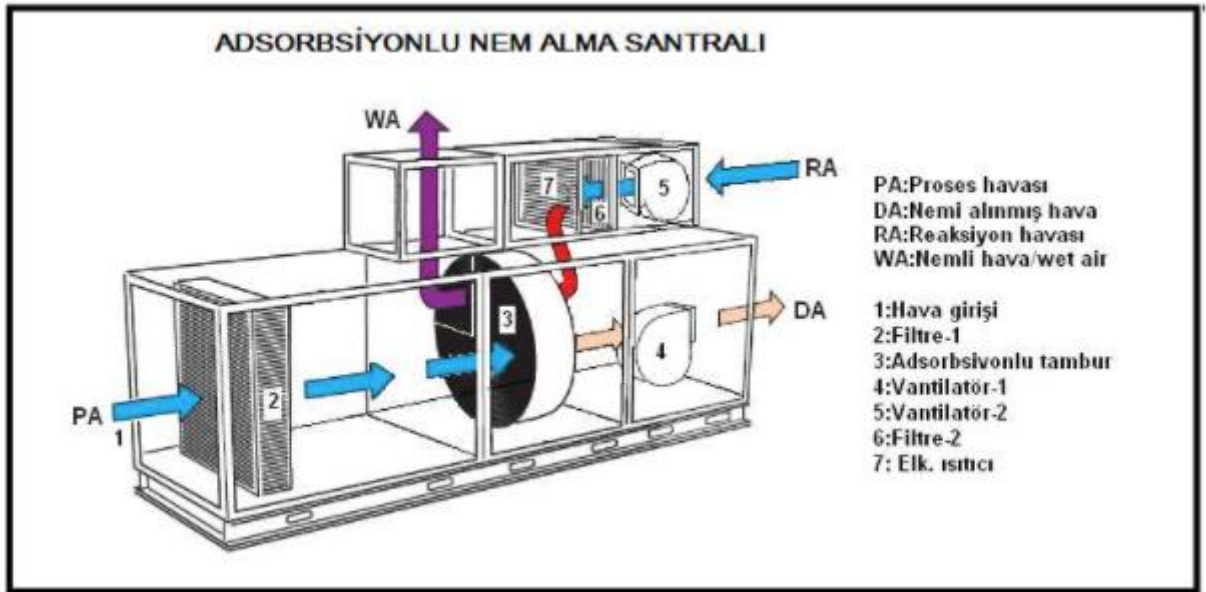


Şekil 12. Mekanik nem alma ve kimyasal nem alma sistemleri

4. NEM ALMA SİSTEMLERİ

Havanın içerisindeki taşınan su buharına nem denilmektedir. Nem, sıcaklık ve basınca göre değişmektedir. Sıcaklığın artması ile doğru orantılı olarak nem seviyesi de artmaktadır. Ancak yüksek nem insanlara ve eşyalara zarar vermektedir. Ev, tekne, bina gibi yapılarda nem arttığı zaman küf, yosun ve zararlı bakteriler hızlı şekilde yayılmaktadır. Yüksek nem vücudun fizyolojik yapısını bozmaktadır. Evlerde oluşan su sızıntıları, ısı yalıtımı, kapalı mekanlarda yeterince hava olmaması veya güneş görmemesi gibi durumlar nem seviyesinde artışa sebep olmaktadır[27].

Kuru havanın binaya verilmesiyle nem alma işlemi sağlanmaktadır. Fakat bazı durumlarda nem seviyesini optimum düzeyde tutmakta sorunlar meydana gelmektedir. Bu durumun en önemli sebebi nem alıcı sistemlerin nem almaktan ziyade sıcaklığı kontrol etmesidir. Nem alıcı sistemler dizayn edilirken nem alma işlemi ayrı soğutma işlemi ayrı değerlendirilmelidir.



Şekil 13. Nem alma sistemi

4.1. Mekanik Nem Alma Sistemleri

Mekanik nem alma işleminde soğutma işlemi yapılarak nem havadan çekilmektedir. Havanın soğutulması ile bağlı nem yükselmektedir. Havanın yoğuşma süreci arttıkça buharlaşma ısısını dışarı vermektedir. Bu ısıya gizli ısı adı verilmektedir. Bu çıkan gizli ısı sistem içerisindeki soğutma sistemi tarafından çekilmektedir. Aynı zamanda havadan duyulur ısının da bir miktarı soğutma sistemi tarafından çekilmektedir.

Soğutma serpantinindeki soğutucu akışkana bu ısı transfer edilmektedir. Soğutucu sistemin ısıyı emmesinden sonra basınçlandırma işlemi yapılmaktadır ve ikinci serpantine gönderilmektedir. İkinci serpantin nem alan serpantinden çıkan kuru soğuk havanın olduğu yerdedir. İkinci serpantinde yüksek basınçlı yoğuşturucu akışkan sıvıya dönüşmektedir. Daha sonrasına ısıyı hava akımına vererek ısıtma işlemi devam etmektedir. Nemi alınmış hava girişteki havayla aynı entalpiye sahip olurken nem oranı azalmaktadır ve sıcaklığı artmaktadır[23].

Mekanik nem alma sistemleri kapalı bir sistemdir ve bu sistemde ısı içeride kalmaktadır. Dolayısıyla bu sistemin kullanıldığı durumlarda kompresöre eklenen ısı sebebiyle en son sıcaklık ilk sıcaklıktan yüksek olmaktadır. Eklenen ısı soğutma çevriminin verimine bağlıdır. Verimin yüksek olması durumunda gerekli olan ısı azalmaktadır. Kuru havada yüksek ısı istenmiyorsa ikinci yoğuşma serpantini eklenerek fazla ısı dışarıya atılmaktadır.

Mekanik nem alıcı sistemden ayrılan havanın nem oranı, cihazın serpantininin yoğuşma noktasına bağlı olarak değişmektedir. Bu durum ise serpantininin içerisindeki akışkanın basıncı ile ilgilidir. Sistemde soğutucu akışkanın basıncı ayarlanarak istenen şartlar sağlanmaktadır. Sistemin dizaynı yapılırken sıcaklık, nem oranı, üniteye giren hava debisi ve dışarı atılan su miktarı belirlenmelidir.

Nem alıcı sistemlerin performansını anlamak için duyulur ısı oranını (SHR) bilmek yeterlidir. Genellikle soğutucular 0,8 SHR oranına sahipken, mekanik nem alıcılar 0,4-0,7 SHR oranına sahiptirler[23]. SHR oranı gizli ısının toplam ısıya oranı ile bulunmaktadır.

Mekanik nem alıcı sistemlerin elemanları;

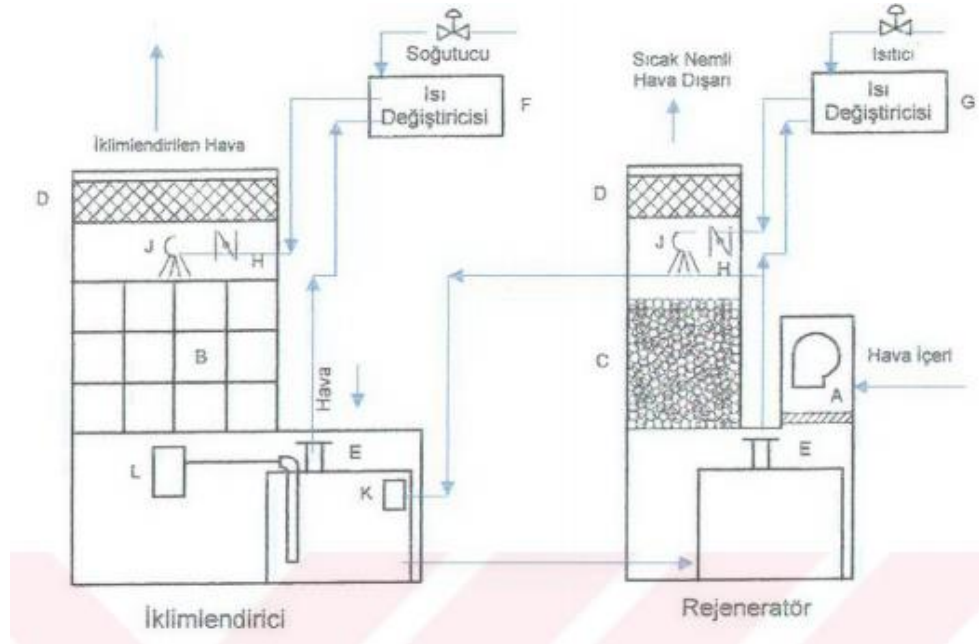
- Hava Filtresi: Havanın nemi alınırken orta verimli filtreler kullanılmaktadır. Dış hava için iki filtre kullanılmaktadır; ilk filtre büyük olan partikülleri havadan çekmektedir. Filtreleme işlemi serpantine büyük partiküllerin girişini engellemesi amacıyla önemlidir. Filtreler belirli periyotlar ile değiştirilmelidir.
- Buharlaştırıcı Serpantin: Isıtma serpantini, soğutmayı takip etmektedir.
- Fan Motoru: Nem alma serpantinlerinin derindir ve arkasından ısıtma serpantininin gelmesi hava akış direncini arttırmaktadır. Bu artan direncin kırılması amacıyla normal soğutucular göre fan sistemlerinin daha büyük olması gerekmektedir.
- Genişleme Valfi
- Kompresör
- Opsiyonel İkinci Yoğuşturucu: Nem almadan sonra tekrar ısıtmamak amacıyla bu yoğuşturucuya gerek duyulmaktadır. Bu yoğuşturucu ile ısı dışarı atılmaktadır.
- Kontroller: Nem alıcı sistemler nem göstergesine bakarak hareket etmektedirler. Fan motorunu devreden çıkartmak havanın durgunlaşmasına ve yüksek nemin oluşmasına sebep olmaktadır. Hava debisi nem alıcı sistemler için önemli bir değişkendir. Az debi soğuk hava ve serpantin yüzeyinde donmaya sebep olurken, yüksek debi ise yeterince soğutulamayan havaya sebep olmaktadır. Devamlı olarak fanı çalıştırmak ile bu durumu engellemektedir. Nem ölçerlerin doğru yerlere yerleştirilmesi ile doğru iç hava ölçümü yapılmaktadır[23].

4.2. Kimyasal Nem Alma Sistemleri

Havadaki nemi emerek alan sistemlere kimyasal nem alma sistemi denilmektedir. Nem alıcıların yüzeyindeki su buhar basıncı havadaki neme göre düşük olduğunda nem, nem alıcı malzemeye geçmektedir. Hava bu işlem sürecinde, ilk haline göre daha kuru bir şekilde sistemden çıkmaktadır. Endüstriyel alanlarda sıvı ve katı nem alıcıları tercih edilirken, ticari kullanımda katı nem alıcılar tercih edilmektedir.

4.2.1. Sıvı Kimyasal Nem Alma Sistemleri

Sıvı nem alma sistemlerinin su buharı çekme yeteneği sıcaklık ve solüsyonun konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Belirli bir sıvı nem alıcı konsantrasyonu ile düşük solüsyon sıcaklığı oluşturularak soğuk kuru hava elde edilmektedir. Yüksek solüsyon sıcaklığıyla ılık nemli hava ortama verilmektedir. Havanın soğutulması ve nemin alınması işlemi sıvı nem alıcıyla temas sırasında gerçekleşmektedir. Sıvı nem alıcı tarafından çekilen ısı, ısı değiştiricideki soğutucu akışkan akışı kontrol edilerek nem ve sıcaklık kontrolü sağlanmaktadır. Havadan çekilen suyu sistemden atmak ve solüsyonu sabit konsantrasyonda tutmak için bir miktar solüsyon rejeneratöre gönderilmektedir. Burada ısıtılmış solüsyonun hava akımı ile temas geçilerek nemi havaya bırakması sağlanmaktadır, böylece konsantrasyonu tekrar artmaktadır. Isı akışı nem yükü için ayarlanmaktadır, iklimlendiricide alınan nem rejeneratöre bırakılmaktadır.



Şekil 14. Sıvı nem alıcı sistem şeması [23]

4.2.2. Katı Kimyasal Nem Alma Sistemleri

Katı nem alma sistemlerini canlandırma işlemlerine göre çeşitlendirilirse[24];

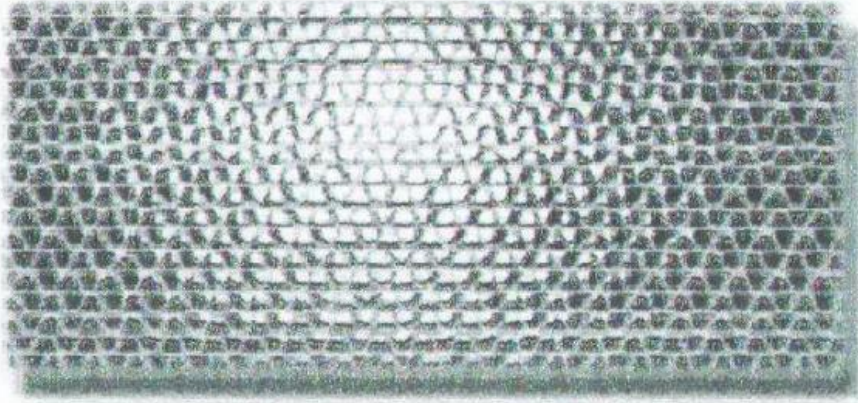
Kullan-At Paketler: Bu çeşit katı nem alıcı sistemler askeri malzemeleri, tüketim elektroniklerini, ilaç tabletlerini korumak amacıyla aletlerin konuldukları kutuya takılmaktadır. Bu sistemde nem çekme buhar basıncı farkı önemlidir. Bu paketlerde yönlendirilmiş hava akımı yoktur. Bu tip uygulamalarda yüksek nem olmaması gerekmektedir. Kullanılan katı nem alıcılar pakette olabilecek bir yırtıktan gelebilecek hava akımına karşı önlemlidir.

Zamanla Yeniden Canlandırılan Paketler: bu tip paketler genellikle küçük yükler olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Neme karşı dayanıksız olan malzemelerin nemden etkilenmemesi amaçlanmaktadır. Nem alıcı malzeme doyduğunda kartuş dışarı çıkartılır ve ısıtılarak nemi alınır ve tekrar takılır. Bu tip kartuşlar sabit nem kontrolü gerektirmeyen ve kullan-at paketlerin yetersiz kaldığı noktalarda kullanılmaktadır.

Devamlı Canlandırılan Nem Alıcılar: Yüksek nem yükünün ve sabit nem şartının gerekli olduğu bine ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu tarz uygulamalarda nemli havaya proses havası denilmektedir. Proses havasının nemi katı nem alıcı yatakta alınırken yatağın diğer tarafındaki reaktivasyon havası tarafından kurutulmaktadır. Katı nem alıcı iki hava akımı arasında yavaşça dönmektedir ve reaktivasyondan çıkan yüksek kapasiteli katı nem alıcının proses havasından nemi çekmesini sağlamaktadır.

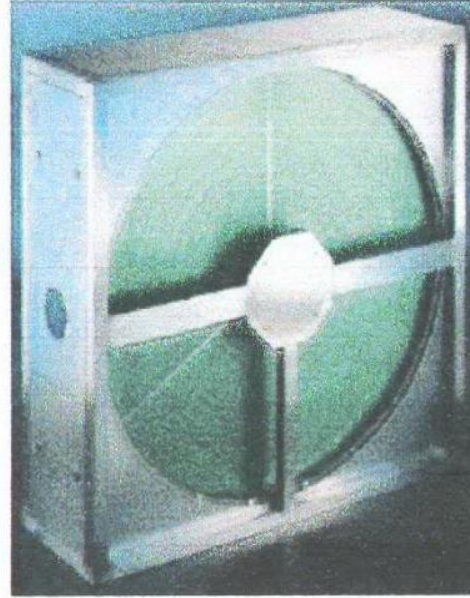
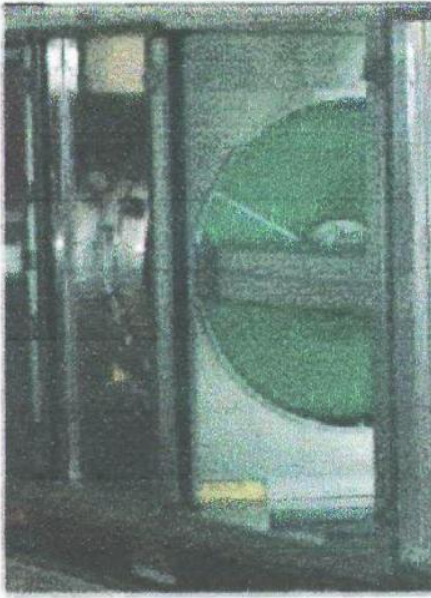
Katı nem alıcı malzemeler bal peteği şeklindeki matrikse emdirilmektedir. Katı nem alıcı malzemeye sahip bal peteği tekerlek şeklinde sokulmaktadır. Bu tekerlek iki akım arasına gelecek şekilde yerleştirilmektedir. İki akım arasındaki tekerlek bölgesinde bir yalıtım yapılarak akımların birbirine karışması engellenmektedir. Bu tekerlek iki akım arasında yavaşça dönmektedir[8].

Katı nem alıcı tekerlek proses akımından geçerken neme doyurulur ve tekrardan nem tutma özelliği kazanabilmesi amacıyla ikinci akıma girmektedir. Bu işleme reaktivasyon işlemi denilmektedir. Reaktivasyon akımı ısıtılarak katı nem alıcının ısınması ve artan su buharı basıncı ile nemin bu akıma girmesi sağlanmaktadır. Isıtılarak tekrardan canlandırılan katı nem alıcılara aktif katı nem alıcılar denilmektedir. Pasif nem alıcılar ise nemi yüksek oranda çekemezler. Pasif nem alıcılar katı nem alıcıyı adyabatik olarak yeniden canlandırdıklarından aktiflere göre daha az enerji harcamaktadırlar[8].



Balpeteği Kimyasal Nem Alıcı Matriks

Şekil 15. Kimyasal nem alıcı



Şekil 16. Kimyasal nem alıcı tekerlek

4.2.3. Hibrit Kimyasal Nem Alma Sistemleri

Katı nem alıcı sistemler iklimlendirilen bölgeye girmeden önce havanın nemini almaktadır. Bu cihazlar geleneksel buhar çevrimleriyle birleştirilirse soğuk, kuru ve filtrelenmiş optimum hava şartlarını rahatlıkla sağlamaktadır. Geçmiş zamanlarda katı nem alıcı sistemler konveksiyonel cihazlara karşı alternatif olarak sunulmaya çalışılmıştır ancak daha sonralarında bu cihazlar birlikte çalışmışlardır.

Katı nem alıcı sistemlerin düşük enerji kaynakları kullanarak çalıştıkları durumlarda verimler artmaktadır. Elektrik ücretleri yüksek, yeniden canlandırma işlemi için gerekli enerji hazır ve SHR oranı %25'ten yüksekse bu sistemleri kullanmak oldukça mantıklıdır. Bazı durumlarda ise kullanılması mecburidir. Bu durumlara; depolar, buz sahalar, askeri depolar, marketler veya hastane odaları örnek olarak gösterilebilir.

Katı nem alıcı sistemler düşük basınç yardımıyla nemi çekmektedir. Neme doyduğunda reaktivasyon kısmına döndürülerek nemi dışarı atmaktadır. Hibrit sistemlerde dönen ısı tekerleği, veriş fanı, dönüş fanı, rejenerasyon için ısı kaynağı bulunmaktadır. Duyulur ısı tekerleği, ısıyı diğer hava akımına vermektedir. Bu tekerlek nemi çok az çekmektedir. Bu nedenle katı nem alıcıyı yeniden canlandırırken elektriğe karşı dirençli ısıtıcılar, güneş enerjili su ısıtıcı serpantinler, sıcak su veya doğal gazdan yararlanılması gerekebilmektedir. Bu tip hibrit sistemlerin ilk yatırım maliyetleri yüksek olmasına rağmen süreç içerisindeki işletme maliyetleri oldukça düşüktür. Ancak yine de bazı durumlarda maliyetler ikinci plana atılmaktadır bu durumun sebebi çok daha düşük nem oranlarına inerek iç hava kalitesine ulaşmak gerekmektedir. Hibrit sistemlerde hem sıcaklık hem de nem kontrolü en iyi şekilde sağlanmaktadır.

Hibrit sistem cihazları çalışırken havanın izlediği yol Şekil 17'deki psikometrik diyagramlarda gösterilmektedir. Diyagram üzerinden süreçlerin açıklanması gerekirse[23].

1. Nem Alma

- Sıcak nemli hava katı nem alıcı sisteme A noktasında girmektedir.
- A-B dış hava nemi emerek almaktadır. Bu esnada nemini bırakırken ısı yayar ve bu ısı hava sıcaklığını yükseltmektedir. Gizli ısı duyulur ısıya çevrilmektedir. Entalpide hafif bir artış oluşmaktadır. B noktasında hava sıcaklık ve soğutulmadan ortama verilemez.

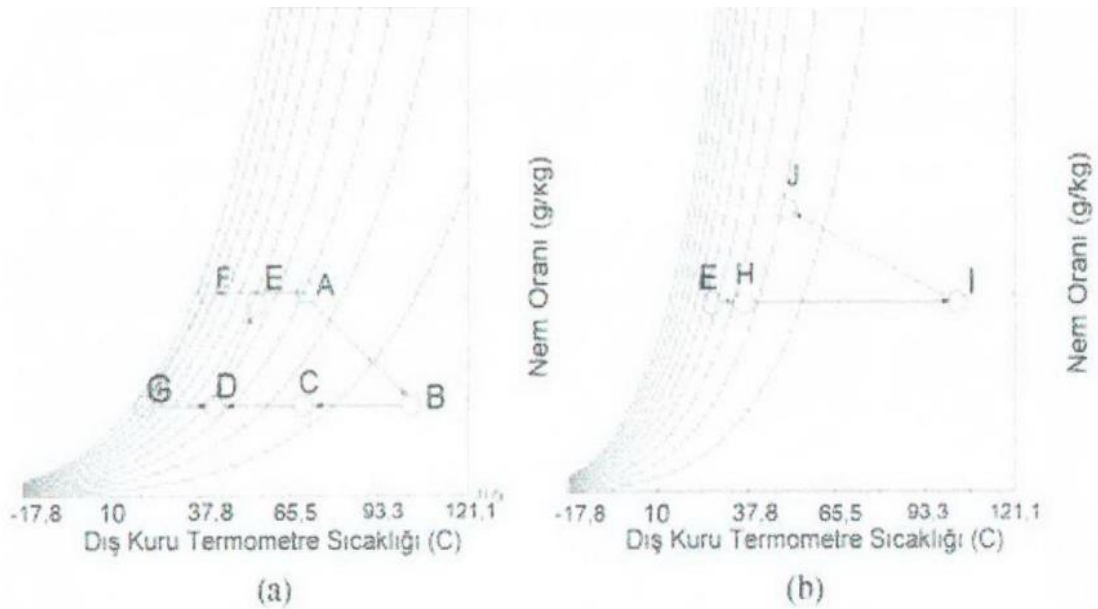
2. Soğutma

- B-C ısı kaybı ve soğutma işlemi gerçekleşmektedir. Nemi alınmış hava dönen ısı tekerleğine girmektedir. Isısının bir kısmı egzoz havasına transfer edilmektedir. Bu işlem sırasında sıcak kuru hava soğurken, soğuk egzoz havası yeniden canlandırma için ısıtılmıştır.
- C-D ek soğutma işlemi gerçekleşmektedir. Her ne kadar B-C kısmında hava soğutulduysa da ortama havayı vermek yeterli değildir. Bu ek soğutma geleneksel soğutma yöntemleri ile sağlanmaktadır.

- D-E oda soğutma yüküdür.

3. Yeniden Canlandırma

- E-H ısı kurtarma işlemidir. Dönen ısı tekerleğine egzoz girmektedir. Burada katı nem alıcı sistemden çıkan sıcak, kuru havayla ısı yer değiştirmektedir. B-C ile işaretlenen ısı transferlerinin bir kısmı burada kurtarılmaktadır.
- H-I ısı ilavesi işlemidir. Sıcak egzoz havası katı nem alıcının buhar basıncını yükseltebilmesi için ısıtılmaktadır.
- I-J yeniden canlandırma işlemidir. Sıcak egzoz havası doymuş nem alıcıyı kurutmaktadır ve yeniden canlandırma işlemi gerçekleşmektedir.



Şekil 17. Nem alıcı sistemin psikometrik diyagramda gösterimi (a-proses/ b-rejenerasyon)

Bu sistemi geleneksel bir sistemle psikometrik diyagramda kıyaslanırsa;

1. Duyulur Soğutma

- A alışı işlemidir. Sıcak nemli dış hava geleneksel buhar sıkıştırılmalı sistemin buharlaşma serpantinine A noktasında girmektedir.
- A-F duyulur soğutma işlemidir. Sıcak, nemli dış hava doyma noktasına kadar soğutulmaktadır. Bu noktada hava iklimlendirilen bölgeye bu haliyle verilememektedir. Ayrıca yoğuşma sıcaklığının altına inilerek gizli ısı alınabilmesi amacıyla yoğuşma sağlanmalıdır.

2. Gizli Soğutma ve Isıtma

- F-G nem alma işlemidir. Buharlaştırıcı doymuş hava akımını soğutmaya devam etmektedir ve buna bağlı olarak nem yoğuşmaktadır. Bu aşamada nem ve sıcaklık azalmaktadır.
- G-D tekrardan ısıtma işlemidir. Soğuk, kuru hava akımı sıcak havayla ısıtılır veya elektrik direnci gibi bir cihazla istenen sıcaklığa getirilmektedir.
- D-E soğutma yüküdür.

Enerjinin az harcanması hibrit sistemin soğutma işlemi sırasında soğutma yükünün bir kısmını düşük kaliteli termal kaynaklara aktarabilmesine ve G-D arasında tekrar ısıtma sürecini azaltmasına bağlı olarak değişmektedir. Fan gücü katı nem alıcı ve duyulur ısı tekerlekleri sebebiyle artan basınç kaybıyla artmaktadır[23].

Hibrit kimyasal nem alma sisteminin kullanılabilirliği analiz edilirken aşağıdaki unsurlara dikkat edilmelidir;

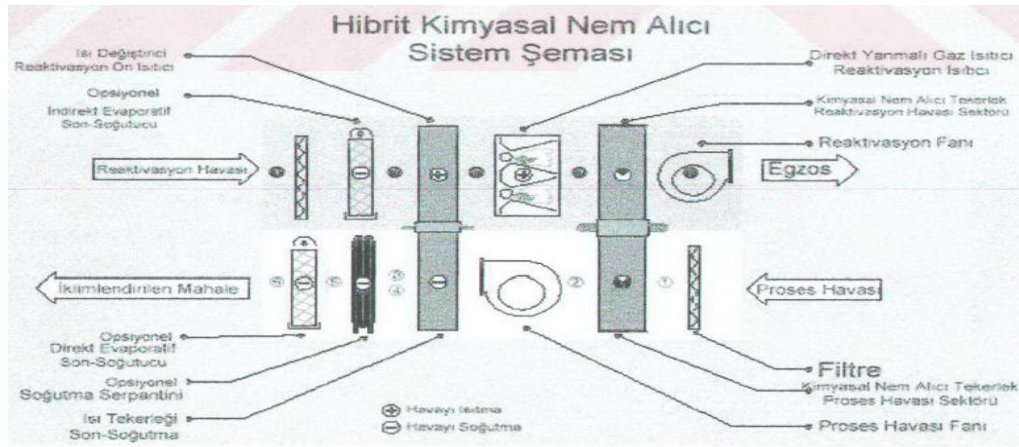
- **İçerisindeki Nem Seviyesi:** Serpatinlerin yüzeylerinde 4 derecenin altında donma meydana gelmektedir. Bu sebeple geleneksel yöntemlerde soğutma kapasitesi düşmektedir. Bu tip durumlarda kimyasal nem alıcılar kullanılmalıdır.
- **Yüksek Gizli Isı Yüğü Oranı:** Kimyasal nem alma işlemi yaparken konvansiyoneller ise soğutma işlemi yapmaktadırlar. Gizli ısı oranı %25'ten yüksek olması durumunda kimyasal nem alma kullanılmalıdır.
- **Temiz Hava:** Hastane, okul, restoran gibi yerlerde temiz hava oranı yüksek olmalıdır. Dolayısıyla bu alanlarda hibrit sistemler kullanılmalıdır.
- **Son Soğutma İçin Gerekli Egzoz Havası:** Eğer egzoz havası son soğutma işleminde bulunabilirse duyulur soğutma ihtiyacı azalmaktadır. Ayrıca ortamda temiz hava ihtiyacı varsa dış ve egzoz havası kullanılan bir hibrit sistem konvansiyonel sistem kullanımına göre daha avantajlıdır.
- **Enerji Maliyetleri:** Yüksek elektrik maliyetleri, düşük gaz maliyetleri kimyasal nem alıcı sistemler için avantaj olmaktadır.
- **Ucuz Reaktivasyon Enerjisi:** Yüksek reaktivasyon sıcaklıklarına ulaşılacak düşük maliyetleri ısılar kullanıldığı durumlarda kimyasal nem alıcı sistem kullanımları avantaj sağlamaktadır.

- **İç Hava Kalitesi:** Kimyasal nem alıcı sistemler kullanıldığı durumlarda nem seviyesi yüksek oranda kontrol edilebildiğinden dolayı iç hava kalitesi artmaktadır. Geleneksel sistemlerde ise borularda, serpantinlerde ıslak zeminler oluşmasından dolayı mikrop oluşumu yaşanmaktadır. Ancak hibrit kimyasal sistemlerde bu şekilde sorunlar yaşanmamaktadır.

4.2.3.1. Hibrit Kimyasal Nem Alma Sistemlerinin Dizaynı

Hibrit sistemlerde çok çeşitli yapılandırmalar mevcuttur. Sistem yapıları nem alıcı malzemelere, sıcaklık kontrolü amacıyla kullanılan soğutma tekniklerine, ön soğutma için kullanılan tekniklere ve yeniden canlandırma metoduna göre değişiklik göstermektedir.

Sistem yapılarına bakılmaksızın ticari binalarda ek bir soğutma sistemini ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacın karşılanabilmesi amacıyla geleneksel buhar sıkıştırımlı çevrimler, soğutma serpantinleri, direkt veya indirekt evaporatif soğutma ile sağlanabilmektedir[22].



Şekil 18. Hibrit kimyasal nem alma sistem şeması[23]

Ek Soğutma Opsiyonları: Isı tekerlekleri duyulur ısının bir kısmıyla mücadele edebilmektedir. Ancak yine de kesin bir çözüm olmaması sebebiyle ek soğutma sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. İndirekt evaporatif soğutma sistemleri kullanılsa da yeterli gelemeyecektir. Çünkü bu sistemler yeterli soğutma kapasitesine sahip değildir. Direkt evaporatif soğutucular kullanılabilir ama bu durumda da ek nem verildiği durumda sorun yaşanmaktadır. Genel olarak geleneksel buhar çevrimleri kullanılmaktadır[23].

Yeniden Canlandırma için Isı Kaynağı: Isı kaynakları genel olarak direkt ve indirekt gaz ısıtıcıları veya gazla ısıtılan boillerdir. Direkt ısıtıcılarda hava akımının içerisinde gaz direk yakılarak yeniden canlandırma yapılmaktadır. Bu kullanımlarda verim oldukça yüksektir. İndirekt ısıtıcılarda ise hava akımının dışında yakılmaktadır ancak verimi %80'in altında kalmaktadır. Gaz yanmalı ısıtıcılarda ise sıcak suyu veya buharı ısıtma serpantinlerinde döndürülür ve böylece yeniden canlandırma ve ısıtma sağlanmış olmaktadır[23].

Operasyon Modları: Proses havası dönüş ve dış havadan, rejenerasyon havası da dış ve egzoz havasından oluşmaktadır. Tekrar sirkülasyon modunda proses havası iklimlendirilen odanın dönüş havasıyken rejenerasyon havası dış havadadır. Saf havalandırma durumunda proses hava kaynağı dış hava kaynağı iken rejenerasyon havası için egzoz havasıdır. Taze hava modunda proses ve rejenerasyon havası dış havadır. Dolayısıyla değişkenlik gösteren bir çok çeşit mevcuttur. Yapılacak uygulamalara göre hangi çeşitin kullanılması gerektiğine karar verilmelidir[23].

4.2.4. Kimyasal Nem Alma Sistemlerinin Kontrolü

Kimyasal nem alıcı sistemlerin kontrolü ikiye ayrılarak yapılmaktadır[8];

1. İç Kontroller;

- Yeniden canlandırma hava akımı yoksa yeniden canlandırma ısıtıcısı kapalı olmalıdır.
- Yeniden canlandırma fanı yeniden canlandırma ısıtıcısının soğuması amacıyla kapandıktan sonra bir müddet daha çalışmalıdır.
- Giren veya çıkan havanın sıcaklığı yüksek ise yeniden canlandırma ısıtıcısı kapatılmalıdır.
- Kimyasal nem alıcı tekerleği dönmüyorsa hata mesajı vermelidir.

2. Nem Alma Kapasitesi Kontrolleri;

- Proses fan modeli sıkı tolerans ve düşük operasyon maliyeti olmalıdır.
- Değişken hava bypassı sıkı tolerans ve periyodik bakım yapılmalıdır.
- Yeniden canlandırma ve hava modeli orta tolerans ve düşük cihaz maliyeti olmalıdır.
- On-off yeniden canlandırma ısı kontrolü gevşek tolerans ve düşük cihaz maliyeti olmalıdır.

Bu kontrol modelleri etkili olmasına rağmen nem kontrolündeki etkiler değişkenlik göstermektedir.

Proses Fan Modeli: Kullanılan bu yöntem en verimli yöntemlerden biridir. Genellikle değişken proses fanları büyük debilere göre seçilmektedir. İklimlendirilen bölgenin nem seviyesindeki bir yükselme durumunda proses fanı iklimlendirilen bölgeden havayı çekmeye başlamaktadır ve kimyasal nem alıcı sistemde hava kurutularak odaya verilmektedir. Odadaki nem oranı dizayn noktasının altına düştüğü durumda fan ortamdaki çekilen hava debisini azaltmaktadır.

Değişken Proses Bypass Havası: Kullanılan bu kontrol yönteminde bypass kanalı ve kimyasal nem alıcı tekerlek arasında çalışabilecek değişken dampere ihtiyaç duyulmaktadır. Sistemde daha çok hava miktarı kimyasal nem alıcı tekerleğe gönderilmiş olmaktadır. Bu kontrol noktasında dikkat edilmesi gereken bypass damperindeki basınç kaybının kimyasal nem alıcıdaki basınç kaybı miktarına eşitlenmesidir. Genellikle endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu modelde sürekli ihtiyaç duyulan bakımların maliyetleri yüksektir. Dolayısıyla ticari amaçlı kullanımları oldukça düşüktür.

Yeniden Canlandırma Enerji Modeli: Kullanılan bu kontrol yönteminde nem ölçer yeniden canlandırma ısını ayarlamaktadır. İklimlendirilen ortamdaki nem, belirlenen noktayı aşması durumunda kontrol mekanizması ısı ilavesi yapmaktadır. Belirlenen noktanın altında kalması durumunda ise ısıyı düşürerek nemin az çekilmesini sağlamaktadır. Düşük maliyetleri ve basit mekanizması ile avantaj sağlamasına rağmen geri bildirimini geç olması sebebiyle kullanımı dezavantajlıdır.

On-Off Yeniden Canlandırma Modeli: Sistemin açık veya kapalı olmasına dayanmaktadır. Basit bir model olması sebebiyle düşük maliyetlidir.

4.2.5. Kimyasal Nem Alma Sistemleri Etkileyen Parametreler

Kimyasal nem alma sistemlerini etkileyen çeşitli parametreler mevcuttur. Ancak en önemli parametreler; proses hava nem miktarı, proses sıcaklığı, proses hava hızı, kimyasal nem alıcı miktarı, kimyasal nem alıcının özellikleridir[24]. Kimyasal nem alma sistemlerinde belirtilen değişkenler hava durumu veya yüksekti değişimlerden etkilenmektedir.

- Kuru giren hava kuru çıkmaktadır.
- Soğuk giren hava daha kuru çıkmaktadır.
- Sıcak yeniden canlandırma havası daha kuru hava çıkartmaktadır.
- Yavaş proses hava hızı, havanın daha kuru çıkmasını neden olacaktır[23].

Proses Havası Nem Miktarı: Tüm değişkenler sabit ise kimyasal nem alıcıya düşük nemli giren hava, yüksek girene göre daha düşük nemle cihazdan çıkmaktadır[28]. Eğer gelen hava nemli ise proses havası beklenenden daha ılık çıkacaktır. Sistemin kontrol modeline göre böyle bir durumda ek bir soğutma işlemi gerekmektedir. Sisteme daha az nemli bir hava girişi olması durumunda daha az nem ile çıkacaktır bu tip durumlarda sabit nem seviyesi önemli ise daha az havanın sistemden geçirilmesi gerekmektedir.

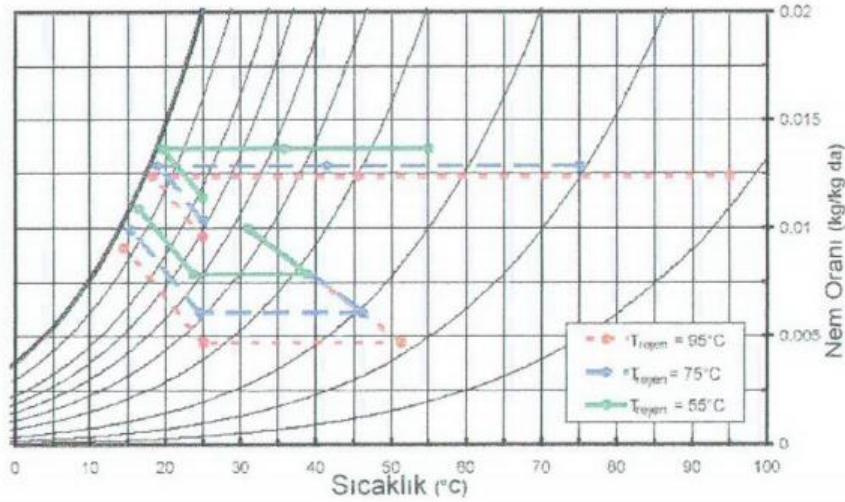
Proses Hava Sıcaklığı: Bütün değişkenlerin sabit olduğu durumda düşük proses havası sıcaklığının artması kimyasal nem alıcıdan çıkan havada daha az nem anlamına gelmektedir. Sonuç olarak proses hava sıcaklığında yaşanacak yüksek artış fazla nem anlamına gelmektedir[24].

Proses Hava Hızı: Kimyasal nem alıcıdan yavaşça geçen hava daha çok kurutulacağından ortama daha kuru hava verilmektedir. İklimlendirilen ortamda düşük nem isteniyorsa düşük hız olmalıdır. Ancak düşük hız olması yüksek maliyetli kimyasal nem alıcı tekerlek ihtiyacı oluşturmaktadır. Eğer nem alma miktarı düşük seviyelerine ulaşmak gerekiyorsa kimyasal nem alma sisteminde yüksek hızlarla küçük tekerlekli sistem denenebilmektedir. Yüksek proses havası olduğu durumlarda nem alıcı daha doymuş hale geçmektedir. Hava debisi yükseldiğinde daha büyük nem çekilmektedir ve buna bağlı olarak birim havadan çekilen nem miktarında düşme meydana gelmektedir.

Kimyasal Nem Alıcı Miktarı: Kimyasal nem alıcı miktarı sistemin nem alma kapasitesini direkt olarak etkilemektedir. Kimyasal nem alıcı miktarı arttırıldığında nem alıcı sistemin nem alma kapasitesi ve harcanan reaktivasyon enerji miktarı artmaktadır. Bu şekilde basınç kaybına ve sıcaklık artışına neden olacaktır. Bu sıcaklık artışının azaltılması amacıyla sistemde soğutmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Optimum kimyasal nem alıcı miktarı düşük rejenerasyon sıcaklığı, yavaş tekerlek dönme hızı, yüksek debi gibi sistem değişkenlerine göre ayarlanmaktadır[23].

Kimyasal Nem Alıcı Özellikleri: Nem alıcı sabit bir sıcaklıkta sabit bir emme özelliğine sahiptir. Üretici firmalar kimyasal nem alıcı seçimi sırasında belirli bir hava debisi ve tekerlek hızına göre tasarlanmaktadır[8].

Reaktivasyon Hava Sıcaklığı: Kimyasal nem alıcı sistemlerde kimyasal nem alıcı sistemden nemin atılması için dış ısı kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Nemi alınacak havanın gizli ısı kadar termal enerji gerekmektedir. Bu sebeple üretici firmalar rejenerasyon enerjisi ihtiyacını en küçükmeye çalışmaktadırlar. Sıcaklık artışı kimyasal nem alıcı sistemin nem çekme kapasitesini arttırmaktadır. Ayrıca süreçte gizli ısı kapasitesi de artmaktadır. Sistem içerisinde düşük bağıl nem önemli olduğu kadar yüksek reaktivasyon sıcaklıkları da gereklidir. Ancak sistem içerisinde bağıl nemin düşük olması önemli değilse düşük enerji seviyeli termal kaynaklar, atık ısı, kojenerasyon ısı gibi maliyeti düşük enerji kaynakları kullanılmaktadır. Bu tip uygulamalarda kimyasal nem alıcı sistem tekerlekleri büyük seçilmektedir.



Şekil 19. Rejenerasyon sıcaklığına bağlı nem alma işlemi

Reaktivasyon Hava Nem Seviyesi: Katı nem alıcı sistemler incelendiğinde bu kriter genellikle dikkate alınmamaktadır. Ancak reaktivasyon havasından proses havasına hava kaçağı olması durumunda yeni bir yük oluşumu meydana gelmektedir. Bu tip nem alıcı sistemlerde proses ve rejenerasyon havası arasında pozitif basınç oluşturularak veya yalıtım yapılarak bu yük oluşumu engellenmektedir[25].

Reaktivasyon Havası Hızı: Kimyasal nem alıcı sistemdeki tekerlek ile reaktivasyon havası arasındaki sıcaklık farkı arttıkça kimyasal nem alıcı sistemin çekeceği nem miktarı o yönde artmaktadır. reaktivasyon havasının hızlı akması daha yüksek nem çekimini sağlarken reaktivasyon sıcaklığı debi artarken sabit olması durumunda daha fazla gereksiz ısı dışarı atılacağından dolayı verim düşmektedir[25].

Katı Nem Alıcı Tekerleğin Dönme Hızı: Normal şartlarda kimyasal nem alıcı tekerleğin proses havasından reaktivasyon havasına geçmesi sırasında doymuş hale ulaşmaktadır. Aynı zamanda kimyasal nem alıcı sistem rejenerasyon sıcaklığı, rejenerasyon sektör açısı, kimyasal nem alıcı tekerleğin dönme hızı; rejenerasyondan prosese geçen kimyasal nem alıcı sistemde emilmiş olan su moleküllerinin atılmasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Kimyasal nem alıcı sistem tekerlek hızının yüksek olması proses havasından nem almada veya rejenerasyon aşamasında nem çekme işleminde kimyasal nem alıcı sistemden yeterince verim alınamamaktadır. Kimyasal nem alıcı tekerlek hızları düşük olursa doymuş nem proses havasında çok kalırken rejenerasyon kısmında yaşanacak aşırı ısıtma ile ısı boşa akıtılır ve sistemde sorun çıkmaktadır. Düşük dönme hızında ağır nem alıcı sistemin gizli ısı kapasitesi yüksek olmaktadır. Bu durumun sebebi proses havasını kurutmak için gerekli zaman çok olduğundan nem alıcıyı doymuş hale geçirebilecek bütün nemi emmektedir[23].

4.2.6. Kimyasal Nem Alma Sistemlerinde Tasarruf

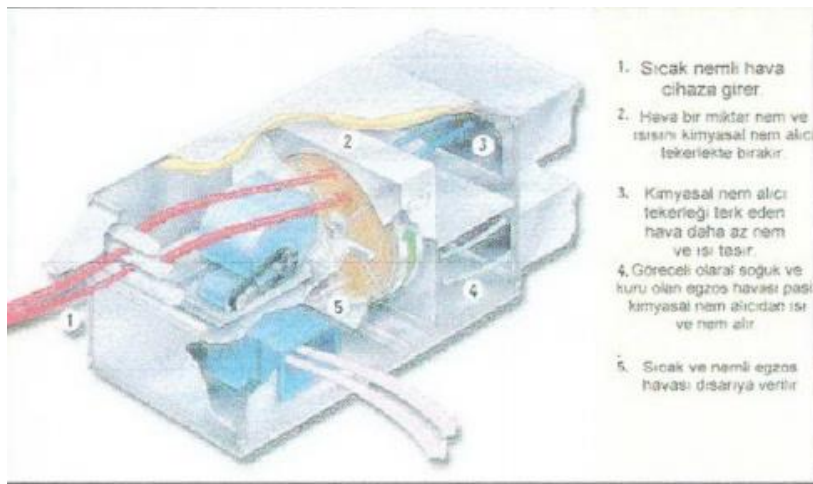
Nem alma sistemlerinde tasarruf sağlamak amacıyla bazı cihazlar kullanılmaktadır. Nem yükü cihaz seçimi ve sistemin metodolojisinde önemli bir değişkendir. Uygulamalarda artan dış hava ihtiyacı nedeniyle yüksek soğutma veya ısıtma yükleri çıkmasına bağlı olarak kullanılan sistem ebatları yüksek seçilmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek amacıyla bazı cihazlar kullanılarak sistem cihazlarının ebatlarının küçük olmasının tercih edilmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde maliyetlerin düşük tutulması sağlanmaktadır.

Enerji Koruyucu Tekerlek Teknolojisi

Dış havalandırma havası yüksek bir nem kaynağıdır. Kışın hava kuru olmasına rağmen yazın veya bahar aylarında hava nemlidir. Dış havanın sistemden geçtiği noktaya egzoz havası getirildiği durumlarda sıcak havanın soğutulması veya soğuk havanın ısıtılması sağlanmaktadır. Enerji koruyucu tekerlekler bal peteğine benzer yapıda plastik, metal ve fiberglass malzemelerden yapılmıştır.

Daha sonra kimyasal nem alıcı malzeme ile kaplanmaktadır. Bu şekilde nemi emme ve dışarı atma işlemlerini yapmaktadırlar. Hava bal peteği olukları boyunca yüksek bir direnç ile karşılaşmadan akmaktadır. Bu tekerlek egzoz havası ile ventilasyon havası arası dönmektedir [23].

Yaz döneminde havalandırma havası sıcak ve nemliyken egzoz havası soğuk ve kurudur. Havalandırma havası dönen tekerlekten geçerken ısı ve nemin bir kısmını tekerleğe bir kısmını ise kimyasal nem alıcı malzemeye bırakmaktadır. Bu şekilde havalandırma havası kuru ve soğuk hale getirilmektedir [29].



Şekil 20. Pasif kimyasal nem alıcı sistemin operasyon şeması [23]

Kış döneminde ise havalandırma havası soğuk ve kurudur. Egzoz havası tekerlekten geçerken ısı ve nemin bir kısmını tekerlek ve nem alıcı malzemeye bırakmaktadır. Daha sonra tekerlek havalandırma havası kısmına döndüğünde ısını ve nemini bırakmaktadır. Ventilasyon havası daha ılık ve nemli bir hale gelmektedir [23].

Pasif kimyasal nem alıcılar ile aktif kimyasal nem alıcılar arasındaki fark aktiflerde rejenerasyon ısı ile işlem yapılırken pasif sistemde kuru hava kullanılmaktadır. Sıcak hava daha derin kurutma etkisi yarattığından pasiflere daha az nem alınmaktadır.

Enerji tasarrufu için üç tip tekerlek kullanımı mevcuttur [23];

- Duyulur Isı Tekerlekleri: Kimyasal nem alıcı malzeme içermez, sadece ısı transferi yapmaktadır. Tekerlek; kağıt, metal, plastik gibi malzemelerden yapılmaktadır.

- Entalpi Tekerlekleri: Duyulur ısı tekerlekleri ile aynı özelliklere sahip olması ile birlikte kimyasal nem alıcı malzemede içermektedir. Duyulur ısı ile birlikte gizli ısı da çekmektedir.
- Rejenerasyon Tekerlekleri: Düşük yoğuşma sıcaklıkları gerektiği hallerde genellikle endüstriyel uygulama alanlarında kullanılmaktadır.

Egzoz havası ile havalandırma havası arasındaki nem transferi hava akımına, sunulan kimyasal nem alıcı miktarına, havanın tekerlek ne kadar hızlı geçtiğine bağlı olarak değişmektedir.

Tekerlek Derinliği: Derin tekerleklerin nem transfer oranı daha yüksektir. Çapı büyük olan sistemlerde daha sert bir yapı oluşması sağlanmaktadır. İnce tekerlekler maliyet açısından daha avantajlıdır, daha az kimyasal nem alıcı malzemeye sahip olacağından dolayı daha hızlı döndürülenlere avantaj sağlanmaya çalışılmaktadır.

Dönme Hızı: Belirli hızların üzerinde avantaj düşmektedir. Örneğin lityum klorit 10 devir/dk 'da maksimum değere ulaşmaktadır. Aynı zamanda bir çok nem alıcının verimi 20 devir/dk'da düşmektedir.

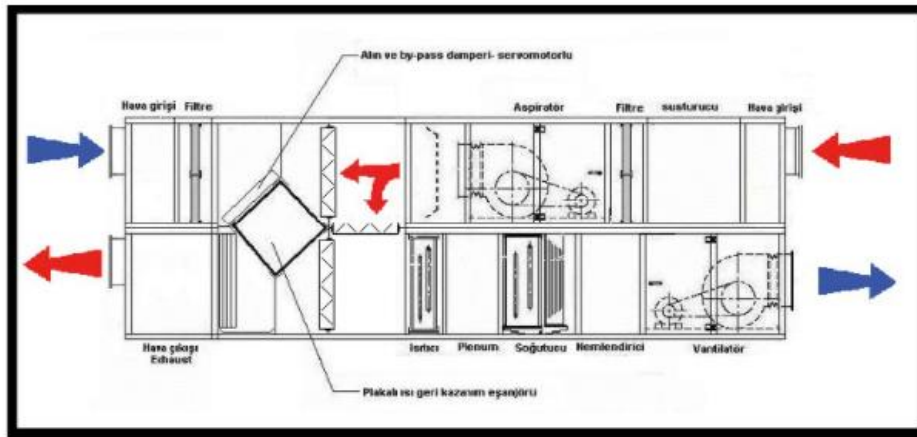
Hava Hızı: Düşük hava hızı yüksek dönme hızlarında pasif nem alıcılar iki akım arasında %90 nem transfer etmektedirler. Hava hızı yükseldikçe nem transfer potansiyeli düşmektedir.

Bir diğer husus çapraz kirletmedir. Dönüş havasındaki kirlilikler veriş havasına geçmektedir. Ticari ısıtma ve soğutma uygulamalarında ciddi bir değişken olmamasına rağmen klinik çalışmalarda hastaneler, yoğun sanayi bölgeleri, boya üretimi yapılan yerler de sağlığa tehlikeli partiküllerin olduğu uygulama alanları çapraz kirletmeye maruz kalmamalıdır [29]. Tekerleğin dönüşü ile dönüş havasından veriş havasına doğru kirletme; dönüş havasından veriş havasına sızdırmazlık elemanından kaçak olması; kimyasal nem alıcının aldığı havanın gecikmeli olarak ortama verilmesi gibi sebeplerden meydana gelmektedir.

Isı Boruları

Kimyasal veya mekanik nem alıcı sistemlerin performanslarını yükseltmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Kimyasal nem alıcılardan sonra soğutma görevinde kullanıldıkları gibi ön soğutma veya ısıtma amaçlıda kullanılmaktadırlar.

Isı boruları düşük basınçta sıvı ve gaz içeren yalıtılmış tüplerdir. Dış hava basıncından daha düşük basınca sahip olduklarından düşük sıcaklarda kaynamaktadırlar. Boruların alçak alt kısmı sıcak hava akımına yerleştirilirken üst tarafı soğuk hava akımına yerleştirilmektedir. Tüpün alt tarafı ısı aldıkça kaynamaktadır. Kaynayan sıvının buharı yukarı yönlü hareket etmektedir ve yoğunlaşmaktadır. Mekanik nem alıcı sistemlerinde ısıtma ve soğutma için kullanılırken kimyasal nem alıcı sistemlerde son soğutma amacı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 21. Kimyasal nem alma sistemlerinde son soğutma görevindeki ısı boruları

Ticari alanlarda ısı boruları iki hava akımı arasındaki sıcaklık farkının yarısından fazlasını transfer etmektedirler. Daha çok ısı transfer edilmesi için; dizide daha çok boru, kanat boşlukları daha yakın, hava hızı düşük olmalıdır.

Isı boruları ısı transferini otomatik olarak gerçekleştirmektedir. İki hava akımı arasındaki sıcaklık farkı belirleyici parametre olmaktadır. kapasite ısı boruları dizisine gönderilecek hava miktarı ile ayarlanmaktadır. Bypass damperi ile daha az hava ısı borularına gönderilerek daha az ısı transfer edilmiş olur. Sistemde daha az ısı transferi yapılması gerekiyorsa bypass yavaşça açılarak daha az hava ısı borusuna yönlendirilmektedir. Kontrolün iyi şekilde sağlanması için bypass boyunca basınç düşüşü ısı borusundaki basınç düşüşüne eşit olmalıdır. Eğer eşit olmazsa bypass damperi açılırsa havanın büyük kısmı daha az dirençli olan yolu tercih edecektir [23].

Levha Tipi Isı Değiştiriciler

Maliyeti düşük olması ile birlikte işlevsel olarak ısı borularına benzemektedirler. Ancak ısı boruları kadar ısı transferi sağlayamamaktadırlar, kanalın dizaynı sırasında esneklik sağlanamadığından süreç kolay ilerleyememektedir. Isı değiştici sistemlerde sıcak ve soğuk hava ince levhalar ile ayrılmaktadır. Isı transferleri düşük olması ve ebatsal olarak çok fazla yer kaplaması sebebiyle ısı boruları daha çok tercih edilmektedir.

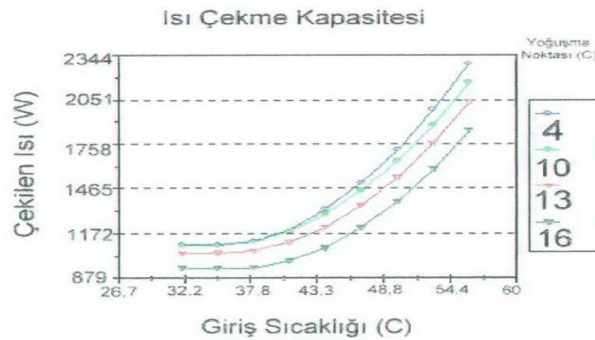
Evaporatif Soğutma Teknolojisi

Genellikle kurak iklimin olduğu bölgelerde sıcaklıkların düşürülmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu süreçte gerçek soğutma yapılmadığından sıcaklık düşerken nem oranı artmaktadır. Kuru iklimli bölgelerde yüksek debilerde başarılı soğutma sağlansa da düşük debilerde nem çok yükselmektedir.

İndirekt evaporatif soğutmada sağlam sıvı geçirmeyen kanal duvarları suyun buharlaştığı ıslan zeminle kuru zemini birbirinden ayırmaktadır. Isı kuru taraftan ıslak tarafa geçerken kuru tarafta gerçek soğutma görünmektedir.

İndirekt evaporatif sistemde proses havasının nemi artmamaktadır. Soğutmayı sağlamak için yüksek debiler gerekmemektedir. Kimyasal nem alıcıyı yeniden canlandırarak hava ikinci direkt evaporatif soğutucuda sıcaklığı düşürölüp duyulur ısı tekerleğinde proses havası için soğuk kaynak olarak kullanılmaktadır.

İndirekt evaporatif soğutuculardaki verimin artırılması amacıyla; ısı değiştiricinin ıslak tarafında geliştirilmiş ısı transferi yapılmalıdır. Hacime göre yüksek ısı değiştirici yüzeyi sağlanması gerekmektedir. Düşük yoğuşma sıcaklığında oluşturulabilecek yüksek sıcaklık farklarına bağlı olmaktadır.

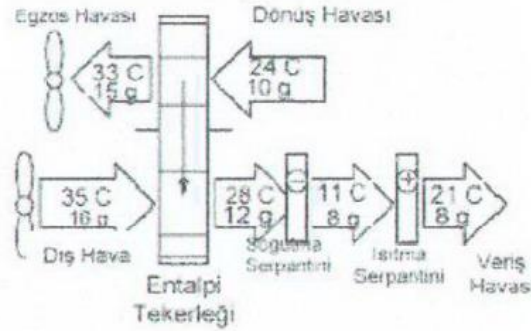


Şekil 22. İndirekt evaporatif soğutucunun ısı çekme kapasitesi

5. KİMYASAL NEM ALMA SİSTEM ÖRNEKLERİ

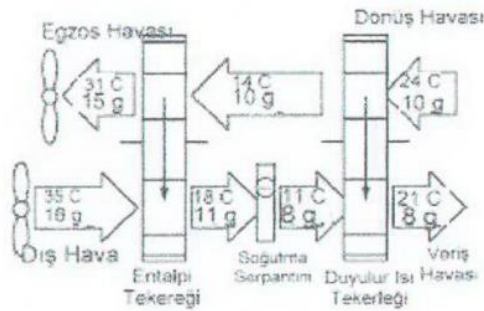
Geleneksel Soğutma Enerji Korumalı Sistem: Sistem maliyetleri düşük olmasına rağmen kullanıldığı işletme için oluşturduğu maliyetler oldukça yüksektir. Diğer kullanılan sistemler ile kolayca entegrasyon sağlanmaktadır. Kullanılan model içerisinde egzoz sistemine ihtiyaç duyulmamaktadır ayrıca sistemde ısı boruları kullanılması ile sistem performansı oldukça arttırılmaktadır. Ancak bu kimyasal nem alma sistemi ile düşük nem seviyelerine ulaşmak oldukça zordur ve havadaki sert değişimlerde kullanımı verimsiz bir sistemdir [23].

Enerji Tekerleği Soğutmalı Tekrar Isıtmalı Sistem: Geleneksel soğutmalı sisteme göre daha verimli bir sistemdir. Bu sistemlerde serpantine giren hava sabit tutulduğundan soğutma serpantinlerinin kontrolü daha kolaydır. Ancak soğutma serpantininde meydana gelen yoğuşma yaklaşım geleneksel soğutma sistemine göre oldukça düşüktür [23].



Şekil 23. Enerji tekerleği soğutmalı tekrar ısıtmalı sistem

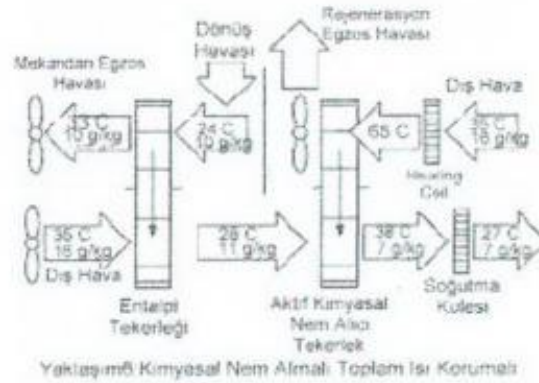
Çift Tekerlek Enerji Koruyucu Sistem: Belirtilen ikinci sisteme göre enerji verimi oldukça yüksektir. Duyulur ısı tekerleği ile verimli bir ısıtma sağlanmaktadır. Nem almak için gerekli enerji azaltılmaktadır [23].



Şekil 24. Çift tekerlekli koruyucu sistem

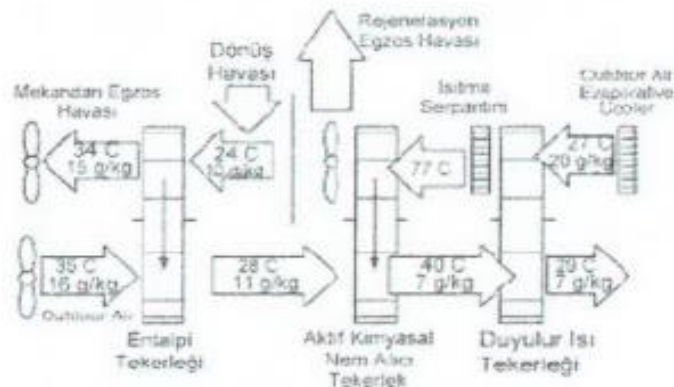
Çift Tekerlekli Kimyasal Nem Alıcılı Son Soğutmalı Sistem: Kimyasal nem alıcıyı rejenere etmek amacıyla gaz, buhar, atık ısı kullanılmaktadır. Duyulur ısı tekerleği rejenereasyon işleminde ortaya çıkan ısıyı atmak için kullanılmaktadır. Geleneksel soğutma sisteminden daha düşük bağıl nem seviyelerine ulaşmaktadırlar. Avantajlarına bakıldığında; kuru soğutma serpantinleri, yabancı partiküllerin girmemesi, azaltılmış enerjisini harcaması sayılmaktadır. Egzoz havası gereklidir ancak mecburi değildir.

Kimyasal Nem Almalı Toplam Isı Korunmalı Sistem: Düşük kurulukta hava sisteme verildiğinde çift tekerlekli sisteme göre daha az ısı ortaya çıkmaktadır. Ancak daha düşük yoğuşma sıcaklıklarında ulaşmak daha mümkündür.



Şekil 25. Kimyasal nem almalı toplam ısı korunmalı sistem

Çift Tekerlek DBC Toplam Isı Korunmalı Hibrit Sistem: Bu sistemle rejenereasyon ısısı azaltılırken COP'si diğer sistemlere göre daha yüksektir.



Şekil 26. Çift tekerlek DBC toplam ısı korunmalı sistem

1985 yılında kurulan Seibu Giken DST firması günümüzde uluslararası kurutucu nem alma tedarikçilerindedir. DST ürün gamı özellikle ticari ve endüstriyel uygulamalarda nem problemlerini çözmek amacıyla özel olarak tasarımlar yapmıştır. Modeller [23];

RecusorbR: Enerji harcamasını azaltıcı sistemiyle çok düşük nem seviyelerine inilebilmektedir. Rejenerasyon sırasında duyulur ısı rotor malzemesi tarafından emilmektedir temizleme sektörüne bu ısı transfer edilerek gelen rejenerasyon havası ön ısıtılmaktadır ve nem seviyesi düşürülmektedir. Böylece uygun rejenerasyon sıcaklığına ulaşmak için gerekli ısı miktarı azdır.

RecusorbDr: Kuru ve ıslak hava için tek fana sahiptir. Bu özelliği iklimlendirilen ortamın basınçlandırılmasına kolaylık sağlanmaktadır.

Consorb: Temel kimyasal nem alma işlemidir. Proses havası tekerleğe gönderilmektedir. Havadaki nem kimyasal nem alıcı malzemeye bırakılmaktadır. Kuru hava nem alıcıyı terk ettikten sonra tekerlek rejenerasyon kısmına dönerken sıcak rejenerasyon havası kimyasal nem alıcıyı kurutmaktadır. Bu tip sistemler çok nemli iklime sahip veya düşük rejenerasyon sıcaklığı kullanılacak uygulamalarda kullanılmaktadır.

Frigosorb: Islak havayı dışarı atmanın zor olduğu uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu sistemlerde ısı pompası olması sistemin en önemli özelliğidir. Isı pompası iç havayı ısıtarak kimyasal nem alıcıyı kurutmaktadır. Nemlendirilen hava ısı pompasında soğutulur ve nemi alınmaktadır. Geride kalan nem kimyasal nem alıcı sistemde alınmaktadır. Normal kimyasal nem alıcı sisteme göre enerji kullanımı oldukça düşüktür.

Econosorb: Frigosorb modeline benzemektedir ancak ıslak hava buharlaştırıcıdan geçmemektedir. Normal kimyasal nem alıcı sistemlerin çok daha altında enerji kullanımı ile çalışmaktadır.

Aquasorb: Sistemde ıslak hava egzozuna gerek yoktur. Hem kimyasal nem alıcı sistemden çıkan kuru hava hem de yoğuşturucudan çıkan ılık hava büyük tek bir hava oluşturmak için toplanmaktadır.

6. KİMYASAL NEM ALMA SİSTEMLERİ UYGULAMA ALANLARI

Aktif kimyasal nem alıcı sistemler derin nem alma özelliğine sahiptirler. Bu nedenle endüstriyel ve ticari anlamda bir çok alanda kullanımları yüksektir. Özellikle hastane, sağlık kuruluşları, araştırma kurumları gibi ortam durumunun önem arz ettiği alanlardaki kullanımları daha önemlidir. Endüstriyel veya ticari alanlarda kimyasal nem alma sistemlerinin asıl kullanılma sebepleri yüksek dış hava ihtiyacı ve nem seviyesinin %50 seviyesinin altında tutulması gerekmesidir. Ayrıca bu süreç boyunca işletme maliyetlerini ve ilk yatırım maliyetlerini düşük tutmak gerekmektedir.

a. Hastaneler

Nem kontrolünün en önemli olduğu ortamlardan biri hastanelerdir. Bakteri, antraks, lejyoner gibi havadan bulaşan mikroplar hastalıklara neden olmaktadır. Çalışmamızın başında nem sebebiyle ortaya çıkan bakteri, akar vb. organizmalardan bahsedilmişti. Dolayısıyla organizmalar için uygun ortamın sağlanmaması amacıyla özellikle sağlık kuruluşlarındaki bağıl nem oranlarının %40-70 seviyesinde tutulması gerekmektedir. Hastane gibi ortamlarda yüksek hava değişiminin gerektiği ve bağıl nemin belirli bir oranda tutulması gerektiği bilinmektedir bu şekilde nem kontrolü ihtiyacı azaltılmaktadır.

Kimyasal nem alma sistemleri kullanılırken; nemi alınan havanın etkisiyle serpantinlerin kuru kalması ve yüksek verimli filtreler kullanılarak hava debilerinde düşük kalması durumları meydana gelmektedir.

Hijyen ortamının mecburi sağlanması gereken hastane gibi ortamlarda mikrop üremesine ortam hazırlayan geleneksel soğutma yöntemleri tercih edilmemelidir. Geleneksel yaklaşımlardaki en önemli problem soğutma serpantininden sonra yoğunlaşmış halde bulunabilecek havanın filtreyi ıslatması ve mikrop üremesine uygun zemin hazırlamasıdır. Dolayısıyla geleneksel yöntemlerin kullanılması durumunda ısıtıcı serpantin bulunması gerekmektedir. Ancak kimyasal nem alma sistemlerinde soğutma serpantininden ayrılan hava filtreyi ıslatmamaktadır ve bu durumun sonucunda mikrop oluşumu azaltılmaktadır.

Hastane gibi yoğunluğu yüksek elektronik aletlerin bulunduğu, bulaşıcı hastalıkların önüne geçmek için sağlık çalışanlarının giydiği koruyucu kıyafetlerin giyilmesi durumları ve ameliyat yapılan alanlarda düşük sıcaklıkların sağlanması gerekmektedir. Kimyasal nem alma sistemleri sayesinde ortamın sıcaklığı 17-20 derecede tutulurken bağıl nem %40-50 seviyelerinde tutulmaktadır [23].

b. Bakım Odaları

Kritik bakıma muhtaç veya yaşlı bakımları için kullanılan ortamlarda hastane kuruluşlarına benzer ortam özelliklerine sahip olmalıdır. Bu ortamlarda bakıma muhtaç hastalıkların bakımı yapılması veya yaşlılar gibi hızlı mikrop kapan zayıf bünye bakımları yapılması dolayısıyla nem kontrolü ve iç hava kalitesi önem arz etmektedir. Bu ortamlardaki fark ise bazı durumlarda kişilerin konforlarının arttırılması amacıyla yüksek sıcaklıklara çıkılması gerekmektedir ancak bağıl nem oranları %50 civarında tutulmaktadır. Yüksek miktarda dış hava kullanılarak nem kontrolü sağlanmaya çalışılmaktadır.

c. Oteller

Oteller de genellikle hastaneler ve bakım odalarındaki gibi kritik öneme sahip kişiler konaklamadığından nem kontrolü de aynı kritik öneme sahip olmamaktadır. Ancak yine de otellerin tercih edilebilirliğini direk etkileyen kişilerin konfor ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla nem kontrolü önem arz etmektedir. Otel odalarındaki duş ve iklimlendirme araçlarına bağlı olarak nem kontrolü sağlanması daha zordur. Oteller içerisinde nem alma sistemlerinin düzgün çalışmamasına bağlı olarak küf ve mantar oluşumları meydana gelmektedir. Bu durumlar otellerin müşteri kaybına sebep olmasına bağlı olarak iç hava kalitesini ve nem seviyesini sabit tutmak amacıyla çeşitli nem alma sistemleri kullanmak gerekmektedir.



Şekil 27. Nem alma-soğutma sistem örneği

d. Okullar

Özellikle küçük yaş grubunun eğitim gördüğü okullarda mikrop, enfeksiyonlu hastalıklar, grip ve astım gibi hastalıklar yıllar içerisinde artmaktadır. Ülke genelinde çok sayıda okul yapılmasına rağmen okulların havalandırma sistemlerine yeterli önem verilmemiştir. Kimyasal nem alma sistemleri kullanılmayan okullarda havanın temizlenememesine bağlı olarak hava yoluyla bulaş olasılığı oldukça yüksek hastalıklar okullarda eğitim gören çocuklara hızlıca nüfuz etmektedir. Özellikle nem seviyesi yüksek bölgelerdeki okullarda kimyasal nem alma sistemlerinin kullanılması fazladan önem arz etmektedir. Buna bağlı olarak maliyetlerin düşürülmesi amacıyla pasif kimyasal nem alma sistemlerini rejenere etmek amacıyla egzoz havaları kullanılmaktadır [23].

e. Araştırma Kurumları

Özellikle kimya ve biyoloji alanlarındaki araştırmaların yapıldığı alanlarda kimyasal nem alma sistemleri büyük önem taşımaktadır. Sürekli maruz kalındığında çalışan kişilerin sağlığına direkt etkisi olacağından dolayı sistem içerisinde sürekli olarak dış hava gerekliliği olmaktadır. Bu seviyelerin sağlanması amacıyla bazı durumlarda öncelikle aşırı soğutma işlemi yapılarak daha sonra ısıtma işlemleri yapılmaktadır. Rejenerasyon enerjisi kullanılarak düşük maliyetli kimyasal nem alma sistemleri kullanılmaktadır. Çalışan kişilerin sağlıklarını olumsuz etkileyecek hava içerisindeki olumsuz partiküllerin çekilmesi amacıyla kimyasal nem alma sistemleri belirli aralıklar ile hava içerisindeki kirleticileri ölçmektedir. Bu kirleticilerin havadan çekilmesi gerekmektedir ve bu nedenle sistem içerisinde bir çok fan sistemi kullanılmaktadır [23].

f. Satış Dükkanları

Süpermarketler için genellikle yeniden canlandırılmış kimyasal nem alma sistemleri kullanılmaktadır. Ancak küçük esnaf olarak nitelendirilen satış dükkanlarında kimyasal nem alma sistem kullanımları yeterince yaygın değildir. Oysaki kimyasal nem alma sistemleri özellikle soğuk raflarda ürünlerin sıcaklıklarının belirli bir seviyede tutulması için gerekli bir yöntemdir. Ürünlerin belirli bir sıcaklığın altına düşmesi ürünlerde donma olayına sebep olmaktadır. Nem seviyesi düşürülerek donma olayının önüne geçilmektedir. Kimyasal nem alma sistemlerinin uygulamalarının düşük olmasının sebebi kompresörlü iklimlendirici cihazların kullanımının yoğun olmasıdır. Hibrit kimyasal nem alma sistemleri ile bu alanlardaki kullanımlarının artırılması hedeflenmektedir [23].

g. Arşiv Depoları

Bağıl nem depolanan doküman ve filmlerin bozulmasında önemli bir etkidir. Dökümanlarda oluşan sararmalar genellikle küf ve mantar gibi oluşumlarına artmasına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Daha önceki çalışmalardan bilindiği şekilde küf ve mantar oluşumu yüksek bağıl neme bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Depolanan ürünlerin malzemelerine göre kimyasal nem alma sistemleri değişmektedir. Örneğin film depolarında 4 derece sıcaklık ve %35 seviyelerinde nem yeterli görülmektedir [23].

h. Otomotiv Sektörü

EPA tarafından yapılan testlerin geçilmesi amacıyla otomotiv firmaları rüzgar tünelleri, yağmurlu zemin, dinamotreler ile araçlarını testlere tabi tutmaktadırlar. Bu şekilde araçların hava şartlarındaki uygunlukları test edilmektedir. Test koşullarının gerçek hayatı yansıtması amacıyla donma sıcaklığının altında sıcaklıklar ile uygulama testleri yapılmaktadır. Serpantinlerde oluşabilecek donmanın engellenmesi amacıyla kimyasal nem alma sistemleri kullanılması gerekmektedir.

Aynı zamanda araçların bir kaza anındaki reaksiyonları da testlere tabi tutulmaktadır. Sürücülerin bir kaza anında aldıkları hasarı en aza indirmek amacıyla sürekli iyileştirmeler yapılmaktadır. Bu süreçlerde araçlar en önemli noktalardan biri ön cam sağlamlığıdır. Cam ve plastikten oluşmaktadır. Plastik berrak yapıdadır ve iki cam arasında ince tabakalar ile koyulmaktadır. İnce tabakalara ayrılma işleminde nemin cam tabakaları arasına girmemesi amacıyla kimyasal nem alma sistemleri kullanılmaktadır. Nemli bir ortamda çalışma yapılması durumunda ön camda yoğuşma meydana gelmektedir ve bu durumun önüne geçmek amacıyla kimyasal nem alma sistemleri kullanılmaktadır [23].

ı. Uçak Sanayi

Uçak ve mekik gibi hava veya uzay gibi ortamlarda çalışan araçların yalıtımlı operasyonel parçaları gibi normal şartlarında üretilmiş ve soğuğa maruz kalacak parçalar için gizli yoğuşmaya karşı önlem alınması gerekmektedir. Nem kontrolü yapılmadan üretilen parçalarda gizli kalan nem miktarı yükselerek çıkıldıkça soğuk havalarda yoğuşacağından korozyon ve farklı operasyonel sorunlara neden olmaktadır. Üretim alanında, parçaların depolama alanlarında ve uçakların park alanlarında oluşturulacak nem seviyesi, uçuş sırasında karşılaşılabilecek ortamlara göre ayarlanmaktadır.

Şu anki araştırmalar nemi alınan havanın uçaklara verilerek uçakların yoğuşmaya karşı korunması için devam etmektedir. Kuru hava ile elektronik cihazların yoğuşma ihtimallerinin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca kuru hava ile uçakların iç ve dış isketleri arasındaki yoğuşma azaltılarak uçakların kullanımının uzun ömürlü olması sağlanmaktadır [23].

i. Elektronik Üretimi

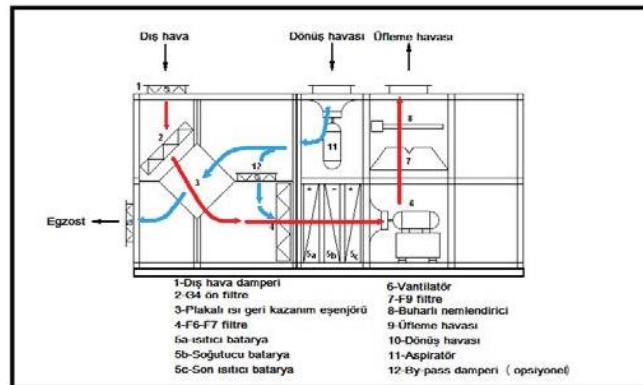
Korozyona neden olan yoğuşma, ortamda hızlıca meydana gelmektedir. Bazı ürünler bu sebeple üretimde fireye ayrılmaktadır. Kimyasal nem alma sistemlerinin bu üretim alanlarında kullanılarak korozyon ihtimalinin azaltılması gerekmektedir.

j. Pil Üretimi

Nem bulunan ortamlarda lityum reaktif bir maddedir. Pil üretim odalarında yoğuşma sıcaklıklarının düşük tutulması gerekmektedir. Üretim odalarındaki nem miktarının yükselmesine bağlı olarak pillerin kalitesi düşmektedir. Bu sebeple pil üretimlerinde kimyasal nem alma sistemleri kullanılmaktadır.

k. Steril Odalar

Bilimsel aletler, ilaç üretimi, tıp aletleri için tasarlanan steril odaların hava dağıtım kanallarında, üretim alanlarında, soğuk noktalarda meydana gelecek yoğuşmaların bakteriyel üreme, küf ve mantar oluşumlarına neden olmaması ve odalarda çalışan kişilerin konfor şartlarının yüksek tutulması amacıyla nem seviyesi kontrol altında tutulmaktadır. Steril odalar genellikle 21 derece sıcaklık seviyelerinde tutulmaktadır. Bağıl nem oranları ise steril odaların kullanım oranlarına göre değişiklik göstermektedir [23].



Şekil 28 . Temiz oda uygulaması

l. Şeker Üretim Alanları

Şeker, kuru toz, sert şekerler, çikolataların üretimlerinde soğutma tünelleri, hızlı paketleme cihazları için nem kontrolü gerekmektedir. Nemli bir ortamda üretim olması durumunda hızlı paketleme aletlerinde yapışmalar oluşmaktadır. Bu sebeple üretim durdurularak yapışma olan alanların temizlenmesi gerekmektedir. Bu durumların yaşanmaması amacıyla bu tip makinaların çalıştığı ortamların neminin sürekli olarak alınması gerekmektedir. Bu ortamlarda gerekli bağıl nem oranları %25-35 seviyelerindedir. Ayrıca nem alma işlemine bağlı olarak ürünlerin kalitelerinde artış olduğu yapılan araştırmalar ile gösterilmiştir.

m. Depolama Alanları

Makine parçaları, türbinler gibi çeşitli aletler korozyonun sebep olduğu neme karşı korunmaktadır. Malzemelerin neme bağlı korozyonu değişiklik göstermekle birlikte genellikle %50 seviyelerinde tutulmaktadır. Korozyon oluşumu düşük sıcaklıklarda daha düşük ve yavaştır. Metallerin malzeme türlerine göre korozyon süreçleri değişkenlik göstereceğinden depolanan malzemeler dikkate alınarak kimyasal nem alma sistemleri tercih edilmektedir [22].

n. Kontrol Odaları

Endüstriyel prosesi veya HVAC sistemlerini kontrol eden yüksek teknolojiye aletlere sahiptir. Nemli bir ortamda bulunan kontrol odaları yoğuşmaya bağlı olarak kontrollerde kısa devre oluşumuna sebep olacağından odanın nem seviyeleri düşük tutulmalıdır ve bu sebeple kimyasal nem alma sistemler tercih edilmektedir [23].

o. Çevresel Odalar

Bu odalar ile değişken veya sabit çevresel şartlar yansıtılmaktadır. Kimyasal nem alma sistemleri ürünleri test ederken nem seviyesinin düşürülmesi veya nemin sabit tutulması amacıyla kullanılmaktadır. Genellikle kullanılan kimyasal nem alma sistemi 10-26 derece sıcaklık ve 10-90 arasında değişen bağıl nem ile istenen koşulları sağlayabilecek şekilde tercih edilmektedir [23].

ö. Buz Odaları

Buz alanlarında yoğuşma ve sis yaşanmaması amacıyla nem sürekli kontrol edilmelidir. Yüzeyde buz havadaki nemin yoğuşmasıyla oluşmaktadır. Buz alanı ile ilgili uygulamalarda bulunan alanlardaki sıcaklık değerleri değişiklik göstermektedir. Örneğin buz pateni alanları için -2 derece sıcaklıklardaki yumuşak buz tercih edilirken; hokey oyun alanları için ise -5 derece sıcaklıklardaki sert buz tercih edilmektedir. Ortamdaki nem yükü ise izleyicileri, ortam havası ve havalandırma havasına bağlı olarak artış göstermektedir. Buz alanlarındaki yoğuşmanın engellenmesi amacıyla %30 civarında bağıl neme ihtiyaç duyulmaktadır. Buz alanlarındaki süreçlerin kontrol edilmesi amacıyla kimyasal nem alma sistemleri kullanılmalıdır ancak nem alma sistemlerinin kullanılması da kesin çözüm olmayacaktır [22].

p. Döküm Sanayi

Kalıp hattının neminin alınması su bazlı kalıp siliplerinin daha kolay kurumasını sağlayacağından üretimi olumlu yönde etkilemektedir. Bu nedenle ortamdaki bağıl nemi sürekli olarak kontrol noktası alınması gerekmektedir. Bağıl nem seviyelerini belli bir oranda tutmak amacıyla nem alma sistemleri kullanılmaktadır. Döküm süreci veya kalıpların test edilmeden önce ortamın mutlaka nem alma sistemleriyle kurutulması gerekmektedir[23].



Şekil 29. Çelik sanayisinde kurutma cihazı kullanım örneği

r. Laboratuvarlar

Kalite kontrolü, deney süreçleri, malzemelerin özelliklerinin incelenmesi gibi durumlarda araştırmacılar sabit sıcaklık ve sabit nem değerlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Kimyasal nem alma sistemleri ile malzeme ve karakteristiklerine göre sabit bağıl nem veya sabit yoğuşma sıcaklığını sağlamaktadırlar [23].

s. Cephane Üretim Sanayi

Cephane üretimleri sürecinde nem kontrolü yapılmak zorunludur. Savaş alanlarında cephanelerin en doğru şekilde işlevlerini göstermeleri hayati önem taşımaktadırlar. Ancak ıslak, rutubetli barut silahların düzgün çalışma süreçlerini engellemektedirler. Roket üreticisi firmalar 20 derece sıcaklık ve 2 g/kg nem oranında havaya ihtiyaç duymaktadırlar. Askeri silah üretimi süreçlerinde özel önlem ve dizayn şarttır. Nem alma sistemlerinde kullanılan cihazların da dikkatle seçilmesi gerekmektedir. Kıvılcım çıkarmayan fan, kemer veya kıvılcım çıkarmayan motor cihazlar kullanılmaktadır [23].

ř. Eczacılık

İlaç sanayi süreçlerinde pil, eriyen tablet, kapsül ve tablet üretimleri oldukça yüksektir. Bu üretim süreçlerinde sadece ilaç değil nişasta, şeker gibi dondurucu malzemeler de ihtiva eden higroskopik tozlar üretilmektedir. Nem alma işlemlerinde toz üretiminde, bu tozların pnömatik taşımasında, tablet hale getirilmesinde, paketlenmesinde, araştırma çalışmalarında ve laboratuvarlarda kullanılmaktadır. Nemi alınmış hava yardımıyla tablet kaplamaları daha hızlı kurumaktadır. İlaç sanayi süreçlerinde bazı kanunlar mevcuttur. Bu kanunlara göre 22 derece sıcaklık ve %30-50 bağıl nem şartlarına uyulması gerekmektedir. İlaç sanayisinde çalışan kişilerin giysilerinin özel olması sebebiyle ortam sıcaklığı da önem arz etmektedir. Ortam ve üretim süreçlerinde kullanılan kimyasal nem alma sistemleri ile üretim arttırılarak daha kaliteli tablet üretimleri yapılmaya başlanmaktadır. Kimyasal nem alma sürecinde egzoz havasının taze havayla yer değiştirmesi gerekmektedir. Taze havanın nemi dönüş havasıyla birleşmeden önce alınmalıdır. Bu şekilde ebatları küçük nem alma sistemleri kullanılarak maliyetlerin düşürülmesi sağlanmaktadır [23].

t. Su Dağıtım Tesisleri

Ortam havasının yoğuşma sıcaklığı, soğuk su taşıyan su borularında terlemeye neden olmaktadır. Bu durumun önüne geçilmesi amacıyla nem sürekli kontrol altında tutulmalıdır. Bazı su kaynakları 2 derece soğuklukta olabilmektedir. Kuyu sular genellikle 10 derece sıcaklıklarındadır. Yaz aylarında hava yoğuşma sıcaklığı 18-22 derece sıcaklık seviyelerindedir. Bu sıcaklıklarında yoğuşma oluşmaktadır. Yoğuşma çatlamalara ve koruyucu soyulmasına ve ilave bakım maliyetlerine neden olmaktadır [23].Kırılmış boru, kasırgalar, şiddetli yağmurlar, su taşkınları binalara ve binaların içerisindeki malzemelere hasar vermektedirler. Kimyasal nem alma sistemleri ıslanan binayı ve ürünleri daha hızlı şekilde kurumaktadır. Kimyasal nem alma sistemlerinin olmadığı bir yerde benzeri olay yaşandığı durumlarda evdeki tadilat ve malzeme değişimleri kimyasal nem alma sistemlerinden daha pahalıya mal olacaktır.

u. Ambar

Ham malzemeler, üretimden çıkmış ürünler, dağıtım yapılacak ürünlerin depolanma koşulları ayrı bir öneme sahiptir. Kontrol edilmeyen sıcaklık ve nem depolanan ürünlerin görünüşünü, performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Üründe sorunlar yaşanabileceği gibi ürünlerin paketlerinde de olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Paketler nemi emmektedirler. Nemi emen karton kutular taşıma sırasında ürünün düşmesine ve hasar görmesine sebep olmaktadır. Ayrıca depolanan ürünler metal ve türevleri ise neme bağlı korozyon meydana gelmektedir. Dolayısıyla ambar gibi depolama alanlarında kimyasal nem alma sistemleri kullanılarak ortam istenilen koşullara getirilmektedir.

ü. Isıyla Dayanıklı Ürün Süreçleri

Nemi alınmış havadan kurutma operasyonunda pürüzsüz ürünlerin elde edilmesinde yararlanılmaktadır. Aynı koşulların sağlanması iyi kalitede ürünlerin elde edilmesine ve yüksek üretim kapasitelerine ulaşılmasına sebep olmaktadır. Dış hava koşullarına bağlı olmaksızın istenen nem seviyesi sağlanmaktadır [23].

v. Ürün Korumaları

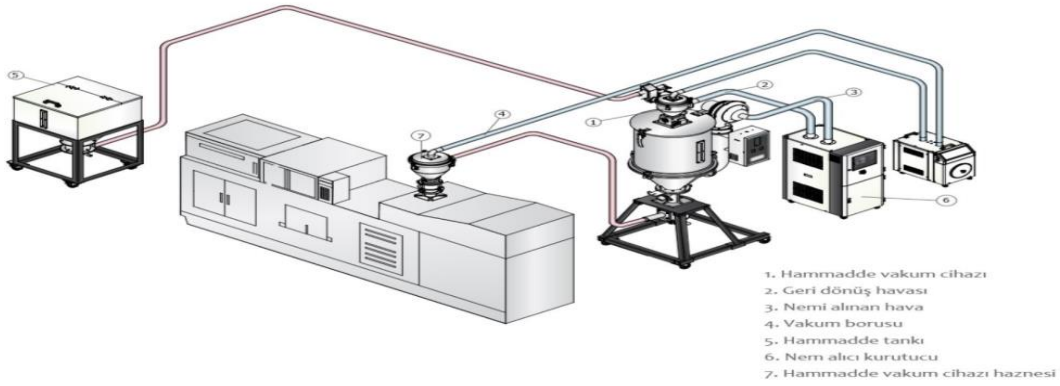
Korunulan ürünlerin bozulmaması amacıyla kimyasal nem alma sistemlerini müzedeki eserlerin, film, kitap, gemi, uçak veya dökümanların korunması için kullanılmaktadır. Kimyasal nem alma sistemleri ürüne göre değişmektedir.

y. Lastik Kauçuk Ürünlerinin Geri Dönüşümü

Lastik ürünleri küçük parçalara ayrılmaktadır. Daha sonra bu küçük parçaların işlemlere tabi tutulmasıyla birleştirilmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir. Yüksek basınç altında lastik ürünler eritilmektedir. Sistem içerisinde soğutma ile parçaların aşırı ısınması engellenmektedir. Kimyasal nem alma sistemleri kuru serpantinler oluşturularak olumsuz dış koşullarda donma olayları olmadan sistemin çalışması sağlanmaktadır [23].

z. Plastik Enjeksiyonu

Nem alma işlemleri ile dış hava şartlarına bağlı meydana gelebilecek yoğuşmayı engelleyerek yüzeydeki kabarcıklar ve bitmiş hatalı ürün ihtimali ortadan kaldırılmaktadır. Genellikle bu süreçlerde yüksek soğutma kapasitesi nedeniyle glikol tercih edilmektedir. Soğutulmuş su kalıp soğutma ceketinde 7-8 derece sıcaklık arasında olmaktadır. Döküm esnasında etrafını saran havanın yoğuşma sıcaklığı soğutucu akışkanın sıcaklığından daha düşük olmalıdır. Döküm makinasında havanın nasıl dağıtılacağı da hava debisi ile ilgilidir[23].



Şekil 30. Plastik endüstrisinde kullanılan sistemler

w. ay Fabrikaları

Nem-alıcılı ve buharlaşma-soğutmalı (NABS) hava şartlandırma sistemleri ülkelerin coğrafik ve iklim şartlarına bağlı olarak değişik şekillerde yaygınca kullanıldığı görlmektedir. Bu sistemlerde nem alma işlemleri katı veya sıvı higroskopik malzemelerin üzerine işlem havasının üflenmesiyle gerçekleştirilmektedir.

Mevcut ay endüstrilerindeki atık ısıların veya değişik şekillerdeki enerjinin bu tip soğutma sistemlerinde kullanılmasıyla yaz aylarında ortam ve yaşam mahallerinin iklimlendirmesinde kullanılması, termodinamik kullanılabilirliğinin alt ve üst limitleri belirlenmesi amacıyla nem alma sistemleri kullanılmaktadır. ay fabrikalarından atılan atık havanın doğrudan rejenerasyon havası olarak kullanılması dış havanın neminin konfor şartlarına getirilmesinde büyük katkı sağladığı görlmektedir [9].



Şekil 31. ay fabrikasında nem alma uygulaması

7. MALİYET ANALİZİ

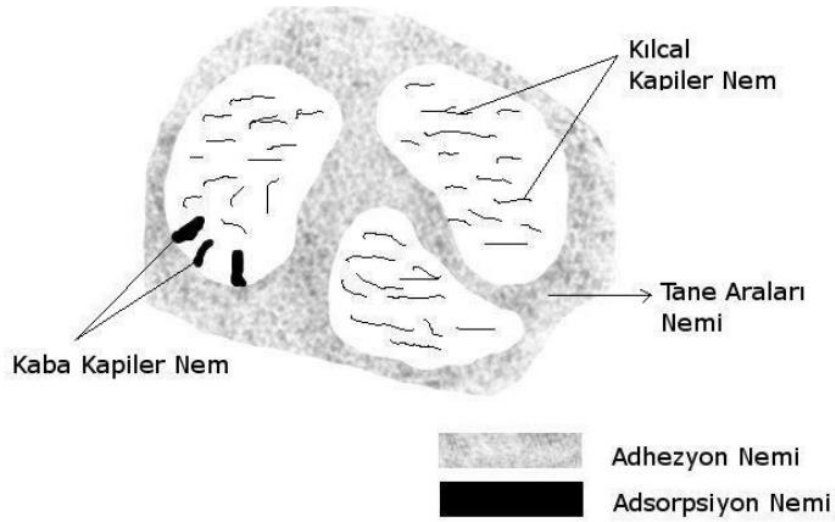
Endüstri incelendiğinde nem alma, nem kurutma işlemleri bir çok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Daha önceki kısımlarda da belirtildiği şekilde; hastaneler, laboratuvarlar, steril odalar, döküm sanayi, otomotiv sektörü gibi canlı bir çok alanda nem seviyesindeki yükselmeler sorun yarattığından dolayı nem alma sistemleri kullanılmıştır. Nem alma sisteminin kullanıldığı bir diğer alan ise termik santrallerdir. Termik santrallerde kullanılan kömürün de kurutulması gerekmektedir. Kömürün yapısında bulunan nem, kömürü fiziksel, kimyasal ve ekonomik açıdan etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Kömürleşme derecesi düştükçe kömür içerisinde bulunan nem miktarı artmakta ve bazı genç kömürlerin yapısı ağırlıklı olarak nemden oluşmaktadır. Ülkemizdeki mevcut kömür kaynaklarının büyük bir kısmı genç kömürlerden meydana gelmektedir. Santrallerdeki kullanılan kömürlerin elementel analizinden yola çıkılarak, kömür bünyesinde bulunan nemin azaltılması sonucu elde edilecek kazanımlar araştırmacılar tarafından incelenmektedir. Kömürün kurutulmasının santral performansı üzerine etkisi böylece teorik olarak analiz edilmektedir [30].

Santrallerdeki kömürün kurutulmasına bağlı olarak hazırlanan bir tez içeriğinde; teorik hesaplamalarda kömür neminin azaltılmasına bağlı olarak kömürün alt ısıl değeri artmıştır. Kömürün alt ısıl değerinin artmasına bağlı olarak kazan verimi artmış buna bağlı olarak daha az yakıt kullanılarak istenilen kazan sıcaklıklarına ulaşılması söz konusu olmuştur. Giren yakıt miktarındaki azalmaya bağlı olarak değirmenlerin ve fanların harcamış olduğu enerji miktarı azalmış ve bacadan çıkan emisyon miktarında da kayda değer düşüşler meydana gelmiştir [30].

Kömürler, kömürleşme derecelerine göre farklı oranlarda nem içermektedirler. Ocak çıkışında taş kömürü %1-3,sert linyitler %20-30,yumuşak linyitler %40-60,turbalar ise %60' ın üzerinde nem içerirler. Buradan kömürleşme derecesinin kömür nemi içeriğindeki önemi anlaşılmaktadır. Kömürleşme derecesi arttıkça kömürdeki nem miktarı azalmaktadır.

Kömürün yapısında bulunan nem miktarı kömürü fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Bundan dolayı rutubet miktarının yapılan analizlerde belirlenmesi önemlidir. Özellikle kömürün nem oranının bünye neminin altına düşürüldüğü durumlarda, artan öğütülebilme ve pülverize edilebilme özelliğine bağlı olarak kömürün kalitesinin de önemli ölçüde artacağı belirlenmiştir [31].

Kömürde bulunan nem kimyasal olarak bağlı nem, absorbe edilen nem ve mekanik kuvvetler sonucu tutulan nem olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Kimyasal olarak bağlı nem, kömürün temel bileşenleri arasında olup kimyasal reaksiyonlara bağlı olarak oluşmakta ve daha güçlü bağlara sahip oldukları tahmin edilmektedir. Kömür içeriğindeki miktarı da oldukça düşüktür. Absorbe edilen nem yani fiziksel nem, su molekülleri ile kömür gözenek yüzeyleri arasındaki etkileşim sonucu oluşmuştur ve bu yüzeyler arasında ince bir tabaka halinde bulunmaktadır. Bu tabaka, yüzeyin durumuna göre şekil almakta ve kömür içerisindeki nemin en büyük kısmını oluşturmaktadır. Mekanik kuvvetler sonucu kömürde tutulan nem büyük boyutlu çatlaklar, kılcallık ve yüzey gerilim kuvvetleri etkisiyle kömür içeriğinde tutulan sıvıdan oluşmaktadır ve diğer nem içeriklerine göre daha serbesttir [32].



Şekil 32. Kömürün nem içeriği

Kömürdeki nem alma işleminin getirdiği faydalar incelendiğinde; yakıt harcamalarında azalma, kül yok etme maliyetlerinde azalma, emisyon miktarında azalma, santral yedek gücünde azalma, su tasarrufu, fan harcamalarında azalma, bakım maliyetlerinde azalma gibi sonuçları görülmektedir.

Kömürün pülverize edilmeden önce termik santralin atık ısıyla kurutulması santralin ekipmanları üzerindeki net ısı akış oranının artmasıyla sonuçlanır. Bunun sonucunda, ısı oranındaki iyileşmeye bağlı olarak üretilen brüt güç artar. Net ısı akışı oranı giren yakıt miktarıyla doğrudan bağlantılıdır [33]. Ayrıca bu durum kurutma sistemlerinin maliyet açısından incelenmesinde önemli bir parametredir.

Kömür nem alma işlemlerindeki faydalar incelenerek sonucunda maliyet olarak sağladığı avantajlar matematiksel olarak değerlendirilmektedir. Kurutma işlemi sonucu santrale giren yakıt miktarındaki azalma miktarı;

$\Delta F_s = F_{ilk} - F_{son}$ (ton) formül hesabı ile bulunmaktadır.

Santralin kullandığı kömürün birim ton fiyatı (ΔP) 70 TL kabul edilerek, bu işlemde elde edilecek ekonomik kazanım miktarı da hesaplanmaktadır;

$$\Delta MY = \Delta F_s \times \Delta P \text{ (TL)}$$

Ayrıca sistem içerisinde yakıt miktarıyla orantılı olarak değirmenlerin yaptığı işte azalma olmaktadır. Hatta bazı durumlarda değirmenlerden bazılarının devre dışı kaldığı görülmektedir. Buna göre bir değirmenin devre dışı kaldığı düşünülerek elde edilecek ekonomik kazanımlar hesaplanmaktadır. Burada ΔND değirmenin gücü ve KF kullanım faktörü olarak alınırsa, değirmenin yıl boyunca harcadığı güç (ΔNDT);

$$\Delta NDT = \Delta ND \times KF \times 8760 \text{ (KWeh)} \text{ şeklinde hesaplanmaktadır.}$$

Hesaplanan bu değer santralde tüketilmeyecek işi ifade etmekle beraber sağlanan ekonomik tasarrufu temsil etmektedir. Bu mali kazanım elektrik birim fiyatının (ΔMe) bilinmesiyle hesaplanmaktadır;

$$\Delta MD = \Delta NDT \times \Delta Me \text{ (TL)}$$

Giren yakıt miktarındaki azalmaya bağlı görülen bir diğer iyileşmede yakıtla birlikte girecek olan hava miktarındaki azalmadır. Giren hava miktarındaki azalma sonucu fanlar daha az iş yapacak yani harcadıkları güç azalacaktır [30].

Kömürün kurutulması sonucu elde edilecek hava miktarındaki azalma;

$$\Delta H_s = \Delta H_{ilk} - \Delta H_{son} \text{ (ton/yıl)} \text{ formülü ile hesaplanmaktadır.}$$

Yapılan bu işlemin sonucunda fan karakteristik eğrileri kullanılarak bu debiyi karşılamak için gerekli fan gücü (ΔNF) hesaplanmıştır. Değirmen hesabına benzer şekilde fan için de KF kullanım faktörü olarak alınırsa fanın yıl boyunca harcadığı toplam güç (ΔNFT);

$$\Delta NFT = \Delta NF \times KF \times 8760 \text{ (KWeh)} \text{ şeklinde hesaplanmaktadır.}$$

Hesaplanan toplam fan gücünden yola çıkılarak ekonomik olarak elde edilecek kazanımlar belirlenmektedir. Bu mali kazanım da elektrik birim fiyatının (ΔMe) bilinmesiyle aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır;

$$\Delta MF = \Delta NFT \times \Delta Me \text{ (TL)}$$

Tüm bu durumlara bağlı olarak toplam elde edilecek tasarruf miktarı (ΔM), yakıttan elde edilecek parasal kazanım (ΔMY), değirmenlerden elde edilecek parasal kazanım (ΔMD) ve fanlardan elde edilecek parasal kazanımlar (ΔMF) toplanarak bulunmaktadır;

$$\Delta M = \Delta MY + \Delta MD + \Delta MF$$

Termik santrallerdeki kömür için yapılması planlanan nem kurutma işlemi üzerinden

Kazanç Türü	Kazanç TL
Yakıttan, ΔMY	₺11.659.384,00
Değirmenlerden, ΔMD	₺796.021,00
Fanlardan, ΔMF	₺650.196,00
	₺13.105.601,00

Şekil 33. Kömür kurutma modeli sonucunda tasarruf edilen TL

Santralin çalışma ömrü 20 yıl, yıllık faiz oranı %12, yakıt ve birim elektrik fiyatı için yıllık artış miktarı %5 olarak kabul edilerek, yapılacak olan kurutma sistemi dizaynı için ekonomik bir sınır noktası belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlem 20 yıllık santral ömrü için elde edilecek tasarrufların %12 lik faiz oranında şimdiki değerlerinin (TL) olarak bulunmasıyla aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır. Burada, ΔM_{20} tasarrufların (20 yıl için) şimdiki değerini, i yıllık faiz oranını, k ise yakıt ve elektriğin birim fiyatı için yıllık eskalasyon miktarını belirtmektedir [30];

$$\Delta M_{20} = [\Delta M \ (i-k)] \times *1-(1+k)^n \times (1+i)^{-n}] = 135.725.587 \text{ TL'dir.}$$

Yapılan bu çalışmalar ve bulunan değerler dikkate alındığında santralin verimli kullanılabilmesi amacıyla kömür nem alma işlemi için harcanabilecek maksimum yatırım maliyeti bulunmaktadır. Bu şekilde yapılacak yatırım, gerekecek ekipman tutarları için üst sınır belirlenerek uygun nem alma sistemi seçilmektedir. Bu şekilde doğru yatırım maliyeti ile uzun yıllar içinde verimli şekilde santrallerden faydalanılmaktadır. Ayrıca kömürden nem alma işlemi ile sadece maliyet olarak değil kömürün kullanım standartlarındaki kalitenin artışı da talebi olumlu yönde arttıracaktır.

8. SONUÇ

İklimlendirme ihtiyacının artışı ile birlikte bu sistemlerin mükemmelleştirilmesi üzerine sürekli çalışmalar yapılmaktadır. İklimlendirmenin sadece konfor için değil üretim ve sağlık açısından faydaları gün geçtikçe netlik kazanmakta. Bu ihtiyaçtaki artış yüksek nemli bölgelerdeki gizli ısı yükünün iç hava kalitesine etkisini ortaya çıkarmıştır. Bu etkiyi şartlandırmak için günümüzde yoğunlukla kullanılan konvansiyonel buhar sıkıştırımlı sistemler yeterince verimli olmamakla birlikte aşırı enerji sarfiyatına sebep olmaktadır. Bu sebeple kimyasal nem alma sistemleri daha güçlü bir alternatif olarak belirmiş ve bu alandaki çalışmalar hız kazanmıştır.

Kimyasal nem almalı sistemlerin enerji tasarrufu sağlamasına ek olarak bir çok avantajı daha vardır. Bu sistemler konvansiyonel soğutma sistemlerini daha düşük kapasiteli seçilmesine müsaade ederler çünkü soğutma yükünün ciddi bir kısmını oluşturan gizli ısı yükünü azaltırlar. Hibrit sistemlerde sıcaklık ve nem birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilirken konvansiyonel soğutma sistemlerinde sadece sıcaklık doğrudan kontrol edilmekte, nem ise değişebilmektedir. Nem alma sistemleri kontrol hacmindeki nemi önceden tesbiti yapılmış değerlerde tuttuğu için iç hava kalitesini yükseltebilirler. Konvansiyonel sistemlerde kontrol hacminden yeterli miktarda nem çekilemediği için hava kanallarında ve yoğuşma tahliye kanallarında bakteri ve mikroorganizma üremesi söz konusudur. Bu problem; eğer tercih bu yönde değilse (laboratuvar vs gibi) nem alma sistemlerinde yoktur. Hibrit sistemlerde yenilenme (rejenerasyon) işlemi için gerekli ısı kaynağı kontrol hacmini ısıtılması amacıyla da kullanılabilir.

Son olarak termik santrallerde kullanılan kömür için nem alma sistemlerinin kullanımı incelenmiştir. Yapılmış bir araştırma sonucu göstermiştir ki uzun vadeli süreçlerde kömürün kullanım kalitesini ve termik santrallerde kullanılan ekipman bakım süreçlerindeki verimlilik oldukça artmıştır. Yapılan çalışmalarda ülkemiz genelinde kömür yatakları incelenmiş buna bağlı olarak yapılan maliyet hesapları dikkate alınmıştır. Nem alma sistemlerinin kullanılması ile birçok endüstriyel alanda verimlilik arttığı bu şekilde literatür çalışmalarında oldukça yer tutmaktadır. Günümüzde nem alma sistemlerinin kullanımının çoğaldığı, endüstriyel hatta kişi konforunun artırılması amacıyla da önem arz ettiği görülmüştür.

9. KAYNAKÇA

- [1] Luo Y., Yang H., Lu L., Qi R., A review of the mathematical models for predicting the heat and mass transfer process in the liquid desiccant dehumidifier, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 587- 599, 2014.
- [2] Aktaş M., Gönen E., Bay leaves drying in a humidity controlled heat pump dryer, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 29 (2), 433-441, 2014.
- [3] Atılğan A.İ., Türkmen U., Comparison of exergy and thermoeconomic analysis for variable refrigerant flow (vrf) system with different refrigerants, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32 (2), 343-353, 2017.
- [4] Straube, J.F, *Moisture in Buildings*, *Ashrae Journal*, 44, 15-19, 2002.
- [5] Desert-Aire , technical bulletin, <https://www.desert-aire.com/>
- [6] Tengberg, C.S, *Foundations, Buildings Physics 2002-6th Northic Symposium*, June 17.
- [7] Harriman, L., Brundrett, G.B ve Kittler, R, *Humidity Control Design Guide For Commercial and Institutional Buildings*, *Ashrae*, Atlanta, 2001.
- [8] Sevel, H., *Hava ve Psikometri Kavramları Kitabı*, <https://psikrometri.com/degisken-hava-debili-klima-sistemleri-bolum-2-degisken-hava-debili-klima-sistemleri/> , 2018
- [9] Saraç, B., *Nem-Alıcı ve Buharlaştırma-Soğutmalı Hava Şartlandırma Sistemlerinin Çay Fabrikalarında Kullanılabilirliğinin Termodinamik Analizi*, *Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 19 , 2017.
- [10] Çoşkun, S., *Basit Nem Alıcı Isı Pompalı Sürekli Kurutma Sisteminin Simulasyonu*, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi*, 4 (2), 79-96, 2002.
- [11] Çerçi K., Hürdoğan E., Kara O., *Katı Nem Alıcı Bir Rotorun Farklı Çalışma Şartları için Modellenmesi*, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34 (2), 267-277, 2019.
- [12] Kürklü A., Çağlayan N., *Sera Otomasyon Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma*, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (1), 25-34, 2005.
- [13] Güngör A., *Endüstriyel Kurutma Sistemleri*, 97' *Teskon Program Bildirileri*, III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, 737-747.

- [14] Hürdoğan E., Büyükalaca O., Uçkan İ., Nem Almalı Bir İklimlendirme Sisteminin Analizi, 6 th International Advanced Technologies Symposium, 16-18 Mayıs 2011.
- [15] Hürdoğan E., Kaşka Ö., Yılmaz T., Büyükalaca O., Düşük Sıcaklıkta Gıda Kurutmak İçin Güneş Enerjisi Destekli Desisif Bir Kurutma Sisteminin Uygulanabilirliğinin Araştırılması, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 875- 883, İzmir, 17/20 Nisan 2013.
- [16] Kavasoğulları B., Cihan E., Demir H., Açık LiBr-su Nem Alma Sisteminde Akış Hızlarının ve Dolgu Kanal Açılarının Sistem Performansı Üzerine Etkisi, Tesisat Mühendiliği Dergisi, 169, Ocak 2019.
- [17] Uçkan İ., Yılmaz T., Nem Almalı Bir Soğutma Sisteminin Termodinamik Analizi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26 (2), 119-128, 2011.
- [18] Yılmaz S., Güngör A., Ertuğrul Ş., Eskin N., Bir Ofis Binasının Değişken Hava Debili İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi Ve Kontrolü, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 145-160.
- [19] Atalay Ö., Güneş Enerjisi Destekli Nem Almalı Isı Pompalı Kurutucunun Tasarımı Ve Termodinamik Analizi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2010.
- [20] Cihan E., Absorbsiyonlu (LiBr-su) Nem Alma Sisteminin Isıl Performans Değerlerinin Deneysel Olarak Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32 (1), 197-205, 2017.
- [21] Tosun H., Söylemez E., Özşen M., Isı Borulu Isı Geri Kazanım Ve Nem Alma Ünitesi, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 17/20 Nisan 2013.
- [22] Cihan E., Demir H., Kavasoğulları B., Sıvı Desikant Nem Alma Sisteminin Tasarımı Ve Performansının Geliştirilmesi, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32 (3), 709-717, 2017
- [23] Tekbaş H., Kimyasal Nem Alma, İTÜ Yüksek Lisans Tezi, 2004
- [24] Federal Tecnology Alert, Two-Wheel Desiccant Dehumidification System, <https://www.energy.gov/node/28747/>
- [25] Ashrae, Ashare Hanbook: Fundamentals, Ashrae, Atlanta, 1997.
- [26] Kathabar, <http://kathabar.com/>

- [27] <https://www.nemturk.com> , Nem Kurutma, 2019.
- [28] Czachorski, M., Wurm, J., Worek, W.M., Mierke, J., Brillhart, P., Dynamic Testing of Desiccant Matrics and Computerized Evaluation of Performance Maps, Ashrae Transaction, 103, 833-840, 1997.
- [29] National Renewable Energy Laboratory, <http://www.nrel.gov>
- [30] Akkoyunlu, M., Termik Santrallerde Kullanılan Kömürün Kurutulması Ve Santral Performansı Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Programı, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2011
- [31] Atakül, A. , Doğan, E. , Okutan, H. ve Ekinci, E. ,(1996). “Kömür Neminin Yanma ve Emisyona Etkisi”, 2. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 9-13 Eylül 1996, İstanbul.
- [32] Evseev, V. S. ve Voroshilov, S. P. , (1986). “Modeling the Process of Self-Ignition Taking Into Account the Infuluence of Moisture on Oxidative Processes in Coal”, Soviet Mining Sci, 22:140-146.
- [33] Information Bridge, (2004), Use of Coal Drying to Reduce Water Consumed in Pulverized Coal Power Plants, Yayın No:827154, Lehigh University, USA.

ÖZGEÇMİŞ

Yasin CANBAZ, 5 Şubat 1994 tarihinde Rize’de doğdu. Lise öğrenimini Pazar Necat Sağbaş Anadolu Lisesi’nde tamamlayıp 2011 yılında mezun oldu. 2011 yılında Trabzon Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’ne başladı. Halen eğitim öğretim hayatına bu bölümde devam etmektedir.

Bedirhan AKGÜN, 25 Eylül 1992 tarihinde Trabzon’da doğdu. Lise öğrenimini Akçaabat Lisesi’nde tamamlayıp 2010 yılında mezun oldu. 2011 yılında Trabzon Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’ne başladı. Halen eğitim öğretim hayatına bu bölümde devam etmektedir.

Mert IŞIK, 24 Temmuz 1987 tarihinde Kocaeli’de doğdu. Yüksek okul öğrenimini 2010’da Kocaeli Meslek Yüksek Okulunda tamamlamıştır. 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’ne başladı. Halen eğitim öğretim hayatına bu bölümde devam etmektedir.