



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

TİCARİ SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ YÖNTEMLERİ

HÜSEYİN BULGURCU
KONTERM AR-GE DANIŞMANI



TİCARİ SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ YÖNTEMLERİ

Energy Efficiency Methods in Commercial Refrigeration Systems

Hüseyin BULGURCU

ÖZET

Bilindiği gibi iklimlendirme ve soğutma sistemleri dünya yıllık enerji tüketiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır ve doğrudan veya dolaylı olarak küresel ısınmaya neden olmaktadır. Ticari soğutma sistemleri de bu tüketimde önemli bir paya sahiptir. Ticari soğutma sistemleri, meyve sebzelerin hasattan soframıza gelinceye kadar oluşturulan soğuk zincirde önemli bir halkayı oluşturmaktadır. Ülkemizde ticari soğutma sistemleri standart ürün boyutlarına sahip olmadıklarından enerji verimliliği için bir etiketleme yapılamamaktadır. Ancak gerek enerji tüketimi ve gerekse sera etkisinin azaltılması yönünden enerji verimliliğinin sürekli iyileştirilmesi hedeflenmelidir. Enerji verimliliği için birçok yöntemler uygulanabilir. Bu çalışmada kabin ısı yalıtımının iyileştirilmesi, ısı köprülerinin ve hava sızıntılarının azaltılması, buharlaşma ve yoğunlaşma sıcaklıklarının değiştirilmesi, kompresörlerin, kondenser ve evaporatör fanlarının yüke bağlı olarak değiştirilmesi, yüksek verimli aydınlatma vb. gibi yöntemler tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ticari soğutma, enerji verimliliği, market soğutucuları, market dondurucuları

ABSTRACT

As is known, air conditioning and cooling systems are an important part of the world's annual energy consumption and cause global warming, directly or indirectly. Commercial refrigeration systems also have a significant share in this consumption. Commercial refrigeration systems constitute an important ring in the cold chain formed until the arrival of the fruits of the fruit plants. Since commercial cooling systems in our country do not have standard product dimensions, labeling for energy efficiency is not possible. However, both energy consumption and greenhouse effect reduction should be aimed at continuously improving energy efficiency. Many methods can be applied for energy efficiency. In this work have been discussed improvement of cabinet heat insulation, reduction of heat bridges and air leaks, change of evaporation and condensation temperatures, change of compressors, condenser and evaporator fans depending on the load, high efficiency lighting etc.

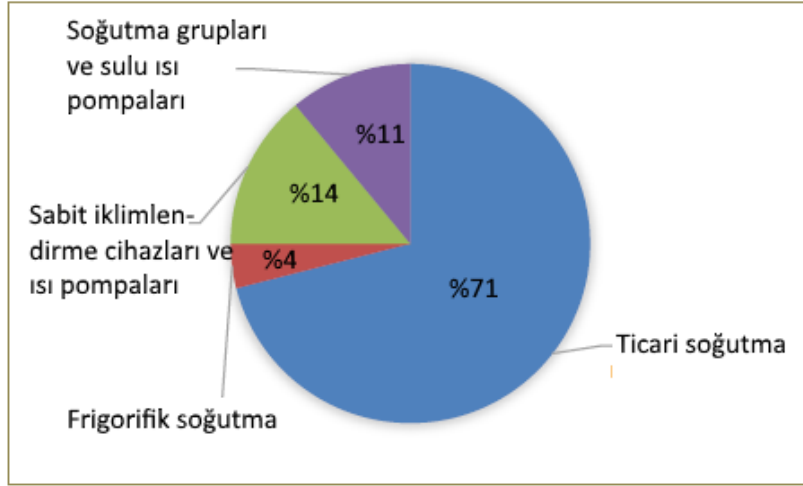
Key Words: Commercial refrigeration, energy efficiency, grocery refrigerators, grocery freezers.

1.GİRİŞ

Sera etkisi ile toplam gaz alınımlarının %4,5'ine tekabül eden soğutma ve klima sektörü, dünya genelindeki elektrik tüketiminin %15'ini temsil etmektedir [1].

Soğutma, buzdolabında veya derin dondurmada gıda maddelerinin ve içeceklerin muhafaza edilmesiyle hasat sonrası ve üretim sonrası kayıpların azaltılmasında hayati bir role sahiptir. Bu nedenle, Avrupa Birliği (AB) gibi gelişmiş ekonomilerde ve giderek gelişmekte olan ülkelerde gıda güvenliğine önemli katkılar sağlamaktadır. Gıda güvenliği ve gıda kalitesinin korunması hayati önem

taşıır. Soğutuculu depolama ayrıca, gıda güvenliğini daha da artırmak için tarımsal üretimin mevsimsel dalgalanmalarını düzeltmek için önemlidir. Yeterli soğutmanın olmaması nedeniyle ortaya çıkan gıda kaybı, AB gibi gelişmiş ülkelerde (ve genellikle gelişmekte olan ülkelerde %23) üretimin %9'u olarak (IIR 2009) tahmin edilmektedir. Nüfus artışı, gıda kaynaklarından daha fazla olduğu için artan kentleşmeyle birlikte güvenli gıda taşımacılığı ve depolamaya olan güven artmıştır ve bu nedenle küresel olarak gıda soğutucu zincirlerin kullanımında önemli bir artış beklenmektedir. Bununla birlikte, AB'de besin tedarik zinciri zaten çok gelişmiş bir soğutma altyapısına sahiptir ve gelecekteki büyüme düşük olacaktır - örneğin AB için gıda perakendeciliğinde ticari soğutma için yıllık% 0.24'lük bir büyüme oranı beklenmektedir (JRC 2014) [2].



Şekil 1. AB soğutma sektöründe sadece soğutma amaçlı enerji tüketimi, 2010'da ekipman türüne göre dağılmıştır [2].

Gıda endüstrisinde, büyük depolarda veya orta boy depolarda ve hipermarketlerde soğutma işlemleri için önemli miktarda enerji (% 30 ila %80) kullanılmaktadır [1]. Kullanıcıların tasarruf etmek istediği ilk harcama budur, ancak tasarruf yöntemleri oldukça az bilinir.

Önceki ABD Başkanı Obama'nın İklim Eylem Planını takiben, Şubat 2014'te ABD Enerji Bakanlığı, ticari soğutma sistemleri için yeni enerji verimliliği standartları yayınladı. Enerji Bakanlığı (DOE), gelecek 30 yıllık süre boyunca yeni standartların, karbon kirliliğini 142 milyon ton (14,3 milyon ABD evinde elektrik tüketimi karşılığı) azaltacağını ve işletmelerin enerji faturalarında da 11,7 milyar dolar tasarruf edeceğini düşünüyor [3].

Büyük marketlerde yaygın olarak kullanılan büyük ticari buzdolapları, yılda 17.000 kWh enerji tüketebilir. Amerikan Enerji Bakanlığına göre büyük bir ticari dondurucu 38.000 kWh'e kadarını kullanabilir. Kaliforniya'daki Axiom Enerji şirketi, soğutma maliyetlerinin tipik bir süpermarketin elektrik faturasının %50'sini oluşturduğuna dikkat çekti. Şirket buzlu su depolama ile oluşturulan soğutma pili sayesinde, 6 ila 12 saat boyunca enerji depolamak suretiyle, süpermarketlerde ve büyük gıda dağıtım merkezlerinde elektrik talebini %40 oranında düşürülebileceğini ifade etmiştir [3].

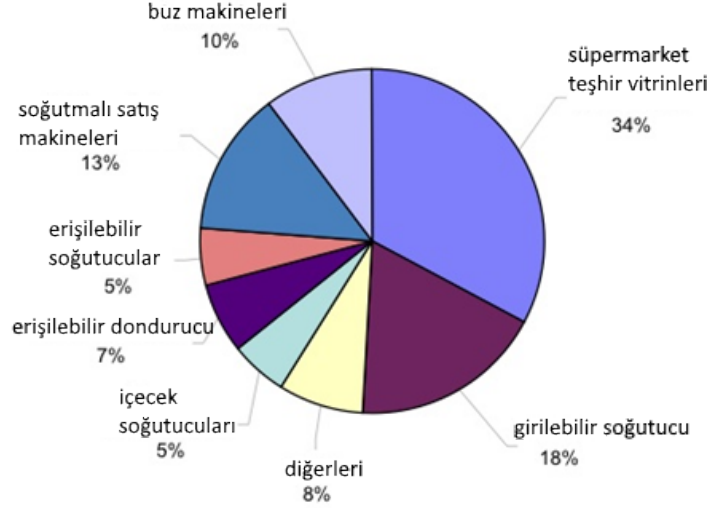
Doksanlı yılların başlarında çok uluslu büyük marketlerin ülkemize girmesiyle profesyonelleşen sektör büyük yatırım şirketleri için çekim merkezidir. 2016 yılı sonu itibarı ile ülkemizdeki gıda amaçlı marketlerin toplam sayısı 29445 olmuştur [4]. Yine 2014 istatistiklerine göre ülkemizdeki bakkal, büfe ve bayilerin sayısı 170105'tir [5]. Bu irili ufaklı marketlerin, bakkal ve büfelerin toplam enerji tüketimlerinin %50'si soğutma amaçlı olduğu kabul edilirse tasarruf potansiyelinin büyüklüğü ortaya çıkacaktır.

Ülkemizde ticari soğutucuların birçoğu ile ilgili belirlenmiş bir standart bulunmadığından enerji sınıfları ve performans test yöntemleri bilinmemekte, dolayısıyla bu cihazların enerji verimlilikleri, üretici firmaların kendi özgün tasarımlarına bağlı olarak çok değişkenlik arz edebilmektedir.

2. TİCARİ SOĞUTMA UYGULAMALARI VE ENERJİ TASARRUF POTANSİYELİ

Ticari soğutma sistemlerinde uygulanabilecek enerji tasarruf yöntemleri; yeni kurulan sistemlerde ve mevcut sistemlerde uygulanabilecek yöntemler olarak sınıflandırılabilir. Bu konuda onlarca yöntem sıralanabilir. Ancak bu yöntemlerin değerlendirilmesinde verim artış oranları, ilk yatırım maliyetleri ve geri ödeme süreleri dikkate alınmalı, öncelikli olarak seçilecek yöntemler bu üç kritere göre belirlenmelidir.

Amerika Birleşik Devletleri Arizona Phoenix bölgesinde yapılan bir araştırma sonucunda **Şekil 2'**deki gibi bir enerji tasarruf potansiyeli ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2. Arizona Phoenix bölgesinde ticari soğutma enerji kullanımı [6]

2015 İklimlendirme Soğutma Klima İmalatçıları Derneği istatistiklerine göre (katılan firma sayısı 80 adet) yurt içinde satılan soğutma gruplarının (yoğuşma üniteleri hariç) sayısı 2434'tür [7]. Yine Türkiye'de 2015 yılı sonu itibarıyla kiralanabilir soğuk hava deposu kapasitesi 10 milyon metreküp seviyesine ulaşmıştır [8]. Bu rakamlara ticari kabin ve dolap üreten küçük üreticileri de eklediğimizde ticari soğutma sektörünün büyüklüğü ortaya çıkmaktadır.

Ticari sektördeki soğutma uygulamaları, bağımsız konut tipi soğutuculardan büyük merkezi süpermarket soğutma sistemlerine kadar çok çeşitli teknolojileri içerir. En yaygın soğutma uygulamaları şunları içerir:

- **Market Soğutma Sistemleri:** Market depoları iki ayrı bileşene sahiptir: 1) vitrinler ve 2) mekanik ekipman ve kontroller de dahil olmak üzere merkezi soğutma sistemi. Marketler, soğutma enerji kullanımının yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır.
- **İçecek Soğutucuları:** İçecek soğutucuları toplam soğutma enerjisinin yaklaşık %5'ini tüketir.
- **Erişilebilir Buzdolapları ve Derin Dondurucular:** Erişilebilir buzdolapları ve derin dondurucular genel olarak soğutma enerjisinin yaklaşık %12'sini oluşturmaktadır.
- **Soğutmalı Otomatik Satış Makineleri:** Soğutmalı otomatik satış makineleri, ticari sektör soğutma enerji kullanımının yaklaşık %13'ünü tüketmektedir.
- **Girilebilir Soğutucular ve Derin Dondurucular:** Soğutma enerjisi kullanımının yaklaşık %18'ini girilebilir soğutucular ve dondurucular oluşturmaktadır.
- **Buz Makineleri:** Buz yapma, soğutma enerjisinin yaklaşık %10'unu oluşturur.
- **Diğer Uygulamalar:** Ticari soğutma ayrıca su soğutucu, içecek olmayan mağazalar ve konut tipi buzdolabı / dondurucu kombinasyonları gibi geniş bir yelpazede çeşitli diğer uygulamaları içerir. Piyasanın bu bölümü soğutma enerjisinin yaklaşık %8'ini kullanmaktadır. [4]

Ticari soğutmada enerji verimliliğini artırmak için önemli fırsatlar mevcuttur. Bu teknolojilerin her biri için maliyet-etkin enerji tasarrufu potansiyelinin tahmini aşağıdaki **Tablo 1**'de verilmektedir. Tasarruf potansiyeli tahmini, her bir teknoloji için beş yıl veya daha kısa bir sürede geri ödemeli enerji verimliliği iyileştirmeleri içindir [9].

Tablo 1. Ticari soğutma sistemlerinde enerji tasarruf potansiyeli [9]

Teknoloji	Enerji Tasarruf Potansiyeli
Market depolama sistemleri	%14
İçecek soğutucuları	%45
Ulaşılabilir buzdolapları	%50
Ulaşılabilir dondurucular	%40
Soğutmalı satış makineleri	%42
Girilebilir soğutucular ve dondurucular	%32
Buz makineleri	%20

3. TİCARİ SOĞUTMA ENERJİ VERİMLİLİĞİ YÖNTEMLERİ

Soğutma sistemleri için enerji tasarrufu ve enerji maliyetlerini düşürme fırsatı, özel uygulamaya bağlı olacaktır. Enerji verimliliği için uygulanabilecek yöntemlerin bir kısmı sadece yeni sistemlere veya büyük revizyon gerektiren sistemlere uygulanabilir:

- Yalıtım kalınlığının artırılması
- Verimli kompresör ve serpantin uygulamaları
- Isı geri kazanım sistemi
- Evaporatif kondenser uygulamaları
- Sıvı basınç yükselticileri
- Ortam aşırı sıvı soğutucuları

Bazı verimlilik yöntemleri de mevcut ticari soğutma sistemlerine uygulanabilir:

- Yüksek verimli evaporatör/kondenser fan motorları
- Değişken basma hattı kontrolleri
- Buğu önleyici ısıtıcılar
- Buz çözme (defrost) kontrolleri
- Mekanik aşırı sıvı soğutucuları
- Vitrin dolaplara kapı eklenmesi
- Verimli aydınlatma

Aşağıdaki **Tablo 2**, seçilen enerji verimliliği yöntemlerinin farklı soğutma teknolojilerine uygulanmasını göstermektedir.

Tablo 2. Ticari soğutma enerji verimliliği yöntemleri [9]

Enerji verimliliği yöntemleri	Market Dolapları	Vitrin	İçecek soğutucuları	Erişilebilir dondurucular	Erişilebilir soğutucular	Soğutmalı satış makineleri	Girilebilir soğutucu ve dondurucular	Buz makineleri
Yüksek verimli evaporatör fan motorları	○	○	○	○	○	○	○	○
Yüksek verimli kondenser fan motorları	○	○	○	○	○	○	○	○
Yüksek verimli kompresör sistemleri	○	○	○	○	○	○	○	○
Değişken basma hattı kontrolleri	○						○	
Sıvı hattı basınç yükselticileri	○						○	
Buğu önleyici ısıtıcılar	○			○	○		○	
Buz çözme (defrost) kontrolleri	○			○			○	
Evaporatif kondenserler	○							
Ortam aşırı sıvı soğutucuları	○						○	
Mekanik aşırı sıvı soğutucuları	○							
Isı geri kazanımı	○							
Enerji verimli erişilebilir soğutucuları				○	○			
Vitrin dolaplara kapı eklenmesi	○							
Verimli aydınlatma	○	○	○	○	○	○	○	

3.1 Yüksek Verimli Evaporatör ve Kondenser Fan Motorları

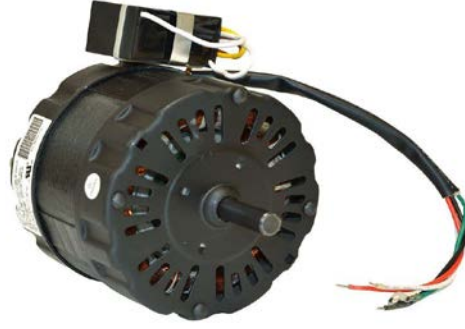
Bu küçük fanlar tipik olarak bir beygir gücünün onda birinden daha düşüktür. Bir markette bunlardan yüzlerce bulunabilir, bu nedenle enerji tüketimi önemli olabilir. Evaporatör fanları için yüksek verimli motorlar belirlemek neredeyse her zaman iyi bir yatırımdır ve ayrıca yenileme sonrasında da uygulanabilir. Enerji tasarruflarının, donduruculardaki soğutma sisteminin elektrik kullanımının yaklaşık %2'si, erişilen buzdolaplarında %7, market vitrinlerinde %8, buz makineleri için %5, otomatik satış makineleri için %14 ve içecek soğutucuların %29 olacağı tahmin edilmektedir.

Yüksek verimli motorları kondenser fanları için de düşünmek iyi bir fikirdir. Sistemin enerji tasarrufu tahminleri %3 ila 5 arasında değişmektedir.

Fan üreticileri, motor boyutunu ve kanat tasarımını, çoğu koşulda kabinden beklenen yükü karşılamak için evaporatör serpantini ile eşleştirir. Yüksek verimli evaporatör fan motorları, motor mili çıkış gücü üretmek için daha az elektrik enerjisi harcayarak enerji tüketimini azaltır.

Neredeyse tüm ucuz fan motorları ya gölgeli kutuplu ya da daimi ayırık kapasitörlüdür (PSC) ve aynı durum, temel ticari soğutma ekipmanlarındaki fan motorları için de geçerlidir. Ancak gölgeli kutuplu motorların tipik motor verimliliği %20'den daha azdır ve verimsizdir [10]. Ancak gölgeli kutuplu motorlar elektriksel olarak basit ve ucuzdur (**Şekil 3**).

Bir PSC motorunda, ana sargının yanında küçük bir başlatma sargısı da mevcuttur. Başlatma sargısı, ana sargıya paralel olarak ve bir kapasitör ile seri olarak bağlanır. Bu tasarım sayesinde PSC motorları gölgeli kutuplara kıyasla daha verimli olup motor boyutuna, tasarımına ve üreticisine bağlı olarak %25 ila %40 arasında değişiyor. Gölgeli kutuplu motor fanları kullanan ticari soğutma cihazlarında enerji verimliliği, PSC motorlarla değiştirilerek önemli ölçüde iyileştirilebilir (**Şekil 4**).

**Şekil 3.** Gölge kutuplu fan motoru**Şekil 4.** Daimi ayırık kapasitörlü fan motoru (PSC)

Elektronik Kontrollü Motorlar (ECM) (ayrıca fırçasız daimi mıknatıslı motor olarak da bilinir) üçüncü bir elektrik motoru tipi olup, hem gölgeli kutuplu hem de PSC motorlardan daha verimlidir. Bu motorlar çoğunlukla AC akımından kurtulmalarına izin veren dâhili bir invertör ile çalışan üç fazlı DC motorlardır. Ayrıca daimi mıknatıslı rotoru vardır. Elektronik bir kontrol cihazı motora güç sağlar ve bu sinyaller motorun içinde farklı sargı gruplarını yönlendirir. Kontrolör, istenen hız ve tork çıkışını korumak için bu güç darbelerini modüle eder. Sonuç, sabit torku muhafaza edebilen ve hızını değişen, dolayısıyla ticari soğutma teçhizatında kullanılan boyutlarda yüzde 60-70 oranında yüksek işletme verimliliği sağlayan bir motordur. Bununla birlikte, ECM motorları eşdeğer PSC motorlardan iki kat daha fazla ağırlığa sahip olabilir ve daha pahalıdır (**Şekil 5**). Ancak gölge kutuplu motorlar yerine takıldığında 1,5 yılda kendi fiyatını amorti etmektedir [11].

**Şekil 5.** Elektronik Kontrollü Fan Motorunun (ECM) sökülmüş hali

Evaporatör fan motoru kontrolörleri, fan motorlarının kabindeki değişen koşullara uyacak şekilde değişken hızda çalışmasına izin verir. Karlanma dönemlerinde fan motor gücü gereksinimleri artar; buz çözme sonrası dönemde güç gereksinimleri azalır. Evaporatör fanı hızları, ürün yüklemesi, ortam koşulları veya diğer faktörlere bağlı olarak artan veya azaltılmış soğutma yükünü hesaba katacak şekilde de modüle edilebilir. Fan hızını koşullara uygun olarak değiştirmek, daha dengeli hava tahliyesi hava sıcaklıklarını (ve dolayısıyla daha kararlı ürün sıcaklıklarını) sağlayabilir ve serpantin performansını artırabilir. Evaporatör fan motoru kontrolörleri, farklı ortam nem oranlarında ve farklı sıcaklık seviyelerinde bile daha verimli çalışmasına izin verebilir.

3.2 Yüksek Verimli Kompresörler ve Değişken Hızlı Kompresör Yönetimi

Yüksek verimli kompresörlerin enerji tasarrufu potansiyeli buz makinelerinde %6, satış makineleri ve içecek soğutucularında %9, erişilebilir buzdolaplarında %12, dondurucular için %16 olarak hesaplanmaktadır.

Ticari soğutma sistemlerinde kompresörlerinin verimliliğini artırmak için çeşitli teknolojiler mevcuttur. Bazen değişken hızlı motorları içeren yüksek verimli pistonlu ve sarmallı (scroll) kompresörlerin hepsi, ticari soğutma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan geleneksel pistonlu kompresörlere kıyasla enerji tüketimini azaltma potansiyeline sahiptir.

Sarmal kompresörler gazları, sabitlenmiş ve dönen iki spiral arasına sıkıştırır. Bu yöntem geleneksel kompresörlerin temelinden farklıdır. Yüksek verimli pistonlu kompresörler, sarmallı kompresörlere göre daha verimli veya daha etkilidir. Bununla birlikte, sarmal kompresörlere kıyasla, gürültü, maliyet ve güvenilirlik gibi konularda bazı dezavantajları bulunmaktadır.

Değişken hızlı kompresörler, motorun farklı hızlarda çalışmasını sağlayan bir elektronik kontrol (frekans dönüştürücü) ile gerçekleştirilir. Değişken hızlı kompresörler enerji tüketimini üç şekilde azaltır:

1. Kısmi yükte çalışması sırasında soğutucu akışkan debisi azaltıldığında, kondenser ve evaporatörde basınç düşmeleri azalır, bu da verimliliği artırır.
2. Yük değişimlerine uyum sağlanması, kompresörlerde iki konumlu kontrollerde meydana gelen kısa devreli çalışmayı ortadan kaldırır.
3. İki konumlu kontrolde bekleme sırasında, sistemdeki basınç dengelenir. Orta basınçta soğutucu akışkan buharı, kondenser yerine soğuk olan evaporatörde yoğunlaşır. Dışarı atılması gereken ısının bir kısmı, bu süre zarfında evaporatöre verilmiş olur, böylece sistemin genel performansı azalır. Ayrıca bu biriken sıvı kompresör tekrar çalıştığında kartere dönerek sıvı vuruntusuna, yağın köpürmesine neden olabilir. Değişken hızlı çalıştırma, kompresörün devre dışı olduğu zamanı ve buna bağlı verimsizlikleri ortadan kaldıracak veya önemli ölçüde azaltacaktır.

Değişken hızlı kompresörlerde kompresör yönetimi genellikle emme tarafı basıncına bağlı yapılıdır. Emme hattına monte edilen bir basınç duyargası dönüş basıncını algılar. Bu basınç kontrol aralığı soğutucu akışkan cinsine, uygulama tipine (donmuş muhafaza, soğuk muhafaza vb.) bağlı olarak değişmektedir.

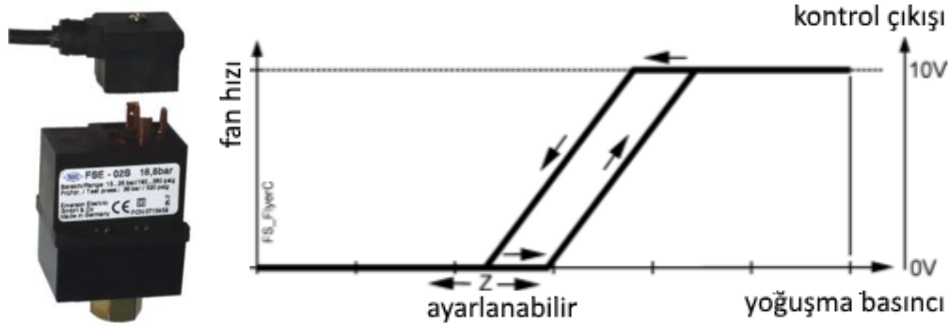
Emme hattı basıncı yüksek algılanıyorsa evaporatöre giren soğutucu akışkanın hızlı buharlaştığı, dolayısıyla soğutma yükünün fazla olduğu kabul edilir ve kompresör hızı kontrol cihazı tarafından oransal olarak artırılmalıdır. Tersine emme hattı basıncı düştüğünde buharlaşmanın yavaşladığı dolayısıyla yükün azaldığı kabul edilir. Bu durumda kompresör devir sayısı kontrol cihazı tarafından azaltılır.

Şayet bir süpermarket soğutmasında kapasite kontrolü yapılıyorsa bu durumda hız kontrolü yerine, yüke bağlı olarak devreye giren kompresör sayısının artırılması söz konusudur.

3.3 Değişken (Yüzer) Basma Basıncı Kontrolleri

Değişken (yüzer) basma basınç kontrolleri, kompresör basınçlarının dış ortam koşullarına göre değişmesine izin verir. Dış sıcaklık düştüğünde basma hattı basıncı da kademeli olarak düşüldüğü için sıkıştırma oranı düşürüldüğünden, kompresör enerji maliyetinde tasarruf sağlar. Yüzer basma basınç kontrolleri genellikle yeni sistemlerde standart özelliklerdendir. Market soğutma sistemleri için tahmini tasarruf yüzdesi %3 ila %10 arasında değişmektedir.

Kondenser basıncını ayarlanabilir bir değerde sabit tutacak şekilde fan hızını ayarlayan kontrol cihazları mevcuttur (**Şekil 5**). Benzer şekilde sıvı hattı sıcaklığına bağlı olarak fan hızını modüle eden cihazlar da bulunmaktadır.

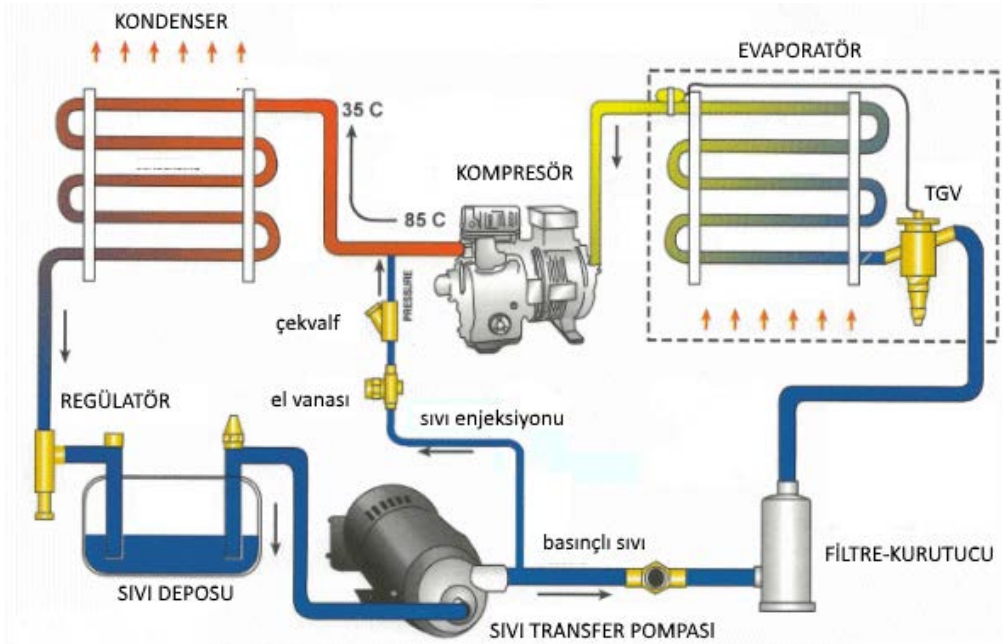


Şekil 5. Basma hattı basıncını kararlı halde tutan fan hız kontrolü [12]

3.4 Sıvı Basınç Pompaları

Bilindiği gibi kondenser çıkışından genleşme valfi girişine kadar sistemdeki susturucu, regülatör, yağ ayırıcı, sıvı deposu, filtre-kurutucu, servis valfleri ve solenoid valfler basınç kayıplarına neden olarak kompresör enerjisinin önemli bir kısmını sıvı hattında harcamış olur.

Sıvı basınç pompaları, sistem verimliliğini artırmak için sıvı hat basıncını yükselten küçük soğutucu akışkan pompalarıdır (Şekil 6). Hava soğutmalı kondenserli sistemler için dış hava sıcaklığı düştükçe etkinlik kazancı da artar. Enerji tasarrufu pompasız sistemlere göre %20'ye kadar çıkabilir [13].



Şekil 6. Sıvı basınç yükseltici (pompa) uygulaması [14]

3.5 Buğu Önleyici Isıtıcı Kontrolleri

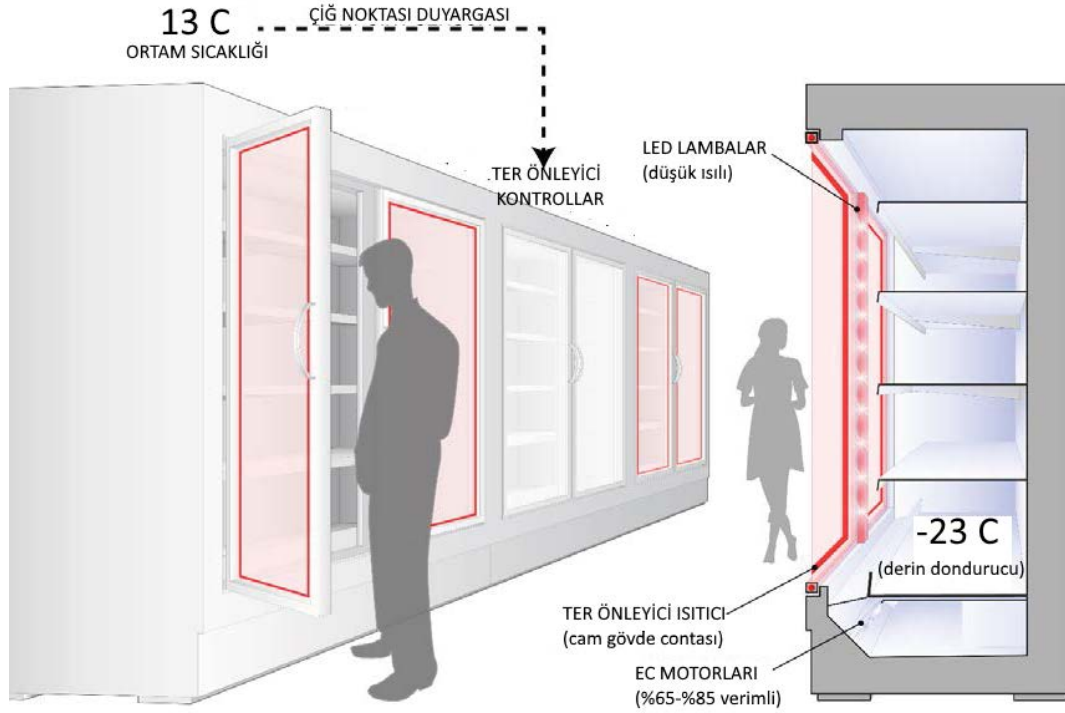
Buğu önleyen ısıtıcılar, yüksek nem koşullarında dış yüzeylerini yoğuşmadan uzak tutmak için neredeyse tüm düşük sıcaklıklarda ve birçok orta sıcaklıklı vitrinlerde monte edilen elektrikli ısıtıcılardır. Genellikle her zaman açıktırlar. Buğu önleyen ısıtıcı kontrolleri mağazadaki nem koşullarını algılar ve ihtiyaç olmazsa ısıtıcıları kapatır. Enerji tasarrufu tahminleri, bakkal vitrinlerinde yaklaşık %6, dondurucularda %14 ve erişilebilir buzdolaplarında %20 arasında değişmektedir.

Soğutmalı vitrinler, cam kapılardaki yoğunlaşma ve don oluşmasını önlemek için dirençli ısıtıcılar kullanmaktadır (Şekil 7). Bu buğu önleyici ısıtıcılar, soğutucu kabine ısı da ekler ve bu soğutma

sistemi ile giderilmelidir. Genellikle ısıtıcılar sürekli çalışırlar, onları periyodik olarak kapatan kontroller eklenerek tasarruf sağlanabilir.

En yaygın nem kontrolü, ayarlanan dış ortam neminde ısıtıcıları açar / kapatır. Daha ileri seviyeli bir alternatif, duyarga ile ölçülen neme dayanarak ısıtıcıları farklı süreler için açar / kapatır. Düşük dış ortam nem seviyelerinde buğu önleyen ısıtıcılar tamamen kapalı olabilir.

Elektrikli buğu önleyici ısıtıcıların, kapı çerçevesinin etrafında akan sıcak bir gaz hattı ile değiştirilebilmesi mümkündür. Üreticiler bunun uygulanması zor bir teknoloji olduğunu iddia etse de konut dondurucularında yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [12].



Şekil 7. Buğu önleyici ısıtıcı kontrollerinin soğutucu ve dondurucu kabinlere yerleştirilmesi [12]

3.6 Buz Çözme (Defrost) Kontrolleri

Soğutulan bölgedeki hava soğutulduğunda, buhar evaporatör serpantini yüzeyinde yoğunlaşır. Evaporatör serpantini 0°C'nin altında olduğu buzdolapları ve derin dondurucularda, bu su toplanırken donar ve böylece buz oluşur. Donma, serpantinden havaya ısı aktarımı için ısı direnci artırarak ve hava akışını engelleyerek soğutma performansını düşürür. Buz çözmenin (defrost) yapıldığı yöntem ve buz çözme çevrim kontrolü, enerji tasarrufuna neden olabilir.

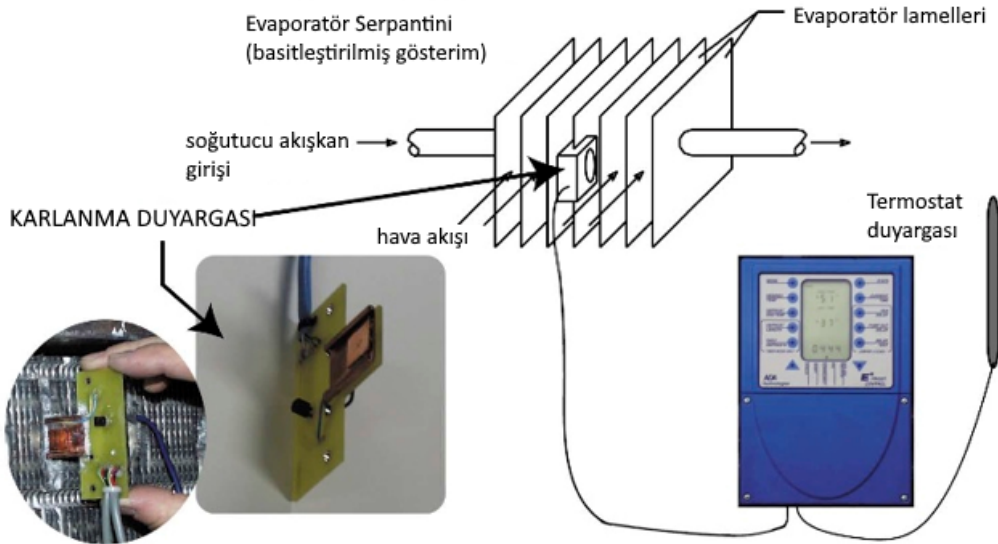
Evaporatör serpantininin çözündürülmesi için kullanılabilen birkaç yöntem vardır: Çevrim dışı buz çözme, elektrikli buz çözme ve sıcak-gazlı buz çözme. Çevrim dışı buz çözme, evaporatör fanını çalıştırırken serpantine gelen soğutucu akışını kapatmayı içerir. Bu yöntem, havanın suyun donma noktasının üstünde olduğu dolaplarda ve donmayı eritmek için kullanılabilir. Elektrikli buz çözme, hava sıcaklığı serpantini çözecek kadar yüksek olmadığında ve ürün sıcaklığında önemli bir yükselişi engellemek için buzun çabucak çözülmesi için kullanılır. Elektrikli buz çözme, evaporatör serpantine veya serpantin yakınında bulunan bir elektrik direnci ısıtıcısının kısa süre içinde eritilmesi ile gerçekleşir. Genelde + muhafaza ortamlarında havalı buz çözme (fan sürekli çalıştırılır), -10°C muhafaza ortam sıcaklıklarına kadar sıcak gazlı buz çözme, -18°C ve daha alt muhafaza sıcaklıkları için elektrik dirençli buz çözme yöntemleri önerilmektedir.

Sıcak gaz buz çözme yöntemi evaporatörü soğutucu akışkan ile ısıtmak için sıcak kompresör basma hattı gazı kullanımını içerir. Elektrik kullanımı, elektrikli eritme yöntemine kıyasla azaltılırken, bu yöntemde kondenserden atılan mevcut ısı kullanılır. Sıcak gaz buz çözme sistemi elektrikli buz çözmeden daha karmaşık borulama ve kontrol gerektirir. Ek bir dezavantaj, sıcak gaz ve soğuk soğutucu akışkanının yer değiştirmesi ile soğutucu akışkan boru hattına uygulanan termik streştir.

Buz çözme çevrimi geliştirilerek enerji verimli buz çözme sistemleri oluşturulabilir. Evaporatör bataryasında sıcaklık veya basınç düşüşünün ölçülmesi, karlanma kalınlığının ölçülmesi ve nemi algılama gibi çeşitli yollarla buz çözme işleminin başlatılmasına talep kontrolleri denir. Bu yöntemlerin tümü, doğru şekilde kullanıldığında, buz çözme başlatmak için basit bir zamanlayıcı kullanmaktan daha etkilidir. Talep kontrollü buz çözmedeki enerji tasarruf potansiyeli, soğutma sistemi enerji kullanımının yaklaşık %1 ila %6'sı arasında değişmektedir.

Ünitenin verimli çalışmasını sağlamak için serpantinlerdeki kar oluşumunun kontrolü gereklidir. Geleneksel olarak, buz çözme sistemleri basit bir zamanlayıcı kullanarak düzenli aralıklarla çalıştırılır. Bununla birlikte, bu tür sistemlerde çok sık defrost yapılmasıyla, ya enerji boşa harcanır ya da sistem performansının düşmesine neden olur. Buz çözme işleminin sıcaklığa bağlı olarak sonlandırılmasını kontrol etmeye yarayan bazı sistemler geliştirilmiştir. Serpantinler belirlenen bir sıcaklığa (+4°C gibi) ulaştığında, buz çözücü kapanır. Bununla birlikte, buzlar çözülse bile zamana bağlı olarak soğutma çevriminin tekrar başlatılması için ön görülen sürenin geçmesi beklenir.

Buz çözme çevrimi kontrolü, bu işlemin gerekli olup olmadığını belirlemek için duyargaya kullanımını gerektirir. Toplanan veriler ya serpantinde sıcaklık düşüşü ya da fotosel kullanarak kar oluşumunun fiziksel kalınlığının saptanması olabilir (**Şekil 8**). Bu iki yöntemden birincisinde, serpantin boyunca hava akışının azalması buz oluşumunun bir sonucudur, bu da serpantin ile ortam arasındaki sıcaklık farkının artacağı anlamına gelmektedir. Ticari soğutma kabinleri için parametrik kontroller üreten firma ürünlerinde buz çözme çevrimi genelde iki adet termistör duyargaya ile yönetilmektedir. Duyargalardan biri hava diğeri yüzey (boru) sıcaklığını ölçüyor. Bu iki sıcaklık arasındaki fark belli değere ulaştığında (örneğin 10°C) sistem evaporatör bataryasının karlandığına karar veriyor ve buz çözme çevrimini başlatıyor. Evaporatör yüzey sıcaklığı +4°C'ye ulaştığında işlem tamamlanmış oluyor. Bununla birlikte, serpantin üzerindeki buz oluşumunun haricindeki faktörler (kirlilik gibi) hava akışının azalmasına neden olabilir. İkinci yöntem daha doğru ancak daha gelişmiş duyargaları gerektiriyor. Buz çözme çevrimi kontrolü konusunda ilgili önemli araştırmalar yapılmış ve birkaç üretici bugün piyasada bulunan denetleyicileri uygulamaya koymuştur.



Şekil 8. Talep kontrollü buz çözme işlemi için karlanma duyargası kullanımı [15]

3.7 Su Soğutmalı / Evaporatif Kondenser Kullanımı

Çoğu soğutma sistemi, ısıyı dışarı atmak için hava soğutmalı kondenser kullanır. Su soğutmalı veya evaporatif kondenserler, ortamdaki havayı soğutmak için havanın yaş termometre sıcaklığından doğrudan veya dolaylı olarak (soğutma kulesi) yararlanır. Örnek olarak Balıkesir il merkezinde çalışan hava soğutmalı ve evaporatif kondenserler kıyaslanırsa (yazın ortalama en yüksek sıcaklık $+31,3^{\circ}\text{C}$ ve yaş termometre sıcaklığı 23°C) aradaki fark $8,3^{\circ}\text{C}$ olup hava soğutmalı çevrimde STK değeri 2,65 olurken, evaporatif soğutmalı kondenserde STK değeri 3,38'e çıkmaktadır (Solkane 8.0 yazılımı kullanılmıştır). Evaporatif kondenser kullanımı ile enerji tasarrufu tahminleri market soğutma sistemleri için yaklaşık %3 ila %9 arasında değişmektedir.

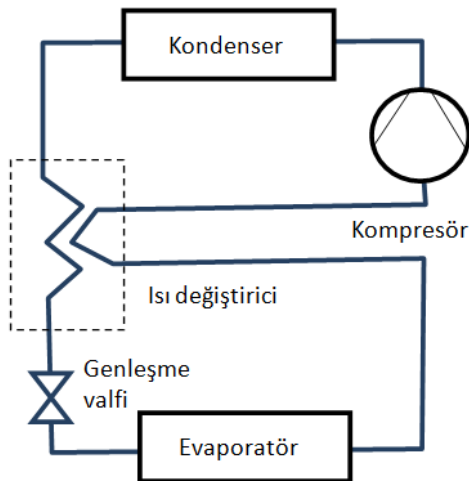
Ülkemiz ticari soğutma sistemlerinde sulu kondenser ve evaporatif kondenser kullanımı işletme ve bakım gereksinimlerinden dolayı pek yaygın değildir. Ancak yaz aylarında yükselen basma hattı basınçları kompresörlerin aşırı güç tüketimine ve arızalanmalarına neden olmaktadır.

3.8 Ortam Aşırı Soğutması ve Mekanik Aşırı Soğutma

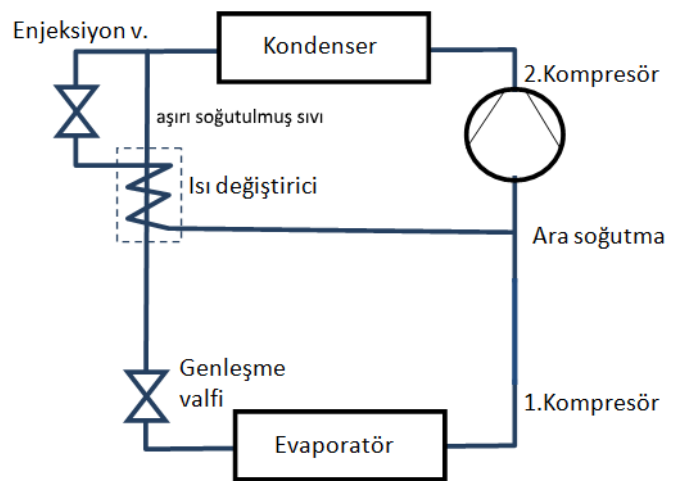
Soğutucu akışkan sıcaklığı kondenserden ayrıldıktan sonra genelde yoğuşma sıcaklığının altına düşer. Bu sıcaklık farkına "alt soğutma" veya "aşırı soğutma" adı verilir. Akışkanın sıvı hattında aşırı soğutulması genişleme valfinden çıkan soğutucu akışkanın ısı alma (entalpi) yeteneğini artırır. Ancak bu aşırı soğutmanın bir üst sınırı mevcut olup 10°C 'nin üzerindeki aşırı soğutma durumunda sıvı hattı basıncı düşmeye ve genişleme valfinden yetersiz beslemeye neden olabilir. Kabaca her 1°C aşırı soğutmanın sistem performansını %1,5 oranında olarak iyileştirdiği söylenebilir [16].

Ortam aşırı soğutmada, sıvı soğutucu akışkanının aşırı soğutması için büyük boyutlu bir kondenser veya ilave bir ısı değiştirici kullanımını içerir. Tasarruf tahminleri, bakkal, market sistemleri için yaklaşık %1, girilebilir soğutucular için yaklaşık %9 arasında değişmektedir.

Mekanik aşırı soğutmada, sistem kapasitesini arttırmak ve verimliliği artırmak için sıvı soğutucu akışkanın doyma basıncının altında etkili bir şekilde soğutulması yöntemidir (**Şekil 9** ve **Şekil 10**). Mekanik aşırı soğutma genellikle sıvı-buhar ısı değiştirici yardımıyla gerçekleştirilir. Ancak hermetik kompresörlü sistemlerde evaporatörden dönen kızgın buharın ısı değiştiricide sıcaklığının artırılması, kompresör motor soğutulmasını olumsuz etkiler. Mekanik soğutmanın sıvı hattından alınan sıvı enjeksiyon sistemi ile yapılması kompresör sargıları için daha avantajlıdır. Market soğutma sistemleri için enerji tasarruflarının %25'i kadarı olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 9. Sıvı-buhar ısı değiştirici uygulaması [16]



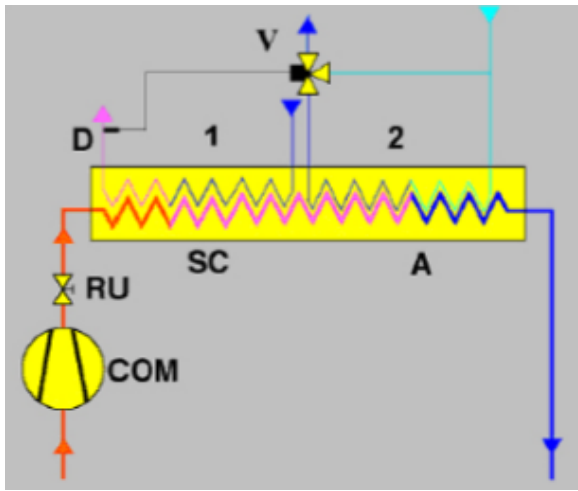
Şekil 10. Sıvı enjeksiyon valfi uygulaması [17]

3.9 Isı Geri Kazanımı

Soğutma gruplarında diğer soğutma sistemlerinde olduğu gibi kondenserde soğutucu akışkanın önce kızgınlığı alınır, sonra soğutucu akışkan yoğuşturulur ve aşırı soğutulur. Bu esnada ortama önemli ölçüde ısı enerjisi bırakılmaktadır. Normalde kondenserden atılan ısı enerjisi değerlendirilmez. Kondenselerin uygun tasarımı ve ilave tanzimlerle kondenserden atılan enerji geri kazanılmakta ve özellikle kullanım suyu ısıtılmasında kullanılmaktadır.

Bu atık ısı enerjisinin geri kazanımında, tüm kondenser kapasitesinin geri kazanılmasına ısının toplam geri kazanımı, kızgın gaz bölgesindeki kapasitenin geri kazanılmasına ise ısının kısmi geri kazanımı denmektedir [18]

Toplam ısı geri kazanımında sulu ve havalı kondenseler ile kullanılır ve atılan ısının tamamı suya aktarılarak binanın sıcak su ihtiyacını karşılamak üzere kullanılabilir. Bina sıcak su ihtiyacı olmadığı durumlarda su soğutma kulesine yönlendirilir (**Şekil 11**).



Kısaltmalar

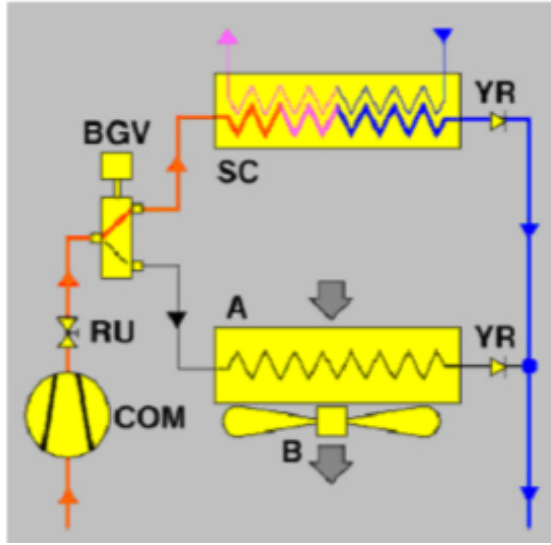
COM	Kompresör
RU	Kapatma vanası
SC	Geri kazanım eşanjörü
V	Üç yollu vana (müşteri tarafından monte edilecek)
D	Sıcaklık sensörü
1	Hidrolik geri kazanım devresi
2	Hidrolik yoğuşma devresi

Şekil 11. Su soğutmalı kondenserli cihazlarda toplam ısı geri kazanımı uygulama şeması [18]

Kısmi geri kazanımlı sistemde sulu ısı değiştirici ile hava soğutmalı kondenser paralel veya seri olarak bağlanır. Çevrimin kızgınlık alma kısmı ısı değiştiricide suya ısı atılarak, yoğuşma ve aşırı soğutma kısmı hava soğutmalı kondenserde gerçekleştirilir (**Şekil 12** ve **Şekil 13**).

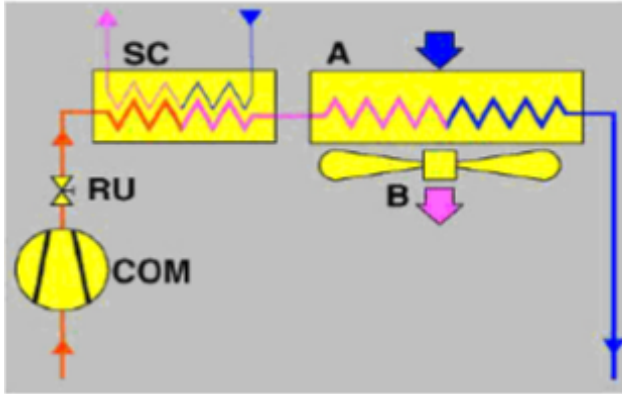
Isı geri kazanım sistemleri, suyu ısıtmak için vitrinlerden çıkan ısıyı kullanır. Isıtılan su miktarı duruma bağlı olacaktır. Bununla birlikte, 7,5 BG'lük bir kompresör, orta boy bir markette sıcak su ihtiyaçlarının %100'üne yakın bir kısmını tüm yıl boyunca tedarik edebilir [19].

Bu yöntemin dezavantajı tankta depolanan su sıcaklığı arttıkça yoğuşma basıncı da artar. Kullanım suyunun +45°C civarında olması düşünüldüğünde yoğuşma sıcaklığı 52°C civarında olacaktır.

**Kısaltmalar**

COM	Kompresör
RU	Kapatma Vanası
SC	Geri kazanım eşanjörü
BGV	Ayrıştırıcı vana
YR	Çekvalf
A	Kondenser
B	Fan

Şekil 12. Hava soğutmalı kondenserli cihazlarda toplam ısı geri kazanımı uygulama şeması [18]

**Kısaltmalar**

COM:	Kompresör
RU:	Kapama vanası
SC:	Geri kazanım eşanjörü
A:	Kondenser
B:	Fan

Şekil 13. Soğutma gruplarında ısının kısmi geri kazanımı uygulama şeması [18]

3.10 Enerji Tasarruflu Kabin Aydınlatması

Ticari soğutma kabinlerinde genellikle ürünleri teşhir etmek için aydınlatma içerir. Yüksek verimli aydınlatma iki şekilde enerji tasarrufu sağlar: Doğrudan aydınlatma için daha az enerji kullanılır ve lamba ile soğutulmuş kabine daha az ısı enerjisi dağıtılır. Aydınlatma verimliliği genelde elektrik enerjisi girişi (Watt) başına ışık çıkışı (lümen) miktarı olarak ölçülür (Lümen/W).

Işık kaynaklarının enerji tasarruflu üretilmesi doğrultusunda yapılan çalışmalar sonucunda tüp şeklindeki flüoresan lambalarda da büyük gelişmeler gerçekleştirilmiştir. 38 mm çaplı 20W, 40W, 65W'lık lambalar yerine, 26mm çaplı sırasıyla 18W, 36W ve 58W'lık flüoresan lambalar kullanıma sunulmuştur. Lambaların çapları küçültülüp ışık akıları artırılmış, çok değişik renk sıcaklıklı ve renk ayırım özellikli lambalar üretilmeye başlanmıştır. Küçük çaplı lambalar daha ekonomiktir [20].

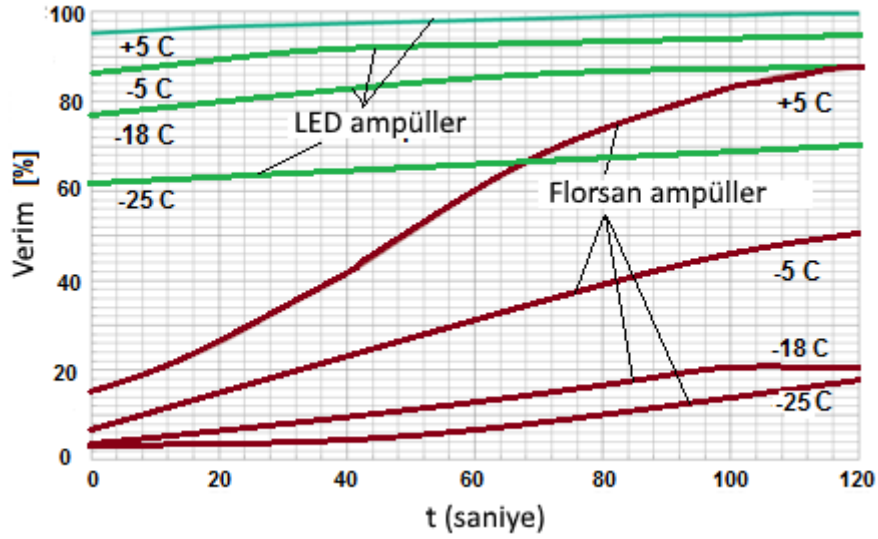
Ticari soğutma kabinlerinde genelde T8 (Uzun tüp şeklinde) tipi elektronik balastlı flüoresan lambalar tercih edilir (Şekil 14). Elektronik balastlı olanlar endüktif (klasik) balastlı olanlara göre %27 daha verimlidir (Tablo 3).

Tablo 3. Klasik ve elektronik balastlı lambaların parametreleri [20]

	KLASİK BALASTLI LAMBA	ELEKTRONİK BALASTLI LAMBA
Lambalar	3*18 W	3*14 W
Balastlar	K	E
Sistem gücü, E	22 W	16 W
Çalışma gücü, E	421 Lux	521 Lux
Civar alanı, E	321 Lux	311 Lux
Toplam alan, E	341 Lux	387 Lux
Özgül bağlantı gücü	10.3 W/m ²	7.5 W/m ²
Enerji tasarrufu		% 27

Son yıllarda önemli bir eğilim LED teknolojisinin kullanılması olmuştur. Günümüzde piyasada bulunan LED'ler, lümen başına flüoresanlara göre daha fazla enerji tüketmekle birlikte, doğrusal flüoresan ampullerden daha iyi yönlendirme ve ışık çıkışı kontrolü sağlarlar (**Şekil 16**). Ayrıca LED ampullerde düşük sıcaklıklı ortamlarda verim kaybı flüoresan ampullere kıyasla daha azdır (**Şekil 17**). Sonuç olarak karşılaştırılabilir ürün aydınlatması (lümen) başına daha az toplam güç tüketilmesi (W) hedeflenmektedir. LED etkinliğinde son yıllarda ilerlemeler olmuştur ve çok sayıda büyük perakende market firmaları LED teknolojisini benimsemiştir. Amerika Birleşik Devletlerinde Aydınlatma Kaynak Merkezi tarafından yapılan araştırmalar, tüketicilerin vitrinlerde LED aydınlatmasını tercih ettiklerini göstermektedir [21]. Türkiye'de de benzer eğilimler ve tercihler söz konusudur. Her büyük ticari vitrin kapı üreticisi, tasarım seçeneği olarak LED aydınlatması sunmaktadır ve bazıları LED'leri kapılarında standart bir özellik haline getirmişlerdir.

**Şekil 14.** Flüoresan lamba tipi (T8)**Şekil 15.** Tüp şeklinde LED ampuller



Şekil 16. LED ve flüoresan ampullerin farklı sıcaklıktaki ortamlarda verim değişimleri [22]

Flüoresan lambaların ortalama ömürleri 6000 ila 24000 saat civarında iken LED ampullerin ortalama ömrü 50 000 ila 100 000 saat arasında değişmektedir. Özellikle derin muhafaza odalarında çok tercih edilmektedir [23].

Elektronik balastlı T-8 flüoresan ve LED lambalar genellikle yeni enerji tasarruflu uygulamalarda kullanılır ve mevcut cihazlara da sonradan monte edilebilir. Bu yüksek verimli armatürler, aydınlatma enerjisinin kullanımını azaltır ve kompresör üzerindeki soğutma yükünü azaltır. İçecek soğutucular için enerji tasarrufu potansiyelinin yaklaşık %10 olacağı tahmin edilmektedir.

3.11 Vitrin Soğutucular İçin İlave Kapı veya Perde Ekleme

Açık çok katlı vitrinlerdeki cam kapılar, kompresör enerji maliyetlerini azaltabilir, soğuk havanın dağılmasını azaltabilir ve mağaza konfor koşullarını artırabilir. Kapılar çoğunlukla mevcut durumlara bir yenileme olarak eklenebilir. Tasarrufların %50 kadar yüksek olduğu tahmin edilmektedir ve geri ödeme genellikle yenileme çalışmaları için bir ila iki yıl aralığında olabilmektedir [24]. Bununla birlikte, kapıların monte edilmesi, kompresör sisteminin büyük gelmesine neden olabilir, bu nedenle bir yenileme işlemi yaparken bir soğutma uzmanından yardım almak gerekebilir.

Birçok soğutmalı vitrinlerin ön kısımları açıktır, bu da soğutma sistemi üzerindeki ısı yükünü önemli ölçüde artırır. Isı yükünü azaltmak için eklenebilecek çeşitli bileşenler mevcuttur. Bunlar arasında şunlar bulunur [24]:

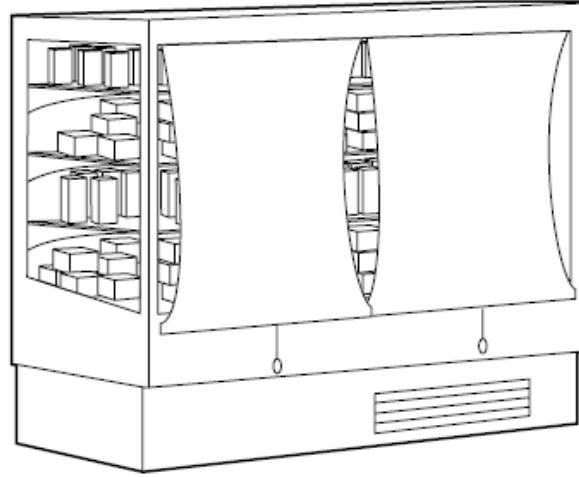
Şerit Perdeler: Örtüşen şeffaf plastik şeritler, ekran kasalarının önünü kalıcı olarak kapatır (Şekil 17).

Kapılar: Gösterge kasalarının açık önüne sürekli oturan kayar kapılar veya menteşeli şeffaf kapılar.

Kapaklar: Açık dondurucuların üst kısmına kalıcı olarak oturan katı plastik kapaklar.

Jalüziler: Açık dolapların önüne takılan merdane tipi panjurlar ve motorlu kontrol sistemi olabilir.

Perdeler, kapılar ve kapaklar kullanılması sistemdeki ısı yükünü her zaman azaltmaktadır. Her durumda, ürün sıcaklığındaki değişim, bu gibi maddeler takılmıştır. Isı yükünü azaltmada ve dolayısıyla enerji verimliliğini artırmada etkili olmak için, doğru şekilde takılması gerekir.



Şekil 17. Ticari soğutma kabinlerinde gece perdesi kullanımı [24]

3.12 Verimli İşletme ve Bakım Önlemleri

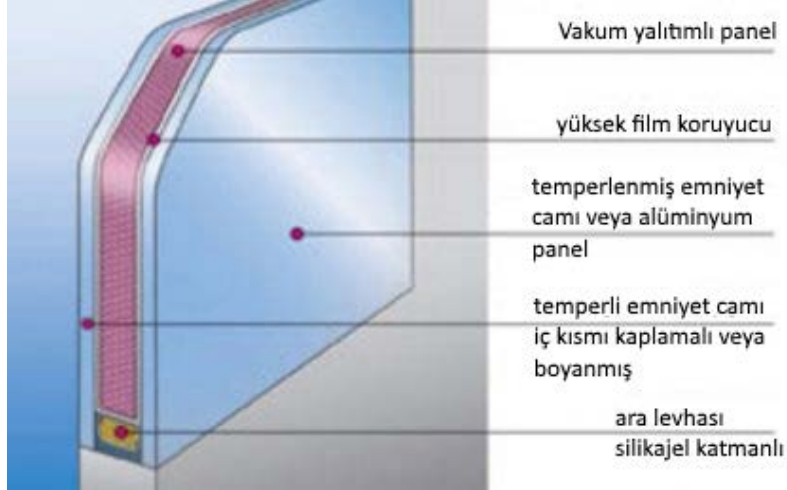
İşletme ve bakım uygulamaları aynı zamanda soğutma sistemlerinin verimliliğini de artırabilir:

1. Soğutma serpantinlerini yılda birkaç kez temizleyin ve açık havada olan serpantinlerin güneşten gölgelendiğinden ve etraflarında iyi hava dolaşımına sahip olduğundan emin olun.
2. Ticari soğutma sistemlerinin kondenser bakımlarının aksatılmaması gereklidir.
3. Derin dondurucular, buzdolapları ve vitrinlerin kapaklarının sıkıca kapanmalı ve hasar görmüş kapı contaları tamir edilmelidir.
4. Açık vitrin ve sütüklerde gece perdeleme yapılmalıdır.
5. Ticari soğutucularda gece aydınlatma seviyeleri düşürülür veya tamamen devre dışı bırakılırsa ısı kazançları önemli ölçüde azaltılır.
6. Cihazların tüm enerji tüketimleri kaydedilmeli, aylık enerji tüketimleri izlenmelidir.
7. Cihazların mevcut kontrol yöntemleri iyileştirilmelidir.
8. Arızalara, merkezi kontrol ve izleme sistemleri ile erken müdahale edilmelidir.

3.13 Kabin Isıl Dirençlerinin Arttırılması ve Vakum Yalıtımlı Panel (VIP) Uygulamaları

Ticari soğutma kabinlerinin üretiminde yüksek yoğunluklu poliüretan paneller kullanılmalı, bunların birleşiminde ısı köprüleri oluşmasından kaçınılmalıdır. Düşük yoğunluklu polistren köpük uygulamaları ve bu yalıtımların sac levhalarla kaplanması ülkemizde küçük ticari soğutucu üreten firmalarda sıkça karşılaşılan bir durumdur.

Soğutulmuş hacim miktarının önemi ve birim enerji tüketimini azaltma isteği, yalıtım kalınlığını koruyarak yalıtımın termal öz direncini (R değeri) artıracak teknolojilerin ilgisini çekeceğini düşündürmektedir. Vakum yalıtımlı paneller (VIP) böyle bir performans sağlayabilir. VIP'ler, bir boşluğu oluşturmak üzere bir çekirdek malzemeyi çevreleyen ve daha sonra panelden havayı çıkarmak için tahliye edilen bir dış hava geçirmez zardan oluşur. Sonuç, geleneksel bir vakum şişesine benzer bir şekilde gerçekleştirilen ve geleneksel köpük yalıtımlarına kıyasla kalınlık birimi başına büyük ölçüde düşük termal iletme neden olan bir üründür. VIP teknolojisi uzun yıllar varlığını sürdürüyor ancak son yıllarda üretilen yüksek enerji sınıflı buzdolaplarında, üretim masraflarında düşüş yaşanmasına ile birlikte kullanılmaya başlandı (Şekil 17).



Şekil 17. Vakum yalıtımlı panel (VIP) katmanları [25]

3.14 Kondenserler ve Evaporatörler İçin Enerji Verimli Teknolojiler

Bir soğutma sistemi, buharlaşma sıcaklığı mümkün olduğu kadar yüksek olduğunda ve yoğunlaşma sıcaklığı mümkün olduğunca düşük olduğunda en verimli şekilde çalışır. Bu ifade, termodinamik bir çevrimin teorik performansına dayanmaktadır:

$$\text{Teorik performans katsayısı: } COP = \frac{T_c}{T_c - T_e} \quad (\text{Ters Carnot}) \quad (1)$$

Burada T_c , yoğunlaşma sıcaklığı ve T_e buharlaşma sıcaklığı Kelvin derece cinsindedir.

$$\text{Gerçek performans katsayısı: } EER = \frac{Q_e}{P_{el}} \quad (2)$$

Burada Q_e evaporatör soğutma kapasitesi (kW) ve P_{el} kompresörün harcadığı elektriksel güç girişi (kW)

Soğutma çevriminde enerji kullanımını en aza indirmek için, buharlaşma sıcaklığı ile yoğunlaşma sıcaklığı arasındaki farkı olabildiğince azaltmak gerekir. Değişken (yüzer) basınç kontrolü, yoğunlaşma sıcaklığının mümkün olduğu kadar düşük olmasına izin vermelidir. Aynı şekilde buharlaşma sıcaklığının olabildiğince yüksek tutulması, kompresör sıkıştırma oranını düşüreceğinden enerji tüketimini azaltır.

Yoğunlaşma sıcaklığının düşürülmesi ve buharlaşma sıcaklığının yükselmesi için en uygun yöntem tasarımda kondenser yoğunlaşma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki farkın 14 K yerine 8 K alınması ve aynı şekilde iç ortam sıcaklığı ile evaporatör buharlaşma sıcaklığı arasındaki farkın 7 K yerine 4 K değerine çekilmesidir. Bu tasarım değişikliği iki şekilde gerçekleştirilebilir:

1. Kondenser ve evaporatör serpantin yüzeylerinin (A) yüksek tutulması
2. Kondenser ve evaporatör serpantin ısı dirençlerinin (R) düşürülmesi ve toplam ısı transfer katsayısı K_u değerinin artırılması (mikrokanal teknolojisi, verimli lamel teknolojileri gibi)

3.15 Akıllı Kontrol Senaryolarının Kullanımı

Ticari soğutma sistemlerinde mikroişlemci tabanlı cihazların yaygınlaşmasıyla akıllı kontrol yöntemlerinin uygulanabilirliği artmıştır. Akıllı kontrol senaryoları kompresör, kondenser ve evaporatör fanları, elektronik genleşme valfi ve buz çözme (defrost) yönetimini kapsamaktadır.

Kompresör yükünün gerçek soğutma yüküne bağlı olarak çalıştırılabilmesi için en yaygın kullanılan yöntem emme hattı basıncının izlenmesi ve buna göre hızın değiştirilmesidir. Emme hattının normalden daha yüksek basınçta olması soğutma yükünün yüksek olduğu anlamına gelir. Tersine emme hattının normalden daha düşük olması soğutma yükünün yetersiz olduğunu gösterecektir. Dolayısıyla emme hattına bir basınç dönüştürücü (transmitter) bağlanması ve bu basınca bağlı olarak

bir kontrol cihazının frekans dönüştürücüye komut vermesi gereklidir. Basınç ayar değerleri, kullanılan soğutucu akışkanın cinsine, uygulama tipine (soğuk muhafaza, donmuş muhafaza), iç sıcaklık ayar değerine bağlı olarak değişebilmektedir [26].

Kondenser fanı için yaygın olarak kullanılan kapasite kontrol yöntemi sıvı hattı sıcaklığının veya basma hattı basıncının izlenerek fan hızının bu değişkenlere bağlı olarak ayarlanmasıdır. Basınç veya sıcaklık arttığında fan hızı artırılır. Dolayısıyla kondenser fanı kompresörden bağımsız olarak devreye sokularak şebekeden aynı anda aşırı akım çekilmesi (demeraj) önlenmiş olur. Kış aylarında fan daha düşük devirde çalıştırılarak enerji tasarrufu sağlanır ve basma hattı basıncının aşırı düşmesi engellenmiş olur [26].

Evaporatör fanı için kullanılan en yaygın yöntem fanın evaporatör yüzey sıcaklığı ile ayar (set) sıcaklığı arasındaki farka göre sürülmesidir. Bu fark 5-7 K civarında seçilebilir. Fan hızı, sıcaklık farkı azaldığında oransal olarak hız sürücü yardımıyla yavaşlatılır [26].

4.SONUÇ

“En ucuz enerji tasarruf edilen enerjidir” sözünden yola çıkarak yüksek enerji tüketen tüm sistemlerin mercek altına alınması gereklidir. Bu yönüyle ticari soğutma sistemleri üzerinde önemle durulması gereken ve soğuk zincirin önemli bir halkasını oluşturur.

Enerji verimliliği sadece parasal tasarruf değil aynı zamanda çevreye olan duyarlılığın bir sonucudur. Bu uygulamalar sadece şartnameler, etiketlemeler gibi yasal zorunluluklar ile çözülecek bir problem değildir. Aynı zamanda bu toplumsal bilinç seviyesi ile doğrudan ilgilidir.

Ticari soğutma sistemlerinde yukarıda sıralanan verim artırıcı yöntemlerin hepsi mevcut sistemlere uygulanamayabilir. Ancak uygulanabilecek olanları bile mevcut sistemlerde önemli bir verim artışı oluşturabilecektir. Fakat her iyileştirmenin doğal olarak bir maliyeti olacaktır. Dolayısıyla yapılacak iyileştirmelerin ekonomik olabilmesi için geri ödeme (amortisman) sürelerinin iyi hesaplanması, buna göre revizyon planları yapılması gereklidir.

Yeni tasarlanan ticari soğutma sistemlerini enerji verimli olarak tasarlamak önemli bir maliyet artışı getireceği için benzer ürünler için rekabet problemi ortaya çıkabilecektir. Fakat burada bu ürünlerin enerji etiketlemesi yapılabilirse bu fiyat artışı dezavantaj olmaktan çıkabilir ve işletme maliyetinin düşüklüğü nedeniyle avantaj haline gelebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Christophe Borlein, Energy savings in commercial refrigeration equipment: Low pressure control, Schneider Electric, August 2011/White paper
- [2] JRC (2014), “Ecodesign for Commercial Refrigeration (DG ENER Lot 12), Preparatory study update, Final report”, European Commission Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) Seville, Moons, Villanueva et al., 2014.
- [3] <http://www.triplepundit.com/2015/04/refrigeration-battery-lower-supermarket-energy-use-40/> (10.01.2017 tarihinde erişildi)
- [4] <http://www.aklimadusen.com/2015/03/turkiye-zincir-market-says.html>
- [5] http://esnaf.gtb.gov.tr/data/531d84fe487c8ebb2c3883ba/%C5%9Eubat_2014_esnaf.pdf
- [6] <http://coldchainturkey.com/index.php/2016/03/20/soguk-hava-depo-kapasitesi-hizla-buyuyor/>
- [7] <http://www.nwfpa.org/nwfpa.info/component/content/article/52-refrigeration/284-energy-efficient-refrigeration-systems> (11.01.2017 tarihinde erişildi)
- [8] [B] http://www.iskid.org.tr/resimler/fm/STATSTK_2015.pdf
- [9] Energy Savings Potential for Commercial Refrigeration Equipment, U.S. DOE, 1996.



- [10] Leeson. Single-phase Electric Motors. 2006. (Last accessed on June 26, 2007.)
<http://www.iprocessmart.com/leeson/leeson_singlephase_article.htm> The June 26, 2007 material from this website is available in Docket EE-2006-STD-0126. For more information, contact Brenda Edwards-Jones at (202) 586-2945.
- [11] Commercial Refrigeration Efficiency Program, Xcel Energy, 2016.
- [12] http://www.emersonclimate.com/europe/ProductDocuments/AlcoLiterature/EN_FSE_TB.pdf (12.01.2017 tarihinde erişildi)
- [13] HY-SAVE Inc. <http://hysave.co.uk/> (5.01.2017 tarihinde erişildi)
- [14] <http://www.suggest-keywords.com/aHizYXZIIHB1bXBz/> (12.01.2017 tarihinde erişildi)
- [15] <http://www.nwfpa.org/nwfpa.info/component/content/article/52-refrigeration/285-sensors-a-controls-project-fact-sheet> (08.01.2017 tarihinde erişildi)
- [16] BULGURCU, H., İklimlendirme Soğutma Sistemlerinde Otomatik Kontrol, 308 sayfa, Doğa Teknik Yayın no:02 İstanbul 2005.
- [17] BULGURCU, H., Soğutma Sistemleri, 550 Sayfa, MMO yayını, No: 645, Ekim, İstanbul 2015.
- [18] BEŞER, E., Su Soğutma Gruplarında Isının Geri Kazanımı, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 23-26 Kasım 2005, Bildiriler Kitabı, sayfa 23-35.
- [19] The Commercial Refrigerator Manufacturers Association's "Recommended Guidelines for Retail Food Store Design", 1/79
- [20] Raghavan R., and N. Narendran. 2002 Solid State Lighting II: Proceeding of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineer - Refrigerated Display Case Lighting with LEDs. 2002. Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute: Rensselaer, NY.
- [21] <http://320volt.com/fluoresan-lambalar-ozellikleri-cesitleri-incelemesi/>
- [22] Hüseyin BULGURCU, Enver YALÇIN, Erdil EROL, Energy Saving In Cold Rooms Lighting System by Using Led Fixtures, 7th International Ege Energy Symposium & Exhibition, Pages 635-645, June 18-20, 2014 Usak, Turkey
- [23] Carbon Trust, Commercial and retail refrigeration equipment, February 2014. 4th Floor, Dorset House, 27-45 Stamford Street, London SE1 9NT.
- [24] <http://www.minusforty.com/blog/new-energy-standards-for-commercial-refrigeration-equipment> (13.01.2017 tarihinde erişildi)
- [25] <http://www.uniglas.de/technology-fields-of-application-172.html> (10.01.2017 tarihinde erişildi)
- [26] BULGURCU H. ASKER M., Soğuk depo enerji verimliliği için Kontrol Senaryolarının Geliştirilmesi, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 8-11 Nisan 2015/İzmir

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin BULGURCU

1962 yılında İzmir Kınık'ta doğdu. 1984 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makine Enerji dalından lisans, 1989 yılında M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünden Yüksek Lisans, 1994 yılında aynı Enstitüden Doktora dereceleri aldı. 1995 yılında Y. Doçent, 2013 yılında Doçent oldu. 1986-1989 yılları arasında Kartal Teknik Lisesinde, 1989-1995 yılları arasında Çankırı Meslek Yüksekokulunda öğretim elemanı olarak çalıştı. 1994 yılında İngiltere'de mesleki araştırmalarda bulundu. 1995-2012 yılları arasında Balıkesir Meslek Yüksekokulu İklimlendirme ve Soğutma Programında çalıştı. Ağustos 2012 ile Ekim 2016 tarihlerinde bu yana Balıkesir Mühendislik Fakültesi'nde çalıştı. 2017 yılı başlarında emekli oldu. İklimlendirme ve soğutma sektöründe danışmanlık hizmetleri vermektedir. Evli ve iki çocukludur.